



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO
CON UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN LOS
PASTOS DE LA HACIENDA SAN PABLO DEL CANTÓN GUANO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: CRISTIAN ALEXIS GARCÍA PUMAGUALLE

DIRECTORA: Ing. EUGENIA MERCEDES NARANJO VARGAS

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Cristian Alexis García Pumagualle

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, CRISTIAN ALEXIS GARCÍA PUMAGUALLE, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de octubre de 2019

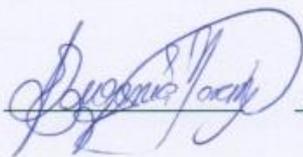


Cristian Alexis García Pumagualle

CI: 060482259-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **“ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO CON UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN LOS PASTOS DE LA HACIENDA SAN PABLO DEL CANTÓN GUANO.”**, realizado por el señor: **CRISTIAN ALEXIS GARCÍA PUMAGUALLE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Homero Armendáriz Puento PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		<u>2019-10-22</u>
Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>2019-10-22</u>
Ing. Miguel Ángel Pérez Bayas MIEMBRO DEL TRIBUNAL		<u>2019-10-22</u>

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo principalmente a Dios por permitirme finalizar mi formación profesional, a mi familia por su cariño y apoyo incondicional y a mis amigos por estar presentes y haber compartido tantas anécdotas.

Cristian Alexis García Pumagualle

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a Dios reflejado en el amor y dedicación de mis padres y familia, a los docentes que han sabido inculcar en mí sus conocimientos y ganas aprender, y a mis amigos que con sus consejos y compañía han hecho mi paso por la universidad una aventura memorable.

Cristian Alexis García Pumagualle

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvii
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.2. Planteamiento y análisis del problema.....	4
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	<i>5</i>
1.4.2. <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>5</i>
CAPÍTULO II	
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Automatización de riego	6
2.1.1. <i>Sistemas automáticos de riego desarrollados</i>	<i>6</i>
2.2. Industria 4.0.....	9
2.2.1. <i>Internet de las cosas.....</i>	<i>9</i>
2.3. Riego.....	10
2.3.1. Recursos hídricos	10
2.3.1.1. <i>Características de agua para riego</i>	<i>10</i>
2.3.1.2. <i>Tipos de agua para riego.....</i>	<i>11</i>
2.3.2. Balance de agua en el suelo.....	11
2.3.2.1. <i>Infiltración</i>	<i>11</i>
2.3.2.2. <i>Evaporación.....</i>	<i>12</i>
2.3.2.3. <i>Transpiración</i>	<i>12</i>
2.3.2.4. <i>Evapotranspiración</i>	<i>12</i>
2.3.3. Tipos de Suelo	13
2.3.3.1. <i>Textura del suelo.....</i>	<i>13</i>

2.3.3.2.	<i>Tensión de humedad</i>	14
2.3.3.3.	<i>Condición de humedad del suelo</i>	14
2.4.	Pasto para ganado	16
2.4.1.	<i>Requerimientos hídricos</i>	16
2.4.2.	<i>Frecuencia de riego en los pastos</i>	16
2.4.3.	<i>Fases fenológicas</i>	16
2.4.4.	<i>Formación</i>	17
2.5.	Sistema de riego tecnificados	17
2.5.1.	<i>Clasificación de sistemas de riego tecnificados</i>	18
2.5.1.1.	<i>Sistema de riego tecnificado por gravedad</i>	18
2.5.1.2.	<i>Sistema de riego tecnificado por goteo</i>	19
2.5.1.3.	<i>Sistema de riego tecnificado por aspersión</i>	19
2.5.2.	<i>Eficiencia de los sistemas de riego</i>	20
2.5.2.1.	<i>Eficiencia de conducción</i>	21
2.5.2.2.	<i>Eficiencia de distribución</i>	21
2.5.2.3.	<i>Eficiencia de aplicación</i>	21
2.6.	Diseño de sistema de riego	22
2.6.1.	<i>Sistemas de conducción</i>	22
2.6.1.1.	<i>Procedimiento de diseño de sistema de riego</i>	23
2.6.2.	<i>Diseño Hidráulico</i>	23
2.6.2.1	<i>Pérdidas primarias y secundarias</i>	23
2.6.2.2.	<i>Pérdidas por fricción en tuberías principales</i>	24
2.6.2.3.	<i>Pérdidas por fricción en tuberías con salidas múltiples</i>	25
2.6.2.4.	<i>Número de Reynolds</i>	26
2.7.	Redes inalámbricas de sensores WSN	27
2.7.1.	<i>Arquitectura de red WSN</i>	27
2.7.2.	<i>Topología de red WSN</i>	27
2.7.2.1.	<i>Topología de red tipo malla</i>	28
2.7.2.2.	<i>Topología de red tipo estrella</i>	29
2.7.2.3.	<i>Topología de red tipo par</i>	29
2.7.3.	<i>Tecnologías inalámbricas estándar</i>	30
2.7.3.1.	<i>Wi-Fi</i> 30	
2.7.3.2.	<i>Protocolo MQTT</i>	30
2.7.4.	<i>Elementos de la red de sensores inalámbrica WSN</i>	31
2.7.4.1.	<i>Procesador</i>	31
2.7.4.2.	<i>Fuente de alimentación</i>	31
2.7.4.3.	<i>Sensores</i>	32

2.7.4.4.	<i>Puerta de enlace</i>	32
2.7.4.5.	<i>Estación base</i>	32
2.7.5.	<i>Hardware Open Source</i>	32
2.7.6.	<i>Software Open Source</i>	33

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	34
3.1.	Situación actual	34
3.1.1.	<i>Riego de pasto por aspersión</i>	37
3.2.	Definición de requerimientos	38
3.2.1.	Consolidación general del sistema esperado	39
3.3.	<i>Variable del sistema</i>	40
3.4.	Selección de equipamiento	41
3.4.1.	<i>Componentes del sistema de control y monitoreo de riego</i>	41
3.4.1.1.	<i>Selección del gestor del sistema de control</i>	41
3.4.1.2.	<i>Selección de elementos procesamiento de datos en led local</i>	43
3.4.1.3.	<i>Selección de elemento de transmisión</i>	45
3.4.1.4.	<i>Selección de elementos para sistema de monitoreo</i>	46
3.4.1.5.	<i>Selección de actuadores</i>	48
3.5.	Selección de componentes de software	49
3.5.1.	<i>Software Arduino IDE</i>	49
3.5.2.	<i>SO Android 7.1.2</i>	50
3.5.3.	<i>Node RED</i>	50
3.5.4.	<i>Ubuntu Server</i>	50
3.6.	Diseño del sistema propuesto	51
3.6.1.	<i>Diagrama de conexiones eléctricas y electrónicas</i>	51
3.6.1.1.	<i>Diagrama de conexiones de los nodos</i>	51
3.6.1.2.	<i>Diagrama de conexiones de la estación meteorológica</i>	52
3.6.2.	<i>Diseño de sistema de riego</i>	53
3.6.2.1.	<i>Topografía del terreno</i>	53
3.6.2.2.	<i>Predios del sistema de riego</i>	53
3.6.2.3.	<i>Diseño técnico de las infraestructuras</i>	54
3.6.2.4.	<i>Cálculo hidráulico</i>	55
3.6.3.	<i>Diseño Hidráulico</i>	58
3.6.4.	<i>Programación del sistema de riego automatizado</i>	59
3.6.4.1.	<i>Desarrollo de código del sistema de riego automático</i>	59
3.6.4.2.	<i>Desarrollo de código del sistema de riego manual</i>	60

3.6.4.3.	<i>Desarrollo de código del sistema de riego temporizado</i>	61
3.6.4.4.	<i>Configuración de servidor Web</i>	62
3.6.4.5.	<i>Programación Interfaz visual de monitoreo y registro</i>	63
3.6.4.5.	<i>Ventanas de interfaz visual</i>	67

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE RESULTADOS	74
4.1.	Calibración del sensor de humedad FC-28	74
4.2.	Resultados del sistema de control y monitoreo	75
4.2.1.	<i>Evaluación de eficiencia y uniformidad del sistema de riego actual</i>	75
4.2.2.	<i>Evaluación de eficiencia y uniformidad del sistema implementado</i>	77
4.2.3.	<i>Evaluación del sistema de riego</i>	78
4.2.4.	<i>Pruebas de funcionamiento modo automático</i>	79
4.3.	Análisis de costos	81
4.3.1.	<i>Costos directos</i>	82
4.3.1.1.	<i>Costos con funcionamiento en red local</i>	82
4.3.1.2.	<i>Costos con funcionamiento en servidor web</i>	82
4.3.2.	<i>Costos Indirectos</i>	83
4.3.3.	<i>Costo total</i>	83
4.4.	Comparativa de sistema actual, sistema propuesto y mercado	84
4.5.	Análisis de aplicabilidad	85
4.6.	Comparación de servidor local y servidor web	86
4.7.	plan de mantenimiento y diagrama de procedimiento de seguro	86
4.7.1.	<i>Mantenimiento del sistema de riego automatizado aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos</i>	86
4.7.1.1.	<i>Mantenimiento Preventivo Planeado MPP</i>	87
4.7.1.2.	<i>Procedimiento general de las rutinas de MPP</i>	87
4.7.1.3.	<i>Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo:</i>	88
4.7.1.4.	<i>Inspección externa</i>	88
4.7.1.5.	<i>Inspección externa</i>	88
4.7.2.	<i>Procedimiento seguro para la instalación del sistema de riego automatizado</i>	88
4.7.2.1.	<i>Normas generales.</i>	89
4.7.2.2.	<i>Equipos de protección personal.</i>	89
4.7.2.3.	<i>Medidas preventivas.</i>	89
4.7.2.4.	<i>Diagrama de procesos de encofrado vertical</i>	90
	CONCLUSIONES	93

RECOMENDACIONES.....95

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2. Clasificación de suelo por texturas.....	13
Tabla 2-2. Niveles de capacidad de campo y punto de marchitez.....	15
Tabla 3-2. Porcentaje de eficiencia según método de riego.....	20
Tabla 4-2. Valores típicos del coeficiente de fricción.....	25
Tabla 1-3. Distribución de superficie por módulos.....	35
Tabla 2-3. Acciones de control del sistema.....	41
Tabla 3-3. Características de ESP8266.....	42
Tabla 4-3. Características del Higrómetro FC-28.....	43
Tabla 5-3. Características de minicomputador Amlogic.....	44
Tabla 6-3. Características de RouterBoard Mikrotik.....	45
Tabla 7-3. Características del Módulo DHT-21.....	46
Tabla 8-3. Características del Higrómetro FC-28.....	47
Tabla 9-3. Características de la electroválvula 2”.....	48
Tabla 10-3. Tabla de rendimiento aspersor 233PC.....	49
Tabla 11-4. Descripción de superficies de riego.....	54
Tabla 12-3. Descripción de secciones por tuberías.....	55
Tabla 13-3. Resultados de pérdidas de carga en tubería principal.....	57
Tabla 1-4. Uniformidad de distribución en riego por aspersión.....	76
Tabla 2-4. Registro de consumo de agua último trimestre.....	79
Tabla 3-4. Registro de consumo de agua en el último mes.....	79
Tabla 4-4. Costos del controlador del sistema de riego y monitoreo automático.....	82
Tabla 5-4. Costos del controlador del sistema de riego y monitoreo automático.....	83
Tabla 6-4. Costos indirectos del sistema de riego y monitoreo automático.....	83
Tabla 7-4. Costo total del sistema de riego y monitoreo automático para servidor local.....	84
Tabla 8-4. Costo total del sistema de riego y monitoreo automático con servidor web.....	84
Tabla 9-4. Costos y detalles de sistemas comerciales de riego por aspersión.....	84
Tabla 10-6. Análisis de costos de sistemas comerciales.....	84
Tabla 11-4. Indicadores de rentabilidad.....	85
Tabla 12-4. Comparación servidor web y servidor local.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Dispositivo de control de riego Mx.....	7
Figura 2-2. Sistema de riego en tiempo real	7
Figura 3-2. Dispositivo Irrigation.....	8
Figura 4-2. Dispositivo Balerio Estacio.	8
Figura 5-2. Sistema automático de riego para cultivo de fresas.....	9
Figura 6-2. Industria 4.0.....	9
Figura 7-2. Ámbitos de aplicación del IoT.....	10
Figura 8-2. Proceso de evapotranspiración.....	12
Figura 9-2. Contenido volumétrico por tensión de humedad.....	14
Figura 10-2. Condiciones de humedad en diferentes texturas	15
Figura 11-2. Formación de pasto.....	17
Figura 12-2. Sistema de riego con mangas.....	18
Figura 13-2. Sistema de riego por goteo	19
Figura 14-2. Sistema de riego por aspersión	19
Figura 15-2. Sistema de conducción	22
Figura 16-2. Clasificación de topologías de red WSN	28
Figura 17-2. Topologías tipo malla	29
Figura 18-2. Topología tipo estrella	29
Figura 19-2. Topología de red tipo par.....	30
Figura 20-2. Modelo de comunicación basado en el Protocolo MQTT	31
Figura 1-3. Metodología aplicada al desarrollo del estudio.....	34
Figura 2-3. Ubicación y delimitación de vista satelital de la Hacienda	35
Figura 3-3. Tanque principal.....	37
Figura 4-3. Distancia de la propiedad al tanque	37
Figura 5-3. Sistema de riego actual	38
Figura 6-3. Consolidación del sistema de monitoreo de riego.....	40
Figura 7-4. Consolidación del sistema hidráulico	40
Figura 8-3. Módulo ESP8266.....	42
Figura 9-3. Placa de desarrollo NodeMCU	43
Figura 10-3. Amlogic S90W X96	44
Figura 11-3. RouterBoard Mikrotik 5SHPN	45
Figura 12-3. Módulo DHT21	46
Figura 13-3. Higrómetro FC-28	47

Figura 14-3. Electroválvula Aquanet 2”	48
Figura 15-3. Aspersor de cobertura total	49
Figura 16-3. Características de sistema operativo	50
Figura 17-3. Diagrama de conexiones en Nodos	52
Figura 18-3. Diagrama de estación meteorológica	53
Figura 19-3. Topografía del terreno de la hacienda.....	53
Figura 20-3. Diagrama hidráulico del sistema de riego	54
Figura 21-3. Perfil de conducción TR-A.....	56
Figura 22-3. Diseño técnico de la infraestructura.....	58
Figura 23-3. Diagrama de flujo del sistema de riego modo automático	59
Figura 24-3. Diagrama de flujo del sistema de riego en modo manual.....	61
Figura 25-3. Diagrama de flujo del sistema de riego modo temporizado	62
Figura 26-3. Vista de consola de Ubuntu Server	63
Figura 27-3. Flujo para página de inicio.....	64
Figura 28-3. Flujo para datos meteorológicos	64
Figura 29-3. Flujo de control para el sistema de riego	65
Figura 30-3. Flujo para notificaciones.....	65
Figura 31-3. Nodos de estado de los sensores	66
Figura 32-3. Flujo para consumo de agua.	66
Figura 33-3. Vista de la pantalla de inicio o home	67
Figura 34-3. Galería de la interfaz.....	67
Figura 35-3. Panel de control	68
Figura 36-3. Panel de indicadores	68
Figura 37-3. Panel de modo manual.....	69
Figura 38-3. Panel modo automático de riego.....	69
Figura 39-3. a. Panel de temporizadores de riego	69
Figura 40-3. Datos meteorológicos	70
Figura 41-3. Mapa meteorológico	70
Figura 42-3. Meteorológicos Online	71
Figura 43-3. Históricos de sensores de humedad	71
Figura 44-3. Históricos de sensores cada 6 horas	71
Figura 45-3. a. Históricos meteorológicos	72
Figura 46-3. Datos meteorológicos de ambiente	72
Figura 47-3. Estatus de sensores	73
Figura 1-4. Tabla de resultado de prueba de uniformidad	75
Figura 2-4. Tabla de resultado de prueba de uniformidad	75
Figura 3-4. Niveles de agua [ml] recogidos en vasos pluviométricos.....	76

Figura 4-4. Niveles de agua [ml] recogidos en vasos pluviométricos.....	77
Figura 5-4. Funcionamiento del sistema modo automático	79
Figura 6-4. Funcionamiento del sistema modo automático	80
Figura 7-4. Funcionamiento de indicadores del sistema.....	80
Figura 8-4. Funcionamiento de datos meteorológicos	80
Figura 9-4.a. Historial de humedad de 24 horas b. Historial de datos meteorológico de 24 horas	81
Figura 10-4 Temperatura registrada lunes 24/06/19 en la base web meteorológica Accuweather	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Plan de mantenimiento

Anexo B: Manual de procedimiento seguro

Anexo C: Manual de usuario

Anexo D: Procedimiento de calibración

Anexo E: Certificado de calibración

Anexo F: Plano topográfico

Anexo G: Plano hidráulico

Anexo H: Diseños hidráulicos

Anexo I: Datasheet esp8266

Anexo J: Datasheet sensor fc-28

Anexo K: Datasheet sensor dht21

Anexo L: Datasheet electroválvula

Anexo M: Diagramas de mando y potencia

Anexo N: Configuración de servidor local

Anexo O: Evidencia fotográfica

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
μW	Micro Vatio
A	Amperio
API	Application Programming Interface
AWG	American Wire Gauge
cm	Centímetros
FPGA	Field-Programmable Gate Array
GB	Gigabyte
GHz	Gigahercio
GPIO	General Purpose Input/Output
ha	Hectáreas
I/O	Input/Output
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IoT	Internet of Things
kPa	Kilopascales
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
mA	Mili Amperios
MB	Megabite
MB/s	Megabite por segundo
Mbit/s	Megabit por segundo

MHz	Megahercio
mm	Milímetros
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
RFID	Radio Frequency Identification
RH	Humedad Relativa
seg	Segundos
SoC	System on chip
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión. / Protocolo de Internet
v	Voltios
W	Vatio
WIFI	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WSN	Wireless Sensor Network

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular, se centra en la implementación de un sistema de riego automático; el cual permite optimizar el consumo del recurso hídrico aplicado en pastos en la Hacienda San Pablo del Cantón Guano, incrementando la carga forrajera mediante un riego eficiente; disminuyendo el impacto ambiental generado por el desperdicio de agua. Para el desarrollo se analizó la eficiencia y consumo de agua previo a la implementación de un sistema automático de riego por aspersión, conformado por actuadores de apertura y cierre controlados por una red de sensores inalámbricos. Para llegar a cada módulo se instaló una antena que incrementa la cobertura de internet, la red de sensores posee un nodo en cada parcela de cultivo que monitorea los niveles de humedad en el suelo y un nodo; cumple la función de estación meteorológica, permite anticipar condiciones climáticas que puedan afectar las actividades agrícolas, los nodos establecen su funcionamiento en una placa ESP8266 que a más de ser un controlador es una antena Wi-Fi que envía y recibe datos mediante el protocolo MQTT a un servidor que los visualiza en tiempo real en una interfaz al propietario, el servidor MQTT es gestionado por un minicomputador Amlogic S905W X96 a nivel local. El riego automático se realiza bajo condiciones de los niveles de humedad del cultivo, que eviten saturación o deshidratación de los cultivos. Las pruebas dieron como resultados: 85% de eficiencia de riego, redujo 19,5 m³ de consumo diario de agua, al hacer una comparativa con sistemas convencionales comerciales se requiere una inversión inferior en el 2,16%, sumando a que sus resultados se reflejan en la reducción del gasto hídrico en un 18,80%, calidad del cultivo e incremento en la producción del hato lechero; consolidándose en una inversión rentable con un tiempo de recuperación de 6 meses.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA INDUSTRIAL>, <AUTOMATIZACIÓN >, <SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN>, <RED INALAMBRICA DE SENSORES>, < SISTEMA DE MONITOREO>.



ABSTRACT

The present work of curricular integration focuses on the implementation of an automatic irrigation system, which allows optimizing the consumption of the water resource applied in pastures in the Hacienda San Pablo from Guano Canton, increasing the forage load through efficient irrigation and decreasing the environmental impact generated by the waste of water. For its development, the efficiency and consumption of water were analyzed before the implementation of an automatic sprinkler irrigation system, consisting of opening and closing actuators controlled by a wireless sensor network. To reach each module an antenna was installed to increase internet coverage, the sensor network has a node in each crop plot that monitors soil moisture levels and a node, it fulfills the function of a weather station allowing to anticipate climatic conditions that may affect agricultural activities, the nodes establish their operation on an ESP8266 board that, in addition to being a controller, is a Wi-Fi antenna that sends and receives data through the MQTT protocol to a server that displays them in real-time in an interface to the owner, the MQTT server is managed by Amlogic S905W X96 minicomputer locally. Automatic irrigation was carried out under conditions of crop moisture levels that avoid saturation or dehydration of crops. The tests resulted in: 85% irrigation efficiency, reduced 19,5 m³ of daily water consumption, making a comparison with conventional commercial systems requires a lower investment of 2,16%, adding that its results are they reflect in the reduction of the water expense in 18,80%, quality of the crop and increase in the production of the dairy herd; consolidating into a profitable investment with a recovery time of 6 months.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <INDUSTRIAL ENGINEERING>, <AUTOMATION>, <SPRAY IRRIGATION SYSTEMS>, <WIRELESS SENSOR NETWORK>, <MONITORING SYSTEM>.



INTRODUCCIÓN

Gracias a las políticas públicas implementadas en el territorio ecuatoriano, se ha impulsado el progreso de la industria ganadera, aumentando su producción y exportación; convirtiendo esta actividad en una fuente de empleos que ha fortalecido el desarrollo económico del sector. Sin embargo, este crecimiento acelerado ha generado una serie de problemas ya que los grandes y pequeños ganaderos no cuentan con sistemas tecnificados para el mantenimiento y producción del hato lechero.

Un factor más influyente en los hatos lecheros es el incremento de la productividad y la calidad de leche, siendo este estrechamente relacionado a la nutrición del ganado, obligando a los productores a adoptar mejores prácticas en manejo de pasto. (Reyes *et al.*, 2012, p. 82). El pasto exige cuidados específicos sobre todo en el riego, que proporciona la humedad necesaria mediante la aplicación artificial de agua al suelo, la misma que debe ser precisa y en una cantidad adecuada para el desarrollo prospero del pasto, y que además garantice su calidad. (Nisperuza, 1985, p.6).

El riego agrícola es una práctica ancestral que surgió junto con la necesidad de mantener las plantaciones en las mejores condiciones adaptándose a la tecnología de la época y condiciones climáticas de la zona, en la actualidad aún se mantiene el riego de forma manual en la mayoría de ganaderos en la región Interandina conllevando un gran esfuerzo humano.

La hacienda San Pablo a bien de mejorar su productividad se ha visto en la necesidad de realizar un estudio que le brinde la posibilidad de optimizar sus recursos, analizando el actual sistema de riego respecto a un diseño hidráulico y la implementación de la automatización para el control de dicho sistema, con el mismo se pretende aumentar significativamente la eficiencia del consumo de recursos hídricos en la producción de pastos.

La implementación de este sistema garantiza la reducción de pérdidas de producción, facilita el control y la optimización del recurso hídrico, además cuenta con una plataforma que presenta los datos en tiempo real de las condiciones del suelo a través de una red de sensores y un servidor web que le permite al propietario controlar el estado de los aspersores y pastos de manera remota desde la comodidad de su ordenador o dispositivo móvil con conexión a internet. El desarrollo de este sistema a más de aportar a la producción el control y reducción de recursos, pretende incrementar la calidad del pasto por ende la producción de hato lechero; permitiendo a la hacienda San Pablo mejorar su competitividad en el mercado local, incrementando ganancias para beneficio del propietario y personal de la hacienda.

El desarrollo involucra un estudio de eficiencia del sistema de riego que permita medir el gasto hídrico mediante técnicas como la huella hídrica, para posterior aplicar un diseño hidráulico, y la

correcta implementación de una red de sensores que permita el monitoreo y riego automático de las plantaciones de pasto según la etapa fenológica del área, además de la evaluación de la eficiencia del sistema implementado y la optimización del recurso hídrico.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Alrededor del mundo, desde el principio de los tiempos la humanidad se ha dedicado a la agricultura y ganadería, siendo una de las principales preocupaciones y objetos de estudio en este campo, los sistemas de riego. A lo largo del tiempo estos han evolucionado en busca de una mayor eficiencia sobre todo debido a los escasos recursos hídricos en ciertas partes del planeta, a pesar que el 75% del planeta está constituido por agua solo un 2,5% es agua dulce indispensable para la vida y desarrollo del sector agroindustrial.

Las actividades agrícolas han sido un pilar fundamental en la economía nacional, según datos de la encuesta de superficie y producción agropecuaria en el país cerca de 5,3 millones de hectáreas han sido destinadas a la producción agropecuaria, de toda esta superficie el 45,1% ha sido dedicada al cultivo de pastos para ganado. Donde la mayor concentración de producción ganadera se agrupa en la región Sierra. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019, pp.6-7).

Varios investigadores agrónomos y productores afirman que el sistema de riego de las pasturas es clave en el sistema productivo, más aún en zonas secas. El riego agrícola es una práctica ancestral que se ha ido adaptando a la tecnología no solo para mitigar la falta de lluvia, también para incrementar la productividad del sistema. Sin embargo, en la actualidad aún se mantiene el riego de forma manual en la mayoría de ganaderos en la región Interandina conllevando un gran esfuerzo humano y pérdida de tiempo como el caso de la Hacienda San Pablo.

Del sistema de riego depende la supervivencia y mantenimiento de un pasto nutritivo y permanente, además del uso eficiente de los recursos disminuye los costos de producción. Para que este sistema sea eficiente se debe considerar factores como la preparación de suelos, tomando en cuenta parámetros como: longitudes de melgas y pendientes, caudales y tipos de suelos. (Bourdin, Franco and Burgos, 2015). La automatización aplicada a sistemas de riego, plantea un sistema autónomo controlando parámetros de temperatura y humedad mediante una interfaz, una selección de equipos y la implementación de un sistema de riego por aspersión que proporcione la cantidad adecuada de agua que mantenga la producción de pasto. (Pruna Campaña and Reinoso Campaña, 2016, pp.8-9).

1.2. Planteamiento y análisis del problema

La siembra de pasturas es una parte primordial en el proceso de crianza del hato lechero, siendo esta la base de la alimentación del ganado ya sea a nivel de sierra, así como de costa y es considerada como una de las principales herramientas para manipular la producción ya que esta es la fuente más barata de alimento que existe. Al asociar leguminosas con gramíneas produce un alimento balanceado completo para el ganado, el manejo adecuado de estos cultivos permite optimizar el uso de recursos incrementando la productividad por lo tanto una mayor rentabilidad al productor. (Bernal, 2005, p.5).

Un cultivo de calidad exige condiciones de calidad, por ende, un riego adecuado y proporcional a las necesidades de la plantación y del suelo; por estas razones se busca automatizar el sistema de riego que fortalezca el crecimiento de pasto para el hato. En la actualidad la Hacienda San Pablo presenta problemas en el mantenimiento y producción de pasturas para su ganado, pues el actual sistema de riego no se realizó bajo un estudio técnico, generando pérdidas en la capacidad de carga forrajera y un desperdicio no solo de recursos hídricos sino además de recursos humanos.

1.3. Justificación

La hacienda San Pablo posee una extensión de 16 hectáreas destinadas para el pastoreo, y se encuentra dividida en varios módulos cada uno con diferentes tipos de pasto. Se pretende realizar el diseño de un sistema de riego tecnificado basado en una evaluación de las condiciones del terreno, las necesidades de carga forrajera de la hacienda y los requerimientos hídricos del suelo; además de la implementación de un sistema automatizado de riego que permita el monitoreo remoto y registro de información.

Uno de los principales beneficios que pretende aportar el presente trabajo de titulación a la hacienda es la optimización de los recursos hídricos, mejorar la carga forrajera mediante un riego eficiente disminuyendo el impacto ambiental que genera el desperdicio de agua. Por otra parte, la automatización se centra en la recolección de datos de humedad en tiempo real y en base a algoritmos establecidos se visualicen en una interfaz de manera remota a través de un servidor web.

El sistema propuesto hace uso de la combinación de los sistemas hidráulicos y la tecnología Open Source con el fin de crear un sistema flexible, confiable, y de bajo costo que aporte al desarrollo agrícola del ganadero, dotándolo de una herramienta que facilite el mantenimiento de las pasturas, el uso eficiente de recursos y a su vez el aumento de rentabilidad. La importancia del desarrollo

del trabajo de titulación se ampara en el décimo objetivo del Plan Nacional del Buen Vivir que supone una interacción de la matriz productiva con el campo de la automatización, que sugiere cambios en el proceso tradicional de producción con mayor intensidad y competitividad. (Plan Nacional del Buen Vivir, 2012, p. 291).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Realizar el estudio técnico para la optimización del recurso hídrico de la hacienda San Pablo del cantón Guano por medio de un sistema automatizado de riego en los pastos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ❖ Realizar una evaluación de la eficiencia actual del sistema de riego.
- ❖ Determinar las variables del proceso y establecer los requerimientos del sistema.
- ❖ Seleccionar el equipamiento necesario para el riego.
- ❖ Evaluar la eficiencia de la propuesta del diseño.
- ❖ Implementar un sistema de monitoreo y control del sistema de riego.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Automatización de riego

La automatización resulta de la aplicación de tecnología y maquinaria en la realización de un proceso, en búsqueda de la minimización de intervención humana en tareas pesadas, peligrosas o tediosas para el trabajador. El control y automatización de sistemas de riego ha evolucionado en la utilización de elementos mecánicos, electromecánicos y autómatas programables dejando de lado el trabajo manual, hasta el desarrollo de herramientas que permitan la gestión integral y eficiente de todas las tareas relacionadas con la distribución de agua para riego. (Canales & Martínez, 2010).

2.1.1. *Sistemas automáticos de riego desarrollados*

La evolución de los sistemas de riego ha crecido a gran escala convirtiéndose en un amplio campo de estudio; a nivel mundial existen empresas dedicadas al diseño y comercialización de diferentes sistemas de control, monitoreo y riego de cultivos, de igual manera, pero en menor escala a nivel nacional sin embargo su elevado costo y poca difusión no les ha permitido revolucionar el área agrícola ganadera.

A continuación, se citará varios sistemas desarrollados para un riego automático a nivel nacional como internacional.

Según un artículo publicado en México por la revista de Ciencias Agrícolas, se desarrolló un prototipo de riego que en base a información del suelo y de los cultivos elabora un balance hídrico, y como consecuencia determina si se debe regar o no. El software tiene con función accionar los dispositivos físicos de riego y complementario, además integra un subsistema de comunicación GSM-Celular, que permite el control remoto desde un dispositivo móvil. (Espinosa *et al*, 2011, p. 2).

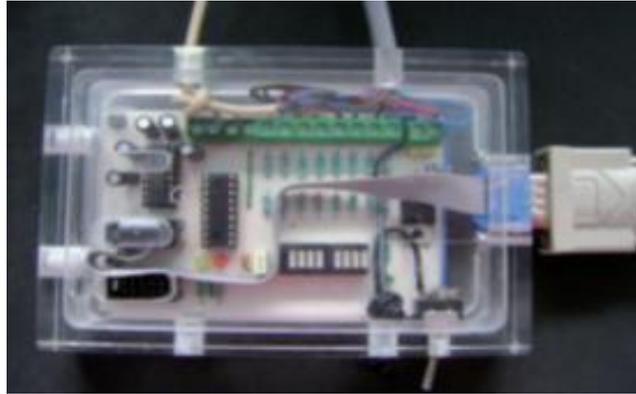


Figura 1-2. Dispositivo de control de riego Mx.

Fuente: (Espinosa *et al.*, 2011)

Un sistema similar se desarrolló en Montecillo, Texcoco, a diferencia este sistema monitorea en tiempo real el cultivo, realiza un balance hídrico, medición de humedad y lisímetro mediante un dispositivo de control CR10X que se evaluó en la red por medio de una computadora central. El sistema presenta un equipo sofisticado y que implica una delicada y costosa instalación. (Castro *et al.*, 2008, p. 460).

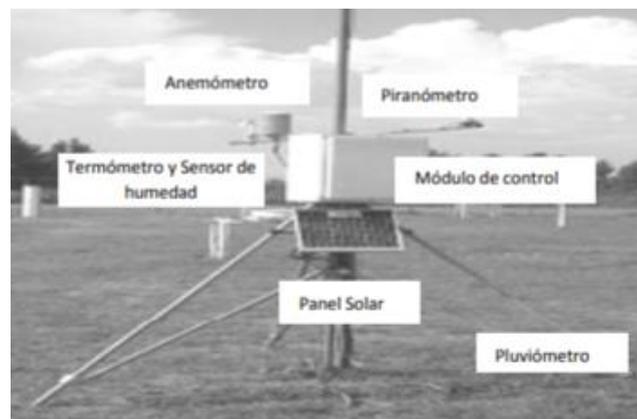


Figura 2-2. Sistema de riego en tiempo real

Fuente: (Castro *et al.*, 2008, p. 462).

En Colombia se desarrolló un sistema de riego para el cultivo de flores de exportación denominado *Irrigation*, está formado por dos módulos independientes: el módulo de control y la estación remota. Los módulos se comunican entre sí por radio frecuencia para cumplir con los requerimientos de riego por goteo en un invernadero. Su control se centra en la apertura y cierre de válvulas, y monitoreo del estado de las mismas. (Agudelo, *et al.*, 2005, p. 16).

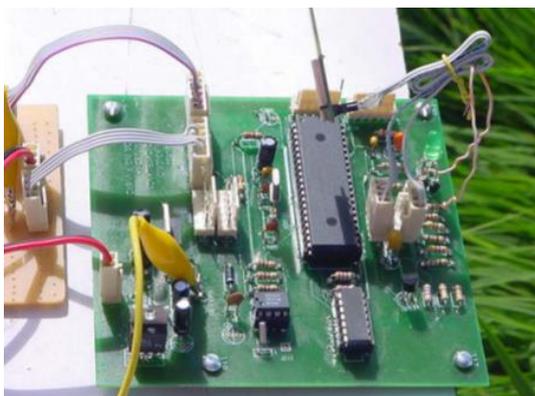


Figura 3-2. Dispositivo Irrigation

Fuente: (Agudelo, et al., 2005, p. 16).

En Ecuador un sistema de similares características se implementó en la Finca ubicada en Balerio Estacio, Guayaquil. Este sistema integra tecnología xbee para una comunicación inalámbrica y GSM para monitoreo, se basa en el control de nivel de agua del reservorio principal y la humedad del suelo para el control de las válvulas de irrigación del terreno. Además, integra un teclado en el sistema para control manual. (Vásconez and Chamba, 2013, p. 10)



Figura 4-2. Dispositivo Balerio Estacio.

Fuente: (Vásconez and Chamba, 2013, p. 119)

En la ciudad de Ambato, se implementó un sistema de riego para cultivo hidropónico, basado una red de sensores WSN con tecnología Zigbee que permite el control y monitoreo de humedad en diferentes sustratos empleados para el cultivo de fresas que logró mejorar la productividad. El sistema está formado por módulos gestionados por una Raspberry pi para el registro de datos en tiempo real. (Martinez, 2018, p. 11)



Figura 5-2. Sistema automático de riego para cultivo de fresas

Fuente: (Martinez, 2018, p. 65)

2.2. Industria 4.0

Este modelo representa una revolución tecnológica e innovadora, utiliza algoritmos para su desarrollo y una comunicación entre sistemas y dispositivos digitales. El desarrollo de esta industria se basa en el internet de las cosas, automatización e inteligencia artificial, buscando la digitalización y manejo de datos masivos de manera simplificada en procesos de producción. (Alzaga and Larreina, 2016).

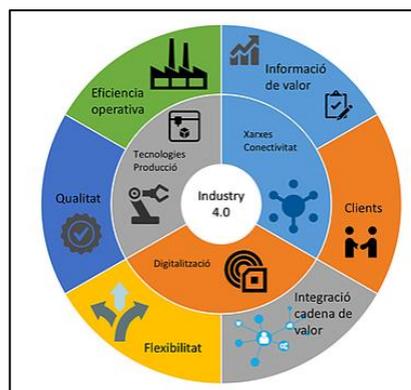


Figura 6-2. Industria 4.0

Fuente: (Obradors Melcior, 2016)

2.2.1. Internet de las cosas

IoT (Internet of Things) describe la interconectividad de objetos cotidianos con el internet, estos objetos pueden ir desde sistemas sofisticados o simples sensores, proporcionando un conjunto de datos masivos en tiempo real que facilita la comunicación y desarrollo de la industria. (Obradors Melcior, 2016).

En el campo agrícola la tecnología IoT, permite a productores y agricultores reducir el desperdicio, monitorear los cultivos y automatizar sistemas de riego. Facilitando el acceso de datos desde cualquier parte, y mejorando eficientemente la: productividad, beneficios, uso del agua, optimización de insumos, entre otros. (Ramirez, Ruilova and Garzón, 2015).

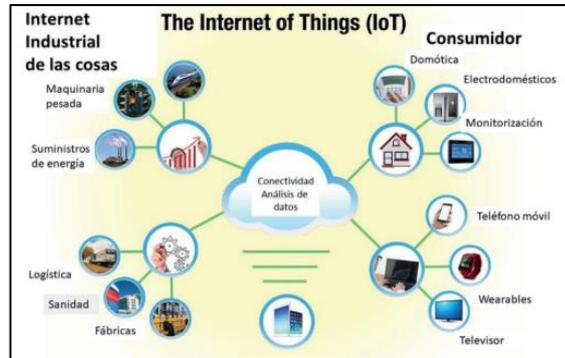


Figura 7-2. Ámbitos de aplicación del IoT

Fuente: (Garrell and Guilera, 2019, p. 36)

2.3. Riego

Desde el principio de la agricultura, el riego ha sido un proceso fundamental para el crecimiento adecuado del cultivo, es el proceso mediante el cual se incorpora agua al cultivo por medio del suelo para satisfacer las necesidades de la planta, sin espera de la lluvia. Se han desarrollado diversos métodos con el uso de aspersores, acequias, canales, tuberías, tanques, etc.

2.3.1. Recursos hídricos

El agua es esencial para la supervivencia agrícola y humana, siendo el recurso renovable más valioso y sobre el cual se han desarrollado numerosas investigaciones que buscan concientizar su uso. Los recursos hídricos están definidos dentro del glosario Hidrológico como los: “Recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un periodo de tiempo dados, apropiados para satisfacer una demanda identificable”. (Glosario Hidrológico Internacional, 2012).

2.3.1.1. Características de agua para riego

Las actividades agrícolas a nivel mundial demandan un elevado consumo de agua para su producción, el agua de riego empleada debe presentar ciertas características químicas, físicas y biológicas. Para que el agua cumpla con las necesidades bióticas del pasto debe ser evaluada bajo

estándares relacionados con los ecosistemas, potabilidad y seguridad para el consumo humano; además debe analizarse el contenido de sales y parámetros derivados tales como: la conductividad Eléctrica, Relación de Adsorción de Sodio, la alcalinidad y la dureza del agua. (Cruz Romero, 1992).

2.3.1.2. Tipos de agua para riego

El agua que se emplea para riego puede venir de ríos, pozos, tuberías o lluvia. Y se clasifican según su calidad y cultivo.

- ❖ **Ríos:** Es una forma económica de riego, ya que aprovecha recursos naturales y la gravedad. Hay que considerar que esta debe ser pura, sin sal o cloro.
- ❖ **Pozos:** Es agua subterránea con un alto nivel de cal, necesita bombas y tuberías para el riego.
- ❖ **Depósitos artificiales:** Se ubican en sitios elevados para obtener la presión adecuada para el riego y evitar el uso de bombas.
- ❖ **Lluvia:** Aplicando sistemas de recolección, es la solución más ecológica que hace frente a la escasez de agua en zonas secas.

Dentro del sistema de riego lo más adecuado es el agua de lluvia por su alta concentración de nitrógeno, que sirve como fertilizante para los cultivos. (Naturvegan Ecologico, 2013).

2.3.2. Balance de agua en el suelo

El abastecimiento de agua para las plantas tiene una relación directamente proporcional con el suelo y agua suministrada, la cantidad de agua en el suelo es un valor dinámico, ya que a más del riego hay agua procedente de lluvias, a las que debe sustraerse las pérdidas por evaporación, transpiración o infiltración profunda, siendo también un factor a considerar las raíces de la planta y las propiedades hidráulicas del suelo tales como porosidad, conductividad hidráulica y capacidad de retención de agua. (León Ruiz, 2012, pp.7-9).

2.3.2.1. Infiltración

Es el proceso por el cual el agua penetra el suelo en un periodo de tiempo, la infiltración depende de las características del suelo como la densidad, porosidad y textura. (J. E. León Ruiz, 2012, p. 8).

2.3.2.2. Evaporación

Este fenómeno se define como la conversión de agua de forma líquida a gaseosa, pasando del suelo al aire por efectos climáticos, como la radiación, temperatura ambiente, viento y humedad. La evaporación está relacionada con la fuerza que presenta el suelo al retener agua conocida como potencial hídrico. (Hernández, 2013).

2.3.2.3. Transpiración

Es un proceso fundamental para el crecimiento de una planta, consiste en la eliminación de agua absorbida por las raíces hacia la atmósfera, luego de recorrer el tallo y ocurriendo en las hojas. Al igual que la evaporación depende de la temperatura ambiente, presión de vapor y velocidad del viento. (*Transpiración y sistemas de riego*, 2011).

2.3.2.4. Evapotranspiración

Es un proceso que resulta de la evaporación y transpiración simultáneamente, por la similitud de estos procesos es casi imposible distinguir entre ellos. La evaporación se presenta en las primeras etapas del cultivo, mientras la transpiración es el proceso principal en el desarrollo de la planta, como se observa en la figura 8-2. (Allen et al., 2006, p. 3).

La evapotranspiración se expresa en mm por unidad de tiempo, que representa la cantidad de agua pérdida en un lapso de tiempo determinado.

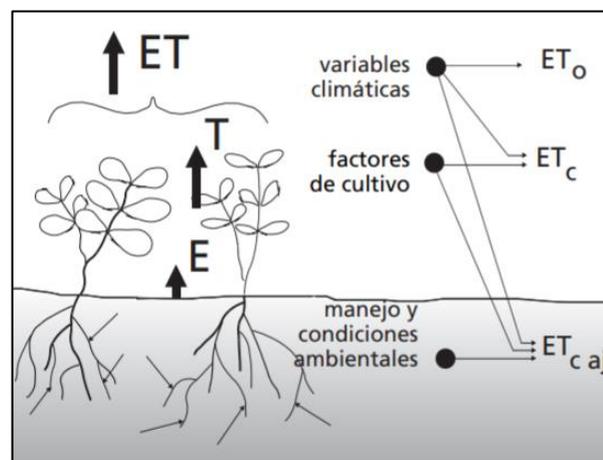


Figura 8-2. Proceso de evapotranspiración

Fuente: (Allen et al., 2006, p. 3)

2.3.3. Tipos de Suelo

Un factor a considerar en el riego son los perfiles del suelo, ya que este constituye un soporte para las plantas y un reservorio de agua y nutrientes. Cuando se analiza el suelo respecto al riego se debe considerar características observables y medibles, es de suponer que el suelo para el cultivo debe presentar una alta capacidad de retención de humedad, pero a su vez que permita el paso fácil del agua, drenaje y aireación sin que se produzca pérdidas de agua. (Chambouleyron, 1980, p.150).

2.3.3.1. Textura del suelo

Es una propiedad física del suelo de importancia para el movimiento y abastecimiento de agua y aire, y según su proporción en porcentaje de arena, limo y arcilla se clasifican en cuatro grupos como se indica en la tabla 1-2. (Leitón Soubannier, 1985, p. 24).

