



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela Ingeniería Civil Mecánica

ESTUDIO TÉCNICO DE UN EQUIPO DE RIEGO POR PIVOTE CENTRAL Y ESCRIPCIONES DE SU MANTENIMIENTO Y MANEJO

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico.

Profesor Patrocinante:
Sr. Héctor Noriega Fernández.
Ingeniero de Ejecución Mecánico.
M. Sc. Ingeniería de Producción,
Ph. D. en Ciencias de Ingeniería.

ROBERTO HERNÁN ORTIZ DÍAZ
VALDIVIA - CHILE
2008

Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican Al Director de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que el Trabajo de Titulación del señor:

ROBERTO HERNAN ORTIZ DIAZ

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día Enero de 2008, como requisito para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

Profesor Patrocinante:

D. Sc. Sr. Héctor Noriega Fernández.

Profesores Informantes:

Ing. Mec. Sr. Luís Cárdenas Gómez

M.B.A. Adm. Empresas.

Ing. Mec. Sr. Misael Fuentes Paredes.

V° B° Director de Escuela:

Ing. Civ. Mec. Sr. Milton Lemarie Oyarzún.

Agradecimientos

En el término de esta importante etapa de mi vida, quiero expresar mis sinceros agradecimientos: A mis padres Sr. Osvaldo Ortiz y Sra. Elba Díaz quienes me han entregado todo su amor, comprensión y apoyo en todo momento de mi vida. Que fueron los pilares en mi formación personal y profesional.

También Quisiera dar las gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma estuvieron siempre apoyarme, a mi polola Soraya, que siempre estuvo a mi lado entregándome todo su amor y comprensión, a la Sra. Inés, compañeros y amigos especialmente a don José Matamala, por su importantísima colaboración y tiempo dedicado en todo el proceso de desarrollo de este trabajo, en el cual demostró ser un gran académico y una gran persona. Y en especial a mi amigo y compañero Nivaldo Poblete el cual lo llevaremos siempre en nuestro recuerdo.

Dedicatorias

Quiero dedicar, haber alcanzado estudios superiores y lograr finalizar con éxito la obtención del título de ingeniero mecánico, a mis padres Osvaldo y Elba.

GLOSARIO

A continuación ponemos a su consideración el siguiente Glosario de Términos, empleados en el sector de riego:

Aspersión: Esparcimiento de agua u otro líquido en forma de pequeñas gotas.

Aspersor: Mecanismo que esparce agua u otro líquido a presión, generalmente es utilizado para riego.

Aspersor final: Este mecanismo se utiliza para mejorar la explotación de las áreas, el aspersor final va montado en el voladizo (parte saliente), está equipado de una bomba para aumentar la presión, con el fin de obtener la óptima presión del agua. Esto contribuye a aumentar el área regada.

Bomba: Máquina que eleva, comprime y transporta fluidos.

Emergencia: Condición anormal en operación del pivote.

Falla: Anormalidad que interrumpe el servicio ya sea eléctrico, mecánico, hidráulico o de control.

I-Wob: Boquilla pulverizadora con bandeja de dispersión rotativa, con largo alcance de impulsión de el agua, con excelente distribución, baja precipitación de riego, y por lo tanto, trato suave del terreno (suelo).

Lubricantes: Un lubricante es cualquier sustancia que se utilice para reducir el rozamiento y el desgaste. Los lubricantes se encuentran como líquidos, sólidos y gaseosos.

Lubricar: es interponer entre dos superficies provistas de un movimiento relativo, sustancias capaces de mantenerlas separadas completa o parcialmente, con el propósito de disminuir el roce entre ellas. La lubricación correcta de un equipo previene el desgaste, el sobrecalentamiento y la pérdida de potencia.

Motor con engranaje reductor: El motor es hermético a prueba de humedad, eje sellado con un perfil especial repelente a la suciedad.

Riego: Distribución de agua en una superficie determinada.

Sistema eléctrico: Instalaciones de generación, transmisión y distribución de energía, físicamente conectadas entre sí, operando como una unidad integral de bajo control, administración y supervisión.

Tablero de control: Dispositivos que tienen por objetivo sostener los aparatos de control, medición y protección, los indicadores luminosos y alarmas.

Tablero eléctrico: Conjunto de estructuras y equipos de control eléctrico.

Transformador: Dispositivo que sirve para convertir el valor de un flujo eléctrico a un valor diferente.

INDICE DE CONTENIDOS

	Página
Glosario	iv
Resumen	1
Summary	2
INTRODUCCION Y OBJETIVOS	
Introducción	3
Objetivo	4
General	
Objetivos Específicos	4
Materiales y métodos	5
Capítulo I	7
REVISION BIBLIOGRAFICA	
1.1	7
1.2	8
1.3	8
1.3.1	9
1.3.2	9
1.4	10
1.4.1	10
1.4.2	12
1.4.3	12
Capítulo II	13
DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES PIVOTE REINKE.	

2.1	Pivote central	13
2.2	Fuente de agua	13
2.3	Acumulación	14
2.4	Caseta	16
2.5	Captación de agua	16
2.6	Motobombas	17
2.7	Fertirrigación	20
2.8	Conducción del Agua	21
2.9	Aspersores	21
2.10	Disponibilidad, demanda y aplicación agua	22
2.11	Descripción de los componentes del pivote	23
2.12	Torre del punto Pivote	24
2.12.1	Marco torre	24
2.12.2	Columna elevadora de agua	25
2.13	Sistema eléctrico y centros de control	28
2.14	Anclaje	31
2.15	Lateral	31
2.15.1	Torre	31
2.15.2	Tramos	36
2.15.3	Voladizo	37
2.16	Superficies de riego	38
Capítulo III	MANUAL MANTENIMIENTO PIVOTE CENTRAL MARCA REINKE, MODELO RAMS 2000	39
	CONCLUSIONES	47
	BIBLIOGRAFIA	49
	Citas Bibliograficas	49
	Referencias Electrónicas	50

ANEXOS

Anexo N° 1: Equipo motobomba serie N 630.	51
Anexo N° 2: Cañón de Riego (BIG EGUN).	53
Anexo N° 3: Mantenición en el sistema eléctrico	58
Anexo N° 4: Central de Mando	58
Anexo N° 5: Tabla para selección de aceite para el engranaje	59
Anexo N° 6: Cálculos demanda de aguas	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Página
1	Eficiencia aproximada de aplicación del agua según el método de riego utilizado. (Reglamento Ley 18.450)	7
2	Características del Motor	18
3	Caracterización de la Bomba 630	19
4	Características técnicas del motor unidad de conducción	33
5	Partes y piezas, para repuestos bomba centrífuga unicelular serie N 630.	51
6	Selección de bombas, catalogo VOGT, año 2003.	52
7	Datos de Desempeño boquillas.	56
8	Fabricantes de aceite para engranajes de las ruedas.	59
9	Motor de accionamiento.	59
10	Cálculos demanda de agua.	60

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Riego por Aspersión	8
2	Clasificación de los sistemas de riego por aspersión	10
3	Aguas superficiales y Subterráneas	13
4	Acumulador de agua	15
5	Estanque cubierto con malla Raschel	15
6	Ventilación de la caseta	16
7	Succión de la bomba	17
8	Motobombas	17
9	Motor	18
10	Equipo Motobomba	20
11	Estanque fertilizador, motor agitador, hélice agitadora y entrada de fertilizante al sistema	21
12	Aspersor y aplicación de agua	21
13	Disponibilidad, Demanda y Aplicación de agua	22
14	Vista estructura base o centro de pivote	24
15	Vista entrada del agua al pivote y manómetro	25
16	Unión tubería de conducción y pivote, conexión del cable eléctrico a tubería entrada de agua	26
17	Codo de giro y anillo colector	26
18	Perno de anclaje	27
19	Transformador del sistema de riego	28
20	Sistema de alimentación eléctrica del pivote	29
21	Tablero de comando y control de las motobombas	30
22	Tablero de control automático del equipo	31
23	Unidad de Conducción	32
24	Reductor de velocidad, motor con reductor y eje de propulsión	33
25	Engranaje ruedas	34

26	Ruedas	35
27	Acoplamiento flexible	35
28	Tramo lateral con la unidad de conducción	36
29	Acople tramo	37
30	Voladizo y cañón final	37
31	Superficies de riego	38
32	Equipo motobomba serie N 630	52
33	Cañón de riego	53
34	Angulo de rotación y ajuste del cañón	56
35	Boquilla del cañón	57
36	Tipos de aspersores	57
37	Mantenimiento de tablero eléctrico	58

Resumen

En el presente trabajo se desarrollará el estudio técnico de un equipo de riego por Pivote Central, descripciones de su mantenimiento y manejo. Para lograr este objetivo se recopiló información dispersa, tanto en terreno como en diversas bibliografías. Asimismo, se realizaron múltiples visitas en terreno, con la finalidad de recoger de forma empírica los datos que entregaron los usuarios y operadores, basados en la propia experiencia adquirida en el uso, manejo y mantención del equipo, y así elaborar documento de respaldo que aportara la información adecuada acerca del pivote central. Este estudio pretende además, establecer fundamentos básicos desde el punto de vista de la ingeniería mecánica, para elaborar un manual de mantenimiento, mediante distintas técnicas, que permitan contribuir en un apropiado funcionamiento y buen uso del equipo de pivote central. La información recogida de la investigación y desarrollada en terreno por el estudiante, se transformó en una herramienta de apoyo para obtener como resultado un manual, en donde se dan a conocer de forma escrita antecedentes y sugerencias concretas de mantención, tales como; chequeos, fallas, posibles causas y soluciones, consultas y evaluaciones técnicas que se presenten al utilizar y operar el equipo de pivote. La presente investigación también se realizó con el propósito de permitir al usuario la prolongación de vida útil del pivote central, reparar fallas prematuras, ya sean parciales o completas y que produzcan a menudo situaciones arriesgadas. El manual elaborado será utilizable por todo aquel que este interesado en la temática, especialmente operarios y estudiantes de Ingeniería Mecánica.

Summary

In this work, it is developed a technical study related to central pivot irrigation equipment, descriptions of its maintenance and handling. To get this objective, scattered information was gathered in the field as well as through diverse bibliography. At the same time, multiple visits to the field were carried out with the purpose of gathering empirically the data given by the users and operators, based on the experience gotten by the usage, handling and maintenance of the equipment and, that way; create a backup document which could give adequate information about the central pivot. Besides, this study pretends to establish basic fundamentals from the mechanical engineering point of view, to create maintenance manual through different techniques, which would allow contributing to an appropriate functioning and good use of this central pivot equipment. The information gathered from the investigation and developed in the field by the student became a support tool to get as a result a manual, where written concrete suggestions and antecedents are given in relation to maintenance, such as: checkouts, failures, possible causes and solutions, consults and technical evaluations which can appear when using and operating the pivot equipment. The present investigation was also carried out with the aim of allowing the user to prolong the useful life of the central pivot, repair early failures either partial or complete which can often produce risky situations. The manual will be used by everybody interested in this theme, especially operators and Mechanical Engineering students.

Introducción

El agua es un recurso cada vez más escaso en el mundo, no sólo en cantidad, sino que también en calidad. Los agricultores no están ajenos a esto, es por ello que están obligados a utilizarla con mayor eficiencia y esto necesariamente pasa por incorporar sistemas de riego tecnificados. Las nuevas tecnologías de riego, que contribuyen en la mejora de la eficiencia en el uso del agua en los campos chilenos son recientes y poco exploradas, en dónde el riego por aspersión ha contribuido incorporando nuevos equipos como lo es el pivote central. Este método de riego consiste en aplicar agua al cultivo a través de sistemas mecanizados, los cuales ayudados con una presión de operación, logran impulsar el agua simulando una lluvia, tal sistema presenta una eficiencia superior al 70 % del agua aplicada, FAO (1994). Debido a la utilización de sistemas mecanizados y presurizados, es necesario realizar de manera oportuna una mantención del equipo cuando este lo requiera. La información existente sobre protocolos de mantenimiento es escasa en este equipo, siendo este realizado por operarios de manera irregular, los cuales al no contar con las herramientas necesarias para realizar un buen mantenimiento, generan un mal funcionamiento del equipo de riego. Respecto a lo anterior la elaboración de un manual de mantenimiento del equipo de riego y una capacitación del operario son necesarios e indispensables para no afectar el adecuado y normal funcionamiento del pivote de riego. Este sistema ha experimentado un considerable crecimiento alrededor del mundo en los últimos años, debido a su adaptabilidad a diversos cultivos. En 1992 existían en Norte América 110.000 pivotes centrales en pleno uso, los que regaban 5.7 millones de hectáreas, SHANK (1992), mientras que en Arabia Saudita hay 50.000 en operación, QUEZADA (1996). Asimismo, en Brasil hoy en día el número de equipos supera los 5000, DUARTE (1996). En Chile se encuentran en operación más de 50 de estos equipos, los que en definitiva tienen un costo de operación menor al de cualquier otro método de riego, QUEZADA (1996). Hace veinte años esta tecnología se incorpora a la agricultura Chilena. Considerando que en Chile, no existen a la fecha pautas de mantenimiento en equipos de este tipo, es que nace la necesidad de desarrollar el Estudio Técnico de un Equipo de Riego por Pivote Central y Descripciones de su Mantenimiento y Manejo,

obteniendo información de terreno, que permita mejorar la información existente para su mantención. El costo del equipo de riego pivote central es de cincuenta y siete millones de pesos.

