



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Rediseño Conceptual del Robot de riego BCC Combi Boom

Por:

Francisco Martín Hernández Hernández

T E S I S

Presentada como requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2007



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Rediseño Conceptual del Robot de riego BCC Combi Boom

Por:

Francisco Martín Hernández Hernández

T E S I S

**Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el comité de tesis

Presidente del Jurado

Ing. Juan Arredondo Valdez

Sinodal

Sinodal

M.C. Héctor Uriel Serna Fernández

M.C. Leopoldo Arce González

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2007

Agradecimientos

A **Dios** nuestro creador de vida, ya que el de mi parte es el motor que me impulso a culminar mis estudios, por que sabía que siempre contaba con el en los momentos tristes, alegres, gracias dios mió.

A mi **ALMA TERRA MATER** por abrirme sus puertas para así poder culminar mis estudios, siempre estaré orgulloso de ser NARRO.

Al M.C. **Héctor Uriel Serna Fernández** por la confianza brindada para la ejecución de este trabajo, así como por su gran amistad dada durante la estancia de mi carrera por ser un gran amigo.

Al Ing. **Juan Arredondo Valdez** por la confianza y asesoría dispuesta por parte de él durante la realización del trabajo y el investigación es un buen amigo, lo admiro.

Al Biólogo **Leopoldo Arce González** por el apoyo brindado para la ejecución de este trabajo.

A mis compañeros de la generación XII de la carrera Ingeniero Mecánico Agrícola a quienes siempre tendré guardados en mi corazón y que a continuación menciono ellos son: ELIAS (EL WACHO), CARLOS (CARLITOS), HUMBERTO (EL OSO), GABINO (GABINILLO), ANDRES (EL GARIBI), SABIEL (SABIEL), SALVADOR (EL CHAVA), MANUEL (EL MACHIN), REFUGIO (LA CUKIS), TEODORO (EL TEODORO), JORGE (EL GEORGE), FLOR (EL RONDALLO), JORGE (EL PACHECO), ANGEL (ANGELITO), NEFTALI, JOSUE (EL TOMY), ISAMEL (EL LOBITO), ISAMEL (EL ZARRA), que dios los cuide donde quiera que se estén y los llene de bendiciones.

A los profesores del departamento de maquinaria agrícola: M. C. Juan a. Guerrero, M. C. Jesús R, Valenzuela, Ing. Ramiro Luna, Ing. Rosendo Garza, Ing. Jorge, A. Flores, Dr. Martín Cadena, M. C. tomas Gaytán, Ing. Blanca E. de la Peña, Ing. José J. de Valle. Por sus conocimientos compartidos durante mi estancia.

Al M. C. Samaniego del Departamento de Irrigación así también como al Dr. Rubén López Salazar por dejarme conocer a su familia: Lic. Nora, Nonta, Rubén, gracias por su hospitalidad y todas las atenciones que me han dado.

A mis amigos Elías, Humberto, Carlos, Gabino, Garibi, Emilio, Jorge Alberto, Ernesto, Salvador, Jesús, Francisco, Edel, Gerardo, Pakito, José, Heriberto, Arturo, Leandro, Pedro, Julio Cesar, Mario Alberto, Sandra, Cecilia, Verónica, Ana, Diana, Madelen, Griselda, Gaby, Rebeca, Brenda, Alejandra, Neftali Almadelia, Manuel, mi primo Pancho, y por ultimo a todos compas del rancho, por permitirme ser parte de su vida y por las alegrías, tristezas vividas a ustedes les deseo lo mejor de la vida.

Dedicatoria

A las personas que me han cuidado durante toda mi vida además de que me han ayudado a lo largo de esta.

A mis padres:

Odilia Hernández Juárez, y Martín Hernández Pérez

Por su amor incondicional que me ha inspirado a salir adelante, ya que a lo largo de toda mi vida me han heredado una gran cantidad de consejos los cuales me han hecho soñar en grande.

Gracias papas por este tesoro, los quiero mucho.

Atentamente su hijo

Francisco Martín Hernández²

A mis hermanas:

Maria Jazmín Hernández², Fátima Daysi Hernández² y Luz del Rubí Hernández².

Por ser una parte esencial en mi vida y enseñarme el valor de la unión, por su cariño de hermanos, por acompañarme siempre a pesar de la distancia siempre las tuve presentes.

Las quiero mucho.

A mis cuñados:

Juan Pablo y Manuel

Por ser como mis hermanos, y por el apoyo que me han dado gracias.

A mi sobrina Lesly:

Tu llegada fue un motivo de alegría y motivación, por tratar de ser un ejemplo para ti, me ha llevado a esforzarme mucho más, (donde está BB?)

A toda la familia por preocuparse siempre y pendientes de mi bienestar y en especial a mis abuelitos Guadalupe Pérez, Ramón Hernández, Esther Juárez, Hipólito Hernández por sus consejos y su gran sabiduría

Y a todos mis tíos que don una parte muy importante de mi vida.

Gracias a todos por sus palabras de aliento que me impulsaron a seguir a delante y lograr ser de mí lo que ellos soñaron un día.

Índice de contenido

Agradecimientos	iii
Dedicatoria	iv
Índice de figuras	vii
Índice de cuadros	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Hipótesis	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Importancia de los viveros en la producción de plántula para reforestación.	6
2.2 Tipos de viveros	7
2.2.1 Viveros temporales o provisionales.....	7
2.2.2 Viveros fijos o permanentes	7
2.3 Sistemas de riego utilizados en viveros	7
2.4 Tipos de sistemas de riego utilizados en viveros	8
2.5 Sistemas de riego fijos	11
2.5.1 Riego localizado	11
2.5.2 Riego subterráneo.....	12
2.6 Sistema de riego semifijo	12
2.6.1 Sistemas de riego móviles.....	13
2.7 Robot de riego.....	15
2.8 Características generales del robot de riego combi boom a rediseñar ...	15
2.8.1 Características del <i>robot de riego combi boom</i> otorgadas por el fabricante BCC®.	16
2.9 Calendario de riego.....	16
2.10 Calculo del agua de riego.....	17
2.10.1 Control y detección del agua en los envases	17
2.11 Riegos especiales	18
2.12 Calculo de la red de riego	19
2.13 Elección del aspersor /difusor	19
2.14 Calculo del grupo de bombeo	20
2.15 Calculos de tuberías	22
2.16 Principios de diseño	23

2.17 Propiedades de los materiales	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Materiales.....	26
3.2 Reconocimiento de la necesidad	26
3.3 Fases del diseño	27
3.4 Consideraciones de diseño	30
3.5 Códigos y normas	32
3.6 Factor de seguridad	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
4.1 Marco y modificaciones del robot de riego BCC COMBI BOOM.....	33
4.2 Sistema de transporte	33
4.2.1 Ruedas de rodamiento	33
4.2.2 Pernos	35
4.2.3 Cable de acero.....	36
4.2.3 Motoreductor.....	36
4.2.5 Riel.....	40
4.2.6 Poleas	40
4.3 Sistema de aspersión.....	41
4.3.1 Barra porta - boquillas.....	41
4.3.2 Boquillas de aspersión.....	43
4.3.2.1 Elección de la boquilla	44
4.3.2.2 Tipos de boquillas	44
4.3.3 Filtro de línea	46
4.3.4 Manómetro.....	46
4.3.5 Línea Principal	47
4.3.6 Tinacos	47
4.3.7 Bomba de agua.....	48
4.4 Sistema eléctrico	50
4.4.1 Cableado.....	50
4.4.2 Sensores.....	50
4.4.3 Arrancadores	50
4.5 Estructuras	51
4.5.1 Estructuras porta - aguilones	51
4.5.2 Estructura porta - limites de carrera.....	51
4.5.3 Chasis de robot de riego.....	52
4.5.4 Base del motoreductor.....	53
4.6 Características y costos de los materiales propuestos.....	55
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
VI. LITERATURA CONSULTADA.....	64
VII. ANEXOS	66

Índice de figuras

FIGURA 2.1. PLÁNTULA DE PINO PIÑONERO <i>PINUS CEMBROIDES</i> , ZUCC.	6
FIGURA 2.2. VIVEROS A CARGO DE CONAFOR, EN SALTILLO COAHUILA.	6
FIGURA 2.3. SISTEMA DE RIEGO AÉREO PARA PLÁNTULA PARA REFORESTACIÓN.	8
FIGURA 2.4. DIFERENTES POSICIONES DE ASPERSORES EN UN SISTEMA DE RIEGO. (MODIFICADO DE GÓMEZ P., 1988).....	11
FIGURA 2.5. SISTEMA DE RIEGO AÉREO MÓVIL.	13
FIGURA 2.6. PUNTA DE PULVERIZACIÓN DE ABANICO PLANO.	14
FIGURA 2.7. SISTEMA DE RIEGO AÉREO MÓVIL USADO EN VIVEROS.	14
FIGURA 2.8. SISTEMA DE RIEGO TERRESTRE MÓVIL USADO EN VIVEROS.	14
FIGURA 2.9. TREN DE RIEGO COMBI BOOM.	15
FIGURA 3.1. ESQUEMA DEL PROCESO DEL DISEÑO.	28
FIGURA 3.2. DIAGRAMA DE LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	29
FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE LA ETAPA DE EVALUACIÓN.	30
FIGURA 4.1. SISTEMAS DE LOS QUE CONSTA EL ROBOT DE RIEGO BCC COMBI BOOM, PARA SU MEJOR COMPRENSIÓN.	33
FIGURA 4.2. RUEDA DE ROBOT DE RIEGO MONTADA AL CHASIS DE ESTE CON UN PERNO.	34
FIGURA 4.3. RUEDA CON GUÍA DE ÁNGULO DE 90°.	34
FIGURA 4.4. RUEDA MONTADA EN EL CHASIS CON SU PERNO, TUBOS SEPARADORES Y RONDANA PLANA.	34
FIGURA 4.5. PERNO PROPUESTO PARA EL ROBOT DE RIEGO EL CUAL CUENTA CON DOS RONDANAS PLANAS Y CON SU RESPECTIVO AGUJERO PARA COLOCAR EL PASADOR.	36
FIGURA 4.6. PERNO DEL ROBOT QUE ESTA SOPORTANDO EL PESO DE TODO EL SISTEMA DE RIEGO, PRODUCIENDO ASÍ UN ESFUERZO CORTANTE SOBRE ESTE.	36
FIGURA 4.7. RUEDAS MONTADAS EN EL ROBOT DE RIEGO COMBI BOOM, LAS CUALES REALIZAN LA FUNCIÓN DE ALINEAR AL ROBOT SOBRE EL RIEL PARA EVITAR EL DESCARRILAMIENTO.	36
FIGURA 4.8. MOTOREDUCTOR CON SALIDA A LA DERECHA.	38
FIGURA 4.9. VISTA FRONTAL DEL RIEL DE ROBOT DE RIEGO COMBI BOOM, EL CUAL VA MONTADO Y UNIDO SOBRE DURMIENTES DE MADERA.	40

FIGURA 4.10. RIEL DE RIEGO PROPUESTO PARA EL NUEVO ROBOT DE RIEGO QUE CONSTA DE 2 ÁNGULOS DE $1\frac{1}{4}$ " X $\frac{1}{8}$ " UNIDOS A LO LARGO MEDIANTE UNA SOLERA DE 2 "X $\frac{1}{8}$ ".	40
FIGURA 4.11. POLEA CON BARRENO DE $\frac{1}{2}$ " LA CUAL TIENE UNA RANURA PARA ACOPLAMIENTO DE UNA CUÑA, CON SU RESPECTIVO OPRESOR.	41
FIGURA 4.12. POLEA CON BARRENO DE $\frac{1}{2}$ " LA CUAL SE ENCUENTRA SUJETA POR MEDIO DE DOS ÁNGULOS.	41
FIGURA 4.13. AGUILÓN DE ROBOT DE RIEGO MARCA COMBI BOOM EL CUAL ESTA SOSTENIDO POR MEDIO DE CABLES.	42
FIGURA 4.14. AGUILÓN PROPUESTO PARA EL NUEVO SISTEMA DE RIEGO EL CUAL ESTA CONSTRUIDO DE TUBULAR 1 "X $\frac{1}{16}$ ", EXCEPTO LA BASE QUE ES DE ÁNGULO DE 2 "X $\frac{3}{16}$ ".	42
FIGURA 4.15. BASE DEL AGUILÓN DE RIEGO PROPUESTO, CON SUS RESPECTIVAS PERFORACIONES PARA ASÍ PODER VARIAR ALTURAS DE RIEGO.	43
FIGURA 4.16. CUERPO DE TRES BOQUILLAS PARA TRES PUNTAS DE PULVERIZACIÓN.	43
FIGURA 4.17. BOMBA DE MARCA EVANS.	48
FIGURA 4.18. LIMIT SWITCH DE LA MARCA SQUARE D, PARA TRABAJO PESADO.	50
FIGURA 4.19. ESTRUCTURA DE ROBOT DE RIEGO LA CUAL ES SOPORTADA POR EL CHASIS DE RIEGO Y A SU VEZ SOSTIENE LOS AGUILONES POR CADA UNO DE SUS LADOS.	51
FIGURA 4.20. SOLERAS PERFORADAS QUE SUJETAN A LA ESTRUCTURA DEL ROBOT Y A SU VEZ AL CHASIS DE ESTE, POR MEDIO DE TORNILLOS.	51
FIGURA 4.21. ESTRUCTURA QUE SUJETA AL LIMIT SWITCH.	52
FIGURA 4.22. CHASIS DE RIEGO PROPUESTO PARA EL ROBOT DE RIEGO EL CUAL CONSTA TAMBIÉN DE CUATRO ÁNGULOS DE 2 "X 2 "X $\frac{3}{16}$ ".	52
FIGURA 4.23. CHASIS CON ACOPLAMIENTO DE DOS ÁNGULOS DE 2 "X 2 "X $\frac{3}{16}$ ", LOS CUALES AYUDAN AL MOVIMIENTO DEL ROBOT.	53
FIGURA 4.24. SOLERAS DE 2 "X $\frac{1}{2}$ " ACOPLADOS AL CHASIS, PARA ASÍ MONTAR UN CABLE QUE MOVERÁ AL ROBOT COMPLETO.	53
FIGURA 4.25. BASE DEL MOTOREDUCTOR LA CUAL TIENE 4 PATAS PARA ANCLARSE AL PISO CON CONCRETO.	54

Índice de cuadros

TABLA 4.1	CARACTERÍSTICAS DEL MOTOREDUCTOR.....	38
TABLA 4.2.	PRINCIPALES TIPOS DE PUNTAS O BOQUILLAS EN EL MERCADO.....	44
TABLA 4.3.	CÁLCULOS DE GASTOS DE BOQUILLAS Y TIEMPOS DE TRABAJO DEL ROBOT EN EL PREDIO.	45
TABLA 4.4.	TAPA PARA SUJETAR LA BOQUILLA ANTES RECOMENDADA CON NÚMERO DE SERIE CP256611- NY.CONSULTADO EN LA PÁGINA WWW.TEEJET.COM/MS/TEJEET/PRODUCTS.ASP	46
TABLA 4.5.	TAPA SUJETADORA DEL MANÓMETRO. CONSULTADO EN LA PÁGINA WWW.TEEJET.COM/MS/TEJEET/PRODUCTS.ASP	47
TABLA 4.6.	CÁLCULOS DE CAPACIDAD DE AGUA A USAR EN EL VIVERO.	48
TABLA 4.7.	CARACTERÍSTICAS Y COSTOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA SU CONSTRUCCIÓN	55

RESUMEN

Los sistemas de riego son una parte fundamental en los cultivos, ya que las plantas dependen de él totalmente, para todas las etapas de su vida; como son germinación, desarrollo, floración y fructificación.

En la actualidad y viviendo en un mundo tan globalizado y tan lleno de retos en la producción y comercialización de frutas, legumbres, granos, especies ornamentales, etc. surge la necesidad de no trabajar tanto en el campo, si no trabajar mejor, es decir, ir adecuando la tecnología que se encuentra a nuestro alcance, así como optimizar los recursos con los que se cuentan como es agua, luz, energía eléctrica, para así seguir obteniendo cada vez mejores cosechas con mayor calidad e ir ahorrando espacios en la producción de los cultivos del campo antes mencionados. De aquí la importancia de los sistemas de riego.

En la actualidad existen dos tipos de sistemas de riego que se utilizan en México, los muy tecnificados y los no tan tecnificados que se aplican a la producción de cultivos, teniéndose pérdidas de agua, energía eléctrica, ineficiencias y partes sin regar en los segundos. Estos problemas también son expuestos en los viveros e invernaderos de México, los cuales tienen que ir superándose con el paso del tiempo, ya que serán una parte importante en el futuro.

Los viveros juegan un papel muy importante en la agricultura especialmente en la producción de maderas y plantas exóticas en México, ya que este es un conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción de plántulas de calidad para el mercado, ya sea nacional he internacional. Como hemos visto, la producción de material vegetativo en estos sitios constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles al hombre.

Los viveros necesitan un suministro de agua abundante y constante, ya que las plantas que se producen se encuentran en pleno desarrollo y un inadecuado abastecimiento podría provocar incluso la muerte por marchitamiento.

El objetivo de este trabajo fue rediseñar el sistema de riego, (ROBOT DE RIEGO de la MARCA COMBI BOOM). El cual permitirá producir plántulas de calidad para la reforestación y producción de forrajes, en el vivero de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", con el fin de optimizar el uso del agua, además de

reducir gastos de operación y contribuir con proyectos con Organizaciones de gobierno (CONAFOR y SEMARNAC). La especie con la que se trabaja actualmente en el vivero de la Universidad es costilla de vaca *Atriplex canescens*, Pursh Nutt.

Para lograr dicho objetivo, se analizaron algunas variables del Robot de riego tales como: Medidas en general, velocidad de trabajo, tipo de motoreductor, tipo de bomba, gasto de agua en boquillas, presiones de agua en tubería, sistema de transporte, entre otras.

Se realizaron cálculos (estáticos, dinámicos e hidráulicos), para obtener características mejores en el funcionamiento del Robot actual.

I. INTRODUCCIÓN

Según Ruano (2003), el vivero es una superficie de terreno dedicado a la producción de plantas de especies forestales, destinados a las repoblaciones forestales. En esencia, las plántulas o cultivos producidos en el vivero forestal, deben poseer la máxima calidad con el menor costo posible, ya sea para reforestar o para embellecer el paisaje.

Estos sitios constituyen el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente las plántulas. Y es que éstas deben sobrevivir y arraigar en un medio natural, la mayoría de las veces hostil, sin ayuda de ningún tipo. Por tanto, la planta como material vegetal de repoblación, debe poseer unas características morfológicas y fisiológicas especiales que avalen su supervivencia en el monte (en el espacio y en el tiempo), y con ello contribuyan al éxito de una repoblación forestal, menciona Ruano (2003).

Caballero (2000), menciona que de acuerdo con los resultados del inventario forestal, dentro de los bosques de zonas templadas, frías y tropicales de la nación, existe una reserva maderable que ha sido cuantificada en 2,799 millones de metros cúbicos de madera de rollo. La mayor parte de bosques de climas templados y frío: 1,773 millones de metros cúbicos (63%). El resto, 1026 millones de metros cúbicos (37%) esta distribuido entre lo que se ha denominado “selvas medianas y altas” (725 millones de metros cúbicos) y “selvas bajas” (301 millones de metros cúbicos).