Tabla 1-2. Clasificación de suelo por texturas

Texturas	Nombres textuales
Ligeras o livianas	Arenoso Arenoso francoso Franco Arenoso Franco Franco limoso
Medias o moderadas	Limoso Franco arcillo arenoso Franco arcilloso Franco arcillo limoso
Pesadas	Arcillo arenoso Arcillo limoso Arcilloso
Muy pesadas	Arcilloso coloidal

Fuente: (Leitón Soubannier, 1985, p. 24)

2.3.3.2. Tensión de humedad

El agua circula por el suelo en los poros o siendo absorbida por las raíces, la fuerza con la que retiene el suelo su humedad se denomina tensión de humedad. La tensión va relacionada directamente con la porosidad, tipo de mineral del suelo y cantidad de agua; a medida que disminuye la humedad aumenta la tensión de humedad del mismo. (Tschinkel, 2008)

En la figura 9-2, se correlaciona los valores de tensión de humedad y contenido de agua por cantidad volumétrica de suelo, donde se establecen tres puntos: sobresaturación, capacidad de campo y marchitez permanente que instauran el rendimiento de la planta.

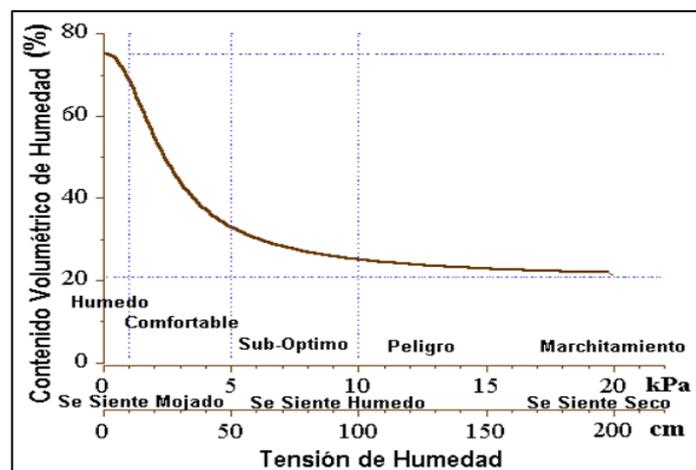


Figura 9-2. Contenido volumétrico por tensión de humedad

Fuente: (Fase Líquida del Suelo, 2017)

2.3.3.3. Condición de humedad del suelo

❖ Capacidad máxima

Desde un punto de vista agronómico la capacidad máxima del suelo representa un suelo inundado o sobresaturado, es decir que cada poro en el suelo está ocupado por agua. (Fase Líquida del suelo, 2017)

❖ Capacidad de campo

Es un equivalente a la capacidad de retención de agua y establece un nivel de humedad luego de la saturación ya sea por lluvias o por riego y después de escorrentía superficial, y drenaje a capas profundas, evitando pérdidas por evaporación directa de la superficie del suelo y evaporación de la superficie de las plantas estableciendo el potencial hídrico del suelo. (Zapallos, 2006).

❖ **Punto de marchitamiento**

Es el punto de humedad mínima donde las raíces de la planta no absorber agua retenida en el suelo, y no puede recuperarse de la pérdida hídrica, aunque la humedad ambiental sea saturada.

El agua útil para el cultivo resulta de la diferencia entre la capacidad de campo del suelo y el punto de marchitamiento que se establece por la textura del suelo teniendo mejores resultados los suelos francos; ya que resultan de la mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. (Leitón Soubannier, 1985, p. 26).

En la figura 10-2, se observa que los indicadores para establecer el punto de marchites permanente se define por interacción de la humedad del suelo y los espacios porosos, los mismos varían según el tipo de textura como se muestra en la tabla 2-2.



Figura 10-2. Condiciones de humedad en diferentes texturas

Fuente: (León Navarro, 2011, p. 12).

Tabla 2-2. Niveles de capacidad de campo y punto de marchitez

Tipo de suelo según textura	Capacidad de campo (kPa)	Punto de marchitez permanente (kPa)
Arcillosa	23-46	13-29
Franco Arcillosa	18-23	9-10
Franca	12-18	4-11
Franco Arenosa	8-13	4-6
Arenosa	5-7	1-3

Fuente: (León Navarro, 2011, p. 10)

2.4. Pasto para ganado

La rentabilidad de una explotación ganadera depende de varios factores, entre ellos la nutrición, el pasto sirve de alimento, posee una gran capacidad de rebote y puede ser usado fresco y conservado. (Rosero, 2011, p. 2).

El pasto para ganado debe considerarse como un cultivo que aporte positivamente al ganado, y requiere suelos fertilizados y un sistema de riego que le brinde la humedad necesaria para garantizar un crecimiento en volumen y calidad, además de una rotación de potreros que permita un descanso al suelo. El manejo intensivo de los pastizales implica conocimientos empíricos como científicos para el mejor aprovechamiento de forrajes y pastizales que se reflejen en una mayor producción láctea y cárnica. (Milera, 1992, pp. 1-2).

2.4.1. Requerimientos hídricos

La estimación de demanda de agua de un sistema de riego es proporcional a la cantidad de agua que consumen los cultivos y del momento oportuno para aplicarla. La cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor a la que retienen, es difícil separar la evaporación de la transpiración por lo que la suma de estos procesos se denomina evapotranspiración; esta debe reponerse de forma periódica para no dañar el cultivo por estrés hídrico. (Rosero, 2011, 5).

El requerimiento hídrico de un cultivo de pasto está determinado por el potencial de evaporación climático, de las características de las plantas y de los factores que influyen en su crecimiento.

2.4.2. Frecuencia de riego en los pastos

La frecuencia de riego en los pastos varía según la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo y condiciones climáticas. Por ende, no se puede establecer un periodo uniforme, pero se puede determinar las necesidades de riego por el factor de humedad del suelo.

2.4.3. Fases fenológicas

Elegir el momento apropiado para la cosecha asegura un alto valor nutricional que será aprovechado por el hato para un alto potencial productivo. Las fases fenológicas del desarrollo

de una planta son los cambios externos visibles de la misma, en un estudio se determinó que la edad fenológica debe encontrarse entre 5 y 6 hojas. (Villalobos, 2012, pp. 28-29).

2.4.4. Formación

En la formación de pasto se puede distinguir una tubera, un ecosistema que alberga materia orgánica muerta derivada de plantas adaptadas a vivir en condiciones de saturación, con cantidades reducidas de oxígeno y escasos nutrientes. Donde se puede distinguir dos niveles acrotelmo y catotelmo. (Corrales, 2018, pp. 5-6).

- ❖ **Acrotelmo:** Este nivel absorbe más rápido el flujo de agua alberga las raíces de la pastura y no supera los 30-40 cm de turba.
- ❖ **Catotelmo:** Está formado por la acumulación de vegetación o materia muerta de la tubera, la absorción de agua es lenta y existe poca disponibilidad de oxígeno.

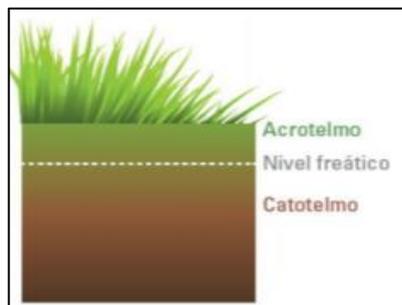


Figura 11-2. Formación de pasto

Fuente: (Corrales, 2018, p. 6)

2.5. Sistema de riego tecnificados

Un sistema de riego se encarga de la irrigación de una cantidad adecuada de agua en una determinada área para que pueda ser cultivada. Un sistema de riego tecnificado aprovecha de manera eficiente los recursos hídricos usando tecnología que le permite regar de forma localizada optimizando agua. (Seminis, 2018).

Los sistemas de riego básicamente se componen de: una fuente de abastecimiento de agua, tuberías de conducción principales, ramales de tubería terciarias y laterales.

2.5.1. Clasificación de sistemas de riego tecnificados

Los sistemas de riego tecnificados se dividen según su forma de irrigación que puede ser por gravedad y por presión; dentro de los sistemas de riego por presión se encuentran por: aspersión, goteo o exudación. Para elegir la implementación de un sistema se evalúan los siguientes criterios:

- ❖ Fuente de energía
- ❖ Fuente de agua
- ❖ Dinero disponible
- ❖ Tipo de terreno

En la región interandina son tres los sistemas de riego tecnificados más utilizados, sobre todo por la ubicación del terreno y las fuentes de agua disponibles en la zona.

2.5.1.1. Sistema de riego tecnificado por gravedad

En este sistema el agua avanza por la superficie del suelo empleando: mangas plásticas, tuberías o compuertas que facilitan la aplicación del agua en cada surco como se observa en la figura 12-2. Este sistema de riego disminuye las pérdidas por filtración y alcanza una eficiencia de riego por sobre el 70%, es de fácil instalación y mantenimiento. (Riego Ecuador, 1985, p. 5).

Este método resulta ser el más económico ya que no requiere sistema de presión ni terminales para el riego, pero con un índice de eficiencia muy bajo.



Figura 12-2. Sistema de riego con mangas

Fuente: (Sistemas de riego tecnificado, 2013, p.10)

2.5.1.2. Sistema de riego tecnificado por goteo

Es un sistema presurizado que conduce el agua mediante una red de tuberías y distribuye una pequeña cantidad en la zona radicular en los cultivos, de forma periódica y localizada, como se observa en la figura 13-2. Mantiene una elevada frecuencia, se adapta de forma oportuna y eficiente, alcanza una eficiencia de riego del 90%. Además, permite inyectar fertilizantes para distribuirlos en el riego. (Liotta, 2015, p. 8).

Este método utiliza un equipo de bombeo, filtrado, succión, unidad de fertilización, cabezales de campo, tuberías de conducción, laterales de riego y cabezales de campo.



Figura 13-2. Sistema de riego por goteo

Fuente: (Planeta Huerto, 2018).

2.5.1.3. Sistema de riego tecnificado por aspersión

Este sistema consiste en simular la lluvia con aspersores o difusores, que presentan control de intensidad y tiempo, como se ilustra en la figura 14-2. Existen diversas variantes de riego por aspersión que se adaptan a condiciones socio-económicas, además de fuentes de agua disponibles, fuente de energía, terreno y cultivos, minimizando pérdidas por conducción o distribución. (Santos *et al.*, 2010, pp. 164-168).



Figura 14-2. Sistema de riego por aspersión

Fuente: (Santos *et al.*, 2010, p. 190)

Con este método se alcanza eficiencias de aplicación entre 80%, pero demanda del uso de equipo como bomba, tuberías para balancear las presiones de los aspersores. Este sistema a su vez se divide en dos: fijos y semifijos; un sistema fijo mantiene sus tuberías en un espacio establecido mientras un sistema semifijo es de fácil montaje para ser trasladado de forma manual o mecanizada de un punto a otro punto. Existe una nueva variación del sistema que incorpora carros de riego mediante motores o sistemas hidráulicos. (NOVAGRIC, 2016).

2.5.2. Eficiencia de los sistemas de riego

La eficiencia de riego en un cultivo describe la relación entre el volumen de agua suministrada desde la toma y el volumen absorbido las plantas, a fin de determinar la demanda de agua que requiere.

En la tabla 3-2 se determina el rango de eficiencia según el método de riego.

Tabla 3-2. Porcentaje de eficiencia según método de riego

Método de riego	Rango de eficiencia
Superficial	
Riego Tradicional o tendido	10-30 %
Riego en Curvas de Nivel	30-60 %
Riego por Bordes	40-80 %
Riego por Surcos	40-85 %
Presurizado	
Riego por Aspersión	50-90 %
Riego por Microjet	60-95 %
Riego por Goteo	65-95 %

Fuente: (Manual de cálculo de eficiencia de sistemas de riego, 2015, p. 12).

No existe un parámetro que pueda describa el comportamiento de un sistema de riego, por lo que la eficiencia se descompone en eficiencia de conducción en el canal principal, la eficiencia de distribución en canales laterales y la eficiencia de aplicación en el terreno; como se puede apreciar en la ecuación 1. (Olalla, *et al.*, 2005, p. 275)

$$Ef_r = Ef_c \times Ef_d \times Ef_a \quad (1)$$

Donde:

Ef_c = Eficiencia de conducción.

Ef_d = Eficiencia de distribución.

Ef_a = Eficiencia de aplicación.

2.5.2.1. Eficiencia de conducción

Evalúa la pérdida de agua en el canal principal desde la bocatoma en la fuente de agua natural hasta el punto final. Si el porcentaje de eficiencia es alto significa que las pérdidas de agua son mínimas, es decir que no presenta fisuras, no expone agua a la evaporación, tiene una velocidad aceptable y no produce sedimentación. (Manual de cálculo de eficiencia de sistemas de riego, 2015, p. 8).

$$Ef_c = \frac{\text{Caudal al final del canal principal} + \sum \text{Caudal de distribución}}{\text{Caudal de entrada al canal principal}} \quad (2)$$

2.5.2.2. Eficiencia de distribución

Calcula la eficiencia en cada canal de distribución hacia las parcelas del productor, mide la pérdida desde la toma lateral hacia la zona de riego. Un alto nivel de eficiencia establece mínimas filtraciones y un buen estado de canales y tuberías. (Montero, 1999, p. 13).

$$Ef_d = \frac{\text{Caudal al final del canal distribución} + \sum \text{Caudal laterales}}{\text{Caudal de entrada al canal lateral}} \quad (3)$$

2.5.2.3. Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación es la cantidad de agua útil para el cultivo, este se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados. Para mejorar la eficiencia de aplicación se recomienda: mantener la zona de raíces de los cultivos sin excesos ni falta de agua, evitar inundaciones, y disminuir problemas de drenaje. (Manual de cálculo de eficiencia de sistemas de riego, 2015, p. 10).

$$Efa = \frac{A_1Er_1 + A_2Er_2 + \dots + A_{12}Er_{12}}{A_1 + A_2 + \dots + A_{12}} \quad (4)$$

Donde:

A_n = Área de la parcela.

Er_n = Eficiencia de riego en parcela.

2.6. Diseño de sistema de riego

El transporte de agua para el riego de cultivos requiere la combinación de diferentes estructuras de control de conducción y tuberías, que mejoren la productividad con la menor inversión económica y material, minimizando pérdidas de agua e incrementando sus niveles de eficiencia.

2.6.1. Sistemas de conducción

Su función es conducir agua desde el punto de abastecimiento hasta el campo que necesita riego, pueden ser sistemas abiertos o cerrados. Los sistemas de conducción cerrados involucran tuberías bajo presión que deben ser diseñados para evitar pérdidas por filtración y evaporación.

Las tuberías y canales revestidos son los más usuales, pero a largo tiempo presentan sedimentación que exige la incorporación de sistemas de filtración que incrementan su costo. Una alternativa son los canales no revestidos que presentan filtración de agua, elevando las pérdidas y el mantenimiento. (J. León Ruiz, 2012).



Figura 15-2. Sistema de conducción

Fuente: (J. León Ruiz, 2012, p. 4)

2.6.1.1. Procedimiento de diseño de sistema de riego

La siguiente lista se basa en la planificación de un sistema de riego por aspersión presentada por Hendriks. (J. León Ruiz, 2012).

- ✓ Analizar los recursos de la propiedad, tal como: topografía del terreno, suministro de agua, cultivos y operación de la granja.
- ✓ Establecer la cantidad de agua que requiere el cultivo, según la relación suelo-agua-planta.
- ✓ Determinar el consumo de agua diario, semanal y anual.
- ✓ Acordar la frecuencia de riego.
- ✓ Instituir la capacidad del sistema de riego y seleccionar un sistema
- ✓ Estipular tamaños de línea principal, condiciones de operación, y seleccionar la bomba y materiales para máxima eficiencia.

2.6.2. Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico selecciona los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, para la impulsión y conducción de agua de tal manera que se pueda satisfacer las necesidades de agua en el cultivo en un tiempo establecido. (Linares, 2012, p. 184).

2.6.2.1 Pérdidas primarias y secundarias

Las pérdidas son el resultado del contacto del agua con la superficie de las tuberías, provocando una resistencia al movimiento. Existe dos pérdidas primarias y secundarias teniendo en cuenta dos factores: tubería y flujo. (Villalobos, 2013).

❖ Pérdidas primarias

La pérdida de carga es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media en la tubería y a la longitud de la tubería es inversamente proporcional al diámetro de la misma, como se muestra en la ecuación 6. (Ramos M., 2013, p. 69).

$$h_f = \lambda \frac{Lv^2}{D*2g} \quad (6)$$

Donde:

h_f = Coeficiente de pérdida primaria

L = Longitud de tubería

D = Diámetro de tubería

v = Velocidad media

❖ Pérdidas secundarias

Las pérdidas secundarias dependen de un factor k , que se basa en un factor de fricción que se determina por el diámetro y longitud de la tubería. Como se observa en la ecuación 7. (Gavidia Navarro, 2015).

$$h_{pa} = k \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Donde:

h_{pa} = Coeficiente de pérdida secundaria

k = Coeficiente de pérdida

v = Velocidad media

2.6.2.2. *Pérdidas por fricción en tuberías principales*

El diseño hidráulico para riego se basa un sistema de tuberías, y busca en lo posible reducir las pérdidas de fluido para mejorar la eficiencia del sistema de riego, usando la ecuación de Hazen Williams ya que solo asocia el coeficiente de rugosidad relativa de los conductores, basado en el material y tiempo de uso.

Se usa normalmente para estimar las pérdidas de agua por fricción en laterales de aspersión y goteo en líneas principales; siempre que estos conductos sean tubulares cerrados que trabajan a presión. Su fórmula se expresa en la ecuación 5. (UTAH, 2015).

$$J = \frac{hf \times 100}{L} = K \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87} \quad (5)$$

Donde:

J = Gradiente de pérdida de carga [$m/100$]

K = Constante de conversión

hf = Pérdidas de carga debida a fricción [m]

L = Longitud de la tubería, [m]

Q = Caudal en la tubería, [L/s]

C = Coeficiente de fricción

D = Diámetro interno del tubo, mm [in]

El coeficiente de fricción o coeficiente de resistencia, es un parámetro adimensional relacionada al material de la tubería. Para la aplicación de la ecuación 5 se debe conocer el material de la tubería y esta puede variar disminuyendo por la edad de la misma, ya que tienen a ser más rugosas según su uso. En la tabla 4-2 se detallan los valores típicos.

Tabla 4-2. Valores típicos del coeficiente de fricción

Tubería	Coeficiente C
Plástico	150
Asbesto cemento	140
Aluminio con acoples	130
Acero Galvanizado	130
Acero nuevo	130
Acero de 15 años de uso	100

Fuente: (UTAH, 2015)

2.6.2.3. Pérdidas por fricción en tuberías con salidas múltiples

El flujo de agua a través de una tubería simétrica en su trayectoria causa más fricción que en una tubería con varias salidas espaciadas, debido a la reducción de volumen del flujo al pasar por una salida. Se emplea el método desarrollado por Christiansen en para el cálculo de las pérdidas de presión en tuberías con salidas múltiples. (Ángeles Montiel *et al.*, 2007).

Primero se calculan las pérdidas por fricción en la línea sin salidas múltiples y luego se multiplica por un factor F basado en el número de salidas en la línea N . Para obtener las pérdidas de carga 7 en una línea con salidas múltiples; como se muestra en la ecuación 6.

$$hf = JF\left(\frac{L}{100}\right) \quad (6)$$

Donde:

J = Gradiente de pérdida de carga

F = Constante basada en el número de salidas

hf = Pérdidas de carga debida a fricción

L = Longitud de la tubería

En la ecuación 7 se calcula las pérdidas por fricción.

$$P_f = KJF\left(\frac{L}{100}\right) \quad (7)$$

Donde:

P_f = Pérdidas de presión por fricción [KPa]

K = Constante de conversión [9.8]

J = Gradiente de pérdida de carga

F = Constante basada en el número de salidas

L = Longitud de la tubería

2.6.2.4. Número de Reynolds

El número de Reynolds caracteriza el movimiento de un fluido, indicando si es laminar o turbulento. Como se expresa en la ecuación 8.

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \quad (8)$$

Donde:

ρ = Densidad del fluido

v_s = Velocidad característica del fluido

D = Diámetro de la tubería

μ = Viscosidad dinámica del fluido

La fórmula de Hazen Williams fue desarrollada a partir de estudios de sistemas de distribución de agua usando tubos de diámetro mayor de 75 mm y descargas mayores de 3.2 L/seg., bajo estas condiciones el número de Reynolds es mayor que 5×10^4 , prediciendo las pérdidas de carga.

2.7. Redes inalámbricas de sensores WSN

Las redes inalámbricas de sensores o WSN (Wireless Sensor Network), se basan en un conjunto de nodos vinculados, que son capaces de obtener información de su entorno en tiempo real, procesarla localmente y enviarla a una central para el análisis y almacenamiento de datos. Los nodos están distribuidos y formados por sensores capaces de medir una magnitud física como: temperatura, humedad, presión, sonido, entre otros; constan de un microcontrolador, una fuente de energía, un sensor y un transmisor. (Fernandez Barcell, 2008, p. 1).

Las redes WSN se basan en una comunicación inalámbrica, existen varias tecnologías que se han ido desarrollando debido a sus múltiples aplicaciones. Y se caracterizan por los siguientes valores: tiempo de vida, cobertura, costo, facilidad de instalación, tiempo de respuesta, precisión y frecuencia de muestras, seguridad, robustez, consumo, entre otras. (Fernandez Barcell, 2008, p. 2).

2.7.1. *Arquitectura de red WSN*

Una red de sensores inalámbricos está formada por un conjunto de nodos sensores dispersos en una determinada área a monitorizar. Las redes presentan un diseño modular por lo tanto cada elemento debe presentar interfaces compatibles, donde cada nodo realiza mediciones del medio, procesa dichos datos y la transmite fuera de la red hacia un servidor para manejo, almacenamiento y análisis de datos. (Martinez *et al.*, 2009, p. 18).

La red de sensores inalámbrica se conforma por sensores, un procesador, transmisor y receptor y una estación base. Existen dos arquitecturas:

- ❖ **Arquitectura centralizada:** Donde cada nodo sensor se comunica únicamente con la estación base. (Fernandez Barcell, 2008, p. 5).
- ❖ **Arquitectura distribuida:** Donde los nodos sensores se comunican entre ellos y la estación base. (Fernandez Barcell, 2008, p. 5).

2.7.2. *Topología de red WSN*

La topología es un mapa para intercambiar datos en un conjunto de nodos conectados entre sí, una red admite la inserción de conexión a un servidor de internet pasando por routers y switch

que extiendan la red para monitoreo no solo a nivel local mediante la creación de subredes externas como internas.(Esparza Morocho, 2013, pp. 11-12).

La implementación de una red puede adaptarse a varias arquitecturas como: estrella, malla o una combinación de ellas; como se muestra en la figura 16-2. Cada topología presenta su grado de dificultad para ellos es necesario entender sus componentes:

- ❖ **Nodos Finales:** Encargados de la recolección de datos.
- ❖ **Routers:** Se encargan de dar cobertura a la red para la emisión de la información.
- ❖ **Puertas de enlace:** Recoge los datos de la red, es el punto de unión con una red LAN.

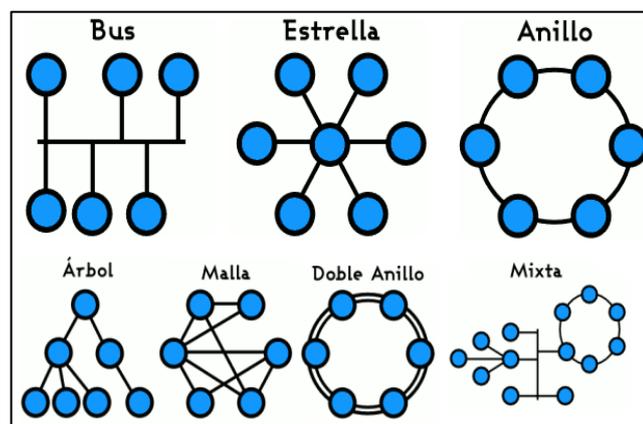


Figura 16-2. Clasificación de topologías de red WSN

Fuente: (Esparza Morocho, 2013, p. 13)

2.7.2.1. Topología de red tipo malla

En la topología tipo malla todos los nodos de la red están conectados entre sí mediante enlaces dedicados punto a punto, como se representa en la figura 17-2. Presenta enlace resistente a fallos debido a la existencia de varias rutas en el caso de que un enlace no esté disponible. (Gusqui, 2017, p. 9).

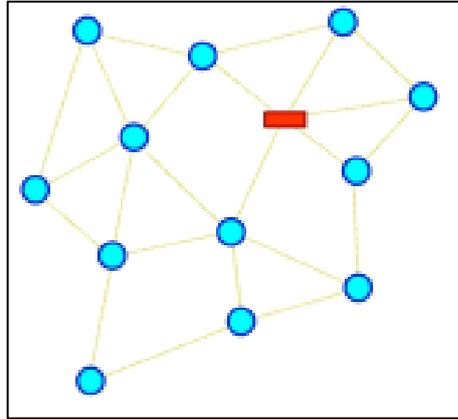


Figura 17-2. Topologías tipo malla

Fuente: (Martinez *et al.*, 2009, p. 25)

2.7.2.2. Topología de red tipo estrella

Este tipo de topología conecta directamente los nodos de la red a un nodo central, facilitando la administración de la red, pero es robusta ante fallas y problemas de enlaces. Como se ilustra en la figura 18-2. (Gusqui, 2017, p. 9).

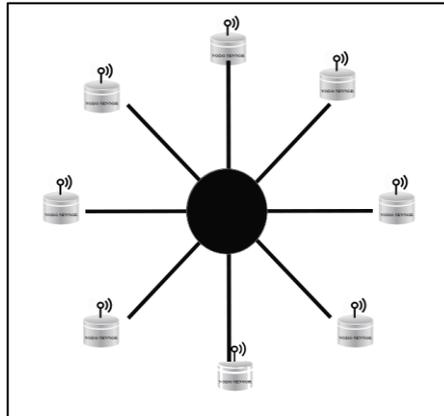


Figura 18-2. Topología tipo estrella

Fuente: El Autor

2.7.2.3. Topología de red tipo par

Es la topología más simple ya que solo involucra dos nodos, en donde uno de los nodos actúa como nodo final y el otro como coordinador. Como se simboliza en la figura 19-2. (Gusqui, 2017, p. 9).

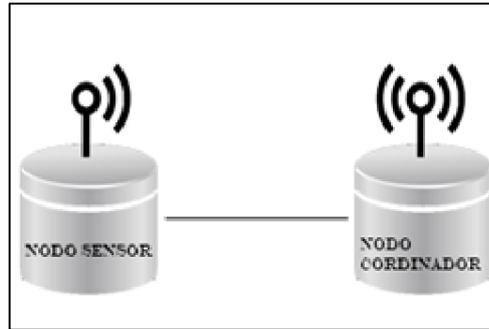


Figura 19-2. Topología de red tipo par

Fuente: El Autor

2.7.3. Tecnologías inalámbricas estándar

Estas tecnologías usan el espectro electromagnético para enviar información, con la ayuda de una antena y una fuente de energía superior es posible transmitir señales a grandes distancias. Existen una serie de comunicaciones que varían según su cobertura, velocidad y costo. Entre las tecnologías inalámbricas más usuales para redes de sensores es Zigbee, RFID, Bluetooth, y Wi-Fi. (Martinez *et al.*, 2009, p. 28).

2.7.3.1. Wi-Fi

La tecnología Wi-Fi (Wireless Fidelity) se basa en el protocolo estándar IEEE 802.11 y es la tecnología más utilizada en la creación de redes locales de bajo costo sin la necesidad de hilos. Usa ondas de radio y señales infrarrojas en la banda de frecuencias libres. La última versión IEEE 802.11ac. ha sido aprobada para alcanzar hasta 7 Gbps en banda de 5Ghz, siendo el protocolo de mayor compatibilidad en el mercado actual. (Barbancho Concejero, 2014).

2.7.3.2. Protocolo MQTT

El protocolo MQTT, también conocido como mosquito proporciona implementaciones de servidor y cliente para el transporte de mensajes con soporte bidireccional y sin pérdida de datos. Se puede implementar en dispositivos de baja potencia, como microcontroladores que podrían usarse en sensores remotos, que manejen mensajes livianos de telemetría y control, particularmente en dispositivos restringidos con recursos limitados. (A Light, 2017, p- 2). En la figura 20-2 se expresa el modelo de comunicación del protocolo MQTT.

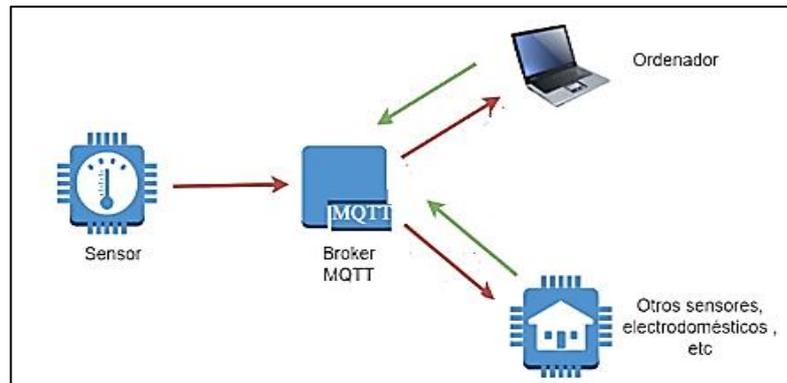


Figura 20-2. Modelo de comunicación basado en el Protocolo MQTT

Fuente: El Autor

2.7.4. Elementos de la red de sensores inalámbrica WSN

Los nodos de una red están diseñados y programados con un objetivo concreto, y se componen de hardware específico, distribuidos espacialmente en distintos puntos para controlar diversas condiciones en el ambiente.

2.7.4.1. Procesador

Es un componente electrónico encargado de interpretar y procesar los datos, se ocupa de realizar las operaciones lógicas con la información recolectada por los sensores para transmitirlos a otra estación. Hay muchos tipos de procesadores disponibles como microprocesadores, microcontroladores y FPGA. (Martinez *et al.*, 2009, p. 19).

En el mercado existen varias marcas dedicadas al diseño y venta de circuitos integrados, pero la revolución e innovación está en los SoC (System on Chip). Son minicomputadoras que incorporan los elementos de una computadora de escritorio en una placa del tamaño de la mano, basados en sistemas Linux y aplicados en el desarrollo de dispositivos multimedia.

2.7.4.2. Fuente de alimentación

La energía es un factor de relevancia para la implementación de una WSN se suele utilizar baterías o transformadores para alimentar cada nodo, dependiendo de la disponibilidad de suministro eléctrico. Las baterías deben ser recargadas o reemplazadas cuando se agotan limitando el

funcionamiento adecuado de la red, una solución es el uso de fuentes de energía renovable que brinde suministro continuo para evitar fallas en la red.

2.7.4.3. *Sensores*

Los sensores son dispositivos que convierten magnitudes físicas como la humedad o temperatura en una señal analógica continua que es digitalizada por un conversor analógico digital y enviada a un controlador para ser procesada. Los sensores deben ser pequeños, de bajo consumo, autónomo y tener la capacidad para adaptarse al ambiente. (Martinez *et al.*, 2009, p. 22).

2.7.4.4. *Puerta de enlace*

Es un dispositivo que facilita la comunicación entre la red de datos (TCP/IP) y una red de sensores. Es un nodo especial que actúa como enlace entre dos redes de diferente tipo, es decir entre los nodos sensores y una estación base que se encargue del monitoreo de cada uno. Son también conocidos como Gateway. (Martinez *et al.*, 2009, pp. 22-23).

2.7.4.5. *Estación base*

Se encarga de recolectar los datos para que el usuario final pueda monitorear, estudiar y analizar la información de manera remota, suele ser un ordenador o sistema embebido. Dependiendo si la información es almacenada en una nube esta puede ser accedida desde cualquier dispositivo que tenga acceso a la red.

2.7.5. **Hardware Open Source**

Los dispositivos de código abierto permiten que el usuario se sienta libre de ejecutar un proyecto usando diagramas y especificaciones del fabricante sin la necesidad de pagar una licencia para su uso. Un ejemplo de hardware libre u open source son las SoC como Raspberry Pi, Odroid, ExSOM o Exynos.

Una SoC es una pequeña placa que incorpora un procesador, memoria, módulos de conectividad y puertos I/O, son utilizadas en sistemas embebidos para dispositivos multimedia, aplicaciones de visión artificial, sistemas de control.

2.7.6. Software Open Source

Los dispositivos open source requieren de un entorno de programación abierto basado en Linux, o Android. Siendo un software libre el desarrollador puede ejecutar, copiar, distribuir, modificar o mejorar el software en bien de la comunidad. (HISPA LINUX, 2011).

Node Red es una herramienta open source, que permite conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea mediante un editor basado en un navegador que facilita la conexión de nodos y flujos de servicios. (Fundacion JS, 2018).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio tiene como finalidad la optimización de recurso hídrico en el riego de pastos mediante la inserción de un sistema automático de riego para minimizar el trabajo manual y pérdidas en la producción. La inserción de recursos tecnológicos implica una inversión económica, que resulta ser de bajo costo mediante el uso de dispositivos open source disponibles en el mercado local.

La metodología aplicada al presente estudio se basa en una investigación teórica experimental para su ejecución, y se describe en un organigrama en la figura 1-3.

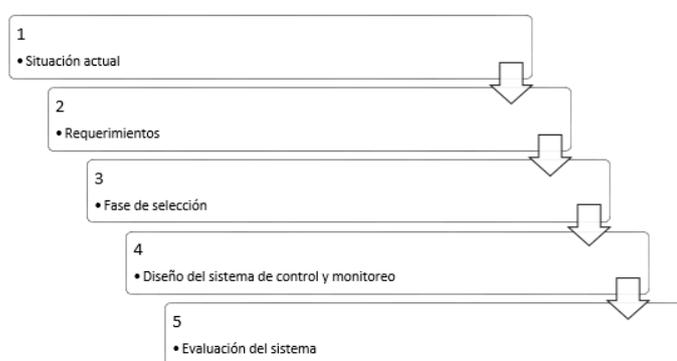


Figura 1-3. Metodología aplicada al desarrollo del estudio

Fuente: El Autor

3.1. Situación actual

Con la finalidad de optimizar el recurso hídrico en el riego de pastos en la hacienda San Pablo se dispone la implementación de un sistema automático de riego que además mejore la producción y calidad de pasto para el hato lechero.

La hacienda está ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Guano, con una extensión de 15,49 hectáreas como se muestra en la figura 2-3.



Figura 2-3. Ubicación y delimitación de vista satelital de la Hacienda

Fuente: (Google Maps, 2009).

El terreno está dividido en 12 parcelas dedicadas al cultivo de pasto para el hato lechero, las mismas que se denominan módulos para fines de programación. La hacienda produce pasto como alimento para el hato lechero, el riego para la producción de los forrajes está indirectamente relacionado con el porcentaje nutricional que aporta al ganado, ahí radica la importancia de un sistema de riego eficiente. En la tabla 1-3 se detalla el área por módulo o parcela, su área, y el número de aspersores asignados.

Tabla 1-3. Distribución de superficie por módulos

Módulo	Área (ha)	# Aspersores	Vista satelital
1	0,75	1	
2	1,13	1	
3	1,28	2	
4	1,59	2	

Módulo	Área (ha)	# Aspersores	Vista satelital
5	1,50	2	
6	1,93	2	
7	1,12	1	
8	0,9	1	
9	0,83	1	
10	1,23	1	
11	1,20	1	
12	1,24	1	

Fuente: El Autor

3.1.1. Riego de pasto por aspersión

Previo a la implementación del sistema automático se analizó el sistema actual mediante una observación directa no participativa, la hacienda cuenta con un sistema de riego por aspersión para el cultivo que se compone de un tanque principal como se puede observar en la figura 3-3, de donde se distribuye el agua a tomas ubicadas en cada módulo, mediante un sistema de tuberías.



Figura 3-3. Tanque principal

Fuente: El Autor

Por la geografía del terreno no cuenta con una bomba ya que el tanque principal se encuentra sobre una elevación a una distancia de 355.32m que garantiza la presión necesaria por gravedad, como se muestra en la figura 4-3.

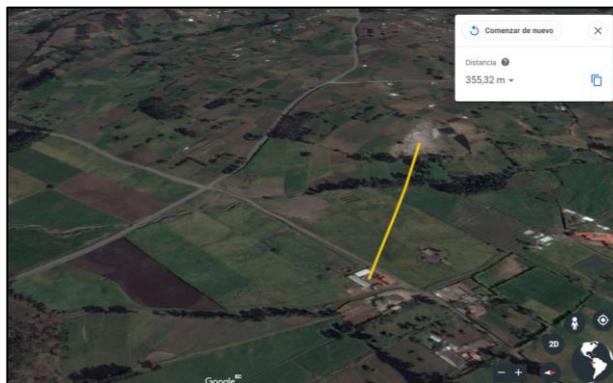


Figura 4-3. Distancia de la propiedad al tanque

Fuente: (Google Maps, 2019).

El tanque principal tiene una capacidad de 192m³, del mismo baja una tubería de 4" denominada tubería principal que se divide en ramales secundarios de 2" hasta una toma de agua individual por módulo. El trabajador posee un horario para trasladarse a la toma principal para abrir la

válvula e iniciar el riego por dos horas en un módulo, concluido ese periodo debe cerrar la válvula, trasladar el aspersor a otro módulo y nuevamente abrir la válvula por dos horas, en la figura 5-3 se muestra el sistema de riego en funcionamiento.



Figura 5-3. Sistema de riego actual

Fuente: El Autor

Por la extensión del terreno demanda de un arduo trabajo y el riego por horarios no involucra una previa inspección del terreno, sin tomar en cuenta las condiciones climáticas y dejando el proceso a criterio del agricultor, definiendo el sistema como ineficiente por parte del propietario y trabajadores de la hacienda pues en ocasiones el riego se prolonga dejando que el suelo demasiado húmedo y formando charcos que ahogan el cultivo.

3.2. Definición de requerimientos

El objetivo del trabajo es realizar el estudio técnico para la optimización del recurso hídrico de la hacienda San Pablo del cantón Guano implementando un sistema automatizado de riego en los pastos.

Para el desarrollo se han establecido los siguientes requerimientos que satisfagan las necesidades de la hacienda:

- ❖ Un sistema automatizado para el control de riego por aspersión para las parcelas de pasto con un nivel de eficiencia aceptable.
- ❖ Implementar una red inalámbrica de sensores para medición y monitoreo de humedad del suelo.
- ❖ Implementar una estación meteorológica para medición y monitoreo de temperatura y humedad del ambiente.

- ❖ Implementación de un sistema autónomo mediante una electroválvula normalmente cerrada para el control de riego en cada parcela.
- ❖ Evitar la saturación del suelo con un riego excesivo en el cultivo de pasto.

3.2.1. Consolidación general del sistema esperado

En base a los requerimientos planteados se plantea un diagrama del funcionamiento general del sistema de control y monitoreo aplicado al riego de pastos, como se muestra en la figura 6-3. El sistema debe cumplir con las siguientes especificaciones para asegurar un ciclo de riego en base al nivel de humedad del suelo y al mismo tiempo transmitir las lecturas a una interfaz en un dispositivo móvil, mediante una red inalámbrica Wi-Fi.

- ❖ El alcance de la red Wireless debe ser ampliada para conseguir la cobertura total en toda la hacienda.
- ❖ El sistema consta de 12 nodos ubicados por módulos y uno que se ubica como estación meteorológica siendo un total de 13 nodos, y cada uno cuenta con sensores.
- ❖ La señal captada por los sensores debe ser procesada y transmitida a un servidor central desde cada nodo de manera inalámbrica.
- ❖ La central o servidor debe visualizar los niveles de humedad en cada módulo, además de los datos de temperatura y humedad ambiente.
- ❖ Los datos recibidos en la central deben ser procesados para ejecutar las acciones de control para el riego del cultivo.
- ❖ Los actuadores usados para el control del recurso hídrico se accionan mediante una señal del servidor siempre que cumpla con los rangos establecidos según la variable de control, permitiendo el paso de agua hacia los aspersores instalados en cada módulo.

Un sistema de aspersión incluye: aspersores y accesorios relacionados; laterales, líneas secundarias, líneas principales, equipo de operación y control; y otros accesorios para la aplicación eficiente del agua. (J. León Ruiz, 2012).

En la figura 7-3 se muestra un diagrama general de la distribución del sistema hidráulico y su aplicación en las parcelas de la hacienda.

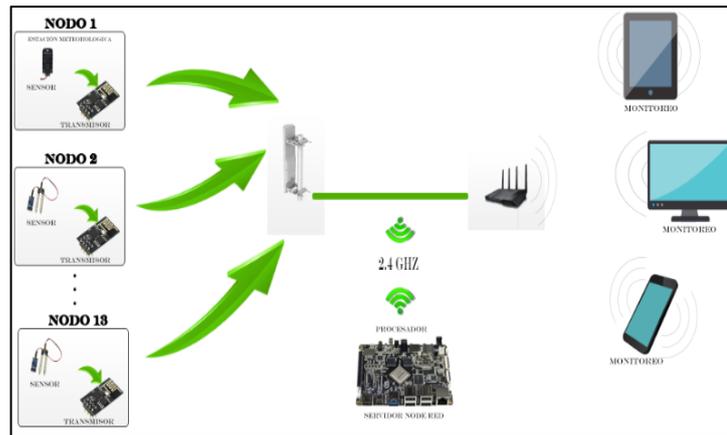


Figura 6-3. Consolidación del sistema de monitoreo de riego

Fuente: El Autor

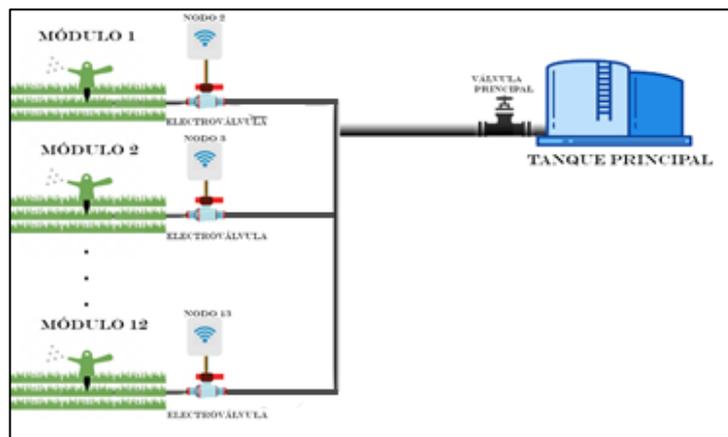


Figura 7-4. Consolidación del sistema hidráulico

Fuente: El Autor

3.3. Variable del sistema

Para el desarrollo del sistema se ha definido la humedad del suelo como variable de control. Se conoce que por el tipo de suelo y textura del mismo la humedad gravimétrica θ_g oscila entre 5% y 14%, la humedad gravimétrica es la relación entre la masa de agua y masa de suelo seco.

Los datos obtenidos por el sensor son análogos y se escalan en un rango de [0;100]%, la ecuación 9 expresa una conversión de humedad gravimétrica y humedad obtenida con los sensores.

$$\theta_{\%} = 5 x (\theta_g) \quad (9)$$

Estableciendo 70% como valor máximo es decir que se sienta muy mojado por encima del punto de marchitez permanente y el valor mínimo en el 20% en el límite de saturación del suelo. Estableciendo las acciones de control en la tabla 2-3.

Tabla 2-3. Acciones de control del sistema

Humedad gravimétrica (θ_g)	Humedad del suelo ($\theta_{\%}$)	Acción de Control
Menor a 8	Menor a 20	Riego inmediato
8 a 9,5	[20;30)	Riego programado
9,5 a 14	[30;70)	No necesita riego
14 o más	Mayor a 70	Suelo saturado

Fuente: El Autor

3.4. Selección de equipamiento

Después de analizar la situación actual del sistema de riego, y establecidos los requerimientos del sistema y variable del sistema, se procede a seleccionar los componentes adecuados para el funcionamiento del sistema.

3.4.1. Componentes del sistema de control y monitoreo de riego

3.4.1.1. Selección del gestor del sistema de control

El sistema de control se basa en una tarjeta ESP8266 que incorpora un microcontrolador y transmisor que se ocupará de registrar la lectura de los sensores y el funcionamiento de los actuadores.

La plataforma electrónica ESP8266 ofrece una solución de red Wi-Fi completa y de bajo costo, para aplicaciones móviles con limitaciones de espacio y energía, además de ser open source facilitando la elaboración de prototipos y aplicaciones IoT. Establece comunicación con una amplia gama de sensores y otros dispositivos específicos a través de sus GPIO. (Espressif Systems, 2015).