Objetivo General.

- Identificar y describir técnicamente el pivote central y sus características de mantenimiento.

Objetivos Específicos.

- Describir el funcionamiento de las partes de este equipo.
- Identificar y describir el mantenimiento principales partes Pivote Central.
- Describir posibles fallas, sus causas y reparaciones de estas.
- Proponer desde una perspectiva de la Ingeniería Mecánica, mejoras en la mantención del pivote central que contribuyan a un adecuado funcionamiento.
- Crear un manual de mantenimiento para este equipo de riego.
- Nombrar las herramientas necesarias para realizar la mantención del equipo.
- Indicar frecuencias de mantenimiento de las diferentes partes del equipo.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el fundo Reloca del señor Alonso Gonzales, ubicado en el kilómetro 6, camino a Coihueco, provincia de Ñuble, octava región del Bio-Bío, Chile. El fundo cuenta con un sistema de riego por pivote central marca Reinke, Modelo RAMS 2000, constituido por: una caseta de protección (o de riego), estanque acumulador, red de tuberías y pivote central. La caseta de protección esta constituida por: estanque fertilizador, tableros de control, de fuerza y eléctrico, equipo motobomba, agitador de fertilizantes. El estanque acumulador se divide en una piscina acumuladora, dos tuberías de succión y filtros de agua. Las redes de tubería, constituidas por tuberías de conducción, de distribución y elevación. El pivote central consta con torre del punto pivote, tablero de control, laterales, unidad de conducción, tramos del lateral, aspersores, tramo levadizo y cañón final. Para la identificación de los componentes del sistema en terreno se llevo una cámara Nikon de cuatro mega pixeles, siendo esta utilizada para tener un registro de imágenes de todo el sistema de riego, incluyendo cada uno de los componentes descritos anteriormente. Para ello fue necesario dividir el sistema en tres partes; caseta de protección, estanque acumulador y pivote central, luego se procedió a identificar los componentes de cada una de estas partes. Para la descripción del pivote central, en terreno se observó la caseta de protección, estanque acumulador y pivote central registrando estructura, material de construcción, medidas y marcas de accesorios, esto se realizó en el estanque acumulador, caseta de protección y pivote central, incluyendo cada uno de sus componentes. Respecto al mantenimiento del equipo realizado por los operarios en los equipos del pivote central, la información fue adquirida mediante consultas a propietarios de este sistema de riego. Para ello se procedió a consultar en cinco predios la información sobre todas las labores de mantenimiento que realizan los operarios de cada predio y se comparó cada uno, realizando un registro de labores, en dónde se incluyen las realizadas de mala manera. Para la formulación del manual se procedió a inspeccionar la caseta de protección, estanque acumulador, pivote central y cada uno de sus componentes, anotando las actividades a realizar en cada una de las piezas, la frecuencia de mantenimiento y los equipos necesarios para dicha mantención. Para la mantención de las piezas se identificaron las de funcionamiento eléctrico y mecánico, chequeando el debido voltaje, amperaje,

conexiones de cables en el caso de tableros eléctricos, de fuerza, esto también se hizo a motores de funcionamiento eléctrico, para las piezas de funcionamiento mecánico se inspeccionó posibles fugas de lubricante, grasa, en el caso de las bombas se observó fugas de agua, lectura de manómetros, controles de flujos, filtros, desgaste de rodamientos, apreté de pernos y la instalación correcta de cada uno de ellos. En cuanto a la instalación de bombas se chequeo el acoplamiento, anclaje y ruidos anormales. Para la descripción del funcionamiento del pivote central, se visitó las instalaciones del sistema y las distintas partes, realizando pruebas de campo, en donde se puso en marcha todo el sistema y se caracterizó la labor que realiza cada una de las partes, desde el estanque acumulador, pasando por la caseta de protección, terminando por el pivote central y el detalle de cada una de sus partes. Con respecto a la elaboración de recomendaciones, primero se detectaron los errores de mantenimiento realizado por los operarios, pasando por la frecuencia, metodología e historial de mantenimiento el cual incluye fechas, tipo de mantenimiento, estructura mantenida y materiales utilizados, luego se realizó una inspección de todos los componentes del sistema de riego, observando la condición, funcionamiento y de acuerdo al inicio de la temporada de riego se hizo una programación con cada una de las labores a realizar y la frecuencia de mantenimiento.

CAPITULO 1

REVISION BIBLIOGRAFICA.

Este Capítulo presenta una revisión bibliográfica referente a antecedentes de riego en cuanto a eficiencia de riego, criterios que se deben considerar en el diseño de un sistema de riego presurizado y descripción del método de riego por aspersión, donde se encuentra el riego por pivote central utilizado en el estudio.

1.1.- Eficiencia de riego.

Se considera eficiente un método de riego, cuando del agua que se destina al cultivo es utilizada en un porcentaje superior al 70%, FAO (1994). Actualmente, a nivel mundial, hay enormes pérdidas de agua, llegando en promedio hasta un 55%. Se señalan en el CUADRO N° 1, las eficiencias de distintos métodos de riego, considerados en la Ley N° 18.450, en Chile, FAO (1994).

CUADRO N° 1 Eficiencia aplicación del agua según método de riego.

METODO DE RIEGO	EFICIENCIA DE APLICACIÓN (%)
Tendido	30
Surco	45
Bordes rectos	50
Bordes en contorno	60
Pretiles	60
Trazas	65
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Goteo	90

Cada método de riego, presenta características propias de implementación y manejo, que influyen en la eficiencia de aplicación y aprovechamiento del agua por las plantas. Como se puede observar en el CUADRO N° 1, los métodos más eficientes corresponden a aquellos, en que el agua se conduce por tuberías con cierta presión y se aplica en forma

localizada, como es el caso de goteo, micro aspersión (o micro jet) y aspersión, FAO (1994).

1.2.- Criterios que se deben considerar en el diseño de un sistema de riego presurizado.

“Existen criterios generales que deben tomarse en cuenta para el diseño de un sistema de riego”, FAO (1994). Estos se pueden dividir en dos categorías:

- Aspectos agronómicos, tales como: demanda de agua del cultivo, sectores de riego y caudal del sistema, que están relacionados con el complejo suelo – agua – planta – atmósfera, FAO (1994).
- Aspectos hidráulicos, tales como: presión del sistema y conducción del agua, FAO (1994).

1.3.- Riego por aspersión.

Es un sistema de riego en el que el agua se aplica en forma de una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo que se infiltre en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria, una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores). Ver FIGURA N°1, PORTAL AGRO-INFORMACION (s/f).



FIGURA N° 1 Riego por aspersión.

1.3.1.- Ventajas del riego por aspersión.

- Permite regar terrenos ondulados o pocos uniformes sin necesidad de una nivelación o preparación previa del mismo.
- Puede ser utilizado en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos de textura arenosa que exigen riegos cortos y frecuentes.
- Se aprovecha más la superficie de cultivo al no destinar parte del suelo a canales y acequias.
- Es el mejor método para realizar lavado de sales, ya que tienden a desplazarse junto con el agua hasta capas más subterráneas del suelo quedando fuera del alcance de las raíces.
- Se pueden aplicar sustancias fertilizantes y algunos tratamientos químicos junto con el agua de riego.
- Admite cierto grado de automatismo.
- Se adapta a la rotación de cultivos, siempre y cuando el diseño de la red de distribución se realice para el cultivo que tenga mayores necesidades de agua. PORTAL AGRO-INFORMACION (s/f).

1.3.2.- Desventajas del riego por aspersión.

- Requiere una gran inversión inicial y de mantenimiento, además del alto costo energético que supone el funcionamiento de la instalación, al necesitar importantes sistemas de bombeo para dotar a la red de tuberías de la presión adecuada.
- El viento es un factor que puede dificultar el reparto uniforme del agua, disminuyendo la uniformidad de aplicación y la eficiencia del sistema de riego.
- Algunos cultivos pueden sufrir quemaduras en las hojas dependiendo de su sensibilidad y de la calidad del agua de riego, puesto que al evaporarse las sales pueden quedar concentradas en exceso, PORTAL AGRO-INFORMACION (s/f).

1.4.- Clasificación de los sistemas de riego por aspersión.

Los sistemas de riego por aspersión se clasifican en función de la movilidad de los diferentes elementos que lo conforman. Ver FIGURA N° 2, OFICINA DEL REGANTE (2001).

- Sistemas estacionarios que permanecen en la misma posición mientras dura el riego.
- Sistemas Mecanizados Móviles que se desplazan mientras aplican el agua de riego.

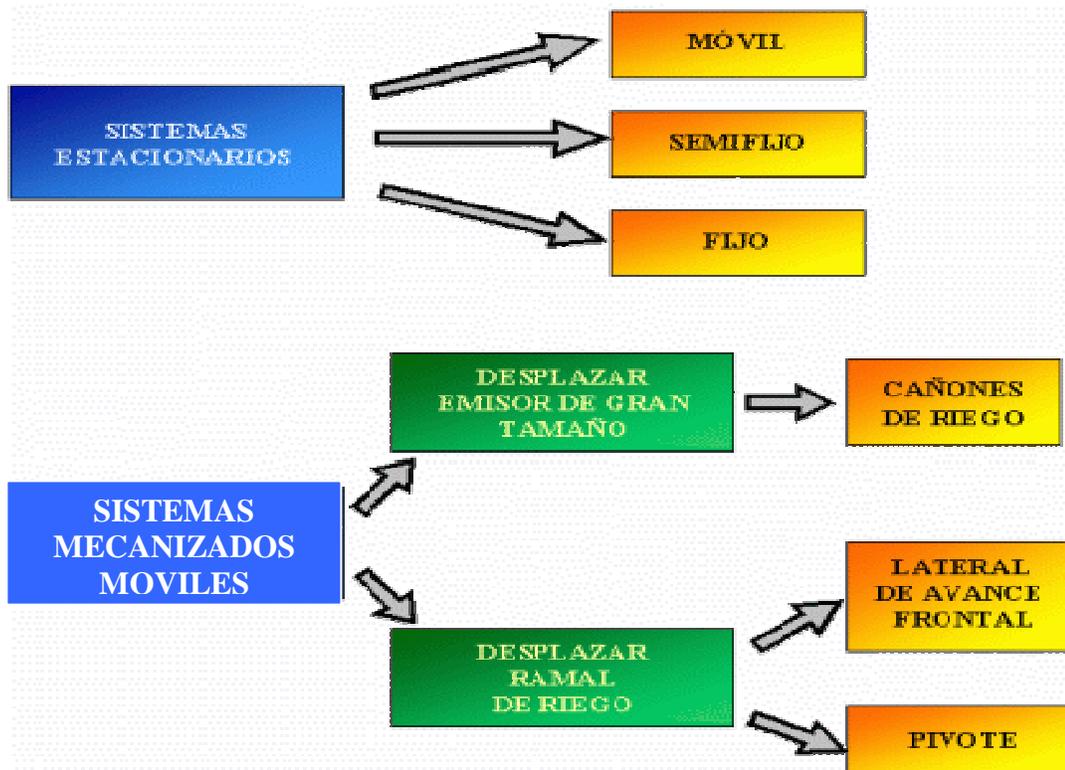


FIGURA N° 2 Clasificación de los sistemas de riego por aspersión.

1.4.1.- Sistemas estacionarios.

- Sistema móvil.

Es un sistema de riego por aspersión englobado dentro de la clasificación de estacionario. En este caso, todos los elementos de la instalación son móviles, incluso

puede serlo el grupo de bombeo. Cuando acaba el riego de una postura, los ramales con los aspersores se trasladan a la siguiente posición, requiriendo por ello una gran cantidad de mano de obra para el riego. Estos equipos suelen ser instalados para aplicar riego eventuales o como soluciones de emergencia. Se compone de un grupo motobomba móvil, que envía el agua a una tubería en la que están colocados los aspersores, OFICINA DEL REGANTE (2001).

- Sistema semifijo.

En este sistema el grupo de bombeo y la red de tuberías principales normalmente se encuentran enterradas, son fijos. De esta derivan los hidrantes en donde se conectan los ramales de distribución (fijos o móviles), a los que se conectan los ramales de riego, que son móviles. Estos ramales móviles deben ser fácilmente transportables por lo que suelen ser de materiales ligeros y que soporten bien el estar a la intemperie (aluminio, polietileno). A los ramales se acoplan los aspersores directamente, a través de mangueras flexibles, OFICINA DEL REGANTE (2001).

- Sistema fijo.

Dentro de los sistemas fijos se pueden distinguir dos tipos; los sistemas aéreos y los enterrados.

- Los sistemas fijos aéreos constan de una red de tuberías principales enterradas y unos ramales de riego que se encuentran sobre el terreno. Estos ramales pueden ser trasladados a otras parcelas o a otra zona de la misma en función de la rotación de cultivos existente en la explotación.