Chihuahua destaca como el más relevante. Este estado cuenta con una superficie forestal estimada, en 15.03 millones de hectáreas, cifra que equivale al 61% de su superficie total. Chihuahua es también el estado con mayor superficie cubierta por bosques de clima templado y frío esto es 5.05 millones de hectáreas.

La segunda entidad federativa con mayor superficie forestal, es Sonora. Este estado posee 13.50 millones de hectáreas forestales, de las cuales solamente 2.83 millones corresponden a bosques de clima templado y frío. La

superficie forestal 10.67 millones de hectáreas corresponden en su gran mayoría a superficies arbustivas y de matorrales.

El estado de Coahuila ocupa el tercer lugar con relación a superficie forestal, estimada en 12.68 millones de hectáreas, curiosamente, esta entidad tan solo cuenta con 182,331ha. de bosques de climas templado y frío, esta entidad tan diferencia enorme extensión de tierras que en dicho estado están cubiertas por arbustos y matorrales (12.50 millones de hectáreas).

Las entidades más importantes en cuanto a superficie forestal arbolada se refiere son, en orden decreciente: (1) Chihuahua (5.05 millones de hectáreas); (2) Durango (4.22 millones de hectáreas); (3) Chiapas (3.09 millones de hectáreas) y (4) Oaxaca (3.11 millones de hectáreas).

Según Ruano (2003), el agua se considera el factor limitante en los ecosistemas terrestres naturales y es uno de los parámetros más importantes que afectan el crecimiento en los cultivos artificiales. La importancia del agua se refleja en los caracteres fisiológicos de las plantas, de forma que cada uno de los procesos viene afectado directa o indirectamente por el agua. El agua en el crecimiento de las plantas a lo largo de su vida, se hace patente de cuatro formas:

1. El agua es el mayor constituyente de un vegetal, formando del 80-90% del peso en verde.
2. El agua es el disolvente universal, transportando nutrientes dentro de la misma planta.
3. El agua es un reactivo bioquímico en muchos procesos de las plantas incluyendo fotosíntesis.
4. El agua es esencial para mantener la turgencia de las células de la planta, estimulando la expansión de las mismas y en consecuencia el crecimiento de las plantas.

El riego es una de las labores más importantes en el manejo de los cultivos ya que de éste depende la ejecución de la cosecha con éxito. El sistema de riego es esencial en la producción de plantas en viveros. Gracias al vivero donde se les proporcionan los cuidados necesarios y las condiciones propicias a las plantas, para lograr un buen desarrollo, estas tienen mayores probabilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les trasplanta a su lugar definitivo.

Debido a los fuertes problemas de deforestación, a la pérdida de biodiversidad que sufre el país y a la gran necesidad de reforestar, los viveros pueden funcionar como fuente productora de plantas.

Con los sistemas de riego se tienen muchas más ventajas que desventajas, ya que con éstos se busca optimizar: el uso de agua, mano de obra, espacios entre plantas, sustratos, semillas, fertilizantes. Además de regar algunos cuentan con dosificadores de fertilizantes, lo cual aumentan todavía aún más su eficiencia con la ejecución de estas dos labores a la par.

Según Ruano (2003) un buen conocimiento de los aspectos físico-químicos y de la relación entre el agua y el cultivo, son necesarios para llevar a cabo un programa de riego en un vivero forestal.

Existen diversos sistemas de riego en el mercado que se utilizan en viveros que se acoplan a las condiciones y necesidades de cada demandante, los tipos de riego pueden clasificarse en tres grupos: *aspersión*, *localizado* y *subterráneo*, pero muchos de éstos tienen elevados precios y muchas veces los modelos se tienen que traer de otras ciudades, e inclusive hasta de otros países, por eso existe la necesidad de tomar un modelo de éstos y realizar una reingeniería (rediseño) para ponerlo al alcance de personas de bajos recursos, con materiales mas comerciales, fáciles de obtener y fáciles de operar. Para éste proyecto, se tomó el sistema de riego denominado ROBOT DE RIEGO de la marca COMBI BOOM como punto de referencia, ya que éste es uno de los modelos que se ha utilizado y que es comercializado, por la empresa BCC que es una de las empresas mas fuertes en este ámbito.

Este ROBOT DE RIEGO en esencia y de forma muy simplista, podemos decir que es un sistema de riego donde las plántulas reciben el agua en forma de *lluvia artificial (aspersión)*.

1.1 Antecedentes

Shigley y Mischke (2005), dicen que en la actualidad el diseñar es formular un plan para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan propicia la creación de algo que tiene una realidad física, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar. Partiendo del ROBOT DE RIEGO de la marca

COMBI BOOM, es muy importante tomar en cuenta muchas variables, las cuales maneja éste, ya que de éstas depende su buen desempeño en el trabajo.

1.2 Justificación

Este trabajo surge de la necesidad de reducir costos para la adquisición del sistema de riego para el vivero forestal de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ya que el precio del sistema de riego de la marca COMBI BOOM es muy elevado, actualmente comercializado por la empresa BCC, para así poder adquirir un sistema de riego igual o más eficiente que el mencionado.

Con las adecuaciones realizadas al robot de riego se pretende:

- ✚ Aportar información para investigaciones futuras a catedráticos y estudiantes de nuestra casa de estudio.
- ✚ Proporcionar los elementos de diseño y los planos, para que posteriormente se pueda construir.
- ✚ El mayor beneficio con la ejecución de éste proyecto lo tendrá la Universidad ya que de éste depende que se sigan produciendo especies como: pino piñonero *Pinus cembroides* L., costilla de vaca *Atriplex canescens*, Pursh Nutt y maguey pulquero *Agave atrovirens*, Kraws para dependencias Gubernamentales, como son CONAFOR Y SEMARNAC.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- ✚ Rediseño de un robot de riego de la Marca Combi Boom, ya que la construcción la va a realizar mi compañero de carrera el **C. Humberto Guerrero García**.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✚ Desarrollar el diseño conceptual del sistema de riego.
- ✚ Proponer los materiales que se utilizarán posteriormente en la construcción del Robot de riego.

- ✚ Realizar el rediseño en Auto CAD.
- ✚ Investigar las variables que afectan a su funcionamiento, para poder hacer las correcciones pertinentes al diseño.
- ✚ Innovar y ser capaz de rediseñar sistemas de riego.

1.4 Hipótesis

Con el rediseño conceptual del Robot de Riego, de la marca Combi Boom, es posible la construcción de un sistema de riego que sea económico, de fácil operación y bajo mantenimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de los viveros en la producción de plántula para reforestación

Caballero (2000), menciona que el primer vivero forestal en nuestro país se estableció en Coyoacán, D.F., en el año de 1906, ensayando la introducción de más de 400 variedades de plantas. El vivero es un conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción de plantas.

Como hemos visto, la producción de material vegetativo en estos sitios constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente plántulas útiles al hombre, como en este caso lo son: Costilla de Vaca *Atriplex canescens*, Pursh Nutt, Maguey Pulquero *Agave atrovirens* Karw y Pino Piñonero *Pinus cembroides* L.. Al establecer la plántula en un vivero como se muestra en la figura 2.1, en el cual se logra su desarrollo ya que los primeros días de vida son los más críticos para su sobrevivencia.



Figura 2.1. Plántula de Pino piñonero *Pinus cembroides*, Zucc.

Con el propósito de lograr que un mayor número de plantas sobreviva a esta etapa se utilizan instalaciones especiales, en las que se manejan las condiciones ambientales y se proporcionan las condiciones de crecimiento más favorables para que las nuevas plantas continúen su desarrollo y adquieran la fortaleza necesaria figura 2.2, para transplantarlas después al lugar en el cual pasarán el resto de su vida.



Figura 2.2. Viveros a cargo de CONAFOR, en Saltillo Coahuila.

2.2 Tipos de viveros

De acuerdo a Montoya y Camara (1996), los viveros se dividen en *viveros temporales* y *viveros fijos o permanentes*.

2.2.1 Viveros temporales o provisionales

En ellos las plantas se producen bajo condiciones ambientales semejantes a las que luego tendrán, y por su misma proximidad al área a repoblar, se evitan transportes y desplazamientos largos entre el vivero y la zona de plantación. Se ubican en claros de bosques y su duración va de 2 a 4 años cuando mucho. El cultivo del vivero acaba normalmente con la misma repoblación, cerrándose éste a continuación. Tiene gastos de instalación bajos, pero altos en cuanto al cultivo; al ser éste habitualmente poco mecanizable. Además, es difícil disponer de personal especializado, por lo que son frecuentes los errores y fracasos, fruto de la inexperiencia. Su desventaja es que por lo difícil de llegar a ellos no es fácil vigilarlos, por lo que quedan expuestos a daños por animales.

2.2.2 Viveros fijos o permanentes

Se proyectan y construyen con la intención de que tengan una duración ilimitada. A lo largo de su existencia irán cambiando las especies cultivadas, ofrecerán una producción diversa en cuanto a formas, edades y clases de planta. Además debe contar con vías de acceso que permitan satisfacer oportunamente la demanda de plantas.

2.3 Sistemas de riego utilizados en viveros

Menciona Ruano (2003) que la elección del tipo de riego en un vivero forestal con planta en envase, depende principalmente del tamaño o dimensión del mismo, y las características de las plantas a cultivar. En general, los viveristas usan alguna clase de sistema mecanizado de los muchos que modernamente se encuentran en el mercado, y los pocos que lo hacen a mano, puede ser debido a lo reducido de la explotación o a que tienen una producción con muchas variedades de plantas y por tanto con requerimientos hídricos muy diferentes.

También Ruano (2003) menciona que es una técnica que avanza y se renueva día a día, impulsada por el cultivo agrícola y que puede llegar a presentar un grado de sofisticación muy elevado. En la elección y aplicación de los viveros forestales, influye la inversión que se quiere llevar a cabo y el diseño del vivero. Los tipos de riego pueden clasificarse en tres grupos:

1. *Aspersión.*
2. *Localizado.*
3. *Subterráneo.*

Básicamente hay dos fuentes de agua de riego para abastecer los viveros forestales: agua subterránea y agua superficial. La primera consideración en la selección de la fuente de agua de riego, es asegurarse que estará suficientemente disponible durante todo el ciclo de cultivo, para todos los usos posibles en el vivero.

Para lograr los objetivos establecidos por los viveristas en la producción de plántulas de buena calidad, que posteriormente serán usados para reforestación, frutales y ornato, las instalaciones deben contar con un sistema de riego, como el que se muestra en la siguiente figura 2.3, el cual mantenga a las plántulas en excelentes condiciones.



Figura 2.3. Sistema de riego aéreo para plántula para reforestación.

2.4 Tipos de sistemas de riego utilizados en viveros

Según Ruano (2003), el riego por aspersión, se puede decir que es un sistema de riego, donde las plántulas reciben el agua en forma de *lluvia artificial* y que un equipo completo de riego por aspersión consiste básicamente de los siguientes elementos:

Grupo de bombeo: se denomina al conjunto de motobombas encargado de absorber e impulsar el agua a presión, desde el pozo hasta los aspersores, por medio de tuberías principales y secundarias.

Tuberías principales de transporte de agua: llamadas también tuberías madre, constituyen la red de distribución que reparte el agua por todo el vivero y que alimentan a las de distribución sectorial.

Tuberías secundarias de distribución de agua: constituyen la red de distribución sobre las que van montados los aspersores. Derivan de las principales y normalmente son de menor sección.

Aspersores o difusores: son elementos de riego, que se montan sobre las tuberías secundarias, mediante un prolongador vertical (*nipple*) o bien suspendidos y que rocían las plantas, con el tamaño de gota deseado.

Elementos auxiliares o complementarios: son todos aquellos útiles que sirven para aumentar la eficacia del sistema de riego, como programadores automáticos de riego, filtros, dispositivos de fertirriego o biocidas, etc.

La aspersion es apropiada para cultivos en el exterior, en los cuales se requiere hacer una aplicación de tipo medio, o se instala éste para el abaratamiento de la instalación ya que están más separados los aspersores. Con esto se alcanza una uniformidad de entre el 80 y 90%.

Según Ruano (2003), comenta que el montaje del riego por aspersion puede ser:

1. *Sistema móvil*, donde todos sus elementos se pueden desplazar y cambiar de lugar.
2. *Sistema fijo*, en el cual permanecen totalmente fijos todos los elementos integrantes del riego.
3. *Sistema semifijo*, donde el grupo de bombeo es la unidad que generalmente permanece fija en el terreno.

En general en los viveros de planta forestal se instala un *sistema fijo*, con una red de transporte y distribución de agua enterrada, donde únicamente se ven

emerger los aspersores que cubren el conjunto de lotes o bancales, de una forma regular y normalmente lineal.

De todas maneras se ven con cierta frecuencia los montajes *semifijos*, donde el grupo de bombeo fijo, manda el agua a un cabezal de riego que se desplaza automáticamente a lo largo de la superficie de cultivo. Sobre éste sistema es el que se va trabajar, ya que el robot de riego entra dentro de ésta clasificación.

Debemos tener claro que cuando se proyecte y calcule el sistema de riego de un vivero, hay que tomar en cuenta los vientos dominantes de la zona, dado que lo que nosotros diseñemos sobre el papel para una cobertura de riego total, los vientos nos lo van a transformar, y va a ser principalmente en las puntas extremas de los lotes, donde las plántulas van a sufrir sus efectos.

Decimos esto, dado que la mayoría de viveros forestales se encuentran instalados fuera de las poblaciones, al aire libre, en zonas de montaña, con una exposición abierta a todos los vientos.

La aplicación del agua de riego sobre la superficie donde se encuentran los contenedores debe ser siempre uniforme y está en función de cinco factores.

- ✚ Tipo del aspersor o difusor.
- ✚ Tamaño de boquilla.
- ✚ Presión del agua en la boquilla.
- ✚ Espaciamiento y dispersión de los aspersores de riego.
- ✚ Viento.

Cuanto más fina sea la gota de agua de riego (microaspersión, nebulización) mejor y más homogéneo será éste, causando además en las primeras semanas de siembra, menor daño a las semillas.

En la figura 2.4, se observa la disposición que podemos elegir para la posición de las boquillas (triángulo, cuadrado o rectángulo), que nos dará la posible distribución o disposición de los aspersores/difusores en los lotes, según las líneas de porta-aspersores del riego, y con objeto de que no quede ningún sector sin regar. Las separaciones que se adoptan son las siguientes, siendo R el radio de superficie mojada:

- ✚ Para disposición en triángulo: distancia entre aspersores en la línea $\sqrt{3R}$, y entre líneas $1.5R$.
- ✚ Para disposiciones en cuadrado: distancia entre aspersores en la línea y $\sqrt{2R}$ entre líneas $\sqrt{2R}$.
- ✚ Para disposiciones en rectángulo. Distancia ente aspersores en la línea R y entre líneas $\sqrt{3R}$.

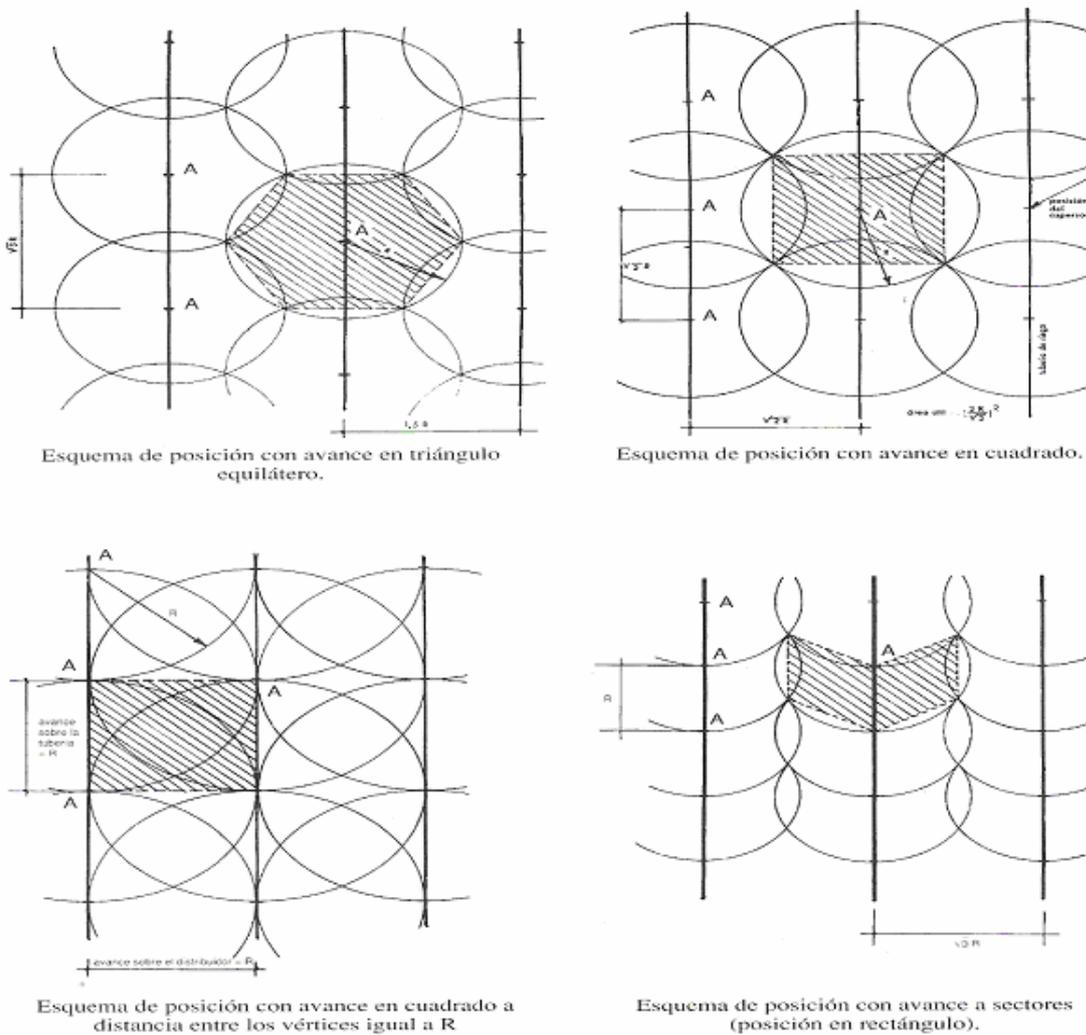


Figura 2.4. Diferentes posiciones de aspersores en un sistema de riego.
(Modificado de Gómez P., 1988)

2.5 Sistemas de riego fijos

2.5.1 Riego localizado

Según Ruano (2003), el cada vez más tecnificado y usado riego por goteo en todos los sectores de la agricultura, difícilmente puede emplearse en un vivero

con producción de planta de envase dada la gran complejidad, la íntima versatilidad y el enorme gasto que supondría la distribución de la gota en cada uno de los alvéolos. No es por tanto aplicable este sistema, que sí tiene utilidad en el campo forestal en el cultivo a raíz desnuda.

El sistema en si consiste en una red de tuberías (normalmente de polietileno) con un orificio individual para regar un entorno reducido de cada planta. El ahorro de agua, que es la característica más destacada del sistema, es considerable, calculándose en la práctica de un 50%. Es imprescindible el filtrado del agua con objeto de que no entren en el sistema partículas mayores de 0.1 mm que obturarían los conductos de salida.