ESP8266 ha sido diseñada con una arquitectura de ahorro de energía que le permite operar tres modos de operación: activo, suspensión, y apagado; manteniendo el consumo en aproximadamente 60 μ A en modo reposo. En cuanto al módulo Wi-Fi, este cuenta con

comunicación integrada 802.11 b/g/n, modos Wi-Fi Direct (P2P) y soft-Ap. Además, incorpora una serie de protocolos TCP/IP, liberando al procesador de trabajo y mejorando su eficiencia. (Llamas, 2017).

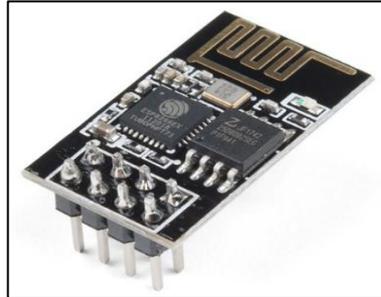


Figura 8-3. Módulo ESP8266

Fuente: (Llamas, 2017)

Entre las características generales se destacan:

- ❖ Integra un microcontrolador MCU de bajo consumo de energía, que incluye SRAM y ROM. El programa desarrollado por el usuario se almacena en una memoria externa al SoC incorporada en la placa.
- ❖ El tamaño de la memoria RAM es inferior a 36kB cuando está funcionando en modo activo y conectado al enrutador, carga los datos al procesador para un inmediato procesamiento.
- ❖ Posee varios pines GPIO dependiendo del fabricante, cada GPIO puede ser configurado como entrada y salida.
- ❖ Incorpora un procesador Tensilica Xtensa de 32bits a 80 Mhz.
- ❖ En cuanto a la alimentación la placa soporta un rango de 3.3 v a 5v, siendo el nivel máximo de tensión que la placa soporta.

Tabla 3-3. Características de ESP8266

Característica	Descripción
Fabricante	Amica
Procesador	Tensilica Xtensa
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Ram	64 Kb
Flash	1 MB
ADC	10 bits
I2C	Si
SPI	Si
Alimentación	3,3. v

Fuente: (ESP8266EX Datasheet, 2018)

NodeMCU, es una plataforma que incorpora la placa ESP8266 con un mayor número de GPIO, entre los 12 pines GPIO se puede programar como analógicos o digitales; es decir que pueden ser PWM para control de actuadores. Utiliza un firmware basado en lenguaje Lua, compatible con Arduino Core que facilita la programación.

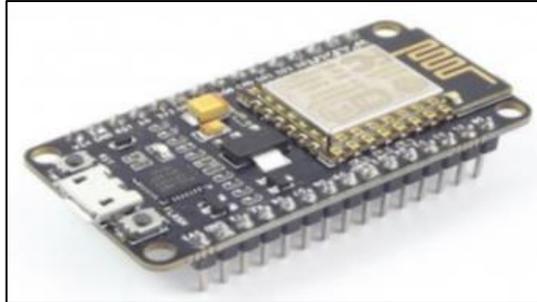


Figura 9-3. Placa de desarrollo NodeMCU

Fuente: (Gusqui, 2017, p. 14)

Tabla 4-3. Características del Higrómetro FC-28

Característica	Descripción
Fabricante	Amica
Alimentación	5 v
Consumo	0.8 A
Puerto de alimentación	Mini usb
Procesador	Tensilica
RAM	96 Kb
Flash	4 MB
Wlan	802.11 b/g/n
Tamaño	49x 24.5x 13

Fuente: (Gusqui, 2017, p. 15)

Se optó por el uso de las dos placas debido a la facilidad que presentan las placas de conectividad a una red Wireless además de su reducido tamaño y bajo consumo energético. La selección se basa en la revisión de las características de las hojas de datos adjuntas en el (ANEXO I) y los requerimientos del sistema, posterior a la selección se estableció el uso de la NodeMCU en los módulos de medición de humedad de suelo por su mayor número de pines que permite la conexión con los sensores y actuadores. Por otra parte, en la estación meteorológica se optó por el uso de la placa ESP8266 para un dispositivo final más reducido y compacto.

3.4.1.2. Selección de elementos procesamiento de datos en led local

Uno de los requerimientos del sistema es el registro y monitoreo de datos, dentro del mercado se encuentran las SBC o minicomputadoras capaces de procesar y registrar información. La SBC

Amlogic S905W X96Es una pequeña computadora que incorpora todas las prestaciones de un ordenador convencional en una placa de tamaño reducido como lo observa en la figura 10-3, gracias a su procesador Amlogic S905W ejecuta el sistema operativo Android 7.1.2. Su versatilidad, accesibilidad y tamaño es utilizada en el desarrollo de dispositivos multimedia y proyectos de investigación.(Amlogic, 2019).

La placa Amlogic S905W requiere de alimentación externa, y es compatible con varios periféricos por su conectividad USB, HDMI y Wi-Fi. Para el desarrollo del trabajo de titulación se utiliza la SBC configurado como un servidor en una red Wireless, el sistema operativo viene instalado por defecto Android 7.1.2 siendo el más versátil y flexible con Node RED que facilita la comunicación con servicios en línea, una alternativa innovadora que reduce los tiempos de respuesta de hardware al mínimo.



Figura 10-3. Amlogic S90W X96

Fuente: El autor.

Tabla 5-3. Características de minicomputador Amlogic

	Características
Modelo	X96 Mini
SO	Android 7.1.2
Procesador	Amlogic s905w
Ethernet	1 x 10/100 MB/s
Wi-Fi	802,11n 2,4 GHz
GPU	Penta core
RAM	2 GB DDR3
ROM	16 GB

Fuente: (Amlogic, 2019).

3.4.1.3. Selección de elemento de transmisión

Por la extensión del terreno la transmisión de datos debe ser inalámbrica, se optó por la comunicación mediante Wi-Fi compatible con los elementos de control y procesamiento, esta tecnología de bajo costo y su alcance se limita a la capacidad de los dispositivos usados. Para el desarrollo de trabajo de titulación se utilizó un router TP-link con una antena RouterBoard Mikrotik 5SHPN que fácilmente alcanza un área de cobertura de 30 km, alcanzando todas las parcelas de la propiedad desde una altura de 4m.

Este dispositivo inalámbrico de alta potencia posee un diseño industrial completamente sellado y robusto para alcanzar largas distancias, como se muestra en la figura 11-3. Su funcionamiento se basa en un RouterOS un sistema operativo basado en Linux de fácil configuración. Se puede utilizar directamente a una antena o usar un cable de antena estándar, admite el rango 5150MHz-5875MHz. (Mikrotik, 2012).



Figura 11-3. RouterBoard Mikrotik 5SHPN

Fuente: (Mikrotik, 2012).

Tabla 6-3. Características de RouterBoard Mikrotik

	Características
Modelo	RBMetal5SHPn
SO	RouterOS
RAM	64 MB
Wireless estándar	802.11 a/n
Velocidad	150 Mbit/s
Puerto ethernet	1
Dimensiones	215x60x38 mm
Alimentación	10-30 v

Fuente: (Mikrotik, 2012).

3.4.1.4. Selección de elementos para sistema de monitoreo

❖ Sensor para estación meteorológica

El objetivo de implementar una estación meteorológica es premeditar precipitaciones de agua, con este fin se analizó una variedad de sensores que ofrece el mercado. Entre las características si seleccionó el sensor DHT21, un sensor que realiza mediciones de temperatura y humedad del ambiente y totalmente compatible con la plataforma ESP8266.

El DHT21 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buena precisión en un empaque robusto. Integra un sensor capacitivo de humedad, un termistor y un microcontrolador encargado de realizar la conversión analógica a digital. El protocolo de comunicación entre el sensor y el microcontrolador emplea un único hilo o cable, la distancia máxima recomendable de longitud de cable es de 20m. (NAYLAP, 2019).



Figura 12-3. Módulo DHT21

Fuente: (NAYLAP, 2019)

Tabla 7-3. Características del Módulo DHT-21

	Características
Voltaje	3,5 -5,5 v
Consumo	1 -1.5 mA
Rango temperatura	-40° hasta 80°C
Resolución temperatura	0,1°C
Precisión temperatura	±5°C
Rango humedad	0 100%
Resolución humedad	0,1%
Precisión humedad	±3%

Fuente: (Temperature and humidity module DHT21, 2017)

❖ Sensor para cultivo

La formación adecuada de una tubera de pasto se basa en las condiciones del suelo, por eso es indispensable que el sensor pueda realizar una toma de datos a la altura de la raíz del pasto, se eligió el Higrómetro Fc-28 compatible con la plataforma NodeMCU. El sensor posee una sonda que registra la variación de conductividad del suelo para arrojar datos de humedad.

El funcionamiento del sensor se basa en una variación de tensión aplicada a la sonda, la sonda presenta una resistencia que varía por la cantidad de agua almacenada en el suelo creando una relación proporcional de humedad y corriente, presenta una salida análoga en un rango de 0 (muy mojado) a 1023 (seco).

El higrómetro fc-28 es un sensor usado en sistemas de riego como mecanismo de activación automático para el sistema el bombeo. Es un sensor compuesto por una sonda y una placa de medición que incorpora un microcontrolador para el acondicionamiento teniendo como salida un valor analógico que puede ser usada como digital al activar un flanco en alto cuando la lectura de humedad supera un umbral establecido. (Llamas, 2016).

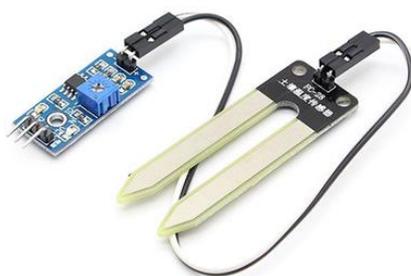


Figura 13-3. Higrómetro FC-28

Fuente: (Llamas, 2016)

Tabla 8-3. Características del Higrómetro FC-28

	Características
Alimentación	2,4 – 5,5 v
Interfaz	Sbus digital
Exactitud humedad HR	±4,5 %
Temperatura de trabajo	10 -30 °C
Consumo de energía	80 μW
Tiempo de respuesta	8 seg
Rango de operación	0-100% RH

Fuente: (Moisture Sensor FC28, 2015)

3.4.1.5. Selección de actuadores

Para el riego del recurso hídrico en las parcelas se estableció su funcionamiento según la variable de control, la misma que es de tipo digital por lo tanto el actuador debe cumplir con ciertos requerimientos. Existen varias electroválvulas en el mercado que trabajan como normalmente cerradas y controlan el paso del flujo de agua, se seleccionó la Electroválvula Aquanet 2” por el tamaño de las tuberías. La electroválvula trabaja a 24 V para el cierre y apertura por lo tanto requiere de un regulador de voltaje adicional que trabaje únicamente con este dispositivo.

Es una válvula electromecánica, que permite el paso de un fluido por un conducto que se abre y cierra a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el embolo, también conocida como válvula solenoide.(Altec, 2015). Para el sistema de riego implementado se usa una electroválvula Aquanet normalmente cerrada de 2”, presenta un control manual de flujo y un actuador que opera en AC/DC para consumo mínimo de corriente.(NETAFIM, 2018).

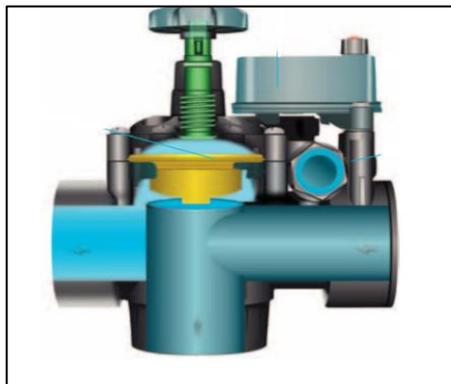


Figura 14-3. Electroválvula Aquanet 2”

Fuente: (NETAFIM, 2018, p.2).

Tabla 9-3. Características de la electroválvula 2”

	Características
Caudal	0,1 – 4.03 m ³ /h
Presión de trabajo	0.3 – 10 bar
Temperatura máx.	60°C
Flujo Temp. Máx.	60°C
Presión	0,7 – 4,5 bar

Fuente: (NETAFIM, 2018)

La electroválvula se encarga de abrir o cerrar el flujo del recurso hídrico, pero para llegar al cultivo necesita de un aspersor, y se eligió uno de cobertura total modelo 233 PC de la marca Naandanjain. Es un dispositivo mecánico que convierte un flujo líquido presurizado en rocío para

el riego agrícola. El modelo 233 PC es un aspersor metálico diseñado brindar cobertura total de cultivos de campo abierto y pasturas, con alta distribución de agua con esparcimiento de hasta 30m, construido en bronce para mayor duración y resistencia. (Naandanjain, 2013).



Figura 15-3. Aspersor de cobertura total

Fuente: (Naandanjain, 2013, p. 19).

Tabla 10-3. Tabla de rendimiento aspersor 233PC

	Características
Boquilla	Hembra y macho
Tamaño boquilla	4,0 mm
Presión	3 - 5 bar
Caudal	1,040 – 1,350 m ³ /h
Alcance	28 – 29 m

Fuente: (Naandanjain, 2013).

3.5. Selección de componentes de software

En este apartado se describe los programas aplicados en el desarrollo del presente trabajo de titulación, todas las herramientas son de libre acceso y código abierto.

3.5.1. *Software Arduino IDE*

Es un software open source que facilita escribir código y cargarlo a la placa gracias a su entorno, optimizando la forma en que interactúan el hardware y software, sus de librerías brindan soporte para sensores, controladores y transmisores. El software se encarga de la lectura de los sensores en cada nodo y gestiona el funcionamiento de los actuadores.

3.5.2. *SO Android 7.1.2*

Es un sistema operativo móvil basado en el kernel de Linux y desarrollado por google, fácil de utilizar por su interfaz con íconos y de código abierto para desarrolladores. El sistema permite soporte para lenguajes de programación que facilitan del desarrollo de una interfaz visual y control de hardware aplicada al riego de pastos. (Manzano Ulmeher, 2014)

3.5.3. *Node RED*

Es una herramienta de programación visual basada en el flujo con enfoque IoT que permite definir gráficamente flujos de servicios mediante la amplia gama de nodos de la paleta y el uso de protocolos como MQTT. Node Red se basa en Node.js aprovechando al máximo el modelo, ideal para trabajar en red con hardware de bajo costo, así como en la nube. Trabaja con sistemas Android, mediante la aplicación Termux.(Fundacion JS, 2018).

Para el diseño y programación hay que conocer los elementos básicos, los nodos se arrastran a través de la interfaz gráfica y ejecutan una tarea en específico como un mensaje MQTT o activación de un actuador. Los nodos se agrupan en flujos que se congregan en nodos que se conectan entre ellos. (Valle Hernández, 2018).

3.5.4. *Ubuntu Server*

Ubuntu es un sistema operativo de código abierto basado en la distribución de Linux Debian, ofrece una versión para servidores muy liviana con soporte para sistemas de archivos cifrados, implementaciones más flexibles y monitoreo mejorado. Un soporte multiplataforma de fácil acceso y compatibilidad con node.js con este software se monta un servidor web que no se limita a un área local, puede tener acceso, control y monitoreo desde cualquier ciudad con acceso a internet.



Ubuntu 18.04 (LTS) x64	Region	SFO2
1 vCPUs	IPv4	157.230.142.146
1GB / 25GB Disk (\$5/mo)	IPv6	Enable
Resize	Private IP	Enable

Figura 16-3. Características de sistema operativo

Fuente: El autor

3.6. Diseño del sistema propuesto

3.6.1. Diagrama de conexiones eléctricas y electrónicas

Posterior a la selección de dispositivos de hardware dentro de la escala open source, se diseñan diagramas de conexión eléctrica y electrónica, que relacionan con los elementos de adquisición, control y ejecución de acciones.

Para la implementación del sistema de monitoreo y adquisición de datos se ha desarrollado el siguiente diagrama con la conexión de cada elemento.

3.6.1.1. Diagrama de conexiones de los nodos

En la figura 17-3 se encuentra el diagrama de conexión, con todos los componentes que conforman un nodo de adquisición de datos en campo y accionamiento de actuadores. El funcionamiento de cada nodo se detalla a continuación:

- ❖ El higrómetro FC-28 entierra su sonda alimentada por su placa de acondicionamiento, la misma se conecta al GPIO 0 de la placa NodeMCU como una entrada analógica para la humedad del suelo. Los valores de humedad los obtiene midiendo la variación de su conductividad, los valores van de 0 a 1023 siendo los valores más bajos un suelo muy mojado y los valores máximos un suelo seco.
- ❖ La placa NodeMCU se encarga de recibir los datos analógicos de humedad del higrómetro fc-28, la misma se encarga de realizar una conversión analógica digital para la misma se ha establecido un rango entre 600 y 700 como suelo ligeramente húmedo y enviando un dato digital HIGH, y otro rango de 800 y 1023 como suelo seco y enviando un dato digital LOW. Los datos son enviados al servidor pasando por la red Wireless.
- ❖ El nodo recibe un voltaje regulado a 5v como alimentación, para ello se usa un convertidor AC/DC conectado a la red eléctrica mediante cable tendido 14AWG.
- ❖ Los datos enviados al servidor son mostrados en tiempo real y analizados para enviar una señal de respuesta, apertura o cierre de la electroválvula.
- ❖ La electroválvula se conecta al normalmente abierto para ser activada con un pulso, abriéndola para el paso de agua hasta los aspersores. La electroválvula es energizada mediante un transformador 120v a 24v/1A.

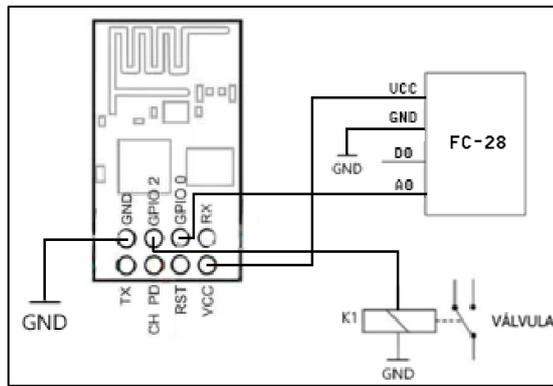


Figura 17-3. Diagrama de conexiones en Nodos

Fuente: El Autor

3.6.1.2. Diagrama de conexiones de la estación meteorológica

En la figura 18-3 se encuentra el diagrama de conexión del nodo que posee instrumentos para la medición de temperatura del punto del rocío y humedad relativa del aire. El funcionamiento de este nodo se detalla a continuación:

- ❖ La línea de datos SDA del sensor DHT21 se conecta al GPIO 0 de la placa ESP8266 como una entrada digital, esta debe conectarse a una resistencia pull up que mantenga al sensor en constante lectura del entorno. El sensor integra un sensor capacitivo de humedad, un termistor y un microcontrolador encargado de realizar la conversión analógica a digital.
- ❖ La placa ESP8266 se encarga de recibir los datos de humedad y temperatura del sensor DHT21, recibe una codificación basada en un esquema de ancho de pulsos donde un pulso ancho representa un 1 lógico, un pulso corto representa un 0 lógico. Una transmisión se compone de 5 bytes: el primero y segundo corresponde a la parte entera y decimal de la humedad relativa respectivamente, el tercero y cuarto a la parte entera y decimal de la temperatura respectivamente y el último es la suma de comprobación para que no exista pérdida de datos. Para esta decodificación se ha utilizado a librería DHT.h.
- ❖ La alimentación llega al nodo mediante cable tendido 14AWG desde la red eléctrica, previo un convertidor AC/DC que regula el voltaje a 5v.
- ❖ Los datos son enviados al servidor y son mostrados y registrados. La interfaz es muestra los históricos meteorológicos como temperatura y humedad relativa.

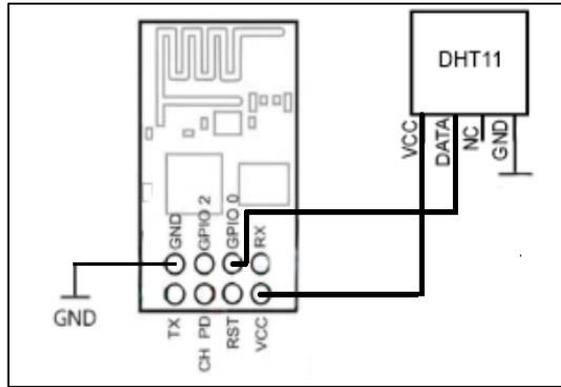


Figura 18-3. Diagrama de estación meteorológica

Fuente: El Autor

3.6.2. *Diseño de sistema de riego*

3.6.2.1. *Topografía del terreno*

Los factores topográficos ver (ANEXO F) como pendientes e irregularidades que presente el terreno deben ser analizadas previo al diseño. El terreno presenta precipitaciones facilitando la implementación del sistema ya que no requiere un elemento de potencia para impulsar el agua a los cultivos, solo se basa en la gravedad.

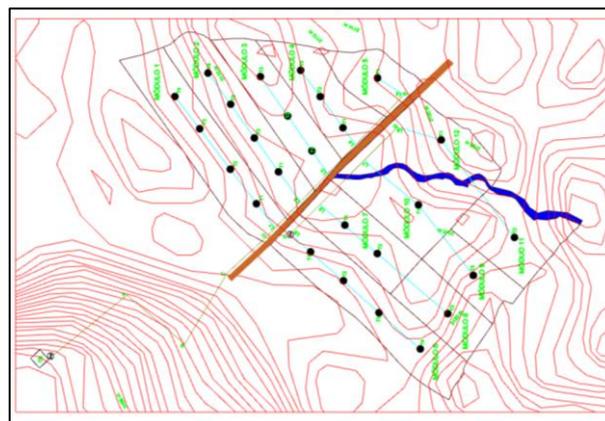


Figura 19-3. Topografía del terreno de la hacienda

Fuente: El Autor

3.6.2.2. *Predios del sistema de riego*

La hacienda San Pablo posee una gran extensión de terreno dedicada al cultivo, dividida en parcelas de diferente área y caudal cada una por lo tanto poseen un número variable de aspersores por cada módulo. En la tabla 1-4 se describe cada detalle de las parcelas para el riego.

Tabla 11-4. Descripción de superficies de riego

	MÓDULO	ÁREA m ²	ÁREA has	CÓDIGO	ASPERSORES	Q [l/s]
1	MÓDULO 1	740	1,88	M1	4	1,12
2	MÓDULO 2	690	1,73	M2	4	1,12
3	MÓDULO 3	585	1,25	M3	3	0,84
4	MÓDULO 4	523	1,19	M4	3	0,84
5	MÓDULO 5	372	0,76	M5	1	0,28
6	MÓDULO 6	768	1,98	M6	4	1,12
7	MÓDULO 7	469	1,11	M7	2	0,56
8	MÓDULO 8	409	0,91	M8	1	0,28
9	MÓDULO 9	403	0,82	M9	1	0,28
10	MÓDULO 10	559	1,35	M10	1	0,28
11	MÓDULO 11	479	1,23	M11	1	0,28
12	MÓDULO 12	587	1,39	M12	1	0,28
		6584	15,60		26	7,28

Fuente: El Autor

3.6.2.3. Diseño técnico de las infraestructuras

El diseño se estableció con una tubería principal y 9 tuberías laterales como se muestra en la figura 20-3, Cada una con diferentes secciones y perfiles que se derivan en una serie de cálculos.

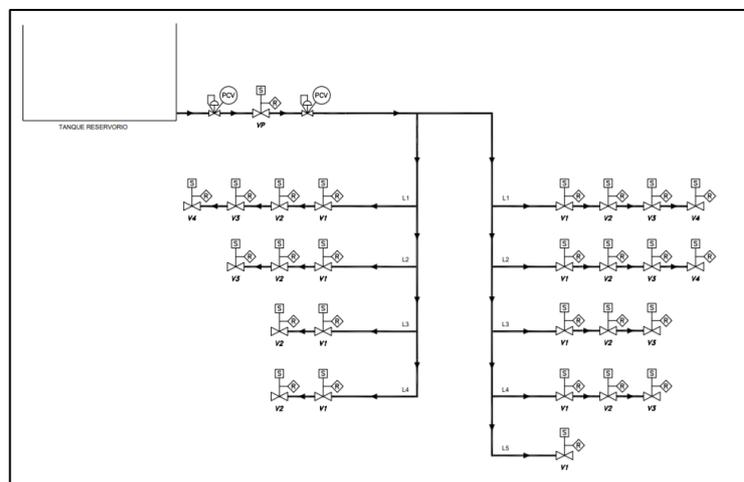


Figura 20-3. Diagrama hidráulico del sistema de riego

Fuente: El Autor

3.6.2.4. Cálculo hidráulico

Para inicial el cálculo se define las secciones por tubería como se muestra en la tabla 12-3. Cada sección se establece por cada accesorio que deba incluirse en el diseño como codo, uniones o cambios de inclinación.

Tabla 12-3. Descripción de secciones por tuberías

	Sección
Tubería principal	Conducción TR-A
	Conducción A-B
	Conducción B-C
	Conducción D-E
	Conducción E-F
	Conducción F-G
Tubería lateral L1	Lateral D-E L1-T1
	Lateral D-E L1-T2
	Lateral D-E L1-T3
	Lateral D-E L1-T4
Tubería lateral L2	Lateral D-E L2-T1
	Lateral D-E L2-T2
	Lateral D-E L2-T3
	Lateral D-E L2-T4
Tubería lateral L3	Lateral D-E L3-T1
	Lateral D-E L3-T2
	Lateral D-E L3-T3
Tubería lateral L4	Lateral D-E L4-T1
	Lateral D-E L4-T2
	Lateral D-E L4-T3
Tubería lateral L5	Lateral F-G L5-T1
Tubería lateral L6	Lateral F-G L6-T1
	Lateral F-G L6-T2
Tubería lateral L7	Lateral F-G L7-T1
	Lateral F-G L7-T2
Tubería lateral L8	Lateral F-G L8-T1
	Lateral F-G L8-T2
	Lateral F-G L8-T3
Tubería lateral L9	Lateral F-G L9-T1
	Lateral F-G L9-T2
	Lateral F-G L9-T3
	Lateral F-G L9-T4

Fuente: El Autor

El cálculo para la pérdida de carga por fricción en la sección de *conducción TR-A* usa la ecuación 5.

$$J = \frac{hf \times 100}{L} = K \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87}$$

Conociendo que se utiliza un tubo de acero galvanizado, se deducir las siguientes características:

$$C = 100$$

$$D = 0.1100 \text{ mm}$$

Y se conoce el caudal, por los datos técnicos de la electroválvula adjuntos en el (ANEXO L).

$$Q = 0,00112 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Por la topografía del terreno y el diseño hidráulico se establece un perfil, que define el trayecto a seguir por la tubería principal hasta el primer accesorio.

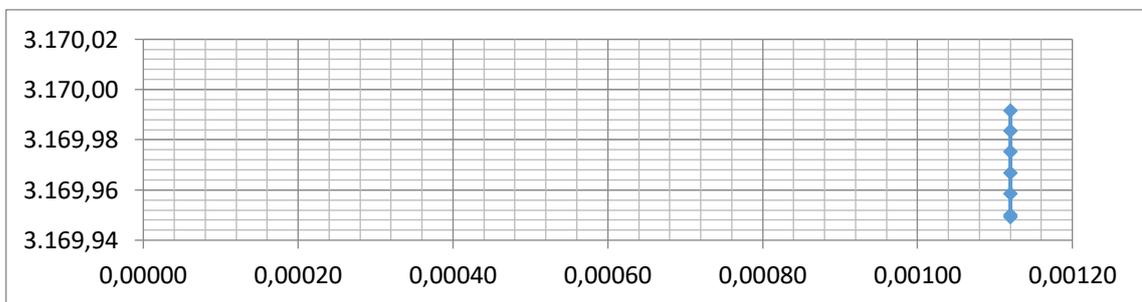


Figura 21-3. Perfil de conducción TR-A

Fuente: El Autor

Del perfil, se ha dividido en 8 porciones llamada abscisas sobre las cuales se determina las pérdidas de carga que se acumula al final de cada abscisa.

Partiendo de la ecuación 5, se determina la gradiente de pérdida de carga

$$J = K \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87}$$

$$J = 10,373 \left(\frac{0,00112}{100} \right)^{1.852} (0.110)^{-4.87}$$

$$J = 0,0003 \text{ [m/m]}$$

Para establecer las pérdidas de carga por fricción, se determina la longitud de la sección de tubería. Para ello se obtiene la abscisa, o longitud horizontal de la tubería para establecer la longitud real, aplicando la ecuación 10.

$$L_D = \sqrt{(Cota_f - Cota_i)^2 + L_H^2} \quad (10)$$

Donde:

L_D = Longitud de tubería [m]

$Cota_f$ = Altura del terreno final [msnm]

$Cota_i$ = Altura del terreno inicial [msnm]

L_H = Longitud horizontal de tubería [m]

Conociendo el perfil con las abscisas de la tubería principal se establece la longitud horizontal de la primera abscisa y las cotas de la misma.

Entonces,

$$L_D = \sqrt{(Cota_i - Cota_f)^2 + L_H^2}$$

$$L_D = \sqrt{(3170 - 3167)^2 + 25^2}$$

$$L_D = 25,18 \text{ m}$$

De la misma ecuación 5., se despeja hf

$$hf = J * L \text{ [m]}$$

$$hf = 0,0003 * 25,18$$

$$hf = 0,01 \text{ m}$$

El procedimiento debe aplicarse para cada sección de conducción en cada tubería, en la tabla 13-3 se ha resumido los resultados para la tubería principal.

Tabla 13-3. Resultados de pérdidas de carga en tubería principal

	Abscisa	Cota [msnm]	Hf [m]
Conducción TR-A Tubería principal	0+000	3146	0,003
	0+025	3146	0,01
	0+050	3146	0,01
	0+075	3147	0,01
	0+100	3147	0,02
	0+125	3147	0,02
	0+150	3147	0,02
	0.+153	3147	0,03

Fuente: El autor

3.6.3. Diseño Hidráulico

El diseño se basa en los cálculos según la ecuación de Hazen Williams, como ya se explicó los cálculos se replican para todas las secciones por tubería ya sea principales y laterales como se aprecia en el (ANEXO H), en la figura 22-3 se muestra los resultados en la conducción desde el tanque de reserva hasta el primer accesorio TR-A, con una abscisa de 153 m y caudal de 0.00112 m³/s de una tubería enterrada a 1.2 m de profundidad.

DISEÑO HIDRAULICO																	
PROYECTO:		ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO CON UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN LOS PASTOS DE LA HACIENDA SAN PABLO															
REALIZADO:																	
UBICACIÓN:		CANTÓN GUANO															
PROPONENTE:		GARCÍA G.															
FECHA:																	
ELEMENTO:		CONDUCCION TR-A															
COTA:		3170,00 MSNM															
METODO DE CAL:		HAZEN-WILLIAMS															
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.170,00	3.170,00	3.168.80	0.00	0.00
0+025	25	25.18	25.18	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.01	0.12	1.200		3.167.00	3.169.99	3.165.80	3.00	2.99
0+050	25	25.18	50.36	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.02	0.12	1.200		3.164.00	3.169.98	3.162.80	6.00	5.98
0+075	25	25.18	75.54	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.02	0.12	1.200		3.161.00	3.169.98	3.159.80	9.00	8.98
0+100	25	25.50	101.04	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.03	0.12	1.200		3.156.00	3.169.97	3.154.80	14.00	13.97
0+125	25	25.50	126.54	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.04	0.12	1.200		3.151.00	3.169.96	3.149.80	19.00	18.96
0+150	25	25.50	152.04	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.05	0.12	1.200		3.146.00	3.169.95	3.144.80	24.00	23.95
0+153	3	3.00	155.04	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.05	0.12	1.200		3.146.00	3.169.95	3.144.80	24.00	23.95

Figura 22-3. Diseño técnico de la infraestructura

Fuente: El Autor

3.6.4. Programación del sistema de riego automatizado

El desarrollo de sistema de riego se basa en tecnología open source, se utilizó programas gratuitos, para la programación de los procesadores como la plataforma Arduino IDE, un código abierto multipropósito con gran soporte para la placa NodeMCU, ESP8266 y los sensores. Se estableció un servidor web, que se comunica con el hardware de los nodos basado en una plataforma de código abierto Node.js bajo el protocolo MQTT.

3.6.4.1. Desarrollo de código del sistema de riego automático

En la figura 23-3, se encuentra el diagrama de flujo del sistema de riego programados en el software Arduino IDE para la placa ESP8266.

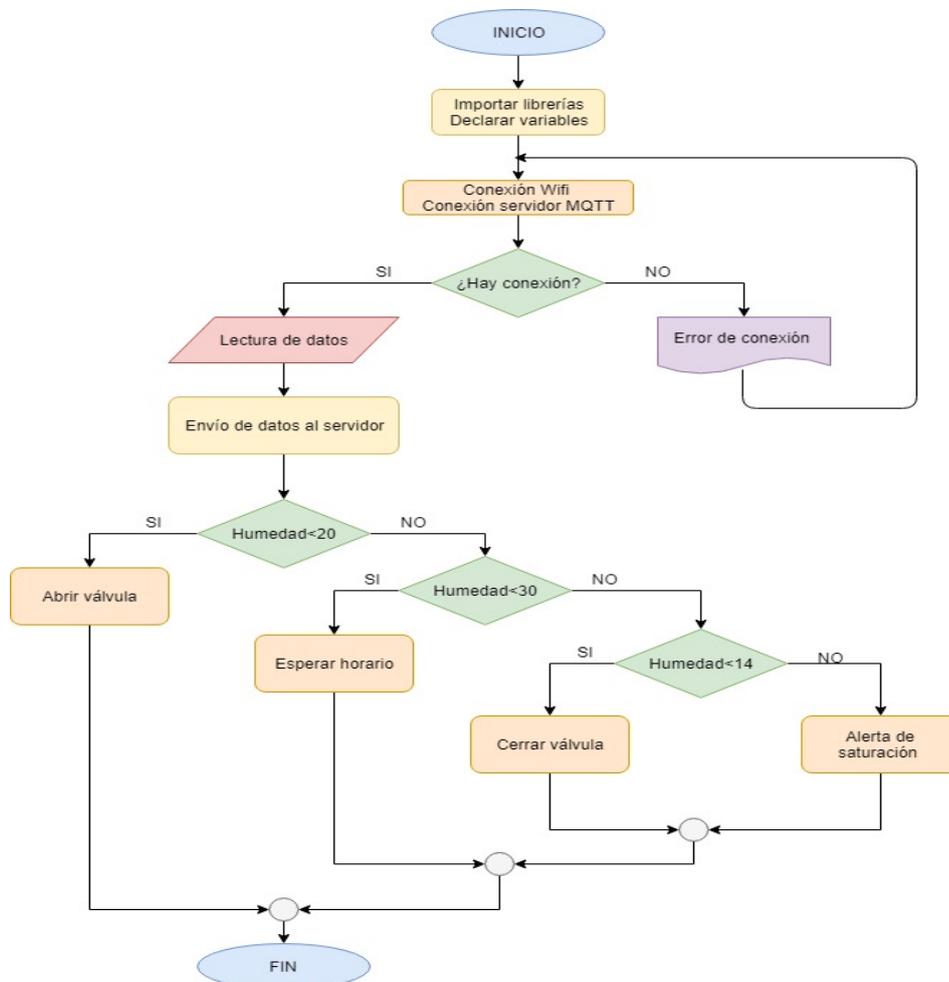


Figura 23-3. Diagrama de flujo del sistema de riego modo automático

Fuente: El Autor

El algoritmo para el sistema de riego automático se describe a continuación, y aplicada para los nodos de la red:

- ❖ Se inicia con la importación de librerías y declaración de las variables globales e inicialización de valores.
- ❖ Se inicializa la comunicación inalámbrica Wi-Fi con la placa esp8266, si la conexión no se establece con el sensor o la electroválvula se muestra un mensaje de error.
- ❖ Empieza la lectura de datos de los sensores, estos datos son transmitidos al servidor. Si el servidor esta listo para recibir los datos se guardan caso contrario se muestra un mensaje de error.
- ❖ Los datos de humedad y temperatura del ambiente se almacenan, mientras los datos de humedad del suelo son comparados con valores predeterminados para establecer el estado de las electroválvulas, si el valor de distancia es menor a 10.5 se envía un 1 para abrir la válvula durante el tiempo asignado, si este se encuentra entre 10.5 y 12 se envía un 0 salvo el caso que sea la hora establecida por el usuario donde se envía 1, si el valor esta entre 12 y 14 se envía un 0 porque no necesita riego, en ese caso que el valor supere el 14 se emite una alerta de saturación del suelo.
- ❖ La lectura de datos se realiza cada minuto, manteniendo un registro diario para un historial que se muestra en la interfaz.

3.6.4.2. Desarrollo de código del sistema de riego manual

En la figura 24-3, se encuentra el diagrama de flujo del sistema de riego en modo manual. El algoritmo está desarrollado en node.js y se describe a continuación:

- ❖ Se inicia con la importación de librerías y declaración de las variables globales e inicialización de valores.
- ❖ Se inicializa la comunicación inalámbrica Wi-Fi con la placa esp8266, si la conexión con el sensor o la electroválvula no se establece se muestra un mensaje de error.
- ❖ Empieza la lectura de datos de los sensores, estos datos son transmitidos al servidor, y se visualizan en tiempo real.
- ❖ Mientras este activo el sistema en modo manual este solo activará la electroválvula cuando el usuario lo indique al presionar el botón On y cerrará la misma al presionar el botón Off.

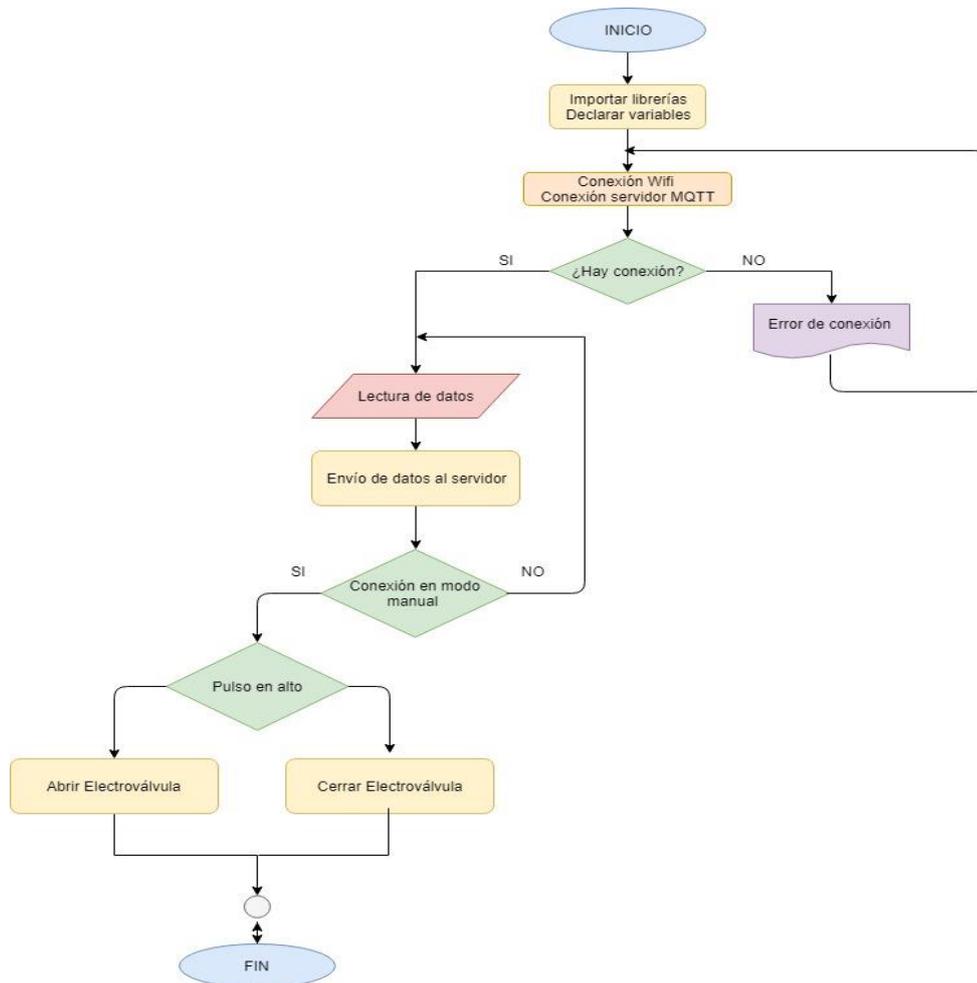


Figura 24-3. Diagrama de flujo del sistema de riego en modo manual

Fuente: El Autor

3.6.4.3. Desarrollo de código del sistema de riego temporizado

El diagrama de la figura 25-3 explica el funcionamiento del sistema de riego en modo temporizado. El algoritmo está desarrollado en node.js y se describe a continuación:

- ❖ Se inicia con la importación de librerías y declaración de las variables globales e inicialización de valores.
- ❖ Se inicializa la comunicación inalámbrica Wi-Fi con la placa esp8266, si la conexión no se establece ya sea con el sensor o electroválvula se muestra un mensaje de error.
- ❖ Empieza la lectura de datos de los sensores, estos datos son transmitidos al servidor y mostrados en la interfaz en tiempo real.
- ❖ El modo temporizado permite al usuario establecer los periodos de riego, ingresando la duración de cada periodo y una alarma de activación con la fecha y hora. Para mejor precisión

se puede establecer la hora, minuto y segundo. También el usuario puede escoger entre horarios y tiempos establecidos.

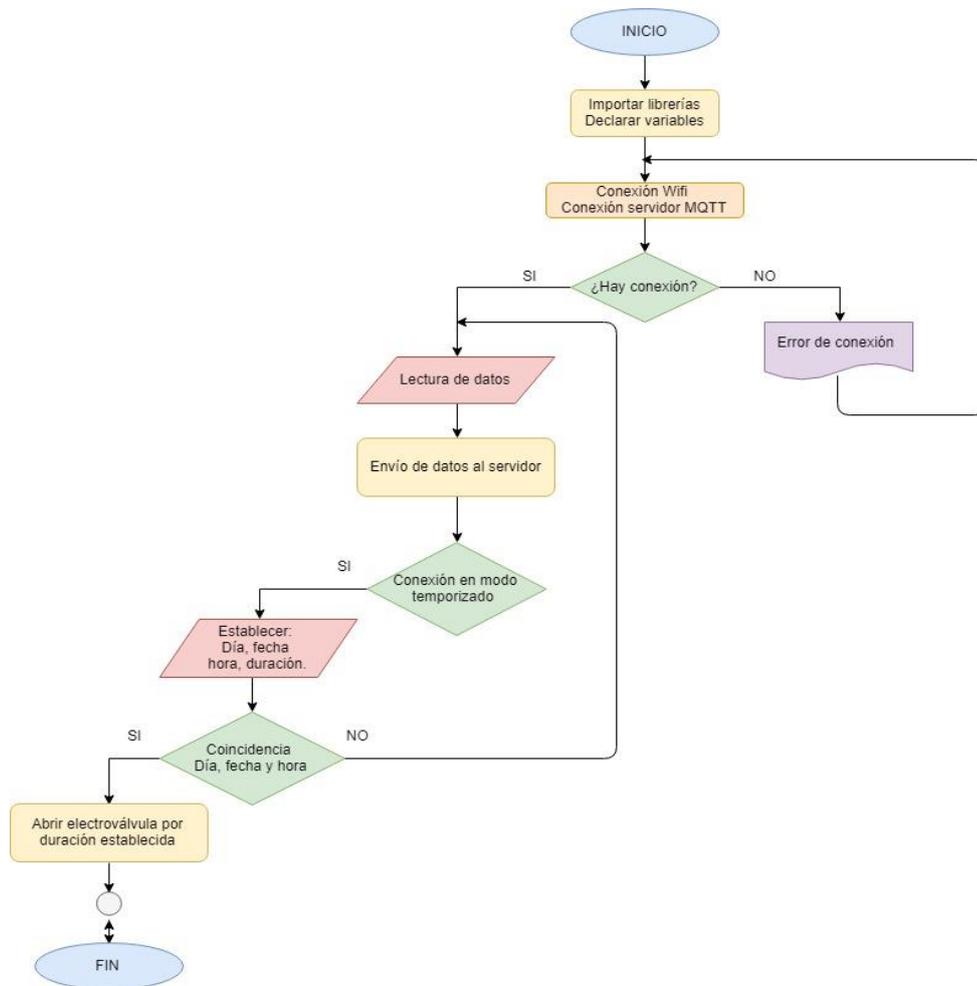


Figura 25-3. Diagrama de flujo del sistema de riego modo temporizado

Fuente: El Autor

3.6.4.4. Configuración de servidor Web

Para realizar el monitoreo y registro de datos obtenidos por cada nodo de la WSN se desarrolla un servidor web basado en Ubuntu Server que se encarga no solo del monitoreo, también registra y guarda los datos conseguidos en una base de datos. La base de datos de la red de sensores, guarda los datos para un posterior análisis y visualización por el propietario, y se vincula con los servicios de Google para almacenarlos en una hoja de datos y formularios.