- Los sistemas fijos enterrados y sus componentes, al cambiar de sector en el riego, se realiza mediante apertura y cierre de válvulas, lo que facilita la automatización del sistema. Las tuberías suelen ser de PVC o de Polietileno y los tubos porta aspersores de acero o hierro galvanizado, OFICINA DEL REGANTE (2001).

1.4.2.- Sistemas mecanizados móviles.

Cañones de riego.

El cañón motorizado de riego consta de un aspersor de gran alcance y caudal montado sobre un carro o patín y conectado al suministro de agua mediante una manguera. Este sistema de riego funciona con una elevada presión y forman grandes gotas. Son adecuados para dar riegos de apoyo a cultivos con bajas necesidades de riego y es bastante utilizado para praderas de zonas semi-húmedas, OFICINA DEL REGANTE (2001).

Pivote.

El Pivote forma parte de los sistemas de riego por aspersión mecanizados. Es un ramal de riego con un extremo fijo, por el que recibe el agua y la energía eléctrica, y otro móvil que describe un círculo girando alrededor del primero. El equipo de riego se basa en el movimiento de una tubería porta-emisores que se apoya en unas torres automotrices. Estas torres están dotadas de un motor eléctrico y dos ruedas neumáticas. La tubería, que normalmente es de acero galvanizado, sirve junto con barras o cables, de elemento resistente para vencer el vano entre torres. La distancia entre torres va desde 25 a 75 m. La longitud total del equipo varía de 60 a 1060 m, TARJUELO (1995).

Laterales de avance frontal.

Este equipo es de estructura semejante al pivote. Consiste en un ramal de riego montado sobre unas torres automotrices de dos ruedas que se desplazan en sentido perpendicular al ramal de riego. Riega superficies de forma rectangular, OFICINA DEL REGANTE (2001).

1.4.3.- Emisores en los sistemas de riego por aspersión.

Existen numerosos tipos de emisores para los sistemas de riego por aspersión, cada uno de estos emisores tiene características de aplicación de agua de riego que lo hacen más adecuado para uno u otro sistema, OFICINA DEL REGANTE (2001).

CAPITULO 2

DESCRIPCION Y COMPONENTES PIVOTE REINKE.

2.1.- Pivote central

Este equipo dispone para su operación de aguas provenientes de fuentes superficiales y subterráneas, acumuladas en un estanque de albañilería, desde el cual se extrae el agua mediante dos motobombas eléctricas trifásicas conectadas en paralelo, ubicadas en una caseta de riego, el agua es conducida mediante tuberías hasta la torre central del pivote, desde la cual se distribuye hacia el lateral de riego y es aplicada al cultivo mediante aspersores y un cañón de riego.

2.2.- Fuente de agua

El predio para cumplir con los requerimientos de agua del pivote, cuenta con dos fuentes de agua, una superficial, que proviene del Canal Reloca y otra subterránea, que proviene de un pozo profundo. En la FIGURA N° 3, se muestran las fuentes de agua del predio para el uso en la operación del pivote.



FIGURA N° 3 Aguas superficiales y subterráneas

Agua superficial

El fundo Reloca posee 9 acciones de agua del río Chillán, las cuales se captan en forma gravitacional mediante la bocatoma del canal Reloca, el cual transporta el agua hasta el predio. Para tener un mayor control del agua, el canal reloca distribuye su caudal

disponible en turnos de riego, por lo que al predio le corresponden 48 horas a la semana con un caudal máximo de 200 litros por segundo en el mes de Noviembre y un mínimo de 40 litros por segundo en Marzo. Para un buen uso del agua, es necesario, que en el período de turno de riego se disponga de un vigilante, el cual se preocupa de que el agua de riego llegue al predio y la limpieza del canal. Al inicio de la temporada de riego, se trabaja junto a la comunidad usuaria del canal en la construcción de su bocatoma y la limpieza hasta el último sector de riego.

Agua subterránea

Para enfrentar el déficit de agua en los períodos de escasez, el predio cuenta con un pozo profundo de 70 metros de profundidad, el cual dispone de una motobomba trifásica de 40 Hp, Marca SAER, que es capaz de entregar un caudal de 80 litros por segundo. Al inicio de la temporada de riego, se limpia la motobomba, y revisa los cables que transportan la energía eléctrica trifásica desde los comandos hasta la motobomba, los que se encuentran en buen estado.

2.3.- Acumulación

Debido a que el agua disponible, en ciertos momentos proviene de dos fuentes de agua diferentes, se juntan en un estanque acumulador en el predio. El caudal proveniente de la fuente superficial, subterránea, o de ambas, se ingresa a un estanque de acumulación, cuyas características se analizan a continuación, y desde este es captado mediante dos motobombas eléctricas conectadas en paralelo, las cuales extraen el agua y la impulsan hacia los aspersores del pivote.

Características del acumulador

Para acumular el agua, que se entrega al sistema de riego, se construye un estanque, el cual tiene las siguientes dimensiones; largo 8 metros; ancho 4 metros; profundidad 3 metros, con una capacidad de acumulación útil de 96 m^3 , éste está construido en albañilería de ladrillo, estucado con mortero, y con pilares de acero estriado de construcción. Éste acumula agua desde de las fuentes disponibles en el predio, con el fin de tener en forma permanente el caudal instantáneo que requiere el funcionamiento del pivote, además cumple la función de decantador. En la Figura N° 4 se muestran vistas del acumulador construido para mejor operación del pivote.



FIGURA N° 4 Acumulador de agua.

Durante la temporada de riego, el acumulador cumple con su función de mantener un volumen acumulado de agua, lo que hizo variar la altura de succión de las motobombas en un metro. Como en gran parte de la temporada de riego, el agua proviene del canal de riego, es necesario cada quince días, limpiar los sedimentos que se concentran en el fondo del acumulador, como por ejemplo: arenas, piedras, hojas, basura y otros que pudieran perjudicar el funcionamiento del equipo. Otra labor esencial para mantener limpio el estanque, es el control de algas, debido a que los riegos son semanales, existe un período en que el agua está estancada en el acumulador, si la radiación es alta, el riesgo que se produzca algas es mayor, por lo que se utiliza un tratamiento con sulfato de cobre, usando dosis de 30 gramos por metro cúbico de agua. Esta labor se realiza cuando el estanque esta a medio llenar, así se ocupa menos producto. Una vez aplicado el producto se deja reposar por 12 horas, cabe mencionar que este tratamiento es efectivo y se repite seis veces en la temporada. Se instala sobre el estanque una malla Raschel, para evitar el paso de la luz, y de esta forma disminuir el desarrollo de algas, además funciona como protector en el caso de caída de hojas y otros elementos extraños al agua del estanque, esta es una solución práctica y económica, ver FIGURA N° 5.



FIGURA N° 5 Estanque cubierto con malla Raschel.

2.4.- Caseta

Es el lugar físico donde se encuentran los tableros de control, de fuerza y eléctrico, equipo motobomba y equipo de agitador de fertilizante. Esta caseta protege a los equipos de la exposición directa a las inclemencias del tiempo y de animales. La caseta está construida en albañilería de ladrillo, estucada con mortero, techo de zinc acanalado, radier de mortero, y su superficie es de 24 metros cuadrados. Esta superficie es suficiente para contener todos los elementos del cabezal de riego.

Ventilación.

La caseta tiene ventilación lateral, ya que los motores de las motobombas y los sistemas de control, requieren enfriarse y esta función la cumple la circulación del aire. En la FIGURA N° 6, se muestra la pared que permite el flujo del aire, hacía el interior de la caseta.



FIGURA N° 6 Ventilación de la caseta.

Dado que el control manual de temperatura en los motores, esta dentro de los rangos normales de funcionamiento 25 a 40 grados Celsius, la ventilación de la caseta cumple con la función de enfriar los elementos en su interior.

2.5.- Captación de agua.

La captación o succión del sistema de riego corresponde a dos tuberías de acero fundido verticales en paralelo de 4 pulgadas de diámetro cada una, las cuales se encuentran en el interior del estanque acumulador. Siendo este el medio de transporte del agua desde el estanque hasta la motobomba. Ver figura N° 7.



FIGURA N° 7 Succión de la bomba.

El nivel de variación de la altura de succión del agua fluctuó entre dos y tres metros, máximo rango de variación, que se produjo en la temporada en el estanque acumulador.

2.6.- Motobombas.

El sistema de riego consta de dos motobombas eléctricas trifásicas conectadas en paralelo, lo que permite sumar caudales de agua. Las motobombas adicionan energía al agua para que pueda moverse por las tuberías desde el estanque acumulador hasta los aspersores, permitiéndole a éstos un funcionamiento tal que responda a las características de fabricación. Ver figura N° 8.



FIGURA N° 8 Motobombas.

Motores

Los motores utilizados por las motobombas, tienen las características técnicas que se presentan en el Cuadro N° 2, y uno de ellos, puede verse en la FIGURA N° 9.



FIGURA N° 9 Motor.

Las características técnicas del motor se presentan en el cuadro N° 2

CUADRO N° 2 Características del motor

Tipo de motor		Eléctrico
Marca		WEG
Modelo		180M
Corriente		Trifásica
Potencia que entrega	Pm	22 Kw
Velocidad	n1	2950 rpm
Distancia transversal	A	279 mm
Distancia longitudinal	B	241 mm
Diámetro de Eje	dw1	48k6 mm
Ancho de chaveta motriz	b1	14 mm
Largo de chavetero Motriz	L1	110 mm
El punto de trabajo del motor es: 22 Kw@2950 rpm.		
Motor WEG 3000 rpm modelo 180M@2950 rpm.		

Los motores operan con energía eléctrica trifásica y son controlados en su funcionamiento mediante tableros de control manuales y automáticos. El motor, se encuentra anclado a la base de hormigón, mediante cuatro pernos de anclaje. Se observa en los motores el posible calentamiento, ruidos, vibraciones y la presión de trabajo que debían proporcionar al sistema de riego y las lecturas de los instrumentos de control. El ruido en los motores, es uniforme en el tiempo y libre de golpeteos, lo que indica un

óptimo funcionamiento. El anclaje y nivelación de los motores en su base, no permiten, que el motor vibre durante su funcionamiento. La presión de trabajo del equipo proporcionada por los motores se controla en el manómetro del centro de control y se regula a una presión de trabajo estable de 70 psi. Las lecturas en los medidores de voltaje y amperaje, no muestran variaciones de consumo de energía, que indicarán problemas en el o los motores.

Bomba

La bomba es la encargada de entregar la presión y caudal de agua necesario para que el sistema de pivote funcione. Esta trabaja impulsada por el motor analizado anteriormente. La bomba utilizada tiene las características que se presentan en el CUADRO N° 3

CUADRO N° 3 Caracterización de la bomba 630:

Marca	VOGT
Modelo	L-40
Succión	2"
Salida	1 ½"
Velocidad	2900 rpm
Caudal Capacidad	100 m ³ /Hr
Altura manométrica	51 m. c. a.

La bomba para proporcionar tanto la presión y caudal de trabajo, se acopla al eje del motor eléctrico, que proporciona el movimiento, el sistema funciona anclando tanto el motor como la bomba a una base de hormigón utilizando pernos de anclaje, la bomba tiene una mayor altura que el motor, por lo que él esta levantado para producir la alineación de ambos elementos y tener un giro completamente horizontal. Ver FIGURA N° 10



FIGURA N° 10 Equipo Motobomba

Se observa en la bomba, ruidos, vibraciones, filtraciones, presión y caudal de trabajo, que deben proporcionar al sistema de riego y las lecturas de los instrumentos de control. El ruido en la bomba, es uniforme en el tiempo y libre de golpeteos, lo que indica un óptimo funcionamiento. El anclaje y nivelación del motor con la bomba en su base, no permiten, que la bomba vibre durante su funcionamiento. La presión de trabajo y caudal del equipo proporcionado por las motobombas se controla en el manómetro del centro de control y se regula a una presión de trabajo estable de 70 PSI y a un caudal de aplicación de 55,5 litros por segundo. Con estas regulaciones la bomba trabaja en un rango eficiente. No se detectan filtraciones en la bomba.

2.7.- Fertirrigación

El sistema de riego, tiene integrado un equipo fertirrigador, con la opción de aplicar el fertilizante a través del agua de riego, por lo que en el cabezal de riego existe un estanque de fertilización de plástico de una capacidad de 2500 litros, un agitador que consta de un motor eléctrico trifásico Marca IMATESA de 3 Hp, 940 rpm, el cual lleva en su eje una hélice, que es la que produce la agitación de la mezcla y la homogeneiza, este sistema permite que después que se produce la mezcla del fertilizante, ésta pueda incorporarse al agua de riego mediante una motobomba y que sea distribuida al suelo por la aplicación del agua, a través de los aspersores y cañón del pivote. En la FIGURA N° 11 se muestran los componentes de este sistema.



FIGURA N° 11 Estanque fertilizador, motor agitador, hélice agitadora y entrada de fertilizante al sistema. (Este equipo de fertirrigación no se utilizó durante la temporada de riego).

