

Facultad de Tecnología de la Construcción

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y ASPERSIÓN SEMI MÓVIL PARA EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM OFIFICINARUM) VARIEDAD CG02-163 EN LA FINCA SAN CARLOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE EL VIEJO, DEPARTAMENTO DE CHINANDEGA.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Tutor:

Br. Carlos Dionisio
Moran Romero
Carnet: 2018-0804U

Br. Yeffer Fabián
Cruz Soza
Carnet: 2018-0854U

Br. José Antonio
Tapia Bejarano
Carnet: 2018-0813U

Ing. Welsden
Zenelia Blanco
Bustillo

22 de Noviembre de 2023
Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

En este momento tan significativo de mi vida, deseo expresar mi profunda gratitud y dedicar este trabajo de culminación de estudios a Dios, a mis queridos padres y a mis familiares, quienes han sido pilares fundamentales en mi éxito.

Primero y, ante todo, deseo dedicar este logro a Dios, quien me ha brindado sabiduría, entendimiento y fortaleza a lo largo de todo este proceso. Le agradezco sinceramente por haberme guiado hasta lograr una de mis metas propuestas y permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, junto a mis seres queridos. Entrego a Dios el mayor logro de mi carrera profesional.

Asimismo, deseo dedicar este trabajo a mis amados padres, el **Sr. Juan Carlos Moran y la Sra. Loyre del Carmen Romero**. Su apoyo inquebrantable y sus sabios consejos han sido fundamentales en mi trayectoria educativa. Siempre estuvieron presentes, brindándome su amor y alentándome a seguir adelante en cada paso que daba.

También quiero dedicarle este logro a mis familiares, quienes me han brindado un apoyo constante a lo largo de este camino. Sus valiosos consejos han sido de gran utilidad para perseverar en mi carrera, y siempre han demostrado confianza en mí, lo cual me ayudo a culminar con éxito mi carrera profesional.

Br. Carlos Dionisio Moran Romero

DEDICATORIA

En este momento tan especial, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a cada uno de ustedes. Su invaluable presencia y apoyo han sido pilares fundamentales en la realización de este trabajo monográfico.

A mis queridos padres, **Néstor José Tapia y Maritza del Socorro Martínez** quienes desde el principio me brindaron su amor incondicional, paciencia y aliento constante, les agradezco profundamente por ser mi fuente de inspiración y motivación. Sus palabras de aliento y apoyo inquebrantable me han permitido alcanzar metas que jamás imaginé posible. Gracias por su infinita confianza en mí y por ser mis más grandes admiradores.

A mi tutora la **Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo**, cuya sabiduría y experiencia han sido de un valor incalculable, le agradezco por su dedicación y orientación en cada paso de este proceso. Sus consejos expertos y su disposición para ayudarme en todo momento han sido fundamentales para el éxito de este trabajo y por brindarme las herramientas necesarias para crecer como estudiante y como persona.

A mis compañeros de trabajo, **Carlos Dionisio Moran y Yeffer Fabián Cruz** quienes han compartido conmigo no solo el tiempo y los desafíos de este proyecto, sino también risas, momentos de colaboración y compañerismo, les agradezco de todo corazón. Agradezco la confianza depositada en mí y el apoyo mutuo para resolver problemas y aprender de ellos. Gracias por los debates, las horas de estudio en equipo y por alentarme a dar siempre lo mejor de mí.

Este trabajo monográfico es el fruto de un esfuerzo colectivo, donde cada uno de ustedes ha desempeñado un papel fundamental. Sin su presencia y contribución, no habría sido posible alcanzar este logro. A todos ustedes, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y reconocimiento.

Br. José Antonio Tapia Bejarano

DEDICATORIA

Este trabajo de culminación de estudios está dedicado primeramente a Dios por que gracias a él he logrado culminar mi carrera, seguidamente le agradezco a mis padres por su apoyo, sus consejos brindados a lo largo de estos cinco años y medio y a todas aquellas familiares, amigos y personas que siempre me instaron a no rendirme y seguir siempre adelante a todos ellos: gracias por ayudarme y apoyarme siempre en este proceso.

Así mismo dedico esta tesis a mi mamá **Idalia Soza**, a mi papá **Yeffer Cruz** quienes han sido un pilar importante en este proceso, de igual manera dedico este logro a mi mamá **Consuelo Cruz** por su apoyo a lo largo de estos años, por acogerme, brindarme sus consejos ya que sin ellos esto no sería posible, y a mi abuela **Concepción Cruz** que, aunque ya no está presente físicamente a ella le debo gran parte de lo que soy, mil gracias por nunca dejar de creer en mí y decirme siempre si se puede.