Una vez instalado el servidor se procede con la configuración, inicia con la ejecución del terminal con el comando *Start Termux*, para cargar e instalar las últimas actualizaciones se emplea *pkg update/ pkg upgrade/ pkg list-installed*.

pkg install, se utiliza para la instalación de un software en específico. Con los siguientes comandos se ha instalado y configurado Python, el editor de texto Nano, el protocolo de red Mosquitto, Node.js para el desarrollo de api con NodeRed-

- ✓ *pkg install python.*
- ✓ *pkg install python-dev*
- ✓ *pkg install coreutils*
- ✓ *pkg install nano*
- ✓ *pkg install ndk-stl*
- ✓ *pkg install clang*
- ✓ *pkg install mosquitto*
- ✓ *pkg install nodejs*
- ✓ *pkg install openssh*
- ✓ *pkg install termux-api*

Una vez instalados los drivers y programas, se verifica el correcto funcionamiento de *node-red* con el comando *Stop node-red with ctrl +c or volume down + c*. Y la correcta ejecución de *Mosquitto* con el comando *Stop Mosquitto with ctrl +c or volume down + c*.

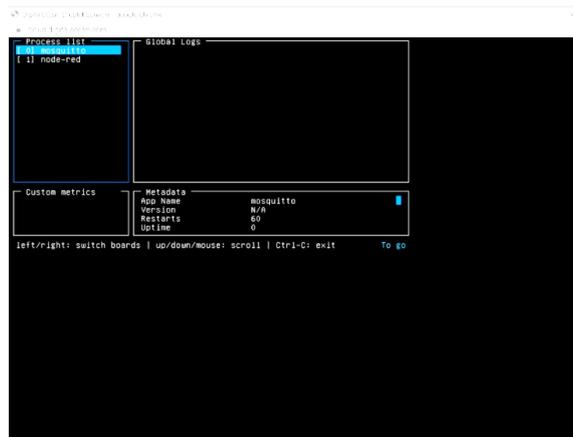


Figura 26-3. Vista de consola de Ubuntu Server

Fuente: El Autor

3.6.4.5. Programación Interfaz visual de monitoreo y registro

La interfaz se desarrolló en Node RED que proporciona un editor basado en un navegador web, donde se encuentra los nodos que permiten mostrar un texto, visualizar datos de entrada o enviar datos de salida para el registro y visualización de datos obtenidos por los sensores.

❖ Interfaz inicial

El flujo para la interfaz de inicio tiene los nodos para colocar imágenes de fondo en cada apartado de la sección y se muestra en la figura 27-3. Permite el acceso al menú del sistema de riego automatizado. Además, la página usa alertas de voz en caso de alerta de desconexión y conexión de un sensor.

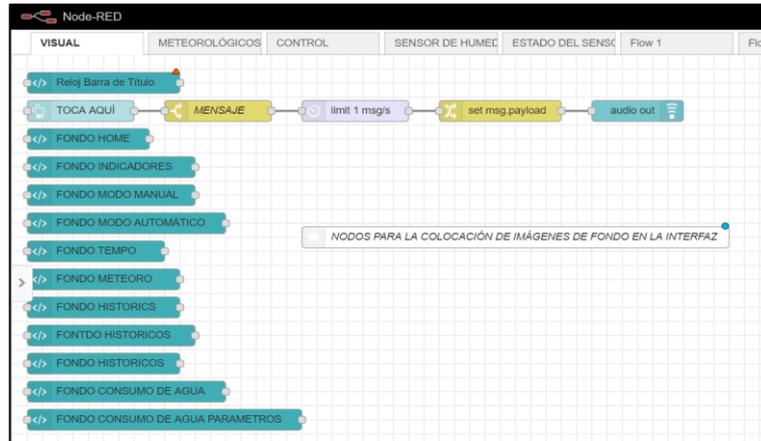


Figura 27-3. Flujo para página de inicio.

Fuente: El Autor

❖ Control de estación meteorológica

El flujo para mostrar datos meteorológicos recibidos por el sensor de temperatura, humedad, pluviómetro para censar lluvia, nivel de tanque de reserva y anemómetro para medir los niveles de viento, además del envío de los mismos a la base de datos, cada sensor a más de almacenar los datos cada minuto en una hoja de cálculo grafica un histórico. Los nodos se muestran en la figura 28-3.

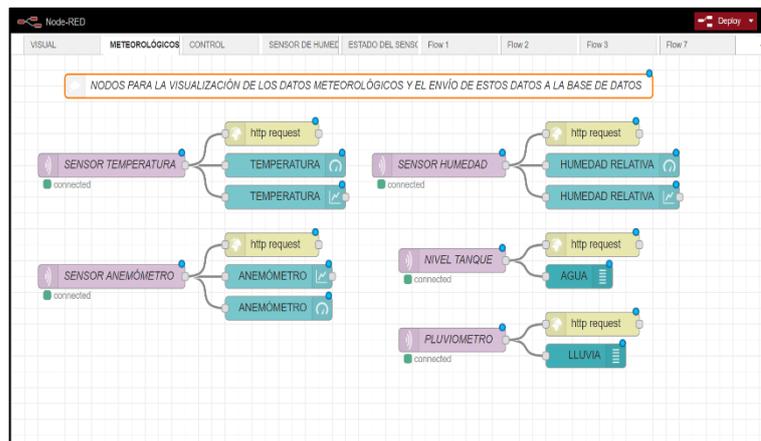


Figura 28-3. Flujo para datos meteorológicos

Fuente: El Autor

❖ Control para riego temporizado

En la figura 29-3 se muestra el desarrollo de flujo para el control del sistema de riego en modo temporizado, en este modo se controla las electroválvulas según los requerimientos establecidos por el cliente siguiendo un horario de riego por un periodo establecido.

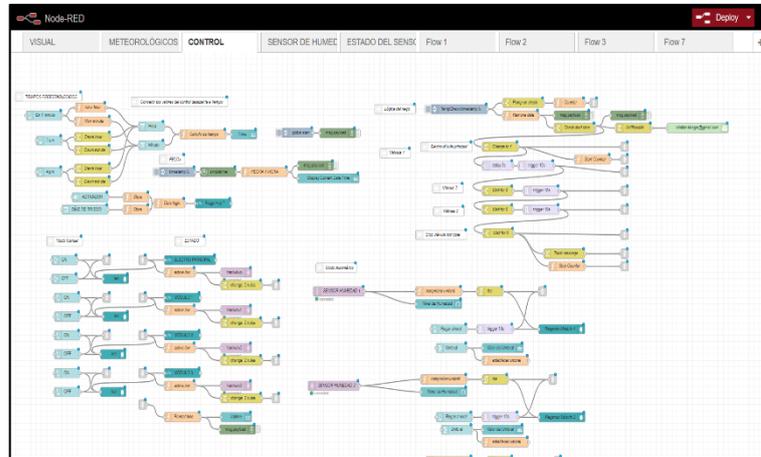


Figura 29-3. Flujo de control para el sistema de riego

Fuente: El Autor

❖ Control para riego automático

Los datos de humedad registrada son comparados según la variable control, si el cultivo requiere riego se envía un valor positivo a la red para la activación del relé que controla la apertura de la válvula. El sistema incorpora alertas y notificaciones visuales y por correo electrónico, que indique al usuario que un nodo no se encuentra trabajando ya sea por avería o por desconexión del sensor y de igual forma si el mismo se reconecta. Como se muestra en la figura 30-3.

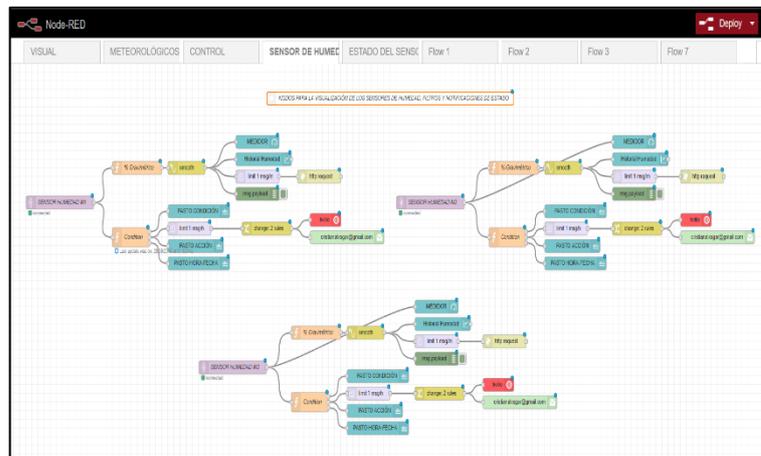


Figura 30-3. Flujo para notificaciones

Fuente: El Autor

Para dar paso a una alerta el sistema cuenta el tiempo transcurrido entre lectura de datos, los mismos son receptados por cada 60ms y si estos no llegan a tiempo salta una alerta visual, auditiva y por correo electrónico.

❖ Estado de los sensores

Se integró una interfaz visual que muestre el estado de cada sensor, ya sea de humedad como temperatura. En la figura 31-3 explica el algoritmo para la visualización de los sensores si estos están operativos o suspendidos.

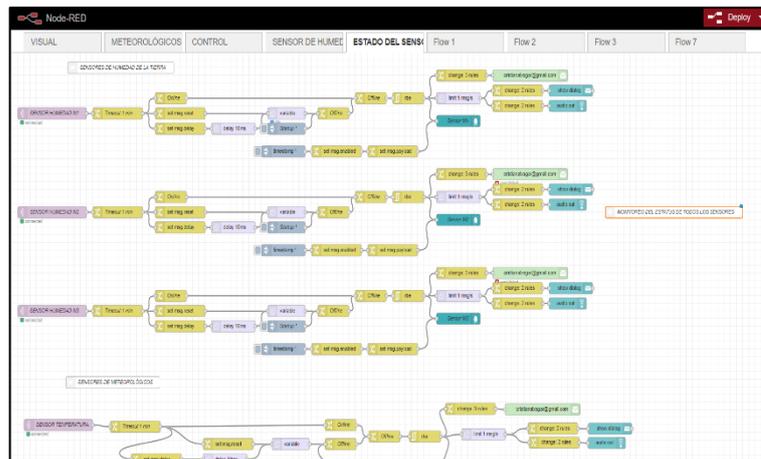


Figura 31-3. Nodos de estado de los sensores

Fuente: El Autor

❖ Consumo de agua

El sistema incorpora un registro de consumo de agua, que cuenta la cantidad de agua utilizada en el riego según el tiempo y tamaño de la tubería instalada, el registro de este dato mejora la productividad para el agricultor, como se muestra en la figura 32-3.

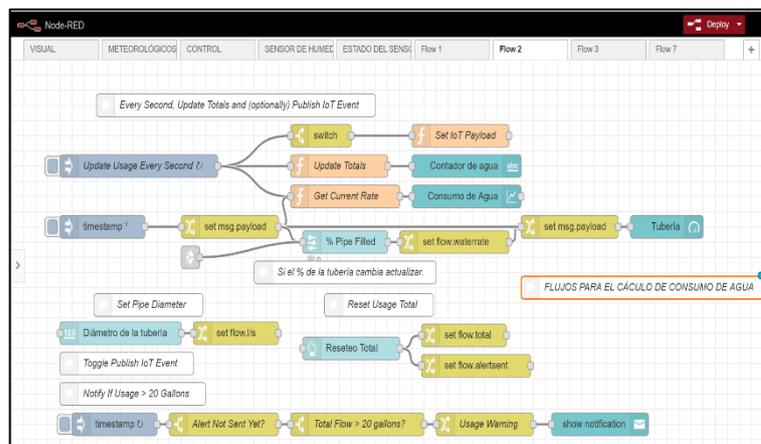


Figura 32-3. Flujo para consumo de agua.

Fuente: El Autor

3.6.4.5. Ventanas de interfaz visual

Es un sistema adaptable a cualquier cultivo ya que permite establecer los niveles de humedad de acuerdo a los requerimientos de la planta y suelos. En las siguientes figuras se muestra la interfaz y su menú, como las variables y estado de cada módulo en tiempo real, mensajes de advertencia, e indicadores gráficos.

❖ Home

Este apartado en la interfaz es la página de bienvenida para el usuario, en la parte superior tiene accesos al menú del sistema montado en un servidor web.



Figura 33-3. Vista de la pantalla de inicio o home

Fuente: El Autor

❖ Galeria

Este apartado hace una recopilación de fotografías que evidencian el proceso de implementación del sistema riego.

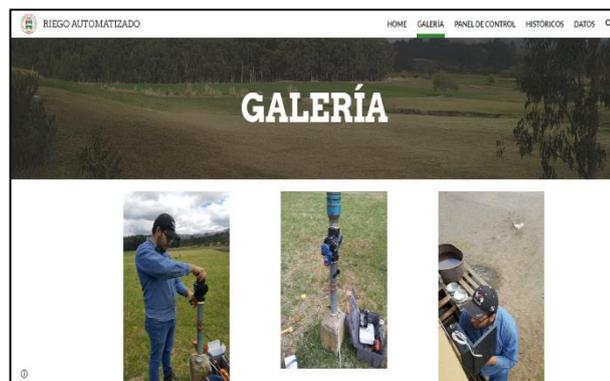


Figura 34-3. Galería de la interfaz

Fuente: El Autor

❖ Panel de control

Este apartado permite escoger el modo de funcionamiento del sistema de riego, ya sea: manual, automático; muestra mensajes sobre el estado de la humedad de los módulos, historicos y datos meteorológicos del ambiente.



Figura 35-3. Panel de control

Fuente: El Autor

❖ Indicadores

En este panel se visualizan los datos de humedad en cada módulo en tiempo real, cada valor se visualiza en un medidor con aguja. La pantalla muestra la condición actual del cultivo, la fecha y la hora.



Figura 36-3.Panel de indicadores

Fuente: El Autor

❖ Modo manual

El modo manual permite la operación manual de los actuadores del sistema. Es decir, abre o cierra de manera remota las electroválvulas ubicadas en las parcelas, posee un botón de encendido y apagado, y cuenta con un indicador led que muestra el estado de la electroválvula. Incluye la electroválvula principal.



Figura 37-3. Panel de modo manual

Fuente: El Autor

❖ Modo automático

El modo automático permite establecer un parámetro de humedad para que el sistema de riego funcione automáticamente, muestra mensajes respecto al riego.



Figura 38-3. Panel modo automático de riego

Fuente: El Autor

❖ Riego temporizado

Este apartado muestra la fecha y hora actual, el estado de las electroválvulas y permite programar el tiempo de riego y los días de riego.



Figura 39-3. a. Panel de temporizadores de riego

Fuente: El Autor

❖ Meteorológicos

Muestra los datos meteorológicos obtenidos por los sensores del sistema para anticiparse a a , lluvia o vientos que afecten el riego de los cultivos.



Figura 40-3. Datos meteorológicos

Fuente: El Autor

❖ Mapa meteorológico

Vizualiza un mapa que prepresenta gráficamente las condiciones meterológicas en una zona determinada, basado en datos satelitales y estaciones metereologicas con una predicciones para 4 días. Incluye datos de lluvia, vientos, temperatura, concentracion de co2, presión y precipitaciones que facilitan el cálculo hidraulico.



Figura 41-3. Mapa meteorológico

Fuente: El Autor

❖ Metereologicos online

Es un acceso directo a la la página Forecast, con datos metereológicos de San Andres donde se ubica la hacienda San Pablo. Con un registro de clima y una prediccion de hasta 7 días en temperatura y lluvia.



Figura 42-3. Meteorológicos Online

Fuente: El Autor

❖ Históricos de sensores

Los históricos son registros de los datos recibidos, estos se grafican en tiempo real en el transcurso de un día.

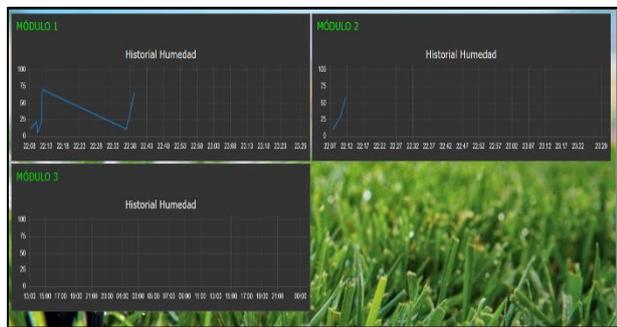


Figura 43-3. Históricos de sensores de humedad

Fuente: El Autor

Los historicos también se guardan y muestran por periodos de tiempo prolongado, estos datos son muestreados y filtrados para graficarse, los sensores tienden a mostrar una comportamiento lineal.



Figura 44-3. Históricos de sensores cada 6 horas

Fuente: El Autor

❖ Históricos meteorológicos

Los históricos de datos meteorológicos son registros de los datos de temperatura, humedad y viento, estos se grafican en tiempo real en el transcurso de un día cada 5 minutos.

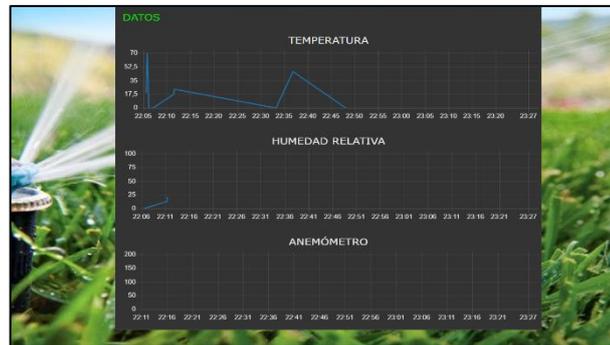


Figura 45-3. a. Históricos meteorológicos

Fuente: El Autor

❖ Base de datos

Para el registro de datos se obtuvo una base de datos creada en una de datos almacenada en el servidor web, la misma puede visualizarse directamente en la interfaz o exportarse como documento compatible con Excel para el posterior análisis.

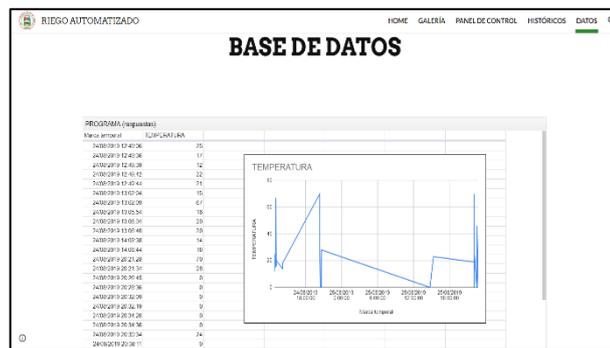


Figura 46-3. Datos meteorológicos de ambiente

Fuente: El Autor

❖ Estado de los sensores

Para facilidad y comodidad del usuario de la aplicación se desarrolló este apartado que resume el estado de los sensores y verifica la conexión y trabajo de los mismo. Usa indicadores visuales, auditivos y avisos por mensaje.



Figura 47-3. Estatus de sensores

Fuente: El Autor

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS

En este capítulo se analiza el sistema de riego para garantizar el cumplimiento de los requerimientos planteados, se realizaron pruebas de eficiencia en un módulo previo y posterior a la implementación del sistema automatizado, pruebas en campo de medición de humedad del suelo, humedad y temperatura ambiental para verificar el correcto funcionamiento del sistema de riego.

4.1. Calibración del sensor de humedad FC-28

El sistema utiliza un sensor fc-28 para establecer el nivel de humedad del cultivo el mismo necesita una previa calibración con el fin de estandarizar este proceso para cualquier tipo de suelo para lo cual se ha desarrollado un manual que detalla el procedimiento ver (ANEXO D). El procedimiento de calibración fue verificado y homologado por el Centro Experimental de Riego de la Escuela Politécnica de Chimborazo., ver (ANEXO E).

El sensor de humedad FC-28 deberá ser instalado y colocado a la altura de la raíz para empezar a obtener datos en bruto, una vez instalado se registran las muestras junto a las marcas de tiempo para ser contrastadas con un analizador de suelos y sigue el siguiente procedimiento:

- ❖ El sensor se calibra por muestreo gravimétrico, se toma suficientes muestras para definir el perfil higrométrico del suelo.
- ❖ Se arma una tabla comparativa entre los datos del analizador de humedad y los datos en bruto registrados por el sensor, en esta tabla se ubican los datos que tengan la misma marca de tiempo en columnas paralelas.
- ❖ Se grafican los datos para observar la ecuación de la curva como se muestra en la figura 1-4.
- ❖ Estos datos al tener una tendencia lineal se proceden a calcular una ecuación de la curva para ingresar en la programación.

$$m=0.47555 \quad (11)$$

$$y=0.47555 x+3.30222 \quad (12)$$

- ❖ Se ingresa la ecuación en el nodo de programación de función en node-red y se guarda la configuración.

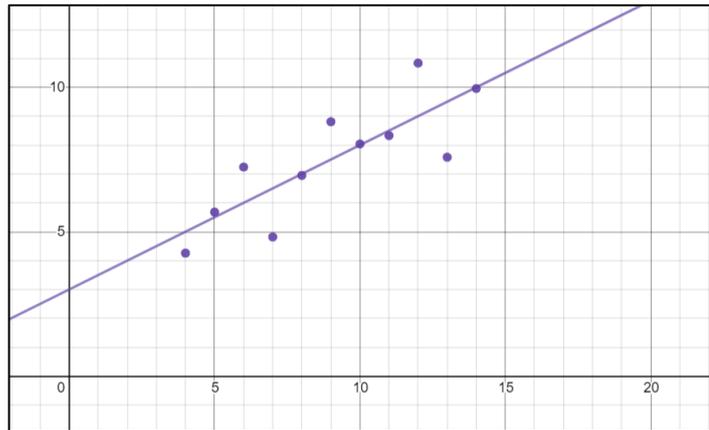


Figura 1-4. Tabla de resultado de prueba de uniformidad

Fuente: El Autor

4.2. Resultados del sistema de control y monitoreo

4.2.1. Evaluación de eficiencia y uniformidad del sistema de riego actual

La evaluación de un sistema de riego por aspersión va desde un análisis de aspersores, verificación de existencias de fugas en tubos, conexiones y tomas de agua. Previo a la instalación del sistema de riego automático, se realizó un análisis de uniformidad de riego, la prueba consistió en colocar una red de vasos pluviométricos con una distancia de 3 metros entre cada uno, formando una malla en el módulo y distribuido como una tabla de ajedrez como se muestra en la figura 2-4. Teniendo en cuenta que el punto centro es el aspersor.

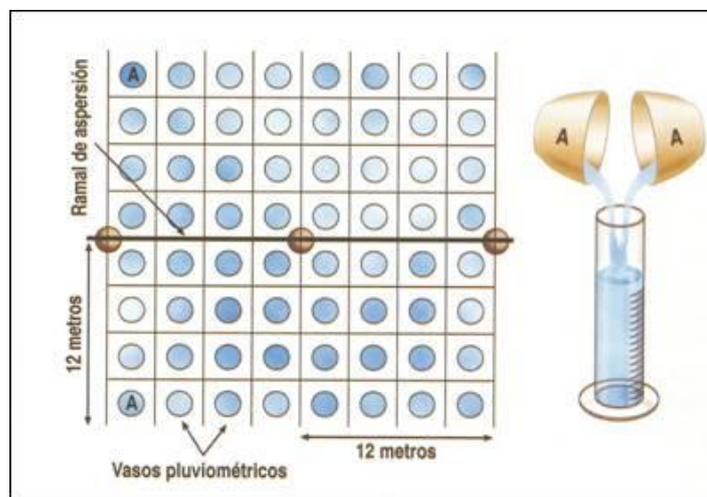


Figura 2-4. Tabla de resultado de prueba de uniformidad

Fuente: <https://bit.ly/2nMebOY>

Se recogió lluvia de los aspersores durante 90 minutos teniendo como resultado la figura 3-4, en cada celda de la tabla se colocó el volumen alcanzado por cada vaso pluviométrico medido con la ayuda de una probeta graduada. Por ejemplo, en el vaso a1 se recogió 24 ml de agua siendo que este se encuentra a una distancia (-12,15) m del aspersor.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	24	20	24	30	24	30	20	18	10	21
2	27	34	32	34	37	37	32	34	10	7
3	32	32	27	38	18	28	25	50	20	20
4	24	23	28	24	10	10	36	28	24	20
5	11	24	11	30	32	32	42	22	28	27
6	20	18	10	20	0	62	62	20	28	27
7	14	20	54	28	38	22	22	20	20	26
8	18	20	17	12	16	25	55	20	48	27
9	22	20	24	11	14	16	16	24	38	27
10	24	14	20	24	14	15	15	18	26	24
11	4	24	27	27	24	26	28	20	28	24

Figura 3-4. Niveles de agua [ml] recogidos en vasos pluviométricos

Fuente: El Autor

Con los volúmenes recogidos se procede a aplicar la ecuación 13, primero calculando la media de los volúmenes obtenidos en los 109 vasos V_m y la media de la cuarta parte de los vasos con menor volumen $V_{25\%}$.

$$UD_{zona} = 100x \frac{V_{25\%}}{V_m} \quad (13)$$

$$UD_{zona} = 100x \frac{11,11}{24,75}$$

$$UD_{zona} = 44,89\%$$

Para analizar los resultados un sistema de riego por aspersión se rige en la tabla 1-4, teniendo como resultado una calificación de **inaceptable**.

Tabla 1-4. Uniformidad de distribución en riego por aspersión

Uniformidad de distribución	Calificación
Mayor a 85%	Excelente
80% a 85%	Buena
75% a 80%	Aceptable
Menor a 75%	Inaceptable

Fuente: (Manual de cálculo de eficiencia de sistemas de riego, 2015, p. 12)

Una vez finalizada la evaluación de uniformidad, se analizó las pérdidas en tubería ya sea en la toma y en distribución de agua como se analizó en el apartado 2.2.3. la eficiencia de riego se calcula mediante la ecuación 1, teniendo los siguientes datos para evaluar el sistema antes de la implementación de un sistema automatizado:

$$Ef_c = 0,13$$

$$Ef_d = 0,23$$

$$Ef_a = 0,10$$

Una vez realizadas las mediciones de caudal, y realizados los cálculos de eficiencia de conducción, distribución y aplicación se obtiene una eficiencia de riego de 45%.

$$Ef_r = 0,45$$

4.2.2. Evaluación de eficiencia y uniformidad del sistema implementado

Una vez concluida la implementación se procede a realizar las mismas mediciones de uniformidad como caudal, teniendo la figura 4-4 como resultado de la evaluación de uniformidad, donde se analiza el volumen recogido en cada vaso con la ayuda de una probeta graduada.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	83	77	74	78	70	70	71	82	77	77
2	81	84	85	73	75	73	76	85	75	83
3	81	82	72	85	85	85	72	81	73	77
4	78	80	76	77	72	81	73	77	77	70
5	85	71	71	84	81	75	84	79	72	73
6	77	78	76	71	0	70	81	80	74	79
7	71	83	73	80	81	72	85	80	85	80
8	80	70	76	82	76	85	80	72	72	74
9	70	84	71	79	84	85	80	81	85	72
10	78	78	77	83	76	80	79	79	77	83
11	73	72	74	70	72	77	76	76	76	83

Figura 4-4. Niveles de agua [ml] recogidos en vasos pluviométricos

Fuente: El Autor

Con los volúmenes recogidos se procede a aplicar la ecuación 9, primero calculando la media de los volúmenes obtenidos en los 109 vasos V_m y la media de la cuarta parte de los vasos con menor volumen $V_{25\%}$.

$$UD_{zona} = 100x \frac{V_{25\%}}{V_m} \quad (12)$$

$$UD_{zona} = 100x \frac{65,43}{77,48}$$

$$UD_{zona} = 84,44\%$$

Para analizar los resultados un sistema de riego por aspersión con una calificación de **Buena** según la tabla 1-4. Para establecer los niveles de eficiencia de conducción, distribución y aplicación se procede la medición de caudales teniendo como resultados:

$$Ef_c = 0,16$$

$$Ef_d = 0,28$$

$$Ef_a = 0,41$$

Concluidas las pruebas medición de eficiencia respecto a pérdidas y caudales en conducción, distribución y aplicación se obtiene una eficiencia de riego de 85%.

Mostrando una notable mejoría de eficiencia, con el cambio de aspersores de igual marca y características, además de la instalación de electroválvulas que evitan las fugas en tomas.

4.2.3. Evaluación del sistema de riego

El mantenimiento de pasto consume grandes cantidades de agua, en la Hacienda San Pablo se realizó un registro de consumo de agua para todos los módulos en el último trimestre. Teniendo en cuenta que su reservorio de agua posee una capacidad de $192m^3$, se procedió a medir el caudal de salida y tomando el tiempo de riego se calculó el consumo diario en m^3 ; como se muestra en la figura 5-4. En la tabla 2-4 se muestra el promedio para los módulos.



Figura 5-4. Funcionamiento del sistema modo automático

Fuente: El Autor

Tabla 2-4. Registro de consumo de agua último trimestre

	Volumen	Consumo diario
Marzo	3227,9 m ³	104,1 m ³
Abril	2940 m ³	98 m ³
Mayo	3270,8 m ³	109 m ³

Fuente: El Autor

A partir de la implementación del sistema de riego automatizado se evaluó el consumo, teniendo resultados inferiores como se observa en la tabla 3-4.

Tabla 3-4. Registro de consumo de agua en el último mes

Semana	Volumen	Consumo diario
Primera	591,7 m ³	84,5 m ³
Segunda	608,8 m ³	87 m ³
Tercera	557,4 m ³	79,6 m ³
Cuarta	600,3 m ³	85,8 m ³

Fuente: El Autor

La prueba de consumo de agua antes de la implementación del sistema automatizado fue de 103,7 m³ de consumo diario, mientras que los resultados posteriores a la implementación se redujeron a 84,2 m³. Lo que se expresa como 18,80% de optimización del recurso hídrico.

4.2.4. Pruebas de funcionamiento modo automático

Para validar el funcionamiento del sistema de riego se realizó pruebas de mediciones en campo, como se muestran en las siguientes figuras. Donde se muestra el funcionamiento del sistema en

modo automático, es decir que siempre va a mantener el umbral de humedad según se haya establecido. La figura 6-4 muestran capturas del sistema que maneja el propietario de la hacienda como único administrador del sistema automatizado.



Figura 6-4. Funcionamiento del sistema modo automático

Fuente: El Autor

En la figura 7-4 se muestra los indicadores en tiempo real de los datos de humedad del suelo, para al final del día mostrar una gráfica con los datos históricos respecto a las últimas 24 horas.



Figura 7-4. Funcionamiento de indicadores del sistema

Fuente: El Autor

En la figura 8-4 se muestra los indicadores en tiempo real del comportamiento del ambiente respecto a humedad y temperatura.



Figura 8-4. Funcionamiento de datos meteorológicos

Fuente: El Autor

La toma de datos se registra cada minuto, mostrando los siguientes historiales después de 24 horas de evaluación con un total de 1440 datos. En las figuras 9-4 se muestran los niveles de humedad y temperatura del suelo y ambiente.

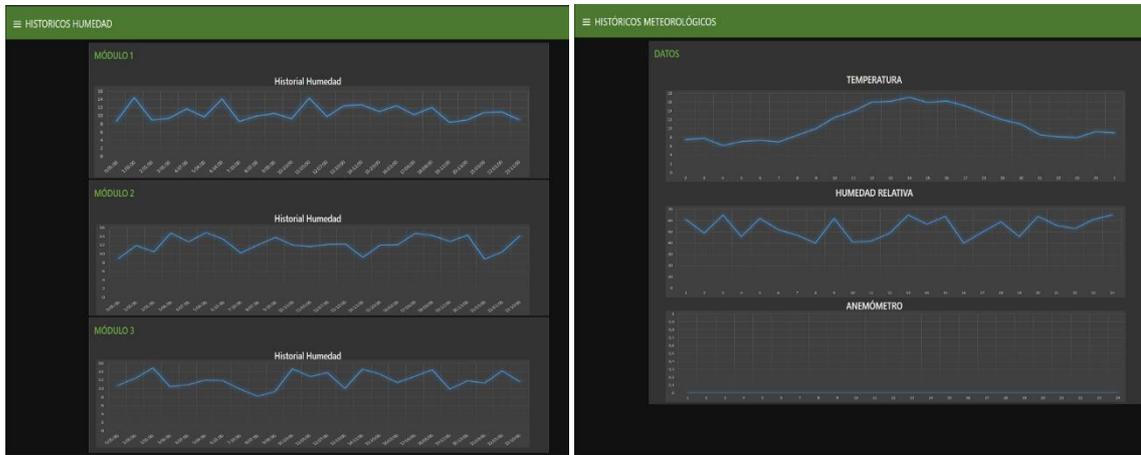


Figura 9-4.a. Historial de humedad de 24 horas **b.** Historial de datos meteorológico de 24 horas
Fuente: El Autor

Adicional se hizo una comparativa de los niveles de medición de ambiente registrados con el sistema con el registro tomado de la base de datos *Accuweather*. Teniendo resultados similares con un rango de error 0.25°C .



Figura 10-4 Temperatura registrada lunes 24/06/19 en la base web meteorológica *Accuweather*
Fuente: <https://bit.ly/2vqrfKZ>

4.3. Análisis de costos

Se realiza un análisis de costos del estudio e implementación del sistema automático para riego de pastos en la Hacienda San Pablo, en la que se considera los siguientes parámetros:

- ❖ Costos directos
- ❖ Costos indirectos

El proyecto se desarrolló con dos modos de instalación y funcionamiento, con red local y con un servidor web. Se analizó los costos de cada uno.

4.3.1. Costos directos

4.3.1.1. Costos con funcionamiento en red local

En las siguientes tablas se detallan los costos directos, como costos del desarrollo del controlador y costos de implementación del sistema.

Tabla 4-4. Costos del controlador del sistema de riego y monitoreo automático

Cant.	Componente	Valor unitario	Valor total
1	Minicomputadora Amlogic S905W X96	60	60
1	RouterBoard Mikrotik 5SHPN	180	180
12	NodeMCU	15	180
1	ESP8266	15	15
12	Módulo relé 1 canal	5	60
1	Sensor DHT21	10	10
12	Higrómetro FC-28	5	60
1	Tablet	80	80
12	Electroválvulas solenoides Aquanet 2"	150	1800
1	Electroválvula solenoide de 4"	400	400
8	Rollo de cable flexible 14 AWG	28	224
16	Tendido eléctrico, precio por aspersor	100	1600
Costo total			\$ 4669

Fuente: El Autor

4.3.1.2. Costos con funcionamiento en servidor web

Los costos para servidor web varían por el valor agregado que representa un servidor web, como el contrato de dominio y servicio de internet satelital.

Tabla 5-4. Costos del controlador del sistema de riego y monitoreo automático

Cant.	Componente	Valor unitario	Valor total
1	RouterBoard Mikrotik 5SHPN	180	180
12	NodeMCU	15	180
1	ESP8266	15	15
Cant.	Componente	Valor unitario	Valor total
12	Módulo relé 1 canal	5	60
1	Sensor DHT21	10	10
12	Higrómetro FC-28	5	60
1	Tablet	80	80
12	Electroválvulas solenoides Aquanet 2"	150	1800
1	Electroválvula solenoide de 4"	400	400
8	Rollo de cable flexible 14 AWG	28	224
16	Tendido eléctrico, precio por aspensor	100	1600
	Arriendo del servidor web	10	10
	Internet satelital	60	60
Costo total			\$ 4679

Fuente: El Autor

4.3.2. Costos Indirectos

Los gastos que tienen relación indirecta en la realización del sistema de riego automatizado y documentación del mismo para su implementación representan los costos indirectos que muestran en la tabla 6-4.

Tabla 6-4. Costos indirectos del sistema de riego y monitoreo automático

Componente	Valor unitario	Valor
Impresiones papelería	30	30
Elementos varios	50	50
Costos adicionales	20	20
Costo total		\$ 100

Fuente: El Autor

4.3.3. Costo total

De acuerdo con los valores obtenidos en las tablas anteriores se analiza el costo para los dos modos de aplicación del sistema.

Tabla 7-4. Costo total del sistema de riego y monitoreo automático para servidor local

Descripción	Valor total
Costos directos	4669
Costos indirectos	100
Costo total	\$ 4769

Fuente: El Autor

Tabla 8-4. Costo total del sistema de riego y monitoreo automático con servidor web

Descripción	Valor total
Costos directos	4679
Costos indirectos	100
Costo total	\$ 4879

Fuente: El Autor

4.4. Comparativa de sistema actual, sistema propuesto y mercado

Existen empresas a nivel nacional que brindan el servicio de venta e implementación de sistemas de riego por aspersión, muy pocas empresas ofertan un sistema automático para el riego y sus precios varían como se detalla en la tabla 9-4.

Tabla 9-4. Costos y detalles de sistemas comerciales de riego por aspersión.

Empresa	Servicio	Precio total
Casa del riego	Sistema de riego por aspersión, con controlador y panel arrancador, no incluye instalación	\$2250,00
Riego Ecuador	Kit de aspersión, bomba y accesorios. Adicional aspersores por parcela, no incluye instalación	\$ 4433,93
Ecuquímica	Kit de aspersión, no incluye instalación.	\$2439,04

Fuente: El Autor

Tabla 10-6. Análisis de costos de sistemas comerciales.

Costo de sistemas promedio	\$3040,99
Costo de instalación promedio	\$1833,50
Costo Total Promedio	\$4874,49

Fuente: El Autor

De acuerdo con los valores obtenidos de los costos de implementación del sistema tiene un valor de **4769 dólares americanos** para una red local y **4879 dólares americanos** con un sistema integrado en un servidor web.

El costo promedio de un sistema comercial resulta en **4874,49 dólares americanos**, resultando en un 2,16% más económico respecto al promedio de los sistemas comerciales convencionales en la versión más económica para una red local.

En el mercado no existe un controlador y sistema que ofrezca un servicio de monitoreo y control en tiempo real embebido en un servidor web, por lo que no se ha podido contrastar el costo. Confirmando que es un producto de gran rentabilidad y aplicabilidad.

4.5. Análisis de aplicabilidad

Como se analizó en el apartado anterior, el costo de inversión resulta en \$4769,00, cuyo financiamiento será cubierta por el propietario de la Hacienda. Para establecer el tiempo para recuperar la inversión se ha destinado este apartado.

Tabla 11-4. Indicadores de rentabilidad

Año	Flujo	Flujo Acumulado
2019	9010	9010
2020	11540	20550
2021	11620	32170
2022	12050	44220
2023	12210	56430
Tiempo de recuperación		
Meses	6	
Días	11	

Fuente: El Autor

El análisis realizando una evaluación financiera según la tabla 11-4, demostró que el proyecto es factible para su implementación con un tiempo de recuperación seis meses y once días.

4.6. Comparación de servidor local y servidor web

En la tabla 9-6 se analiza las ventajas que presenta las diferentes aplicaciones ya sea como servidor local, así como servidor web.

Tabla 12-4. Comparación servidor web y servidor local

Sistemas con servidor local	Sistema con servidor web
<ul style="list-style-type: none">• El costo de un servidor local resulta mucho más económico.• Requiere instalación de hardware y software adecuado.• De fácil mantenimiento, no requiere dedicarle mucho tiempo en instalación de software.• Los dispositivos físicos colapsan, alentando los tiempos de respuesta.• Exige la asignación de una ip estática, y una buena conexión a internet.	<ul style="list-style-type: none">• Los costos de un servidor web se elevan por el arrendamiento, pero Ubuntu es económica ya que no exige licencias.• Ser el dueño de un servidor brinda mayor privacidad y seguridad a los datos.• Proporciona el acceso desde cualquier parte, aun fuera de la ciudad.• Facilidad de implementación ya que no necesita soporte físicos.

Fuente: El Autor

4.7. plan de mantenimiento y diagrama de procedimiento de seguro

4.7.1. *Mantenimiento del sistema de riego automatizado aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos*

Las instalaciones electrohidráulicas se pueden encontrar en la mayoría de los cultivos tecnificados; un fallo en estos sistemas puede tener consecuencias graves para la producción para evitar y resolver cualquier anomalía se ha desarrollado un manual. Revisar (ANEXO A).

Las causas principales de los posibles fallos dentro los sistemas electrohidráulicos pueden ser múltiples y tener orígenes diversos: fallos debidos a las condiciones de trabajo a las que se encuentran sometidos y pueden dar lugar a fenómenos de corrosión, desgaste de partes mecánicas, fatiga de los materiales, daños y deformaciones en las partes internas o ensuciamiento, etc.; desviaciones de las condiciones normales de operación; errores humanos en la identificación de componentes, etc., entre otros. Antes de que estos aspectos afecten a la seguridad de toda la instalación y a las personas es necesario llevar a cabo una atención y mantenimiento de esta.

Así pues, es de capital importancia que se lleve a cabo un programa de mantenimiento acorde a las características de cada instalación en particular, teniendo en cuenta que en un cultivo los trabajos de mantenimiento de electroválvulas y actuadores puede tener un efecto negativo en la plantación.

4.7.1.1. Mantenimiento Preventivo Planeado MPP

Un mantenimiento preventivo busca reducir fallos en los sistemas que afecten la seguridad y productividad, y prolongar la vida útil de los equipos. Entre los beneficios al desarrollar un programa de MPP son:

- ❖ Prevención de las fallas en los equipos, con lo que se evita paros y gastos imprevistos.
- ❖ Reducción del reemplazo de equipos durante su vida útil.
- ❖ Reducción de la cantidad de repuestos de reserva.
- ❖ El buen estado de los equipos e instalaciones durante su vida útil.
- ❖ Utilización planificada del recurso humano.

4.7.1.2 Procedimiento general de las rutinas de MPP

Se han determinado diez pasos generales que debe poseer una rutina de mantenimiento, que constituyen la base de las rutinas para cada equipo; su aplicabilidad es determinada por las características específicas de cada equipo.

Y son:

1. Inspección de condiciones ambientales
2. Limpieza integral externa
3. Inspección externa del equipo
4. Limpieza integral interna
5. Inspección interna
6. Lubricación y engrase
7. Reemplazo de partes intercambiables
8. Ajuste y calibración
9. Revisión de seguridad eléctrica
10. Pruebas funcionales completas

4.7.1.3. Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo:

Observar las condiciones del ambiente en las que se encuentra el equipo, ya sea en funcionamiento o en almacenamiento. Los aspectos que se recomienda evaluar son:

- ❖ Humedad
- ❖ Fisuras
- ❖ Vibraciones mecánicas
- ❖ Polvo
- ❖ Seguridad de la instalación
- ❖ Temperatura

4.7.1.4. Inspección externa

Examinar o reconocer atentamente el equipo, partes o accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad de quitar partes, tapas, etc., tales como tonillos, cables, conector de alimentación, para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo.

4.7.1.5. Inspección externa

Examinar o reconocer atentamente las partes internas de las electroválvulas y sus componentes, para detectar signos de impactos físicos, desgastes, vibración, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo.

Entre las actividades recomendadas esta la revisión del aspecto físico, componentes mecánicos, componentes eléctricos.

4.7.2. Procedimiento seguro para la instalación del sistema de riego automatizado

Con el fin de fijar las pautas para la instalación de los elementos que conforman el sistema de riego automatizado y precautelando la integridad de las instalaciones y la seguridad del personal se ha desarrollado un manual de procedimiento seguro. Ver (ANEXO B).