2.5.2 Riego subterráneo

Ruano (2003), comenta que en general es un sistema que esta desarrollado actualmente, y que estimamos no va a tener una aplicación directa en el campo de los viveros forestales de planta de envase, y sí puede tener importancia y futuro directo en el campo de los viveros forestales de planta de envase, en el riego de las plántulas a camellones cultivadas a raíz desnuda.

En esencia es una tubería porosa normalmente enterrada, que recorre las plantas a nivel de raíz, con unas características especiales de elasticidad y porosidad, de tal forma que cuando se somete a una corriente de agua a cierta presión, proporciona a la tierra de su entorno, una corriente de agua a través de las membranas que forman las paredes del tubo. Puede a la larga presentar problema de colmatación de los poros, por donde exuda el agua, principalmente en aquellas zonas donde haya sales disueltas (principalmente cal), asimismo, las raicillas pueden penetrar por los poros, llegando a anular algunos sectores de riego.

2.6 Sistema de riego semifijo

Consisten en un aguilón desplazable, consiste en rampa (barzo) de riego regulable de altura, que se desplaza sobre un carro motor/ tractor que discurre sobre un perfil o guía, llevando consigo la tubería o manguera de conducción de agua originando un circuito de ida y vuelta 59% de los viveros encuestados, usan este tipo de sistema de riego. Los sistemas fijos de riego, consisten de boquillas espaciadas regularmente, y fueron usados en el 31% de los viveros encuestados,

mientras que el 10% restante, usaban alguna combinación de sistemas de riego .en este caso el sistema de bombeo se encuentra fijo en una orilla del vivero,

2.6.1 Sistemas de riego móviles

Este popular sistema de riego consiste de un aguilón orientado horizontalmente, el cual lleva una tubería de distribución, conteniendo una serie de boquillas regularmente espaciadas. La estructura es tirada mecánicamente a lo largo del área de cultivo por un motor eléctrico, y normalmente cubre una o más mesas figura 2.5.



Figura 2.5. Sistema de riego aéreo móvil.

El aguilón se regresa mecánicamente cuando alcanza el final de la mesa y las plantas se riegan en dirección opuesta.

Normalmente se requiere determinado número de pasos para saturar por completo a los contenedores. Los aguilonos pueden estar sujetos por un carril en el techo, o bien estar en un carro sobre el piso; la manguera de conexión es empujada a lo largo de la parte baja del carro que la soporta o de los carriles sobre el piso.

Estos sistemas de riego distribuyen agua muy uniformemente, en comparación con los sistemas fijos, porque proporcionan una cortina móvil de agua sin ninguno de los problemas de distribución inherentes a los aspersores en círculos. Sin embargo, son relativamente caros, y puesto que se trata de sistemas mecanizados, son susceptibles de descomponerse. Landis (2000), puntualiza que los aspersores móviles no son eficientes para la protección ante heladas, puesto que se mueven muy lentamente como para proporcionar una cubierta continua en todas las áreas de cultivo.

Una variedad de boquillas han sido usadas en este tipo de sistemas de riego incluyendo circulares, cónicas y de abanico plano, pero las que la mayoría de los viveros usan, son las de abanico plano figura 2.6.



Figura 2.6. Punta de pulverización de abanico plano.

En este tipo de sistema de riego lo recomendable es usar una boquilla de aspersión suave, como las usadas para plaguicidas, para minimizar la nebulización, asegurar una buena penetración a través del follaje de las plántulas y para aplicar una buena cantidad de agua de riego requerido en un corto periodo de tiempo. Algunos viveros tienen tres tipos diferentes de boquillas de riego montadas sobre el aguilón de riego, una boquilla para nebulización usada comúnmente para siembra y primeras etapas de desarrollo de la plántula, una de abanico plano usadas el crecimiento y parte del desarrollo. Landis (2000), estima que hasta el 90% del agua de una boquilla nebulizadora puede ser pérdida durante un día cálido y con vientos.

Dentro de los sistemas de riego móviles podemos encontrar dos tipos de sistemas de riego que son muy similares, los cuales se mencionaron anteriormente.

1. Robot de riego sostenido por un riel montado al techo del vivero figura 2.7.



Figura 2.7. Sistema de riego aéreo móvil usado en viveros.

2. Robot de riego montado sobre un riel terrestre figura 2.8.

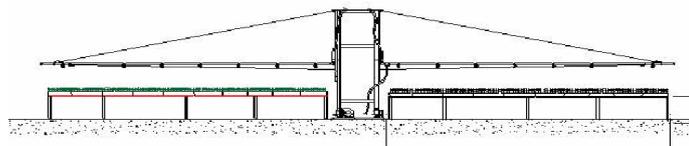


Figura 2.8. Sistema de riego terrestre móvil usado en viveros.

Estos dos tipos de riego son muy similares, la única diferencia encontrada con estos dos tipos de sistemas es que el primero trabaja montado sobre una estructura aérea montada en el techo del vivero, y el segundo trabaja sobre un riel que esta atornillado sobre el piso del vivero.

2.7 Robot de riego

Menciona Ruano (2003), que es un sistema apropiado para plántulas en invernaderos, y de plantas en maceta o contenedor en el exterior. El sistema consiste de un brazo regante, regulable de altura, que se desplaza sobre un carro con ayuda de un motoreductor, el cual corre sobre un riel, llevando consigo la tubería o manguera de conducción del agua. Este puede correr de ida y vuelta sobre el riel. Los aspersores se encuentran distribuidos a una distancia de 50 cm aprox., los cuales proporcionan una alta uniformidad. Existen dos tipos de robot de riego, los sistemas suspendidos y los que circulan sobre ruedas apoyadas en el suelo. Los primeros son más utilizados en invernaderos los cuales tienen una anchura de 6 a 10 m, mientras que los segundos se fabrican en anchuras superiores (llegando hasta los 40 m), y están orientados al riego de viveros al exterior. La longitud que se puede alcanzar para ambos casos, es de aproximadamente 150 metros.

2.8 Características generales del robot de riego combi boom a rediseñar

De acuerdo a lo anteriormente mencionado de los tipos de sistemas de riego, nos damos a la tarea de trabajar sobre el tren de riego COMBI BOOM, este sistema de riego es del tipo terrestre, el cual se pretende rediseñar, para esto es crucial hacer uso de la información técnica y descripción del equipo figura 2.9.



Figura 2.9. Tren de riego COMBI BOOM.

2.8.1 Características del *robot de riego combi boom* otorgadas por el fabricante BCC®.

- ✚ Equipo de riego de dimensiones de 13x100 m, área útil de 12x96 m.
- ✚ Funciones automáticas: ida, regreso y operación continua.
- ✚ Panel de control y motores fuera del área de riego.
- ✚ Ajustes de altura.
- ✚ Boquillas sencillas, dobles o triples con válvula antigoteo.
- ✚ Tipo de corriente eléctrica: trifásica 220 v o monofásica 110 v.
- ✚ Operación eficiente: motor de ¼ hp.
- ✚ Velocidad de operación: 10 m/min.
- ✚ Eficiencia en patrón de riego mayor al 98 %.
- ✚ Dosificador de fertilizante para fertirrigación opcional.
- ✚ Presión de operación 2 Psi en barra de riego.
- ✚ Bomba de agua sumergible ¾ hp.
- ✚ Deslizamiento sobre rieles al piso.
- ✚ 2 tinacos para almacenamiento de 5,000 L.
- ✚ Boquillas dobles en extremos para compensar efecto orilla.

2.9 Calendario de riego

Al proyectar el riego en un vivero debe tenerse en cuenta que el objetivo primordial es que cada semilla o planta tenga siempre a su disposición el agua que necesite para sus funciones vitales. No es fácil hacer un calendario de riego en una explotación incipiente por lo que los ajustes y rectificaciones los irá haciendo el propio viverista con el transcurso del tiempo y la experiencia adquirida Ruano (2003). Conociendo la biología de cada especie y las características climáticas estacionales, pueden determinarse las necesidades hídricas y elaborar un calendario de actuación para todo el año con la tecnología de riego que se haya elegido.

Deben llevarse calendarios de control, bien para cada especie o para cada cuartel, sección o cultivo en que se haya dividido el vivero, con las fechas de riego, tiempos, caudales, etc. Se puede fácilmente y es muy recomendable, llegar a una programación automática de los riegos por sectores, mediante electroválvulas, no

solamente por un ahorro sustancial de mano de obra, sino porque los riegos deben llevarse a cabo siempre por la tarde-noche con objeto de un máximo aprovechamiento del agua, horario en el que normalmente no hay personal trabajando.

Es muy interesante y cada vez se avanza más en la instalación de detectores de humedad que proporcionen de una manera bastante exacta el estado hídrico del cultivo, con objeto de estudiar, corregir y ajustar las deficiencias de agua en el cultivo. De todas formas, el conocimiento del gasto máximo de agua en el mes más desfavorable o caudal punta, nos va a permitir hacer el cálculo de toda la instalación a plena –carga dado que en cualquier otro periodo del año, únicamente se va a utilizar una parte menor.

2.10 *Calculo del agua de riego*

2.10.1 Control y detección del agua en los envases

Dice Ruano (2003) que no siempre es posible realizar el control y detección del agua y además el método visual o táctil es bastante subjetivo siendo necesario que el viverista tenga una gran experiencia y conocimientos para poder tomar una decisión.

El método más usado y con mejores resultados, está basado en el conocimiento del peso del contenedor en cultivo. La técnica y el principio base son francamente simples: el agua es relativamente pesada en relación con el resto de componentes del envase y la humedad contenida en el alveolo o en la bandeja, puede ser controlada por su peso. El peso del contenedor disminuye entre riegos, dado el consumo del agua por drenaje y por la evapotranspiración, pudiendo ser regado nuevamente el cultivo cuando el peso del contenedor llegue a un predeterminado nivel.

Es muy fácil de montar y controlar el sistema en un cultivo dentro de invernadero, y relativamente fácil en el cultivo al exterior. Un simple aparato de pesar con una escala graduada y del que pende en pesada continua el contenedor testigo; de esta forma podemos visualizar en todo momento la escala de valores que será la medida del peso del sistema, el cual variará principalmente por la pérdida de la humedad. Conociendo los pesos iniciales, medios y finales, haciendo aproximaciones y correcciones con diferentes cantidades de agua de riego,

podemos ir determinando el nivel del peso por debajo del cual hay que practicar un nuevo riego.

Con mayor técnica y exactitud, se emplea una cámara de presión para el control potencial hídrico, o bien otros aparatos electrónicos y tensiómetros.

2.11 Riegos especiales

Según Ruano (2003) existen dos formas de riego o formas de manejar el agua muy concreta, que se aplican de forma especial, para conseguir efectos diferentes a los que de forma normal se utilizan para el crecimiento de los cultivos.

- ✚ Riego para protección de heladas.
- ✚ Riego mínimo para endurecer la planta.

Muchos cultivos pueden estar sometidos tanto en el propio vivero, como cuando se almacenan en el monte para su plantación a descensos importantes de temperatura que pueden deteriorar gravemente su estado. Los meristemas pueden endurecerse de forma natural o mediante fertilizantes, pero por lo regular las heladas extemporáneas, que son las que los afectan gravemente, se presentan cuando la planta está en actividad vegetativa.

En el agua contenida en las células y por el frío extremo, se forman cristales de hielos, ocasionándose, quizá por una concentración de jugos celulares, la rotura de la membrana celular y afectando gravemente el joven cultivo. El sistema radical no llega a alcanzar un alto grado de endurecimiento al hielo y suele ser afectado principalmente cuando los envases están apilados para su plantación.

El riego por aspersión puede, en cierta medida, minimizar o proteger a los cultivos de los daños producidos por un frío extremo. El agua al enfriarse libera energía (1 caloría por gramo - grado centígrado), además, para el paso del estado líquido al sólido (hielo), el agua libera aproximadamente 80 kilocalorías /kg. Por tanto, al formarse una capa de hielo por aporte de agua, la ligera capa de aire que recubre el follaje proporciona algunos grados de aislamiento. La mayor protección viene del calor emitido por el agua helándose, sin embargo, este efecto protector solamente permanece mientras se está aplicando el riego. El riego debe comenzar tan pronto como la temperatura baja al punto de helada y continuar hasta que se haya fundido. Por supuesto el riego no puede proteger a las plantas con

temperaturas extremadamente bajas, pero los agricultores en general han salvado, con este método, cultivos de temperaturas cercanas a los -8° C.

La obtención forzada de *endurecimiento prematura de la planta* mediante el manejo del agua, consiste simplemente en detener por estrés hídrico (falta de riego de 3 a 10 días) las funciones vitales del cultivo de forma que los mecanismos fisiológicos de autodefensa (ajustes osmóticos y cambios en la paredes celulares), y preparación para evitar la transpiración, actúen, sin llegar al punto de marchitez irreversible. Se suele aplicar a mediados o finales del verano.

El objetivo general es la inducción de dormancia en el cultivo, activando la formación de yemas y deteniendo el crecimiento de los meristemas apicales, con lo que la función fotosintética se centra principalmente en el sistema radical. Posteriormente con la aplicación de riego la planta entra nuevamente en período vegetativo completando su crecimiento durante un período pequeño, hasta que deja naturalmente su actividad vegetativa por reducción del fotoperíodo, frío, etc.

Es un buen método que además de endurecer la planta, detiene su crecimiento. En realidad esta práctica no hace más que intentar copiar lo que ocurre con los vegetales en los ambientes naturales, es decir, la parada vegetativa del verano, en climas muy calurosos y la otoñal – invernal en ambientes fríos.

2.12 Calculo de la red de riego

Ruano (2003) menciona que es necesario agrupar en el vivero una serie de zonas o sectores a regar (albitana, invernaderos, umbráculos, etc.), con objeto de determinar la superficie de cada uno, las necesidades de agua y el punto óptimo de acometida. En general el trazado de las tuberías principales debe hacerse a lo largo de la infraestructura de los viales, con cierta simetría y desde luego sin olvidar archivar el croquis o plano real correspondiente, para cuando sea necesaria cualquier intervención. La misma técnica debe seguirse para las tuberías secundarias portaaspersores.

2.13 Elección del aspesor /difusor

Ruano (2003) comenta que según el vivero esté proyectado, bien para raíz desnuda o para cultivos en envase, así como por la distribución de las plantas, dimensiones de parcelas, infraestructura, etc., habrá que elegir el tipo más

conveniente de aspersor/difusor para el riego. En cultivos a raíz desnuda y según la anchura de los lotes, puede permitirse la colocación de aspersores con grandes radios de superficie mojada (< 5 m); sin embargo en los cultivos de bandejas suele emplearse difusores de 2 a 3 m de radio. La elección definitiva viene condicionada por la cantidad de agua que debe suministrar el modelo elegido, el tiempo de riego que estimaremos idóneos y sobre todo, que las superficies regadas se solapen perfectamente.

Un buen aspersor debe tener las siguientes características:

- ✚ Un coeficiente de uniformidad del 70%.
- ✚ Una velocidad de giro regular, condición esencial para una buena distribución de la lluvia, lenta para el riego normal o rápido para la protección contra las heladas.
- ✚ Ser lo más simple y robusto posible, ya que estos aparatos están destinados a desplazamientos y manipulaciones frecuentes.
- ✚ Proporcionar una lluvia lo más fina posible, de forma que evite la compactación superficial del suelo debido al efecto de impacto de las gotas gruesas.
- ✚ Tener un chorro un poco sensible al viento, esta característica es, sobre todo, función del alcance del chorro y de la presión.
- ✚ Finalmente, ser poco costoso, pero esto debe ser un criterio secundario en relación a las otras características.

2.14 Cálculo del grupo de bombeo

Comenta Ruano (2003) que el origen de la fuerza motriz en el vivero, puede ser por energía eléctrica de la red, la podemos generar con un electrógeno o producirla con otras alternativas, como la energía eólica o la energía solar. El estudio de costos de la puesta a punto de la energía elegida y su mantenimiento, debe tenerse en cuenta tanto para la amortización como para los costos fijos.

Podemos encontrar en el mercado una amplia gama de motobombas (centrífugas, hélice, pistón) tanto para elevación de las aguas de un pozo, como para su impulsión desde un depósito, siempre con objeto de poder suministrar al sistema tanto el caudal necesario, como proporcionar la presión requerida por los aspersores/difusores. Cada grupo motobomba tiene unas características especiales

que facilita el fabricante; potencia, mantenimiento, curvas o ábacos de rendimiento según cota manométrica, caudal, etc. Debe elegirse aquel grupo cuyo mantenimiento sea sencillo y de ser posible que algún taller mecánico de la población más cercana, la conozca y pueda arreglarlo en caso de descompostura, en el periodo de tiempo más breve posible.

La presión de trabajo se determina, sumando las pérdidas de carga de todo el sistema de tuberías, a la presión necesaria en boquilla de aspersores/difusores y a la altura de aspiración de la bomba. Debe distinguirse entre la potencia útil (potencia desarrollada por la bomba) y la potencia suministrada por el motor, para realizar una mayor exactitud en el cálculo.

La fórmula de Darlot es sencilla y suficiente para el cálculo de la potencia del grupo de bombeo:

$$P = \frac{2Q \times Hm}{N}$$

Siendo:

P = Potencia en caballos de vapor

Q = Volumen de agua a bombear en m³/mes

Hm = Altura manométrica en metros (altura de aspiración más presión a proveer)

N = Duración de la jornada de riego

Para una mayor exactitud en el cálculo de la potencia real a suministrar, podemos emplear la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q \times Hm}{75\eta}$$

Siendo:

P = Potencia en caballos de vapor

Q = volumen de agua bombeada en l/s

Hm = Altura manométrica (J_t + A_z + P_{ser})

J_t = Pérdidas de carga en todo el sistema de tuberías

A_z = Desnivel geométrico a salvar entre el bombeo y el aspersor más alto

P_{ser} = Presión de servicio de aspersor /difusor

$\eta = \text{Rendimiento del grupo motobomba}$

Según las características del suministro de agua, tendremos que llevar a cabo el estudio del grupo motobomba:

- ✚ Pozo propio con caudal punta suficiente: grupo motobomba aspirante – impelente.
- ✚ Pozo propio con caudal insuficiente: construcción de un depósito y grupo motobomba aspirante –impelente.
- ✚ Pozo de una sociedad de aguas, cooperativa, etc., con caudal punta suficiente y disponible en cualquier momento: no se necesita grupo.
- ✚ Pozo de una sociedad de aguas, cooperativa, etc., con un caudal insuficiente y con turnos de horas de riego: construcción de un depósito de aguas en la parte más alta y grupo motobomba de impulsión.
- ✚ Acequia, tubería, arroyo, etc., por gravedad: construcción de un depósito y grupo motobomba para impulsión.

2.15 Calculos de tuberías

Según Ruano (2003) la automatización del riego mediante programadores y electroválvulas, además de facilitar el trabajo, permite la disposición de una tubería principal o madre (normalmente enterrada), y las secundarias o a las de cada sector que lleven el agua directamente a los aspersores /difusores.

El cálculo de la red de tuberías supone el dimensionar el diámetro de las mismas, según su longitud, para un caudal conocido, que es el que se debe aportar en cada riego a un sector o área con su tipo de cultivo y con número determinado de plántulas. En viveros de grandes dimensiones y con muchas instalaciones (invernaderos, semilleros, etc.), donde hay una extensa red de tuberías debe dimensionarse por tramos, lo que resulta más correcto y algo más económico.