De igual manera quiero dedicar a mi hermana **Francis Campos** y al **P. Henry Moreno** que me brindaron su ayuda, sus consejos y su apoyo a lo largo de estos años de estudios.

Sin más que agregar solo me queda dar gracias a Dios por lo bueno que ha sido conmigo y a pesar de las adversidades hoy estoy aquí culminando mis estudios universitarios, y gracias a mis compañeros por compartir sus conocimientos, su amistad y a todos aquellos que me apoyaron en este proceso y estuvieron ahí siempre para poder hacer de este sueño una realidad.

Br. Yeffer Fabián Cruz Soza

AGRADECIMIENTO

En este momento tan significativo y trascendental de nuestra vida académica, nos complace expresar nuestro profundo agradecimiento a quienes han sido pilares fundamentales en nuestro trayecto de investigación y logro de esta tesis. Queremos dedicar este momento para reconocer a Dios, a nuestros padres, a nuestra tutora y a nuestro asesor, quienes han desempeñado roles cruciales en nuestro camino hacia la culminación de este proyecto.

En primer lugar, deseamos agradecer a Dios por ser la fuente inagotable de inspiración y guía a lo largo de esta travesía académica. Su amor infinito y misericordia han sido nuestra fuerza motivadora y nuestro refugio en momentos de incertidumbre. A través de las dificultades y los desafíos, su gracia divina ha iluminado nuestro camino y ha permitido que alcancemos este logro.

A nuestros queridos padres, queremos expresar nuestra eterna gratitud. Su apoyo inquebrantable, sacrificio y amor incondicional han sido la base de nuestra formación y desarrollo. Cada palabra de aliento y cada esfuerzo que han dedicado para que alcancemos este momento son tesoros invaluableles que atesoramos en nuestro corazón.

A nuestra tutora **Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo**, queremos agradecerle profundamente por su orientación, paciencia y sabiduría. Su dedicación a nuestro crecimiento académico y personal ha sido un faro que nos ha guiado a lo largo de esta investigación. Los consejos y el tiempo que ha invertido en nosotros y en este trabajo son testimonios de su compromiso y generosidad.

A nuestro asesor **Ing. Josué Ariel Acosta Green**, queremos reconocer su valioso apoyo y guía en esta tesis. Sus conocimientos, consejos y sugerencias han sido esenciales para el desarrollo y éxito de este proyecto. Su enfoque en los detalles y mentoría ha sido un componente crucial en nuestra formación académica.

Br. José Antonio Tapia Bejarano

Br. Carlos Dionisio Moran Romero

Br. Yeffer Fabián Cruz Soza

RESUMEN

El presente documento constituye el resultado de la aplicación de dos sistemas de riego distintos en el cultivo de caña de azúcar, variedad CG02-163, durante su fase de máxima demanda hídrica. El primer diseño se basa en el riego por goteo, mientras que el segundo se realiza mediante el sistema de riego por aspersión semi móvil.

La investigación aborda el proceso de recopilación de información esencial, requerida para la ejecución de un proyecto de riego de calidad. Esta información se fundamenta en el análisis de diversos factores, tales como la composición del suelo, la ubicación geográfica, la extensión del área a ser irrigada, la topografía del terreno, la velocidad del viento, la fuente de energía y la fuente de abastecimiento de agua, entre otros aspectos de relevancia.

Así mismo, se incorporan datos climáticos específicos, abarcando un período de diez años en la zona de interés, además de un profundo conocimiento acerca del cultivo durante su fase de mayor demanda hídrica. Estos elementos proporcionan la base sólida para el proceso de diseño del proyecto.

El diseño de riego por goteo se caracteriza por la aplicación precisa de agua mediante cintas de goteo en el cultivo de caña de azúcar, con un marco de plantación de surcos lineales de 0.3 metros x 1.2 metros. En el área de diseño se establecieron 5 turnos de riego, cada uno con una duración diaria de 2.45 horas, lo que suma una jornada de riego de 12.23 horas con una frecuencia de riego diaria.

