

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMA DE
REGADÍO AGRÍCOLA**

Trabajo de titulación para optar al título de
Técnico Universitario en MECÁNICA
INDUSTRIAL.

Alumno:

Marco Andrés Roa Lincolao

Profesor Guía:

Ing. José Carvallo Basaez

2020

ÍNDICE

RESUMEN..... 8

INTRODUCCIÓN..... 9

OBJETIVOS..... 10

OBJETIVOS GENERAL..... 10

OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 10

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES..... 10

1.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR 12

1.2 INFORMACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA 13

1.2.1 ESTUDIOS E IMPLEMENTACIÓN..... 15

1.2.2 CAPTACIÓN DE AGUA 16

1.2.3 RED HIDRÁULICA/DISTRIBUCIÓN..... 19

1.2.4 RIEGO 23

1.3 RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO 26

1.4 SITUACIONES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO 30

1.4.1 OBSTRUCCIÓN DE EMISOR..... 31

CAPÍTULO 2: COMPONENTES CRÍTICOS..... 33

2.1 PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE MÉTODO “AMFEC” 35

2.2 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA “AMFEC” AL SISTEMA DE RIEGO..... 37

2.2 DAÑOS PROVOCADOS POR ACCIONES EXTERNAS..... 43

2.3 SOLUCIONES CORRECTIVAS..... 44

CAPÍTULO 3: ESTRATEGIAS PREVENTIVAS..... 45

3.1 MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA..... 46

3.2 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS..... 47

3.3 DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS CRÍTICOS..... 51

3.4 RECOMENDACIONES..... 55

CONCLUSIÓN..... 59

BIBLIOGRAFÍA..... 60

ANEXO: PROCEDIMIENTO DE MANTENCIÓN A SISTEMA DE RIEGO..... 61

ANEXO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO..... 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ruta línea azul conexión Temuco-Reducción “El Peral”..... 13

Figura 1-2 Electrobomba CALPEDA modelo NGXM 3/A de 220V y 0,75 HP.....16

Figura 1-3: Control HIDROMATIC H1..... 16

Figura 1-4: Filtro AMIAD 2’’ T..... 18

Figura 1-5: Sistema de fertirriego.....19

Figura 1-6: Controlador programable de riego “Rain Bird”.....19

Figura 1-7: Sistema de control de ramal.....20

Figura 1-8: Cañería PVC 50 mm.....21

Figura 1-9: Válvula de compuerta RAF-P31.....21

Figura 1-10: Llave de paso ramal.....22

Figura 1-11: Válvula de aire combinada “BARAK”.....22

Figura 1-12: Válvula de aire y vacío modelo AV-010.....22

Figura 1-13: Foto referencial manómetro.....23

Figura 1-14: Lateral de goteo RIVULIS..... 25

Figura 1-15: Emisor..... 25

Figura 1-16: Diagrama de flujo del sistema de riego.....29

Figura 1-17: Diferencia de caudal entre emisores en normal funcionamiento (extremos) y emisor obstruido (medio) 31

Figura 1-18: Crecimiento bacteriano en emisor..... 32

Figura 1-19: Decoloración por oxidación mineral..... 32

Figura 1-20: Raíces en el interior de líneas de riego..... 33

Figura 2-1 Diagrama de flujo método AMFEC: 35

Figura 2-2: Matriz de riego empleada en método AMFEC 37

Figura 2-3: Fallas funcionales 38

Figura 2-4: Modos de falla 39

Figura 2-5: Efectos y consecuencias de los modos de falla..... 40

Figura 2-6 Jerarquización de los riesgos..... 41

Figura 2-7: Matriz de riesgo-Daños al personal..... 42

Figura 2-8: Matriz de riesgo-Daños a la producción..... 42

Figura 2-8: Matriz de riesgo-Daños al medio ambiente.....43

Figura 3-1: Dimensiones generales electrobomba modelo NGX 3/A..... 52

Figura 3-2: Cebado inicial (Izquierda) y vaciado (Derecha) de sección impulsora de electrobomba.....52

Figura 3-3: Plano explotado electrobomba.....53

Figura 3-4: Vista explotada de válvula de compuerta.....54

Figura 3-5: Funcionamiento de diafragma dentro de válvula de compuerta.....54

Figura 3-6: Cemento transparente regular para PVC.....55

Figura 3-7: Seguros de fin de línea de goteo.....56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Definiciones de calidad de campesino/a y pequeño productor/es agrícola de acuerdo a lo estipulado en el art.13 de la ley 18910..... 14

Tabla 1-2: Resumen de función de los elementos del sistema..... 26

Tabla 1-3: Resumen características hidráulicas..... 30

Tabla 3-1: Proporciones recomendadas de inyección de químicos en el sistema de acuerdo a la cantidad de hectáreas regadas y cronograma modelo 47

Tabla 3-2: Indicaciones de mantención a controladores eléctricos.....48

Figura 3-3: Indicación de mantención a componentes hidráulicos.....49

Figura 3-4: Indicaciones de mantención a red hidráulica.....50

Figura 3-5: Indicaciones de mantención al riego.....50

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

[msnm]: Metros sobre el nivel del mar

[km]: Kilómetros

[m]: Metros

[mm]: Milímetros

[Hp]: Horse Power (Caballos de fuerza)

[V]: Volt

[L]: Litros

[m.c.a.]: Metros columna de agua

[Psi]: Pound square inch (Libra sobre pulgada cuadrada)

[Min]: Minutos

[m²]: Metros cuadrado

[ha]: Hectárea

[m³/h]: Metros cúbicos sobre hora

[°C]: Grados Celsius

RESUMEN

El propósito de este trabajo tiene como finalidad el desarrollo de procedimientos preventivos orientados a mantener el normal funcionamiento a largo plazo de un sistema de riego por goteo ubicado en el sector rural de la región de la Araucanía, en primera instancia se busca generar un plan preventivo de mantenimiento aplicado a dicho método de riego, así como indicaciones generales sobre el cuidado y observaciones desarrolladas de acuerdo a las experiencias recopiladas de parte de los usuarios beneficiados por estos proyectos financiados con dinero estatales.

Aunque los mencionados sistemas poseen un seguimiento y fueron construidos por personal calificado, estos son susceptibles al abandono, derivado de la nula existencia de indicaciones y recomendaciones de funcionamiento a largo plazo, así como una capacidad técnica limitada de realizar un seguimiento constante a la situación de cada sistema de riego existente, en consecuencia a mediano y largo plazo estos sistemas culminan como elementos abandonados o no entregan un riego eficaz provocando un mal uso del recurso hídrico y un sobreconsumo de energía eléctrica.

Con la finalidad de evitar dichas consecuencias se identificaran todos los elementos involucrados en el sistema de riego, así como las características propias del mismo y los principales problemas que afectan el normal funcionamiento, posterior a esto se realiza un estudio de los principales problemas que afectan estos sistemas debido a la falla de los elementos que lo componen, esto se lograra mediante la realización de un análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC), en conjunto a indicaciones sobre problemas derivados de las acciones de terceros sobre el sistema de riego, finalmente se realiza, a modo de resumen, indicaciones relacionadas al cuidado y mantención de cada uno de los equipos involucrados, a su vez, y como complemento a los procedimientos de mantención generados se desarrolla un plan de mantenimiento preventivo sugerido.

INTRODUCCIÓN

A todo lo largo y ancho de la región de la Araucanía se encuentran en desarrollo o implementados distintos proyectos de riego en diversas modalidades, por surco, por aspersión, goteo, micro riego, entre otros, son estos sistemas de riego los que surten el vital elemento a diversas siembras agrícolas emplazadas en la región, siembras que incluso igualan en cantidad de hectáreas a las utilizadas con fines forestales (Barrios, 2019), y son estas diversas siembras agrícolas las que surten la infinidad de comercio local en cada pueblo y ciudad cercana, a su vez, corresponden a la principal, y en algunos casos, única fuente de ingresos para aquellas personas que han hecho del trabajo agrícola su fuente de ingresos económicos.

Dichos sistemas comprenden una ayuda a esta cosechas junto a mejorar la producción y calidad de estas siembras, aunque dichas instalaciones tienden a llegar a un estado de abandono al no poseer un debido cuidado, esto provocado por diversos factores que afectan en diferente medida a lo largo de la región y factores locales que provocan daños al sistema sumado al desgaste normal por uso de ciertos elementos. El propósito de este trabajo consiste en entregar indicaciones preventivas en ayuda de la mantención de estos equipos y sistemas en general, con este propósito es que deben ser estudiadas las maneras de entregar un mantenimiento efectivo, evitando una sobre intervención, y generar un calendario modelo cuyo propósito consista en minimizar las fallas más graves y recurrentes en este tipo de instalaciones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Elaborar procedimientos de mantención preventiva basada en estudios técnicos efectuados sobre un sistema de riego por goteo emplazado en el sector rural de la región de la Araucanía

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el sistema de riego por goteo, características propias y problemáticas que afectan este mecanismo de riego aplicado a la pequeña agricultura local.

- Emplear metodología de estudio “AMFEC” a fin de determinar la criticidad en el sistema de riego por goteo.

- Desarrollar una estrategia preventiva basada en información técnica y costos asociados.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

1. GEOGRAFÍA REGIONAL DE LA ARAUCANÍA

Debido a las diferencias geográficas que se presentan en la región desde los sectores andinos que poseen alta presencia de nieve en invierno y montañas, con un promedio de 2000 msnm, pasando por sectores precordilleranos con presencia de valles semiplanos que generan tanto extensos campos semiplanos como lagos, además de una depresión intermedia, con una cima de 300 msnm, pero con variados cordones montañosos que la cruzan en diferentes direcciones y amplias planicies costeras generan un sin fin tanto de suelos como características topográficas propias de cada comuna existente (Chile, s.f.), sumado el esparcimiento de los usuarios dentro de la misma implica que todos los programas, apoyos y sistemas que son implementados sean diferentes entre sí, por lo que estos son estudiados e implementados en terreno, generalmente, por empresas contratistas, para el caso de los sistemas de regadío, y por consiguiente presentan tanto dificultades como problemas específicos aplicados a los respectivos terrenos en donde se emplazan. Es por esto que en primer lugar se debe identificar y describir las características del lugar en donde se constituye el sistema específico.

1.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

Emplazado aproximadamente 45 km hacia el oeste de la ciudad de Temuco, capital regional de la Araucanía, distante a 791 kilómetros de Viña del Mar siguiendo la ruta 68 y su posterior conexión a la ruta 5 sur, es en este sector donde se emplazan y desarrollan año a año diferentes proyectos de variadas índoles, principalmente enfocados a pequeños y medianos agricultores de hortalizas, vegetales y frutas de temporada. Estos proyectos se desarrollan entre terrenos destinados a diferentes y variados usos tanto ganadero, particular (vivienda), turísticos y en gran medida a plantaciones forestales de árboles de Pino (*Pino Radiata*) y Eucalipto (*Eucaliptus globulus* y *Eucaliptus nitens*) (Barrios, 2019) influenciado por la potente presencia de esta industria existente en toda la región, son estos factores los que generan terrenos de dimensiones irregulares y no colindantes en los cuales se concretan estos sistemas de riego.