4.7.2.1. Normas generales.

- ❖ Realizar todas las conexiones eléctricas sin que la fuente esté conectada.
- ❖ Por ningún motivo se debe descartar el uso de equipos de protección personal.
- ❖ Comprobar las conexiones antes de energizar el sistema.
- ❖ Evitar que los cables queden expuestos en lugares de tránsito de personas y animales.
- ❖ En situaciones de tormenta se deben cancelar las actividades de instalación.
- ❖ Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- ❖ Deben evitarse o minimizarse las posturas forzadas y los sobreesfuerzos durante el trabajo.

4.7.2.2. Equipos de protección personal.

- ❖ Gafas para proyección de partículas (ANSI Z87, 1)
- ❖ Ropa de trabajo adecuada para trabajos a la intemperie. (UNE-EN 343) Cumpliendo requisitos de la (NTP 769)
- ❖ Prendas reflectantes, perfectamente visibles, para trabajos en poca visibilidad o en presencia de tráfico rodado. (ANSI/ISEA 107 2010)
- ❖ Calzado de protección con plantilla anti-clavos. (ASTM F13, ANSI Z41 ASTM F 2413-05, MI/75 C/75 EH)
- ❖ Guantes de protección de alta sensibilidad (CE. EN420 EN388)

4.7.2.3. Medidas preventivas.

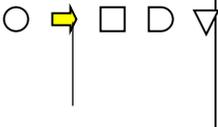
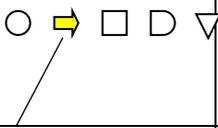
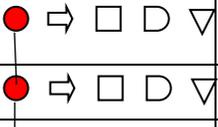
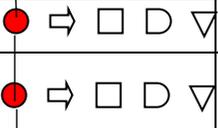
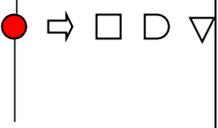
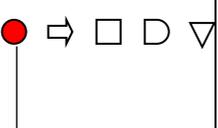
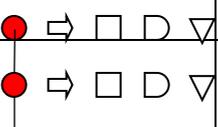
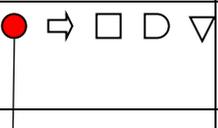
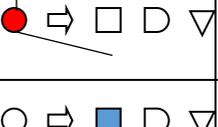
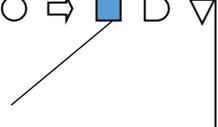
- ❖ Al sobrepasar el 1.80 m de altura es de uso obligatorio el uso de un arnés de seguridad y una línea de vida tal y como se especifica en el documento (ALAO-HSE-PRO-012)
- ❖ En los fondos de las losas de escalera se clavarán listones atravesados para facilitar el acceso a plantas superiores y así lograr un tránsito más seguro.
- ❖ Se mantendrá el lugar de trabajo libre de escombros y restos de materiales que entorpezcan el paso de vehículos o personas. (ALAO-HSE-PRO-009)
- ❖ Antes de energizar el sistema se deberá constatar que no existen cortocircuitos.

- ❖ Se adiestrará y formará a los trabajadores sobre el uso adecuado de herramientas, con el fin de evitar golpes, cortes e incluso sobreesfuerzos. (ALAO-HSE-PRO-013)
- ❖ Para prevenir los contactos eléctricos, se instalarán llaves diferenciales acompañados de toma de tierra, se conectarán los receptores con las clavijas normalizadas adecuadas y se usarán herramientas manuales provistas de doble aislamiento.
- ❖ Se señalizará la obra mediante señalización de seguridad. Estas señales serán perfectamente visibles, no dando lugar a dobles interpretaciones. (ALAO-HSE-PRO-008)

4.7.2.4. Diagrama de procesos de encofrado vertical

El siguiente diagrama es una representación gráfica de un algoritmo o proceso, que maximiza la productividad en la instalación del sistema de riego automático, estableciendo distancias y tiempos para cada actividad que conlleva el proceso.

DIAGRAMA DEL PROCESO <i>tipo hombre</i>				
Empresa: HACIENDA SAN PABLO		Operación: INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO		Estudio Nº : 01
Departamento: RIEGO	Operario: Varios	Analista: GARCÍA C.	Método: <i>Actual</i>	Fecha: 2017-07-20
Plano No: 01				Equivalencias:
Pieza No: 01				
Símbolos	Nº Ope.	Distancia (m)	Tiempo (s)	Descripción del proceso
				Vehículo de almacenamiento.
				Transportar los materiales para la instalación hasta el lugar de trabajo.
				Medir y señalar la superficie de instalación del gabinete principal.
				Colocar los amarres para la sujeción de la caja principal.

			Transportar cable desde el gabinete principal hasta la antena transmisora.
			Transportar cable de energía desde el gabinete principal hasta la toma de agua.
			Cortar el cable de energía de acuerdo con la distancia necesaria.
			Conectar la antena al cable LAN
			Sujetar la antena a una base sólida con amarras.
			Sujetar la caja de control de la electroválvula a la base de la toma de agua con amarras.
			Conectar el cable de energía al borne de la caja de control de la electroválvula.
			Colocar aislante en el borne de la caja de control de la electroválvula.
			Conectar los cables del sensor al sensor.
			Enterrar el sensor en el suelo.
			Aislar todos los componentes eléctricos con plástico para protegerlos del agua
			Conectar el cable de energía de la caja de control a la electroválvula.
			Alinear la caja en dirección de la antena transmisora.
			Sujetar los cables sueltos con amarras.
			Inspección completa de la instalación y comprobación de las conexiones.

● ⇨ □ D ▽				Recoger las herramientas y limpiar el espacio de trabajo.
-----------	--	--	--	---

CONCLUSIONES

Se desarrolló un estudio técnico acerca del consumo del recurso hídrico en la hacienda San Pablo del Cantón Guano mediante la implementación de un sistema automatizado para el control de riego por aspersión en parcelas de pastos para el hato lechero, basado en ligeras modificaciones en el sistema hidráulico con el uso de electroválvulas que se activan automáticamente según los niveles de humedad.

Se evaluó la eficiencia del sistema de riego que se mantuvo en ejecución previo a la implementación del sistema automatizado, el resultado de la prueba de uniformidad de riego arrojó un 44,3% con una calificación de inaceptable.

Se estableció la humedad como la variable de proceso e implantaron los requerimientos del sistema, implementando una red de sensores que permite monitorear los datos de humedad y condiciones ambientales en tiempo real con un nivel de eficiencia aceptable.

Mediante la revisión del arte se evaluaron y seleccionaron los equipos necesarios para la automatización del riego dentro de la gama open source, con los cuales se logró que la saturación de agua en las parcelas se redujera al máximo cumpliendo con las necesidades humedad del cultivo.

Con las pruebas de eficiencia al sistema de riego propuesto alcanza un 86% obteniendo una calificación de bueno, y según las pruebas de consumo de agua en promedio se redujo 19,5 m³ es decir a partir de la implementación del sistema de riego automático se ha iniciado la optimización del recurso hídrico en 18,80% solo en el primer mes de aplicación del sistema.

Se logró la implementación de un sistema de monitoreo y control del sistema de riego mediante una red de sensores basada en el protocolo MQTT empleando módulos de comunicación Wi-Fi que registran el nivel de humedad del cultivo para el control de aspersores, cada nodo está formado por un sensor de humedad fc-28 en conjunto con una placa NodeMCU que procesa la señal del sensor y transmite al servidor para ser visualizada en un dispositivo conectado a la red Wireless de la propiedad.

El sistema de monitoreo muestra en tiempo real las condiciones ambientales de humedad y temperatura a más de las condiciones de humedad del cultivo en cada módulo, que brinda al

propietario un control completo del regadío del hato lechero optimizando el recurso hídrico, reduciendo sus gastos, tiempo y esfuerzo físico de sus trabajadores. El sistema es versátil y manejable no solo para el cultivo de pastos, también admite modificar el umbral de humedad dependiendo el cultivo para adaptarse a las necesidades del usuario.

RECOMENDACIONES

Incrementar sensores en el nodo de la estación meteorológica que anticipe vientos y condiciones atmosféricas que afecten a las actividades de pastoreo y cultivo en la hacienda.

Mejorar las antenas de los módulos de transmisión inalámbrica, asegurando una mayor distancia de comunicación de la red de sensores, permitiendo una mayor área de cobertura en las parcelas de pastos para el hato lechero.

Realizar un mantenimiento periódico en el sistema hidráulico, ya sea tuberías como aspersores para evitar obstrucciones o fisuras que involucren pérdidas y disminuya la eficiencia del sistema de riego.

Analizar la posibilidad de usar baterías o a su vez el uso de una fuente fotovoltaica que suministre voltaje en cada nodo siendo un sistema independiente del suministro eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

A Light, R.. "Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol". *The Journal of Open Source Software*, vol. 2, no. 13 (2017), pp. 265.

Agudelo, R., Castellanos, D. y Medina, M. Automatización De Sistema De Riego Para El Cultivo De Flores Tipo Exportación. (Trabajo de Titulación). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 2005.

Allen, R.G., et al. "Evapotranspiración del cultivo". *FAO*, vol. 56 (2006), (Italia) p. 298.

ALTEC. Electroválvulas. [blog]. [Consulta: 22 junio 2019]. Disponible en: <https://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>.

Alzaga, A. y Larreina, J." ¿Qué es la industria 4.0?". *Metalindustria*, no. 8 (2016), pp. 68-70. ISSN 2340-194X.

Amlogic Product. [blog]. [Consulta: 5 julio 2019]. Disponible en: <https://www.amlogic.com/#Products>.

Ángeles Montiel, V.,et al. "Factores de ajuste para la pérdida de carga por fricción en tuberías con salidas múltiples telescópicas o con servicio mixto". *Ingeniería del agua*, vol. 14, no. 4 (2007), pp. 293. ISSN 1134-2196. DOI 10.4995/ia.2007.2918.

Barbancho Concejero, J. *Redes locales : sistemas microinformáticos y redes*. [en línea]. Ediciones Paraninfo S.A., 2014. [Consulta: 15 junio 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2LXwdai>

Bernal, J.L. *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas Alto Andinas*, vol. 1, (2005), (Perú).

Bourdin, A., Franco, J. y Burgos, M. Respuesta física al riego suplementario y desarrollo de tecnologías de riego por melgas en pasturas artificiales. (Trabajo de Titulación). Universidad de la República Montevideo, Facultad de Agronomía, Montevideo-Uruguay. 2015.

Canales, A. R. y Martínez, J. M. *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*. Barcelona - España: MARCOMBO S.A, 2010 ISBN 8426716342., pp. 420- 426.

Castro, Martiniano, et. at. "Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro". *Agricultura técnica en México*, vol. 4, (2008), (México) pp. 459-470.

Chambouleyron, Jorge Luis. *Riego y drenaje*. Buenos Aires - Argentina: Editorial ACME, 1980.

Corrales, Lucia. Caracterización biofísica y determinación del intercambio de gases de efecto invernadero en las turberas de Talamanca. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba - Costa Rica. 2018.

Cruz Romero, G., *Evaluación de la calidad del agua de riego*. no. 1 (1992), (Cuba).

ESP8266EX Datasheet. [blog]. Shanghai - China: Espressif, 2018. [Consulta: 14 julio 2019]. Disponible en: <https://www.espressif.com/esp8266ex>

ESP8266EX Datasheet Version 4.3. [blog]. China: Espressif Systems Datasheet, 2015, pp. 1-31. [Consulta: 27 septiembre 2019]. Disponible en: <http://bbs.espressif.com/>

Esparza Morocho, Juan Pablo. Implementacion de un firewall sobre plataformas Linux. (Trabajo de Titulación). Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formacion de Tecnólogos. Quito - Ecuador. 2013. [Consulta: 18 junio 2019]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6056/1/CD-4785.pdf>.

Espinosa, L., et al. "Prototipo Para Automatizar Un Sistema De Riego Multicultivo". *Remexga difuente la ciencia* [en línea], 2011, (México), vol. 2, (no. 5) pp. 659-672. [Consulta: 29 julio 2019]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263121118003>.

Fernandez Barcell, Manuel. "Introducción a las redes de sensores inalámbricas". *Wireless Sensor Network* [en línea], pp. 1-20. [Consulta: 12 junio 2019]. Disponible en: <http://www.tinyos.net/>

Fundacion JS. *Node-RED*. [blog]. 2018. [Consulta: 21 junio 2019]. Disponible en:

<https://nodered.org/about/>.

Garrell, Antoni y Guilera, Llorenc. *La industria 4.0 en la sociedad digital*. [en línea]. Valencia - España: Marge Books, 2019. ISBN 9788417313869. [Consulta: 28 septiembre 2019]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=YnSIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Gavidia Navarro, Juliette. Pérdidas por fricción primarias y secundarias. [blog]. 2015. [Consulta: 29 julio 2019]. Disponible en: <https://bit.ly/2M2qCzu>

Glosario Hidrológico Internacional. [en línea]. 385^{va} ed. Geneve - Italia: Organización meteorológica mundial, 2012. ISBN 978-92-63-03385-8. [Consulta: 13 de junio 2019]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221862/PDF/221862qaa.pdf.multi>

Gusqui, Yessenia. Diseño de un prototipo de red wsn para el monitoreo del nivel de contaminación de co2 existente en el centro de la ciudad de Riobamba. (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes. Riobamba - Ecuador. 2017.

Hernández, Fernando. *La Evaporación en la Agricultura Tropical*. [blog]. 2013. [Consulta: 8 octubre 2019]. Disponible en: http://www.agro-tecnologia-tropical.com/la_evaporaci_n.html.

HISPA LINUX. *¿Qué es el Software Libre?.* [blog]. Hispalinux. 2011. [Consulta: 21 junio 2019]. Disponible en: <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2018* [en línea]. 2018, (Ecuador). pp 6-10. [Consulta: 12 junio 2019]. Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec

León Navarro, Francis. *¿Qué es el suelo?.* [blog] . CDMX - México: UNAM, 2011. [Consulta: 09 julio 2019]. Disponible en: Consulta: 21 junio 2019]. Disponible en: <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>.

León Ruiz, Juan (ed). *Diseño de sistemas de riego*. Riobamba -Ecuador, 2012. pp 3-64.

León Ruiz, Juan Eduard (ed). *Riegos y drenajes*. Riobamba -Ecuador, 2012. pp 3-68.

Linares Ojeda, Rocio del Mar. Proyecto de una explotación agrícola en el T.M. de Berja. Diseño Hidraulico de Riego. (Trabajo de Titulación) [en línea]. Universidad Almería. Almería - España. 2012

Liotta, Mario, et al. "Riego por goteo". *Inta* [en línea], 2015, (Argentina) no. 3. pp. 15. [Consulta: 21 junio 2019]. ISSN: 978-33-8778-0. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

Llamas, Luis. *Medir la humedad del suelo con Arduino y sensor FC-28.* [blog]. 2016.[Consulta: 20 junio 2019]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>.

Llamas, Luis. *Conectar Arduino por Wi-Fi con el módulo ESP8266 ESP01.* [blog]. 2017 [Consulta: 20 junio 2019]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/arduino-Wi-Fi-esp8266-esp01/>.

Manzano Ulmeher, Juan. *Android, el sistema operativo de Google.* [blog]. Madrid - España: 2014. [Consulta: 23 junio 2019]. Disponible en: <https://www.ibertronica.es/blog/tutoriales/android-sistema-operativo/>.

Martinez, Henry. Optimización del recurso hídrico en el proceso de riego de un cultivo hidropónico de fresa en la parroquia huachi del cantón ambato en base a sistemas embebidos open source. (Trabajo de Titulación). Escuela Superior "Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial. Riobamba - Ecuador. 2018.

MARTINEZ, R., et al. *Redes inalámbricas de sensores : teoría y aplicación práctica.* [en línea]. Madrid- España: 2009. ISBN 9788469230077. [Consulta: 15 junio 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/260265697>

MIKROTIK. *MikroTik Routers and Wireless - Products: RB450G.* [en línea]. 2012.[Consulta: 22 junio 2019]. Disponible en: <https://mikrotik.com/product/RBMetal5SHPn>.

Milera, Milagros. "Manejo Y Explotación De Los Pastos Para La Producción De Leche". *Pastos y Forrajes*, vol. 15, no. 1 (1992), pp. 1-18. ISSN 2078-8452.

MINAGRI. "Eficiencia de Riego". *Manual Para El Cálculo De Eficiencia Para Sistemas De Riego.* [en línea], 2015, (Perú) , pp. 7-20. [Consulta: 15 junio 2019]. Disponible en:

<https://bit.ly/3210MSn>

Moisture Sensor FC28 [blog]. 2015. [Consulta: 14 julio 2019]. Disponible en: [https://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480854383_water and soil.pdf](https://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480854383_water_and_soil.pdf)

Montero, Jesus. Análisis de la distribución de agua en sistemas de riego por asperción estacionario. Desarrollo del modelo de simulación de riego por aspersión. (Trabajo de Tutulación). Universidad de la Castilla La Mancha. España. 1999

Jain Irrigation Systems. *Aspersores Naandanjain Irrigation.* [En línea], 2013. [Consulta: 23 junio 2019]. Disponible en: http://es.naandanjain.com/uploads/catalogerfiles/000-Spanish/Sprinklers/Sprinklers%20Booklet/NDJ_Sprinklers_span_021013F.pdf

Naturvegan ecologico. "Fuentes de agua y tipos de riego". *ECOagricultor* [en línea]. 2013. [Consulta: 13 junio 2019]. Disponible en: <https://www.ecoagricultor.com/agua-riego/>.

NAYLAP. *Sensor de temperatura y humedad relativa DHT21.* [blog]. 2019. [Consulta: 20 junio 2019]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/354-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht21-am2301.html>.

NETAFIM. *Aquanet PLUS AC / DC THE PROFESSIONAL ELECTRIC / HYDRAULIC VALVE LINE.* [en línea]. 2019. [Consulta: 23 junio 2019]. Disponible en: <http://www.netafim.fr/Data/Uploads/AquaNetAC-DC%20new5.pdf>

Nisperuza, Eugenio. *Riego de pastos* [en línea]. Bogotá - Colombia: Capacitación Campesina, 1985. [Consulta: 10 junio 2019]. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/449/12/vol7_riego_pastos_op.pdf

NOVAGRIC. *Riego por Aspersión.* [blog]. 2016. [Consulta: 28 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-aspersion>.

Objetivos nacionales para el buen vivir. *Objetivo 10: Impulsar la transformación de la matriz productiva.*

Obradors Melcior, Miguel. "INDUSTRIA 4.0 y los Profesionales de la Ingeniería". *IIE - Sociedad de la Información* [en línea], 2016, (España). [Consulta: 27 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.iies.es/single-post/2016/12/01/INDUSTRIA-40-y-los-Profesionales->

de-la-Ingeniería

Olalla, Francisco, et al. *Agua y agronomía*. Madrid - España: Ediciones Parainfo, 2005. ISBN 8484762467.

Pruna Campaña, Cristian y Reinoso Campaña, José Luis. *Análisis del sistema actual de riego y productividad para la implementación de un sistema automático de riego controlando los parámetros de temperatura y humedad mediante sistema hmi en la Finca "San Nicolas" sector de Illuchi*. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad académica de Ciencias de la Ingeniería y aplicadas. Latacunga - Cotopaxi. 2016.

Ramirez, Iván; et al. *Innovación tecnológica en el sector agropecuario*. Machala- Ecuador: 2015. ISBN 9789978316269.

Ramos, Marco & Báez, Darío. Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el Canton Cevallos.(Trabajo de titulación). Escuela Superior "Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba - Ecuador. 2013. pp. 1-133.

Reyes, Nadia; et al. "Proyecto de establecimiento de un hato lechero en Villanueva, Cortés". *Revista INNOVARE*. [en línea], 2012, (Honduras) vol. 65, no. 2, pp. 82. [Consulta: 10 junio 2019]. Disponible en: <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/08/Vol11-No41.pdf>.

"Sistemas de riego tecnificado". *Revista técnica agropecuaria*. [en línea], 2013, (Perú) vol. 8. [Consulta: 14 junio 2019]. Disponible en: www.agrobanco.com.pe

Rosero, Jorge. "Pastos y Forrajes en Alimentación del Ganado". *Tierra adentro*. 2011, (Ecuador). pp. 1-5.

Santos, Luis. *El riego y sus tecnologías*. [en línea]. Lisboa - Portugal: Editora Europa-América, 2010. ISBN 13:978-84-692-9979-1. [Consulta: 14 junio 2019]. Disponible en: http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf

SEMINIS. *Innovación en el riego tecnificado: Riego por goteo*. [en línea]. 2018. [Consulta: 14 junio 2019]. Disponible en: <https://www.seminis.mx/innovacion-en-el-riego-tecnificado-riego-por-goteo/>.

Sintrainduscafe. *Fase líquida del suelo.* [en línea]. 2017. [Consulta: 14 julio 2019]. Disponible en: <http://sintrainduscafe.org/secciones/fase-liquida-del-suelo/>.

Temperature and humidity module DHT21 [blog]. 2017. [Consulta: 14 julio 2019]. Disponible en: www.aosong.com

Traxco. *Transpiración y sistemas de riego.* [en línea], 2011. [Consulta: 8 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/transpiracion>.

TSCHINKEL, H. "Medida de la tensión de la humedad del suelo". *FAO* [en línea], 2008, (Italia). [Consulta: 14 julio 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/f3730s07.htm>

Valle Hernández, Luis. *Introducción a NodeRED.* [en línea]. 2018. [Consulta: 24 junio 2019]. Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/raspberry-pi/introduccion-node-red-raspberry-pi/>.

Vásconez Cusco, Juan Carlos & Chamba Tenemaza, Felipe. Diseño E Implementacion De Un Sistema De Riego Automatizado Y Controlado De Forma Inalambrica Para Una Finca Ubicada en el Sector Popular De Balerio. (Trabajo de Titulación). [En línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Electrónica. Guayaquil - Ecuador. 2013. pp. 1-144. [Consulta: 29 julio 2019]. Disponible en: <https://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>

Villalobos, Luis. "Fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste (*phalaris arundinacea*) en la zona alta lechera de Costa Rica". *Agronomía Costarricense* [en línea]. 2012, (Costa Rica). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43623289004>

Villalobos, Rossela. *Mecánica de fluidos: pérdidas primarias y secundarias.* [blog]. 2013. Disponible en: <http://villalobosfisicoquimicaii.blogspot.com/2013/12/v-behaviorurldefaultvml.html>.

Zapallos, Juan Pedro. *Niveles de humedad del suelo y agua disponible.* [blog]. 2006 [Consulta: 9 julio 2019]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/06/26/33002>.

ANEXOS

Anexo A: Plan de mantenimiento

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 1 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

**MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO APLICABLE PARA
ELETROVÁLVULAS Y NODOS INHALAMBRICOS**

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 2 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesisista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Identificación de Cambios			
Edición	Fecha	Cambio	Página / Numeral
01	23-JUL-2017	Creación y Aprobación del Documento	NA

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 3 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesisista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Introducción

Las instalaciones electrohidráulicas se pueden encontrar en la mayoría de los cultivos tecnificados; un fallo en estos sistemas puede tener consecuencias graves para la producción.

Las causas principales de los posibles fallos dentro los sistemas electrohidráulicos pueden ser múltiples y tener orígenes diversos: fallos debidos a las condiciones de trabajo a las que se encuentran sometidos y pueden dar lugar a fenómenos de corrosión, desgaste de partes mecánicas, fátiga de los materiales, daños y deformaciones en las partes internas o ensuciamiento, etc.; desviaciones de las condiciones normales de operación; errores humanos en la identificación de componentes, etc., entre otros. Antes de que estos aspectos afecten a la seguridad de toda la instalación y a las personas es necesario llevar a cabo una atención y mantenimiento de esta.

Así pues, es de capital importancia que se lleve a cabo un programa de mantenimiento acorde a las características de cada instalación en particular, teniendo en cuenta que en un cultivo los trabajos de mantenimiento de electroválvulas y actuadores puede tener un efecto negativo en la plantación.

Será necesario llevar un control cuidadoso de los trabajos de mantenimiento para reducir al máximo los problemas para las instalaciones. El objetivo de este manual de mantenimiento es dar a conocer algunos tipos de mantenimiento existentes, centrándonos en el preventivo y dando pautas sobre las formas de realizarlo.

Toda la información generada como resultado de los distintos tipos de revisiones que puedan afectar las condiciones de funcionamiento de los equipos, además de ser analizadas por el responsable del sistema, deberán ser conocidas por el gerente o encargado del cultivo, debiendo organizar y controlar los trabajos.

Para la realización de los distintos tipos de revisiones se deben establecer por parte de los encargados grupos funcionales para cada sector del cultivo.

En este caso los equipos se encuentran instalados dentro de las 16 hectáreas de cultivo de la Hacienda San Pablo divididas en 12 módulos, con forme a lo anterior a los equipos solo se les dará mantenimiento preventivo y no correctivo ya que se entregaron sellados.

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 4 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Beneficios del mantenimiento preventivo planificado para los equipos del sistema de riego automatizado de la Hacienda San Pablo

Entre los beneficios alcanzados al desarrollar un programa de MPP, por algún período de tiempo se cuentan:

- Prevención de las fallas en los equipos, con lo que se evita paros y gastos imprevistos.
- Reducción del reemplazo de equipos durante su vida útil.
- Reducción de la cantidad de repuestos de reserva.
- El buen estado de los equipos e instalaciones durante su vida útil.
- Utilización planificada del recurso humano.

Procedimiento general de las rutinas de MPP (Mantenimiento preventivo planeado)

Debido a la importancia del MPP en la prolongación de la vida útil de los equipos, y en el mantenimiento de su funcionamiento adecuado, se han determinado diez pasos generales que debe poseer una rutina de mantenimiento.

Estos pasos generales son los que constituyen la base de las rutinas para cada equipo; su aplicabilidad es determinada por las características específicas de cada equipo.

Estos pasos son:

1. Inspección de condiciones ambientales
2. Limpieza integral externa
3. Inspección externa del equipo
4. Limpieza integral interna
5. Inspección interna
6. Lubricación y engrase
7. Reemplazo de partes intercambiables
8. Ajuste y calibración
9. Revisión de seguridad eléctrica
10. Pruebas funcionales completas

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-Julio -2017	Página 5 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

1. Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo:

Observar las condiciones del ambiente en las que se encuentra el equipo, ya sea en funcionamiento o en almacenamiento. Los aspectos que se recomienda evaluar son:

- Humedad (sólo para equipos electrónicos), exposición a vibraciones mecánicas (sólo para equipos electrónicos), presencia de polvo, seguridad de la instalación y temperatura (para equipos, mecánicos y eléctricos).
- Cualquier anomalía o no cumplimiento de estas condiciones con lo establecido, debe ser notificado como observación en la rutina, o inmediatamente dependiendo de la situación, y siguiendo el procedimiento especificado por el encargado del cultivo.
- Fisuras: los equipos pueden verse afectados por golpes o rozamientos con el ganado que transita lo cual puede perjudicar en el funcionamiento.

NOTA: Este aspecto está relacionado con la inspección visual del equipo.

- Vibraciones mecánicas: Las vibraciones mecánicas pueden ser causa de falta de calibración mecánica o eléctrica de algunos equipos, en el caso de las electroválvulas y nodos inalámbricos este síntoma puede ser relacionado con falla o daño de solenoides o transformadores.

Ejemplo: en el caso de fallo del solenoide de la electroválvula esta va a vibrar y no va a funcionar de manera correcta.

- Polvo: Tanto los equipos mecánicos, como los eléctricos, se ven afectados en su funcionamiento y en la duración de su vida útil, por la presencia de polvo en su sistema. Revise que no haya una presencia excesiva de polvo en el agua y el ambiente, visualizando los alrededores en interiores del equipo, en el equipo mismo, o la existencia de zonas cercanas donde se produzca el mismo.
- Seguridad de la instalación: Una instalación de un equipo insegura, ofrece un peligro potencial tanto al equipo mismo, como a las personas, ya sean estos operadores o público en general.

Revise que la instalación del equipo para que ofrezca seguridad los cables de energía de este deberá estar debidamente aislados de las zonas de tránsito tanto de animales como de personas.

Verifique que estos estén en buenas condiciones. Además, verifique que la instalación eléctrica a la que éste está conectado se encuentre polarizada, protegida con medios de desconexión apropiados, y lo establecido, se refiere a especificaciones del fabricante o cualquier otra recomendación que ha sido aceptada como norma para el cultivo, que no permita la producción de cortocircuitos o falsos contactos por movimientos mecánicos normales. Esto implicará el tomacorriente, y su tablero de protección y distribución más cercano.

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 6 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

- Temperatura: La luz solar directa o la temperatura excesiva pueden dañar el equipo, o alterar su funcionamiento. Verifique cual es la temperatura permitida por el fabricante, si este dato no está disponible, corrobore que el equipo no esté en exposición directa al sol (a menos que se trate de un equipo de uso de intemperie), y que la temperatura no sea mayor a la del ambiente.

NOTA: Para cada equipo deberán evaluarse la aplicabilidad de las condiciones.

2. Limpieza integral externa:

Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, moho, hongos, etc., en las partes externas que componen al equipo, mediante los métodos adecuados según corresponda.

Esto podría incluir:

- Limpieza de superficie externa utilizando limpiador de superficies líquido, limpiador de superficies, etc.
- Limpieza de residuos que puedan afectar los movimientos visibles del equipo como son las llaves manuales.

3. Inspección externa del equipo:

Examinar o reconocer atentamente el equipo, partes o accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad de quitar partes, tapas, etc., tales como tonillos, cables, conector de alimentación, para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo.

Esta actividad podría conllevar de ser necesario, la puesta en funcionamiento del sistema o de una parte de éste, para comprobar los signos mencionados en el párrafo anterior.

Actividades involucradas:

- Revisión del aspecto físico general del equipo y sus componentes, para detectar posibles impactos físicos, maltratos, fisuras en la carcasa o levantamiento de pintura, cualquier otro daño físico. Esto incluye viñetas y señalizaciones, falta de componentes o accesorios, etc.
- Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc. Esto incluye los sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos, en los cuales también es necesario detectar fugas en el sistema.
- Revisión de componentes eléctricos. Esto incluye: Cordón de alimentación: revisar que este se encuentre íntegro, sin dobleces ni roturas, o cualquier signo de deterioro de aislamiento, la toma deberá ser adecuado al tipo y potencia demandada por el equipo y debe hacer buen contacto con la toma de

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-Julio -2017	Página 7 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

suministro. Hacer mediciones con un multímetro si es necesario acerca de la conductividad del mismo, estado del portafusibles, etc.

Hacer mediciones de conductividad con un multímetro verificando una buena transmisión de conductividad.

4. Limpieza integral interna:

Eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, moho, hongos, etc., en las partes internas que componen al equipo, mediante los métodos adecuados según corresponda.

Esto podría incluir:

- Limpieza de superficie interna utilizando limpiador para superficies, líquido, espumas, y aditivos especiales según lo especificado de cada elemento o por el proveedor, etc.
- Limpieza de contactos eléctricos, conectores, utilizando limpiador de contactos eléctricos, aspirador, brocha, etc.

5. Inspección interna:

Examinar o reconocer atentamente las partes internas de las electroválvulas y sus componentes, para detectar signos de impactos físicos, desgastes, vibración, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo.

Esta actividad podría conllevar de ser necesario, la puesta en funcionamiento de un equipo o de una parte de éste, para comprobar los signos mencionados en el párrafo anterior.

Actividades involucradas:

Revisión general del aspecto físico de la parte interna del equipo y sus componentes, para detectar posibles impactos físicos, maltratos, daños en la carcasa o cualquier otro daño físico.

Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, roturas, etc. Esto incluye los sistemas hidráulicos, eléctricos en los cuales también es necesario detectar fugas en el sistema.

Revisión de componentes eléctricos, para determinar falta o deterioro del aislamiento, de los cables internos, conectores etc., que no hayan sido verificados en la revisión externa del equipo, revisando cuando sea necesario, el adecuado funcionamiento de estos con un multímetro.

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 8 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesisista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Revisión de componentes electrónicos, tanto tarjetas como circuitos integrados, inspeccionando de manera visual y táctil si es necesario, el posible sobrecalentamiento de estos. Cuando se trata de dispositivos de medición (sensores) se debe visualizar su estado físico y comprobar su funcionamiento con otro sistema de medición que permita verificarlo con adecuada exactitud.

6. Reemplazo de ciertas partes:

La mayoría de las electroválvulas tienen partes diseñadas para gastarse durante el funcionamiento del equipo, de modo que prevengan el desgaste en otras partes o sistemas de este. Ejemplo de estos son los empaques, los dispositivos protectores.

El reemplazo de estas partes es un paso esencial del mantenimiento preventivo, y puede ser realizado en el momento de la inspección.

7. Ajuste y calibración:

En el mantenimiento preventivo es necesario ajustar y calibrar los equipos, ya sea ésta una calibración o ajuste mecánico, eléctrico, o electrónico.

Para esto deberá tomarse en cuenta lo observado anteriormente en la inspección externa e interna del equipo, y de ser necesario poner en funcionamiento el equipo y realizar mediciones de los parámetros más importantes de éste, de modo que éste sea acorde a normas técnicas establecidas, especificaciones del fabricante, o cualquier otra referencia para detectar cualquier falta de ajuste y calibración.

Luego de esto debe realizarse la calibración o ajuste que se estime necesaria, poner en funcionamiento el equipo y realizar la medición de los parámetros correspondientes, estas dos actividades serán necesarias hasta lograr que el equipo no presente signos de desajuste o falta de calibración.

8. Pruebas funcionales completas:

Además de las pruebas de funcionamiento realizadas en otras partes de la rutina, es importante poner en funcionamiento el equipo en conjunto con el operador, en todos los modos de funcionamiento que éste posea, lo cual además de detectar posibles fallas en el equipo o el sistema automatizado, promueve una mejor comunicación entre el técnico y el operador, con la consecuente determinación de fallas en el proceso de operación por parte del operador o del mismo técnico.

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-Julio -2017	Página 9 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

9. Revisión de seguridad eléctrica:

La realización de esta prueba dependerá del grado de protección que se espera del equipo en cuestión, según las normas establecidas por cada equipo y las especificadas por sus fabricantes.

Instructivo de uso del formato de calendarización de mantenimiento a equipos.

En este formato se pretende programar los mantenimientos de acuerdo con su uso y necesidades de la máquina, considerando también las actividades del laboratorio y días festivos. Por lo tanto, su llenado es de la siguiente manera:

1. **PERIODO:** Anotar el periodo actual en base a la clase.
2. **MES.** Se anota el mes a efectuar el mantenimiento.
3. **ÁREA.** Especificar el área que recibirá el mantenimiento.
4. **RESPONSABLE.** Nombre de la persona responsable del área.
5. **CANTIDAD.** Especificar el número de equipos
6. **DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.** Indicar una breve descripción del bien a dar mantenimiento.
7. **FECHA.** Anotar el periodo en que se realizará el mantenimiento.

A continuación, se presenta el formato.

PERÍODO (1)					
MES (2)	AREA (3)	RESPONSABLE (4)	CANTIDAD (5)	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO (6)	FECHA (7)

El y los formatos de mantenimiento se debe llenar con mucho cuidado, dando de esta manera una explicación simple y detallada, pues así no se descuidan detalles que hacen al mantenimiento preventivo programado más efectivo. Para que de esta manera cualquiera pueda entenderlo y llevar la continuación del servicio preventivo de los equipos.

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-Julio -2017	Página 10 de 11
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Con el programa ya establecido se pretende hacer el mantenimiento a los equipos en tiempo y forma. Para esto se deberá llenar otro mantenimiento que conste del mantenimiento realizado a cualquiera de los elementos del sistema de riego.

A continuación, se describe el llenado del formato F-AA-79 del mantenimiento de equipos en la hacienda San Pablo.

1. **No. SERVICIO.** Indicar el número de servicio
2. **TIPO DE MANTENIMIENTO.** Especificar el tipo de mantenimiento correctivo o preventivo.
3. **FECHA DE INICIO.** Especificar la fecha de inicio del servicio.
4. **FECHA DE FIN.** Especificar la fecha de fin del servicio.
5. **NOMBRE DEL SOLICITANTE.** Escribir el nombre del solicitante del servicio.
6. **AREA.** Indicar el área para la que se realiza el servicio.
7. **CANTIDAD.** Anotar la cantidad de bienes.
8. **DESCRIPCIÓN DEL BIEN.** Describir el bien en cuestión.
9. **NO. DE INVENTARIO SERIE O MODELO.** Escribir el número de inventario del bien, los cuatro últimos dígitos del número de serie o el modelo del bien.
10. **TRASLADO** Indicar si el bien será reparado fuera de la hacienda.
11. **DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO O FALLA.** Describir la falla o el servicio a realizar.
12. **DIAGNOSTICO FINAL DEL REPORTE.** Describir el diagnóstico final.
13. **OBSERVACIONES DE SALIDA.** Indicar las características físicas del bien al momento de salir.
14. **FIRMA RESPONSABLE.** El responsable de dar mantenimiento firmará el documento.
15. **FIRMA USUARIO.** EL solicitante del mantenimiento firmará de conformidad.
16. **OBSERVACIONES DE ENTRADA.** Indicar las características físicas del bien al momento de regresar.
17. **FIRMA USUARIO.** EL solicitante del mantenimiento firmará de conformidad.
18. **FIRMA RESPONSABLE.** EL solicitante del mantenimiento firmará de conformidad.
19. **NOMBRE.** Escribir el nombre del solicitante del servicio.
20. **No. SERVICIO.** Indicar el número de servicio, que será el mismo que en inciso número 1
21. **FECHA.** Anotar cuando se solicita el servicio.
22. **RECIBE.** Firma del personal de soporte o proveedor
23. **ENTREGA.** Firma del solicitante del mantenimiento.
24. **DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO.** Describir la falla o servicio a realizar.
25. **OBSERVACIONES.** Cualquier imprevisto que surgiera en la realización del mantenimiento.

	Manual de Mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado Aplicable para electroválvulas y nodos inalámbricos	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 11 de 11
		Elaboró: García C	Revisó:	Aprobó:
		Tesisista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

A continuación, se presenta el formato que se usa para el caso de mantenimiento preventivo o correctivo según sea el caso.

No. De Servicio (1)

Tipo de Mantenimiento (2): Preventivo Correctivo

Fecha de inicio (3): _____ Fecha fin (4): _____

Nombre del solicitante (5): _____ Área (6): _____

DESCRIPCIÓN DEL BIEN	Cantidad (7)	Descripción del Bien (8)	No. De inventario, Modelo o Serie (9)

Traslado (10) Si No

Descripción de la falla (11)

Descripción Final del Reporte (12)

NOTA: En caso de traslado fuera de la hacienda deberá llenar un vale único.

OBSERVACIONES DE SALIDA (13):	
ENTREGA DE RESPONSABLE (14):	ENTREGA DE USUARIO (15):

OBSERVACIONES DE ENTRADA (16):	
ENTREGA DE USUARIO (17):	ENTREGA DE RESPONSABLE (18):

Anexo B: Manual de procedimiento seguro

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-Julio -2017	Página 1 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

PROCEDIMIENTO SEGURO PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 2 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

Identificación de Cambios			
Edición	Fecha	Cambio	Página / Numeral
01	23-JUL-2017	Creación y Aprobación del Documento	NA

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 3 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

1. OBJETIVO

Fijar las pautas y establecer los requisitos a seguir para la instalación de los elementos que conforman el sistema de riego automatizado con el fin de proteger la integridad de las instalaciones y la seguridad del personal, durante su montaje y otros peligros asociados a estas actividades con la finalidad de minimizar las posibles situaciones de peligro.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todos los técnicos instaladores del sistema, cuando se realicen trabajos de conexión e implementación dentro o fuera de sus instalaciones.

3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Sistema: Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre si que funciona como un todo.

Sensor: Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno.

Riego automatizado: El riego automático es un sistema para proveer con agua a las plantas del jardín de manera tecnificada, por medio de sistema de aspersión y/o goteo normalmente. Se puede entregar el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que se desee.

Hacienda: Finca que está dedicada a la agricultura, generalmente de gran extensión.

Técnico: Que es propio de una ciencia, un arte, una profesión o una actividad determinada y tiene un significado específico dentro de ellas.

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 4 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

4. RESPONSABILIDADES

4.1. Los responsables de la implementación de este Procedimiento:

Técnico y ayudante de instalación.

4.2. El responsable del mantenimiento de este procedimiento es:

Gerente de la Hacienda San Pablo o encargado.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Antecedentes:

El Sector solicitante deberá designar una persona como supervisor del proceso de instalación del sistema.

Deberá comprobarse que el operario ha recibido formación teórico- practica en materia de prevención a través del servicio de prevención ajeno, del servicio de prevención propio o de una entidad acreditada, y conocen el oficio o están supervisados por alguien que lo conoce.

Responsabilidad del supervisor de HSE:

Elaborar y firmar el Permiso de Trabajo.

Coordinaciones preliminares de supervisor de la instalación.

Revisión de todos los implementos de protección personal.

Ejecución de check list de los arneses de seguridad con el VoBo del Supervisor. Contar con los implementos adicionales necesarios para un trabajo seguro como: cinturones porta-herramientas, para evitar la caída de los mismos, herramientas asociadas al trabajo de electricidad, todas originales, cajas adecuadas para portar las herramientas.

Antes del inicio de la instalación se elaborará una planificación de la obra, la que contará con las medidas de protección de las zonas de trabajo.

Verificar la instalación de vallados, letreros, señales de paro, o cualquier otro sistema de precaución necesario.

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 5 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Responsabilidad del personal:

- Inspección general y limpieza de la zona de instalación.
- Verificar y/o señalar el área de trabajo.
- Mantener en todo momento el área libre de elementos que no corresponden a la actividad.
- Realizar la instalación del sistema con la ayuda de por lo menos una persona.
- Verificar que las instalaciones eléctricas se encuentran correctamente conectadas y aisladas.
- Delimitar y señalar, las zonas de trabajo.
- Practicar orden y limpieza del área de trabajo.

Realización de actividad segura:

La instalación consiste en el montaje de la caja principal de control en una base estable, colocar la antena en un lugar visible para los actuadores, hasta conseguir una orientación óptima y el montaje de la caja de control de la electroválvula, para todo esto es necesario extender la cantidad de cable UTP y gemelo calibre 18 de acuerdo a las necesidades.

Normas generales.

- Realizar todas las conexiones eléctricas sin que la fuente esté conectada.
- Por ningún motivo se debe descartar el uso de equipos de protección personal.
- Comprobar las conexiones antes de energizar el sistema.
- Evitar que los cables queden expuestos en lugares de tránsito de personas y animales.
- En situaciones de tormenta se deben cancelar las actividades de instalación.
- Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Deben evitarse o minimizarse las posturas forzadas y los sobreesfuerzos durante el trabajo.

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-Julio -2017	Página 6 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Equipos de protección personal.

Gafas para proyección de partículas (ANSI Z87, 1)

Ropa de trabajo adecuada para trabajos a la intemperie. (UNE-EN 343) Cumpliendo requisitos de la (NTP 769)

Prendas reflectantes, perfectamente visibles, para trabajos en poca visibilidad o en presencia de tráfico rodado. (ANSI/ISEA 107 2010)

Calzado de protección con plantilla anti-clavos. (ASTM F13, ANSI Z41 ASTM F 2413-05, MI/75 C/75 EH)

Guantes de protección de alta sensibilidad (CE. EN420 EN388)

Medidas preventivas.

Al sobrepasar el 1.80 m de altura es de uso obligatorio el uso de un arnés de seguridad y una línea de vida tal y como se especifica en el documento (ALAO-HSE-PRO-012)

En los fondos de las losas de escalera se clavarán listones atravesados para facilitar el acceso a plantas superiores y así lograr un tránsito más seguro.

Se mantendrá el lugar de trabajo libre de escombros y restos de materiales que entorpezcan el paso de vehículos o personas. (ALAO-HSE-PRO-009)

Antes de energizar el sistema se deberá constatar que no existen cortocircuitos.

Se adiestrará y formará a los trabajadores sobre el uso adecuado de herramientas, con el fin de evitar golpes, cortes e incluso sobreesfuerzos. (ALAO-HSE-PRO-013)

Para prevenir los contactos eléctricos, se instalarán llaves diferenciales acompañados de toma de tierra, se conectarán los receptores con las clavijas normalizadas adecuadas y se usarán herramientas manuales provistas de doble aislamiento.