2.8.- Conducción de agua

La conducción del agua desde el cabezal de riego hasta el ingreso al pivote, se realiza en tubería de acero, en un diámetro de 8 pulgadas, las cuales transportan el agua enterradas a una profundidad de 80 centímetros, en un recorrido de 440 metros. El sistema de conducción entrega el agua a la torre central del pivote, en ésta se conecta la tubería de conducción con la columna de elevación vertical del agua, que entrega el agua al equipo de riego. Para el control de caudal, existe un regulador de flujo marca DOROT, MODELO 707-L-6" pulgadas, que está instalado a la salida de la bomba. Para el control de aire, existe una válvula de venteo. Ambos elementos se observan durante el uso del sistema de riego. El funcionamiento de estos elementos de control fue el normal.

2.9.- Aspersores

El pivote utiliza aspersores i – Wob, color rojo, boquilla 3/16", con un rango de caudal entre 3,16 a 4,45 GPM, con un diámetro de mojadura entre 41,7 a 53,2 pies, y a una presión de trabajo entre 10 a 20 psi, montados a 1,8 metros sobre el nivel del suelo. En la FIGURA N° 12 se muestra el aspersor, que utiliza el pivote y la forma en que se aplica el agua.



FIGURA N° 12 Aspersor y aplicación de agua.

Los aspersores se distribuyen a lo largo del lateral a una distancia de dos metros uno del otro. Se observa que la aplicación de agua, estuvo dentro de los estándares de funcionamiento de los aspersores, tanto en el diámetro de mojadura de 12,9 metros, del caudal de aplicación, que fue en promedio de 4,03 GPM por aspersor, y la presión de trabajo que oscilo entre 10 y 12 psi. El anclaje de los aspersores se ubica a 1,8 metros desde el suelo. El viento en ciertos momentos influye en la aplicación uniforme del agua, por lo que es necesario considerar el horario de menor viento para aplicar el agua a futuro.

2.10.- Disponibilidad, demanda y aplicación del agua.

En la FIGURA N° 13 disponibilidad, demanda y aplicación del agua, se resume la situación general en la temporada de riego del agua disponible, tanto superficial y subterránea del predio y la demanda de agua para el funcionamiento del equipo pivote.

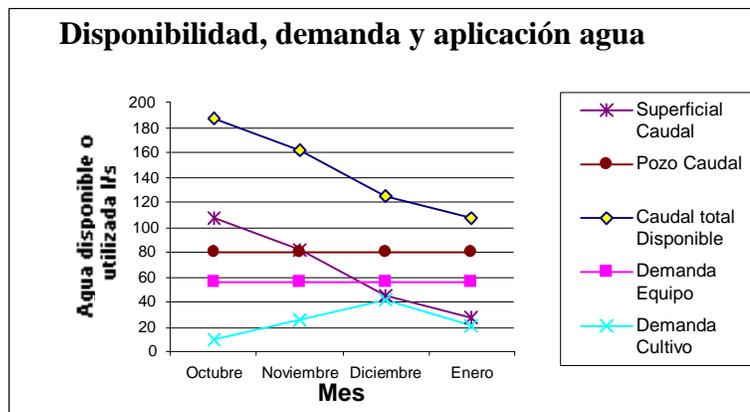


FIGURA N° 13 Disponibilidad, Demanda y Aplicación de agua.

Se observa en la figura N° 13 que el riego con el equipo de pivote en el cultivo, comienza en octubre y termina en enero. La disponibilidad de agua superficial en el tiempo no es un valor constante, debido a que existe una disminución del valor de caudal en las acciones del canal que aporta este recurso, y que va disminuyendo desde 12 litros por segundo por acción en Octubre, a 3 litros por segundo por acción en el mes de enero. La disponibilidad de aguas subterráneas es un valor constante en el tiempo, y aporta 80 litros por segundo. La demanda de agua por el pivote es constante en el tiempo y se requiere para su funcionamiento, un caudal instantáneo de 55,5 litros por segundo. La demanda de agua del cultivo no supera a la disponibilidad de agua del predio, y tampoco al caudal de aplicación del equipo pivote y oscila entre 9,22 litros por segundo

en octubre, hasta 41,17 litros por segundo en diciembre, para disminuir en enero debido a que el cultivo, ya estaba en etapa de secado dentro de su proceso productivo. El equipo de bombeo de la fuente de agua proveniente del pozo profundo, sólo se utilizó cuando las aguas superficiales eran deficitarias, esto ocurrió como se muestra en el gráfico a mediados de diciembre.

2.11.- Descripción de los componentes del pivote.

El pivote fijo analizado en el presente estudio corresponde a uno marca REINKE, Modelo RAMS 2000, este equipo se basa en una estructura base o centro de pivote, formada por una estructura de acero en forma de pirámide que va anclada en una base de hormigón, sostiene un tramo vertical de tubería que lleva una junta estanca, a base de anillos rozantes, que permite el giro. A la parte superior de esta tubería va unida la tubería porta emisores, mediante un codo que permite el giro de esta en forma circular, apoyada en ocho torres automotrices. Estas torres están dotadas de un motor eléctrico y dos ruedas neumáticas. La tubería de conducción del agua en el lateral, es de acero galvanizado E – 65 (6 5/8”), la que sirve junto con barras o cables, de elementos resistentes para vencer el espacio vacío entre torres. La distancia entre torres es de 53 metros. La longitud total del lateral del equipo es de 442 metros, incluidos 18 metros de voladizo. El recorrido del pivote lo controla un sistema automático, que está instalado en la estructura base. Este hace avanzar las torres de una en una y dispone de un mecanismo de alineamiento, que funciona de la siguiente manera: En primer lugar comienza a avanzar en sentido circular la torre más alejada del centro del equipo. Cuando el tramo más alejado del centro y el siguiente forma un ángulo de unos 20°; el sistema automático detiene el movimiento de la torre más alejada y hace funcionar la siguiente. De esta forma se provoca una reacción en cadena de avance que hace que, cuando todas las torres hayan realizado su recorrido, el equipo se encuentre de nuevo alineado y se pueda volver a comenzar con la serie de movimientos. La velocidad de avance del equipo se regula actuando sobre el motor de la torre extrema, haciéndola funcionar en fracciones de minuto. Esto hace que el avance sea "a saltos", excepto cuando funciona al 100%, caso en el que la torre exterior no se detiene. En este caso alcanza una velocidad máxima de 1,5 – 1,8 m/min. La presión de trabajo del sistema es de 51 metros columna de agua

(71.4 psi) y un caudal de operación de 110 metros cúbicos por hora. Esta presión y caudal es proporcionada por el sistema de impulsión en base a dos motobombas eléctricas trifásicas, ubicadas en una caseta. La presión de entrada en el pivote fue de 45 psi. A continuación se describen las principales características y funciones de cada componente del pivote central, constituido por: torre del punto pivote; tablero de control; lateral, que esta formado por la unidad de conducción, tramos, aspersores, tramo levadizo y otros accesorios.

2.12.- Torre del punto Pivote

2.12.1.- Marco torre

El marco de la torre esta constituido por cuatro pilares con abrazaderas perimétricas, de acero inoxidable 8" x 3" x 3"x 1/4" con forma de pirámide, los cuales soportan los esfuerzos provocados por las cargas de arranque y rotación producidas por el equipo. Además soporta la columna elevadora de agua y el tablero de control. Se ancla a una base de hormigón, mediante 4 pernos de anclaje de diámetro 1", que son los que fijan la base de la estructura de la torre central. La parte superior de la tubería elevadora posee un codo que gira libremente y que lleva asociado un colector, que realiza las conexiones con los cables de alimentación a los motores de las torres con el tablero de control. En la FIGURA N° 14 se puede apreciar la base de hormigón, la estructura en forma de pirámide de la torre anclada, el tablero de control del pivote, el codo de giro, y la escalera que posee seis escalones en dos de sus pilares metálicos, para acceder a la parte superior de la torre central cuando sea necesario. En los otros dos pilares se incluyen perforaciones para instalar escalones.



FIGURA N° 14 Vista estructura base o centro de pivote.

En el aspecto de diseño de esta estructura no fue posible intervenir, ya que el sistema viene calculado de fábrica. Y se debe cumplir con las especificaciones técnicas dadas por el fabricante. Por observaciones en la temporada del estudio, se puede concluir que los distintos elementos utilizados en el marco torre fueron los adecuados, ya que no se observaron torsiones, desnivelaciones, aflojamientos de pernos, u otro que hicieran colapsar la estructura. En esta estructura se controla cada quince días, el apriete de los pernos y tuercas, los cuales no requirieron ser reapretados en toda la temporada de riego.

2.12.2.- Columna elevadora de agua

Tuberías de conducción

El agua entra al pivote, a través de una tubería de acero galvanizado con un diámetro de 6 5/8", anclada a los pilares de la torre, mediante perfiles angular de 50 x 50 x 3 milímetros de acero galvanizado. En esta tubería se dispone de un manómetro, que permite conocer la presión de trabajo instantánea del pivote. La FIGURA N° 15, muestra la entrada de agua al pivote, ubicada en el centro de la torre central del sistema, está se conecta directamente a la tubería de conducción, que viene en forma subterránea desde la caseta. Además se puede observar la presión de trabajo en operación del pivote equivalente a 45 psi, indicada en el manómetro que para estos efectos se encuentra en la tubería del agua.



FIGURA N° 15 Vista entrada del agua al pivote y manómetro.

En la FIGURA N° 16 se muestra la unión de la tubería de conducción del agua y la columna elevadora, la cual se realiza mediante una unión flanche. Además se observa la conexión eléctrica, que ingresa hacia dentro de la tubería de elevación del agua.



FIGURA N° 16 Unión tubería conducción a pivote, conexión cable eléctrico a tubería entrada de agua.

El diseño de los elementos de conducción vienen desde fabrica, previo los cálculos hidráulicos, que se traducen en especificaciones técnicas del uso del equipo. En el periodo del estudio se controló, que no existieran filtración de agua en la tubería, lo que no ocurrió durante la temporada de riego.

Codo de giro

La parte superior de la tubería elevadora posee un codo que gira libremente y que lleva asociado un anillo colector de aluminio anticorrosivo, que realiza las conexiones con los cables de alimentación, de los motores de las torres con el tablero de control, esto se aprecia en la FIGURA N° 17



FIGURA N° 17 Codo de giro y anillo colector.

En este codo durante el periodo de uso del equipo, se controla el funcionamiento de la leva de mando, la estanqueidad de todas las entradas de los cables en la caja del mando de la alineación, las uniones atornilladas, la estanqueidad de la junta anular en el tubo de entrada del agua, el mecanismo giratorio del tubo de entrada de agua en el portador

angular, la empaquetadura de las prensa – estopas, y la estanqueidad de las conducciones de los cables eléctricos en la central del mando. De todos estos controles en el único, que fue necesario intervenir cada 30 días, fue en el engrase del mecanismo giratorio del tubo de entrada de agua en el portador angular.

Anillo colector de aluminio anticorrosivo

Realiza las conexiones con los cables de alimentación a los motores de las torres con el tablero de control. En este elemento se controlan todas las uniones eléctricas y la estanqueidad de la caja del colector, la marcha fácil del alojamiento del colector, y la ausencia de tensiones en la unión de arrastre. En este elemento no se detectan situaciones, que hagan necesario el ajuste y/o reemplazos de sus componentes durante el período de riego.

Anclaje, base de hormigón

La base de hormigón, que soporta el peso de la torre central, tiene una dimensión de tres metros de ancho por tres de largo, por una profundidad de 0,30 metros de alto. En esta base se anclan los cuatro perfiles metálicos, mediante pernos de anclaje ver FIGURA N° 18, que están separados entre ellos por dos metros y en la punta se unen formando una pirámide.



FIGURA N° 18 Perno de anclaje

En este elemento se controla periódicamente, cada 15 días, el apriete de pernos, la posible ruptura de la base de hormigón, la oxidación de metales. No fue necesario intervenir la base de hormigón, durante toda la temporada de riego, lo que indica que la base de hormigón soporta satisfactoriamente las presiones y tensiones provocadas por el funcionamiento del equipo. No fue necesario el apriete de pernos de anclaje durante la

temporada de riego. Se observa oxidación en los pernos de anclaje, por lo que se recomienda aplicar un tratamiento antioxidante, que consiste en un lijado para sacar la corrosión, posteriormente se realiza una limpieza con brocha para sacar las impurezas y una aplicación de líquido anticorrosivo.

2.13.- Sistema eléctrico y centros de control

Para su funcionamiento se utilizan dos centros de control uno en la caseta y otro en el pivote, los cuales requieren de alimentación eléctrica trifásica, la que es proporcionada por un transformador ubicado en el predio. A continuación se analiza en detalle el transformador disponible y los componentes de cada centro de control.

Sistema Eléctrico

Transformador

El transformador utilizado en el sistema de riego se encuentra ubicado dentro del predio, cercano a la caseta de control de las motobombas. Y se diseñó para cumplir con los requerimientos de energía del sistema de riego a implementar. El tipo de energía, con el cual trabaja el sistema donde está inserto el pivote, es energía eléctrica trifásica, esta llega a través de un transformador de capacidad de 300 KVA. Ver FIGURA N° 19.



FIGURA N° 19 Transformador del sistema de riego.