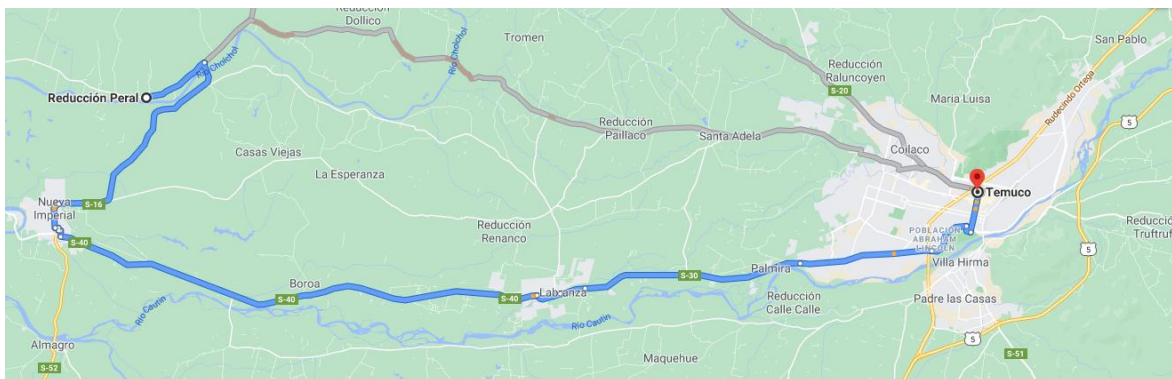


Figura 1-1: Ruta línea azul conexión Temuco-Reducción “El Peral”

Fuente: Google Maps

Este sector se caracteriza por ubicarse cercana en la intersección de los ríos Chol Chol y Cautín, los cuales dan origen al río Imperial que continúa su trayecto hasta desembocar en el Océano Pacífico, son estos caudales dominantes junto a una gran cantidad de afluentes de menor caudal creados por las precipitaciones existentes en la región los cuales forjan la geografía cortando el suelo y provocando la presencia de un sin número de pliegues naturales de terrenos de baja altura llamadas comúnmente como “lomas”, estas formaciones geográficas son las que dan origen a diferentes terrenos y sub suelos y desniveles los que tienden a limitar los productos que se pueden sembrar en determinados sectores.

Es en medio de estas lomas y, por lo general, a las orillas de estos afluentes que se desarrollan proyectos de agricultura los cuales requieren de un suministro estable y confiable del vital elemento hídrico para el correcto crecimiento de los distintos productos agrícolas que son sembrados y cosechados año a año en la región.

1.2. INFORMACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA

El financiamiento para la construcción de este sistema de riego fue proporcionado por el Instituto de Desarrollo Agro Pecuario (INDAP), este organismo dependiente del ministerio de Agricultura tiene como uno de sus pilares fundamentales acercar a pequeños agricultores al mercado y realizar un uso eficiente de recursos hídricos (INDAP, 2019), INDAP ofrece una serie de ayudas tanto financieras como técnicas y de asesoramiento enfocados en pequeños/as agricultores/as y campesinos/as, este organismo posee definiciones propias que al mismo tiempo se convierten en los requisitos para convertirse en usuario INDAP (figura 1-2) bajo el alelo del artículo 13 de la ley orgánica 18.910,

además de catalogar los tipos de suelos disponibles. Es dentro de estas ayudas que ofrece es que surgen los fondos concursables enfocados en riego agrícola, en donde, los agricultores deben presentar tanto el tipo de productos a sembrar y cosechar, además de las dimensiones de terreno a utilizar, al momento de ser seleccionado como beneficiado de estos fondos deben pagar una parte del total (aproximadamente 5% del costo total) son estos tipos de proyectos los que permiten un mejor cultivo y una disminución en las perdidas ya que aseguran el suministro de agua a los cultivos.

Tabla 1-1: Definiciones de calidad de campesino/a y pequeño productor/es agrícola de acuerdo a lo estipulado en el art.13 de la ley 18910

Pequeños productores/as agrícola:	Persona natural que explotan superficies no superiores a 12 hectáreas de riego básico, con activos menores a 3500 UF y cuyos ingresos provienen de la explotación agrícola y trabajo directamente la tierra independiente del régimen de tenencia.
Campesino/a:	Persona natural que habita y trabaja habitualmente en el campo y cuyos ingresos provienen de la actividad silvopecuarias realizada en forma personal cualquiera sea su calidad jurídica.

Fuente: Elaboración propia

Si bien INDAP posee técnicos y profesionales trabajado en los proyectos implementados, estos se ven copados debido a la cantidad de usuarios, solo en la región de la Araucanía existen 45.844 usuarios (INDAP, 2019) de los programas regulares enfocados en producciones agrícolas, frutas menores y hortalizas versus un personal total de parte de INDAP de 213 personas entre técnicos y profesionales tanto a contrata como planta, esto sumado al esparcimiento que presentan estos proyectos en la región provocan un aumento significativo en los tiempos de respuesta frente a las fallas que estos sistemas presenten, junto a las dificultades de comunicación por inexistencias o debilidades en las señales telefónicas generan una especie de “aislamiento” comunicacional entre los usuarios y los

profesionales y/o técnicos de INDAP incidiendo en repercusiones negativas hacia los cultivos por el tiempo de respuesta elevado frente a fallas de los componentes o causas externas que afecten estos sistemas de regadío.

1.2.1. ESTUDIOS E IMPLEMENTACIÓN

Como se menciona con anterioridad la selección del equipo hidráulico fue encargada a una empresa particular denominada “PGIC INGENIERÍA “, la cual se encargó de realizar las mediciones del terreno y los cálculos asociados a las necesidades hídricas requeridas, dichos requerimientos se basan, tanto, en la cantidad de cultivos así como el tipo de siembra a realizar (hortalizas, florales y frutales), y en no menor medida en las pérdidas de presión en los accesorios del sistema (válvulas de compuertas, válvulas de bola, manómetros) y pérdidas de presión generadas por la diferencia de altura y la pendiente existente tanto en el terreno específico emplazado así como todo el sector rural a la redonda, influenciado por el paso de los afluentes generados por las lluvias, la marcada presencia de “lomas” en el sector las cuales generan un sin número de pendientes en las cuales se emplazan estos sistemas de riego.

Cabe señalar que dicha instalación emplazada en el sector denominado “reducción el peral” solo posee las válvulas de compuerta y bola, además de la cañería de succión, electrobomba y control de encendido/apagado se encuentran a nivel o sobre nivel del suelo, toda la cañería es subterránea y para su instalación se realizó una zanja de 0,60 metros de profundidad y 0,50 metros de ancho, de acuerdo a los planos entregados, esta zanja cruza todo el predio ya su vez, es utilizada para ocultar las tuberías de la red eléctrica que suministran la energía para el funcionamiento del sistema.

El sistema de regadío como tal entra en la categoría de riego presurizado, es decir, que el agua es transportada a presión por medio de cañería, si bien existe otros métodos de riego como el de inundación, surcos (los cuales emplean la pendiente del terreno y la gravedad para mover el agua a lo largo de las siembras), riego por aspersión, por mencionar algunos estos son implementados de acuerdo a las condiciones de terreno en que se emplazan y a los tipos de cultivos a plantar, y en ningún caso se puede suponer que un sistema es mejor que otro (Demin, 2014), si no que cada uno se debe adaptar a las plantaciones y

condiciones en donde se emplaza procurando generar la mejor eficiencia posible del recurso.

Aunque todos los sistemas poseen diferencias entre sí, es posible generalizar tres secciones comunes del sistema; Captación de agua, Red hidráulica/distribución, Riego. Estas partes poseen diferente medida y diferentes componentes de acuerdo a los sistemas propios, a continuación se listara los componentes relacionados a este sistema de riego por goteo específico emplazado en la zona rural del Peral en la región de la Araucanía.

1.2.2. **CAPTACIÓN DE AGUA**

La captación se realiza desde el afluente denominado rio Chol-Chol colindante con el terreno en donde se emplaza la instalación del sistema, sin embargo existe un desnivel entre la superficie del rio y el equipo de captación, aproximadamente 6 metros de altura, pero al estar en desnivel inclinado se genera una línea de succión de mayor longitud de al menos 8 metros. Esto implica que el equipo debe ser de característica auto aspirante ya que no puede realizarse un cebado convencional de bomba.

1.2.2.1. **MOTOBOMBA**

Como elemento principal en la captación se utiliza una electrobomba fabricada por la empresa CALPEDA s.p.a. específicamente el modelo NGX 3/A de corriente monofásica y 0,75 hp de potencia, se caracteriza por ser una bomba centrífuga auto aspirante monobloc, es decir, no requiere de un cebado previo para funcionar, succionando el agua desde el afluente por medio de una tubería de 40 mm de diámetro.



Figura 1-2: Electrobomba CALPEDA modelo NGX 3/A de 220V y 0,75 HP

Fuente: Informativo técnico emitido por fabricante.

1.2.2.2. CONTROL DE ENCENDIDO/APAGADO

Conectado a esta electrobomba se encuentra el dispositivo HIDROMATIC H1, el cual controla la puesta en marcha y la parada del motor, además de poseer como característica principal se encuentra la función de “parada en seco” cuya función es proteger la bomba al momento de enfrentarse a un nivel bajo de agua en la succión, además de eliminar el efecto de golpe de ariete, el cual ocurre frente a cambios excesivos de presión provocados por manipulación o fallas en los equipos hidráulicos.



Figura 1-3: Control HIDROMATIC H1

Fuente: Informativo técnico del fabricante

1.2.2.3. FILTRO

Adicionalmente y siguiendo la línea de salida desde la electrobomba se ubican el filtro construido por la empresa AMIAD de 2'' para conexión en forma de “T” de funcionamiento manual cuya función principal es filtrar en gran medida el fluido saliente desde la electrobomba.

Este filtro posee un manómetro ubicado antes y otro ubicado después del filtro en sí, esto con el fin poder apreciar cualquier cambio en las presiones del caudal.



Figura 1-4: Filtro AMIAD 2'' T

Fuente: Elaboración propia

1.2.2.4. FERTIRRIGACION

A su vez se encuentra conectado en forma de “T” a la línea de succión un sistema llamado fertirrigacion que se compone de un deposito plástico de 60 litros de capacidad cuya base esta sobre el nivel de succión, el propósito de este depósito es el de entregar ya sea una mezcla de fertilizantes, insecticidas o nutrientes los cuales se funden en la línea principal y se entregan de manera directa a los productos agrícolas sembrados, este sistema “secundario” posee una válvula de bola que aísla el depósito de la línea principal en caso de encontrarse vacío.



Figura 1-5: Sistema de fertirriego

Fuente: Elaboración propia

1.2.2.5. CONTROL DE REGADÍO AUTOMÁTICO

El sistema posee como controlador un sistema programable capaz de encender y apagar en un horario determinado la electrobomba y un ramal (nodo de sector) específico de riego ajustado a los requerimientos hídricos de dicho sector. Posee como característica ser capaz de ejecutar funciones tanto en automático, en conjunto con las válvulas de compuerta en solenoide lo que consiste en el riego automatizado y en manual, encendiendo la electrobomba al momento de abrir las llaves de paso de un ramal específico,



Figura 1-6: Controlador programable de riego “Rain Bird”

Fuente: Catálogo del fabricante

1.2.3. **RED HIDRÁULICA/ DISTRIBUCIÓN**

La red hidráulica se encarga de transportar el fluido a presión desde la salida del filtro hasta las líneas de riego posicionadas en los productos agrícolas, para este caso específico estas cañerías se ubican bajo tierra en la zanja especificada en los planos de instalación, a excepción de los nodos de sector existentes para cada ramal y sector específico que fue implementado.



Figura 1-7: Sistema de control de ramal

Fuente: Elaboración propia

1.2.3.1 **CAÑERÍAS**

Como arterias del sistema se encuentran las cañerías constituidas por PVC PN 10, es decir, construidas en PVC con una presión nominal de trabajo de 10 kg/cm^2 o 100 m.c.a, se encargan de llevar todo el fluido presurizado por el sistema hasta las estaciones de cada ramal.



Figura 1-8: Cañería PVC 50 mm

Fuente: Catálogo fabricante

1.2.3.2 VÁLVULAS DE COMPUERTA

Las válvulas de compuerta utilizadas son RAF-P31 de control por solenoide y normalmente cerradas, son aquellas las que controlan el paso del caudal por los ramales y alimentan un determinado sector agrícola.



Figura 1-9: Válvula de compuerta RAF-P31

Fuente: Catalogo fabricante

1.2.3.3. VÁLVULAS DE PASO

Como aislante de cada ramal se encuentran válvulas de paso las que entregan un control secundario al caudal del ramal y a su vez, actúan como reguladores de caudal en caso de averías de válvula de compuerta.