Por otro lado, el sistema de riego por aspersión semi móvil se diseñó utilizando cañones Jolly de 1 ¼". Se implementó un marco de riego de 24 m x 24 m, con la disposición de 2 aspersores en un total de 34 posiciones por aspersor. Se instalaron 6 hidrantes en dirección perpendicular a la línea de siembra, con laterales a ambos lados, garantizando así la adecuada irrigación de toda la superficie del terreno. Cada posición de riego tendrá una duración de 1.14 horas al día, con una frecuencia de riego de 3 días. De igual forma se presentan de manera detallada los elementos y equipo de bombeo necesarios para el funcionamiento óptimo de cada uno de los diseños de sistema de riego.

Según el análisis y resultados de los costos de inversión, total de materiales y accesorios a utilizar, así como su distribución geométrica específica para cada diseño, tenemos que para el diseño de sistema de riego por goteo un total de USD 9,583.06 dólares estadounidenses y para el diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil un costo total de USD 5,327.34, dólares estadounidenses. Tomando en cuenta estos costos totales y la viabilidad operativa de ambos sistemas de riego se determinó la mejor propuesta para el productor.

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS.....	4
	4.1 Objetivo General	4
	4.2 Objetivos específicos	4
V.	MARCO TEÓRICO	5
	5.1 Generalidades de la caña	5
	5.1.1 Origen.....	5
	5.1.2 Taxonomía.....	5
	5.1.3 Características morfológicas	6
	5.1.4 Requerimientos edafoclimáticos	7
	5.1.5 Producción.....	8
	5.1.6 Variedad CG02-163.....	9
	5.2 Condiciones edafoclimáticos y topográficos	10
	5.2.1 Levantamiento topográfico	10
	5.2.2 Condiciones edafoclimáticos	10
	5.3 Diseño de los sistemas de riego	14
	5.3.1 Descripción del sistema de riego por goteo	15
	5.3.2 Composición del sistema de riego por goteo.....	15
	5.3.3 Características hidráulicas del sistema de riego por goteo.....	19
	5.3.4 Ventajas y desventajas del riego por goteo	20
	5.3.5 Bulbo húmedo	21
	5.3.6 Descripción del sistema de riego por aspersion semi móvil	23
	5.3.7 Composición del sistema de riego por aspersion semi móvil	23
	5.3.8 Ventajas y desventajas del riego por aspersion semi móvil.....	28
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO	30
	6.1 Tipo de investigación	30
	6.1.1 Según el enfoque de la investigación	30
	6.1.2 Según el alcance de los resultados	30
	6.1.3 Según el tiempo de ocurrencia	30

6.1.4 Según el periodo en que se realiza el estudio	30
6.2 Localización del Proyecto	31
6.2.1 Descripción de la zona de estudio	31
6.3 Condiciones del levantamiento topográfico de la zona de estudio	32
6.4 Análisis de las condiciones edafoclimáticos	33
6.4.1 Muestreo de suelo	33
6.4.2 Propiedades hidrofísicas del suelo	33
6.5 Diseño del riego por goteo y aspersión semi móvil.....	39
6.6 Diseño agronómico	40
6.7 Diseño geométrico	50
6.8 Diseño hidráulico	50
6.8.1 Red de distribución	50
6.8.2 Pérdidas por fricción Hazzen - Williams	51
6.8.3 Pérdidas permisibles	51
6.8.4 Velocidades permisibles	51
6.8.5 Pérdidas corregidas.....	52
6.8.6 Carga total dinámica.....	52
6.8.7 Potencia del equipo de bombeo	53
6.9 Metodología para el cálculo del presupuesto de gastos de inversión del diseño...53	
VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
7.1 Área de siembra.....	54
7.2 Ubicación de la fuente de energía y abastecimiento de agua.....	54
7.3 Condiciones del levantamiento topográfico	54
7.3.1 Curvas de nivel	55
7.3.2 Diseño del área en AutoCAD.....	56
7.4 Análisis de las condiciones edafoclimáticas	57
7.5 Diseño del sistema de riego por goteo.....	63
7.5.1 Diseño agronómico para el sistema de riego por goteo.....	63
7.5.2 Datos y procedimientos para el diseño de sistema de riego por goteo.....	64
7.6 Datos y procedimiento del diseño geométrico	69
7.7 Diseño hidráulico para el sistema de riego por goteo	71