Normalmente se admite para tuberías de polietileno o de PVC, una velocidad del agua entre 1 y 1.5 m/s.

El diámetro vendrá dado por la fórmula:

$$Q = \frac{V \times \pi \times D^2}{4}$$

Donde:

Q = Caudal predeterminado

V = Velocidad determinada

D = Diámetro de caudal

Según el diámetro obtenido en el cálculo, se toma del tipo de tubería elegido, el comercial más aproximado, en todo caso, si el próximo superior no es excesivo se puede elegir dado que con el tiempo, el diámetro va reduciéndose paulatinamente con los sedimentos e incrustaciones de cal, lógicamente la firma comercial, dispone y facilita todas las características de su producto.

Todas las pérdidas de carga pueden calcularse por cualesquiera de las formulas de Darcy-Weisbech, Scobey, Colebrook, etc., que se encuentran en los manuales especializados de hidráulica o riego.

Se propone el uso de la formula de Breese, para un rápido cálculo del diámetro o como punto de partida para tanteos y comprobación con los manuales correspondientes del material que se requiera emplear, es decir:

$$d = 15.5\sqrt{Q}$$

Siendo:

d = Diámetro en mm

Q = Caudal en m³/hora

Como estas fórmulas se han establecido para tuberías lisas continuas, debe tenerse en cuenta las pérdidas de carga de uniones y accesorios, que suponen entre un 20-25% de las pérdidas nominales.

Nos queda únicamente por recomendar, para los viveros forestales ubicados en cotas altas, donde las heladas hacen periódicamente su aparición, que la red de riego debe tener una o dos válvulas de desagüe en el punto más bajo, con objeto de eliminar toda el agua de su interior y así evitar, si resultara necesario, que las tuberías, válvulas o filtros, se llegasen a congelar.

2.16 Principios de diseño

Según Norton (1999) el diseño se puede definir como “el proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o sistema con suficiente detalle para permitir su realización”. El objetivo

ultimo en el diseño de maquinas es dimensionar y formar piezas (elementos de maquinas) y escoger los materiales y procesos de manufactura apropiadas, de manera que la maquina resultante se comporte o lleve a cabo sin falla su función pretendida.

Para Shigley y, Mischke (1985), diseñar es formar un plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede estar completamente bien definida desde el principio.

Además el diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica; piezas, estructuras, mecanismos, maquinas y dispositivos e instrumentos diversos, en su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, ciencia de los materiales y las ciencias mecánicas aplicadas a la ingeniería.

2.17 Propiedades de los materiales

Askeland (1987) menciona que el comportamiento físico de los materiales se encuentra descrito por una gran variedad de propiedades eléctricas, magnéticas ópticas y térmicas. La mayoría de estas propiedades esta determinada por la estructura atómica, el ordenamiento atómico y la estructura cristalina del material. Las propiedades físicas pueden modificarse en gran parte cambiando el ordenamiento de corto y largo alcance de los átomos, así como introduciendo y controlando imperfecciones en la estructura.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Es claro que el proceso del diseño de maquinas depende en gran medida de cálculos y experimentos. Por supuesto, los principios de diseño son universales, una amplia variedad de herramientas computacionales pueden aplicarse con éxito a los cálculos del diseño. Entre estas se encuentran los paquetes Pro Engineer, Auto CAD. Las hojas de cálculo como Excel, tienen un gran valor para resolver problemas. Esos paquetes tienen la ventaja de permitir al usuario de documentar y guardar el trabajo terminado de manera bastante detallada según Spotts y Shoup (1999) a continuación se proporciona una lista de materiales requeridos para elaboración de este trabajo.

Software:

- a. Pro Engineer:
Al igual que el Auto CAD tiene la finalidad de crear piezas en 3D pero con mayor facilidad, programa que ayudará a crear dibujos de piezas.
- b. Auto CAD 2005:
Para el rediseño de las partes que constituyen el sistema de riego.
- c. Excel:
Para el cálculo de costos de los materiales que se utilicen en el rediseño, además de ayudar a resolver problemas que requieren cálculos repetitivos y tediosos.
- d. Sistema de riego a modificar:
Se requiere ya que es el prototipo a rediseñar.
- e. Manual de instalación y operación de instalación para un robot de riego automático: Modelo BCC COMBI Boom.

3.1 Materiales

Cinta métrica y vernier:

Estos dos instrumentos se utilizarán para tomar medidas de todas las partes que integran al robot, para después hacer las pertinentes correcciones a varios de los sistemas que lo integran.

Probeta graduada:

Con ayuda de esta se podrá evaluar el gasto de cada una de las boquillas del robot de riego, además de constatar su verdadera velocidad con ayuda de un cronómetro y cinta métrica.

Bolsas de polietileno:

Estas se instalarán sobre cada boquilla con ayuda de ligas elásticas, para así medir su gasto como ya se había mencionado en el punto anterior.

3.2 Reconocimiento de la necesidad

Esta surge desde el momento en que alguien descubre una dificultad o no puede realizar alguna actividad bien. La ingeniería agrícola se ve cada día más ligada a la automatización, sin embargo toda tecnología debe apoyarse sobre bases sólidas, situación que hace necesario adquirir destrezas y habilidades. Lo anterior se debe tomar en cuenta ya que combinando la ingeniería y la agricultura logramos mayores resultados. Analizando el punto anterior y con la situación actual del país, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se tienen varios proyectos con dependencias Gubernamentales. Estas dependencias son CONAFOR Y SEMARNAP, las cuales ayudan en gran parte a la reforestación ya sea con la producción de plantas silvestres o nativas de la región, todo esto para revertir el proceso de la deforestación, cabe aclarar que las plantas que se manejan en los viveros de la Universidad, son plantas en su mayoría silvestres de la región como lo son: Pino Piñonero *Pinus cembroides* L., Maguey Pulquero *Agave atrovirens* Karw y

Costilla de Vaca *Atriplex canescens*, Pursh Nutt, las cuales ya se han producido anteriormente en los viveros de nuestra casa de estudio.

El problema que se tiene, es que no se cuenta con un adecuado sistema de riego para la producción de plántulas de calidad empleadas para la reforestación, el precio del sistema que se desea adquirir es muy elevado (de 12,000.00 USD), el cual no incluye la instalación, tinacos, bomba, flete; la empresa que lo distribuye es AGRINET S.A. de C.V., ubicada en Cuernavaca Morelos, México (agrinet@avantel.com). Las plántulas que se desean establecer requieren de este sistema, ya que es uno de los más adecuados a sus necesidades fisiológicas. En el mundo actual es importante hacer uso racional de los medios con lo que se cuenta para obtener los mejores resultados.

Con nuestra formación como ingenieros mecánicos es importante conseguir proyectos de esta índole. Con el paso del tiempo se incrementa la eficiencia de los sistemas de riego para la producción de alimentos o plántulas, en este caso, para hacer frente a la competencia mundial y nacional para así mantener en equilibrio los mercados, para después abrir nuevas puertas en la comercialización de los productos. Con la adquisición de este sistema de riego se incrementará la producción de plántulas para reforestación, se reducirá el uso de la mano de obra y el agua, además de otros insumos como son: sustrato, semilla, fertilizante, espacios de producción, etc. Para el año 2007 se tiene compromiso de la Universidad con las dependencias gubernamentales de producir 400,000 plántulas de las especies antes mencionadas para la reforestación, las cuales son plantas que requieren ser regadas en su momento más difícil que es la germinación y parte de su desarrollo para posteriormente ser trasplantadas.

3.3 Fases del diseño

La metodología es uno de los aspectos más importantes en cualquier diseño o rediseño. El objetivo final del diseño mecánico es, producir un dispositivo de utilidad que sea seguro, eficiente y práctico de acuerdo a Shigley y Mischke (1985) comentan que a menudo se describe el procedimiento total del diseño desde el reconocimiento de la necesidad hasta la comercialización del producto. El proceso de diseño es interactivo, de una manera general se muestra en la siguiente figura

3.1.

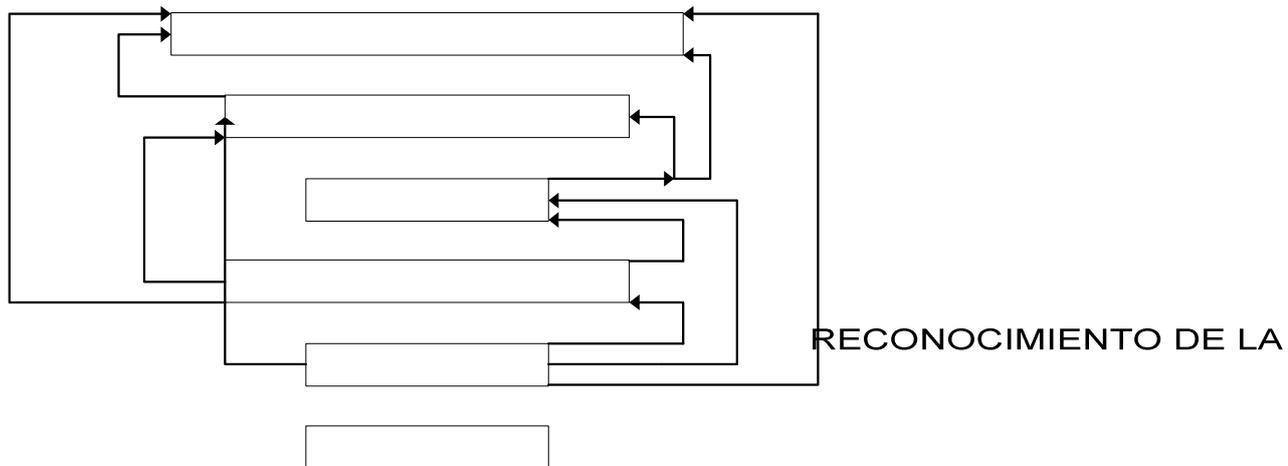


Figura 3.1. Esquema del proceso del diseño.

Principia con la identificación de la necesidad y con una decisión de hacer algo al respecto. Después de muchas interacciones, el proceso finaliza con la presentación de los planes para satisfacer tal necesidad.

El término diseño de maquina implica un proceso que involucra planes y estrategias para llevar a cabo la solución de problemas específicos que requieren nuevas soluciones.

En el diseño de maquinaria agrícola se debe hacer uso de las ciencias utilizadas en cualquier diseño mecánico, además de tener un conocimiento en la rama agronómica, para obtener un mejor resultado en la concepción y materialización de maquinas y/o mecanismos utilizados en la actividad agroindustrial y forestal.

El diseño no implica la realización de cálculos únicamente, sino que se requiere un conocimiento de los costos, la seguridad, el tamaño, etc. Para obtener el resultado más adecuado.

Fases para el procedimiento del diseño

1. Reconocimiento de la necesidad: empieza en el momento en que alguien descubre una dificultad o descontento hacia alguna actividad, funcionamiento de algún dispositivo o las condiciones bajo las cuales vive, trabaja y desarrolla

la persona. Por lo general, la necesidad se reconoce o se identifica repentinamente a partir de una circunstancia adversa o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen casi al mismo tiempo. La identificación de la necesidad se realiza con facilidad después de que alguien la ha planteado.

2. Definición del problema: un problema proviene de lograr la transformación de un estado de cosas en otro. Esta etapa debe de abarcar todas las condiciones para el objeto que ha de ser diseñado. Las condiciones o especificaciones definen el costo, la cantidad de piezas a fabricar, la duración esperada, el intervalo o variedad de capacidades, temperaturas de trabajo y confiabilidad. De manera general, la definición del problema se lleva a cabo bajo el siguiente diagrama figura 3.2.

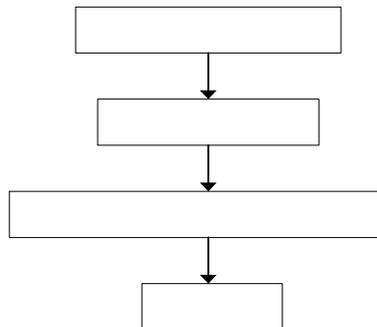


Figura 3.2. Diagrama de la definición del problema.

La parte final de la definición del problema es prácticamente la síntesis del proceso de diseño que se encarga de tomar la mejor solución.

3. Síntesis: una vez definido el problema y obtenido un conjunto de especificaciones implícitas formuladas por escrito, el siguiente paso del diseño, es la síntesis y optimización debido a que se debe analizar el sistema a diseñar, con el fin de determinar si su funcionamiento cumplirá con las especificaciones.
4. Análisis y optimización: en esta etapa se deben idear e imaginar modelos abstractos, y al crearlos se espera encontrar alguno que reproduzca lo mejor posible el sistema real.

FORMULAC

ANÁLISIS

5. Evaluación: es una fase importante del proceso del diseño. Es la demostración definitiva de que un diseño es acertado y, por lo general incluye pruebas de un prototipo en el laboratorio. En tal punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente las condiciones. De manera general para llegar a la evaluación se deben realizar las siguientes etapas figura 3.3.

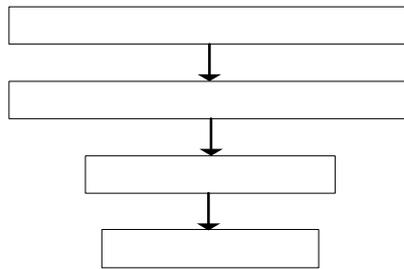


Figura 3.3. Diagrama de la etapa de evaluación.

6. Presentación: la comunicación del diseño a otras personas es el paso final y vital en el proceso del diseño. La presentación es una tarea de venta. Cuando un ingeniero presenta una nueva solución al personal administrativo de alto nivel (directores, gerentes o supervisores, por ejemplo), está tratando de demostrar que su solución es mejor.

3.4 Consideraciones de diseño

Shigley y Mischke (1985), mencionan que a veces la resistencia en un sistema es muy importante para determinar las aplicaciones geométricas y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En ese caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. Cuando se usa la expresión, "consideración" se está refiriendo a una característica que influye en el diseño de un elemento o quizá, en todo el sistema, generalmente se tienen que tomar en cuenta varios de estos factores en el caso de un diseño determinado.

Algunos de los más importantes son los siguientes:

- ✚ Resistencia.
- ✚ Confiabilidad.
- ✚ Propiedades térmicas.
- ✚ Corrosión.

- ✚ Desgaste.
- ✚ Fricción.
- ✚ Procesamiento.
- ✚ Utilidad.
- ✚ Costo.
- ✚ Seguridad.
- ✚ Peso.
- ✚ Duración.
- ✚ Ruido.
- ✚ Estabilización.
- ✚ Forma.
- ✚ Tamaño.
- ✚ Flexibilidad.
- ✚ Control.
- ✚ Rigidez
- ✚ Acabado de superficie.
- ✚ Lubricación.
- ✚ Mantenimiento.
- ✚ Volumen.
- ✚ Responsabilidad legal.

3.5 Códigos y normas

Una norma o estándar es un conjunto de especificaciones para piezas, materiales o procesos establecidos, con el fin de lograr uniformidad, eficiencia y calidad especificadas. Uno de los objetos importantes de una norma es fijar un límite al número de artículos en las especificaciones, así como permitir que se tenga inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades Shigley y Mischke (1985).

Un código es un conjunto de especificaciones para efectuar un análisis, el diseño, la fabricación y la construcción de un objeto o sistema. El propósito de un código es alcanzar un grado especificado de seguridad sin implicar la seguridad absoluta. De hecho, ésta cualidad es imposible de obtener.

3.6 Factor de seguridad

Norton (1999), explica que la calidad de un diseño se mide según diversos criterios. Siempre será necesario calcular uno o más factores de seguridad para prever la probabilidad de una falla. Además deberá sujetarse a los códigos de diseño reglamentados o de aceptación general.

Un factor de seguridad se expresa de muchas formas. Se trata de una relación de dos cantidades que contiene las mismas unidades, como resistencia / esfuerzo, carga crítica / carga aplicada, carga para la falla de la pieza / sobrecarga esperada en servicios, ciclos máximos / ciclos aplicados o velocidad máxima de seguridad / velocidad de operación. Un factor de seguridad carecerá de unidades.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Marco y modificaciones del robot de riego BCC COMBI BOOM

En el sistema de riego automático Combi Boom, comercializado y distribuido en México por la empresa AGRINET S.A. de C.V. se le realizaron varias adaptaciones y modificaciones en sus sistemas, como se muestra en la figura 4.1.

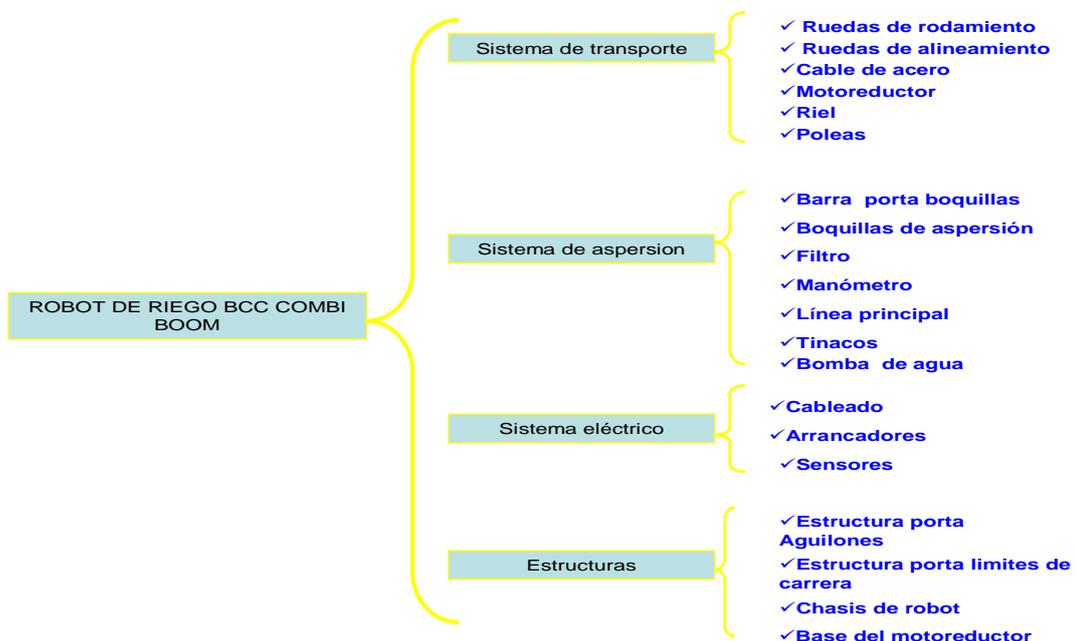


Figura 4.1. Sistemas de los que consta el robot de riego BCC Combi Boom, para su mejor comprensión.

4.2 Sistema de transporte

4.2.1 Ruedas de rodamiento

En el sistema anterior encontramos ruedas de 6" de diámetro exterior de plástico las cuales estaban montadas sobre el chasis del robot Combi Boom como se muestran en la figura 4.2.