Figura 1-10: Llave de paso ramal

Fuente: Catalogo fabricante

1.2.3.4 VÁLVULAS DE AIRE

Al ser un sistema autocebante se presenta el problema del aire atrapado en las cañerías los cuales pueden generar una sobrepresión en el encendido como también un vacío en el apagado del sistema, debido a esto se utiliza una válvula de aire combinada, específicamente la válvula D-040 “BARAK”, que permite el escape del aire a medida que las cañerías son llenadas con agua y por el contrario introduce aire en el vaciado del sistema



Figura 1-11: Válvula de aire combinada “BARAK”

Fuente: Catálogo fabricante

Este modelo específico se emplea solo en el purgado de la línea principal que surge desde la salida del filtro, en cada estación de control se emplea una válvula de diferente modelo, AV-010 para ser específico, construido por la misma empresa que fabrica la válvula tipo “BARAK”.



Figura 1-12: Válvula de aire y vacío modelo AV-010

Fuente: Catálogo fabricante

1.2.3.5. MANÓMETROS

Ubicados en cada estación de control de ramal entregan la presión existente del fluido, el cual, por las características del equipo impulsor al momento del encendido indicara presión cercana a 0 e ira aumentando de manera gradual en el tiempo hasta alcanzar la presión de trabajo requerida.

El manómetro utilizado posee una escala graduada de 0-150 psi y 0-10 bar



Figura 1-13: Foto referencial manómetro

Fuente: Catálogo fabricante

Es en este punto que surge el término de “ramal”, el cual se menciona en el punto 1.2.3 y hace referencia a una línea de riego que se desprende de forma perpendicular desde la cañería principal y se conecta a un nodo de sector específico, y es en cada comienzo de ramal que es posible observar los componentes unidos tal como lo muestra la figura 1-8, son estas conexiones las que controlan el riego de un determinado sector de riego.

1.2.4. **RIEGO**

Si bien existen diferentes tipos de sistemas de riego, estos deben ser de acuerdo a las características del lugar y del producto a sembrar, en el caso de este sistema se implementó un sistema de riego presurizado, esto debido en gran medida a la ubicación de la fuente del recurso hídrico, la cual, se ubica en la parte baja del terreno lo que elimina la posibilidad de otros sistemas de riego que emplean la gravedad y la energía propia del caudal forzando a la elección de un sistema capaz de impulsar el fluido contra pendiente del terreno.

El tipo de riego implementado para este caso consiste en un riego por goteo, el cual, a grandes rasgos, es un método en el cual se presuriza el fluido en cañerías mediante el uso de un equipo rotativo y la utilización de elementos específicos a este tipo de riego.

1.2.4.1 **LATERAL DE GOTEO**

A grandes rasgos el lateral de goteo puede considerarse como una cañería terciaria conectada a los ramales de riego y se ubican junto a las plantaciones a nivel del suelo, si bien suelen ser cañerías rígidas existen otro tipo de uso más popular debido a su

flexibilidad, el cual, consiste en un formato tipo “manguera” de este lateral de goteo lo que permite una mayor flexibilidad y facilidades en almacenaje y transporte.



Figura 1-14: Lateral de goteo RIVULIS

Fuente: Catálogo fabricante

1.2.4.2 EMISOR

Dentro de este lateral de goteo y separados a igual distancia se ubican los emisores, los cuales consisten en cilindros que entregan el goteo a las plantaciones esto gracias a que poseen un diseño que disminuye la presión del caudal a medida que recorre un “laberinto” ubicado en la superficie exterior de cada emisor lo que permite entregar un caudal específico y que varía según el diseño del mismo.



Figura 1-15: Emisor

Fuente: Google Imágenes

En este caso, se emplea el emisor “Hydrogol” de código 16/35/2, este código entrega información de rendimiento y de las características del emisor comenzando con el diámetro en mm, espesor de pared en mil (1 mil=25,4 micrones) y finalmente el caudal de salida en l/h probados con una presión de 1,0 bar. Por lo tanto este emisor. Por lo tanto este emisor posee un diámetro de 16 mm, espesor de pared de 0,89 mm y un caudal de 2 l/h

1.3. **RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO**

Como se menciona anteriormente en el principio del capítulo, estos sistemas son entregados a pequeños agricultores, y son aquellos los que requieren del correcto funcionamiento de estos sistemas para evitar pérdidas de los cultivos en las épocas de calor y en los periodos de crecimiento, esto adquiere mayor importancia al recordar que la fuente de ingresos proviene directamente de la cosecha y venta de estos productos agrícolas, es esta situación junto con el aislamiento comunicacional existente y la baja relación entre profesionales y beneficiarios lo que incide en la necesidad de contar con un plan frente a los problemas más comunes que afectan a estos sistemas.

Por otro lado, si bien la disposición de las líneas de goteo y las plantaciones son determinadas tanto por los agricultores como los profesionales y técnicos del área, estos se centran en disponer la cantidad de agua y los recursos suficientes para satisfacer la demanda, dejando de lado el funcionamiento a largo plazo, es en este punto en donde se deben realizar estudios relacionados al funcionamiento y criticidad de los elementos que componen este sistema, esto con el fin de lograr mantener tanto los ítems individuales como el sistema en funcionamiento en el tiempo.

Con el fin de mantener en funcionamiento los componentes se debe tener en consideración las características y funciones de estos.

Tabla 1-2: Resumen de función de los elementos del sistema

Sección del sistema	Componente	Función Principal	Característica principal
Captación de agua	Electrobomba	Produce el caudal requerido para las tareas de	Posee un auto cebado con la capacidad de auto aspiración de una

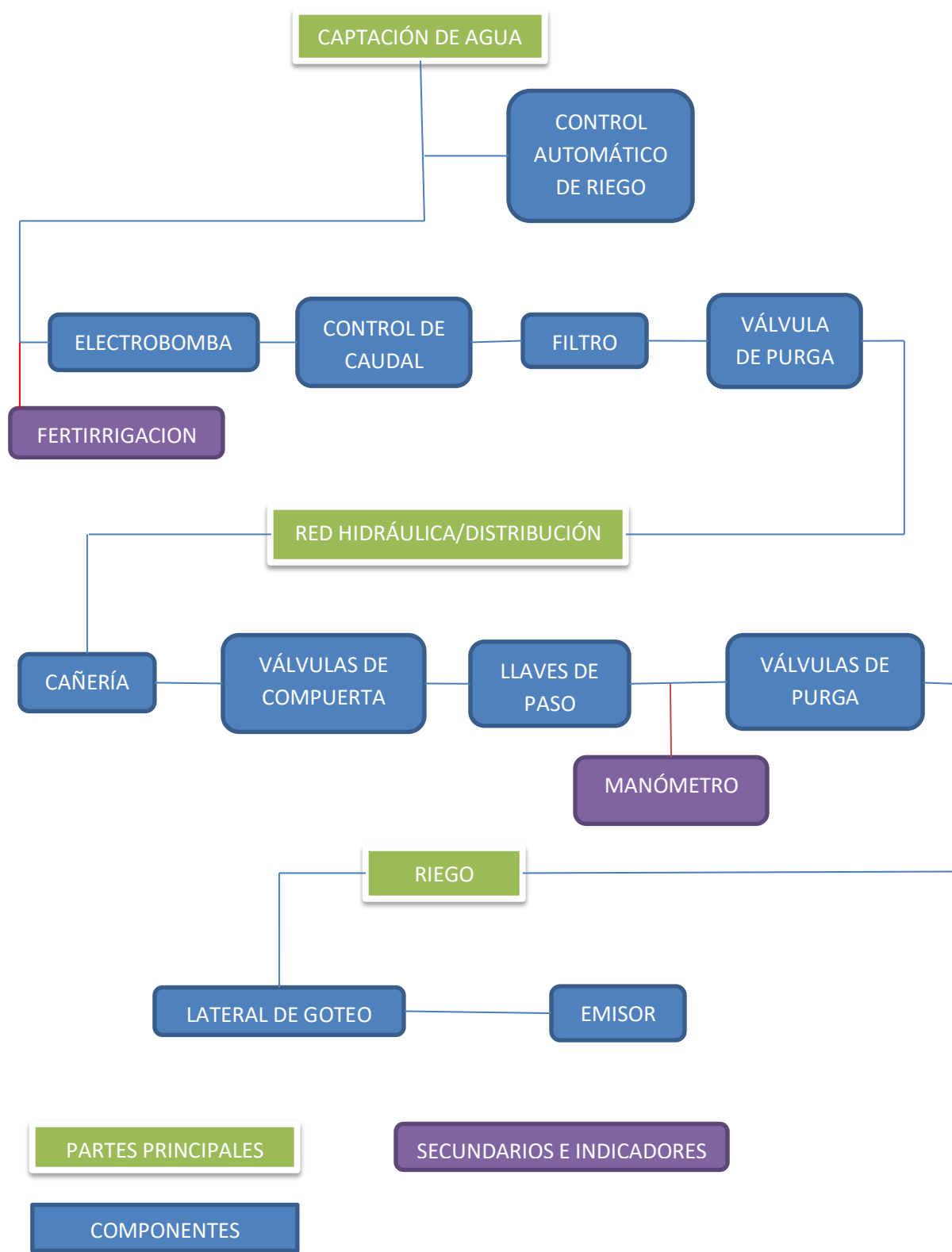
		riego.	columna de agua de 9 metros en 2:30 minutos ¹ .
	Control caudal	Encendido y apagado de la electrobomba	Mantiene estable el caudal durante el tiempo de funcionamiento
	Filtro	Retener las suciedades provenientes del afluente	No necesita herramientas para la extracción del filtro.
	Control automático riego	Automatiza el riego según horario a establecer	Es capaz de funcionar tanto de forma manual como automática
	Fertirrigacion	Suministra mezcla de nutrientes y abono al caudal.	Sistema independiente que suministra nutrientes a los cultivos
Red hidráulica/Distribución	Cañería	Distribuyen el fluido presurizado a lo largo del terreno emplazado	Soporta 100 m.c.a.
	Válvulas compuerta	Permiten el riego automatizado en conjunto con el control de riego	Permite el riego automatizado de los ramales.
	Llave de paso	Permite aislar el ramal en que se emplaza	Permite el aislamiento del ramal
	Válvula de	Facilitan la	Facilita el llenado y

	purga	salida de aire en las cañerías durante el llenado y la entrada durante el vaciado	vaciado de agua en la red hidráulica
	Manómetro	Indican la presión existente en el sistema	Señala la presión existente
Riego	Lateral de goteo	Distribuye el caudal a lo largo de las siembras emplazadas	Consiste en una manguera de alta flexibilidad para adaptación al terreno emplazado
	Emisor	Entrega el recurso hídrico en forma de goteo a las raíces de las plantaciones	Cada gotero posee dos salidas por lo que no existe una posición correcta del emisor.

Fuente: Elaboración propia

- 1. De acuerdo a curvas de capacidad de auto aspiración para modelo NGX 3/100 entregadas por el fabricante

A su vez, y de manera de entender el proceso, este se describe mediante un diagrama de flujo por el cual el agua circula desde al afluente hasta la plantación presente en el lugar, en primera instancia se puede deducir que cualquier avería o desperfecto en cualquiera de los componentes principales implica una variación en el caudal entregado. Debido a la importancia que asume estos sistemas en las plantaciones agrícolas estas variaciones pueden significar una pérdida de vegetación y por consiguiente una merma económica de las plantaciones.



Si bien los manómetros representan una medida de seguridad e indicador de un buen funcionamiento, las fallas que posea este componente no revierten una falla en la entrega de agua hacia los cultivos existentes.