7.7.1	Cálculo de carga total dinámica (CTD) – Riego por goteo.....	79
7.7.2	Cálculo de la potencia de bombeo.....	80
7.7.3	Sarta de descarga del sistema de riego por goteo	80
7.8	Listado de materiales y presupuesto del diseño de riego por goteo	81
7.8.1	Cálculo de los materiales a utilizar en el sistema de riego por goteo:	82
7.9	Diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil	86
7.9.1	Diseño agronómico para el diseño de riego por aspersión semi móvil	86
7.9.2	Datos y procedimientos del diseño de riego por Aspersión semi móvil	87
7.10	Diseño geométrico para el sistema de riego por aspersión Semi móvil.....	91
7.11	Diseño Hidráulico para el sistema de riego por aspersión Semi móvil.....	93
7.11.1	Cálculo de carga total dinámica (CTD) – Riego por Aspersión semimóvil.....	95
7.11.2	Cálculo de la potencia del equipo de bombeo	95
7.11.3	Sarta de descarga del sistema de riego por aspersión semi móvil.....	96
7.12	Listado de materiales y presupuesto del diseño de riego por aspersión.....	97
7.12.1	Cálculo de los materiales a utilizar en el sistema de riego por aspersión semi móvil	98
7.13	Presupuesto de los proyectos de diseño de sistema de riego por goteo y aspersión semi móvil	99
VIII.	CONCLUSIONES	100
IX.	RECOMENDACIONES.....	102
X.	ANEXOS.....	103
XI	BIBLIOGRAFÍA.....	135

Índice de Figuras

Figura 1. Principales factores en el diseño de un sistema de riego	14
Figura 2. Componentes del sistema de riego por goteo.....	16
Figura 3. Efectos de la textura del suelo en presencia del bulbo	22
Figura 4. Componentes del sistema de riego por aspersión	23
Figura 5. Disposición de los aspersores	28
Figura 6. Macro localización.....	31
Figura 7. Micro localización.....	32
Figura 8. curvas de nivel	55
Figura 9. Plano del área Finca “San Carlos”	56
Figura 10. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETO).....	61
Figura 11. Diseño de conducción y válvulas para el sistema de riego por goteo	69
Figura 12. División de turnos y lateral de riego para el sistema de riego por goteo	70
Figura 13. Cálculo hidráulico en la tubería de conducción del punto crítico – Riego por goteo.	81
Figura 14. Diseño de tubería de conducción e hidrantes para el sistema de riego por aspersión semi móvil.....	91
Figura 15. Conexión de hidrantes con tuberías laterales para el sistema de riego por aspersión semi móvil.....	92
Figura 16. Cálculo hidráulico en las tuberías de conducción del tramo crítico – Riego por aspersión semimóvil.....	97

Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros de adaptabilidad de la caña de azúcar	9
Tabla 2. Clasificación de la magnitud de infiltración.....	11
Tabla 3. Cálculo del espaciamiento entre aspersores en función a la velocidad del viento	13
Tabla 4. Bulbo húmedo de los diferentes tipos de suelo con un emisor de 1 Lph.....	22
Tabla 5. Gasto del aspersor según altura	27
Tabla 6. Resumen de las propiedades hidrofísicas del suelo de la finca San Carlos	57
Tabla 7. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas en el cultivo de la caña de azúcar.....	62
Tabla 8. Datos del diseño agronómico para el riego por goteo	63
Tabla 9. Carga total dinámica - Diseño por goteo	79
Tabla 10. Potencia del equipo de bombeo	80
Tabla 11. Datos de diseño agronómico por aspersión semi móvil	86
Tabla 12. Carga total dinámica - Diseño por aspersión semi móvil.....	95
Tabla 13. Potencia del equipo de bombeo	96
Tabla 14. Costo total de los proyectos de diseño de sistema de riego por goteo y aspersión semi móvil.....	99

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Curva de infiltración del suelo.....	60
Gráfica 2. Curva velocidad de infiltración	60