Este alimenta al sistema de riego en general, el cual consta de los siguientes elementos: un pozo profundo, que posee una bomba sumergible, que entrega 80 l/s, la cual se alimenta de energía eléctrica y cuyo motor trabaja a 380 Volt, un equipo pivote fijo, que posee motores que trabajan con voltajes entre 380 y 480 volts, dos motobombas trifásicas, tableros de control de pivote y motobombas, motor de fertirrigación, luces pilotos y sensores. En la FIGURA N° 20 se observa de izquierda a derecha, el cable que

alimenta los motores de las torres, luz de pivote, protección a tierra y elementos de control.



FIGURA N° 20 Sistema de alimentación eléctrica del pivote.

En este sistema se controla visualmente, cada 15 días, el estado de los conductores eléctricos y sus conexiones. La llegada del voltaje y corriente, se controla observando las lecturas de los instrumentos ubicados en los tableros de control. Tanto los conductores eléctricos y sus conexiones no tuvieron fallas, por lo que no fue necesario intervenir en su manejo, en esto influyo, que el equipo de pivote fuera nuevo y todos estos elementos aun estén dentro de su vida útil. Las lecturas visuales de los instrumentos de control del sistema eléctrico, permitieron verificar, que la llegada del voltaje y corriente, estuvo de acuerdo a lo requerido por los distintos elementos utilizados en el sistema de riego, por lo que se puede decir, que tanto el diseño de las instalaciones eléctricas, como también los instrumentos, que fueron considerados para controlar, fueron los adecuados.

Centros de control

Los centros de control considerados en el sistema de riego eran dos; uno ubicado en una caseta, que servia para el control de motobombas y otro ubicado en la torre fija del pivote, que permitía el control del funcionamiento de este.

Centro de Control de motobombas

El centro de control se encuentra para las motobombas que adicionan energía al sistema en una caseta y consta de un sistema que contempla, disyuntores, amperímetros y voltímetros, tierra, tal como se observa en la figura N° 21, tales instrumentos contribuyen a llevar una referencia del funcionamiento del sistema.



FIGURA N° 21 Tablero de comando y control de las motobombas.

En estos tableros se controla visualmente las lecturas de los diferentes instrumentos existentes, las cuales deben mantenerse dentro de los rangos de operación de las motobombas impulsoras, con el fin de prevenir efectos sobre los equipos, ante posibles fallas de energía. Durante toda la temporada de riego no se detectan lecturas, que estuviesen fuera de las especificaciones técnicas, para el funcionamiento de los equipos. Principalmente debido a que los sistemas que involucraban la conformación de este centro de control eran nuevos y tenían el diseño adecuado.

Tablero de control del pivote

El tablero de control del pivote, recibe la alimentación eléctrica trifásica desde la caseta de bombeo, mediante un cable enterrado, aprovechando la misma zanja de la tubería. En este tablero se encontraban los mandos de funcionamiento del equipo, desde donde era posible arrancarlo y detenerlo, ya sea para regar o desplazarlo a otra posición, regular velocidad del equipo, sentido de rotación y verificar el funcionamiento del sistema eléctrico y mecánico del mismo. Mediante la utilización de cables eléctricos y líneas hidráulicas, colocados longitudinalmente a la tubería lateral, y cajas de control en cada torre. El panel de control estaba localizado en la estructura base o centro de pivote. En la siguiente FIGURA N° 22 se puede observar el tablero de control automático del sistema de pivote considerado en el estudio.



FIGURA N° 22 Tablero de control automático del equipo.

El equipo de riego es calibrado mensualmente, por el encargado del equipo, considerando la demanda de agua del cultivo de trigo, que se regaba. Se verifica el funcionamiento del pivote, observando los instrumentos de que dispone el centro de control del pivote. Esta labor de calibrado y verificación en el centro de control, era realizado por una persona entrenada en ello, por lo que el funcionamiento del pivote era el adecuado para suplir las demandas hídricas del cultivo que este regaba.

2.14.- Anclaje

El anclaje de los diferentes elementos considerados, fueron adaptados a las características de cada uno de ellos.

2.15.- Lateral

El lateral de riego considera torre, tramo de riego, voladizo, aspersores. El lateral completo del estudio se componía de ocho tramos de 53 metros cada uno, en los cuales se distribuyen 188 aspersores, cada dos metros; más 18 metros de voladizo en el cual se ubican 8 aspersores y un cañón Terminal de cobertura de 12,5 metros. El primer tramo opera con seis aspersores. La longitud total del lateral era de 442 metros, el total de aspersores era de 196 y un cañón Terminal.

2.15.1.- Torre

La torre se conforma por una unidad de conducción, que se analiza en detalle a continuación.

Unidad de Conducción

La unidad de conducción está compuesta por una unidad de soporte, llamada torre, que es un armazón que sostiene al lateral, una unidad de propulsión, que otorga el movimiento circular al lateral, y una unidad de acoplamiento de los tramos del lateral. La acertada coordinación de los brazos de control y su exacta alineación con las levas de mando (por medio de un ajustado cojinete) garantiza la correcta transmisión de los pasos de control o movimientos. Este preciso control de la torre móvil ofrece alta fiabilidad funcional y larga duración. La velocidad de la última torre es la más importante ya que controla al resto, las que se mueven para mantenerse en línea. En cada una de las torres intermedias se encuentra una barra de control ligada a la base de la caja de control de la torre y al tramo siguiente. La angulación o alineación de una torre móvil (o pivote) a otra torre móvil es transmitida a través de cables de control, de tal manera, que cualquier torsión de la estructura de acero es compensada. Este pivote posee una palanca de conmutación montada directamente sobre el punto giratorio de la articulación flexible. Eventuales torsiones del tubo no tienen efecto alguno en los recorridos del mando y, por esto, el sistema queda totalmente libre de tensión o cambios en la dirección. En esta unidad de conducción es donde los elementos que la componen están sometidos a los mayores esfuerzos, puesto que, en ella se produce el control de velocidad de rotación, lo que define la cantidad de agua a aplicar sobre el cultivo a regar.

Armazón

La armazón es de forma triangular, en perfiles de acero galvanizado E-65 en sus dos laterales y de un tubo galvanizado en su parte inferior., como se muestra en Figura N° 23. Esta armazón integra los diferentes elementos que componen la unidad de conducción.



FIGURA N° 23 Unidad de Conducción.

El armazón no es una estructura que requiera de mediciones periódicas. Pero observaciones visuales, permitieron establecer que el diseño de esta era la adecuada para el equipo, puesto que no se produjeron torceduras ni pandeos de los materiales, que hubieran demostrados que la armazón estuviera sometida a esfuerzos mayores a los de diseño.

Propulsión

La propulsión de la armazón esta dada por, un motor con engranaje reductor de velocidad y eje de propulsión, engranajes ruedas, ruedas y el acoplamiento de los tramos, los que se analizan a continuación.

Motor con engranaje reductor de velocidad y eje de propulsión

La unidad de propulsión posee un motor alimentado por un circuito eléctrico trifásico que opera a 380 volts y 50 Hetz. Este motor mediante un eje de propulsión, transmite el movimiento hacia una caja de engranajes, que reduce la velocidad de rotación y transmite el movimiento hacia las ruedas. La potencia de estos motores es de 0.5 Hp. Ver FIGURA N° 24



FIGURA N° 24 Reductor de velocidad, motor y eje de propulsión.

Las características técnicas del motor se presentan en el CUADRO N° 4.

CUADRO N° 4 Características técnicas del motor unidad de conducción

Características Del Motor			
OUTPUT Hp	0.6/0.5	AMBIENTE °C	40
VOLTS	460/380	ENCLOSURE recinto	TENV
AMPS	1.1/1.1	FRAME	56-9
HERZ	60/50	TIPO	JN-GD
OUTPUT rpm	36/30	CLASE AISLACION	F
FASE	3	CONTINUOUS DUTY	
CODIGO	R	TERMALMENTE PROTEGIDO	
ID #	J04-A0321-N		

El voltaje utilizado es de 380 Volts, con 30 rpm en el eje y una relación de transmisión de 40:1. Los diferentes elementos que componen esta unidad son observados, con el fin de evaluar su comportamiento y detectar posibles fallas, como: ruidos, fugas de lubricante, u otro. Durante estas observaciones no se produjeron deficiencias de estos elementos, debido principalmente a, que los motores fueron utilizados dentro de los rangos de diseño de estos elementos, y a que estos no habían cumplido su vida útil.

Engranaje ruedas

En la FIGURA N° 25, se muestra el engranaje en las ruedas, que permite transmitir el movimiento a las ruedas de la torre



FIGURA N° 25 Engranaje ruedas

Los elementos que la componen están sometidos a esfuerzos rudos, puesto que en ella se produce el control de velocidad de rotación. Los diferentes elementos que componen este elemento es observado, con el fin de evaluar su comportamiento y detectar posibles fallas, como: ruidos, fugas de lubricante, u otro. Durante estas observaciones no se produjeron deficiencias de estos elementos, principalmente a que la unidad de conducción fue utilizada dentro de los rangos de diseño de estos elementos, y a que estos no habían cumplido su vida útil.

Ruedas

Las torres móviles estaban soportadas en dos neumáticos, Marca DURATORQUE DT 221, GOOD-YEAR, 14,9" – 24", Tubulares, 25 MPH (40 KM/H), máxima carga 2200 lb. (1000 Kg.), AT 12 PSI (0,8 bar.). Los neumáticos están unidos a las torres móviles, por medio de 8 pernos con tuercas. Esto se observa en FIGURA N° 26



FIGURA N° 26. Ruedas

Las ruedas del pivote son seleccionadas según características de diseño del pivote y formaban parte integrante de éste. En su funcionamiento se pudo observar que aun aplastando al cultivo regado, no producen un daño irreparable en el área en que circulan, por lo que se puede inferir, que la presión sobre el cultivo no supera el límite de destrucción de este, como también no vence el límite elástico del suelo, ya que este no se compacta mayormente. Así mismo los pernos de unión de las ruedas a la torre soportan el trajín de la temporada de riego, no siendo necesario su reapriete.

Acoplamiento

El acoplamiento de la torre móvil, se compone de macho, hembra y compensa las inclinaciones extremas del terreno. La FIGURA N° 27, muestra este acoplamiento flexible.



FIGURA N° 27 Acoplamiento flexible.

Su montaje externo al tubo garantiza que el interior del mismo quede libre para el flujo óptimo sin pérdidas de presión. El manguito de goma es resistente a la intemperie, rayos UV y ozono, y permite gran angularidad en el caso de terreno desnivelado. Se observa

que este acoplamiento cumple su función al pasar por las diferentes irregularidades del terreno a regar.

2.15.2.- Tramos

Los tramos corresponden a la sección del lateral que se encuentra suspendida por medio de tirantes y marcos de acero galvanizado, se localizan entre dos unidades de conducción consecutivas. Sus cálculos de diseño vienen dado por el modelo del pivote y deben ser cumplidas en su utilización las especificaciones técnicas del fabricante. El tramo considera un diámetro de tubo óptimo para el caudal que ocupa el equipo, ajuste optimizado, para conseguir los más bajos costos de operación, una sola longitud de tubo de 5.85 metros para facilitar el montaje y transporte, tirantes de diámetro 20 milímetros de alta resistencia a la tracción y alto margen de seguridad, un solo tipo y longitud de tirantes para todas las dimensiones y longitudes de tramos, la forma arqueada de la estructura le confiere un alto grado de estabilidad, la colocación a 90 grados de los ángulos de los travesaños, permite la uniforme distribución de la carga, incluso cuando el terreno se pone difícil, brazos de dirección de la torre cruzados, para una alta estabilidad en cualquier terreno. En la FIGURA N° 28, se observan: vistas del tramo lateral del pivote y su unidad de conducción.



FIGURA N° 28 Tramo lateral con la unidad de conducción.

La longitud del tramo en el equipo considerado es de 53 metros. En este tramo se disponen 26 aspersores, separados cada dos metros, uno del otro. En el tramo se observa principalmente la estructura de éste y su comportamiento, ante los esfuerzos a que esta sometido por la aplicación del agua al cultivo. Se observa que ante irregularidades de suelo, que presenta el sector de riego, el sistema de acople a la unidad de conducción

permite aminorar sus efectos, lo que redonda en menores esfuerzos de torsión en el tramo. Este se observa en FIGURA N° 29.



FIGURA N° 29 Acople tramo.

La estructura del tramo en sus diferentes componentes cumple, con las especificaciones dadas por el fabricante, puesto que soporta todos los esfuerzos a que es sometido y al final del riego, se observa la estructura, ésta no mostraba torsiones u irregularidades.

2.15.3.- Voladizo

El voladizo es el último tramo del lateral, este se encuentra suspendido desde la última torre. Está compuesto por tres tuberías de 6 metros cada una, las cuales se encuentran apenadas entre si dando un largo total de 18 metros, el cual amplía el radio de riego del pivote. En su extremo se instala un cañón de riego cañón marca NELSON, modelo P85A, presión de trabajo 25 – 40 psi, caudal 340 litros por minuto y cobertura de riego de 10,6 – 16,6 metros, lo que permite aumentar el área regada. Como el sistema funciona con aspersores de baja presión, se adiciona una motobomba, para alcanzar la presión de trabajo del cañón de riego. En Figura N° 30, se muestran el voladizo y el cañón de riego ubicado al final del voladizo.