Figura 1-16: Diagrama de flujo del sistema de riego

A modo de resumen y acuerdo a los datos suministrados por la empresa encargada de poner en funcionamiento este sistema, es posible obtener los datos generales del sistema como tal, el cual fue concebido para suministrar el recurso hídrico a una superficie aproximada de 3400 m² (0.34 ha) distribuidos entre 5 sectores de riego, en donde, dos de ellos poseen salidas de lavado directa desde la cañería gracias a una llave de paso ubicado en el final de determinados sectores de riego, permitiendo la implementación de un máximo de 7 sectores (tal como está establecido el sistema), la electrobomba por su parte surte el agua aspirando el equivalente a 6 m.c.a. y eleva el caudal hasta una altura de 5 metros entregando un caudal promedio de 1.53 m³/h con una presión promedio en las válvulas de los nodos de sector equivalente a 11.57 m.c.a. frente a los 12.84 m.c.a. promedio de presión en la salida de los filtros, indicando una perdida promedio cercana a los 1.408 m.c.a. en los nodos de sector debido a los accesorios presentes. Con el fin de lograr dar facilidades al riego es que este sistema posee un control automático, cuyo propósito tiene como objetivo el permitir programar un tipo de riego abriendo y cerrando las válvulas de compuertas controladas por solenoides en un horario determinado o de manera manual, en donde, al activar manualmente un nodo de sector este activa la electrobomba surtiendo el ramal luego del purgado de las cañerías, aunque requiere de un cierre manual que detenga el funcionamiento del sistema.

Tabla 1-3: Resumen características hidráulicas

RESUMEN HIDRÁULICO	
Superficie de riego	3400 m ²
Presión promedio en salida de filtro	12.84 m.c.a.
Caudal promedio	1.53 m ³ /h
Presión promedio en válvulas de nodo	11.57 m.c.a.

Fuente: Elaboración propia

1.4 SITUACIONES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO

Esta sección nombra los problemas que surgen de manera externa al sistema de riego, a grandes rasgos estas fallas son provocadas por la infiltración de elementos contaminantes provenientes de las fuentes hídricas, son aquellos componentes los suficientemente

pequeñas como para no ser detenidas por los filtros los que provocan daños de diferente magnitud y que por las dimensiones, principalmente, de los emisores revierten un problema significativo, el cual, debe enfrentarse de manera preventiva ya que una vez ocurrida significa una complicación mayor de eliminar.

1.4.1 OBSTRUCCIÓN DE EMISOR

Debido al diseño tipo laberinto que poseen los emisores el destaponamiento no puede realizarse de manera manual, ya que solo dañara y cambiara el caudal entregado para el cual fue diseñado, provocando una des uniformidad de riego (Figura 3-1) junto a una disminución del rendimiento del mismo.



Figura 1-17: Diferencia de caudal entre emisores en normal funcionamiento (extremos) y emisor obstruido (medio)

Fuente: “Mantención y operación de sistemas de riego a presión”

- **Obstrucción bacteriana:** Ocurre como consecuencia de la utilización de recursos hídricos superficiales (ríos, lagos, vertiente, esteros...), es generado por el ingreso de elementos orgánicos provenientes de la fuente, los cuales, son lo suficientemente pequeños como para no ser captados por el sistema de filtrado. El acumulamiento de algas (Figura 3-2) deriva en dos grandes problemas, en primer lugar, la acumulación de algas en descomposición da lugar al crecimiento de limo, dicho componente se desarrollan en los emisores generando obstrucción junto a permitir, en segundo lugar, un sitio propicio para el crecimiento bacteriano en las acumulaciones dentro de las líneas de goteo provocando una obstrucción total del emisor como consecuencia.

La presencia de este efecto bacteriano se pone en evidencia al decolorarse la salida del emisor (Figura 3-3) debido a la oxidación de minerales provocado por las bacterias adheridas en la parte interna del mismo.



Figura 1-18: Crecimiento bacteriano en emisor

Fuente: “Mantenimiento y operación de sistemas de riego a presión”



Figura 1-19: Decoloración por oxidación mineral

Fuente: “Mantenimiento y operación de sistemas de riego a presión”

- Obstrucción por raíces: Provocado por un riego insuficiente hacia las siembras, esto incita a las raíces a crecer hacia la fuente de agua (Figura 3-4) buscando absorber

más del recurso hídrico, es así que en la búsqueda de agua las raíces ingresan mediante el gotero del emisor hacia las líneas de goteo y otras cañerías, obteniéndose como resultado una obstrucción parcial o total del riego hacia las siembras (Figura 3-4).



Figura 1-20: Raíces en el interior de líneas de riego

Fuente: “Manual de manejo y mantenimiento instalaciones de riego por goteo”

CAPÍTULO 2: COMPONENTES CRÍTICOS

2. **ESTUDIOS TÉCNICOS**

A continuación de la descripción del funcionamiento del sistema de riego, en conjunto a los componentes involucrados, comienza el proceso de establecer la importancia de estos equipos dentro del sistema de riego como tal.

Debido a la dificultad de entregar una solución rápida a las posibles fallas que pueden afectar el funcionamiento, provocado por los problemas comunicacional de capacidad de respuesta del sistema de riego, se vuelve indispensable realizar un análisis de la importancia de los componentes en el sistema como tal, es decir, determinar las consecuencias de la aparición de un modo de falla (se entiende como cualquier inconveniente que impida al componente cumplir correctamente la función que se espera realice) en el funcionamiento normal del método de riego. Con el propósito de establecer este propósito es que el sistema de riego es sometido a un análisis de modo de falla.

2.1 **PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE MÉTODO “AMFEC”**

El método “AMFEC” o análisis de modo de falla, efectos y criticidad consiste en un proceso de análisis cuyo objetivo se centra en la identificación de los modos de falla existentes, los cuales, representan el mayor riesgo en la correcta operación de los sistemas a estudiar.

Si bien este método se centra en los sistemas de plantas de procesos, este posee características que pueden ser extrapoladas a diversos sistemas, especialmente en la formulación de la estructura de un método de planeación y la gestión del mantenimiento. Este método (Aguilar-Otero, 2010) presenta etapas generales:

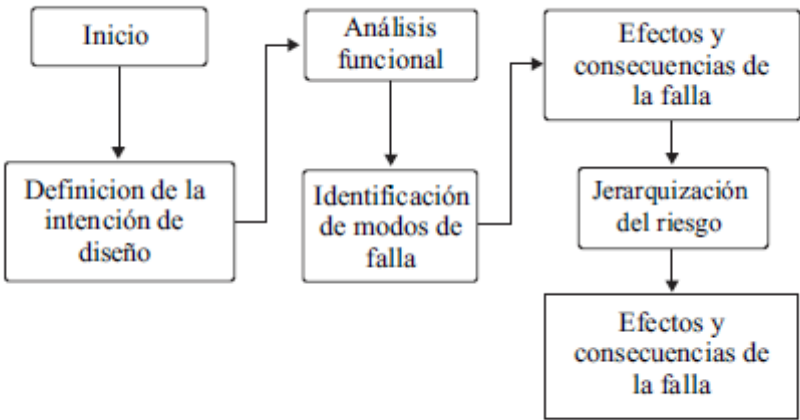


Figura 2-1: Diagrama de flujo método AMFEC

Fuente: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad

Dichas etapas consisten en:

- Definición de la intención de diseño
Consiste en comprender la lógica del proceso a estudiar, junto con identificar las condiciones de operación, esta etapa involucra la participación del personal en las operaciones del proceso con el fin de asimilar el mismo y de esa manera evitar las posibles malas decisiones que se puede tomar frente a la operación del sistema.
- Análisis funcional
Comprende el conocer las funciones que desempeñan cada componente del sistema o, por lo menos, lo que se espera que cumpla.
- Identificación de modo de falla
En primer lugar se hace referencia a un modo de falla como la incapacidad de un componente para desempeñar su función, en otras palabras y a grandes rasgos, es posible decir que es la forma en que un activo falla.
- Efectos y consecuencias de la falla
Se examina el efecto que tiene la falla en el sistema (efecto de la falla) mediante los indicadores disponibles, además de las consecuencias que esta pudiera ocasionar sobre la seguridad tanto en el medio ambiente como el personal y la producción misma (si es que corresponde).
- Jerarquización del riesgo
Análogo al análisis de criticidad, no obstante utiliza una matriz de riesgo (Figura 2-2) que hace referencia a los modos de falla junto a la frecuencia en que estos se presentan.

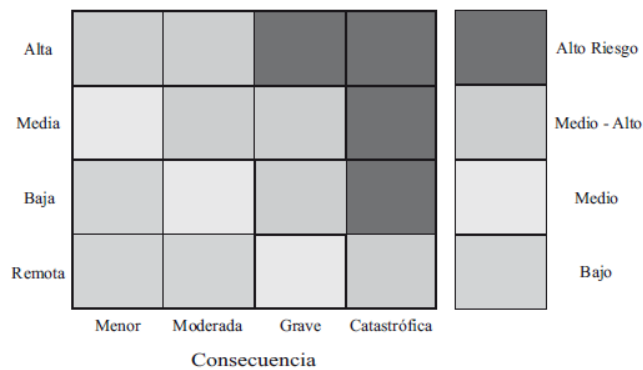


Figura 2-2: Matriz de riesgo empleada en método AMFEC

Fuente: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad

2.2 APLICACIÓN DE METODOLOGÍA “AMFEC” AL SISTEMA DE RIEGO

Para el caso de estudio, el cual, corresponde al sistema de riego por goteo se procede a realizar el análisis AMFEC aplicado a dicho método de riego.

Definición de la intención de diseño

El método de riego por goteo consiste, a grandes rasgos, en la captación de agua desde el afluente colindante al terreno en donde fue emplazado, ayudado por una electrobomba encargada de generar un caudal promedio de 1.53 m³/h desde un desnivel de 8 (m) bajo el nivel de la electrobomba hasta una altura de 4 (m) sobre la misma, permitiendo distribuir dicho caudal de manera presurizada empleando cañerías de PVC de 50 (mm) de diámetro distribuidas a lo largo de los 3400 m² de superficie destinadas a tareas agrícolas, dicha superficie se encuentra dividida en determinados sectores de riego, los cuales, poseen un nodo de sector compuesto por una serie de válvulas de compuertas, llaves de paso y manómetros cuyo propósito es el de regular el riego a un sector determinado, además de conectar, la cañería principal con las cañerías secundarias y laterales de goteo cuyo emisor ubicado en el interior de dichos laterales entregan un caudal constante a las siembras agrícolas sembradas.

Análisis funcional

En concordancia con lo descrito en la intención de diseño y a manera de resumen se entiende que el propósito consiste en emplear una electrobomba para elevar agua desde el afluente, a su vez, esta misma electrobomba está encargada de generar el caudal necesario

para el riego adecuado de las siembras agrícolas, este caudal es distribuido mediante cañerías de PVC hacia los sectores asignados a siembras, finalmente el riego se encuentra regulado por las válvulas de compuertas ubicados en los nodos de sector entregando una doble funcionalidad de control de riego a un sector determinado y actuador automatizado de riego, ya que son estas válvulas en conjunto con el controlador de riego “rain bird” los encargados de realizar un riego programado a un determinado sector de siembra.

Con estos antecedentes se establece, en primer lugar, para la sección de captación de agua:

- 1) Elevar el agua captada desde el afluente hasta la sección impulsora de la electrobomba
- 2) Generar el caudal requerido para el riego agrícola

Sección de distribución:

- 3) Distribuir el caudal hacia los sectores de riego
- 4) Control de riego en nodo de sector

Identificación de modos de falla

A continuación se establecen las fallas funcionales, es decir, la perdida de función del componente.

Función	Falla funcional
1) Elevar el agua captada desde el afluente hasta la sección impulsora de la electrobomba	1.1) Incapacidad de elevar agua desde una diferencia de altura de 6 (m)
2) Generar el caudal requerido para el riego agrícola	2.1) Perdida de capacidad impulsora 2.2) Caudal insuficiente
3) Distribuir el caudal hacia los sectores de riego	3.1) Perdida de hermetismo en cañería soterrada
4) Control de riego en nodo de sector	4.1) Perdida de conexión electrónica.

Figura 2-3: Fallas funcionales

Fuente: Elaboración propia

Si bien el control de riego en el nodo de sector corresponde a una perdida relevante de la capacidad de realizar riegos automáticos en sectores específicos, esto no revierte una situación de pérdida total de riego, ya que, estas válvulas poseen un cierre y apertura manual aunque esta acción debe realizarse cada vez que se desee realizar un riego o aislar un sector determinado.

Luego del análisis de las fallas funcionales, es necesario realizar un estudio de cada falla latente en el sistema (Figura 2-1), esto mediante la identificación de los modos de falla, es decir, las causas las cuales detonan una falla funcional en los componentes.