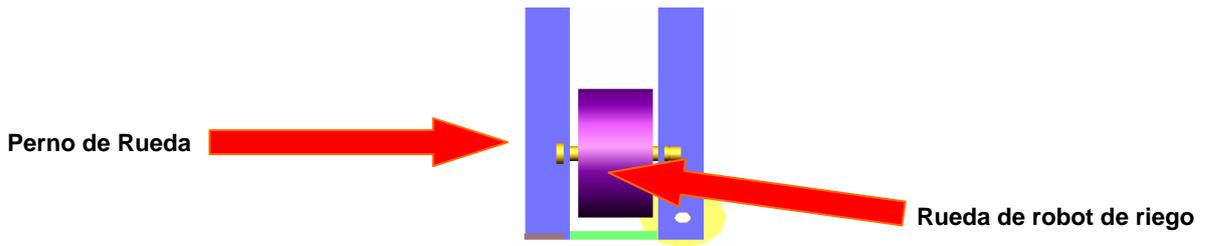


Figura 4.2. Rueda de robot de riego montada al chasis de este con un perno.

En fin se tuvo que hacer reingeniería en el caso de las ruedas, para el nuevo diseño del robot, ya que se propuso un nuevo riel sobre el cual tiene que trabajar éste, y para ello, se propusieron estas ruedas para portón, las cuales son de fierro como las que se muestran en la figura 4.3.

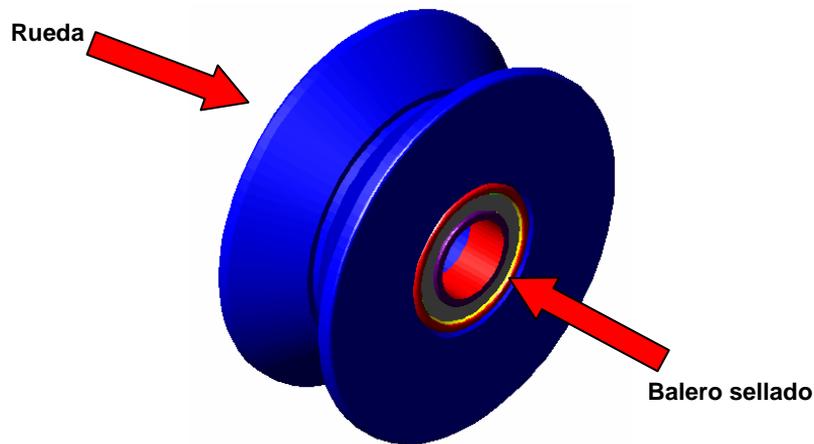


Figura 4.3. Rueda con guía de ángulo de 90°.

Estas ruedas son montadas sobre el chasis del robot, las cuales se sujetan por medio de un perno con su respectivo seguro, y una rondana plana para evitar holgura. También se le adaptaron unos pequeños trozos de tubos a cada lado de la rueda, como se muestra en la figura 4.4, para evitar desalineamiento de la misma y así lograr un mayor ajuste sobre el riel por parte del robot.

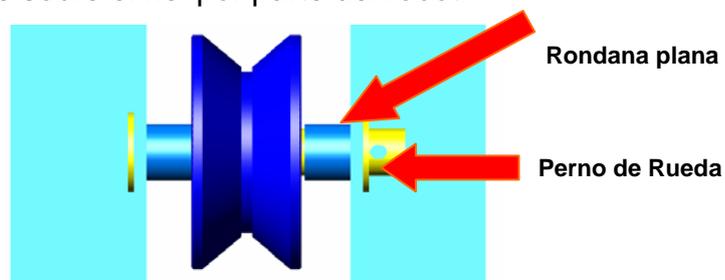


Figura 4.4. Rueda montada en el chasis con su perno, tubos separadores y rondana plana.

4.2.2 Pernos

Las ruedas del robot Combi Boom, son de un diámetro de 17 mm las cuales soportan todo el peso del robot. Para seguir con ésta nueva propuesta se rediseñaron éstos, teniendo así pernos de 4" X 0.825" es decir de 101,6 X 20,98 mm como el que se muestra en la figura 4.5. Con este tipo de perno se propone que el montaje y desmontaje de las ruedas sea un poco más práctico.

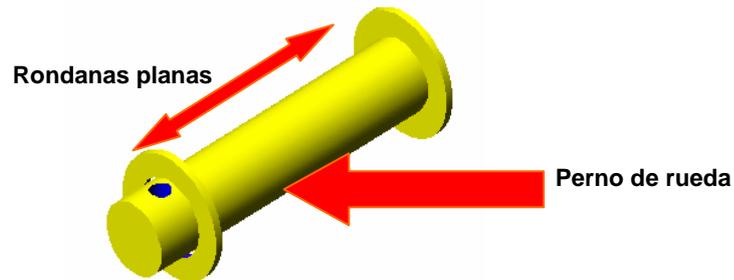


Figura 4.5. Perno propuesto para el robot de riego el cual cuenta con dos rondanas planas y con su respectivo agujero para colocar el pasador.

Para este caso se determino el esfuerzo cortante en los pernos del robot, los cuales tienen que soportar un peso aproximado de 106 kg soportado en las 4 ruedas, como se muestra en la figura 4.6.

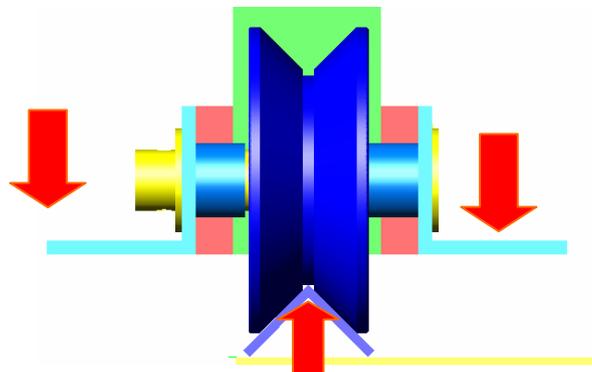


Figura 4.6. Perno del robot que esta soportando el peso de todo el sistema de riego, produciendo así un esfuerzo cortante sobre este.

La distribución del peso se lleva sobre las 4 ruedas del robot como se muestra en el siguiente análisis.

$$\text{Peso del robot} = \frac{106 \text{ kg}}{4 \text{ ruedas}} = 26.5 \text{ kg / rueda}$$

Para determinar el área del perno donde va actuar, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Área del perno} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$\text{Díámetro} = 20.98 \text{ mm} = .02098 \text{ m}$$

$$\text{Área del perno} = \frac{1}{4} (\pi (.02098 \text{ m})^2)$$

$$\text{Área del perno} = .0003455 \text{ m}^2$$

El esfuerzo en sí se puede calcular de la siguiente manera:

$$26.5 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 259.965 \text{ N sobre cada perno de rueda.}$$

Entonces:

$$\text{Esfuerzo de corte} = \frac{P}{2A} = \frac{259.965 \text{ N}}{2(.0003455 \text{ m}^2)} = 376.2156 \text{ Pa} = .3762156 \text{ kPa}$$

Este es el esfuerzo cortante que actúa sobre cada perno del robot.

Además al colocar estas ruedas, se evitará colocar los otros tipos de ruedas llamadas de alineación, como la mostrada en la figura 4.7.



Figura 4.7. Ruedas montadas en el robot de riego Combi Boom, las cuales realizan la función de alinear al robot sobre el riel para evitar el descarrilamiento.

4.2.3 Cable de acero

El cable que se propone es el de 3/16" que es un diámetro menor que el que tenía, pero que ofrecerá el mismo trabajo, ya que puede tirar una carga máxima de 1200 libras, la cual en este caso no se alcanzaría por parte del sistema.

4.2.3 Motoreductor

En el caso del robot Combi Boom contaba con una motoreductor de la marca Bonfigliolli de ¼ de hp, Art. VF 49, No. BN 63, del tipo B4, con una proporción 70:1 el cual mueve a una polea de 6". Para esto, el primer paso que se

tuvo que hacer es el cálculo para la selección del motoreductor, según Hicks (1998) dice que cuando se vaya a levantar una carga, a veces se seleccionan reductores de velocidad de engranes porque comunican una transmisión positiva sin patinamientos, las transmisiones modernas de engranes son también unidades compactas y eficientes que fácilmente se conectan a un motor eléctrico, para este caso lo primero que se determinó, es la velocidad a la que queríamos que el robot se moviera. El Robot Combi Boom, tiene una velocidad de 10 m/min, la cual se tomo como base para el rediseño, calculando las revoluciones por minuto requeridas en el eje de salida, el tamaño de la polea y también la velocidad del robot de riego.

Primeramente se calculó la velocidad del robot en metros por segundo, como se muestra en seguida:

$$10 \frac{m}{\min} \left(\frac{1 \min}{60 s} \right) = .166666 \frac{m}{s}$$

Esta es la velocidad a que se estaría moviendo el sistema en metros / segundo.

Después se calculo la circunferencia en este caso de la polea que se requiere.

$$\pi(\text{diametro}) = \pi(.1524 m) = .4787 m$$

Y después con ayuda de estos datos, se calcularon las revoluciones de salida a que debe girar el eje del motoreductor.

$$\frac{10 \frac{m}{\min}}{.4787 m} = 20.889 \text{ rpm} \approx 21 \text{ rpm}$$

Hasta aquí se tiene el calculo de el número de revoluciones que se requieren a la salida de el motoreductor, para que nos de cómo resultado la velocidad adecuada de 10 m/min ó .1666 m/s del robot.

De lo anterior, podemos determinar el momento de torsión, que debe desarrollar el reductor de velocidad. Si se utiliza una polea de un diámetro de 6", como ya se había calculado, entonces se obtiene:

$$\text{El diametro de la polea} = 6 \text{ pulgadas}$$

$$\text{El radio de la polea} = 3 \text{ pulgadas}$$

Momento torsor = lb-pulg, desarrollado por la polea.

$$T = W r$$

donde :

W = peso a estirar en N o en lb.

$r = \text{radio de la polea, en m o en pulg.}$

Suponiendo que el peso del robot sea 392.4 N (40 kg), para poder moverlo de un extremo a otro se tiene que el peso quedaría de

$$1 \text{ lb} = 4.448 \text{ N}$$

$$x = 392.4 \text{ N}$$

$$X = 88.219 \text{ lb}$$

Entonces realizando el cálculo para el momento de torsión se tiene que:

$$T = 88.219 \text{ lb}(3 \text{ pulg}) = 264.658 \text{ lb/pulg}$$

El valor anterior representa el momento de torsión.

Con todos estos cálculos podemos seleccionar en tablas los hp requeridos por el reductor de velocidad, conociendo las revoluciones por minuto y el momento torsor.

Y para este caso se puede acoplar un motoreductor más comercial como el de engranaje de ángulo derecho salida derecha universal, como el que se muestra en la figura 4.8.



Figura 4.8. Motoreductor con salida a la derecha.

El motoreductor es de la marca DAYTON de corriente 115 V CA/CD, en este caso si serviría ya que tiene a la salida las 21 rpm que se requieren, además cumple con la capacidad de carga a mover, que en éste caso es de 88.219 libras, como se observa en la tabla 4.1., manejando una carga suspendida de 100 lb.

Tabla 4.1 Características del motoreductor, consultado en la página http://www.grainger.com.mx/images/catalog/7_0070.gif.

RPM en Placa de Ident.	Velocidad RPM sin Carga	Par de Torsión Plena Carga (Pulg.-Lbs.)	Carga Suspendida (Lbs.)	Relación de Engranaje	Amp. Máx. a Vol. Nom. 115V	No. Stock†		Peso (Kg)
						Salida Derecha	Salida Izquierda	
UNIVERSAL 115V CA/CD 50/60 HZ 21	50	100	100	238:1	1.3	A42Z801 ‡	—	2.8

Este motoreductor también cuenta con muchas características deseadas, como lo es la rotación reversible y un caballaje de entrada de 1/3. Su número de stock es WSIL483, y se encuentra en la página 71 del catálogo Grainger.

Para este caso también se calculó el costo de energía en pesos por mes (\$/mes), considerando que esta se registrara como una instalación eléctrica agrícola, calculándola con la siguiente fórmula:

$$C = (Pm)(t)(Ce)$$

Donde:

C = costo de la energía eléctrica en pesos.

Pm = potencia del motor en kW.

t = tiempo de funcionamiento, en horas.

Ce = costo de la energía eléctrica, en \$/kWh.

Como el motoreductor es de 1/3 de hp de entrada, entonces se calcula la potencia del motor en kW, como se muestra enseguida ya que la fórmula así lo pide.

$$1 \text{ hp} = .746 \text{ kW}$$

$$\frac{1}{3} \text{ hp} = x$$

$$Pm = .2486 \text{ kW}$$

Conocido el tiempo de funcionamiento que es de 3.684 horas/día aproximadamente y el costo de la energía eléctrica aquí en México es de .19 \$/kWh. Entonces por lo tanto quedaría de la siguiente manera.

$$C = (.2486 \text{ kW})(3.684 \text{ h} / \text{día})(.190 \text{ $} / \text{kWh})$$

$$C = .174 \text{ $} / \text{día}$$

Esto sería el costo en pesos por día y suponiendo que el mes tenga 30 días y también que el motoreductor trabajara los mismos días entonces el gasto sería el siguiente.

$$C = (.174 \text{ $} / \text{día})(30 \text{ días})$$

$$C = 5.22 \text{ $} / \text{mes}$$

4.2.5 Riel

En el caso anterior se utilizaba para riel canal para portón de 2-1/2" X 1/8" X 2", como el de la figura 4.9., el cual tiene un largo de 96 metros.

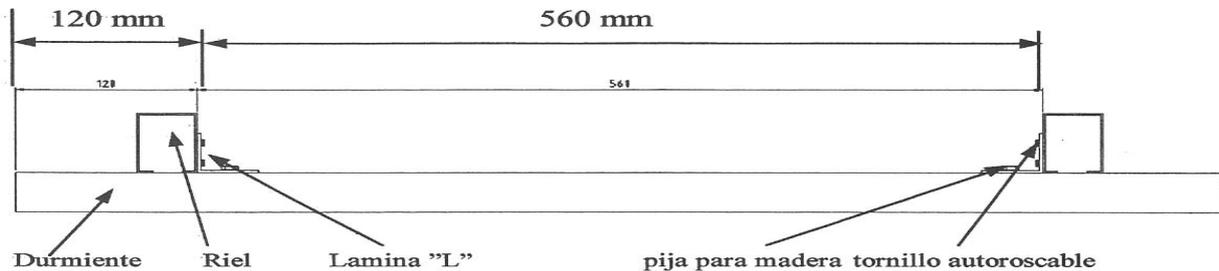


Figura 4.9. Vista frontal del riel de robot de riego Combi Boom, el cual va montado y unido sobre durmientes de madera.

Para este nuevo rediseño se propone que el riel de este nuevo robot de riego, fuese construido de ángulo de 11/4"X1/8", ya que tiene muchas mejores características para riel, como son resistencia y durabilidad. Además al igual que el anterior riel se tuvo que unir con durmientes apoyados sobre el piso, en este caso se utiliza solera de 2"X1/8" la cual se tendrá que unir con soldadura 6013 de calibre de 1/8", para mayor facilidad y rapidez. El riel de la figura 4.10 es el que se propone, el cual permitirá el movimiento del sistema.

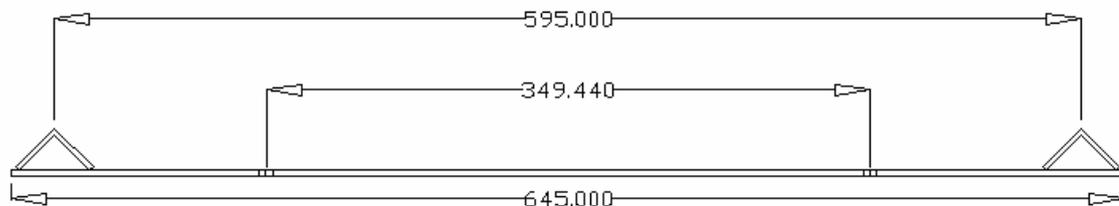


Figura 4.10. Riel de riego propuesto para el nuevo robot de riego que consta de 2 ángulos de 11/4" X 1/8" unidos a lo largo mediante una solera de 2" X 1/8".

4.2.6 Poleas

Para mover el robot de riego se tienen dos poleas de un diámetro de 6", una que se encuentra al principio del riel y la otra al final, la primera es la que da el movimiento al sistema por medio del motoreductor acoplado a éste, por medio del cable antes mencionado.

La polea que se va a montar en el motoreductor se recomienda que sea una polea de 6" para que con ayuda de las 21 rpm de salida del motoreductor nos dé la

velocidad del robot requerida de 10 m/s. La polea que se recomienda es de un material llamado zamak, el cual es una aleación resistente de zinc ligero a prueba de corrosión, la cual se puede atornillar al motoreductor ya que el diámetro de la barra de salida es de $\frac{1}{2}$ ", esta es de 6" y cuenta con un opresor del tipo hexágono para llave allen, figura 4.11.



Figura 4.11. Polea con barreno de $\frac{1}{2}$ " la cual tiene una ranura para acoplamiento de una cuña, con su respectivo opresor.

La segunda polea es la que se encuentra al final del riel la cual es de ajuste, es decir ayuda a tensar el cable que mueve el robot de riego, y al igual que la otra tiene un diámetro de 6", ambas son del mismo material y diámetro de barreno el cual se puede sujetar mediante dos ángulos como se muestra en la figura 4.12.

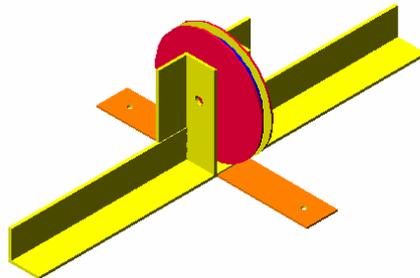


Figura 4.12. Polea con barreno de $\frac{1}{2}$ " la cual se encuentra sujeta por medio de dos ángulos.

4.3 Sistema de aspersión

4.3.1 Barra porta - boquillas

Para esta parte se tenía en el modelo Combi Boom un aguilón (barra porta – boquillas), como el que se muestra en la figura 4.13. Este tiene una longitud de 6m, el cual se encontraba compuesto de un tubo de 1" de diámetro interior, de material galvanizado que hacían muy pesado el sistema, presentado así una deflexión a lo largo de este. Para sujetarlo, se tenían unos cables, que hacían su función como puente colgante.



Figura 4.13. Aguilón de robot de riego marca Combi Boom el cual esta sostenido por medio de cables.

Para el rediseño de barra porta – boquillas, se tuvo que idear la manera de disminuir la deflexión, pensándose en varias opciones, y el mas conveniente fue el aguilón compuesto por tubular de 1" X 1/16", ya que es la tradicional barra porta - boquillas montada en las aspersoras de herbicidas, por lo tanto se ensayó la posibilidad de poderlo rediseñar para acoplarlo al nuevo robot de riego, el aguilón quedo como se ilustra en la siguiente figura 4.14.



Figura 4.14. Aguilón propuesto para el nuevo sistema de riego el cual esta construido de tubular 1"X1/16", excepto la base que es de ángulo de 2"X 3/16".

Al igual que los aguilones del riego Combi Boom, se idearon varias adecuaciones, con la finalidad de poder hacerlo móvil sobre el robot y contar con diferentes alturas de riego sobre las plántulas, considerando las condiciones del clima. Para este caso se propone, que la base del aguilón tenga varias perforaciones con un diámetro de 3/8" a una distancia entre cada perforación de 20 cm. para así poder atornillarlo a la estructura que sujetará al aguilón con tornillos de 5/16"X3".

En este modelo proponemos que sea un poco más corredizo 160 cm. La base del aguilón (figura 4.15), como se observa, cuenta con varias perforaciones pudiendo así variar la altura de aspersion ya comentada.