FIGURA N° 30 Voladizo y cañón final.

El cañón final cumple con el objetivo de aumentar la superficie de riego, y no se detectan anomalías en su funcionamiento. Se controlan todas las uniones atornilladas en bridas, tirantes inferiores, traviesas de la torre móvil y del voladizo, la estanqueidad de la manguera de unión, en los acoples de las torres móviles, y se verifican las fijaciones de los cables eléctricos en el voladizo y las uniones atornilladas. En todos estos controles no se encuentran fallas, por lo que no fue necesario intervenir en estos elementos, debido principalmente a que ninguno cumple su vida útil.

2.16.- Superficies de riego

El largo del lateral no se utiliza en su totalidad, de un total de lateral de 454,5 metros, 50 metros no se utilizan en regar, 392 son utilizados en los aspersores y 12,5 los proporciona el alcance de riego del cañón Terminal. Las diferentes superficies consideradas en la aplicación de agua mediante el uso del pivote se muestran en la FIGURA N° 31 Superficies.

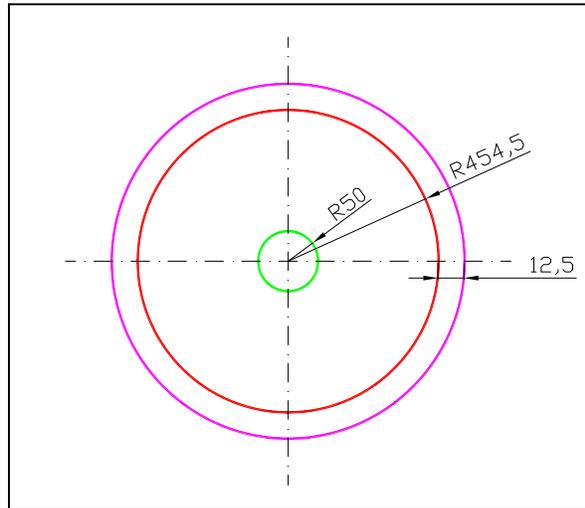


FIGURA N° 31 Superficies de riego

En la figura anterior se aprecia en color verde, la superficie que el lateral no riega, por no existir cultivo en ella, esto se hace no colocando aspersores en el tramo, el tramo sin aspersores es de 50 metros y corresponde a una superficie de 0,79 hectáreas. En la figura, el color blanco, corresponde a la zona de riego, producto de la aplicación de agua por los 196 aspersores distribuidos en el lateral, el color naranja, corresponde al área de riego del cañón Terminal, ambas zonas riegan una superficie de 64,1 hectáreas.

CAPITULO 3

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE CENTRAL MARCA REINKE, MODELO RAMS 2000

Toda información, ilustraciones y especificaciones contenidas en este manual se basan en los datos más recientes del pivote, disponible al momento de la publicación. En este manual, se encuentran las actividades recomendadas a realizar, las actividades realizadas las cuales muestran el seguimiento que se hizo para lograr este manual, de la misma manera se incorporan las frecuencias de tiempo, las cuales indican una referencia de tiempo en los trabajos que se realizan. Su ordenamiento empieza desde la toma de agua, sigue con la acumulación, limpieza, control de algas, entrada de agua a la caseta, motobombas, la conducción de agua, hasta llegar al pivote y a cada uno de sus componentes. Este manual ha sido preparado para dar a conocer el mantenimiento del equipo pivote central y proporciona información en las actividades a realizar, se solicita leer cuidadosamente las recomendaciones, que ayudan a asegurar un funcionamiento que le permite sacar el máximo rendimiento a su equipo de riego, y se considera como parte permanente del equipo a la hora de desarrollar la mantención. En las siguientes tablas se observan, las actividades recomendadas de mantenimiento que se realizan al equipo pivote central marca REINKE.

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE REINKE EN ESTUDIO		
Actividad	Frecuencia	Equipo utilizado
Fuente de agua		
Agua superficial	Proviene del Canal Reloca, Río Chillan, 9 acciones	
Limpiar canal	Inicio temporada riego	Jornalero, palas, rozón, picota.
Vigilar canal de riego	Turno de riego	Jornalero, moto.
Medir caudal	Inicio y mes febrero	Tambor 200 litros, tubo acceso PVC 200 mm., cronómetro con segundo. Aplicar $Q = \text{Volumen} (200 \text{ litros}) / \text{Tiempo llenado tambor (segundo)}$
Agua subterránea	Proviene de pozo profundo construido en el predio, con un caudal de 80 l/s	
Revisar estado motobomba	Inicio y final temporada de riego	Inspección visual, tecla 2000 kilos, dos llaves Stillson 200 mm.
Revisar conexiones eléctricas motobomba	Inicio temporada de riego	Inspección visual y manual, llave estrella cerrada 14 mm.
Lecturas instrumentos eléctricos	Inicio cada riego	Amperímetro y voltímetro mecánico
Medir caudal pozo	Inicio temporada	Tambor 200 litros, tubo acceso PVC 90 mm., cronómetro con segundo. Aplicar $Q = \text{Volumen} (200 \text{ litros}) / \text{Tiempo llenado tambor (segundo)}$
Acumulador		
Verificar capacidad	Inicio temporada de riego	Inspección visual, variación nivel agua
Limpieza	Mensual	Inspección visual, pala, jornal
Revisar estucos	Fin temporada	Inspección visual
Verificar funcionamiento	Inicio de cada riego	Inspección visual, nivel de agua
Control de algas	Cada 30 días	Aplicar sulfato de cobre en dosis de 30 gramos por metro cúbico de agua acumulado

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE REINKE EN ESTUDIO		
Actividad	Frecuencia	Equipo utilizado
Caseta.	Caseta construida albañilería ladrillo, estuco mortero, techo zinc acanalado, radier, superficie 24 metros cuadrados	
Revisar construcción	Inicio temporada de riego	Inspección visual, toda la construcción
Ventilación	Inicio cada riego	Control manual temperatura motores
Capacidad	Inicio temporada	Inspección visual ubicación equipos y espacios de circulación sin riesgos.
Captación de agua		
Limpieza válvulas pie 4"	Cada cuatro riego	Inspección visual, escobilla de plástico
Apriete pernos y tuercas 14 mm.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, dos llaves estrellas cerradas de 14 mm.
Altura de succión	Inicio, mitad y final de cada riego	Inspección visual, mantener nivel de agua sobre válvula de pie.
Filtración de agua	Inicio cada riego	Inspección visual, juntas y uniones.
Filtración de aire	Inicio cada riego	Inspección visual y manual juntas y uniones.
Motobombas	Dos motobombas eléctricas trifásicas conectadas en paralelo	
Motores		
Limpieza exterior.	Mensual	Inspección visual, paño y brocha 4 pulgadas.
Sobrecalentamiento	Inicio, mitad y final cada riego	Inspección al tacto
Vibración y anclaje	Mensual	Inspección al tacto, llave 14 mm.
Detectar ruidos	Inicio cada riego	Inspección auditiva
Lectura voltímetro	Inicio cada riego	Voltímetro mecánico
Lectura amperímetro	Inicio cada riego	Amperímetro mecánico
Conexiones eléctricas	Inicio cada riego	Inspección visual, llave de 12 mm.

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE REINKE EN ESTUDIO		
Actividad	Frecuencia	Equipo utilizado
Motores		
Relubricación, cojinetes y rodamientos.	Cada 5900 horas	Llave fija 14 mm., grasera, grasa, ESSO, tipo UNIREX, Modelo 160 M/L hasta 355 M/L, rod 6211 y 6311, dosis 11 y 18 grs. respectivamente.
Comprobar y ajustar alineación del grupo.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, llave fija 14 mm.
Comprobar y ajustar acoplamientos.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, llave fija 14 mm.
Revisión y repasos de pintura.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, pintura acrílica, pistola, compresor.
Bomba		
Observar lectura de manómetro	Inicio cada riego	Manómetro de glicerina 70 PSI
Control de flujo	Inicio cada riego	Válvula control de flujo manual
Acople a motor	Inicio temporada de riego	Inspección visual
Anclajes	Mensual	Inspección visual y llave estrella cerrada 14 mm.
Detectar ruidos	Inicio cada riego	Inspección auditiva
Presencia de goteras.	Inicio cada riego	Inspección visual, uniones y juntas.
Desgaste rodamientos y cojinetes:	Inicio temporada de riego	Inspección visual y auditiva
Fertirrigación		
Motor mezclado	Inicio aplicación	Inspección visual y auditiva
Estado estanque	Inicio temporada riego	Inspección visual
Acoples	Inicio temporada riego	Inspección visual
Conducción de agua.		
Diámetro tubería	Inicio temporada primer riego	Especificaciones técnicas equipo
Unión tubería conducción con tubería de pivote	Inicio temporada riego	Inspección visual sellos y uniones apernadas, 2 llaves estrella cerrada de 25 mm.
Verificar presión manómetro, entrada pivote.	Inicio cada riego	Manómetro glicerina, mantener a 45 PSI

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE REINKE EN ESTUDIO		
Actividad	Frecuencia	Equipo utilizado
Conducción de agua.		
Regular flujo de agua a 55,5 litros por segundo	Inicio cada riego	Dos llaves de flujo
Fugas de agua.	Inicio cada riego	Inspección visual sellos y tuberías
Lavar las tuberías.	Final temporada riego	Abrir llaves de despiches
Aspersores.		
Presión de trabajo.	Inicio cada riego	Manómetro glicerina.
Diámetro mojadura	Inicio cada riego	Inspección visual y medición con huincha
Caudal de aplicación	Inicio, mitad y final del riego	Cápsulas, cronómetro, vaso graduado, formula matemática.
Efecto del viento	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual
Uniformidad de aplicación	Inicio, mitad y final del riego	Cápsulas, cronómetro, vaso graduado, formula matemática uniformidad de aplicación.
Taponamiento filtros en aspersores y cañón.	Inicio y mitad del riego	Inspección visual, llave fija 33 mm., atornillador paleta y cruz.
Factores Diseño Influyen en Estabilidad del Pivote Central.		
Torre del punto Pivote		
Marco torre.	Sistema calculado de fábrica	
Torsiones, desnivelaciones	Inicio temporada de riego	Inspección visual, nivel y plomo.
Apriete pernos y tuercas.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, dos llaves estrella cerrada de 14, 16, 25 mm.
Columna elevadora agua		
Tuberías de conducción		
Presión de operación	Inicio, mitad y final del riego	Manómetro glicerina.
Torsiones, desnivelaciones	Inicio, mitad y final del riego	Nivel de mano y plomo
Apriete pernos y tuercas.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual, dos llaves estrella 14, 16, 25 mm.

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE REINKE EN ESTUDIO		
Actividad	Frecuencia	Equipo utilizado
Codo de giro		
Leva de mando.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual, dos llaves estrella 14 mm.
Cables caja mando alineación.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual, llave fija 12 mm.
Uniones atornilladas.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual, atornillador de paleta.
Estanqueidad junta anular tubo entrada agua.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual sellos
Mecanismo giratorio tubo entrada agua portador angular.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual y auditiva, engrasadora, grasa fabricante Aral, tipo Aral Eural Grease EP 2, dosis 50 gramos.
Empaquetadura de las prensa – estopas.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual sellos, llave estrella cerrada 24 mm.
Estanqueidad cables eléctricos central de mando.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual, llave fija 12 mm.
Anillo colector de aluminio anticorrosivo		
Uniones atornilladas.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual, llave fija 14 mm.
Estanqueidad junta anular tubo entrada agua	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual sellos, llave fija 14 mm.
Estanqueidad cables eléctricos central de mando.	Inicio, mitad y final del riego	Inspección visual, llave fija 12 mm.
Desgaste cepillos y anillo colector	Inicio temporada	Inspección visual, llave fija 14 mm., atornillador paleta.
Uniones eléctricas y estanqueidad caja colector	Inicio temporada de riego	Inspección visual, llave fija 12 mm.
Marcha colector y tensión unión arrastre	Inicio temporada de riego	Inspección visual, llave fija 14 mm. Y atornillador paleta.