Falla funcional	Modo de falla
1.1) Incapacidad de elevar agua desde una diferencia de altura de 6 (m)	1.1.1 Cañería de aspiración desconectada 1.1.2 Presencia de aire al interior de cañería de aspiración o interior de la electrobomba 1.1.3 Suministro eléctrico inadecuado o inexistente ¹
2.1) Perdida de capacidad impulsora	2.1.1 Desconexión de cañerías de salida 2.1.2 Fugas en sellos
2.2) Caudal insuficiente	2.2.1 Rodete deteriorado 2.2.2 Cuerpos solidos o exceso de materia orgánica en rodete 2.2.3 Desgaste de electrobomba
3.1) Perdida de hermetismo en cañería soterrada	3.1.1 Fugas en uniones de cañerías 3.1.2 Fracturas en cañeria ²

(1) Suministro eléctrico tiende a la inestabilidad provocado por daños al tendido eléctrico provocado por terceros o como consecuencia de efectos climáticos.

(2) Cañerías soterradas bajo tierra, sin embargo, propensas a fracturas por paso de equipo agrícola.

Figura 2-4: Modos de falla

Fuente: Elaboración propia

Efectos y consecuencias de la falla

Posterior a la identificación de los modos de falla consecuente con sus respectivas fallas funcionales se realiza un estudio de los efectos (resultados inmediatos y consecuencias en el proceso en el que participa) y consecuencias (inconvenientes a largo plazo) que surjan producto de la aparición de aquellos modos de falla.

Modo de falla	Efectos de la falla	Consecuencias de la falla
1.1.1	Inhabilidad de suministrar agua hacia el sistema de riego	Disminución de la eficiencia del riego
1.1.2	Inhabilidad de suministrar agua hacia el sistema de riego	Sobreconsumo eléctrico, disminución de la eficiencia del riego
1.1.3	Inhabilidad de suministrar agua hacia el sistema de riego	Requiere intervención y gasto económico para reparaciones
2.1.1	Inhabilidad de suministrar agua hacia el sistema de riego	Disminución de la eficiencia del riego
2.1.2	Perdida de caudal, suministro de agua insuficiente	Disminución de la eficiencia del riego
2.2.1	Caudal entregado insuficiente	Disminución de la eficiencia del riego
2.2.2	Obstrucción de caudal entregado, suministro de agua insuficiente	Disminución de la eficiencia del riego
2.2.3	Insuficiencia del caudal entregado	Disminución de la eficiencia del riego
3.1.1	Suministro entregado a los nodos de sector menor al normal	Disminución de la eficiencia del riego
3.1.2	Interrupción del suministro de agua al riego	Requiere intervención y gasto económico para reparaciones

Figura 2-5: Efectos y consecuencias de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

Jerarquización de los riesgos

Con estos datos se procede a realizar una jerarquización de los riesgos que representan los modos de falla sobre determinados aspectos tales como el medioambiente, operarios y los efectos que presenten los modos de falla sobre la capacidad de riego.

Modo de falla	Frecuencia de modo de falla	Consecuencia al personal	Consecuencia al medio ambiente	Consecuencias a la producción
1.1.1 Cañería de aspiración desconectada	Baja	Menor	Menor	Grave
1.1.2 Presencia de aire al interior de cañería de aspiración o interior de la electrobomba	Baja	Menor	Menor	Moderado
1.1.3 Suministro eléctrico inadecuado o inexistente	Media	Moderada	Menor	Grave
2.1.1 Desconexión de cañerías de salida	Baja	Menor	Menor	Grave
2.1.2 Fugas en sellos	Baja	Menor	Menor	Moderado
2.2.1 Rodete deteriorado	Remota	Menor	Menor	Grave
2.2.2 Cuerpos solidos o exceso de materia orgánica en rodete	Alta	Menor	Menor	Grave
2.2.3 Desgaste de electrobomba	Remota	Menor	Menor	Moderado
3.1.1 Fugas en	Media	Menor	Menor	Moderado

uniones de cañerías				
3.1.2 Fracturas en cañería	Media	Menor	Menor	Grave

Figura 2-6: Jerarquización del riesgo

Fuente: Elaboración propia

Posterior a realizar la jerarquización se trasladan los datos a las llamadas matrices de riesgo, la cual, facilita la comprensión de la relevancia que posea la ocurrencia de los modos de falla en diversos ámbitos, esto mediante la ubicación entre las categorías de la frecuencia del modo de falla y la gravedad de la consecuencia en un aspecto específico.

Alta	2.2.2			
Media	3.1.1,3.1.2	1.1.3		
Baja	1.1.1,1.1.2 2.1.1,2.1.2			
Remota	2.2.1,2.2.3			
	Menor	Moderada	Grave	Catastrófica

Figura 2-7: Matriz de riesgo-Daños al personal

Fuente: Elaboración propia

Alta			2.2.2	
Media		3.1.1	1.1.3,3.1.2	
Baja		1.1.2,2.1.2	1.1.1,2.1.1	
Remota		2.2.3	2.2.1	
	Menor	Moderada	Grave	Catastrófica

Figura 2-7: Matriz de riesgo-Daños a la producción

Fuente: Elaboración propia

Alta	2.2.2			
Media	1.1.3,3.1.1 3.1.2			
Baja	1.1.1,1.1.2 2.1.1,2.1.2			
Remota	2.2.1,2.2.3			
	Menor	Moderada	Grave	Catastrófica

Figura 2-8: Matriz de riesgo-Daños al medio ambiente

Fuente: Elaboración propia

De la categorización de los modos de falla en las matrices de riesgo se obtienen pautas a seguir en las tareas de mantenimiento y definir de mejor manera las estrategias de mantención.

2.3 **DAÑOS PROVOCADOS POR ACCIONES EXTERNAS**

Esta sección hace referencia a todos aquellos inconvenientes o situaciones detectadas luego de la instalación de los sistemas de regadío asignados a los beneficiarios de estos proyectos INDAP, estas situaciones surgen por diversas razones, entre ellas se encuentran la implementación de riegos en terrenos de dimensiones irregulares, además de ser implementados pensando en situaciones ideales. Estas situaciones son identificadas, en su mayoría, luego de un tiempo de operación lo que impide su rectificación inmediata.

- Captación de agua

En el caso del sistema estudiado la ubicación de la electrobomba se encuentra ubicado en proximidad al afluente de donde se obtiene el agua, pero debido a la crecida de este durante el invierno, esta posición de vuelve un inconveniente, ya que se vuelve propensa a sufrir daños por la subida del agua.

- Red hidráulica

Si bien las cañerías se ubican soterradas, estas sufren daños frente al paso inevitable de maquinaria agrícola, esto debido a que el soterramiento cruza toda la extensión del terreno

por lo que el paso sobre la zanja es inevitable tanto para personas, equipos y vehículos, por lo que son susceptibles a fracturas provocadas por el paso de peso excesivo.

Por otro lado, los nodos de sector distribuidos por todo el terreno se emplazan sobre el nivel del suelo, por lo que presentan susceptibilidad a rupturas por impactos de vehículos encargados de realizar tareas agrícolas o similares.

- Alimentación eléctrica

Aunque la red eléctrica domiciliar ubicada en el sector son estables e ininterrumpidas estas poseen una alta tasa de interrupciones ya sea por fenómenos climáticos que provocan la caída de material sobre las líneas eléctricas, cortes provocados por el paso de cargas sobredimensionadas o mantención de líneas eléctricas, estos inconvenientes conllevan un alto tiempo de espera en la reposición debido a problemas tanto de comunicación así como de cantidad de personal encargado de reposicionar este servicio. Estos tiempos de espera revierte una pérdida en la frecuencia de riego, revirtiendo una merma en las siembras agrícolas a largo plazo por la ineficiencia de riego generado por estos inconvenientes.

2.4 SOLUCIONES CORRECTIVAS

Debido a las características del sector en donde se encuentra emplazado el sistema de riego es que, en primera instancia, y frente a cualquier daño al cual son susceptibles los componentes es que se observan dos métodos de sobrellevar dichas fallas.

De forma transversal a las situaciones que afectan al normal funcionamiento del sistema, se encuentra el reemplazo del componente afectado, ya sea por fallas de funcionamiento, daños o intervención de terceros. Esta metodología permite asegurar el riego eficiente aunque revierte una inversión económica derivada de la adquisición y almacenamiento de los repuestos necesarios, así como de herramientas, material y personal capacitado en asegurar la intervención en el reemplazo del componente afectado.

CAPÍTULO 3: ESTRATEGIAS PREVENTIVAS

3. PROBLEMÁTICA

Debido a los problemas de conexión comunicacional presente en el sector, como son señales telefónicas aisladas e intermitentes en gran parte del sector emplazado, un alto tiempo de respuesta frente a daños o problemas que puedan afectar al sistema de riego debido a la baja cantidad de técnicos y profesionales de INDAP comparado con la cantidad de usuarios en la región de Araucanía, en conjunto a la alta criticidad que adquieren dichos sistemas en el tiempo, influenciado principalmente por ser la fuente del recurso hídrico hacia las siembras agrícolas, el sustento económico primordial de los beneficiarios de estos sistemas, se convierten en las razones primordiales que inciden en la necesidad de contar con un plan de mantenimiento de características tanto preventivas como correctivas junto a tareas que permitan la eficiente operación de estos vitales sistemas.

El propósito de estas indicaciones es de crear una guía capaz de enfrentar los principales problemas que surgen en el día a día de la operación de estos sistemas de riego, aunque estas solo se limitan a los equipos y componentes del sistema, las modificaciones referidas a la selección de un sistema de riego frente a otro, el orden, disposición de las cañerías, distancia entre emisores, caudal suministrado, o información referida a la composición del suelo deben ser consultadas a los técnicos o profesionales de INDAP o especialistas del área agronómica.

3.1 MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA

Empleando como base la información obtenida desde el método AMFEC realizado en el capítulo anterior es que se procede a realizar observaciones que permitan prevenir la ocurrencia de los modos de falla evitando los efectos negativos que estas causan al riego agrícola.

Tomando en consideración los inconvenientes que impiden la correcta operación de un sistema de riego presurizado, indicado en la sección 1.3, y previniendo el inconveniente de realizar un cambio de elementos contaminados, es que se debe optar por la realización de tareas preventivas, las cuales, consisten en efectuar inyección de agentes químicos de forma periódica empleando, para este caso, el sistema de fertirrigación instalado en la sección de captación de agua de este sistema de riego. A grandes rasgos es necesario emplear cloro activo, cuyo propósito es el de prevenir obstrucciones, esto se logra mediante la descomposición de limo y bacterias acumuladas, en conjunto a la eliminación de sedimentos acumulados en las cañerías, línea de goteo y emisores, es necesario inyectar en

proporciones correspondiente a las hectáreas de riego (Tabla 3-1). A su vez es recomendado el uso de ácidos para la eliminación de evidencia de taponamiento químico debido a que el cloro no es capaz de removerlo, además de ayudar en la eliminación de bacterias y algas presentes.

Tabla 3-1: Proporciones recomendadas de inyección de químicos en el sistema de acuerdo a la cantidad de hectáreas regadas y cronograma modelo

Compuesto químico	Proporción litros/Hectáreas	Periodo recomendado de inyección ⁽¹⁾
Hipoclorito de calcio (Cloro activo)	2 litros al 65% por cada hectárea	Cada 14 días
Ácido nítrico	4 litros/Hectárea	2-4 veces por temporada de riego
Ácido fosfórico	4 litros/Hectárea	Cada 14 días

Fuente: Elaboración propia basada en “Mantenimiento y operación de sistemas de riego a presión”

(1) Periodos de inyección debe ser alternando inyecciones de componente químicos (Acido-Cloro-Acido) (Garay, s.f.)

3.2 **MANTENIMIENTO DE EQUIPOS**

En contraste, el mantenimiento de los equipos procura evitar la ocurrencia de fallas y los efectos y consecuencias que estos pudiesen generar, de esta manera y como herramienta de ayuda a la comprensión del anexo de mantenimiento, además de la utilización de esta sección como aporte de información a los problemas recurrentes al tipo de equipo descrito.