Se señalizará la obra mediante señalización de seguridad. Estas señales serán perfectamente visibles, no dando lugar a dobles interpretaciones. (ALAO-HSE-PRO-008)

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 7 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesisista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

Diagrama de procesos de encofrado vertical (Estructura de muros, pilares.)

DIAGRAMA DEL PROCESO <i>tipo hombre</i>				
Empresa: HACIENDA SAN PABLO		Operación: INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO		Estudio N° : 01
Departamento: RIEGO	Operario: Varios Maquina: -----	Analista: GARCÍA C.	Método: Actual	Fecha: 2017-07-20
Plano No: 01				Equivalencias:
Pieza No: 01				
Símbolos	N° Ope.	Distancia (m)	Tiempo (s)	Descripción del proceso
○ ⇨ □ D ▼				Vehículo de almacenamiento.
○ ⇨ □ D ▼				Transportar los materiales para la instalación hasta el lugar de trabajo.
● ⇨ □ D ▼				Medir y señalar la superficie de instalación del gabinete principal.
● ⇨ □ D ▼				Colocar los amarres para la sujeción de la caja principal.
○ ⇨ □ D ▼				Transportar cable desde el gabinete principal hasta la antena transmisora.
○ ⇨ □ D ▼				Transportar cable de energía desde el gabinete principal hasta la toma de agua.
● ⇨ □ D ▼				Cortar el cable de energía de acuerdo con la distancia necesaria.
● ⇨ □ D ▼				Conectar la antena al cable LAN
● ⇨ □ D ▼				Sujetar la antena a una base sólida con amarres.
● ⇨ □ D ▼				Sujetar la caja de control de la electroválvula a la base de la toma de agua con amarres.
● ⇨ □ D ▼				Conectar el cable de energía al borne de la caja de control de la electroválvula.
● ⇨ □ D ▼				Colocar aislante en el borne de la caja de control de la electroválvula.

	Procedimiento Seguro para la Instalación del Sistema de Riego Automatizado	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 8 de 8
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
		Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo

						Conectar los cables del sensor al sensor.
						Enterrar el sensor en el suelo.
						Aislar todos los componentes eléctricos con plástico para protegerlos del agua
						Conectar el cable de energía de la caja de control a la electroválvula.
						Alinear la caja en dirección de la antena transmisora.
						Sujetar los cables sueltos con amarras.
						Inspección completa de la instalación y comprobación de las conexiones.
						Recoger las herramientas y limpiar el espacio de trabajo.

6. REGISTROS

N/A

7. OTROS

- Norma OHSAS 18001
- BOE Real decreto 1627/2007
- ALAO-HSE-PRO-008
- ALAO-HSE-PRO-009
- ALAO-HSE-PRO-005
- ALAO-HSE-PRO-012
- ALAO-HSE-PRO-013

Anexo C: Manual de usuario

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 1 de 23
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

MANUAL DE USUARIO PARA EL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO DE LA HACIENDA SAN PABLO

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 2 de 23
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

Identificación de Cambios			
Edición	Fecha	Cambio	Página / Numeral
01	23-JUL-2017	Creación y Aprobación del Documento	NA

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22			
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 3 de 23	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

Contenido

1	USO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTMATIZADO DE LA HACIENDA SAN PABLO	4
1.1	SOBRE EL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO	4
1.2	REQUISITOS DEL SISTEMA.....	4
1.3	CONTENIDO DE LA PÁGINA DE INICIO	5
1.4	AYUDA ADICIONAL.....	5
2	MANEJO DE LA GALERÍA	6
2.1	SOBRE LA GALERÍA.....	6
3	MANEJO DEL PANEL DE CONTROL.....	7
3.1	SOBRE EL PANEL DE CONTROL.....	7
4	MANEJO DEL MAPA METEOROLÓGICO	20
4.1	SOBRE EL MAPA METEOROLÓGICO	20
5	MANEJO DE HISTÓRICOS.....	21
5.1	SOBRE LOS HISTÓRICOS	21
6	MANEJO DE DATOS	22
6.1	SOBRE LOS DATOS.....	22
7	RECOMENDACIONES.....	23

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 4 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

1 USO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTMATIZADO DE LA HACIENDA SAN PABLO

1.1 SOBRE EL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO

El Sistema de Riego Automatizado es un programa multiplataforma concebido para controlar, registrar y facilitar el proceso de riego dentro de pasturas en base a los requerimientos hidricos del cultivo.

Es fácil de aprender a usar este software, pero se asume que el usuario estará ya familiarizado con los términos, conceptos y manejo de pastos. Se debe estudiar detenidamente este documento antes de empezar a usar el software.

1.2 REQUISITOS DEL SISTEMA

Cerciórese de que la computadora, Tablet, celular, etc. Satisfaga o supere los siguientes requisitos andes de ingresar al Sistema de Riego.

CPU	Cualquiera con dos Cores en adelante.
RAM	520 MB (1 GB recomendado)
Sistema Operativo	Windows 7, Windows Vista, Windows10, Android, Ubuntu, Linux, etc.
Navegador	Google Chrome, Firefox, Microsoft Edge, Safari, etc.

- Para lanzar el Sistema de Riego Automatizado, ingrese al navegador de su dispositivo, dirijase a la barra de búsqueda e ingrese ah esta dirección <https://sites.google.com/view/riegoautomatizado/home>.

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 5 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

1.3 CONTENIDO DE LA PÁGINA DE INICIO

En esta página se centraliza el acceso a los distintos componentes del Sistema.



- Elija la opción que desea pulsando el botón correspondiente de la barra superior.
- Para ver las fotos del proyecto pulse en GALERÍA.
- Para ver las opciones de control del sistema de riego dirijase a PANEL DE CONTROL.
- Para visualizar el mapa meteorológico dinámico dirijase a MAPA METEOROLÓGICO.
- Para visualizar los datos históricos de los sensores dirijase a HISTÓRICOS.
- Para visualizar la base de datos con registro de marcas de tiempo dirijase a DATOS.

1.4 AYUDA ADICIONAL

- Si desea obtener apoyo técnico o ayuda en relación con el software, póngase en contacto con autoriegosanpablo@gmail.com.
- Si tiene alguna pregunta con respecto al manejo de pastos, póngase en contacto con autoriegosanpablo@gmail.com.
- En caso de fallo de alguno de los sensores, automáticamente se notificará vía SMS y correo electrónico al administrador del sistema, además de mostrar un mensaje emergente en las ventanas del panel de control.

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 6 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

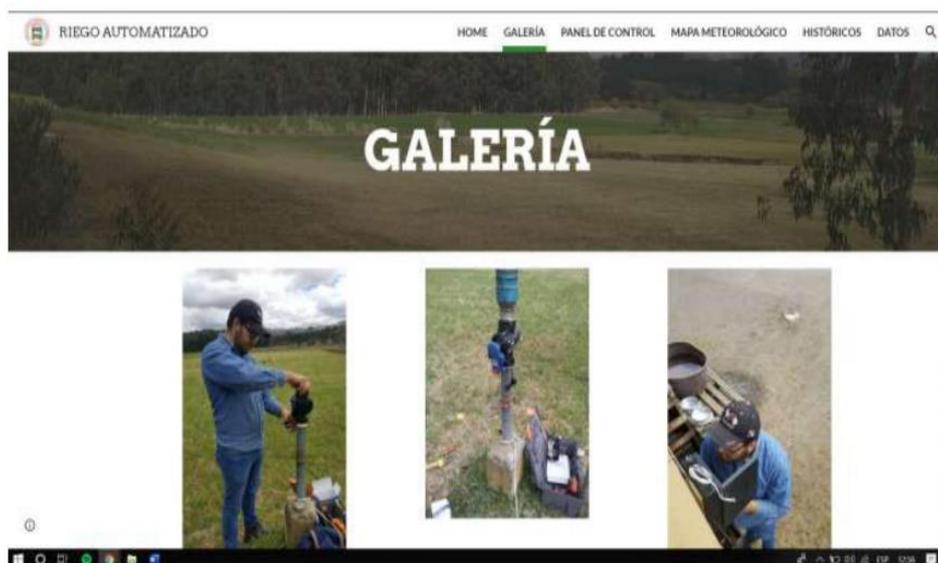
2 MANEJO DE LA GALERÍA

2.1 SOBRE LA GALERÍA

En esta opción del sistema se desplegará las fotos tomadas durante la implementación del proyecto.



- Para ingresar a **GALERÍA**, de clic en la pestaña de la página principal en la sección **GALERÍA** en esta sección podrá visualizar las fotos del proyecto.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22			
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 7 de 23	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

3 MANEJO DEL PANEL DE CONTROL

3.1 SOBRE EL PANEL DE CONTROL

Esta opción del sistema es una de las principales ya que desde aquí se redirigirá a cada una de las opciones de control.

- **Para ingresar al PANEL DE CONTROL**, pulse panel de control en la ventana principal y será redirigido a la sección de control.



- **Ya dentro del PANEL DE CONTROL**, tiene varias opciones a elegir la primera de ellas son los datos meteorológicos de la ciudad si da clic aquí será redirigido a una nueva pestaña con información más detallada.



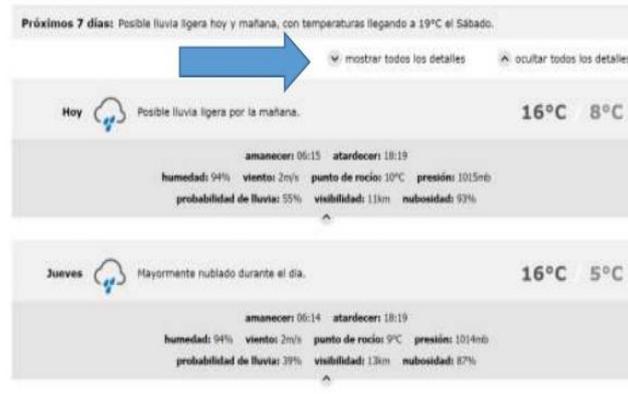
	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 8 de 23
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- Ya dentro del **TIEMPO EN RIOBAMBA**, tiene la opción de ver los datos meteorológicos para las próximas 24 horas y para los próximos 7 días.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 9 de 23
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la sección de **Próximos 7 días**, puede mostrar todos los detalles u ocultar todos los detalles de cada uno de los días.



Próximos 7 días: Posible lluvia ligera hoy y mañana, con temperaturas llegando a 19°C el Sábado.

mostrar todos los detalles | ocultar todos los detalles

Hoy ☁ Posible lluvia ligera por la mañana. **16°C** **8°C**

amanecer: 06:15 | atardecer: 18:19
 humedad: 94% | viento: 2m/s | punto de rocío: 10°C | presión: 1015mb
 probabilidad de lluvia: 55% | visibilidad: 11km | nubosidad: 93%

Jueves ☁ Mayormente nublado durante el día. **16°C** **5°C**

amanecer: 06:14 | atardecer: 18:19
 humedad: 94% | viento: 2m/s | punto de rocío: 9°C | presión: 1014mb
 probabilidad de lluvia: 39% | visibilidad: 13km | nubosidad: 87%

- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción indicadores la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.



RIEGO AUTOMATIZADO | HOME | GALERÍA | **PANEL DE CONTROL** | MAPA METEOROLÓGICO | HISTÓRICOS | DATOS | Q

INDICADORES
Reciba mensajes sobre el estado de la humedad de los módulos.

MODO MANUAL
Opere manualmente cada uno de los actuadores del sistema.

MODO AUTOMÁTICO
Escriba un parámetro de humedad para que el sistema de riego funcione automáticamente.

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 10 de 23
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la nueva pestaña de **INDICADORES**, podemos visualizar los valores de los sensores de humedad de los diferentes módulos, dentro de cada módulo se visualiza el estado de la humedad del suelo y se mostrara un mensaje para cuando el suelo está muy húmedo, cuando está húmedo, cuando necesita regar, y cuando se necesita regar urgentemente.



- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **MODO MANUAL** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 11 de 23
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la pestaña **MODO MANUAL**, tenemos la opción de controlar el encendido y apagado de cada uno de los actuadores del sistema, en caso de que se active cualquiera de esto el led rojo pasará a color verde indicando que este está funcionando.



- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **MODO AUTOMÁTICO** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 12 de 23
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la pestaña **MODO AUTOMÁTICO**, tenemos la opción de visualizar los datos de los sensores de humedad de cada módulo, además de preestablecer un umbral el cual será un valor de control para la humedad y cuando el sensor se encuentre por debajo de este valor automáticamente se activará el riego, también tenemos la opción de presionar el botón **REGAR AHORA** el cual activara la electroválvula durante un determinado tiempo para completar el riego que haga falta.



- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **TEMPORIZADOR DE RIEGO** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.

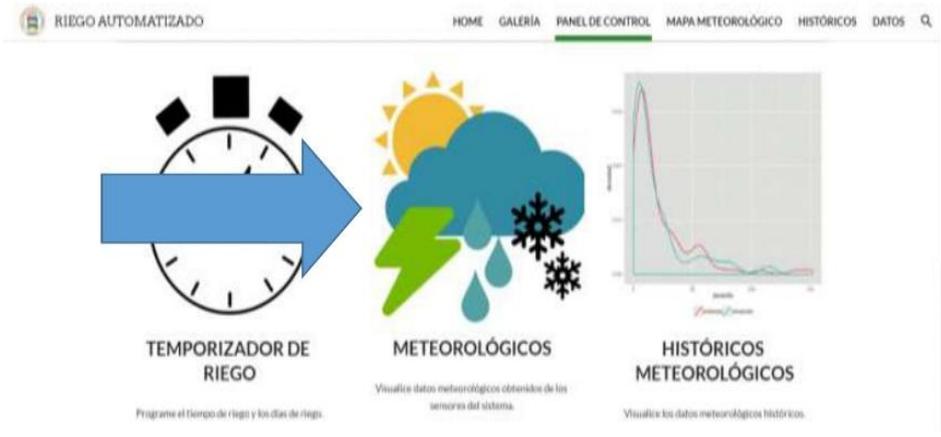


	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 13 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la pestaña **TEMPORIZADOR DE RIEGO**, en esta pestaña tenemos la opción de visualizar la hora y fecha, además de constatar el estado de los módulos y el registro de la última vez que se regó, en **HORA DE INICIO** podemos configurar la activación del riego programado para la hora y los días seleccionados, en **HORAS PRE-ESTABLECIDAS** podemos escoger horarios preconfigurados para que el riego se active en las horas indicadas.



- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **METEOROLÓGICOS** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.

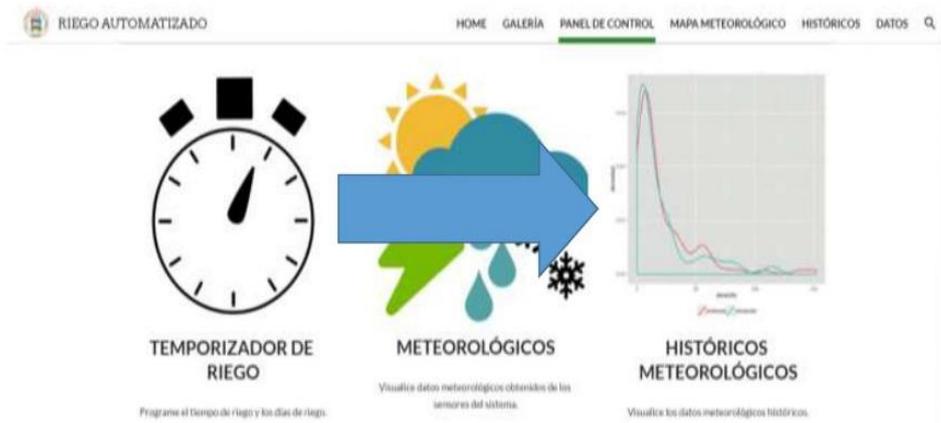


	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 14 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la pestaña **METEOROLÓGICOS**, podemos visualizar los valores de los sensores que se muestran en la figura.



- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.

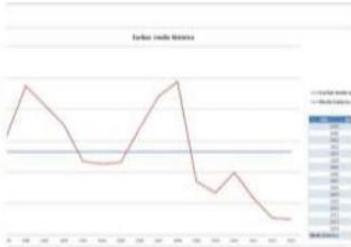


	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 16 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la pestaña **HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS**, podemos visualizar los datos históricos que han medido los sensores meteorológicos en el transcurso del último día.



- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **HISTÓRICOS HUMEDAD** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.



HISTÓRICOS HUMEDAD

Visualice los datos históricos de los sensores de humedad de la tierra.

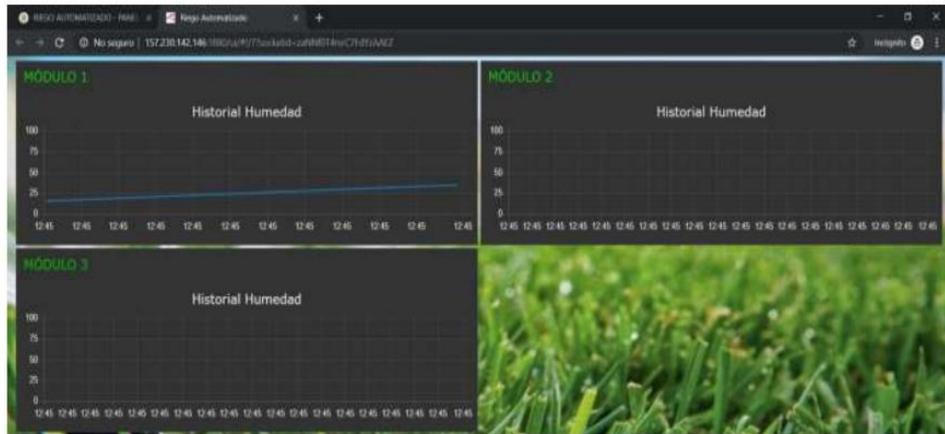


METEOROLÓGICOS ONLINE

Visualice los datos meteorológicos externos de la plataforma OpenWeatherMap.

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22			
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 16 de 23	
		Elaboró: García C. Tesista	Revisó: Gerente Hacienda San Pablo	Aprobó: Gerente Hacienda San Pablo	

- En la pestaña **HISTÓRICOS HUMEDAD**, podemos visualizar el registro histórico del ultimo día de los sensores de humedad de la tierra de cada módulo.



- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos visualizar **METEOROLÓGICOS ONLINE** que nos dará directamente datos meteorológicos de la hacienda, además si le damos clic podremos ver con mayor detalle los mismo en una nueva pestaña de igual manera que los datos meteorológicos de Riobamba.



METEOROLÓGICOS ONLINE

Visualice los datos meteorológicos externos de la plataforma OpenWeatherMap.

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22			
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 17 de 23	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **PARÁMETROS CONSUMO DE AGUA** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.



- En la pestaña **PARÁMETROS CONSUMO DE AGUA**, podemos ingresar los datos de caudal de la tubería para visualizar el consumo de agua en el apartado **CONSUMO DE AGUA**.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22			
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 18 de 23	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **CONSUMO DE AGUA** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.



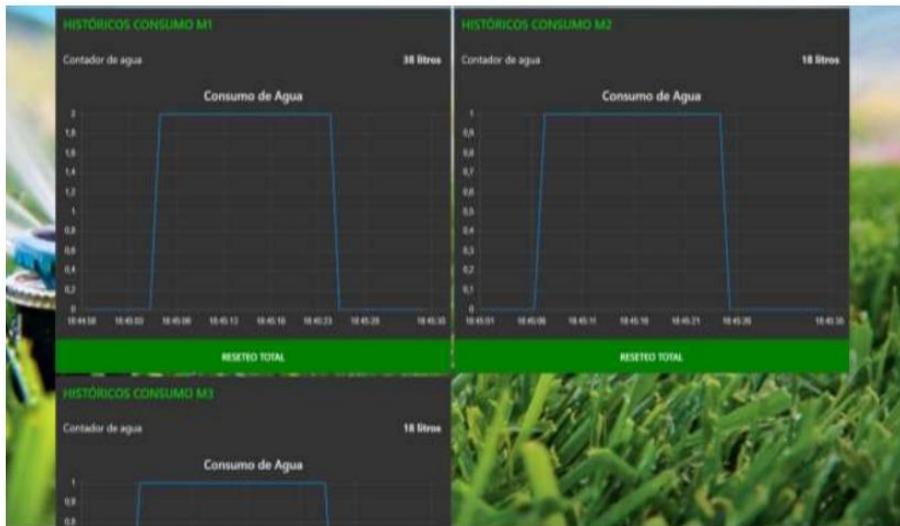
PARÁMETROS CONSUMO DE AGUA

Ingrese los datos de caudal de la tubería para el cálculo del consumo.

CONSUMO DE AGUA

Visualice el consumo de agua de cada electro válvula del sistema.

- En la pestaña **CONSUMO DE AGUA**, podemos visualizar los datos históricos de consumo de agua para un día, es importante que los parámetros estén configurados para poder visualizar datos.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 19 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

- En la pestaña **PANEL DE CONTROL**, podemos dar clic en la opción **ESTADO DE LA CONEXIÓN DE LOS SENSORES** la cual nos redirigirá a una nueva pestaña.



ESTADO DE LA CONEXIÓN DE LOS SENSORES

Visualice el estado de la conexión de los sensores.

- En la pestaña **ESTADO DE LA CONEXIÓN DE LOS SENSORES**, podemos visualizar el estado de los sensores por medio de luces led, rojo significa que el sensor está desconectado y verde significa que el sensor está conectado, en el caso de que cualquier sensor se desconecte el administrador del sistema recibirá una notificación por correo electrónico o SMS con un mensaje de alerta, de igual manera cuando el sensor sea reconectado el usuario será notificado con un mensaje en la pantalla, un audio y correo electrónico.

ESTATUS DE LOS SENSORES DE HUMEDAD TERRESTRE	ESTATUS SENSORES METEOROLÓGICOS
Sensor de Humedad M1 ●	Sensor de Humedad Relativa ●
Sensor de Humedad M2 ●	Sensor Anemómetro ●
Sensor de Humedad M3 ●	Sensor de Nivel TR ●
	Sensor Pluviómetro ●
	Sensor de Temperatura ●

	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 20 de 23
		1	25-julio -2017	
Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:		
Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo		

4 MANEJO DEL MAPA METEOROLÓGICO

4.1 SOBRE EL MAPA METEOROLÓGICO

En esta sección se muestra un mapa meteorológico dinámico con varias opciones de visualización, entre ellas la opción de elegir diferentes lugares para ver el pronóstico del tiempo a una semana, también se puede personalizar las capas a visualizar.

- **Para ingresar al MAPA METEOROLÓGICO**, pulse mapa meteorológico en la ventana principal y será redirigido a la sección de mapa meteorológico



- **Ya dentro del MAPA METEOROLÓGICO**, puede visualizar e interactuar con el mismo al dar clic en las opciones que presenta.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 21 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

5 MANEJO DE HISTÓRICOS

5.1 SOBRE LOS HISTÓRICOS

En esta sección se puede visualizar los registros históricos en gráficos de histogramas para todo el conjunto de sensores.

- Para ingresar a HISTÓRICOS, pulse HISTÓRICOS en la ventana principal y será redirigido a la siguiente sección.



- Ya dentro del HISTÓRICOS, puede visualizar los datos históricos acumulados de todo el tiempo de sentido en diferentes gráficas para cada uno de los sensores.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 22 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

6 MANEJO DE DATOS

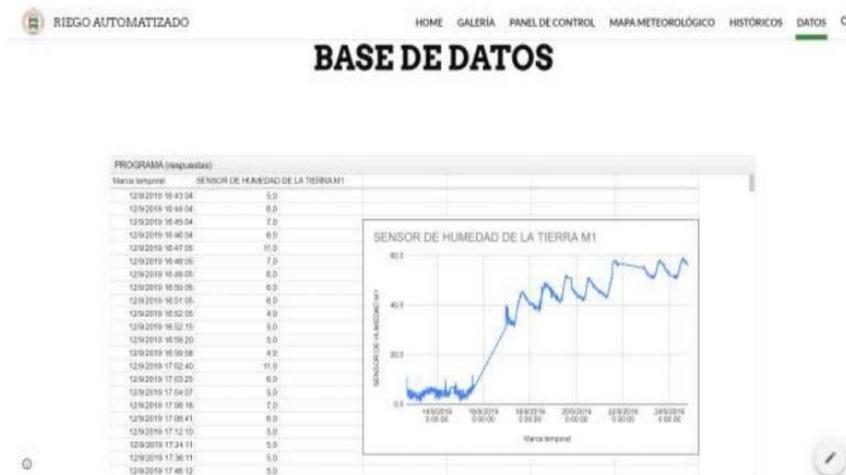
6.1 SOBRE LOS DATOS

En esta sección se puede visualizar la base de datos de cada uno de los sensores con un valor sentido y la marca temporal de cada uno durante todo el tiempo de sensado en hojas de cálculo de Google lo cual permite visualizar de manera general todos los datos y en tiempo real.

- Para ingresar a **DATOS**, pulse sobre **DATOS** en la ventana principal y será redirigido a la siguiente sección.



- Ya dentro del **DATOS**, puede visualizar los datos históricos acumulados de todo el tiempo de sensado en diferentes gráficas para cada uno de los sensores, puede dar clic en cada una de las hojas para intercambiar la observación de datos.



	Manual de Usuario para el Sistema de Riego Automatizado de la Hacienda San Pablo	RIEGO-AUTO-MAN-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 23 de 23
		1	25-julio -2017	
	Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:	
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

7 RECOMENDACIONES

- Leer este manual antes de usar el sistema.
- Contactarse con soporte en caso de cualquier inquietud.
- No manipular los actuadores del sistema ni el sistema electrónico.
- Informar inmediatamente sobre cualquier fallo.

Anexo D: Procedimiento de calibración

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 1 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD DE LA TIERRA FC-28

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde 25-julio -2017	Página 2 de 10
		Elaboró: García C. Tesista	Revisó: Gerente Hacienda San Pablo	Aprobó: Gerente Hacienda San Pablo

Identificación de Cambios			
Edición	Fecha	Cambio	Página / Numeral
01	23-JUL-2017	Creación y Aprobación del Documento	NA

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 3 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

1 OBJETIVO

Fijar las pautas y establecer los requisitos a seguir para la calibración de los sensores de humedad de la tierra del tipo FC-28 con el fin de estandarizar este proceso para cualquier tipo de suelo.

2 ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para programadores y desarrolladores del sistema automatizado.

3 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Sistema: Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí que funciona como un todo.

Sensor: Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno.

Riego automatizado: El riego automático es un sistema para proveer con agua a las plantas del jardín de manera tecnificada, por medio de sistema de aspersión y/o goteo normalmente. Se puede entregar el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que se desee.

Hacienda: Finca que está dedicada a la agricultura, generalmente de gran extensión.

Técnico: Que es propio de una ciencia, un arte, una profesión o una actividad determinada y tiene un significado específico dentro de ellas.

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde:	Página 4 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

4 RESPONSABILIDADES

Los responsables de la implementación de este Procedimiento:

Programador

El responsable del mantenimiento de este procedimiento es:

Administrador del sistema.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 GENERALIDADES

Los métodos e instrumentos que se utilizan para determinar la humedad del suelo se pueden dividir en dos grupos:

- a) métodos basados en la determinación del contenido de agua del suelo; y
- b) métodos que miden el potencial ψ de agua del suelo.

El contenido de agua del suelo es expresado como una relación entre la masa de agua contenida en una muestra de suelo y la masa seca de la muestra de suelo o el volumen original de la muestra. Estas dos expresiones están linealmente relacionadas por un coeficiente conocido como la densidad aparente del suelo muestreado.

El potencial de agua del suelo se expresa como la energía potencial del agua contenida en el suelo y está integrado por el potencial gravitacional, el potencial de presión y el potencial osmótico. En la mayoría de los casos, la mezcla de agua y suelo puede ser considerada localmente homogénea, y el potencial osmótico llega a ser insignificante. El potencial gravitacional representa el trabajo requerido para elevar el agua desde un punto dado en el suelo hasta una altura de referencia, que es casi siempre la superficie del suelo. Como el potencial gravitacional puede ser calculado, el problema de la medición del potencial de humedad del suelo está limitado a la medición de su potencial de presión. Para medir la presión potencial se usan varios métodos, directos o indirectos. Los métodos más usados son descritos más abajo.

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde:	Página 5 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

Independientemente del tipo de método aplicado, en cada caso es indispensable determinar la humedad del suelo en numerosos puntos del sitio de estudio, debido a su alta variabilidad espacial. Un análisis estadístico de la variabilidad de la humedad del suelo observada en los puntos de medición permite calcular el error promedio. Dichos análisis hacen posible determinar el número de puntos de medición requeridos para una exactitud prevista del valor medio. Para un examen detallado de la medición de la humedad del suelo, véase la publicación *Snow Cover Measurements and Areal Assessment of Precipitation and Soil Moisture*. (OMM., 1992)

5.2 INSTALACIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD FC-28

El sensor de humedad FC-28 deberá ser instalado y colocado a la altura de la raíz para empezar a obtener datos en bruto, estos datos serán procesados posteriormente desde la plataforma Node-red y serán almacenados en una base de datos con registro de tiempo para comparar posteriormente con los datos del analizador de suelos.

5.3 TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO

Método gravimétrico

El método gravimétrico es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Dicho método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. La muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105°C. Se han construido numerosos tipos de equipo de muestreo, así como hornos de secado y balanzas especiales, para ser utilizados con este método. El método gravimétrico es el más exacto para medir el contenido de humedad del suelo y resulta necesario para calibrar el equipo utilizado en los demás métodos. Sin embargo, no puede usarse para obtener un registro continuo de la humedad del suelo de un lugar determinado, porque es necesario extraer muestras del suelo para su análisis en el laboratorio.

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde:	Página 6 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

Recolección de muestras

El procedimiento para recoger una muestra por el método gravimétrico depende de si la determinación de la humedad del suelo está basada en la masa seca de la muestra o en su volumen., Para determinar la humedad por masa seca, la muestra puede ser alterada, pero no debe serlo para la determinación volumétrica.

El muestreo de suelos está lleno de inconvenientes, sobre todo cuando el terreno está muy seco o muy húmedo o contiene piedras, rocas u otros materiales que dificultan el trabajo del equipo de muestreo.

La técnica y el equipo utilizados para la recolección de muestras deben evitar que éstas pierdan o ganen humedad, sufran alteración o contaminación alguna durante las operaciones de muestreo o de transporte. Cuando se extrae una muestra de una capa seca a través de una capa húmeda, se debe tener cuidado de que el equipo de muestreo esté lo más seco posible y de que no caiga agua, por el agujero, en la capa seca. Si hay agua en el terreno, es probable que el contenido de humedad medido sea inferior al valor real, debido a que parte del agua gotea de la muestra al ser extraída del suelo o a su escurrimiento durante el muestreo como consecuencia de la presión ejercida.

Si se encuentran sedimentos secos, duros y compactos resulta difícil introducir el tubo saca muestras o hacer girar el barreno. Al sacar muestras de sedimentos secos, de textura rugosa, la muestra puede escurrirse del tubo saca muestra o del barreno al retirar el instrumento. El muestreo de los suelos pedregosos es muy difícil, especialmente en el aspecto volumétrico, debido al peligro que existe de que la cuchilla del equipo tropiece con una piedra y porque las muestras que han de obtenerse deben ser muy voluminosas. Los suelos que contienen una cantidad considerable de raíces y materias orgánicas presentan también ciertas dificultades.

En los trabajos de muestreo para medir la humedad del suelo, es indispensable que todas las operaciones, así como la transferencia de muestras a los recipientes y el peso de las muestras, se hagan lo más rápido posible, a fin de impedir las pérdidas excesivas de humedad. Muchas de las dificultades que presenta la utilización de equipos de muestreo se pueden evitar si el equipo se mantiene limpio y libre de humedad y herrumbre.

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde:	Página 7 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

Resumen del procedimiento

- Se toma muestras del suelo donde está colocado el sensor de humedad FC-28 y se las almacena en contenedores especiales que las protejan del medio ambiente hasta llevarlas al laboratorio.
- Se registran las muestras con marcas de tiempo para posteriormente comparar con las mediciones de la base de datos en bruto del sensor de humedad fc-28.
- Las muestras de suelo húmedo se pesan individualmente en sus contenedores de transporte. Los contenedores se abren y se colocan en un horno secador que es capaz de mantener una temperatura de $105 \pm 0,5$ °C. Para muestras que contienen turba o cantidades significativas de yeso, el horno debe tener una temperatura de $50 \pm 0,5$ °C, por lo cual se requerirá entonces de un mayor tiempo para que la muestra alcance un estado seco.
- Después del secado, las muestras se pesan de nuevo en sus contenedores. La diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de una muestra es la medida de su contenido de agua original. Se pueden usar otros procesos de secado más rápidos que el horno corriente, por ejemplo, lámparas infrarrojas y hornos microondas. Si las muestras contienen gravas y piedras, el procedimiento antes mencionado se puede modificar si los pesos o volúmenes de la grava y/o las piedras pueden determinarse separadamente.
- Se registra el porcentaje de humedad arrojado por las muestras junto con las marcas de tiempo.

5.4 CÁLCULO DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN

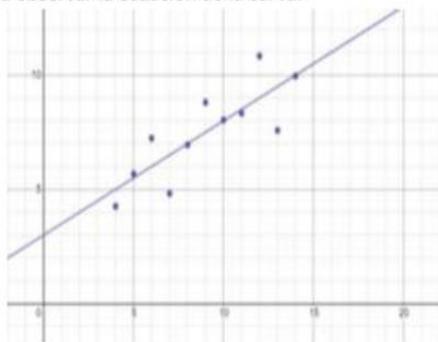
La resistencia eléctrica de un bloque de material poroso en equilibrio higrométrico con el suelo permite medir la humedad del suelo. Al bloque, que puede ser de yeso, nylon, o fibra de vidrio, se fijan dos electrodos. Como la resistencia del contacto permanece constante, una vez que se ha colocado el bloque en el suelo y ha alcanzado el equilibrio higrométrico, registra las variaciones subsiguientes del contenido de humedad con un pequeño retraso de tiempo.

Los cambios en el contenido de humedad causan, a su vez, una variación de la resistencia eléctrica, que se reflejará en un instrumento de medida instalado en la superficie. Los valores de resistencia registrados por este instrumento se convierten seguidamente, mediante una curva de calibración, en valores representativos del contenido de humedad. La curva de calibración se obtiene por correlación con valores del contenido de humedad determinados por el método gravimétrico para cada observación, ubicación y estrato.

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición: 1	Vigente desde: 25-julio -2017	Página 8 de 10
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

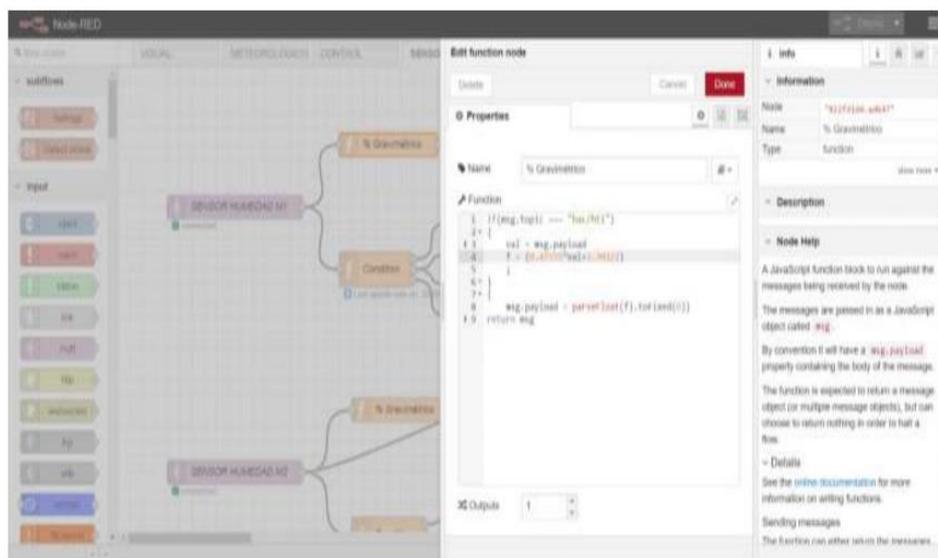
Resumen del Procedimiento

- El sensor se calibra por muestreo gravimétrico del tipo de suelo que deba estudiarse. Alrededor del orificio se tomarán suficientes muestras para poder definir el perfil higrométrico del suelo. Es difícil obtener una buena calibración en suelos heterogéneos o en los que la humedad varía rápidamente con la profundidad. Se puede realizar una calibración aproximada en el laboratorio, usando un contenedor lleno de tierra. El tipo y el tamaño del sensor y el método de instalación del tubo mismo tiene un efecto considerable en las lecturas, por lo que deberán obtenerse nuevas curvas de calibración para cada tipo de instalación.
- Se arma una tabla comparativa entre los datos del analizador de humedad y los datos en bruto registrados por el sensor, en esta tabla se ubican los datos que tengan la misma marca de tiempo en columnas paralelas.
- Se grafican los datos para observar la ecuación de la curva.



- Estos datos al tener una tendencia lineal se proceden a calcular una ecuación de la curva para ingresar en la programación.
 $m=0.47555$
 $y=0.47555 x+3.30222$
- Se ingresa la ecuación en el nodo de programación de función en node-red y se guarda la configuración.

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde	Página 9 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Testista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	



- El sensor estaría calibrado y listo para visualizar los datos de la humedad del suelo.
- De ser necesario se debería tomar más muestras y repetir el procedimiento para mejorar la curva de calibración.

6 MEDICIONES Y EXACTITUD

Después de bajar el sensor a la profundidad adecuada dentro del tubo de acceso, se determina el número de conteos en un período de tiempo conocido. El conteo medio es convertido en contenido de humedad del suelo usando la curva de calibración. La exactitud de la lectura depende, sobre todo:

- a) de la validez de la curva de calibración;
- b) del número de conteos por determinación.

Debido a lo aleatorio de la emisión y al impacto de los neutrones, pueden ocurrir errores de conteo aleatorio. Los errores de cronometraje pueden mantenerse en un mínimo usando un cronómetro de ciclo normalizado de dos minutos. Las concentraciones de sal en la cantidad que ordinariamente se encuentra en la humedad del suelo no afectan materialmente los resultados de las mediciones hechas por el método neutrónico, pero en concentraciones de sal iguales a la del agua de mar existe un efecto apreciable. Existen indicios de cierto

	Procedimiento para la Calibración del sensor de Humedad de la Tierra FC-28	RIEGO-AUTO-PRO-22		
		Edición:	Vigente desde:	Página 10 de 10
		1	25-julio -2017	
		Elaboró: García C.	Revisó:	Aprobó:
	Tesista	Gerente Hacienda San Pablo	Gerente Hacienda San Pablo	

efecto de temperatura. Las mediciones realizadas en la proximidad de la superficie se ven afectadas por la posición de la sonda con respecto a la superficie de contacto aire / tierra; la proximidad de la superficie de contacto produce conteos más cortos que los que serían indicados para el mismo contenido de humedad a una mayor profundidad. Cuando las fuentes de errores son minimizadas, la exactitud de una medición puede estar entre 0,5 y uno por ciento. Para mediciones repetidas en un período de tiempo, como las que pueden ser realizadas en un estudio del balance hídrico, los cambios en el contenido de agua del suelo pueden ser aún más exactos debido a la eliminación de errores sistemáticos.

7 REFERENCIAS

Greacen, E. L. (ed.), 1981: Soil Water Assessment by the Neutron Method CSIRO. Special publication, Melbourne.

Organización Meteorológica Mundial, 1992: Snow Cover Measurements and Areal Assessment of Precipitation and Soil Moisture (B. Sevrjuk). Informe de hidrología operativo No. 35, OMM-No. 749, Ginebra.

Topp, G. C., Davis, J. L. y Annan, A. P., 1980: Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurement in Coaxial Transmission Lines. Water Resources Research, volumen 16, No. 3, págs. 574- 582.

Schmugge, T. J., 1985: Remote sensing of soil moisture. In: Hydrological Forecasting (M. G. Anderson y T. P. Burt, eds.), John Wiley, Nueva York, págs. 10 1 - 1 24. 5. Klute, A. (ed.), 1986: Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and mineralogical methods. Second edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Anexo E: Certificado de calibración



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CENTRO EXPERIMENTAL DEL RIEGO

CERTIFICACION

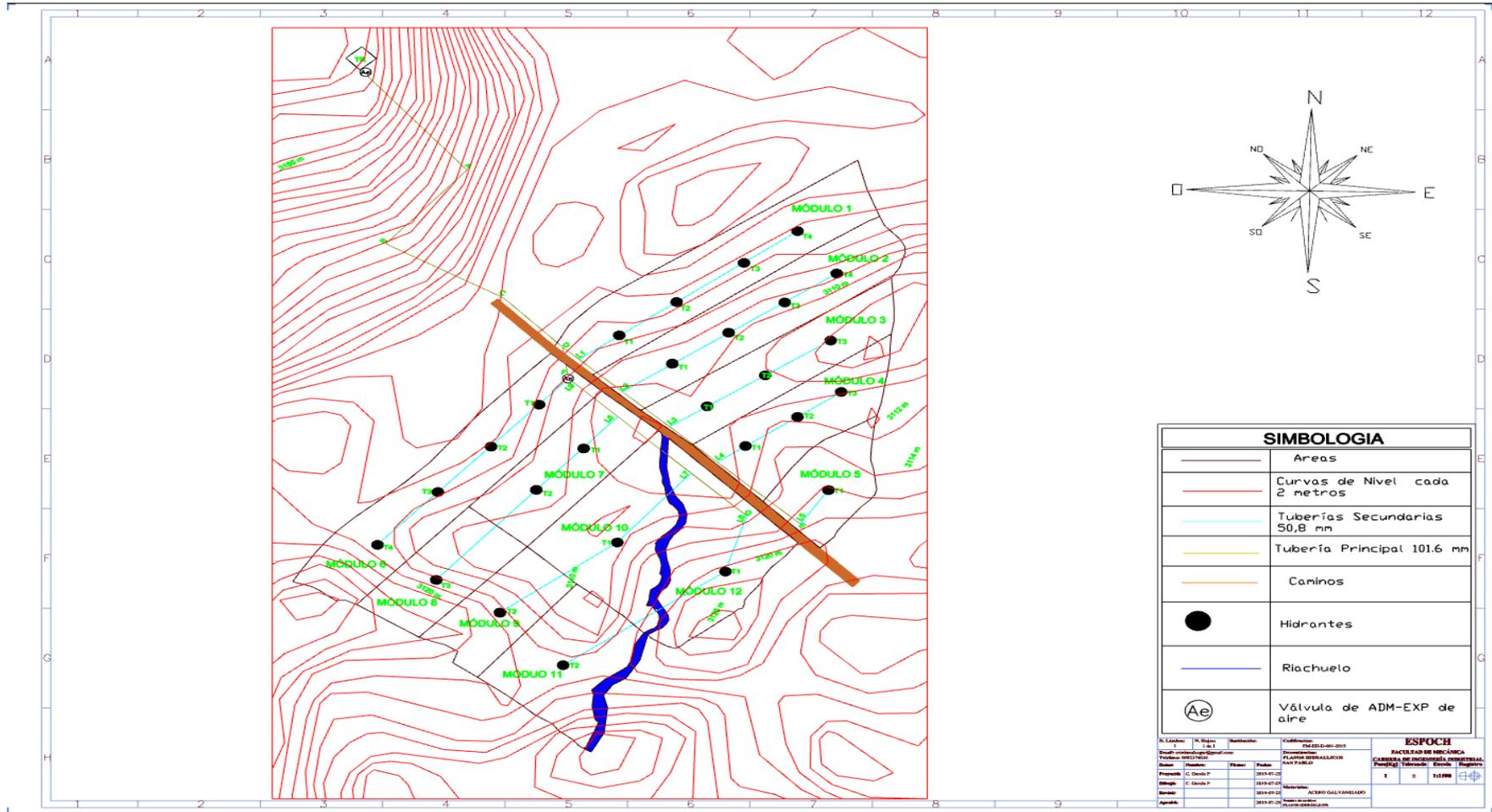
Por medio del presente certifico que el Egresado **CRISTIAN ALEXIS GARCIA PUMAGUALLE** de CI **0604822593**, de la carrera de Ingeniería Industrial como parte de su trabajo de titulación, realizo las pruebas de calibración de los sensores de humedad del suelo y el sistema de riego automatizado, teniendo como resultado una plataforma de control IOT del riego, mismas que ha realizado en forma conjunta con los investigadores del Centro Experimental del Riego de la ESPOCH, ubicado en la Estación Tunshi. El procedimiento de automatización el sistema de riego esta como estándar para la utilización para cualquier tipo de suelo y cultivo.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente como crea conveniente.