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE REINKE EN ESTUDIO		
Actividad	Frecuencia	Equipo utilizado
Anclaje Base de Hormigón.		
Apriete pernos de anclaje.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, llave de 25 mm.
Verificar estado pernos anclaje.	Inicio y final temporada de riego	Inspección visual, escobilla metálica, pintura antioxidante.
Observar estado base hormigón	Inicio temporada de riego	Inspección visual
Sistema Eléctrico.		
Transformador.	Energía eléctrica trifásica, transformador marca TUSAN, serie T23860, capacidad 300 KVA.	
Centro de Control de motobombas		
Estado conductores eléctricos y conexiones.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, llave 12 mm., atornillador de cruz
Control del voltaje y corriente.	Inicio cada riego	Voltímetro y amperímetro mecánicos
Tablero de control del pivote		
Llegada energía eléctrica trifásica	Inicio cada riego	Voltímetro y amperímetro mecánicos
Mandos de arranque y parado.	Antes de cada riego	Programador tablero de control
Velocidad del equipo.	Antes de cada riego	Programar tablero control, según evapotranspiración.
Unidad de conducción		
Armazón		
Verificar estado estructura armazón.	Inicio temporada de riego	Observaciones visuales, nivel de carpintero y plomada.
Reductor de velocidad		
Control de velocidad de rotación.	Antes de cada riego	Programador tablero de control
Verificar ruidos, golpeteos, fuga de lubricante, u otro.	Inicio cada riego	Observaciones visuales y auditivas
Controlar nivel aceite	Inicio, mitad temporada de riego	Observaciones visuales, llave punta 14 mm., aceite Shell OMALIA Oil 220, cantidad 0,8 litros

MANUAL MANTENIMIENTO DEL PIVOTE REINKE EN ESTUDIO		
Actividad	Frecuencia	Equipo utilizado
Ruedas		
Verificar nivel aceite caja de engranajes ruedas	Inicio temporada de riego	Llave estrella abierta 14 mm., aceite norma ML-L-2105 G/SAE 85 W/140, 0-100 ^a C, 2,3 litros.
Verificar apriete tuercas y pernos	Inicio y mitad temporada de riego	Inspección visual y llave estrella acodada 25 mm., y tubo para aumentar el brazo.
Revisar desgaste neumático	Final temporada de riego	Inspección visual, pie de rey.
Revisar presión neumáticos 1,1 bares.	Inicio y mitad temporada de riego	Manómetro tipo lápiz
Acoplamiento		
Controlar acople	Inicio y mitad temporada de riego	Observaciones visuales
Tramos		
Verificar diámetro tubo	Inicio primer riego	Especificaciones técnicas de diseño
Verificar longitud tramo	Inicio primer riego	Especificaciones técnicas de diseño
Observar uniones entre tuberías, tirantes, tensores, cables, salidas aspersores.	Inicio y mitad temporada de riego	Inspección visual, dos llaves 12, 14, 16 y 25mm.
Voladizo.		
Control uniones atornilladas bridas, tirantes inferiores, traviesas torre móvil.	Inicio y mitad temporada de riego	Inspección visual, llave fija 12, 14, 16 y 25 mm. , atornillador cruz y punta paleta.
Control estanqueidad manguera unión, acoples torres móviles.	Inicio temporada de riego	Inspección visual, llave fija 12, 14, 16 y 25 mm. , atornillador cruz y punta paleta
Verificar fijaciones cables eléctricos voladizos y uniones atornilladas.	Inicio temporada de riego	Inspección visual y llave fija 12 y 25 mm.
Verificar aumentó superficie de riego.	Primer riego.	Inspección visual, huincha

CONCLUSIONES

1 Parte importante en el estudio técnico, es aprender el funcionamiento de las distintas partes del equipo, ya que, sabiendo como este opera, se puede observar fácilmente si existen anomalías o problemas en el funcionamiento del equipo. También es importante conocer cada pieza del equipo, por si hubiera que realizar algún cambio por avería o por término de vida útil de algún elemento de la máquina.

2 En el mantenimiento se necesita fundamentalmente de datos, cosa que comúnmente, el encargado del equipo no tiene la costumbre de reunir, por lo que la gestión de mantenimiento es casi nula. La idea es que a través de esta base de datos se cambie un poco la mentalidad de los usuarios, tomando en cuenta que se pueden obtener resultados muy valiosos. Para ello se propone un manual, en el cual aparece una lista donde se muestra, la actividad, frecuencia y equipo utilizado. Esto sirve de guía para el operario y este se convierte también en parte del equipo de mantenimiento, ya que teniendo una guía de mantenimiento es mas fácil orientar al operario en las labores que se deben realizar.

3 La idea principal es implementar un plan de mantenimiento, que comienza con el operario, el cual debe ser capacitado, para que sea el encargado de las mantenciones del equipo, ya que se dificulta mucho en terreno, llevar un técnico, cada vez que falle la máquina. No obstante las operaciones de mantenimiento o reparación de los equipos, cuya realización suponga un riesgo específico para el operario sólo podrán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello, como por ejemplo: el trabajo eléctrico.

4 La inspección visual a los equipos es de suma importancia ya que con eso, se empieza a desarrollar una forma fácil y útil de aprender el funcionamiento y cuidado de la máquina. En paralelo es importante dejar un historial, para llevar un registro constante de lo observado y con esto ir potenciando aun más el mantenimiento y la eficiencia del equipo.

5 Ejercitar y poner en práctica la aplicación de los métodos, procedimientos, teorías, herramientas, y esquemas de conocimiento que conlleven acciones precisas para el eficiente desempeño de un trabajo, es fundamental para una buena ejecución y eficiencia, siendo éste el de mantenimiento del pivote central. Además, coordinando las habilidades del ingeniero para la: operación, Mantención, instalaciones, revisión, y evaluación, para así entregar un diagnóstico y posibles reparaciones de los componentes del sistema estudiado y la infraestructura hidráulica en general obtendríamos un punto en el cual complementaríamos la parte teórica con la parte practica (in situ) de la operación de funcionamiento en un 100 % del pivote central

6 Se hace necesario para este tipo de máquina un programa de mantenimiento antes, durante, y después de la temporada de riegos, para así poder conservar el estado de la maquina y/o mejorar el actual nivel de mantenimiento.

7 Cuando se dispone de un equipo pivote central, la mantención no es una opción, es una necesidad.

8 La incursión en este campo laboral, ya sea en maquinas de riego, maquinaria agrícola y otras similares, es un sector poco explorado por los ingenieros mecánicos en Chile, en el cual debiéramos enfocarnos a el como una oportunidad de ampliar nuestro campo laboral.

BIBLIOGRAFIA

CITAS BIBLIOGRAFICAS

- Corfo-Inia, Manual de Riego para el Sur de Chile, primera edición, Editorial Carillanca, Temuco, Chile, 1994.
- Dounce Villanueva Enrique, La Administración en el Mantenimiento, primera edición, Editorial Continental, México, Abril, 1976.
- Dula Navarrete José, Introducción a la Irrigación Bajo el Enfoque de Sistemas, primera edición, Editorial Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1999.
- E.T. Newbrough, Administración de Mantenimiento Industrial, primera edición, Editorial Diana, México, Julio 1974.
- Hogg, W, H, Sistemas de Riego, primera edición, Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1981.
- Israelsen Orsonn, Principios aplicados del riego, primera edición, Editorial Reverti, Barcelona, España, 1965.
- Knut Swärd, Mantenimiento de las Máquinas Herramientas, primera edición, Editorial Blume Barcelona, Madrid, 1972.
- Luque Jorge Alfredo, Manual de Agricultura Bajo Riego, primera edición, Editorial Mendoza, Argentina, 1955.
- Rolland Lionel, Mecanización del Riego por Aspersión, Estudio FAO Riego y Drenaje 35, Editorial Roma – Italia, año1986.
- Uribe C., Hamil C., Pivote Central, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Inia – Editorial Carillanca, Febrero 2001.
- Zagardoy, J.A., Organización, Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego, primera edición, Editorial Roma, Italia, 1991.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

- http://www.agronegocios.com.py/rural/agricultura/riego_equipos.html#top
- <http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.51E2663D-AB5D-11D4-B1180006292E2740/>
- <http://www.uaaan.mx/academic/riego/RYD455.html>
- Referencia catalogo VOGT, año 2003 Industria Mecánica Vogt S.A.
- www.Eclac.cl
- www.Elriego.com
- www.Iansagro.cl
- www.indap.cl
- www.rks.es
- www.rockink.com.br
- www.Sargentagricola.cl
- www.Valmontt.com/irrigation/

ANEXOS

ANEXO N ° 1: EQUIPO MOTOBOMBA SERIE N 630

CUADRO N ° 5 Partes y piezas, para repuestos bomba centrífuga unicelular serie N 630.

ASIGNACION NUMERICA DE PARTES Y PIEZAS PARA REPUESTOS, BOMBAS CENTRIFUGAS UNICELULARES, SERIE N, MODELOS 620 A 660, EJECUCION CPO. RODAMIENTO.

NUMERO	DENOMINACION
1	Impulsor CR
2	Cuerpo Bomba
3	Cuerpo Unión
4	Cuerpo Rodamiento
5.01	Tapa Cuerpo Rodamiento Lado Bomba
5.02	Tapa Cuerpo Rodamiento Lado Motor
6.01	Pata Soporte Cuerpo Rodamiento
7	Eje Cuerpo Rodamiento
7T	Eje Postizo
9.01	Rodamiento Lado Bomba
9.02	Rodamiento Lado Motor
10.01	Chaveta Impulsor
10.02	Chaveta Mochón
11.00	Sello Mecánico Monoresorte
13.03	Flanche Succión
17.02	Anillo Cuerpo Unión
19.01	O-Ring Cuerpo Bomba/Cuerpo Unión
19.02	O-Ring Cuerpo Unión/Anillo
19.03	O-Ring Anillo/Cuerpo Bomba
19.07	O-Ring Tapa Cuerpo Rodamiento
19.13	O-Ring Flanche Succión/Cuerpo Bomba
21.01	Sello Laberinto
23	Abrazadera
25.01	Perno Cuerpo Bomba/Cuerpo Unión
25.02	Perno Cuerpo Unión/Cuerpo Rodamiento
25.03	Perno Tapa Cuerpo Rodamiento
25.04	Perno Pata Soporte Cuerpo Rodamiento
25.06	Perno Anillo/Cuerpo Bomba
25.07	Perno Cuerpo Unión/Anillo
25.21	Perno Flanche Succión/Cuerpo Bomba
28.01	Tuerca Eje
29.02	Golilla Presión Pata Soporte C.R.
29.03	Golilla Plano Perno Pata Soporte C.R.
30.01	Tapón Cebado
30.02	Tapón Drenaje
30.07	Tapón de Ventilación Cuerpo Rodamiento
30.08	Tapón Drenaje Cuerpo Rodamiento
30.09	Tapón Toma de Presión
32	Mantenedor de Nivel de Aceite
38	Golilla Corta Agua

Bomba serie N.

Bomba Centrífuga Unicelular, flujo radial, eje horizontal, carcasa tipo voluta espiral simple, aspiración axial y descarga vertical hacia arriba. Con flanche de succión y descarga para presión nominal PN-10, normalizados de acuerdo a DIN 2532. Impulsor cerrado. Esta serie está diseñada con impulsor back-pull-out, el cual permite realizar la mantención o reparación del equipo, sin desmontar la carcasa del sistema de tuberías. Dimensiones

principales de acuerdo a norma DIN 24255.

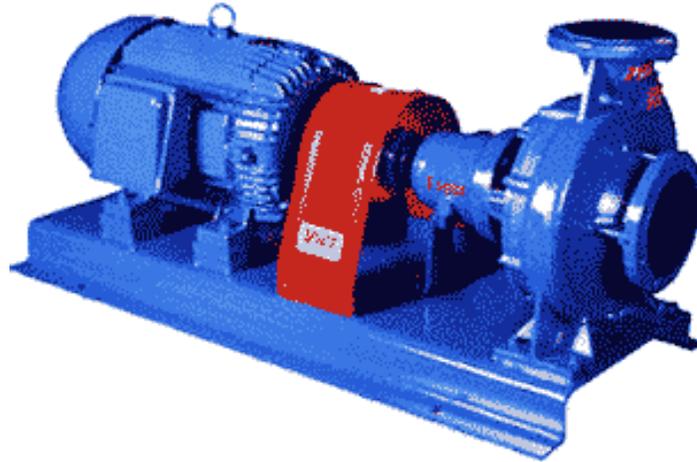
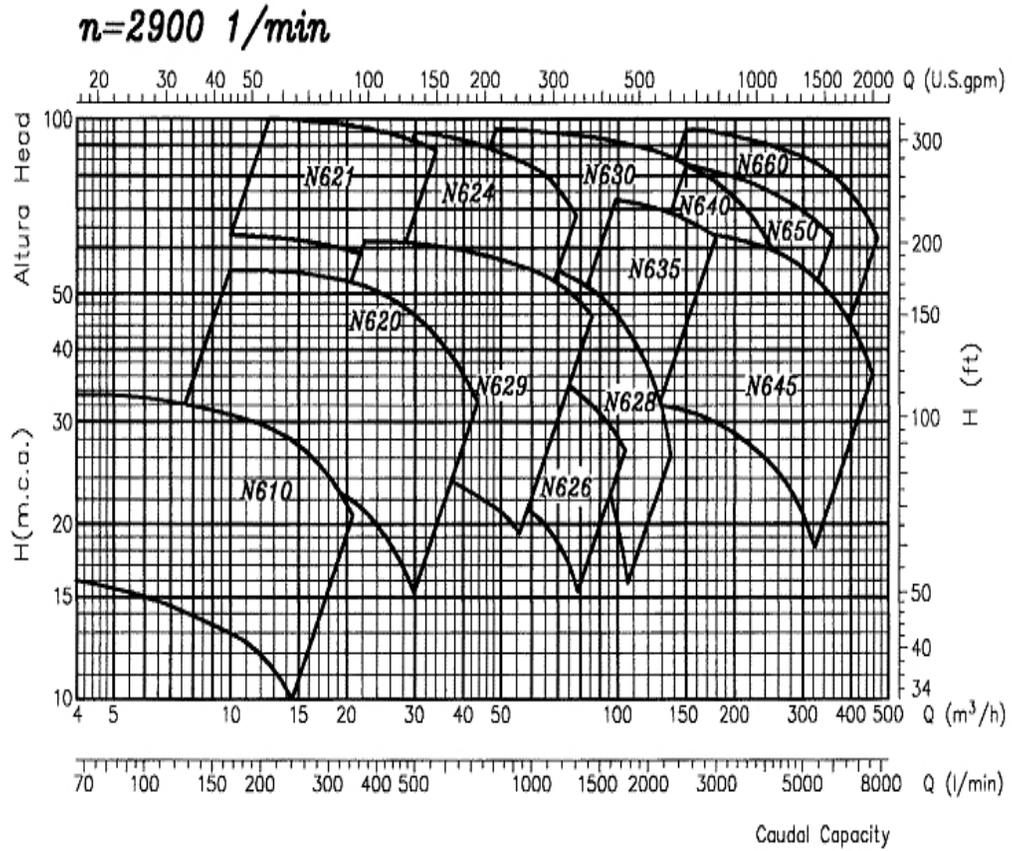


Figura N ° 32 Equipo motobomba serie N 630.