Aunque todas las secciones que componen el sistema de riego suponen diferentes tareas de mantenimiento son estas las que permiten a todas las secciones funcionar en estado óptimo, dichas secciones requieren, a manera de resumen:

Captación de agua: Dicha sección involucra la elevación y generación del caudal hídrico con el propósito de impulsar el fluido a través de las cañerías hacia las partes altas del terreno en el cual se emplaza el sistema de riego, a su vez, esta sección puede ser dividida

en dos sub secciones diferentes, las cuales consisten en los equipos mecánicos y en los controladores eléctricos

- Controladores eléctricos: Debido a la implementación de una electrobomba tipo monoblock la instalación requiere, junto a líneas de alimentación eléctrica domiciliaria, dos equipos encargados tanto del encendido del equipo hidráulico como la apertura y cierre de las válvulas de compuerta ubicadas en los nodos de sector.

Tabla 3-2: Indicaciones de mantención a controladores eléctricos

Equipo	Función ¹	Mantenimiento/indicaciones
PRESCONTROL (Controlador de flujo)	Encendido/Apagado de electrobomba	-La intervención del equipo es mínimo, aunque las averías en placa eléctrica conllevan al cambio de equipo -Posee un reinicio automático en caso de corte eléctrico -Actúa como valvular de retención junto a electrobomba permitiendo el auto cebado del mismo.
RAIN BIRD (Controlador de regadío automático)	Control de cierre apertura de válvulas de compuerta ubicadas en nodos de sector	-Construido con una memoria no volátil, es decir, la programación no se borra en caso de corte de suministro eléctrico -En caso de falla contactar a técnico especializado

1. Basado en información obtenida desde instructivo de funcionamiento entregado por el fabricante.

Fuente: Elaboración propia

- Equipos y componentes hidráulicos: Implica desde el equipo impulsor, sistemas de filtro, válvulas de cebado y sistema de fertirriego. Estos elementos junto con los controladores eléctricos se ubican instalados sobre una superficie nivelada de concreto emplazada dentro de una jaula construida con el propósito de protegerlo de las inclemencias climáticas, aunque presentan inconvenientes provocados por el aumento del nivel del agua del afluente descrito en la sección 2.2

Tabla 3-3: Indicación de mantención a componentes hidráulicos

Equipo	Función ¹	Mantenimiento/Indicaciones
Electrobomba	Impulsar el fluido desde el flujo natural e impulsarlo a través de la red hidráulica	-Previo a cualquier mantención debe ser desconectado de la red eléctrica -Requiere cebado inicial y vaciado en caso de retiro -Inspección preventiva basada en verificación de temperatura de funcionamiento y ruidos provenientes de rodamientos
Filtro	Filtrar partículas e impurezas procedentes del caudal natural	-Limpieza a realizar emplea el uso de agua a presión (Filtros desmontables) -Sección inferior se desmonta manualmente sin herramientas (posee hilo derecho)
Válvula de purga “BARAK”	Permite la salida del aire en las cañerías a medida que se llena de agua en el llenado y el ingreso del aire en el vaciado.	-Intervención mínima -Componentes derivados de plásticos industriales -Se recomienda poseer repuesto frente a daños externos
Fertirriego	Permite la inyección de agentes fertilizantes y químicos en el caudal de riego.	-Sistema secundario, funcionamiento por gravedad -Limpieza con agua corriente lavando desechos en paredes de contenedor

1. Basado en información obtenida desde instructivo de funcionamiento entregado por el fabricante.

Fuente: Elaboración propia

Red hidráulica: Permite el transporte de fluido a presión a través de las cañerías instaladas en el terreno, como es indicado, la cañería principal se encuentra soterrada gracias a la construcción de una zanja de 0,5 metros de ancho por 0,6 metros de profundidad lo que entrega protección frente a la radiación ultravioleta, a excepción de los nodos de sección

ubicados sobre el nivel del suelo con el propósito de facilitar el manejo e inspección del sistema.

Tabla 3-4: Indicaciones de mantención a red hidráulica

Equipo	Función ¹	Mantenimiento/Indicaciones
Cañerías	Transporte de fluido a presión	-Inspección rutinaria en busca de fugas en sección soterrada
Válvulas de compuerta	Permite el riego automatizado	-Revisión de membrana periódicamente, buscando posibles obstrucciones.
Llaves de paso	Aísla la sección en caso de emergencia o mantención	-Intervención mínima -Revisión periódica en busca de presencia de oxido -Requiere protección del ambiente en temporada de lluvia
Válvulas de purga	Permite el vaciado del aire en el llenado y la entrada del mismo en el vaciado	-Intervención mínima -Susceptible a daños por terceros -Se recomienda poseer repuesto en caso de daño por terceros
Manómetro	Indican la presión existente del fluido en el nodo de sector	- Intervención mínima -Susceptible a daños por terceros -Se recomienda poseer repuesto frente a problemas y/o daños

1. Basado en información obtenida desde instructivo de funcionamiento entregado por el fabricante.

Fuente: Elaboración propia

Riego: La selección del riego presurizado emplazado en el terreno responde principalmente a las notorias diferencias de nivel del terreno descritas en el capítulo 1.

Tabla 3-5: Indicaciones de mantención al riego

Equipo	Función ¹	Mantenimiento/Indicaciones
Laterales de goteo	Distribuir el caudal paralelo a las siembras	-Revisión periódica en busca de rupturas -Posibles daños debido a rasgadura animal

	agrícolas	(conejos, ratones, perros...) -Se recomienda cambio total luego de 2 temporadas de riego.
Emisor	Surte de un caudal especifico a los productos agrícolas sembrados	-Verificación periódica de caudal entregado y búsqueda de obstrucciones

1. Basado en información obtenida desde instructivo de funcionamiento entregado por el fabricante.

Fuente: Elaboración propia

Dentro de este mantenimiento se deja de lado el correspondiente a las instalaciones eléctricas y el funcionamiento electrónico de los controladores eléctricos debido a la falta de conocimiento referido al tema.

3.3 **DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS CRÍTICOS**

Esta sección entrega datos específicos referidos a los equipos más complejos del sistema, esta información va en ayuda directa a la comprensión de la función de elementos del equipo así como en ayuda visual al momento de intervenir el equipo.

Electrobomba: De acuerdo a las indicaciones de fabricante y teniendo en cuenta el desgaste del equipo, se recomienda, a manera preventiva, una inspección visual de los componentes y temperaturas de operación, previo al inicio de la temporada de riego, con base en la temperatura de funcionamiento, la cual no debe exceder los 80°C en la superficie exterior del equipo, así como la temperatura del fluido no debe ser superior a los 60°C, este último pierde relevancia en el sistema de riego estudiado debido a la extracción del fluido desde un afluente con temperaturas máximas de 24°C (DGA, 2010) en zonas cercanas al emplazamiento del sistema. Por otro lado la inspección realizada por medio de la audición indicara posibles daños a los rodamiento del equipo, y por el contrario, fallas eléctricas referidas a la bobina de la sección motriz del equipo deben der derivadas a un especialista del área.

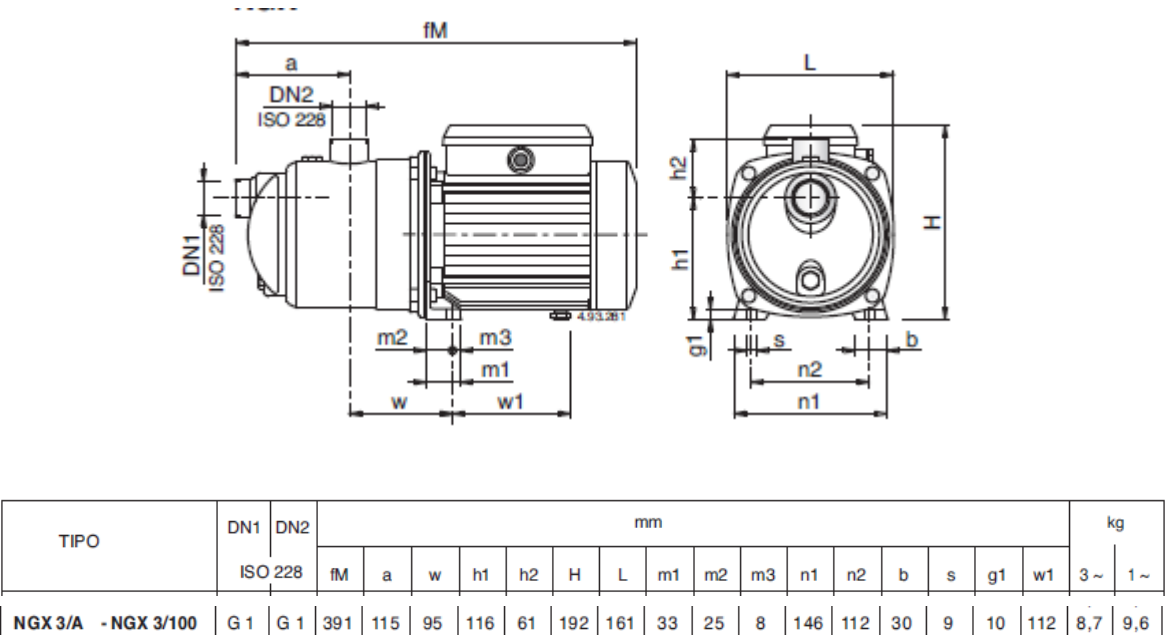


Figura 3-1: Dimensiones generales electrobomba modelo NGX 3/A

Fuente: Instrucciones fabricante CALPEDA spa

Con el propósito de realizar de manera efectiva el cebado (Figura 3-6) inicial previo al primer inicio de operación debe ser desatornillado el perno indicado con el número 14.04 en la Figura 3-7, por el contrario, es necesario retirar los pernos indicados con número 14.04 y 14.12 para el vaciado previo al desmontaje del equipo en caso de intervención.

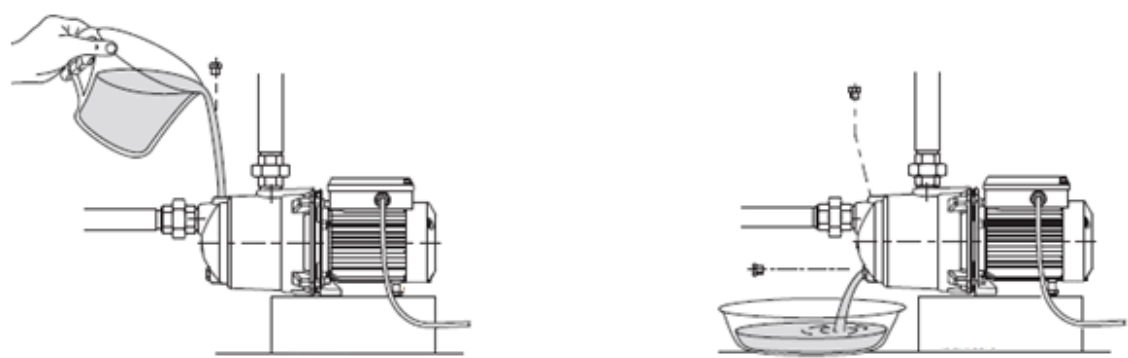


Figura 3-2: Cebado inicial (Izquierda) y vaciado (Derecha) de sección impulsora de electrobomba