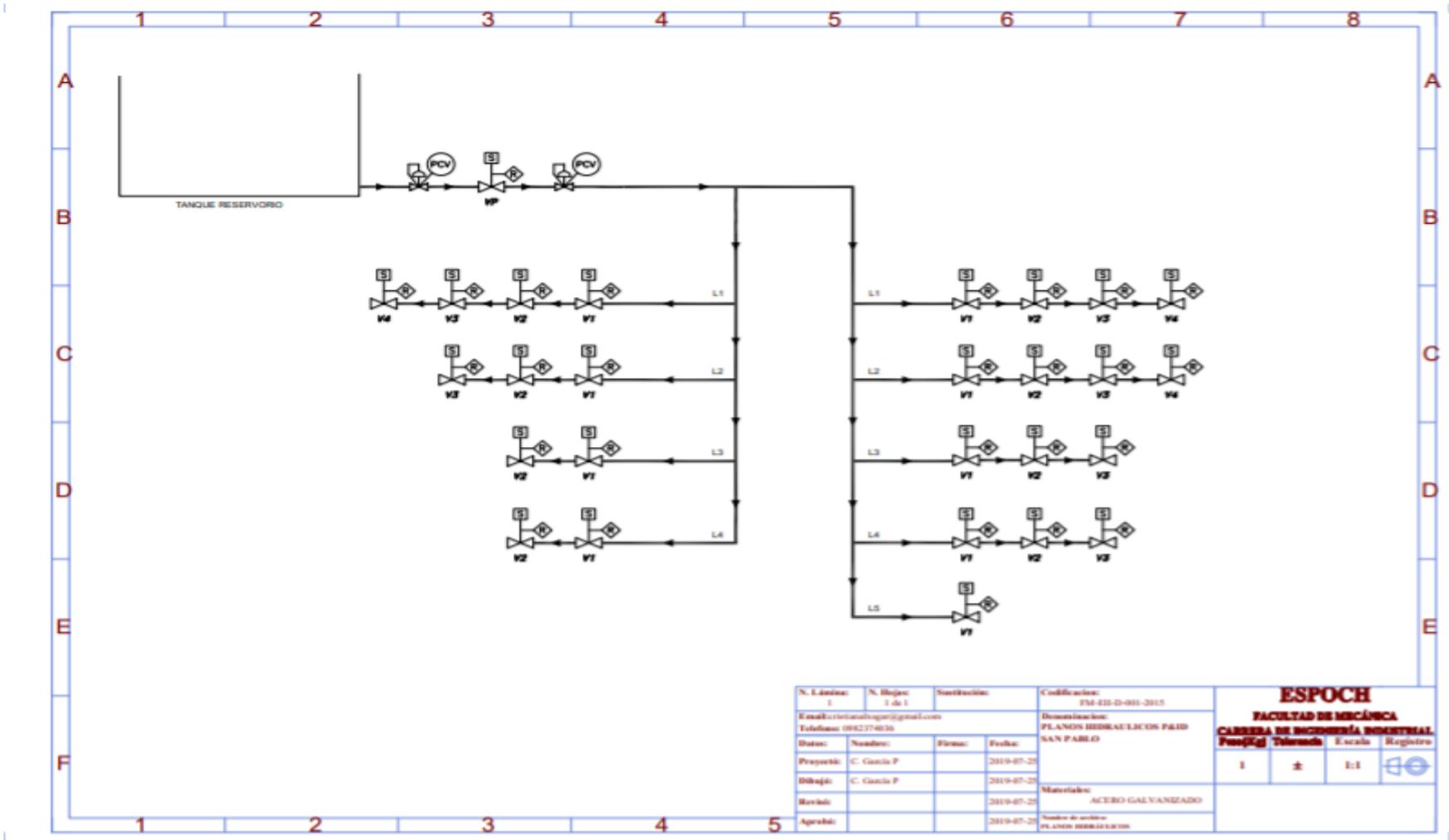
Ing. Juan León Ruiz. Ph.D.
DIRECTOR CER.

Riobamba, 2 de octubre 2019

Anexo F: Plano topográfico



Anexo G: Plano hidráulico



N. Lámina:	1	N. Hojas:	1 de 1	Notificación:		Codificación:	FM-422-D-001-2015
Email:	colombianablog@gmail.com	Teléfono:	0982374036	Datos:	Nombre:	Fecha:	2019-07-20
Preparó:	C. García P	Dibujó:	C. García P	Revisó:		Fecha:	2019-07-20
Aprobó:		Fecha:	2019-07-20	Material:	ACERO GALVANIZADO		
		Fecha:	2019-07-20	Material:	ACERO GALVANIZADO		

ESPOCH
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Posición:	Tolerancia:	Escala:	Registro:
1	±	1:1	

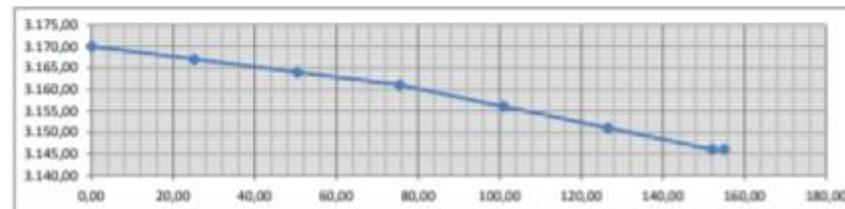
Anexo H: Diseños hidráulicos

Tubería principal

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO CON UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN LOS PASTOS DE LA HACIENDA SAN PABLO
REALIZADO:
UBICACIÓN: CANTÓN GUANO
PROPONENTE: GARCÍA G.
FECHA:
ELEMENTO: CONDUCCION TR-A
COTA: 3170,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

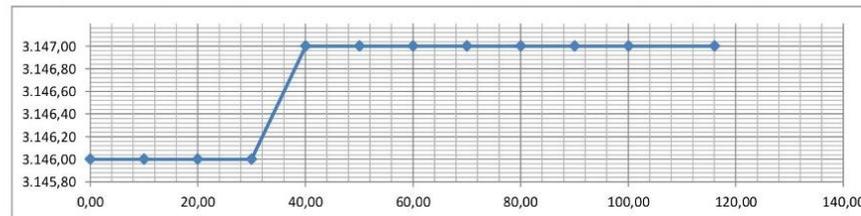
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.170.00	3.170.00	3.168.80	0.00	0.00
0+025	25	25.18	25.18	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.01	0.12	1.200		3.167.00	3.169.99	3.165.80	3.00	2.99
0+050	25	25.18	50.36	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.02	0.12	1.200		3.164.00	3.169.98	3.162.80	6.00	5.98
0+075	25	25.18	75.54	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.02	0.12	1.200		3.161.00	3.169.98	3.159.80	9.00	8.98
0+100	25	25.50	101.04	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.03	0.12	1.200		3.156.00	3.169.97	3.154.80	14.00	13.97
0+125	25	25.50	126.54	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.04	0.12	1.200		3.151.00	3.169.96	3.149.80	19.00	18.96
0+150	25	25.50	152.04	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.05	0.12	1.200		3.146.00	3.169.95	3.144.80	24.00	23.95
0+153	3	3.00	155.04	0.00112	0.1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0.0003	0.05	0.12	1.200		3.146.00	3.169.95	3.144.80	24.00	23.95



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO CON UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO EN LOS PASTOS DE LA HACIENDA SAN PABLO
REALIZADO:
UBICACIÓN: CANTÓN GUANO
PROPONENTE: GARCÍA G.
FECHA:
ELEMENTO: CONDUCCION A-B
COTA: 3146,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

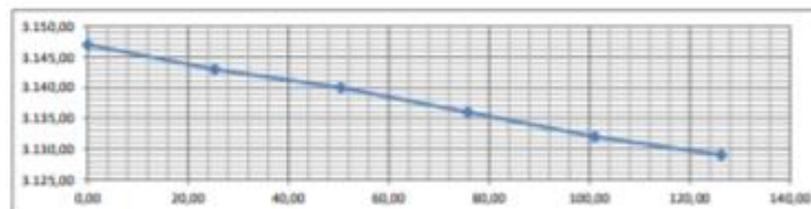
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	profundidad a la que esta enterrada la tubería		calculo de tuberías				
					(MM)	COMERCIAL					CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
													TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0,00	0,00								1,200		3.146,00	3.146,00	3.144,80	0,00	0,00
0+010	10	10,00	10,00	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,00	0,12	1,200		3.146,00	3.146,00	3.144,80	0,00	0,00
0+020	10	10,00	20,00	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,01	0,12	1,200		3.146,00	3.145,99	3.144,80	0,00	-0,01
0+030	10	10,00	30,00	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,01	0,12	1,200		3.146,00	3.145,99	3.144,80	0,00	-0,01
0+040	10	10,05	40,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,01	0,12	1,200		3.147,00	3.145,99	3.145,80	-1,00	-1,01
0+050	10	10,00	50,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,02	0,12	1,200		3.147,00	3.145,98	3.145,80	-1,00	-1,02
0+060	10	10,00	60,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,02	0,12	1,200		3.147,00	3.145,98	3.145,80	-1,00	-1,02
0+070	10	10,00	70,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,02	0,12	1,200		3.147,00	3.145,98	3.145,80	-1,00	-1,02
0+080	10	10,00	80,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,03	0,12	1,200		3.147,00	3.145,97	3.145,80	-1,00	-1,03
0+090	10	10,00	90,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,03	0,12	1,200		3.147,00	3.145,97	3.145,80	-1,00	-1,03
0+100	10	10,00	100,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,03	0,12	1,200		3.147,00	3.145,97	3.145,80	-1,00	-1,03
0+116	16	16,00	116,05	0,00112	0,1100	114.30mm A.GALVANIZADO	100	0,0003	0,04	0,12	1,200		3.147,00	3.145,96	3.145,80	-1,00	-1,04



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: CONDUCCION B-C
COTA: 3147,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

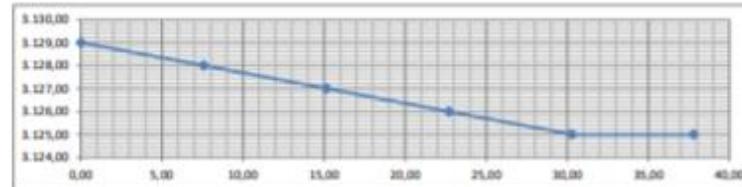
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL %	PEND %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00		0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.147,00	3.147,00	3.145,80	0,00	0,00
0+025	25	25,32	25,32	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.143,00	3.147,00	3.141,80	4,00	4,00
0+050	25	25,18	50,50	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.140,00	3.146,99	3.138,80	7,00	6,99
0+075	25	25,32	75,82	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.136,00	3.146,99	3.134,80	11,00	10,99
0+100	25	25,32	101,14	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.132,00	3.146,98	3.130,80	15,00	14,98
0+125	25	25,18	126,32	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.129,00	3.146,98	3.127,80	18,00	17,98



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDD
FECHA:
ELEMENTO: CONDUCCION C-D
COTA: 3129.00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

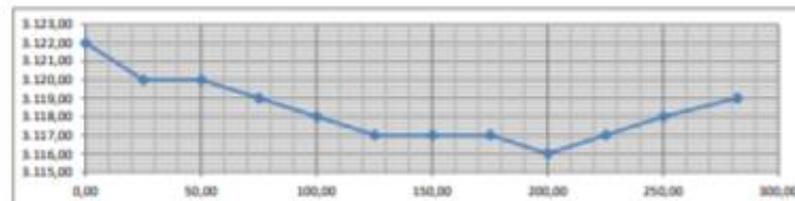
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE RELL	PEND. %	CÓTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3 129.00	3 129.00	3 127.80	0.00	0.00
0+07.5	7.5	7.57	7.57	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.00	0.12	1.200		3 128.00	3 129.00	3 126.80	1.00	1.00
0+015	7.5	7.57	15.14	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.00	0.12	1.200		3 127.00	3 129.00	3 125.80	2.00	2.00
0+022.5	7.5	7.57	22.71	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.00	0.12	1.200		3 126.00	3 129.00	3 124.80	3.00	3.00
0+030	7.5	7.57	30.28	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.00	0.12	1.200		3 125.00	3 129.00	3 123.80	4.00	4.00
0+037.5	7.5	7.50	37.78	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.01	0.12	1.200		3 125.00	3 128.99	3 123.80	4.00	3.99
0+045	7.5	7.57	45.35	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.01	0.12	1.200		3 124.00	3 128.99	3 122.80	5.00	4.99
0+052.5	7.5	7.57	52.92	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.01	0.12	1.200		3 123.00	3 128.99	3 121.80	6.00	5.99
0+060	7.5	7.50	60.42	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.01	0.12	1.200		3 123.00	3 128.99	3 121.80	6.00	5.99
0+067.5	7.5	7.57	67.99	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.01	0.12	1.200		3 122.00	3 128.99	3 120.80	7.00	6.99
0+076.8	9.3	9.30	77.29	0.00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0.0002	0.01	0.12	1.200		3 122.00	3 128.99	3 120.80	7.00	6.99



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROponente: HCPCH - PIDD
FECHA:
ELEMENTO: CONDUCCION D-E
COTA: 3122,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

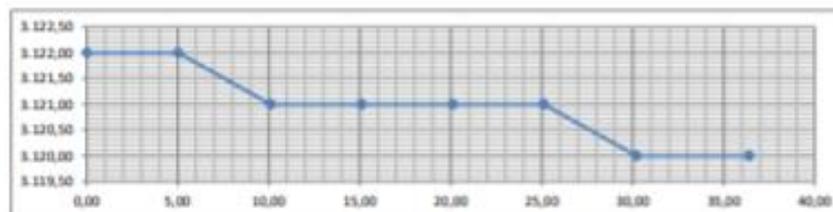
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.122,00	3.122,00	3.120,80	0,00	0,00
0+025	25	25,08	25,08	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.120,00	3.122,00	3.118,80	2,00	2,00
0+050	25	25,00	50,08	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,01	0,12	1,200		3.120,00	3.121,99	3.118,80	2,00	1,99
0+075	25	25,02	75,10	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,01	0,12	1,200		3.119,00	3.121,99	3.117,80	3,00	2,99
0+100	25	25,02	100,12	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.118,00	3.121,98	3.116,80	4,00	3,98
0+125	25	25,02	125,14	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.117,00	3.121,98	3.115,80	5,00	4,98
0+150	25	25,00	150,14	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.117,00	3.121,98	3.115,80	5,00	4,98
0+175	25	25,00	175,14	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,03	0,12	1,200		3.117,00	3.121,97	3.115,80	5,00	4,97
0+200	25	25,02	200,16	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,03	0,12	1,200		3.116,00	3.121,97	3.114,80	6,00	5,97
0+225	25	25,02	225,18	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,03	0,12	1,200		3.117,00	3.121,97	3.115,80	5,00	4,97
0+250	25	25,02	250,20	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,04	0,12	1,200		3.118,00	3.121,96	3.116,80	4,00	3,96
0+282	32	32,02	282,22	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	151	0,0002	0,04	0,12	1,200		3.119,00	3.121,96	3.117,80	3,00	2,96



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDD
FECHA:
ELEMENTO: CONDUCCION D-F
COTA: 3122,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

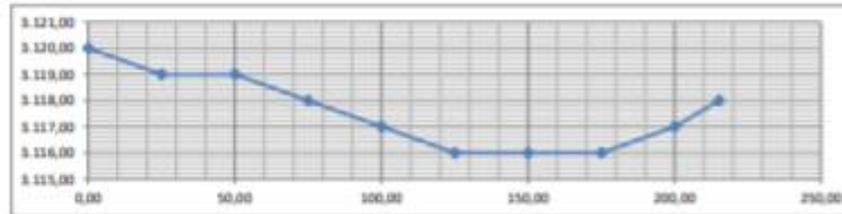
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL. %	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.122,00	3.122,00	3.120,80	0,00	0,00
0+005	5	5,00	5,00	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.122,00	3.122,00	3.120,80	0,00	0,00
0+010	5	5,10	10,10	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.121,00	3.122,00	3.119,80	1,00	1,00
0+015	5	5,00	15,10	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.121,00	3.122,00	3.119,80	1,00	1,00
0+020	5	5,00	20,10	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.121,00	3.122,00	3.119,80	1,00	1,00
0+025	5	5,00	25,10	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.121,00	3.122,00	3.119,80	1,00	1,00
0+030	5	5,10	30,20	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.120,00	3.122,00	3.118,80	2,00	2,00
0+036,2	6,2	6,20	36,40	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,01	0,12	1,200		3.120,00	3.121,99	3.118,80	2,00	1,99



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDD
FECHA:
ELEMENTO: CONDUCCION F-G
COTA: 3120,00 MSNM
METODO DE CAL HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m3/s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.120,00	3.120,00	3.118,80	0,00	0,00
0+025	25	25,02	25,02	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,00	0,12	1,200		3.119,00	3.120,00	3.117,80	1,00	1,00
0+050	25	25,00	50,02	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,01	0,12	1,200		3.119,00	3.119,99	3.117,80	1,00	0,99
0+075	25	25,02	75,04	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,01	0,12	1,200		3.118,00	3.119,99	3.116,80	2,00	1,99
0+100	25	25,02	100,06	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.117,00	3.119,98	3.115,80	3,00	2,98
0+125	25	25,02	125,08	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.116,00	3.119,98	3.114,80	4,00	3,98
0+150	25	25,00	150,08	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,02	0,12	1,200		3.116,00	3.119,98	3.114,80	4,00	3,98
0+175	25	25,00	175,08	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	150	0,0002	0,03	0,12	1,200		3.116,00	3.119,97	3.114,80	4,00	3,97
0+200	25	25,02	200,10	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	151	0,0002	0,03	0,12	1,200		3.117,00	3.119,97	3.115,80	3,00	2,97
0+215	15	15,03	215,13	0,00112	0,1100	14.30mm A. GALVANIZADC	152	0,0002	0,03	0,12	1,200		3.118,00	3.119,97	3.116,80	2,00	1,97

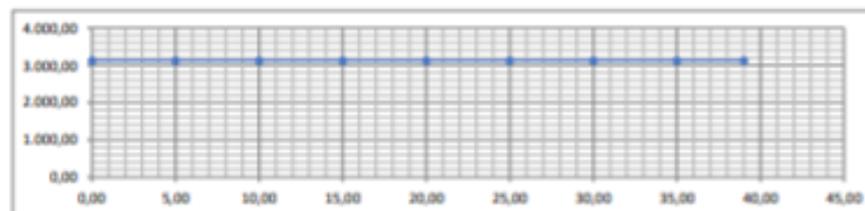


Lateral L1

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3121,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

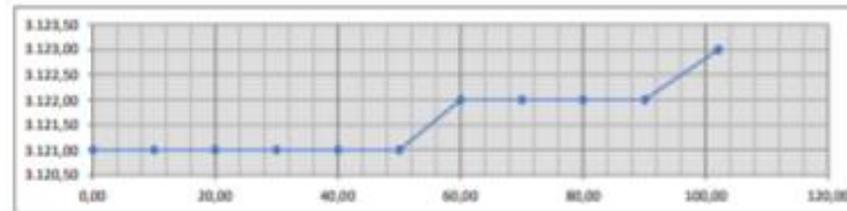
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.121.00	3.121.00	3.119.80	0.00	0.00
0+005	5	5.00	5.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,00	0,11	1,200		3.121.00	3.121.00	3.119.80	0.00	0.00
0+010	5	5.00	10.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.121.00	3.120.99	3.119.80	0.00	-0.01
0+015	5	5.00	15.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.121.00	3.120.99	3.119.80	0.00	-0.01
0+020	5	5.00	20.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.121.00	3.120.99	3.119.80	0.00	-0.01
0+025	5	5.00	25.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.121.00	3.120.98	3.119.80	0.00	-0.02
0+030	5	5.00	30.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.121.00	3.120.98	3.119.80	0.00	-0.02
0+035	5	5.00	35.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.121.00	3.120.98	3.119.80	0.00	-0.02
0+039	4	4.00	39.00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.121.00	3.120.98	3.119.80	0.00	-0.02



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3121,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

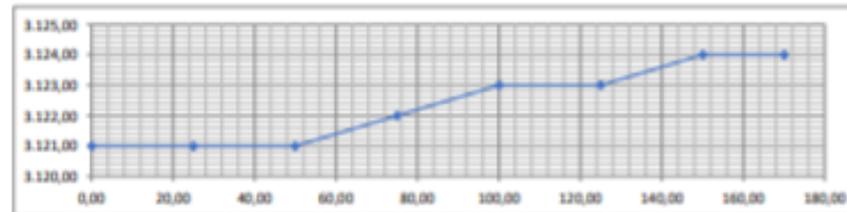
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.121,00	3.121,00	3.119,80	0,00	0,00
0+010	10	10,00	10,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.121,00	3.120,99	3.119,80	0,00	-0,01
0+020	10	10,00	20,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.121,00	3.120,99	3.119,80	0,00	-0,01
0+030	10	10,00	30,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.121,00	3.120,98	3.119,80	0,00	-0,02
0+040	10	10,00	40,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.121,00	3.120,97	3.119,80	0,00	-0,03
0+050	10	10,00	50,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.121,00	3.120,97	3.119,80	0,00	-0,03
0+060	10	10,05	60,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.122,00	3.120,96	3.120,80	-1,00	-1,04
0+070	10	10,00	70,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.122,00	3.120,96	3.120,80	-1,00	-1,04
0+080	10	10,00	80,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.122,00	3.120,95	3.120,80	-1,00	-1,06
0+090	10	10,00	90,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.122,00	3.120,94	3.120,80	-1,00	-1,06
0+102	12	12,04	102,09	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	102	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.123,00	3.120,94	3.121,80	-2,00	-2,06



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDD
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3121,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

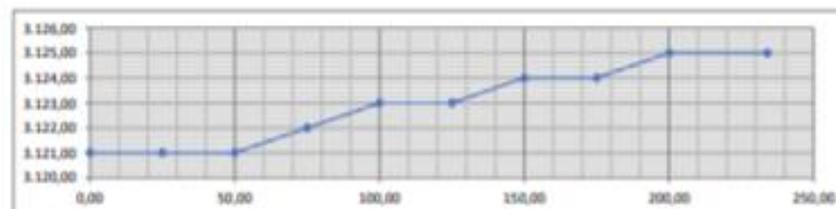
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE RELL %	PEND %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00								1,200		3.121,00	3.121,00	3.119,80	0,00	0,00
0+025	25	25,00	25,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.121,00	3.120,98	3.119,80	0,00	-0,02
0+050	25	25,00	50,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.121,00	3.120,97	3.119,80	0,00	-0,03
0+075	25	25,02	75,02	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.122,00	3.120,95	3.120,80	-1,00	-1,05
0+100	25	25,02	100,04	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.123,00	3.120,94	3.121,80	-2,00	-2,06
0+125	25	25,00	125,04	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,08	0,11	1,200		3.123,00	3.120,92	3.121,80	-2,00	-2,08
0+150	25	25,02	150,06	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,10	0,11	1,200		3.124,00	3.120,90	3.122,80	-3,00	-3,10
0+170	20	20,00	170,06	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,11	0,11	1,200		3.124,00	3.120,89	3.122,80	-3,00	-3,11



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3121.00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	H _f m	V m/s	CORTE REL.	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.121,00	3.121,00	3.119,80	0,00	0,00
0+025	25	25,00	25,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.121,00	3.120,98	3.119,80	0,00	-0,02
0+050	25	25,00	50,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.121,00	3.120,97	3.119,80	0,00	-0,03
0+075	25	25,02	75,02	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.122,00	3.120,95	3.120,80	-1,00	-1,05
0+100	25	25,02	100,04	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.123,00	3.120,94	3.121,80	-2,00	-2,06
0+125	25	25,00	125,04	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,08	0,11	1,200		3.123,00	3.120,92	3.121,80	-2,00	-2,08
0+150	25	25,02	150,06	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,10	0,11	1,200		3.124,00	3.120,90	3.122,80	-3,00	-3,10
0+175	25	25,00	175,06	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,11	0,11	1,200		3.124,00	3.120,89	3.122,80	-3,00	-3,11
0+200	25	25,02	200,08	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,12	0,11	1,200		3.125,00	3.120,88	3.123,80	-4,00	-4,12
0+234	34	34,00	234,08	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0,0006	0,14	0,11	1,200		3.125,00	3.120,86	3.123,80	-4,00	-4,14

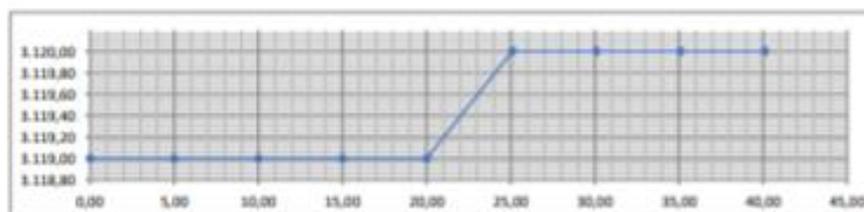


Lateral L2

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L2-T1
COTA: 3119,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

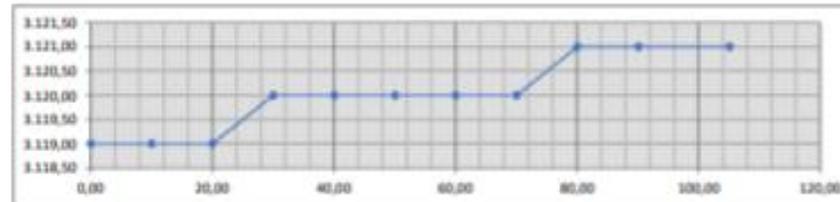
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL %	PEND %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00								1,200		3,119,00	3,119,00	3,117,80	0,00	0,00
0+005	5	5,00	5,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,09	0,11	1,200		3,119,00	3,119,00	3,117,80	0,00	0,00
0+010	5	5,00	10,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3,119,00	3,118,99	3,117,80	0,00	-0,01
0+015	5	5,00	15,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3,119,00	3,118,99	3,117,80	0,00	-0,01
0+020	5	5,00	20,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3,119,00	3,118,99	3,117,80	0,00	-0,01
0+025	5	5,10	25,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3,120,00	3,118,98	3,118,80	-1,00	-1,02
0+030	5	5,00	30,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3,120,00	3,118,98	3,118,80	-1,00	-1,02
0+035	5	5,00	35,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3,120,00	3,118,98	3,118,80	-1,00	-1,02
0+040	5	5,00	40,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3,120,00	3,118,97	3,118,80	-1,00	-1,03
0+045,2	5,2	5,20	45,30	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,03	0,11	1,200		3,120,00	3,118,97	3,118,80	-1,00	-1,03



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3119,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

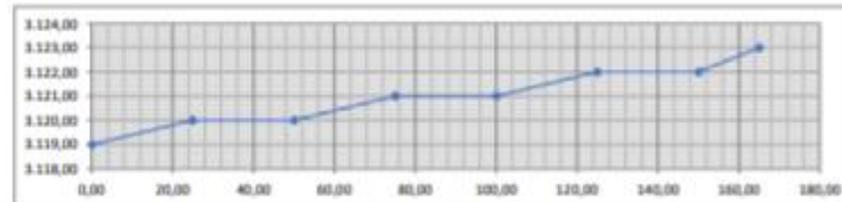
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m3/s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL. %	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.119.00	3.119.00	3.117.80	0.00	0.00
0+010	10	10.00	10.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.119.00	3.118.99	3.117.80	0.00	-0.01
0+020	10	10.00	20.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.119.00	3.118.99	3.117.80	0.00	-0.01
0+030	10	10.00	30.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.120.00	3.118.98	3.118.80	-1.00	-1.02
0+040	10	10.00	40.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.120.00	3.118.97	3.118.80	-1.00	-1.03
0+050	10	10.00	50.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.03	0.11	1.200		3.120.00	3.118.97	3.118.80	-1.00	-1.03
0+060	10	10.00	60.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.04	0.11	1.200		3.120.00	3.118.96	3.118.80	-1.00	-1.04
0+070	10	10.00	70.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.04	0.11	1.200		3.120.00	3.118.96	3.118.80	-1.00	-1.04
0+080	10	10.00	80.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.05	0.11	1.200		3.121.00	3.118.95	3.119.80	-2.00	-2.05
0+090	10	10.00	90.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0.0006	0.06	0.11	1.200		3.121.00	3.118.94	3.119.80	-2.00	-2.06
0+105	15	15.00	105.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0.0006	0.06	0.11	1.200		3.121.00	3.118.94	3.119.80	-2.00	-2.06



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3121,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

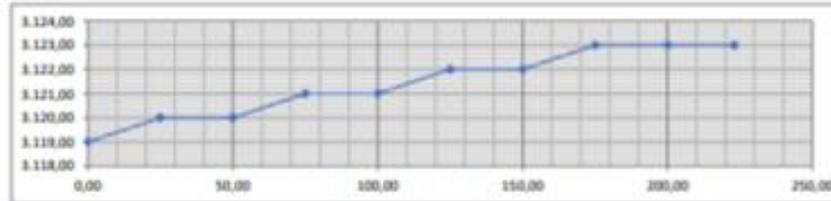
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL.	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00								1,200		3,119,00	3,119,00	3,117,80	0,00	0,00
0+025	25	25,02	25,02	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3,120,00	3,118,98	3,118,80	-1,00	-1,02
0+050	25	25,00	50,02	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3,120,00	3,118,97	3,118,80	-1,00	-1,03
0+075	25	25,02	75,04	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3,121,00	3,118,95	3,119,80	-2,00	-2,05
0+100	25	25,00	100,04	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3,121,00	3,118,94	3,119,80	-2,00	-2,06
0+125	25	25,02	125,06	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,08	0,11	1,200		3,122,00	3,118,92	3,120,80	-3,00	-3,08
0+150	25	25,00	150,06	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,10	0,11	1,200		3,122,00	3,118,90	3,120,80	-3,00	-3,10
0+165	15	15,03	165,09	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,10	0,11	1,200		3,123,00	3,118,90	3,121,80	-4,00	-4,10



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3119.00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE RELLE %	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3119.00	3119.00	3117.80	0.00	0.00
0+025	25	25.02	25.02	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3120.00	3118.98	3118.80	-1.00	-1.02
0+050	25	25.00	50.02	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.03	0.11	1.200		3120.00	3118.97	3118.80	-1.00	-1.03
0+075	25	25.02	75.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.05	0.11	1.200		3121.00	3118.95	3119.80	-2.00	-2.05
0+100	25	25.00	100.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.06	0.11	1.200		3121.00	3118.94	3119.80	-2.00	-2.06
0+125	25	25.02	125.06	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.08	0.11	1.200		3122.00	3118.92	3120.80	-3.00	-3.08
0+150	25	25.00	150.06	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.10	0.11	1.200		3122.00	3118.90	3120.80	-3.00	-3.10
0+175	25	25.02	175.08	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.11	0.11	1.200		3123.00	3118.89	3121.80	-4.00	-4.11
0+200	25	25.00	200.08	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0.0006	0.12	0.11	1.200		3123.00	3118.88	3121.80	-4.00	-4.12
0+223	23	23.00	223.08	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0.0006	0.14	0.11	1.200		3123.00	3118.86	3121.80	-4.00	-4.14

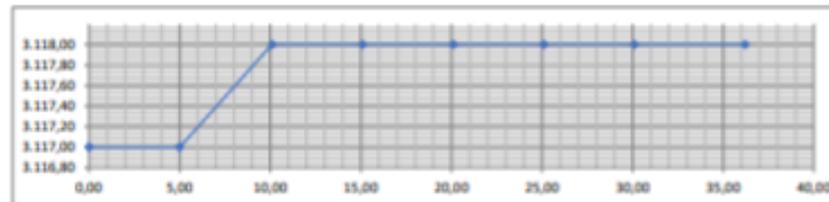


Lateral L3

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L2-T1
COTA: 3117.00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

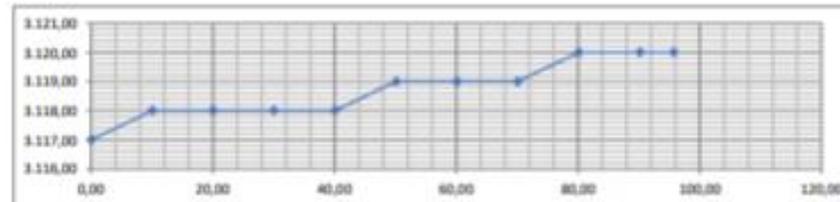
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m3/s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE RELL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.117.00	3.117.00	3.115.80	0.00	0.00
0+005	5	5.00	5.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.00	0.11	1.200		3.117.00	3.117.00	3.115.80	0.00	0.00
0+010	5	5.10	10.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.118.00	3.116.99	3.116.80	-1.00	-1.01
0+015	5	5.00	15.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.118.00	3.116.99	3.116.80	-1.00	-1.01
0+020	5	5.00	20.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.118.00	3.116.99	3.116.80	-1.00	-1.01
0+025	5	5.00	25.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.118.00	3.116.98	3.116.80	-1.00	-1.02
0+030	5	5.00	30.10	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.118.00	3.116.98	3.116.80	-1.00	-1.02
0+036.1	6.1	6.10	36.20	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.118.00	3.116.98	3.116.80	-1.00	-1.02



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3117,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL.	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00								1,200		3.117,00	3.117,00	3.116,80	0,00	0,00
0+010	10	10,05	10,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.118,00	3.116,99	3.116,80	-1,00	-1,01
0+020	10	10,00	20,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.118,00	3.116,99	3.116,80	-1,00	-1,01
0+030	10	10,00	30,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.118,00	3.116,98	3.116,80	-1,00	-1,02
0+040	10	10,00	40,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.118,00	3.116,97	3.116,80	-1,00	-1,03
0+050	10	10,05	50,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.119,00	3.116,97	3.117,80	-2,00	-2,03
0+060	10	10,00	60,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.119,00	3.116,96	3.117,80	-2,00	-2,04
0+070	10	10,00	70,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.119,00	3.116,96	3.117,80	-2,00	-2,04
0+080	10	10,05	80,15	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.120,00	3.116,95	3.118,80	-3,00	-3,05
0+090	10	10,00	90,15	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.120,00	3.116,94	3.118,80	-3,00	-3,06
0+095,6	5,6	5,60	95,75	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	102	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.120,00	3.116,94	3.118,80	-3,00	-3,06

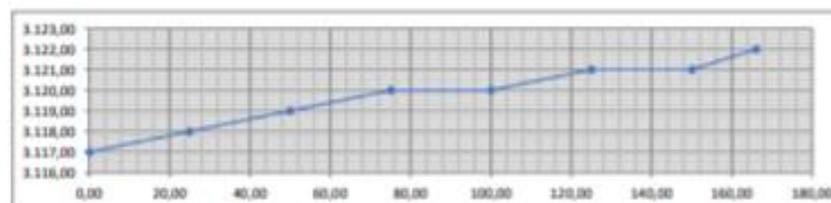


Lateral L4

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACION: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3121.00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

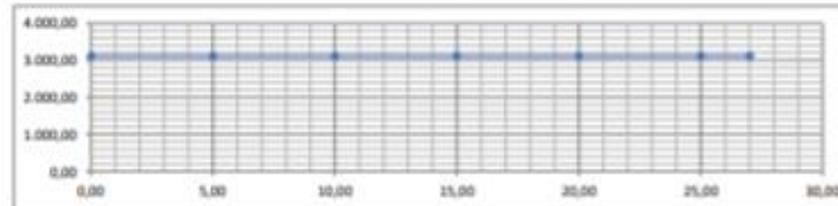
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	H _f m	V m/s	CORTE REL. %	PEND %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.117.00	3.117.00	3.116.80	0.00	0.00
0+025	25	25.02	25.02	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.118.00	3.116.98	3.116.80	-1.00	-1.02
0+050	25	25.02	50.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.03	0.11	1.200		3.119.00	3.116.97	3.117.80	-2.00	-2.03
0+075	25	25.02	75.06	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.04	0.11	1.200		3.120.00	3.116.95	3.118.80	-3.00	-3.05
0+100	25	25.00	100.06	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.06	0.11	1.200		3.120.00	3.116.94	3.118.80	-3.00	-3.06
0+125	25	25.02	125.08	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.08	0.11	1.200		3.121.00	3.116.92	3.119.80	-4.00	-4.08
0+150	25	25.00	150.08	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.10	0.11	1.200		3.121.00	3.116.90	3.119.80	-4.00	-4.10
0+166	16	16.03	166.11	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.11	0.11	1.200		3.122.00	3.116.89	3.120.80	-5.00	-5.11



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L2-T1
COTA: 3117,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

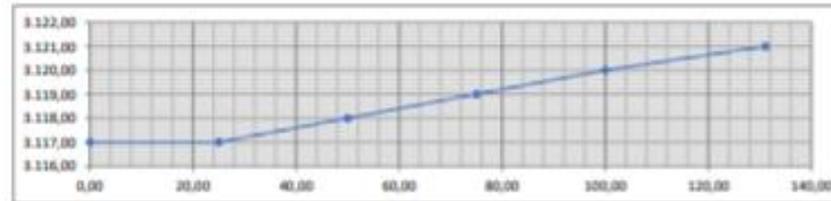
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL %	PEND %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0,00	0,00										3.117,00	3.117,00	3.115,80	0,00	0,00
0+005	5	5,00	5,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,00	0,11	1,200		3.117,00	3.117,00	3.115,80	0,00	0,00
0+010	5	5,00	10,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.117,00	3.116,99	3.115,80	0,00	-0,01
0+015	5	5,00	15,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.117,00	3.116,99	3.115,80	0,00	-0,01
0+020	5	5,00	20,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.117,00	3.116,99	3.115,80	0,00	-0,01
0+025	5	5,00	25,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.117,00	3.116,98	3.115,80	0,00	-0,02
0+027	2	2,00	27,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.117,00	3.116,98	3.115,80	0,00	-0,02



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3117,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	H' m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.117.00	3.117.00	3.115.80	0.00	0.00
0+025	25	25.00	25.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.117.00	3.116.98	3.115.80	0.00	-0.02
0+050	25	25.02	50.02	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.03	0.11	1.200		3.118.00	3.116.97	3.116.80	-1.00	-1.03
0+075	25	25.02	75.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.03	0.11	1.200		3.119.00	3.116.95	3.117.80	-2.00	-2.05
0+100	25	25.02	100.06	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.06	0.11	1.200		3.120.00	3.116.94	3.118.80	-3.00	-3.06
0+131	31	31.02	131.08	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.08	0.11	1.200		3.121.00	3.116.92	3.119.80	-4.00	-4.08

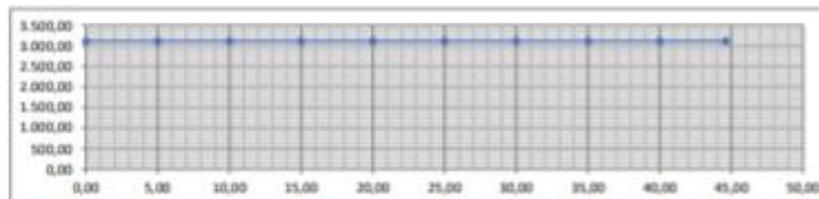


Lateral L5

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3119,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	H _f m	V m/s	CORTE REL	PEND %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.119.00	3.119.00	3.117.80	0.00	0.00
0+005	5	5.00	5.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.00	0.11	1.200		3.119.00	3.119.00	3.117.80	0.00	0.00
0+010	5	5.00	10.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.119.00	3.118.99	3.117.80	0.00	-0.01
0+015	5	5.00	15.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.119.00	3.118.99	3.117.80	0.00	-0.01
0+020	5	5.00	20.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.01	0.11	1.200		3.119.00	3.118.99	3.117.80	0.00	-0.01
0+025	5	5.00	25.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.119.00	3.118.98	3.117.80	0.00	-0.02
0+030	5	5.00	30.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.119.00	3.118.98	3.117.80	0.00	-0.02
0+035	5	5.00	35.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.119.00	3.118.98	3.117.80	0.00	-0.02
0+040	5	5.00	40.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	103	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.119.00	3.118.98	3.117.80	0.00	-0.02
0+044.6	4.6	4.60	44.60	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	104	0.0006	0.03	0.11	1.200		3.119.00	3.118.97	3.117.80	0.00	-0.03

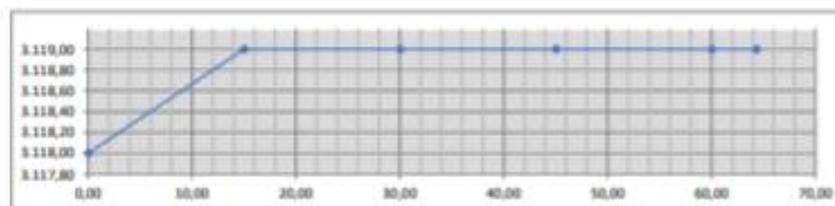


Lateral L6

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDD
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3118,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

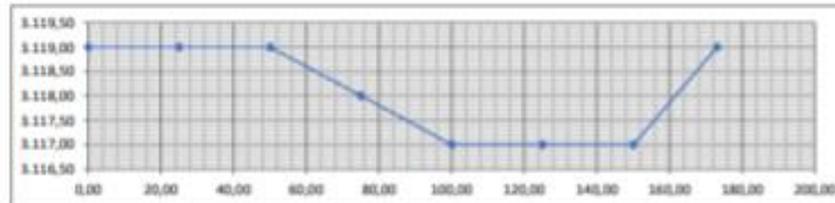
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	HF m	V m/s	CORTE RELL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.118,00	3.118,00	3.118,80	0,00	0,00
0+015	15	15,03	15,03	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.119,00	3.117,99	3.117,80	-1,00	-1,01
0+030	15	15,00	30,03	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.119,00	3.117,98	3.117,80	-1,00	-1,02
0+045	15	15,00	45,03	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.119,00	3.117,97	3.117,80	-1,00	-1,03
0+060	15	15,00	60,03	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.119,00	3.117,96	3.117,80	-1,00	-1,04
0+064,3	4,3	4,30	64,33	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.119,00	3.117,96	3.117,80	-1,00	-1,04



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3118.00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE RELL	PEND %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00								1.200		3.119.00	3.119.00	3.117.80	0.00	0.00
0+025	25	25.00	25.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3.119.00	3.118.98	3.117.80	0.00	-0.02
0+050	25	25.00	50.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.03	0.11	1.200		3.119.00	3.118.97	3.117.80	0.00	-0.03
0+075	25	25.02	75.02	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.05	0.11	1.200		3.118.00	3.118.95	3.116.80	1.00	0.95
0+100	25	25.02	100.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.06	0.11	1.200		3.117.00	3.118.94	3.115.80	2.00	1.94
0+125	25	25.00	125.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.08	0.11	1.200		3.117.00	3.118.92	3.115.80	2.00	1.92
0+150	25	25.00	150.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0.0006	0.09	0.11	1.200		3.117.00	3.118.91	3.115.80	2.00	1.91
0+173	23	23.09	173.13	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0.0006	0.11	0.11	1.200		3.119.00	3.118.89	3.117.80	0.00	-0.11

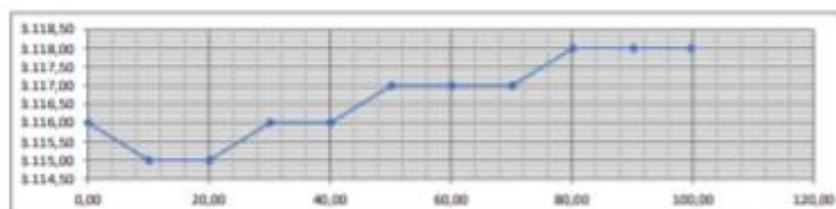


Lateral L7

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L7-T1
COTA: 3118,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