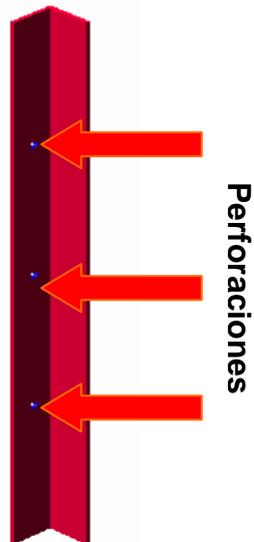


Figura 4.15. Base del aguilón de riego propuesto, con sus respectivas perforaciones para así poder variar alturas de riego.

4.3.2 Boquillas de aspersión

Para este caso se recomienda que se use un cuerpo de boquillas múltiples para barras húmedas, de la marca Quick TeeJet, como el mostrado en la figura 4.16.



Figura 4.16. Cuerpo de tres boquillas para tres puntas de pulverización.

Esta se puede montar sobre un tubo de 1", proporciona tres posiciones de pulverización para facilitar el cambio de las puntas. Además la presión máxima de trabajo del cuerpo de boquillas, es de 150 psi (19 bar), y en este caso se propone que sea de 12 psi al trabajar. Su número de pieza es 2416A-1-NYB en el manual de TeeJet. La distribución sobre la barra húmeda se recomienda que sea de 30 cm de distancia entre cada cuerpo de pulverización. Para montar cada cuerpo portaboquilla se tiene que hacer un barrenado de 3/8" (9.5 mm) en el tubo que alimentará al sistema, el cual también recibe el nombre de barra húmeda por tener montados los cuerpos portaboquillas y a su vez las puntas de pulverización. Se

propone que el tubo o barra húmeda sea de un material un poco más ligero, como el PVC con un diámetro de 1", con una presión de 200 psi.

Según Matthews y Tronhill (1996), la selección de boquillas es crucial para una buena aplicación, por lo que los detalles de las boquillas son dados antes de describir los tipos específicos de pulverizador.

Mencionan que la punta de boquilla es una parte pequeña pero esencial ya que tiene como función:

1. Dosificar el volumen de líquido aplicado.
2. Proyectar el flujo en un perfil particular. Ejemplo abanico o cono.
3. Disgregar el líquido en gotas.

La correcta elección y operación de la boquilla es de primordial importancia para la exacta aplicación de agua en el campo o área a regar.

4.3.2.1 Elección de la boquilla

Según Matthews y Tronhill (1996), las puntas de abanico estándar es decir de chorro plano, son usadas para aplicaciones de herbicidas, generalmente donde varias boquillas están sobre una barra horizontal, y el cultivo se encuentra uniforme.

4.3.2.2 Tipos de boquillas

Matthews y Tronhill (1996), mencionan que se pueden utilizar varios tipos de puntas, esto dependerá de la superficie, cultivo, suelo y estructura, de que se trate. Como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Principales tipos de puntas o boquillas en el mercado.

Principales Tipos de Boquillas

Perfil abanico

Abanico estándar
Abanico de baja presión
Abanico de pre-orificio
Abanico de perfil homogéneo
Deflector

Perfil cono

Cono hueco
Cono total
Cono variable

Para este caso se pueden emplear las puntas **XR 8002 XR11002, XR 800 XR11004** y la **XR 8006 XR11006**, ya que son de abanico plano.

- a) La punta **XR 8002 XR11002** que viene en color amarillo, de acuerdo a su gasto ésta puede ser utilizada para siembra y primeras etapas de desarrollo de la plántula.
- b) La punta **XR 800 XR11004** que viene en color rojo, también en función de su gasto y tamaño de gota se puede utilizar para crecimiento de la misma plántula y desarrollo.
- c) Y la punta **XR 8006 XR11006** que viene en color gris, ésta punta puede ser usada para el crecimiento y el endurecimiento del tallo de la plantas.

En la tabla 4.3. se muestran los cálculos de aspersion y gastos usados en todo el predio, de acuerdo a la evaluación de otro sistema de riego aéreo encontrado dentro de las instalaciones de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”.

Tabla 4.3. Cálculo de gastos de boquillas y tiempos de trabajo del robot en el predio.

	Serie: XR 8002 XR11002 (50)	Serie: XR 8004 XR11004 (50)	Serie: XR 8006 XR11006 (50)
Numero de aspersores a usar en cada barra	10,00	10,00	10,00
Total de aspersores	20,00	20,00	20,00
Distancia recorrida (m)	2,70	1,50	1,75
Tiempo en recorrer (s)	23,00	12,15	13,95
Gasto por boquilla (mm)	218,52	240,05	319,90
Gasto por aguilón (litros)	2,19	2,40	3,20
Total gasto(litros)	4,37	4,80	6,40
Velocidad m/s	0,12	0,12	0,13
Tiempo en recorrer Largo del predio (minutos)	5,11	5,11	5,11
Área total a regar (metros cuadrados)	252,00	252,00	252,00
Volumen de agua aplicado por pasada (litros)	58,27	115,22	131,62
Lamina de agua aplicada por pasada (mm)	0,23	0,46	0,52
Numero de pasadas para completar el 1cm requerido	43,25	21,87	19,15
Numero de vueltas del robot	21,62	10,94	9,57
Tiempo de trabajo del ROBOT DE RIEGO (HORAS)	3,684	1,863	1,631

Estas tres puntas se encuentran en el manual de TeeJet las cuales se localizan con el número de serie descrito y el color respectivamente. La ventaja que se tiene con estas tres puntas de pulverización es que proveen diferentes tipos de gastos de agua, según la etapa del cultivo.

Para sujetar estas puntas de pulverización se tienen unas tapas, las cuales se pueden acoplar al cuerpo que llevará las puntas, estas se llaman tapas de puntas o boquillas, unidas al cuerpo sujeta – boquilla, para así dar un buen ajuste.

Estas tapas son de la marca Quick TeeJet, su número de serie es CP25611-NY, como las que se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Tapa para sujetar la boquilla antes recomendada con número de serie CP25611-NY.

Consultado en la página www.teejet.com/MS/Tejeet/products.asp

TAPAS QUICK TEEJET	NÚMERO DE PIEZA		PARA USARSE CON PUNTAS DE PULVERIZACIÓN
	TAPA QUICK TEEJET SOLAMENTE	CONJUNTO DE TAPA Y JUNTA QUICK TEEJET	
	CP25611- * -NY	25612- * -NYR	Puntas de chorro plano TeeJet (capacidades menores)  Estándar -0067 hasta -08  XR -01 hasta -08  DG -015 hasta -05  TT -01 hasta -08
	CP25611-9-PP††	25612-9-PP††	

Además pueden venir con una junta que sirve para que no exista fuga, sirve como un empaque, el cual se encuentra también en el manual TeeJet, viene en color blanco. Esta tapa sirve para las puntas antes mencionadas XR, 01 hasta 08.

4.3.3 Filtro de línea

Para este caso se recomienda un filtro de la marca Netafim para un caudal de 8 m³/h, y una superficie de 500 cm², con una presión de 15 psi. El cual hará un buen trabajo.

4.3.4 Manómetro

Se tiene incluido en nuestro diseño, un manómetro de glicerina modelo 26385-60 para medir la presión del sistema, de 60 psi, de la marca Ashcroft, montado en uno de los cuerpos sujeta boquillas con ayuda de una de las tapas la cual tiene la siguiente serie QJ4676-1/4-NYB en la cual se puede atornillar el manómetro, como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Tapa sujetadora del manómetro. Consultado en la página www.teejet.com/MS/Tejeet/products.asp.

TAPAS QUICK TEEJET	NÚMERO DE PIEZA		PARA USARSE CON PUNTAS DE PULVERIZACIÓN
	TAPA QUICK TEEJET SOLAMENTE	CONJUNTO DE TAPA Y JUNTA QUICK TEEJET	
	—	QJ4676-1/8-NYB†	Permite el uso de boquillas estándar de 1/8" y 1/4". Puede usarse para montar el manómetro en la boquilla. Consulte la hoja de datos 20055 para más información.
		QJ4676-1/4-NYB†	

4.3.5 Línea Principal

En éste caso como el riel es más corto, es igual a 36 m, la manguera que alimentara se propone que sea de 37m para así tener una holgura de un metro y no afecte el movimiento que debe de tener el robot de riego, claro con el diámetro de 1" de acuerdo al calculo efectuado enseguida.

Agua a aplicar al predio litros	Tiempo aplicar al predio Horas	Gasto en litros /horas	Gasto en m ³ /horas	Gasto en litros/min	Gasto en litros/seg
2520.000	1.631	1545.064	1.545	25.751	0.429

$$d = 15.5\sqrt{Q}$$

Siendo:

d= diámetro en mm.

Q = caudal en m³/hora.

$$d = 15.5\sqrt{1.545}$$

$$d = 19.266 \text{ mm}$$

$$1" - 25.4 \text{ mm}$$

$$x - 19.266 \text{ mm}$$

$$x = .758" \approx 1"$$

4.3.6 Tinacos

Para este nuevo rediseño, como las dimensiones de el área a regar es menor se propone que sea un tinaco de 2500 litros, con esta cantidad se tiene por ahora satisfecha la demanda de agua, ya que el tamaño del predio a regar es de 252 m², y como la lamina de riego que se va usar es de aproximadamente de 1 cm por día, entonces se ocuparían un total de 2520 litros de agua por día como se muestra en la siguiente tabla 4.6.

Tabla 4.6. Cálculos de capacidad de agua a usar en el vivero.

Ancho(metros)	Largo (metros)	Tamaño del predio a regar (metros ²)
1,75	36	63
	Lamina de riego a usar diariamente (mm)	Volumen de agua a regar (litros)
	10	630
	Números de lotes	Total de agua a usar (litros)
	4	2520

4.3.7 Bomba de agua

Al alcance y a nivel comercial se tiene una gran variedad de bombas, que desarrollan un buen trabajo, entonces se eligió la bomba marca EVANS como la mostrada en la siguiente figura 4.17., de 127/220 V-60 Hz, 3500 rpm, con un flujo máximo de 215 l/min, pero como se requiere que el sistema se encuentre en presión constante de 12 psi, de acuerdo a los cálculos efectuados anteriormente se eligió esta bomba, la cual se encuentra sobrada de caballaje, pero como posteriormente se ampliara el área de riego entonces con esta bomba sería suficiente.



Figura 4.17. Bomba de marca EVANS.

$$P = \frac{Q(H)}{75(r)}$$

Donde:

Q = caudal en litros/seg.

H = altura manométrica en metros.

r = rendimiento.

Como se mostró anteriormente se tiene un gasto de .429 l/s, y una longitud de manguera de 37 m y aproximadamente 12 metros de tubería de aguilón lo cual sumado nos da 48 metros, y suponiendo que se tenga un rendimiento del 80%, ya que las tablas de motores mencionan que en 1 hp su rendimiento variara de 73 a

83%. Todo estos datos se sustituyen en la formula para así tener como resultado la potencia del motor a emplear.

$$P = \frac{.429(48)}{75(.8)} = \frac{20.592}{60} = .343 \text{ cv}$$

$$1 \text{ cv} - .9863 \text{ hp}$$

$$.343 \text{ cv} - x$$

$$x = .338 \text{ hp}$$

Para este caso también se determino el costo en pesos a pagar a la COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD por mes, considerando que se usara la bomba de 1 hp además contemplando que la instalación sea tomada como instalación agrícola de riego.

$$C = (Pm)(t)(Ce)$$

Donde:

C = costo de la energía eléctrica en pesos.

Pm = potencia del motor en kW.

t= tiempo de funcionamiento, en horas.

Ce = costo de la energía eléctrica, en \$/kWh.

Como la bomba es de 1 hp de entrada entonces la potencia del motor la tenemos que convertir en kW, para poder aplicar la formula.

$$Pm = .746 \text{ kW}$$

Para el tiempo de operación de la bomba que es de 3.684 horas diarias aproximadamente y el costo de la energía eléctrica aquí en México es de .19 \$/kWh, entonces el cálculo quedaría de la siguiente manera.

$$C = (.746 \text{ kW})(3.684 \text{ h/día})(.190 \text{ $/kWh})$$

$$C = .522 \text{ $/día}$$

Como en el caso del cálculo del gasto de energía eléctrica del motoreductor, aquí el gasto se encuentra en pesos por día y suponiendo que el mes tenga 30 días y también que la bomba trabajara los mismos días entonces el gasto total sería el siguiente.

$$C = (.522 \text{ $/día})(30 \text{ días})$$

$$C = 15.66 \text{ $/mes}$$

Cabe aclarar que la energía eléctrica usada en México se encuentra subsidiada por el gobierno. El costo total del sistema por mes quedaría de la siguiente manera.

$$C = 5.22\$/mes\ del\ motoreductor + 15.66\$/mes\ de\ la\ bomba = 20.88\$/mes$$

Así quedaría el gasto de electricidad del sistema. **Pueden ocurrir diferentes cambios imprevistos debido al aumento de precios en la electricidad.

4.4 Sistema eléctrico

4.4.1 Cableado

Se utilizara cable calibre 14 de 2 hilos para conectar los sensores y así poner en marcha el sistema, además para hacer trabajar el motoreductor y la bomba de agua se puede utilizar un cable calibre 8, para así evitar calentamiento del mismo.

4.4.2 Sensores

En ingles limit switch, para seguir con la nueva modalidad de rediseño entonces se recomiendan un limit switch de la marca SQUARE D, para un voltaje de 120-600 AC/DC como el mostrado en la figura 4.18, este hará el trabajo, es decir pondrá en reversa al reductor cuando sea necesario.



Figura 4.18. Limit Switch de la marca SQUARE D, para trabajo pesado.

4.4.3 Arrancadores

Se puede usar uno del tipo electromagnético que al momento de accionarlo pueda funcionar el motoreductor junto con la bomba, y a su vez tener otros dos del mismo, para que al momento de topar el sistema con el sensor estos puedan conectarse para cambiar la polaridad del reductor para así poner en reversa el sistema.

4.5 Estructuras

4.5.1 Estructuras porta – aguilonos

La estructura del sistema de riego el cual esta formado por dos largueros y tres travesaños de tubular PTR 2"X2"X3/16", los largueros miden de alto 220 cm, el travesaño superior tiene una medida de 64.5 cm y los travesaños medio y inferior miden 54.43 cm como el mostrado en la figura 4.19.

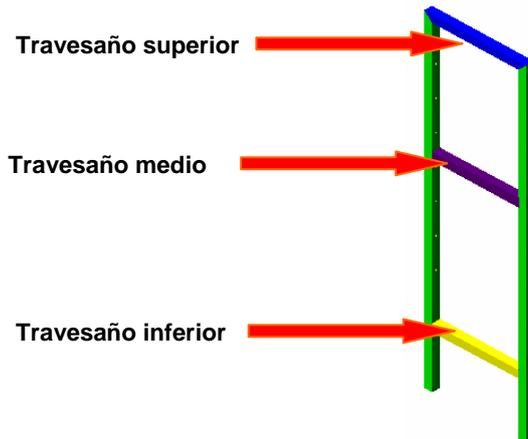


Figura 4.19. Estructura de robot de riego la cual es soportada por el chasis de riego y a su vez sostiene los aguilonos por cada uno de sus lados.

La estructura es sostenida por medio de placas las cuales también se rediseñaron, usando 4 placas de 2"X1/2", y de largo 14 cm cada una, como se muestran en la figura 4.20.



Figura 4.20. Soleras perforadas que sujetan a la estructura del robot y a su vez al chasis de éste, por medio de tornillos.

4.5.2 Estructura porta-limites de carrera

En este caso el sistema se tuvo que modificar ya que no era el ideal y se planeo otro tipo que pudiera moverse a lo largo del riel y que sea de una forma mas practica, entonces se ideo la siguiente estructura la cual ofrece las mismas ventajas como la que se muestra a continuación figura 4.21.

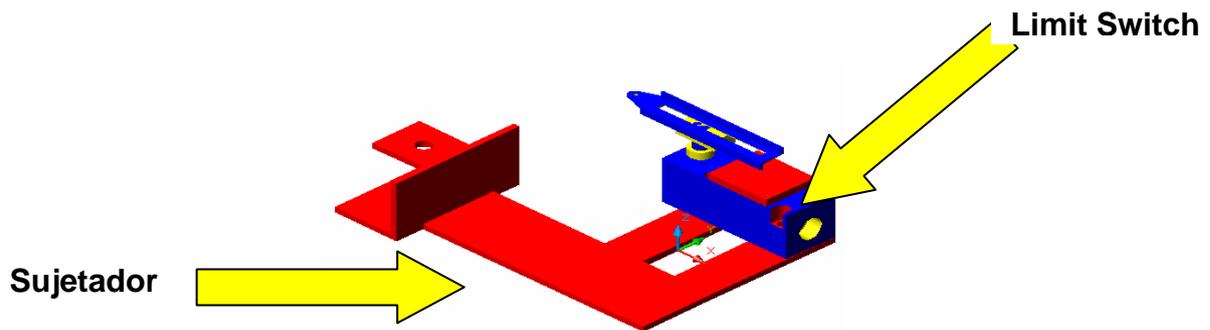


Figura 4.21. Estructura que sujeta al limit switch.

Esta estructura ayudara hacer varios ajustes en el sistema, ya que cuenta con un tornillo que funciona como opresor al montarse sobre el riel, el tornillo tiene una medida de 1/8" X 2" y de baja resistencia, la tuerca se encuentra soldada a la solera sujetadora.

4.5.3 Chasis de robot de riego

Entonces para este caso se busco un tipo ángulo que pudiera formar el chasis, entonces se encontró en el mercado el ángulo de 2"X3/16", como el de la figura 4.22.

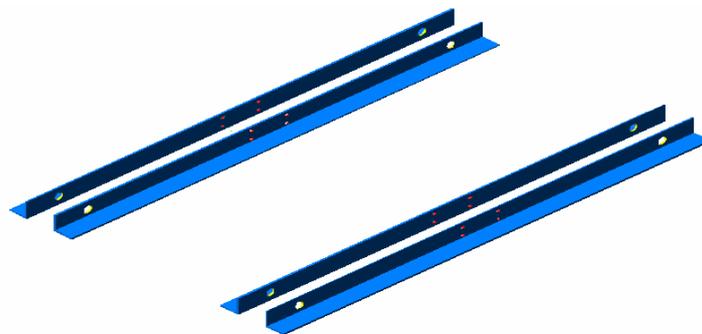


Figura 4.22. Chasis de riego propuesto para el robot de riego el cual consta también de cuatro ángulos de 2"X2"X3/16"

Para formar dicho chasis se usaron 4 tramos de 120 cm de largo. La separación entre los ángulo es de 3", espacio en el cual caben perfectamente las ruedas del sistema. Para poder unir dos de los ángulos se recomienda usar 4 soleras de 1/2"X2"X3". Además para poder acoplar estas dos partes se usa dos ángulos de 2"X2"X3/16", con un largo de 50.847cm cada uno, los cuales van unidos en medio de los dos ángulos internos que conforman el chasis para dar mayor robustez al mismo como los mostrados en figura 4.23.