Fuente: Instrucciones CALPEDA spa

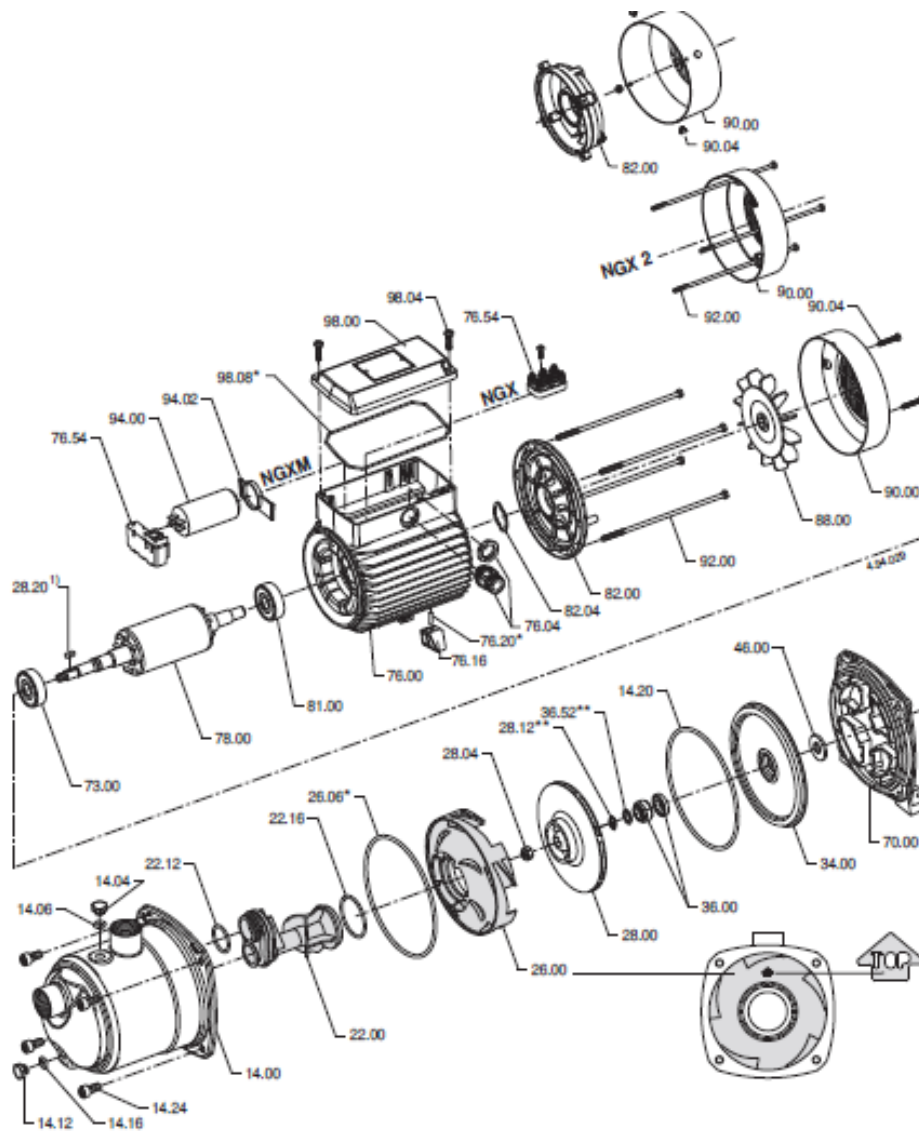


Figura 3-3: Plano explotado electrobomba

Fuente: Instrucciones CALPEDA spa

Válvula de compuerta: Posee un diseño simple y de solo tres componentes además de pernos y tornillos empleados en la sujeción de dichas partes (Figura 3-8), el mantenimiento se simplifica frente a este diseño que posee como característica de poseer un diafragma deformable (Figura 3-9), lo que permite el paso expedito del caudal con pérdidas menores. Por el contrario la mantención del solenoide de control de apertura y cierre debe ser encargado a personal calificado al área eléctrica.

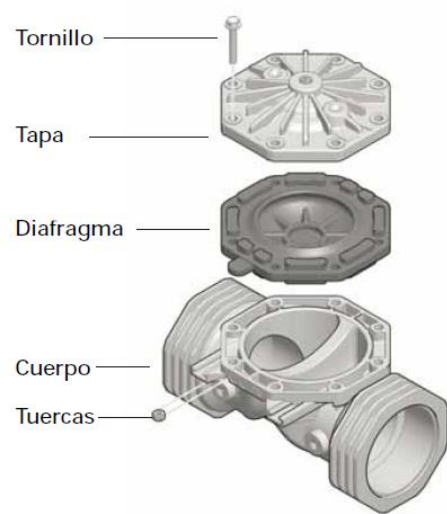


Figura 3-4: Vista explotada de válvula de compuerta

Fuente: Catalogo de Riego RAF

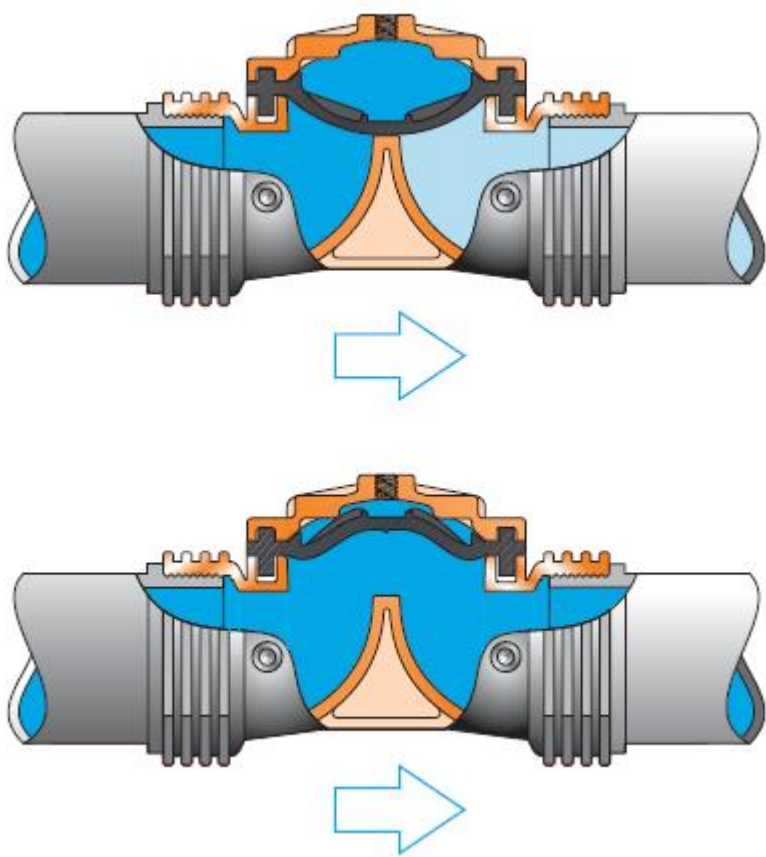


Figura 3-5: Funcionamiento de diafragma dentro de válvula de compuerta

Fuente: Catalogo de Riego RAF

3.4 **RECOMENDACIONES**

Estas recomendaciones vienen a facilitar los métodos de inspección de los equipos, así como prevenir posibles daños, esto influenciado por los problemas que se han visto en el tiempo en que el sistema de riego lleva en funcionamiento junto a las indicaciones entregadas por los diversos fabricantes y textos relacionados a la mantención y operación de estos sistemas de riego.

Protección de cañerías: Debido a la presencia de la cañería bajo tierra a lo largo del terreno emplazado las filtraciones que surjan en la cañería principal no serán observadas inmediatamente, por el contrario el agua circundante a la ruptura de la cañería se acumulara y penetrara la tierra, estas fugas se ponen en evidencia al observar la disminución de presión indicada en los manómetros ubicados sobre nivel de la fuga o al detectar el humedecimiento excesivo de la tierra en el sector de la ruptura. Las cañerías no presentan dichas rupturas por la presión interna, por el contrario, los daños tiene su origen por el peso excesivo a nivel del suelo, principalmente por el paso de vehículos y maquinaria agrícola, esta situación se vuelve más notoria debido al hecho de que el surco y la cañería dentro de ella cruza a lo largo del terreno, esta situación revierte en la necesidad de establecer un espacio para el paso seguro de vehículos sobre el surco emplazado, además de proteger los nodos de sector expuestos sobre el nivel del suelo frente a impactos provocados por las maniobras de los vehículos.

Las reparaciones requieren cortar la sección dañada y reemplazarla utilizando una sección nueva y el uso de cemento transparente para PVC (Figura 3-8)



Figura 3-6: Cemento transparente regular para PVC

Fuente: Google Imágenes

Electrobomba: Como medida de apoyo a la inspección preventiva del equipo es necesario un estudio más detallado sobre el comportamiento de la electrobomba y la implantación de un termómetro bimetálico cuyo propósito se basa en la indicación constante de la temperatura de funcionamiento del equipo, buscando prevenir el sobrecalentamiento del

mismo. Así mismo y debido al aumento del caudal del afluente durante la época invernal, el nivel del mismo crece hasta aproximarse o incluso alcanzar la base de concreto en donde está instalado el equipo impulsor, es por eso que terminada la temporada de riego es aconsejable desmontar la electrobomba de su soporte, además de las conexiones a la red hidráulica y eléctrica con el fin de evitar daños a la parte eléctrica del equipo.

Frente a esta situación es recomendable por una parte, posicionar tapones a los extremos de las cañerías con el propósito de evitar la entrada de suciedad e insectos o animales pequeños dentro de la cañería mientras este desconectada la electrobomba así como las conexiones eléctricas, debido a la existencia de conexiones eléctricas se sugiere contactar a técnicos de INDAP para el correcto desmontaje y montaje eléctrico del equipo, así como guardar la electrobomba en un espacio seco y libre de suciedad, es recomendable cubrir la totalidad del equipo y asegurarla dentro de un cajón o caja buscando evitar daños por humedad ambiente o intrusión de insectos y/o animales.

Laterales de goteo: Como medida preventiva se recomienda liberar el seguro ubicado al final de las líneas de goteo (Figura 3-8) y permitir el libre paso del caudal, permitiendo que este salga por la punta de la línea de goteo en lugar del emisor, este procedimiento permite limpiar las líneas de la suciedad acumulada, es recomendable permitir el flujo hasta que la turbiedad del agua disminuya.



Figura 3-7: Seguros de fin de línea de goteo

Fuente: “Mantenimiento y operación de sistemas de riego a presión”

Como estrategia preventiva se emplea la realización de un riego eficiente con tal de no crear necesidad de buscar agua por parte de las raíces, por el contrario, si se observa el

ingreso de raíces hacia los emisores, se debe proceder a realizar una inyección de ácidos, lo provoca una incitación a la ralentización del crecimiento de las raíces y limpieza de las mismas en el interior de las cañerías, o por el contrario, realizar un cambio de los laterales de goteo afectados por esta situación, lo que conlleva un efecto económico sobre los componentes empleados en el riego

Repuestos:

La intervención de algún componente del sistema provocado a una falla funcional o daño externo es casi inevitable, debido a una serie de variables de difícil manejo, como son el paso de vehículos, cuidados de los equipos, inclemencias climáticas o por el descuido en la operación, debido a estas razones se vuelve indispensable poseer un stock no solo de repuestos sino también de herramientas necesarias para el reemplazo de los componentes dañados, de acuerdo a la información monetaria recopilada en las figuras 3-x y 3- z , es posible apreciar el alto costo de los componentes involucrados, por lo que, tomando en consideración el financiamiento por parte de un organismo de desarrollo nacional, se deben tomar acciones que busquen disminuir al mínimo la posibilidad de daños por terceros hacia los equipos así como disminuir la probabilidad de daños por suciedad, esto mediante la implementación de acciones preventivas de limpieza.

Por el contrario, la existencia de herramientas para reparaciones de menor envergadura (roturas de unión, fugas de agua en cañerías) se vuelve indispensable para asegurar el suministro hídrico de las siembras agrícolas.

COMPONENTES	EMPRESA A COTIZAR	PRECIO
Manómetro 0-10 [bar]	DIPLAS industrial	\$7.116 c/u
Válvulas de Purga “BARAK”	MEGACENTER	\$141.291 c/u
Válvula de purga AV-010	MEGACENTER	\$19.295 c/u
Lateral de goteo 16/35/2.0 0,5 [m] 100 [m] *	COPEVAL	\$84.590 c/u
Cañería PVC 50 [mm] PN10	HIDROCENTRO	\$8.879 c/u
Válvula de compuerta RAF-P31	Ferretería “dab”	\$64.759 c/u

*Longitud de la cinta 100 [m] y 0,5 [m] distancia entre emisor

Debido al alto costo de la válvula de purga se recomienda protección adicional frente a posibles daños por tercero con el propósito de evitar mayores gastos.