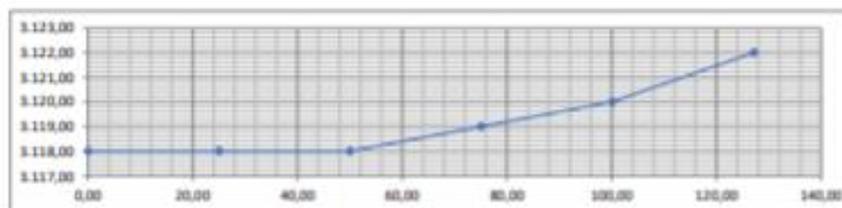
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL. %	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.116,00	3.116,00	3.114,80	0,00	0,00
0+010	10	10,05	10,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.115,00	3.115,99	3.113,80	1,00	0,99
0+020	10	10,00	20,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.115,00	3.115,99	3.113,80	1,00	0,99
0+030	10	10,05	30,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.116,00	3.115,98	3.114,80	0,00	-0,02
0+040	10	10,00	40,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.116,00	3.115,97	3.114,80	0,00	-0,03
0+050	10	10,05	50,15	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.117,00	3.115,97	3.115,80	-1,00	-1,03
0+060	10	10,00	60,15	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.117,00	3.115,96	3.115,80	-1,00	-1,04
0+070	10	10,00	70,15	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	102	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.117,00	3.115,96	3.115,80	-1,00	-1,04
0+080	10	10,05	80,20	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	103	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.118,00	3.115,95	3.116,80	-2,00	-2,05
0+090	10	10,00	90,20	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	104	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.118,00	3.115,95	3.116,80	-2,00	-2,05
0+099,5	9,5	9,50	99,70	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	105	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.118,00	3.115,94	3.116,80	-2,00	-2,06



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL D-E L1-T1
COTA: 3118,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL. %	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00								1.200		3.118,00	3.118,00	3.118,80	0,00	0,00
0+025	25	25,00	25,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1.200		3.118,00	3.117,98	3.116,80	0,00	-0,02
0+050	25	25,00	50,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1.200		3.118,00	3.117,97	3.116,80	0,00	-0,03
0+075	25	25,02	75,02	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,05	0,11	1.200		3.119,00	3.117,95	3.117,80	-1,00	-1,05
0+100	25	25,02	100,04	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,06	0,11	1.200		3.120,00	3.117,94	3.118,80	-2,00	-2,06
0+127	27	27,07	127,11	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,08	0,11	1.200		3.122,00	3.117,92	3.120,80	-4,00	-4,08

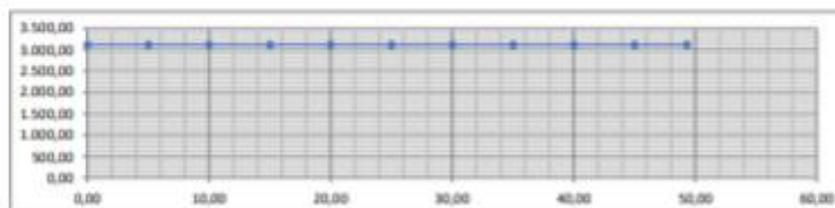


Lateral L8

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L8-T1
COTA: 3118,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

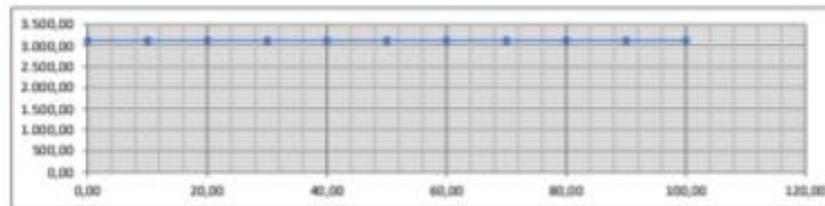
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m3/s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL. %	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0,00	0,00										3.118,00	3.118,00	3.116,80	0,00	0,00
0+005	5	5,00	5,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,09	0,11	1,200		3.118,00	3.118,00	3.116,80	0,00	0,00
0+010	5	5,00	10,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.118,00	3.117,99	3.116,80	0,00	-0,01
0+015	5	5,00	15,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.118,00	3.117,99	3.116,80	0,00	-0,01
0+020	5	5,00	20,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.118,00	3.117,99	3.116,80	0,00	-0,01
0+025	5	5,00	25,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.118,00	3.117,98	3.116,80	0,00	-0,02
0+030	5	5,00	30,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.118,00	3.117,98	3.116,80	0,00	-0,02
0+035	5	5,00	35,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.118,00	3.117,98	3.116,80	0,00	-0,02
0+040	5	5,00	40,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	103	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.118,00	3.117,98	3.116,80	0,00	-0,02
0+045	5	5,00	45,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	104	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.118,00	3.117,97	3.116,80	0,00	-0,03
0+049.3	4,3	4,30	49,30	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	105	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.118,00	3.117,97	3.116,80	0,00	-0,03



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L8-T2
COTA: 3118,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

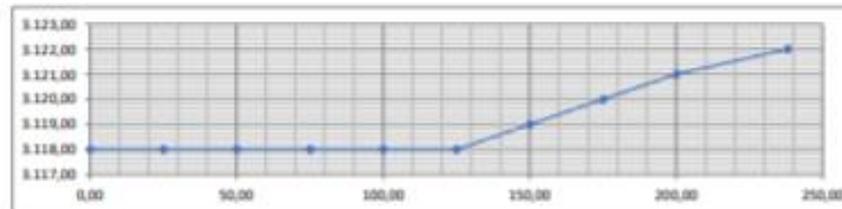
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3.118,00	3.118,00	3.116,80	0,00	0,00
0+010	10	10,00	10,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.118,00	3.117,99	3.116,80	0,00	-0,01
0+020	10	10,00	20,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.118,00	3.117,99	3.116,80	0,00	-0,01
0+030	10	10,00	30,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.118,00	3.117,98	3.116,80	0,00	-0,02
0+040	10	10,00	40,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.118,00	3.117,97	3.116,80	0,00	-0,03
0+050	10	10,00	50,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.118,00	3.117,97	3.116,80	0,00	-0,03
0+060	10	10,00	60,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.118,00	3.117,96	3.116,80	0,00	-0,04
0+070	10	10,00	70,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.118,00	3.117,96	3.116,80	0,00	-0,04
0+080	10	10,00	80,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	103	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.118,00	3.117,95	3.116,80	0,00	-0,05
0+090	10	10,00	90,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	104	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.118,00	3.117,95	3.116,80	0,00	-0,05
0+100	10	10,00	100,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	105	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.118,00	3.117,94	3.116,80	0,00	-0,06
0+111	11	11,00	111,00	0,00028	0,0567	60.30mm A. GALVANIZADO	106	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.118,00	3.117,94	3.116,80	0,00	-0,06



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L8-T3
COTA: 3118.00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m3/s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000.00	0	0.00	0.00										3118.00	3118.00	3118.80	0.00	0.00
0+025	25	25.00	25.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.02	0.11	1.200		3118.00	3117.98	3118.80	0.00	-0.02
0+050	25	25.00	50.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.03	0.11	1.200		3118.00	3117.97	3118.80	0.00	-0.03
0+075	25	25.00	75.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.05	0.11	1.200		3118.00	3117.95	3118.80	0.00	-0.05
0+100	25	25.00	100.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.06	0.11	1.200		3118.00	3117.94	3118.80	0.00	-0.06
0+125	25	25.00	125.00	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	100	0.0006	0.08	0.11	1.200		3118.00	3117.92	3118.80	0.00	-0.08
0+150	25	25.02	150.02	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	101	0.0006	0.09	0.11	1.200		3119.00	3117.91	3117.80	-1.00	-1.09
0+175	25	25.02	175.04	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	102	0.0006	0.11	0.11	1.200		3120.00	3117.89	3118.80	-2.00	-2.11
0+200	25	25.02	200.06	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	103	0.0006	0.12	0.11	1.200		3121.00	3117.88	3119.80	-3.00	-3.12
0+238	38	38.01	238.07	0.00028	0.0567	60.30mm A. GALVANIZADO	104	0.0006	0.14	0.11	1.200		3122.00	3117.86	3120.80	-4.00	-4.14

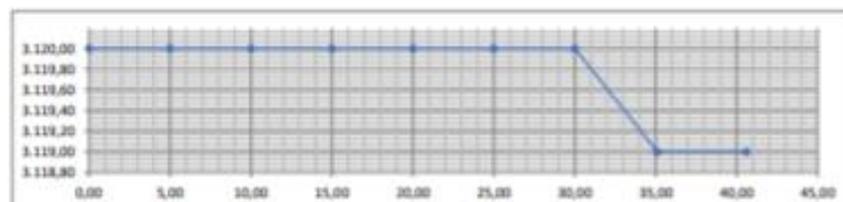


Lateral L9

DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L9-T1
COTA: 3120,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

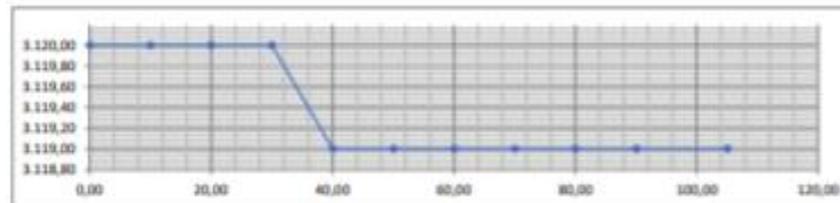
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA	
0+000,00	0	0,00	0,00										3.120,00	3.120,00	3.118,80	0,00	0,00
0+005	5	5,00	5,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,00	0,11	1,200		3.120,00	3.120,00	3.118,80	0,00	0,00
0+010	5	5,00	10,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.120,00	3.119,99	3.118,80	0,00	-0,01
0+015	5	5,00	15,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.120,00	3.119,99	3.118,80	0,00	-0,01
0+020	5	5,00	20,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.120,00	3.119,99	3.118,80	0,00	-0,01
0+025	5	5,00	25,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.120,00	3.119,98	3.118,80	0,00	-0,02
0+030	5	5,00	30,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.120,00	3.119,98	3.118,80	0,00	-0,02
0+035	5	5,10	35,10	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.119,00	3.119,98	3.117,80	1,00	0,98
0+040,5	5,5	5,50	40,60	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.119,00	3.119,97	3.117,80	1,00	0,97



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L9-T2
COTA: 3120,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

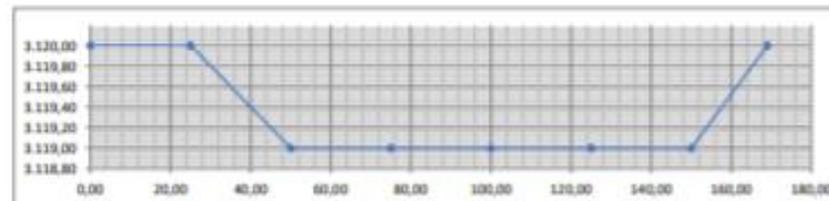
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m3/s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.120,00	3.120,00	3.118,80	0,00	0,00
0+010	10	10,00	10,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.120,00	3.119,99	3.118,80	0,00	-0,01
0+020	10	10,00	20,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.120,00	3.119,99	3.118,80	0,00	-0,01
0+030	10	10,00	30,00	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.120,00	3.119,98	3.118,80	0,00	-0,02
0+040	10	10,05	40,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.119,00	3.119,97	3.117,80	1,00	0,97
0+050	10	10,00	50,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,01	0,11	1,200		3.119,00	3.119,97	3.117,80	1,00	0,97
0+060	10	10,00	60,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.119,00	3.119,96	3.117,80	1,00	0,96
0+070	10	10,00	70,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,04	0,11	1,200		3.119,00	3.119,96	3.117,80	1,00	0,96
0+080	10	10,00	80,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	100	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.119,00	3.119,95	3.117,80	1,00	0,95
0+090	10	10,00	90,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	101	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.119,00	3.119,94	3.117,80	1,00	0,94
0+105	15	15,00	105,05	0,00028	0,0567	60,30mm A. GALVANIZADO	102	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.119,00	3.119,94	3.117,80	1,00	0,94



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDO
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L9-T3
COTA: 3120,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

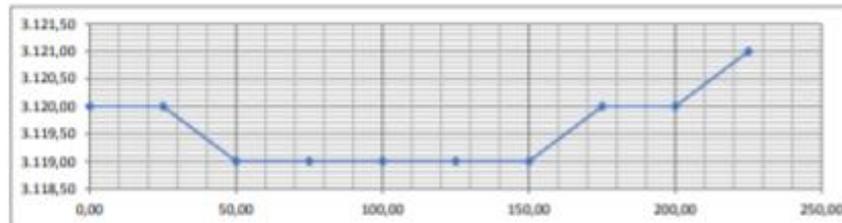
ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m3/s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE RELL	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00										3.120,00	3.120,00	3.118,80	0,00	0,00
0+025	25	25,00	25,00	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0006	0,02	0,11	1,200		3.120,00	3.119,98	3.118,80	0,00	-0,02
0+050	25	25,02	50,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0006	0,03	0,11	1,200		3.119,00	3.119,97	3.117,80	1,00	0,97
0+075	25	25,00	75,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0006	0,05	0,11	1,200		3.119,00	3.119,95	3.117,80	1,00	0,95
0+100	25	25,00	100,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0006	0,06	0,11	1,200		3.119,00	3.119,94	3.117,80	1,00	0,94
0+125	25	25,00	125,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0006	0,08	0,11	1,200		3.119,00	3.119,92	3.117,80	1,00	0,92
0+150	25	25,00	150,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0006	0,10	0,11	1,200		3.119,00	3.119,90	3.117,80	1,00	0,90
0+169	19	19,03	169,05	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0006	0,11	0,11	1,200		3.120,00	3.119,89	3.118,80	0,00	-0,11



DISEÑO HIDRAULICO

PROYECTO: TECNIFICACION SISTEMA DE RIEGO CHISMAUTE-TELÁN-LA PLAYA
REALIZADO:
UBICACIÓN: PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO
PROPONENTE: HCPCH - PIDD
FECHA:
ELEMENTO: LATERAL FG L9-T4
COTA: 3120,00 MSNM
METODO DE CAL: HAZEN-WILLIAMS

ABSCISA	LONGITUD HOR. (m)	LONGITUD DES (m)	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL m ³ /s	DIAMETRO		C	J m/m	Hf m	V m/s	CORTE REL. %	PEND. %	COTAS			PRESIONES	
					(MM)	COMERCIAL							TERRENO	PIEZOMET	PROYECTO	ESTATICA	DINAMICA
0+000,00	0	0,00	0,00								1,200		3.120,00	3.120,00	3.118,80	0,00	0,00
0+025	25	25,00	25,00	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0008	0,03	0,11	1,200		3.120,00	3.119,98	3.118,80	0,00	-0,02
0+050	25	25,02	50,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0008	0,03	0,11	1,200		3.119,00	3.119,97	3.117,80	1,00	0,97
0+075	25	25,00	75,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0008	0,05	0,11	1,200		3.119,00	3.119,95	3.117,80	1,00	0,95
0+100	25	25,00	100,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0008	0,06	0,11	1,200		3.119,00	3.119,94	3.117,80	1,00	0,94
0+125	25	25,00	125,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0008	0,08	0,11	1,200		3.119,00	3.119,92	3.117,80	1,00	0,92
0+150	25	25,00	150,02	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0008	0,10	0,11	1,200		3.119,00	3.119,90	3.117,80	1,00	0,90
0+175	25	25,02	175,04	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	100	0,0008	0,11	0,11	1,200		3.120,00	3.119,89	3.118,80	0,00	-0,11
0+200	25	25,00	200,04	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	101	0,0008	0,12	0,11	1,200		3.120,00	3.119,88	3.118,80	0,00	-0,12
0+225	25	25,02	225,06	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	102	0,0008	0,14	0,11	1,200		3.121,00	3.119,86	3.119,80	-1,00	-1,14
0+246	21	21,02	246,08	0,00028	0,0567	60,30mm A.GALVANIZADO	103	0,0008	0,15	0,11	1,200		3.122,00	3.119,85	3.120,80	-2,00	-2,15



Anexo I: Datasheet ESP8266

1. Overview

Espressif's ESP8266EX delivers highly integrated Wi-Fi SoC solution to meet users' continuous demands for efficient power usage, compact design and reliable performance in the Internet of Things industry.

With the complete and self-contained Wi-Fi networking capabilities, ESP8266EX can perform either as a standalone application or as the slave to a host MCU. When ESP8266EX hosts the application, it promptly boots up from the flash. The integrated high-speed cache helps to increase the system performance and optimize the system memory. Also, ESP8266EX can be applied to any microcontroller design as a Wi-Fi adaptor through SPI/SIO or UART interfaces.

ESP8266EX integrates antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters and power management modules. The compact design minimizes the PCB size and requires minimal external circuitries.

Besides the Wi-Fi functionalities, ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L108 Diamond series 32-bit processor and on-chip SRAM. It can be interfaced with external sensors and other devices through the GPIOs. Software Development Kit (SDK) provides sample codes for various applications.

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESP) enables sophisticated features including:

- Fast switch between sleep and wakeup mode for energy-efficient purpose;
- Adaptive radio biasing for low-power operation
- Advance signal processing
- Spur cancellation and RF co-existence mechanisms for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation

1.1. Wi-Fi Key Features

- 802.11 b/g/n support
- 802.11n support (2.4 GHz), up to 72.2 Mbps
- Defragmentation
- 2 x virtual Wi-Fi interface
- Automatic beacon monitoring (hardware TSF)
- Support Infrastructure BSS Station mode/SoftAP mode/Promiscuous mode
- Antenna diversity

1.3. Applications

- Home appliances
- Home automation
- Smart plugs and lights
- Industrial wireless control
- Baby monitors
- IP cameras
- Sensor networks
- Wearable electronics
- Wi-Fi location-aware devices
- Security ID tags
- Wi-Fi position system beacons

1.2. Specifications

Table 1-1. Specifications

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance
	Protocols	802.11 b/g/n (4T2G)
	Frequency Range	2.4G ~ 2.5G (2400M ~ 2483.5M)
	TX Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 g: -73 dbm (54 Mbps)		
Antenna	PCB Trace, External, IPX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L108 32-bit processor
	Peripheral Interface	UART/SIO/SPI/I2C/USB Remote Control
	Operating Voltage	2.5V ~ 3.6V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40°C ~ 125°C
	Package Size	QFN32 pin (5 mm x 5 mm)
	External Interface	-
Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/WEP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP
User Configuration	All Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App	

Note: The TX power can be configured based on the actual user scenarios.

2. Pin Definitions

Figure 2-1 shows the pin layout for 32-pin QFN package.

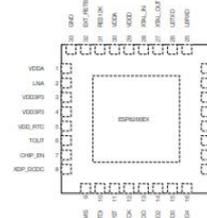


Figure 2-1. Pin Layout (Top View)

Table 2-1 lists the definitions and functions of each pin.

Table 2-1. ESP8266EX Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 2.5V ~ 3.6V
2	LNA	I/O	RF antenna interface Chip output impedance=50Ω (Ω). It is suggested to retain the Pi-type matching network to match the antenna.
3	VDDSP3	P	Amplifier Power 2.5V ~ 3.6V
4	VDDSP3	P	Amplifier Power 2.5V ~ 3.6V
5	VDD_RTC	P	NC (1.1V)
6	TOUT	I	ADC pin. It can be used to test the power supply voltage of VDDSP3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 6). However, these two functions cannot be used simultaneously.

Anexo J: Datasheet sensor FC-28

High Sensitivity Moisture Sensor



Description:

This Moisture Sensor uses Immersion Gold which protects the nickel from oxidation. Electroless nickel immersion gold (ENIG) has several advantages over more conventional (and cheaper) surface platings such as HASL (solder), including excellent surface planarity (particularly helpful for PCB's with large BGA packages), good oxidation resistance, and usability for untreated contact surfaces such as membrane switches and contact points.

- 8. Arduino compatible interface
- 9. Low power consumption
- 10. High sensitivity
- 11. Output voltage signal: 0-4.2V



Pin definition:

- "S" stand for signal input
- "+" stand for power supply
- "-" stand for GND

the biggest characteristics of this module.

This item can be compatible with Arduino UNO, Arduino mega2560, Arduino ADK etc.



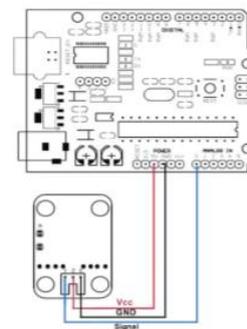
Features:

- 1. Working voltage: 5V
- 2. Working Current: <20ma
- 3. Interface: Analog
- 4. Depth of detection: 37mm
- 5. Working Temperature: 10°C-30°C
- 6. Weight: 3g
- 7. Size: 63*20*8mm

Applications :

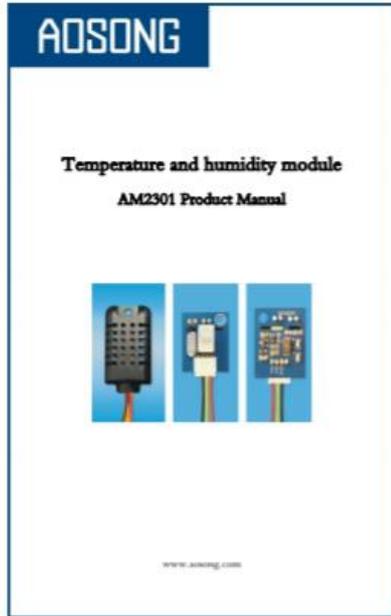
- 1. Botanical gardening
- 2. Water sensor

Connecting Diagram:



This sensor module come with 3 Pin Dual-female Jumper Wire length 300mm as below:

Anexo K: Datasheet sensor DHT21

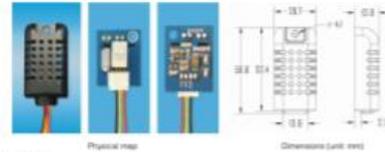


AOSONG

Temp., Humidity & Dew point measurement experts

1. Product Overview

AM2301 capacitive humidity sensing, digital temperature and humidity module is the one that contains the compressed but been calibrated digital signal output of the temperature and humidity sensor. Application of a dedicated digital module collection technology and the temperature and humidity sensing technology, to ensure that the product has high reliability and excellent long-term stability. The sensor includes a capacitive sensor and temperature and a high-precision temperature measurement device, and connected with a high-performance 8-bit microcontroller. The product has excellent quality, fast response, strong anti-jamming capability, and high cost. Each sensor is accurately accurate humidity calibration chamber calibration. The firm of production, the calibration coefficient stored in the non-volatile, the sensor within the processing of the hardware to call these calibration coefficients. Standard single-bus interface, system integration quick and easy. Small size, low power consumption, signal transmission distance up to 20 meters, making it the best choice of all kinds of applications and even the most demanding application. Products for the 3-lead (single-bus interface) connection components. Special packages according to user needs.



2. Application

HVAC, air-conditioner, cooling and inspection equipment, automatic guide, automation, automatic control, data logging, home appliances, humidity regulator, medical weather station, and other humidity measurement and control and so on.

3. Feature

Ultra-low power, the transmission distance, fully automatic calibration, the use of capacitive humidity sensor, completely interchangeable, standard digital single-bus output, excellent long-term stability, high accuracy temperature measurement devices.

4. The Definition of Single-bus Interface

4.1 AM2301 Pin assignment

Table 1: AM2301 Pin assignment

Pin	Color	Name	Description
1	Red	VCC	Power (3.3V-5.2V)
2	Yellow	SDA	Serial data, Data output
3	Black	GND	Ground
4	NC	Empty	



Aosong (Shenzhen) Electronics Co., Ltd. TEL: 860-8642889 / 8688852 www.aosong.com

AOSONG

Temp., Humidity & Dew point measurement experts

4.2 Power supply pin (VCC/GND)

AM2301 supply voltage range 3.3V-5.2V, recommended supply voltage is 3V.

4.3 Serial data (SDA)

SDA pin is an structure for reading, writing sensor data. Specific communication timing, see the detailed description of the communication protocol.

5. Sensor performance

5.1 Relative humidity

Table 2: AM2301 Relative humidity performance table

Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Resolution		0.1	0.1	0.1	%RH
Range		0	100.0	100.0	%RH
Accuracy ⁽¹⁾	25°C	±0.3	±0.3	±0.3	%RH
Repeatability	25°C	±0.2	±0.2	±0.2	%RH
Recharge		Completely interchangeable			
Response ⁽²⁾	1m/s	7s	7s	7s	s
Stability	Typical	±0.2	±0.2	±0.2	%RH
Drift	Typical	±0.3	±0.3	±0.3	%RH/yr

5.2 Temperature

Table 3: AM2301 Relative temperature performance

Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Resolution		0.1	0.1	0.1	°C
Range		-20	50	50	°C
Accuracy ⁽¹⁾		±0.3	±0.3	±0.3	°C
Repeatability		±0.2	±0.2	±0.2	°C
Recharge		Completely interchangeable			
Response ⁽²⁾	1m/s	7s	7s	7s	s
Drift		±0.3	±0.3	±0.3	°C/yr

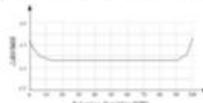


Table 4: The error of relative humidity

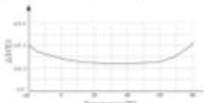


Table 5: The maximum temperature error

6. Electrical Characteristics

Electrical characteristics, such as energy consumption, high, low, input, output voltage, depending on the power supply. Table 4 details the electrical characteristics of the AM2301, if not identified, and supply voltage of 3V. To get the best results with the sensor, please design strictly in accordance with the condition of design in Table 4.

AOSONG

Temp., Humidity & Dew point measurement experts

Table 4: AM2301 DC Characteristics

Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Voltage	Supply	3.3	3	5.2	V
	Operating	3.3	3	5.2	V
Power consumption ⁽¹⁾	Standby	100	100	100	μW
	Working	100	100	100	μW
Low level output voltage	V _{OL}	0	0	0.4	V
High output voltage	V _{OH}	1.4	1.4	1.4	V
Low level output current	I _{OL}	0	0	10	mA
Input High Voltage	V _{IH}	1.4	1.4	1.4	V
Input Low Voltage	V _{IL}	0	0	0.4	V
Input Current	I _{IH}	0	0	0	μA
Output Current	I _{OH}	0	0	10	mA
Sampling period	T _s	1	1	1	s

(1) The accuracy of the device operation, the error is ±0.3°C and 0.3%, the accuracy specification of use conditions. It does not include systematic and non-linearity, and is not suitable for non-calibrating measurement.

(2) The value is within 0.5% of the true signal value in the calibration of 0% and 100%.

(3) In the output signal comparison, the value may be higher than the actual application in some applications.

(4) The value is 0.001-1.0V when the temperature is 0-50°C, 20°C max, under the condition of the range.

(5) One sensor output.

(6) Use the pull-up resistor.

7. Single-bus communication (1-WIRE)

7.1 Typical circuit for single bus

Microprocessor and AM2301 connection typical application circuit is shown in Figure 4. Single bus communication mode, pull the SDA microprocessor I/O port is connected.

Special attention of the single-bus communication:

- Typical application circuit recommended in the short cable length of 20 meters on the 5.1K pull-up resistor pullup resistor according to the actual situation of lower than 50 m.
- With 3.3V supply voltage, cable length shall not be greater than 100m. Otherwise, the line voltage drop will lead to the sensor power supply, resulting in measurement error.
- Read the sensor minimum time interval for the 25 read interval is less than 25, may cause the temperature and humidity are not showed or communication is unsuccessful, etc.
- Temperature and humidity values are each read out the results of the last measurement. For real-time data that need continuous read times, we recommend repeatedly to read sensor, and each read sensor interval is greater than 2 ms to obtain accurate data.

Anexo L: Datasheet electroválvula





Aquanet PLUS AC/DC

THE PROFESSIONAL ELECTRICHYDRAULIC VALVE LINE

APPLICATIONS

- Agriculture: for all applications
- Landscape: for all applications
- Industry: water supply system

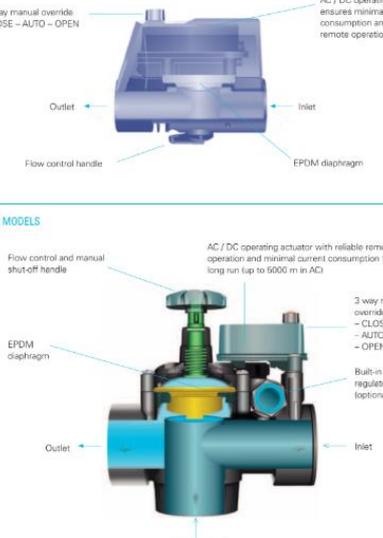
FEATURES & BENEFITS

- Patented hydraulic 3-way control
- Designed to operate with all types of water, including effluent/water (2 mm command orific)
- pressure & flowrange
- Manual override: CLOSE-AUTO-OPEN
- Built-in pressure regulator with adjustable knob 0.7 – 4.5 bar (optional 1 1/2" & 2" Electrical models only)
- Low energy consumption for maximal wire distance
- Flow control handle – standard on all models
- EPDM diaphragm resistant against chemicals used in agriculture

WWW.NETAFIM.COM
E-MAIL: PRODUCTS_SOLUTIONS@NETAFIM.COM







1 1/2" & 2" MODELS

AC / DC operating actuator with reliable remote operation and minimal current consumption for long run (up to 5000 m in AC)

3 way manual override: CLOSE – AUTO – OPEN

Built-in pressure regulator (optional)

Flow control and manual shut-off handle

EPDM diaphragm

Outlet

Inlet

Inlet (optional)

EPDM diaphragm

Flow control handle

Outlet

Inlet

AC / DC operating actuator ensures minimal current consumption and reliable remote operation

EPDM diaphragm

WWW.NETAFIM.COM
E-MAIL: PRODUCTS_SOLUTIONS@NETAFIM.COM





GENERAL SPECIFICATIONS

1/2" & 1" MODELS		1 1/2" & 2" CLOSE & ANGLE MODELS	
Class	1.688 - 101 mm	Flow	0.1 - 24.0 m ³ /h
Working pressure	5.5-10 bar	Working pressure	0.5-10 bar
Assembled temp. max.	80°C (190°F)	Assembled temp. max.	80°C (190°F)
Push-to-open type	80°C (190°F)	Push-to-open type	80°C (190°F)
Plastic parts	Acrylonitrile/Butadiene	Plastic parts	Acrylonitrile/Butadiene
Diaphragm	EPDM	Diaphragm	EPDM
Leakage	2.1 AISC 21 ISO unit	Leakage	2.1 AISC 21 ISO unit

ELECTRICAL SPECIFICATIONS 24VAC

Voltage	16-20 VAC
Insulation	60 VAC
Insulation	75 VAC

• In AC mode, 3 s automatic delay from command to activation

Max. distance between Aquanet Plus AC and controller

CABLE GAUGE (AWG)	DIAMETER (MM)	CROSS SECTION (MM ²)	MAX. DISTANCE (M)
20	0.8	0.5	1250
18	1.0	0.8	1500
17	1.1	1.0	1500
16	1.3	1.5	2000
15	1.4	1.6	1600

ELECTRICAL SPECIFICATIONS DC

DISCHARGE CAPACITOR MADE		
Voltage	12-20 VDC	
Min. pulse width	60 ms	
Recommended working condition selected model		
Voltage (VDC)	Capacitor (µF)	Min. pulse (ms)
12-16	4700	80
16-20	2200	80

MAX. DISTANCE BETWEEN AQUANET PLUS DC VALVES AND CONTROLLER (24 VDC, 20 mA, 24V)

CABLE GAUGE (AWG)	DIAMETER (MM)	CROSS SECTION (MM ²)	MAX. DISTANCE (M)
20	0.8	0.5	150
17	1.1	1.0	250
15	1.4	1.6	400

HEAD LOSS (M) FLOW (M³/H)

MODEL	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
1/2" D	1.90	1.90	2.00	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90	5.10
1" D	1.90	1.90	2.00	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.50	3.70	3.90	4.10	4.30	4.50	4.70	4.90	5.10
1 1/2" D	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09
2" D	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09
1 1/2" ANG	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09
2" ANG	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09
1 1/2" P.A.	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09
2" P.A.	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09
2" ANG	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09
2" P.A.	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09

• C = Globe P.A. • Angle P.A. • ANG = Angle valve globe flow • P.A. = Hydraulic globe valve • P.A. = Hydraulic angle valve

WWW.NETAFIM.COM
E-MAIL: PRODUCTS_SOLUTIONS@NETAFIM.COM



MEASUREMENTS



ORDERING GUIDE

MODEL	AC	DC	BT	NPT	GLBE	ANGLE	W/P.R	W/DC
1/2"	+	-	-	-	-	-	-	-
1"	+	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2" P.A.	+	-	-	-	-	-	-	-
2"	+	-	-	-	-	-	-	-
2" P.A.	+	-	-	-	-	-	-	-

Example Aquanet Plus 1" electric valve, DC, 20P
Remarks:
* Aquanet Plus 1/2" and 1" models available in globe type only
** Pressure regulator available in 1 1/2" and 2" electric models only

PACKAGING DATA

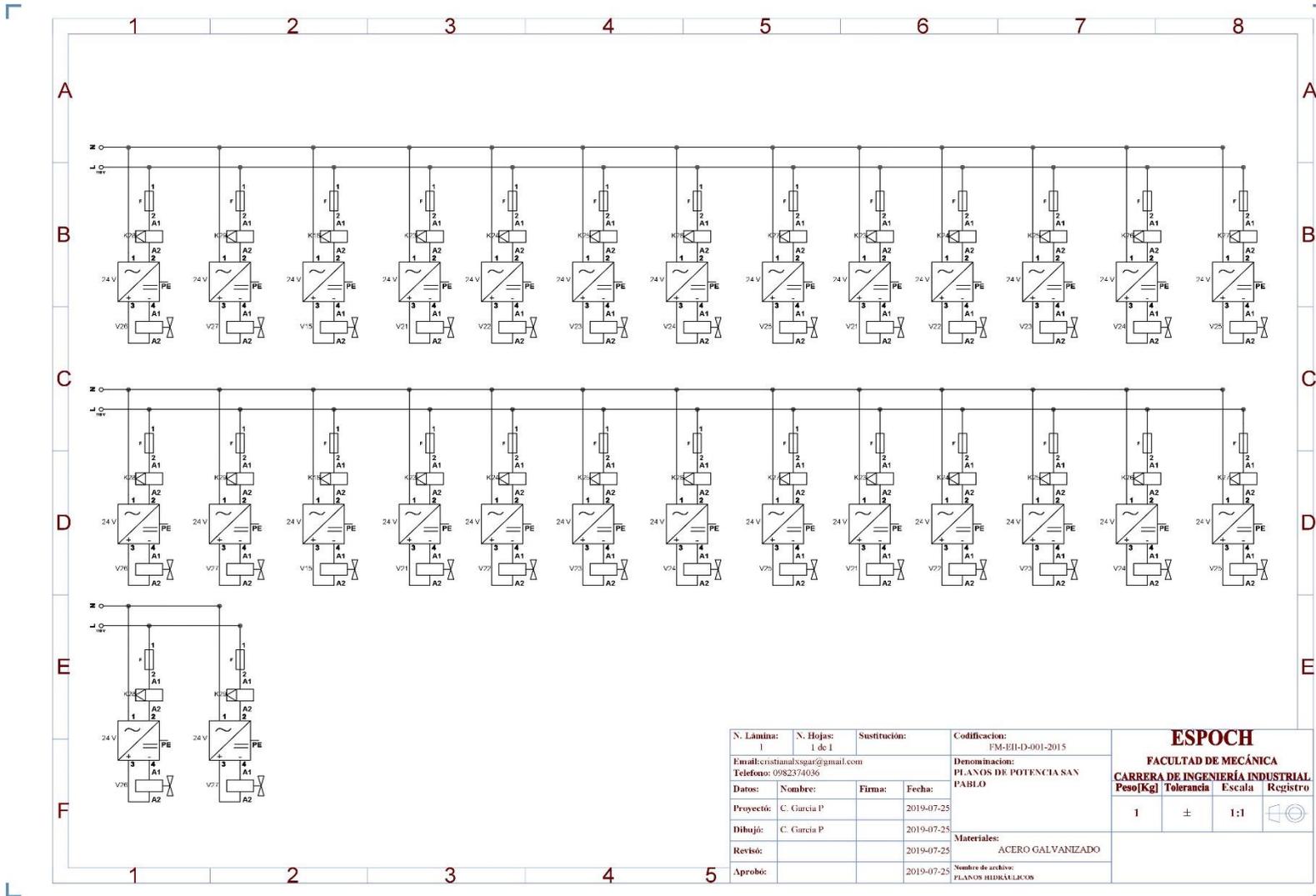
MODEL	QUANTITY PER BOX	BOX DIMENSIONS (CM) L x W x H	BOX WEIGHT (KG) NET WEIGHT
Aquanet Plus 1/2"	12	410 x 205 x 110	4.48
Aquanet Plus 1"	6	215 x 125 x 110	1.18
Aquanet Plus 1 1/2"	6	215 x 125 x 110	1.29
Aquanet Plus 2"	6	215 x 125 x 110	1.18
Aquanet Plus 2" P.A.	6	215 x 125 x 110	1.24
Pressure Regulator 1/2"	6	120 x 60 x 70	0.31

WWW.NETAFIM.COM
E-MAIL: PRODUCTS_SOLUTIONS@NETAFIM.COM



<https://bit.ly/2BexFPI>

Anexo M: Diagramas de mando y potencia



N. Lámina: 1		N. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EI-D-001-2015		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL PLANO [Kg] Tolerancia Escala Registro 1 ± 1:1			
Email: cristianalvarez@gmail.com Teléfono: 0982374036				Denominación: PLANOS DE POTENCIA SAN PABLO		Materiales: ACERO GALVANIZADO					
Datos:		Nombre:	Firma:	Fecha:	Proyectó:		C. Garcia P		2019-07-25		
Dibujó:		C. Garcia P		2019-07-25	Revisó:				2019-07-25		
Aprobó:				2019-07-25							

Anexo N: Configuración de servidor local

The screenshot shows the 'Status' page in the Ubiquiti UniFi Controller. The top navigation bar includes 'MAIN', 'WIRELESS', 'NETWORK', 'ADVANCED', 'SERVICES', and 'SYSTEM'. The 'Tools' dropdown is set to 'Tools' and 'Logout' is visible.

Status

Device Model:	NanoStation Loco M2	AP MAC:	68:72:51:34:9A:50
Device Name:	NanoStation Loco M2	Connections:	5
Network Mode:	Bridge	Noise Floor:	-96 dBm
Wireless Mode:	Access Point	Transmit CCQ:	95.9 %
SSID:	RED_RIEGO_SAN PABLO	airMAX:	Disabled
Security:	WPA2-AES		
Version:	v5.6.15-sign.31612 (XM)		
Uptime:	3 days 23:15:37		
Date:	2017-09-12 02:13:30		
Channel/Frequency:	8 / 2447 MHz		
Channel Width:	20 MHz		
Frequency Band:	2437 - 2457 MHz		
Distance:	0.8 miles (1.4 km)		
TX/RX Chains:	2X2		
TX Power:	12 dBm		
Antenna:	Built in - 8 dBi		
WLAN0 MAC:	68:72:51:34:9A:50		
LAN0 MAC:	68:72:51:35:9A:50		
LAN0:	100Mbps-Full		

Monitor

Throughput | Stations | Interfaces | DHCP Client | ARP Table | Bridge Table | Routes | Log

WLAN0

RX:	10.2kbps
TX:	18.6kbps

LAN0

RX:	9.42kbps
TX:	3.43kbps

Refresh

GENUINE PRODUCT

© Copyright 2006-2017 Ubiquiti Networks, Inc.

The screenshot shows the 'airMAX Settings' page in the Ubiquiti UniFi Controller. The top navigation bar is the same as in the previous screenshot.

airMAX Settings:

airMAX: Enable

Long Range PIP Link Mode:

airView Port:

Launch airView:

airSelect

airSelect: Enable

Change

GENUINE PRODUCT

© Copyright 2006-2017 Ubiquiti Networks, Inc.

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM
Tools Logout

Basic Wireless Settings

Wireless Mode: Access Point
 WDS (Transparent Bridge Mode): Enable
 SSID: RED_RIEGO_SAN_PABLO Hide SSID
 Country Code: United States
 IEEE 802.11 Mode: B/G/N mixed
 Channel Width [7]: 20 MHz
 Frequency, MHz: 2447
 Extension Channel: None
 Frequency List, MHz: Enable
 Calculate EIRP Limit: Enable
 Antenna: Built in (2x2) - 8 dBi
 Output Power: 12 dBm
 Data Rate Module: Default
 Max TX Rate, Mbps: MCS 15 - 130/144.4 Auto

Wireless Security

Security: WPA2-AES
 WPA Authentication: PSK
 WPA Preshared Key: ***** Show
 MAC ACL: Enable

[Change](#)


© Copyright 2006-2017 Ubiquiti Networks, Inc.

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM
Tools Logout

Network Role

Network Mode: Bridge
 Disable Network: None

Configuration Mode

Configuration Mode: Simple

Management Network Settings

Management IP Address: DHCP Static IPv6: Enable
 DHCP Failback IP: 192.168.1.20
 DHCP Failback Netmask: 255.255.255.0
 MTU: 1500
 Management VLAN: Enable
 Auto IP Aliasing: Enable
 STP: Enable

[Change](#)


© Copyright 2006-2017 Ubiquiti Networks, Inc.

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Tools Logout

Basic Wireless Settings

Wireless Mode: Access Point

WDS (Transparent Bridge Mode): Enable

SSID: RED_RIEGO_SAN_PABLO Hide SSID

Country Code: United States

IEEE 802.11 Mode: B/G/N mixed

Channel Width [?]: 20 MHz

Frequency, MHz: 2447

Extension Channel: None

Frequency List, MHz: Enable

Calculate EIRP Limit: Enable

Antenna: Built In (2x2) - 0 dBi

Output Power: dBm

Data Rate Module: Default

Max TX Rate, Mbps: MCS 15 - 130/144.4 Auto

Wireless Security

[Change](#)

Copyright © 2006-2017 Ubiquiti Networks, Inc.

TP-LINK 150M Wireless Lite N Router Model No. TL-WR741N TL-WR741ND

Status
Quick Setup
DNS
Network
Wireless
DHCP
- DHCP Settings
- DHCP Clients List
- **Address Reservation**
Port Forwarding
Security
Parental Control
Access Control
Advanced Routing
Bandwidth Control
IP & MAC Binding
Dynamic DNS
System Tools

Address Reservation

ID	MAC Address	Reserved IP Address	Status	Modify
1	84-2B-8D-6A-F1-30	192.168.0.102	Enabled	Modify Delete
2	40-A1-08-45-79-A6	192.168.0.103	Enabled	Modify Delete

[Add New...](#) [Enable All](#) [Disable All](#) [Delete All](#)

[Previous](#) [Next](#)

Address Reservation Help

When you specify a reserved IP address for a PC in the LAN, that PC will always receive the same IP address each time when it accesses the DHCP server. Reserved IP addresses must be assigned to servers that require permanent IP settings.

- MAC Address** - The MAC Address of the PC that you want to reserve as IP address for.
- Reserved IP Address** - The IP address that the Device reserved.
- Status** - It shows whether the entry is enabled or not.
- Modify** - To modify or delete an existing entry.

To Reserve IP Addresses, you can follow these steps:

- Enter the MAC Address (The format for the MAC Address is XX-XX-XX-XX-XX-XX, XXX) and the IP address in dotted decimal notation of the computer you wish to reserve.
- Click the **Save** button.

To modify a Reserved IP Address, you can follow these steps:

- Select the reserved address entry as you desired, modify it, if you wish to delete the entry, click the **Delete** link of the entry.
- Click the **Save** button.

Click the **Add New...** button to add a new Address Reservation entry.

Click the **Enable All** button to enable all the entries in the table.

Click the **Disable All** button to disable all the entries in the table.

Click the **Delete All** button to delete all the entries in the table.

Click the **Next** button to go to the next page, or click the **Previous** button return to the previous page.

Note: The changes will not take effect until the Device reboots.

163_168.0.1/settings/setting/dhcp.html

Anexo O: Evidencia fotográfica