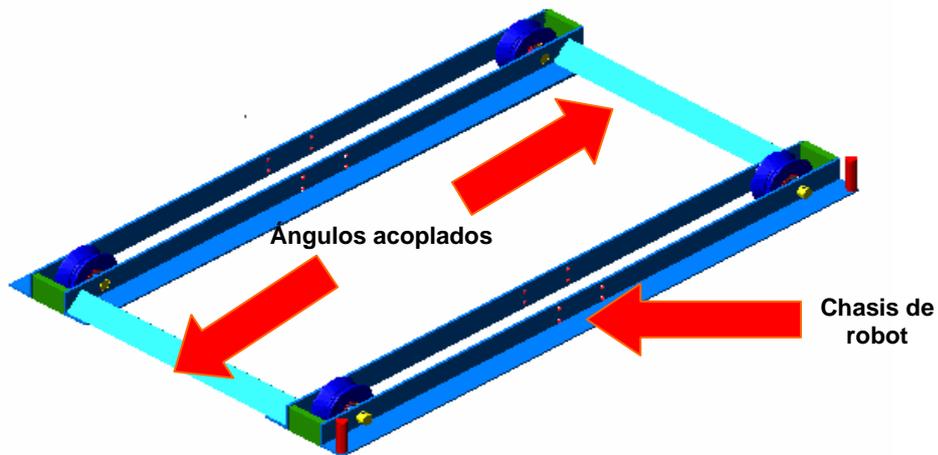


Figura 4.23. Chasis con acoplamiento de dos ángulos de 2"X2"X3/16", los cuales ayudan al movimiento del robot.

Estos dos ángulos nos servirán para montar un par de soleras de 2"X1/2", con un barreno de 23/16" figura 4.24, con un altura de 11 cm, para después montar dos tornillos de 1/2"X21/2" soldados con dos eslabones de 2" X1/2", de aquí se conectara el cable que ira tirado por el motoreductor con ayuda de un par de nudos de acero (perros) de 1/4".

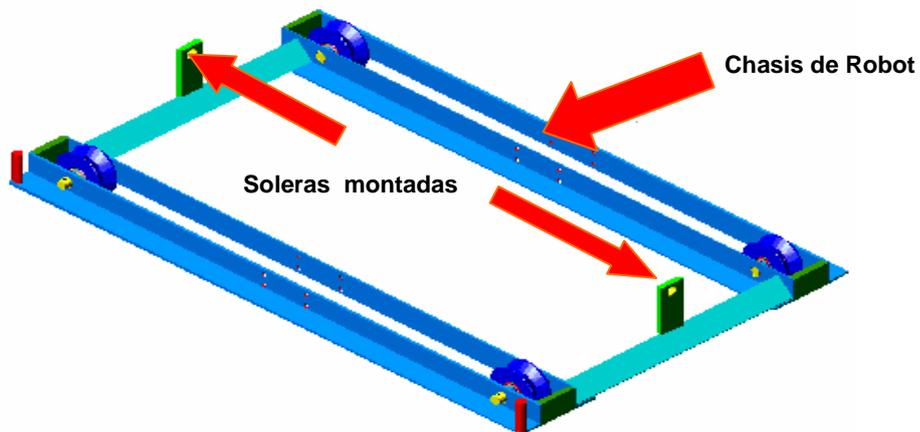


Figura 4.24. Soleras de 2"X1/2" acoplados al chasis, para así montar un cable que moverá al robot completo.

4.5.4 Base del motoreductor

Para la base del anterior sistema se tenía una base muy robusta y con materiales que hacían muy bien su trabajo, pero como en este caso se selecciono otro tipo de motoreductor como es el de la marca DAYTON y como las perforaciones no coincidían con la base del anterior sistema de riego entonces se pensó que fuera robusta y con materiales que se venían utilizando en las demás

partes que conforman al robot, los materiales son 2 ángulos de 2"X 3/16" con una largo de 30 cm, cuatro trozos de ángulo 1"X3/16" de 15 cm, los cuales servirán de patas de la base y tres trozos de solera de 1"X 3/16" con un largo de 30 cm, la cual sirve de base con una ranura como se muestra en la siguiente figura 4.25.

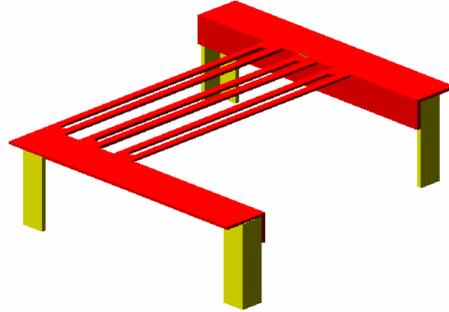


Figura 4.25. Base del motoreductor la cual tiene 4 patas para anclarse al piso con concreto

4.6 Características y costos de los materiales propuestos.

Tabla 4.7. Características y costos de los materiales empleados para su construcción.

Descripción del material utilizado en la elaboración de la estructura porta aguilonos								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad	Precio unitario por tramo	Precio total
PTR	2"X 2" X 81,61"	50,8 X 50,8 X 2200	2200	4,76	14	2	\$192,00	\$140,80
PTR	2"X 2" X 25,39"	50,8 X 50,8 X 645	645	4,76	14	1	\$192,00	\$20,64
PTR	2"X 2" X 21,39"	50,8 X 50,8 X 543,4	543,4	4,76	14	2	\$192,00	\$34,78
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/4	\$27,08	\$6,77
								\$202,99
Descripción del material utilizado en la elaboración de la estructura del chasis del robot								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2"X 2"X 47,24"	50,8 X 50,8 X 1200	1200	4,76	3/16	4	\$252,00	\$201,60
ANGULOS	2"X 2"X 20,01"	50,8 X 50,8 X 508,48	508,48	4,76	3/16	2	\$252,00	\$42,71
SOLERA	2"X 2"X 3"	50,8 X 12,7 X 76,2	76,2	12,7	1/2	4	\$354,66	\$18,02
SOLERA	2"X 2"X 5,51"	50,8 X 12,7 X 140	140	12,7	1/2	4	\$354,66	\$33,10
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/4	\$27,08	\$6,77
								\$302,20

Descripción del material utilizado para la fabricación del riel								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad en tramos	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULO	1 1/4 X 1/8 X 236,22	37 X 3 X 6000	72000	3,175	1/8"	12	\$98,80	\$1.185,60
SOLERA	2 X 1/8 X 25,29	25,4 X 3 X 642,38		3,175	1/8"	4	\$94,21	\$376,82
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1 1/2	\$27,08	\$40,62
								\$1.562,42

**Cabe señalar que el precio de estos materiales están sujetos a cambios sin previo aviso.

**El precio fue consultado en octubre del 2006 en la casa comercial Perfiles y Herrajes de Saltillo

Descripción del material utilizado (tornillería)								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
TORNILLOS	5/16 X 3	7,937 X 76,2		alta resistencia	5/16 X 3	6	\$5,40	\$32,40
TORNILLOS	5/16 X 1-1/2	7,937 X 38,1		alta resistencia	5/16 X 1-1/2	16	\$2,00	\$32,00
TORNILLOS expansores	1/4 X 2-1/2	6,35 X 63,5			1/4 X 2-1/2	42	\$2,76	\$115,92
TORNILLOS	3/16 X 1-1/2	4,762 X 38,1			3/16 X 1-1/2	4	\$2,00	\$8,00
TORNILLOS	1/2 X 2-1/2	12,7 X 63,5		alta resistencia	1/2 X 2-1/2	2	\$7,48	\$14,96
TORNILLO	5/8 X 2-1/2	15,875 X 63,5		alta resistencia	5/8 X 2-1/2	1	\$5,00	\$5,00
TORNILLOS	1/8 X 2	3,175 X 50,8		alta resistencia	1/8 X 2	2	\$4,80	\$9,60
TORNILLOS	5/16 X 2	7,937 X 50,8		alta resistencia	5/16 X 2	3	\$5,00	\$15,00
Nudo de acero (perros)	1/4	6,35		alta resistencia	0,25	2	\$7,48	\$14,96
Cable de acero	3/16 X 250´	76,25 METROS	73 METROS		3/16" X 250´	1	\$478,63	\$478,63
								\$726,47

**Cabe señalar que el precio de estos materiales están sujetos a cambios sin previo aviso.

**El precio fue consultado en octubre del 2006 en la casa comercial FERREMAYOOREO de SALTILLO S.A. de C.V.

Descripción del material utilizado para limites de carrera (limits switch)								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros		Capacidad		CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
Limits Switch	4,02 X 2,5 X 1,55	102,108 X 63,5 X 39,37				2	\$1.651,21	\$3.302,42
								<u>\$3.302,42</u>
Descripción del motoreductor								
MATERIAL	RPM	PAR DE TORSION (pulgada/libras)	Voltaje	Capacidad	MARCA comercial	CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
MOTOREDUCTOR	21	100	115	1/15 H.P. de entrada	DAYTON	1	\$2.500,00	\$2.500,00
								<u>\$2.500,00</u>
**Cabe señalar que el precio de estos materiales estan sujetos a cambios sin previo aviso.								
**El precio fue consultado en NOVIEMBRE del 2006 en la casa comercial GRAINGER de MONTERREY S.A. de C.V.								

Descripción del material utilizado en la elaboración de la estructura barra porta boquillas

MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2 X 2 X 31,49	50,8 X 50,8 X 800	800	4,76	3/16	2	\$252,00	\$67,20
TUBULAR	1 X 1 X 236,20	25,41 X 25,41 X 6000	6000	1,59	18	2	\$80,00	\$160,00
TUBULAR	1 X 1 X 3,93	25,41 X 25,41 X 100	100	1,59	18	2	\$80,00	\$2,67
TUBULAR	1 X 1 X 7,41	25,41 X 25,41 X 188,3	188,3	1,59	18	2	\$80,00	\$5,02
TUBULAR	1 X 1 X 11,84	25,41 X 25,41 X 300,74	300,74	1,59	18	2	\$80,00	\$8,02
TUBULAR	1 X 1 X 16,26	25,41 X 25,41 X 413,18	413,18	1,59	18	2	\$80,00	\$11,02
TUBULAR	1 X 1 X 20,69	25,41 X 25,41 X 525,63	525,63	1,59	18	2	\$80,00	\$14,02
TUBULAR	1 X 1 X 25,12	25,41 X 25,41 X 638,04	638,04	1,59	18	2	\$80,00	\$17,01
TUBULAR	1 X 1 X 237,7	25,41 X 25,41 X 6037,7	6037,7	1,59	18	2	\$80,00	\$161,01
TUBULAR	1 X 1 X 44,94	25,41 X 25,41 X 1141,67	1141,67	1,59	18	2	\$80,00	\$30,44
TUBULAR	1 X 1 X 44,10	25,41 X 25,41 X 1120,34	1120,34	1,59	18	2	\$80,00	\$29,88
TUBULAR	1 X 1 X 41,47	25,41 X 25,41 X 1053,35	1053,35	1,59	18	2	\$80,00	\$28,09
TUBULAR	1 X 1 X 38,94	25,41 X 25,41 X 989,31	989,31	1,59	18	2	\$80,00	\$26,38
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1	\$27,08	\$27,08
								\$587,83

Descripción del material utilizado para la base del reductor

MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2 X 2 X 15,74	50,8 X 50,8 X 400	300	4,762	3/16	2	\$252,00	\$25,20
ANGULO	1 X 1 X 11,81	25,4 X 25,4 X 300	60	4,762	3/16	4	\$98,80	\$0,99
Solera	1 X 1 X 300	25,4 X 25,4 X 300	900	4,762	3/16	3	\$98,80	\$2,96
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/8	\$27,08	\$3,39
								\$32,54

**Cabe señalar que el precio de estos materiales estan sujetos a cambios sin previo aviso

**El precio fue consultado en octubre del 2006 en la casa comercial Perfiles y Herrajes de Saltillo

Descripción de las ruedas del robot con sus componentes

MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario/tramo	Precio total
RUEDAS DE ROBOT CON BALERO DE RUEDA SELLADOS	4" de ØEXT Y balero con un ancho ,5" X ØEXT = 1,65" X ØINT = 7/8" DE BARRENO.	104 de ØEXT y con una balero ANCHO 12,7 X ØEXT = 42 X ØINT = 22,226				4	\$130,00	\$520,00
PERNOS DE RUEDAS	4" X ,825"	101,6 X 20,98	101,6	20,98		4	\$180,00	\$12,19
RONDANAS PLANAS PARA PERNO	1,39" ,088" Espeso y un barreno de 7/8"	35,36 X 2,26 Espesor y un barreno de 22,225mm		22,225	7/8	8	\$1,50	\$12,00
TUBO SEPARADOR	LARGO ,669" X ØEXT=1" X ØINT=7/8"	LARGO 17 X ØEXT=25,4 X ØINT=22,226	136	ØEXT=1", ØINT=7/8"	ØEXT=1", ØINT=7/8"	8	\$180,00	\$32,64
SEGUROS DE RUEDAS						4	\$0,50	\$2,00
								\$522,00

Descripción del material para la parte eléctrica

MATERIAL	Calibre comercial	tipo	Longitud a utilizar metros	Capacidad	MARCA comercial	CANTIDAD	Precio unitario / metro	Precio total
Cable	14	duplex	37	110 volts		36	\$9,00	\$324,00
Cable	8	Sencillo	270	220volts		270	\$13,50	\$3.645,00
								\$3.969,00

**Cabe señalar que el precio de estos materiales estan sujetos a cambios sin previo aviso.

**El precio fue consultado en NOVIEMBRE del 2006 en la casa comercial FERREMAYOREO de SALTILLO S.A. de C.V.

Descripción del material utilizado (pintura)					
MATERIAL	COLOR	NOMBE COMERCIAL	CANTIDAD (LITROS)	Precio unitario	Precio total
PINTURA ESMALTE	AMARILLO	BEREL	1	\$85,56	\$85,56
PINTURA ESMALTE	VERDE LIMON	BEREL	1	\$85,56	\$85,56
ESTOPA BLANCA		DE PRIMERA	3	\$25,19	\$75,57
BROCHA		2"	1	\$20,00	\$20,00
REDUCTOR 30			3	\$22,77	\$68,31

\$246,69

**El precio fue consultado en NOVIEMBRE del 2006 en la casa comercial FERREMAYOREO de SALTILLO S.A. de C.V.

Descripción del material utilizado sistema de aspersión								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar metros	Capacidad	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
Manguera	1	25,4	44		1"	44	\$15,00	\$660,00
Tubo PVC	1	25,4	12	200 Psi	1"	2	\$100,00	\$200,00
Tapas de Boquillas					Tejeet (CP25611-NY)	60	\$22,00	\$1.320,00
Cuerpos de tres Boquillas	1	25,4		150 Psi	Tejeet para tubo de 1" (2416A-1-NYB)	20	\$33,00	\$660,00
Boquillas de aspersión					Tejeet (XR8002, XR8004, XR8006)	60	\$11,00	\$660,00
Filtro	1	25,4				1	\$350,00	\$350,00
Manómetro	1	25,4				1	\$190,00	\$190,00
Tinaco	1			2500 litros	ROTOPLAS	1	\$3.024,96	\$3.024,96
Bomba de agua	1			1 H.P.	EVANS	1	\$1.521,45	\$1.521,45
Abrazaderas		19-38				4	\$5,18	\$20,72

\$8.607,13

**El precio fue consultado en Noviembre del 2006 en la casa comercial riegos presurizados del Norte de Saltillo

Descripción del material utilizado para sujetar limites de carrera (limits switch)								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2 X 2 X 4	50,8 X 50,8 X 100	100	4,762	3/16	2	\$252,00	\$8,40
SOLERA	2-1/4 X 3/16 X 7,08	57,15 X 4,762 X 180	180	4,762	3/16	2	\$105,00	\$6,30
SOLERA	1-1/4 X 3/16 X 3,93	31,75 X 4,762 X 100	100	4,762	3/16	4	\$80,00	\$5,33
SOLERA	1-1/2 X 3/16 X 1,811	38,1 X 4,762 X 46	38,1	4,762	3/16	2	\$90,00	\$1,14
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/8	\$27,08	\$3,39
								\$24,56
Descripción del material utilizado para la base de la polea loca (polea tensora)								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULO	2 X 2 X 25,39	50,8 X 50,8 X 645	645	4,762	3/16	1	\$252,00	\$27,09
ANGULOS	2 X 2 X 5,905	50,8 X 50,8 X 150	150	4,762	3/16	2	\$98,80	\$2,47
Poleas	6"	152,4	Aleación resistente de zinc ligero	6"	marca Zamack	2	\$100,00	\$200,00
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/8	\$27,08	\$3,39
								\$232,95
Total								\$22.819

**El precio fue consultado en NOVIEMBRE del 2006 en la casa comercial Perfiles y Herrajes de Saltillo

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- ✚ Éste proyecto tuvo como principal finalidad de suplir una necesidad muy importante en el vivero de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ya que no se contaba con un sistema de riego tan automatizado y a bajo costo. En teoría este sistema de riego debe funcionar de forma eficiente.
- ✚ Los cálculos realizados en el desarrollo de los componentes del sistema se basaron en las relaciones fundamentales de los aspectos físicos y mecánicos.
- ✚ El material presupuestado para el desarrollo de este proyecto, nos totaliza una cantidad mucho menor que el robot cotizado (Combi Boom) el cual tenía un costo de \$12,000 dólares. Para este caso se obtuvo un presupuesto de \$30,000 pesos incluyendo el costo de la mano de obra, cabe aclarar que este sistema de riego sirve para una superficie un poco menor, teniendo así una longitud de 36 m.

RECOMENDACIONES:

- ✚ Hacer una evaluación del equipo en especial del sistema de aspersión ya que es muy importante corroborar los resultados obtenidos en campo y compararlos con los calculados.
- ✚ En un momento dado agregarle un dosificador de fertilizantes para hacer más completo el sistema y así suplir la deficiencia de estos elementos en las plántulas además de que haría un trabajo completo.
- ✚ Las recomendaciones más pertinentes serían las de engrasar las partes en movimiento ya que estas se encuentran en un ambiente tan lleno de humedad, estas partes son las ruedas en general y el riel, proteger la tubería en general ya que se van a encontrar a la

intemperie en especial la barra húmeda por que es de un material que se puede romper fácilmente como lo es el PVC, la manguera o línea principal que va alimentar a los aguilonos se recomienda que sea guardada cuando no se vaya a utilizar ya que se podría deteriorar.

- ✚ Se recomienda que cierto personal capacitado pueda manejar el equipo, cuide que las manos y pies se encuentren fuera del área del riel ya que el reductor tiene mucha fuerza que puede ocasionar un gran daño en las extremidades , no se debe usar al carro como transporte de personal o como cualquier otro tipo de objeto, el robot no esta diseñado para que se agregue otro peso a la barra de riego, verifique si no hay un objeto en el riel o sobre este antes de poner en funcionamiento, en caso de que no se requiera usar el equipo y evitar daños en el sistema destornillar las barras de riego para así guardarlas junto con la línea principal.
- ✚ Varios elementos se encontraron en www.grainger.com.mx, ubicada en Monterrey NL.