Con el propósito de realizar de manera eficiente las intervenciones es necesario el uso de herramientas básicas, junto a otros componentes, en ayuda de reparación de fallas como son el adhesivo para PVC, hoja de sierra y cañería como elemento a emplear en caso de falla inesperada.

HERRAMIENTA	EMPRESA A COTIZAR	PRECIO
Adhesivo para PVC	SODIMAC	\$2.990 c/u
Cemento transparente		
Llave francesa 10”	SODIMAC	\$ 4.690 c/u
Juego de destornilladores para tornillo PHILLIPS	TOOLMANIA	\$14.990 c/u
Hoja de sierra BAHCO	PERNOS KIM	\$ 990 c/u

CONCLUSIÓN

Estos sistemas de riego revierten ser una gran ayuda a todos aquellos beneficiados con estos proyectos, mejorando la calidad y cantidad de los productos sembrados así como los ingresos generados en base a esta actividad, sin embargo el descuido y la falta de información sobre el funcionamiento y la mantención de estos equipos provoca el desuso frente a las fallas que ocurren, lo que significa un desgaste económico y un desaprovechamiento de recursos.

Este trabajo centra su desarrollo en prevenir y evitar dichas consecuencias a través de la implementación de cronogramas, tareas y tipos de mantenimiento basados en estudios técnicos orientados a prevenir las fallas más recurrentes en este tipo de sistemas, junto a la implementación de acciones que busquen evitar daños externos a los componentes sumado a recomendaciones de cuidado durante el tiempo de lluvias y preparación previa frente al inicio de la temporada de riego.

Como anexo se entrega un cronograma modelo de prevención durante la temporada de riego, aunque cabe indicar que este cronograma es susceptible a cambios de acuerdo a observaciones a medida que las intervenciones son realizadas en el sistema de riego.

Bibliografía

- Aguilar-Otero, J. R. (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Saltillo : Corporación Mexicana de Investigación de Materiales S.A. de C.V.
- Barrios, L. Y. (2019). *Región de la Araucanía Información Regional 2019*. Santiago-Chile : Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa).
- Chile, B. N. (s.f.). *Relieve Regional de la Araucanía. Chile*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region9/relieve.htm>
- Demin, P. E. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones*. Sumalao, Catamarca, Argentina.
- DGA, D. G. (2010). *Mapa de Chile con temperaturas de referencia en cuerpos de agua superficiales continentales*. Chile. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/sad/MET5229.pdf>
- Garay, L. L. (s.f.). *Mantenimiento y operación de sistemas de riego a presión*. INIA, Oficina Técnica Limari, Chile.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid : Ediciones Díaz de Santos S.A.
- INDAP. (2019). *INDAP en cifras 2019*. Chile.
- Pistarrelli, A. (2010). *Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización* . Buenos Aires: talleres gráficos RyC.
- NETAFIM USA, (2014). *Operación y mantenimiento del sistema de riego*. FRESNO CA.
- AZUD, (s.f.). *Manual de manejo y mantenimiento instalaciones de riego por goteo*
- Olivari, R.L. (2016). *Conceptos y consideraciones básicas en métodos y programación de riego para optimizar el recurso hídrico*. INIA, Temuco: Imprenta América

Leyes

- Ley 18910 (1990) Sustituye ley orgánica del Instituto del Desarrollo Agropecuario. Ministerio de Agricultura. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30282>

ANEXO: INDICACIONES DE MANTENCIÓN SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Elaborado por: Marco Andrés Roa Lincolao Fecha: Enero 2021

1. Objetivo

Establecer indicaciones aplicadas a los sistemas de riego presurizados en terrenos agrícolas empleando técnicas de limpiezas preventivas a los activos involucrados y los diversos componentes presentes

2. Alcance

Destinar gestiones a sistemas de riego presurizado por goteos utilizados en pequeños y medianos agricultores de acuerdo a las definiciones establecidas por INDAP

3. Definiciones

- 3.1. Mantenimiento: Actividades que buscan aumentar el tiempo en que el sistema puedan operar de manera correcta y eficiente durante la temporada de riego.
- 3.2. Plan de mantenimiento: Conjunto de mantenimientos y tareas de mantención cuyo propósito se basa en mejorar la operatividad del sistema a través de intervenciones programadas.
- 3.3. Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades de limpieza e inspección periódica de los componentes y equipos en búsqueda de posibles principios de fallas en los mismos.
- 3.4. Mantenimiento correctivo: Actividades e indicaciones orientadas a reparar la ocurrencia de fallas de los componentes o fugas a lo largo de toda la instalación tanto de cañerías como líneas de goteo, dichas actividades deben ser realizadas en el menor tiempo posible, buscando evitar omisiones en el horario de riego periódico.

4. Bases legales

Nch 3238 (ISO 9261:2004) Equipos agrícolas para riego-Goteros y tuberías de goteo-Especificaciones y métodos de ensayo

Desarrollo

5.1 **Procedimiento de programa mantenimiento preventivo**

Actividad	Descripción	Responsable
01	Itinerario de Mantenimiento Se constituye un itinerario de mantenimiento basado en el lavado de las cañerías y líneas de goteo.	Persona encargada
02	Realización de Mantenimiento De acuerdo a las indicaciones entregadas, durante la temporada de riego se realizan las tareas preventivas de las cañerías, dichas tareas son: -Inyección de agentes químicos mediante el sistema de fertirriego. - En las líneas de goteo, lavado a presión mediante la liberación de los seguros de fin de línea y aplicación de agua a presión.	Persona encargada
03	¿Se observan problemas de funcionamiento en el sistema? NO: Continuar a actividad 4 SI: Realizar mantenimiento correctivo	Persona encargada
04	Cañerías limpias de posibles obstrucciones que afectan el caudal entregado.	Persona encargada

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Actividad	Descripción	Responsable
01	Mantenimiento Correctivo Identificar la falla previo a realización de reparaciones, en caso de ruptura de componente se procede a reemplazo, en caso de fugas de caudal se procede a reparaciones posterior a corte de alimentación hídrica	Persona encargada
02	Restablecimiento de caudal y observación de correcta reparación de la falla	Persona encargada
03	Revisión de cantidades suficiente de repuestos y componentes existentes frente a futuras fallas	Persona encargada

ANEXO

PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO 1

INDICACIONES LIGADAS A LA INYECCIÓN DE AGENTES QUÍMICOS

OBJETIVOS

-Mantener las condiciones óptimas de operación de las cañerías del sistema de riego presurizado

-Evitar la acumulación prematura de partículas contaminantes causantes de la obstrucción del flujo de irrigación agrícola así como la eliminación de obstrucciones tempranas de sedimentos e ingreso temprano de raíces.

PASOS A SEGUIR

Previo a la inyección de agentes químicos se inspecciona el depósito en búsqueda de impurezas, eliminándolas en caso de existir, debido a las reacciones negativas que puedan originarse, posterior a la inspección se realizan las siguientes acciones:

- Se pone en funcionamiento el sistema de riego, el agente químico no debe aplicarse directamente al inicio del sistema.
- Posicionar las válvulas del sistema en posición de abierto total, desconectando los laterales de goteo de la conexión de los nodos de sector correspondientes.
- Dejar en funcionamiento el riego por un mínimo de 10 minutos previo a la aplicación, la operación debe ser al máximo caudal disponible.
- Inyectar el agente químico hacia el caudal mediante el sistema de feritirriego
- Inyección debe aplicarse durante un aproximado de 10 minutos alternando el flujo de inyección mediante la llave de paso ubicada en la base del depósito.
- Al vaciar la totalidad del depósito, este debe ser lavado eliminando cualquier residuo restante.
- Dejar en funcionamiento el riego durante 10 minutos buscando eliminar restos de agente químicos dentro de las cañerías antes de suspender el suministro hídrico.

Todo proceso de inyección de agentes debe ser realizadas tomando las precauciones necesarias, además de emplear los elementos de seguridad necesarias (lentes protectores, guantes de nitrilo, recipientes resistentes a la acción del agente) y los resguardos necesarios en el almacenamiento y traslado de los mismos.

DURACIÓN

-La inyección de los diferentes agentes químicos utilizados varía dependiendo del agente a emplear, en el caso del Hipoclorito de calcio (Cloro activo) debe ser inyectado cada 14 días, al igual que el ácido fosfórico, por el contrario el ácido nítrico debe inyectarse de 2 a 4 veces por temporadas de riego.

ANEXO 2

PROCEDIMIENTO DE LAVADO A PRESIÓN DE LATERALES DE GOTEO

OBJETIVOS

-Preservar el nivel óptimo de suministro hídrico de los laterales de goteo en las siembras agrícolas.

-Evitar gasto económico asociado al reemplazo de laterales obstruidos

PASOS A SEGUIR

El procedimiento indicado debe ser realizado en cada nodo de sector existente de manera independiente uno de otro, dicho procedimiento presenta los siguientes pasos:

- A excepción del nodo a lavar, deben ser posicionadas en posición de cerradas todas las válvulas del resto de los nodos existente.
- Una vez abiertas las válvulas del nodo a limpiar deben ser liberados los seguros tipo “8” ubicados en el final de los laterales de riego, lo que permitirá el libre paso del fluido.
- Liberados los seguros se enciende la electrobomba a la máxima presión disponible dejando fluir el caudal a lo largo de los laterales de goteo del nodo abierto.
- Debe observarse el cambio de turbiedad existente en el fluido expulsado en los laterales de goteo además de la búsqueda de variaciones de caudal entre laterales.
- Posterior al cambio en la turbiedad se permite el paso de caudal por un tiempo recomendado de 5 minutos, con el propósito de eliminar los sedimentos acumulados en el interior de los laterales de goteo.
- Corte de suministro hídrico y reposicionamiento de seguro tipo “8” en los fines de laterales de goteo.

Este procedo debe repetirse en todos los nodos de sector existentes que comprenden el sistema de riego.

DURACIÓN

El proceso debe repetirse cada dos semanas, debido a la calidad del agua utilizada y la alta cantidad de sedimentos que esté arrastra hacia los componentes y líneas de goteo existentes.

ANEXO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Elaborado por: Marco Andrés Roa Lincolao

Como consecuencia de las indicaciones obtenidas por parte de la literatura especializada, así como recomendaciones de fabricantes y observaciones por parte de los usuarios de estos métodos de riego se muestra, a modo de guía, un plan preventivo de mantenimiento cuyo propósito se centra en asegurar la entrega del material hídrico hacia las siembras agrícolas, buscando evitar problemas de funcionamiento tanto por razones externas como por la operación misma de este sistema.

Objetivo:

-Permitir el normal funcionamiento del sistema y la correcta entrega del recurso hídrico

Pasos a seguir:

La realización de las mencionadas tareas propuestas, así como el tiempo empleado, varía de acuerdo a las características propias de cada equipo y sistema. El plan deberá ser ejecutado a lo largo de toda la temporada de riego y previniendo los inconvenientes que pudiesen afectar el no uso durante la temporada de lluvias.

PLAN PREVENTIVO DE MANTENIMIENTO A SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Tipo de tareas	Tarea propuesta	Personal encargado	Frecuencia	Tiempo estimado	Costo aproximado
Inspeccion de cañerías	Inseccion visual conexiones	Persona a cargo	Diario	Despreciable	Despreciable
	Busqueda de fugas	Persona a cargo	Diario	Despreciable	Despreciable
Inspecccion de laterles de goteo	Busqueda de rupturas	Persona a cargo	Diario	Despreciable	Despreciable
	Verificacion de caudal entregado	Persona a cargo	Semanal	Despreciable	Despreciable
	Busqueda de obstrucciones	Persona a cargo	Diario	Despreciable	Despreciable
Inyeccion de agente quimicos	Disolucion de quimicos en sistema de riego	Persona a cargo	Variable según químico empleado	De acuerdo a dimensiones del riego	Sujeto a precio de mercado de quimicos
Busqueda de acumulacion organica	Limpieza de filtros	Persona a cargo	Cada 15 dias	Despreciable	Despreciable
	Limpieza de valvula de compuerta	Persona a cargo	Cada 15 dias	Despreciable	Despreciable