CUADRO N° 6 Selección de bombas, catalogo VOGT, año 2003.



ANEXO N° 2: CAÑÓN DE RIEGO

Cañón de Riego (BIG EGUN)

Este cañón de riego llamado “BIG EGUN”, se encuentra ubicado en el extremo final del pivote



FIGURA N ° 33. Cañón de riego.

Instalación del pivote central

- a. Para lograr el funcionamiento adecuado, cerciórese que la presión del cañón para riego sea superior a 45 PSI. Varios usuarios subestiman la pérdida de presión en el pivote, la cual es muy grande, especialmente en el extremo final del cañón. Ajuste el soporte de la cuchara en relación con el tamaño de la boquilla y la presión en el cañón para riego.
- b. Cerciórese de que la posición final de montaje del pivote esté estable.

Solución de problemas

BIG EGUN no rota o la velocidad de rotación es demasiado lenta

- Instale un manómetro de presión de 1/4” en el puerto de lectura de presión del BIG EGUN y verifique que tenga la presión operativa adecuada. Verificar la configuración correcta del soporte de la cuchara según el tamaño de la boquilla. También verifique la cuchara y el brazo, y controle que no estén dañados.
- Si la presión es inferior a lo especificado, y el BIG EGUN está correctamente configurada, disminuya el tamaño de la boquilla para aumentar la presión en el cañón.
- Si la presión es inferior a la del momento de la instalación, verifique que no haya ninguna obstrucción en la línea de agua. Usted podrá eliminar cualquier obstrucción en

el aspersor y en la línea de agua quitando la boquilla y dando paso al agua para que efectúe un enjuague.

- Si la presión continúa siendo baja luego de quitar cualquier obstrucción, y si el BIG EGUN continúa sin rotar, quizás necesite agregar una bomba de refuerzo o aumentar la presión de otra forma.

Excesiva velocidad de rotación

Instale un manómetro de presión en el puerto de lectura de presión de BIG EGUN, para lograr una configuración correcta del soporte de la cuchara según el tamaño de la boquilla. Asimismo, verifique que la cuchara no esté dañada. Para obtener un funcionamiento adecuado, la presión operativa del cañón para riego no deberá superar los 100 psi.

La velocidad de rotación varía de una dirección a otra

- Verifique que la cuchara esté bien instalada en el brazo.
- Verifique que el brazo no esté doblado.
- Verifique que la boquilla esté bien instalada en el receptáculo para la boquilla. Debe estar colocada directamente.
- Verifique la condición de la cuchara. En caso de que esté dañada, deberá reemplazarla.

El cañón para riego no retrocede

- Instale un manómetro de presión en el puerto de lectura de presión del BIG EGUN, para lograr la configuración adecuada del soporte de la cuchara según el tamaño de la boquilla. La presión en el cañón no debe exceder 100 PSI.
- Verifique el resorte del mecanismo de retorno. El funcionamiento debe ser fluido y sin problemas.
- Verifique el resorte del mecanismo de retorno. Debe tener tensión y estar bien instalado.
- Verifique los casquillos del mecanismo de retorno. Deben estar limpios y sin dañarse.

Excesiva frecuencia de brazada

- Cerciórese de que la presión no supere los 100 PSI.
- Cerciórese de que esté instalado el contrapeso del brazo anterior (debajo de la cuchara).
- Cerciórese de que esté instalado el contrapeso del brazo trasero.

La rotación del cañón para riego disminuye con el tiempo

- Consulte el punto anterior para los casos en que haya una ausencia de rotación o una rotación lenta.

El mecanismo del tope de reversa no sostiene el cañón para riego en el arco deseado

- Cerciórese de que los topes de inversión no estén flojos, presionándolos con su dedo.
- Gire manualmente el cañón para riego hasta los topes de inversión. Deberán generar una resistencia cuando la palanca de inversión presiona contra ellos.
- Si el aspersor BIG EGUN fue recientemente re-ensamblado, cerciórese de que la palanca de inversión no haya sido re-instalada entre los topes de inversión. Ello abre el mecanismo de inversión y no detiene el cañón para riego BIG EGUN.

El brazo no se mueve

- Verifique la presión en el cañón para riego.
- Verifique que la boquilla esté correctamente instalada en el receptáculo para la boquilla.
- Cerciórese de que el retenedor de la boquilla esté bien apretado.
- Verifique que la cuchara no esté dañada.
- Verifique que el tope mecánico (tope del brazo) no esté dañado.
- Verifique que el brazo no esté doblado.

Ángulo de rotación**Ajuste del ángulo de rotación**

Ajuste el ángulo de rotación deseado en forma manual, tal como se indica.

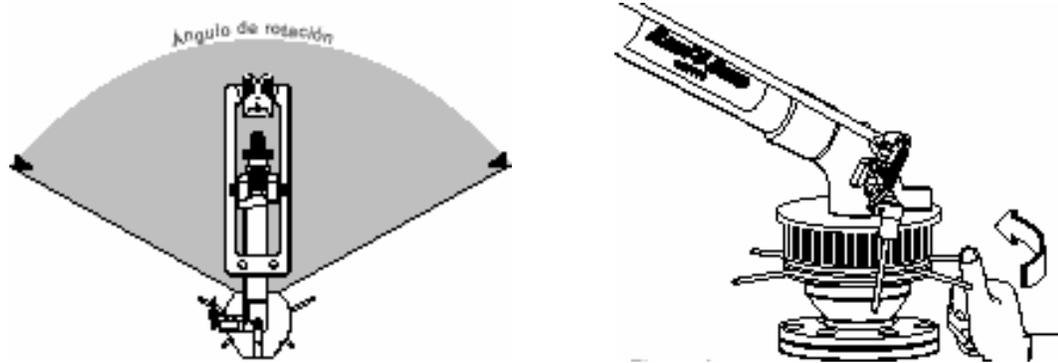


Figura N° 34 Angulo de rotación y ajuste del cañón.

Selección de la boquilla del cañón de riego

Seleccione una de las seis boquillas que se incluyen basándose en los requerimientos de rendimiento, la presión del agua (en el BIG EGUN) y la capacidad de flujo. Consulte el CUADRO N° 7 y la Figura N° 35.

CUADRO N° 7 Datos de Desempeño boquillas

BARS en la Boquilla	TAMAÑO DE LA BOQUILLA											
	(14mm) .53"		(16mm) .63"		(18mm) .71"		(20mm) .79"		(22mm) .87"		(24mm) .94"	
	(m) Alcance	(m ³ /hr) Flujo	(m) Alcance	(m ³ /hr) Flujo	(m) Alcance	(m ³ /hr) Flujo	(m) Alcance	(m ³ /hr) Flujo	(m) Alcance	(m ³ /hr) Flujo	(m) Alcance	(m ³ /hr) Flujo
2.8	31,4	12,5	32,0	16,4	34,4	20,9	39,9	25,9	38,4	30,4	38,4	36,8
3.4	33,2	13,9	33,8	17,9	37,8	22,9	41,8	28,2	41,5	33,6	41,8	40,2
4.1	35,1	15,0	36,6	19,5	40,5	25,0	43,0	30,9	42,7	36,8	43,3	43,9
4.8	39,9	16,4	38,4	21,1	42,7	26,8	44,5	33,4	45,4	39,8	46,0	47,5
5.5	39,0	17,5	39,0	22,5	44,5	28,9	46,6	35,7	49,1	42,7	50,6	50,9
6.2	40,8	18,6	41,1	24,1	46,0	30,9	48,5	38,2	51,2	45,7	53,3	54,5
6.9	42,7	20,0	43,0	25,7	46,9	32,7	50,0	40,4	53,6	48,6	56,1	57,9

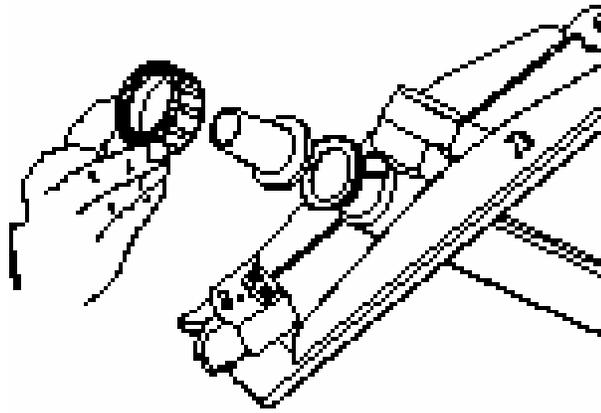


Figura N ° 35 Boquilla del cañón.

En la FIGURA N° 36 se muestran tipos de aspersores utilizados en pivote.



FIGURA N° 36 Tipos de aspersores.

ANEXO N° 3 MANTENCION EN EL SISTEMA ELECTRICO

Una de las razones fundamentales para que se produzcan siniestros es la mala calidad de las instalaciones eléctricas, es por esa razón que Usted debe cuidar sus bienes manteniendo estas por personal calificado.



FIGURA N° 37 Mantenición de tablero eléctrico.

Tablero eléctrico: Conjunto de estructuras y equipo eléctrico.

Reparaciones de tableros eléctricos: Esta operación se realizara en el caso que aparezcan problemas en este equipo. Se recomienda que lo realice personal calificado.

ANEXO N° 4: CENTRAL DE MANDO

Central de Mando

La construcción y los materiales corresponden a las normas OEVE VDE, los instrumentos instalados a las normas IEC.

- Caja de chapa de acero a prueba de agua, con protección IP 54, con pintura resistente a la corrosión, puerta frontal con un cerrado de llave.
- Conexión de corriente de alta intensidad: 3 x 400 V/50 Hz, alimentación eléctrica con conductor de punto neutro, puesto a tierra.
- Voltaje de mando: 220 Volt. de una fase.
- Transformador del voltaje de mando.
- Instrumentos de mando usuales en el comercio como, interruptores, voltímetro, contador de horas, pulsadores, velocímetro.
- Conexiones de los cables eléctricos con terminales.

ANEXO N° 5: ACEITES ENGRANAJES MOTOR DE ACCIONAMIENTOS Y DE RUEDAS

Engranajes de las ruedas

Denominación de la norma: ML-L-2105C/SAE 85 W/140, TEMPERATURA DE 0 – 100° C, cantidad de aceite 2,3 litros aprox.

CUADRO N° 8. Fabricantes de aceite para engranajes de las ruedas.

Fabricante	Nombre comercial
Shell	Spirax HD 85W/140
AGIP	ROTRA MP 85W 140
ARAL	Getriebeöl HYP 85 W 140
Castrol	Hypoy C85 W 140
BP	Hypogear EP 85 W 140
Móvil	Mobilube HD 90 A

CUADRO N° 9. Motor de accionamiento

	Temperatura de hasta 100° aprox. cantidad del aceite 0,8 litros aprox.	Temperatura de hasta 38° C cantidad del aceite 0,8 litros aprox.
Fabricante	Nombre comercial	Nombre comercial
Shell	OMALIA Oil 220	OMALIA 100
AGIP	Blasia 220	Blasia 100
ARAL	Degol BG 220	Degol BG 100
Castrol	Alpha SP 220	Alpha SP 100
BP	GR EP 220	GR EP 100
Móvil	Gear 630	Gear 627

ANEXO N° 6: CALCULOS DEMANDA DE AGUAS**CUADRO N° 10.** Cálculos demanda de agua.

ANEXO 6. Cálculos demanda de aguas							
Mes	Agua Superficial			Agua Pozo	Caudal total	Demanda Equipo	Saldo Agua Superficial
	Acción		Caudal	Caudal	L/s	L/s	L/s
	Caudal	Numero	Total				
	L/s		L/s				
Octubre	12	9	108	80	188	55,5	52,5
Noviembre	9	9	81	80	161	55,5	25,5
Diciembre	5	9	45	80	125	55,5	-10,5
Enero	3	9	27	80	107	55,5	-28,5