VI. LITERATURA CONSULTADA

1. Askeland, D. R. 1987. Ciencia e ingeniería de los materiales. 3a edición. Grupo Editorial Iberoamérica, México.
2. Caballero, D. M. 2000. La Actividad Forestal en México, Tomo 1, 1ª edición, Universidad Autónoma Chapingo, México.
3. Matthews G. y Tronhill E., 1996. Equipo portátil de aplicación de pesticidas para uso de la agricultura, Volumen 1, BOLETIN DE SERVICIOS AGRICOLAS DE LA FAO, FAO, Roma.
4. Montoya Oliver J. M., Camara Obregón Ma. A. 1996. La Planta y el Vivero Forestal, editorial Mundi-Prensa, Madrid España.
5. Spotts, M. F. y Shoup, T.E, 1999. Elementos de Máquinas, editorial Prentice Hall, México.
6. Ruano, Martinez. J. Rafael. 2003. Viveros Forestales, Mundi-Prensa, Madrid España.
7. Norton, R. L. 1999. Diseño de Maquinas, Prentice hall, edición en español. 1ª ed. México.
8. Shigley, J. y Mischke E. 1985. Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Continental, 5ª edición, México.
9. Hicks, Tyler G. 1998. Manual de cálculos para las INGENIERÍAS, Mc Graw-Hill, tercera edición, México D.F.

MANUALES CONSULTADOS

1. Manual, MODELO BCC COMBI Boom, MANUAL de INSTALACIÓN y OPERACIÓN para un ROBOT de RIEGO AÚTOMATICO, año 2000, presentado por AGRINET. S. A. de C. V.
2. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor, año 2000, presentado por Thomas D. Landis, departamento de agricultura de los estados unidos, Pórtland, Oregon E.U.A.

PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

1. http://www.grainger.com.mx/images/catalog/7_0070.gif
2. <http://www.agrinet@avantel.com>
3. <http://www.teejet.com/MS/Tejeet/products.asp>

VII. ANEXOS



XR TeeJet Puntas de amplio espectro de chorro plano

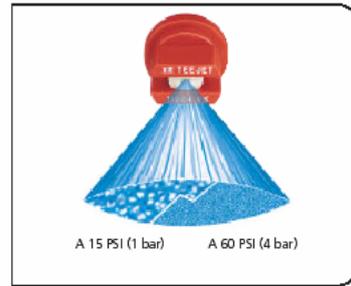
Aplicaciones típicas:

Consulte la guía de selección de las páginas 2 y 6 para la aplicación típica recomendada para la XR TeeJet.

Características:

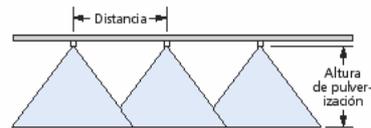
- Excelente distribución con un rango amplio de presiones — 15-60 PSI (1-4 bar).
- Ideal para equipos con reguladores de pulverización.
- Reduce la deriva a presiones más bajas, mejor cobertura a presiones más altas.
- Disponibles en acero inoxidable, cerámica y polímero con ángulos de pulverización de 80° y 110° y codificación de colores VisiFlo®.

- Las puntas de cerámica están disponibles con portapuntas de polipropileno anticorrosivo con codificación de colores VisiFlo en 80°, capacidades 03-08, y en 110°, capacidades 02-08.
- Punta de latón disponible en 110° solamente
- Alineación automática de la pulverización con tapa y junta 25612-*NYR Quick TeeJet®. Consulte la página 57 para más información.
- Alineación automática de la pulverización para tamaños 10 y 15 con tapa y junta 25610-*NYR Quick TeeJet. Consulte la página 57 para más información.



CARGA DE UREA	CARGA DE UREA EN l/min	l/ha Δ 50 cm													
		4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h	16 km/h	18 km/h	20 km/h	25 km/h	30 km/h	35 km/h	
XR8001 XR11001 (100)	1.0	0.23	69.0	55.2	46.0	39.4	34.5	27.6	23.0	17.3	15.3	13.8	11.0	9.2	7.9
	1.5	0.28	84.0	67.2	56.0	48.0	42.0	33.6	28.0	21.0	18.7	16.8	13.4	11.2	9.6
	2.0	0.32	96.0	76.8	64.0	54.9	48.0	38.4	32.0	24.0	21.3	19.2	15.4	12.8	11.0
	2.5	0.36	108	86.4	72.0	61.7	54.0	43.2	36.0	27.0	24.0	21.6	17.3	14.4	12.3
	3.0	0.39	117	93.6	78.0	66.9	58.5	46.8	39.0	29.3	26.0	23.4	18.7	15.6	13.4
4.0	0.45	135	108	90.0	77.1	67.5	54.0	45.0	33.8	30.0	27.0	21.6	18.0	15.4	
XR80015 XR110015 (100)	1.0	0.34	102	81.6	68.0	58.3	51.0	40.8	34.0	25.5	22.7	20.4	16.3	13.6	11.7
	1.5	0.42	126	101	84.0	72.0	63.0	50.4	42.0	31.5	28.0	25.2	20.2	16.8	14.4
	2.0	0.48	144	115	96.0	82.3	72.0	57.6	48.0	36.0	32.0	28.8	23.0	19.2	16.5
	2.5	0.54	162	130	108	92.6	81.0	64.8	54.0	40.5	36.0	32.4	25.9	21.6	18.5
	3.0	0.59	177	142	118	101	88.5	70.8	59.0	44.3	39.3	35.4	28.3	23.6	20.2
4.0	0.68	204	163	136	117	102	81.6	68.0	51.0	45.3	40.8	32.6	27.2	23.3	
XR8002 XR11002 (50)	1.0	0.46	138	110	92.0	78.9	69.0	55.2	46.0	34.5	30.7	27.6	22.1	18.4	15.8
	1.5	0.56	168	134	112	96.0	84.0	69.2	56.0	42.0	37.3	33.6	26.9	22.4	19.2
	2.0	0.65	195	156	130	111	97.5	78.0	65.0	48.8	43.3	39.0	31.2	26.0	22.3
	2.5	0.72	216	173	144	123	108	86.4	72.0	54.0	48.0	43.2	34.6	28.8	24.7
	3.0	0.79	237	190	158	135	119	94.8	79.0	59.3	52.7	47.4	37.9	31.6	27.1
4.0	0.91	273	218	182	156	137	109	91.0	68.3	60.7	54.6	43.7	36.4	31.2	
XR110025 (50)	1.0	0.57	171	137	114	97.7	85.5	68.4	57.0	42.8	38.0	34.2	27.4	22.8	19.5
	1.5	0.70	210	168	140	120	105	84.0	70.0	52.5	46.7	42.0	33.6	28.0	24.0
	2.0	0.81	243	194	162	139	122	97.2	81.0	60.8	54.0	48.6	39.9	32.4	27.8
	2.5	0.90	270	216	180	154	135	108	90.0	67.5	60.0	54.0	43.2	36.0	30.9
	3.0	0.99	297	238	198	170	149	119	99.0	74.3	66.0	59.4	47.5	39.6	33.9
4.0	1.14	342	274	228	195	171	137	114	85.5	76.0	68.4	54.7	45.6	39.1	
XR8003 XR11003 (50)	1.0	0.68	204	163	136	117	102	81.6	68.0	51.0	45.3	40.8	32.6	27.2	23.3
	1.5	0.83	249	199	166	142	125	99.6	83.0	62.3	55.3	49.8	39.8	33.2	28.5
	2.0	0.96	288	230	192	165	144	115	96.0	72.0	64.0	57.6	46.1	38.4	32.9
	2.5	1.08	324	259	216	186	162	130	108	81.0	72.0	64.8	51.9	42.4	37.8
	3.0	1.18	354	283	236	202	177	142	118	88.5	78.7	70.8	56.6	47.2	40.5
4.0	1.36	408	326	272	233	204	163	136	102	90.7	81.6	65.3	54.4	46.6	
XR8004 XR11004 (50)	1.0	0.91	273	218	182	156	137	109	91.0	68.3	60.7	54.6	43.7	36.4	31.2
	1.5	1.12	336	269	224	192	168	134	112	84.0	74.7	67.2	53.8	44.8	38.4
	2.0	1.29	387	310	258	221	194	155	129	96.8	86.0	77.4	61.9	51.6	44.2
	2.5	1.44	432	346	288	247	216	173	144	108	96.0	86.4	69.1	57.6	49.4
	3.0	1.58	474	379	316	271	237	190	158	119	105	94.8	75.8	63.2	54.2
4.0	1.82	546	437	364	312	273	218	182	137	121	109	87.4	72.8	62.4	
XR8005 XR11005 (50)	1.0	1.14	342	274	228	195	171	137	114	85.5	76.0	68.4	54.7	45.6	39.1
	1.5	1.39	417	334	278	238	209	167	139	104	92.7	83.4	66.7	55.6	47.7
	2.0	1.61	483	386	322	276	242	193	161	121	107	96.6	77.3	64.4	55.2
	2.5	1.80	540	432	360	309	270	216	180	135	120	108	86.4	72.0	61.7
	3.0	1.97	591	473	394	338	296	236	197	148	131	118	94.6	78.8	67.5
4.0	2.27	681	545	454	389	341	272	227	170	151	136	109	90.8	77.8	
XR8006 XR11006 (50)	1.0	1.37	411	329	274	235	206	164	137	103	91.3	82.2	65.8	54.8	47.0
	1.5	1.68	504	403	336	288	252	202	168	126	112	101	80.6	67.2	57.6
	2.0	1.94	582	466	388	333	291	233	194	146	129	116	93.1	77.6	66.5
	2.5	2.16	648	518	432	370	324	259	216	162	144	130	104	86.4	74.1
	3.0	2.37	711	569	474	406	356	284	237	178	158	142	114	94.8	81.3
4.0	2.74	822	658	548	470	411	329	274	206	183	164	132	110	93.9	
XR8008 XR11008 (50)	1.0	1.82	546	437	364	312	273	218	182	137	121	109	87.4	72.8	62.4
	1.5	2.23	669	535	446	382	335	268	223	167	149	134	107	89.2	76.5
	2.0	2.58	774	619	516	442	387	310	258	194	172	155	124	103	88.5
	2.5	2.88	864	691	576	494	432	346	288	216	192	173	138	115	98.7
	3.0	3.16	948	758	632	542	474	379	316	237	211	190	152	126	108
4.0	3.65	1095	876	730	626	548	438	365	274	243	219	175	146	125	
XR8010† XR11010†	1.0	2.28	684	547	456	391	342	274	228	171	152	137	109	91.2	78.2
	1.5	2.79	837	670	558	478	419	335	279	209	186	167	134	112	95.7
	2.0	3.23	969	775	646	554	485	388	323	242	215	194	155	129	111
	2.5	3.61	1083	866	722	619	542	433	361	271	241	217	173	144	124
	3.0	3.95	1185	948	790	677	593	474	395	296	263	237	190	158	135
4.0	4.56	1368	1094	912	782	684	547	456	342	304	274	219	182	156	
XR8015† XR11015†	1.0	3.42	1026	821	684	586	513	410	342	257	228	205	164	137	117
	1.5	4.19	1257	1006	838	718	629	503	419	314	279	251	201	168	144
	2.0	4.83	1449	1159	966	828	725	580	483	362	322	290	232	193	166
	2.5	5.40	1620	1296	1080	926	810	648	540	405	360	324	259	216	185
	3.0	5.92	1776	1421	1184	1015	888	710	592	444	395	355	284	237	203
4.0	6.84	2052	1642	1368	1173	1026	821	684	513	456	410	328	274	235	

Nota: Siempre verifique dos veces los caudales de aplicación. Consulte las páginas 153-157 para fórmulas e información útiles. †Disponibles en acero inoxidable solamente.



Altura óptima de pulverización

Ángulo	Altura óptima de pulverización
80°	75 cm
110°	50 cm

Consulte la página 153 para una tabla completa de alturas y coberturas de la pulverización.

Cómo hacer un pedido:

Especifique el número de punta.

Ejemplos:

- XR8004-VS – Acero inoxidable con codificación de colores VisiFlo
- XR11004-VP – Polímero con codificación de colores VisiFlo
- XR11004-VK – Punta de cerámica con portapunta de polipropileno con codificación de colores VisiFlo
- XR8010-SS – Acero inoxidable
- XR11004-VB – Latón con codificación de colores VisiFlo (110° solamente)



24216A

Tipo 24216A-NYB

- Puede montarse en tubo de 1/2", 3/4" ó 1" ó en tubería de tamaño equivalente.
- Proporciona tres posiciones de pulverización para facilitar el cambio de las puntas de pulverización.
- Se proporciona una posición de cierre entre cada posición de pulverización.
- Cuenta con cierre antigoteo ChemSaver®. Requiere 10 PSI (0.7 bar) en la boquilla para abrir la válvula de retención.
- Diafragma estándar de EPDM y opcional de Viton®.

- Presión máxima de trabajo de 150 PSI (10 bar).
- Los tamaños de 1/2" y 3/4" incluyen un agujero de montaje en el subconjunto de la abrazadera superior para fijar a superficies planas.
- Se monta en un agujero de 3/8" (9.5 mm) taladrado en un tubo o tubería.

NÚMERO DE PIEZA	PARA FIJAR A:
24216A-1/2-NYB	Tubo de 1/2"
24216A-3/4-NYB	Tubo de 3/4"
24216A-1-NYB	Tubo de 1"



QJ22187

Tipo QJ22187-NYB

- Puede montarse en tubo de 1/2", 3/4" ó 1" ó en tubería de tamaño equivalente.
- Los tamaños de 1/2" y 3/4" incluyen un agujero de montaje en el subconjunto de abrazadera para montar en superficies planas.
- Permite el montaje lateral en superficie plana para protección del cuerpo de boquilla.
- Cuenta con cierre antigoteo ChemSaver. Requiere 10 PSI (0.7 bar) en la boquilla para abrir la válvula de retención.

- Diafragma estándar de EPDM y opcional de Viton.
- Se monta en un agujero de 3/8" (9.5 mm) taladrado en un tubo o tubería.
- Presión máxima de trabajo de 300 PSI (20 bar).

NÚMERO DE PIEZA	PARA FIJAR A:
QJ22187-1/2-NYB	Tubo de 1/2"
QJ22187-3/4-NYB	Tubo de 3/4"
QJ22187-1-NYB	Tubo de 1"



QJ17560A

Tipo QJ17560A-NYB

- Puede montarse en tubo de 20 mm, 25 mm, 1/2", 3/4" ó 1" ó en tubería de tamaño equivalente.
- Cuenta con cierre antigoteo ChemSaver. Requiere 10 PSI (0.7 bar) en la boquilla para abrir la válvula de retención.
- Diafragma estándar de EPDM y opcional de Viton.
- Se monta en un agujero de 3/8" (9.5 mm) taladrado en un tubo o tubería.

- Presión máxima de trabajo de 300 PSI (20 bar).
- Los tamaños de 1/2" y 3/4" incluyen un agujero de montaje en el subconjunto de abrazadera superior para montar en superficies planas.

NÚMERO DE PIEZA	PARA FIJAR A:
QJ17560A-20mm-NYB	Tubería de 20 mm
QJ17560A-25mm-NYB	Tubería de 25 mm
QJ17560A-1/2-NYB	Tubo de 1/2"
QJ17560A-3/4-NYB	Tubo de 3/4"
QJ17560A-1-NYB	Tubo de 1"



QJ7421

Tipo QJ7421-NYB

- Puede montarse en tubo de 1/2", 3/4" ó 1" ó en tubería de tamaño equivalente.
- Se monta en un agujero de 3/8" (9.5 mm) taladrado en un tubo o tubería.
- Presión máxima de trabajo de 300 PSI (20 bar).
- Los tamaños de 1/2" y 3/4" incluyen un agujero de montaje en el subconjunto de abrazadera superior para montar en superficies planas.

NÚMERO DE PIEZA	PARA FIJAR A:
QJ7421-1/2-NYB	Tubo de 1/2"
QJ7421-3/4-NYB	Tubo de 3/4"
QJ7421-1-NYB	Tubo de 1"

Quick TeeJet Tapas

Codificación de colores

1	2	3	4	5	6	7	8
Negro	Blanco	Rojo	Azul	Verde	Amarillo	Marrón	Naranja



Información para el pedido

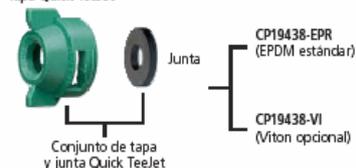
TAPA QUICK TEEJET	NÚMERO DE PIEZA		PARA USARSE CON PUNTAS DE PULVERIZACIÓN
	TAPA QUICK TEEJET SOLAMENTE	CONJUNTO DE TAPA Y JUNTA QUICK TEEJET	
	CP25611- * -NY CP25611-9-PP††	25612- * -NYR 25612-9-PP††	Puntas de chorro plano TeeJet (capacidades menores) Estándar -0067 hasta -08 XR -01 hasta -08 DG -015 hasta -05 TT -01 hasta -08
	CP25609- * -NY	25610- * -NYR	TeeJet Flat Spray Tips (capacidades mayores) Estándar -10 hasta -20 XR -10 hasta -15
	CP25597- * -NY	25598- * -NYR	TJ TwinJet® AI TeeJet® SI-3 StreamJet®
	CP25595- * -NY	25596- * -NYR	Puntas de chorro plano TeeJet (capacidades menores) Las puntas pueden colocarse en cualquiera de dos planos de pulverización: paralelo o perpendicular a las aletas de la tapa Quick TeeJet.
	CP25599- * -NY	25600- * -NYR	Turbo FloodJet® TK-VS FloodJet® Saliente de referencia Punta de pulverización VisiFlo® Punta de pulverización VisiFlo®
	CP25607- * -NY CP25607-9-PP††	25608- * -NYR 25608-9-PP††	TK FloodJet® FL FullJet® TX ConeJet® TG Full Cone Hose Shank
	CP25607- * -NY	25608- * -NYR	Disco D Núcleo Sello Núcleo CP18999-EPR (EPDM estándar) Se usa con insertos de núcleo DC y reguladores de caudal CP4916 (inserte el núcleo en el sello) CP18999-VI (Viton® opcional)
	—	QJ4676-45-1/4-NYR†	Tapa Quick TeeJet de 45°
	—	QJ4676-90-1/4-NYR†	Tapa Quick TeeJet de 90°
	CP26277-1-NY†	26278-1-NYR†	Disco y núcleo de cerámica Disco D Núcleo
	—	QJ4676-1/8-NYB† QJ4676-1/4-NYB†	Permite el uso de boquillas estándar de 1/8" y 1/4". Puede usarse para montar el manómetro en la boquilla. Consulte la hoja de datos 2005S para más información.
	—	19843-NYR†	Proporciona cierre en la boquilla para un cambio rápido de la distancia entre boquillas o cambio en la anchura del cordón de pulverización.

*Especifique la codificación de colores (consulte la tabla). Salvo especificación contraria, se suministrará una tapa amarilla (6).

†Estas tapas Quick TeeJet están disponibles en color negro solamente.

††Las tapas Quick TeeJet de polipropileno están disponibles en color gris solamente.

Tapa Quick TeeJet



Las tapas Quick TeeJet están diseñadas con ranuras que encajan en las ranuras del cuerpo de la boquilla. Las tapas son hechas de nilón y están disponibles para usarse con todas las puntas de pulverización TeeJet®. Presión máxima de trabajo de 300 PSI (20 bar).

Cómo hacer un pedido: Para el conjunto de tapa y junta, especifique el número y la codificación de colores del conjunto.

Ejemplo: 25612-3-NYR

Para la tapa solamente, especifique el número de pieza y la codificación de colores.

Ejemplo: CP25597-4-NY

Para la junta, especifique el número de pieza.

Ejemplo: CP19438-EPR