Índice de Anexos

Anexo 1. VISITA DE CAMPO – FINCA SAN CARLOS.....	i
Anexo 2. Sarta de descarga - Riego por goteo	ii
Anexo 3. Sarta de descarga – Riego por aspersión semi móvil.....	ii
Anexo 4. Evaluación de la Porosidad total.....	iii
Anexo 5. Cálculos con 50 gr. De suelo	iii
Anexo 6. Datos obtenidos en laboratorio para capacidad de campo	iii
Anexo 7. Evaluación de la Capacidad de campo.....	iii
Anexo 8. Potencial de hidrógeno	iii
Anexo 9. Resultados de laboratorio de la conductividad eléctrica	iv
Anexo 10. Tabla de datos de laboratorio de densidad real	iv
Anexo 11. Evaluación de la Densidad aparente.....	iv
Anexo 12. Datos de laboratorio sobre la textura la suelo.....	iv
Anexo 13. Densidad real.....	iv
Anexo 14. Clasificación de textura de los suelos según el porcentaje de partículas.....	v
Anexo 15. Hoja de campo de velocidad de infiltración.....	v
Anexo 16. Datos obtenidos de campo para la velocidad de infiltración.	vi
Anexo 17. Método de Porchet – Velocidad de infiltración	vii
Anexo 18. Parámetros de la velocidad de infiltración.....	viii
Anexo 19. Tabla de lecturas de velocidades del viento utilizando anemógrafo	viii
Anexo 20. Valores de coeficiente de Kc para sus diferentes etapas de crecimiento	ix
Anexo 21. Descripción teórica Estación meteorológica	ix
Anexo 22. Datos históricos del municipio de El Viejo – Chinandega (2007 – 2017	ix
Anexo 23. Curva característica de la bomba.....	x
Anexo 24. Diseño Agronómico de goteo.....	xi
Anexo 25. Turnos de Riego – Riego por goteo	xi
Anexo 26. Componentes del sistema de riego por goteo.....	xii
Anexo 27. Filtro Hidrociclón 3”	xiii
Anexo 28. Ficha técnica del Filtro de anillo 3” para Riego por goteo	xiv
Anexo 29. Ficha técnica de Válvula de aire 1”	xiv
Anexo 30. Ficha técnica de la Válvula Hidráulica Dorot.....	xv

Anexo 31. Ficha técnica Caudalímetro BERMAD plástico	xvi
Anexo 32. Ficha técnica de Válvula Check horizontal.....	xvi
Anexo 33. Caudal del Emisor de goteo e indicaciones de presión.....	xvii
Anexo 34. Datos de rendimiento de cinta de goteo.....	xvii
Anexo 35. Pérdidas por fricción del riego por goteo - Turno 1	xviii
Anexo 36. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 2	xviii
Anexo 37. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 3	xviii
Anexo 38. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 4	xviii
Anexo 39. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 5	xix
Anexo 40. Diseño Agronómico por Aspersión- Semimóvil	xix
Anexo 41. Componentes del sistema de riego por aspersión	xix
Anexo 42. Ficha técnica Cañón Jolly 1 ¼”	xxi
Anexo 43. Diseño hidráulico por aspersión semi-móvil.....	xxi
Anexo 44. Representación de los coeficientes de Hazen-William.....	xxii
Anexo 45. Tabla de representación de Caudal máximo permitido	xxii
Anexo 46. Factor de Christiansen para salidas múltiples.....	xxiii
Anexo 47. Listado y presupuesto de materiales del equipo de bombeo en el sistema de riego por goteo para el cultivo de caña de azúcar.....	xxiv
Anexo 48. Listado y presupuesto de materiales del sistema de riego por goteo para el cultivo de caña de azúcar	xxv
Anexo 49. Continuación del listado y presupuesto de materiales del sistema de riego por goteo para el cultivo de caña de azúcar.....	xxvi
Anexo 50. Listado y presupuesto de materiales para instalación del equipo de bombeo en el sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de caña de azúcar	xxvii
Anexo 51. Listado y presupuesto de materiales para instalación del proyecto por aspersión - Cultivo caña de azúcar	xxxiii
Anexo 52. Cotizaciones	xxix

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua el riego se ha vuelto cada vez más necesario para el desarrollo de la agricultura, especialmente para los agricultores de pequeña y mediana escala. Estos agricultores se ven afectados por los inviernos irregulares debido al cambio climático global. Como respuesta a esta situación, desde la década de 1990 se ha promovido la implementación de sistemas de riego con el objetivo de garantizar un suministro adecuado de agua, aumentar la productividad agrícola, mejorar la seguridad alimentaria, utilizar los recursos hídricos de manera eficiente y promover la resiliencia frente al cambio climático. (Lourdes, 2016)

En los últimos años, se ha observado un rápido crecimiento en la adopción de técnicas de riego modernas en la agricultura nicaragüense. Esto se debe a la necesidad de aumentar la eficiencia en el manejo del agua y optimizar los procesos productivos. El riego se ha convertido en una herramienta clave para enfrentar los desafíos climáticos y maximizar la productividad de los cultivos. (L. Orozco, 2018)

En la finca San Carlos se enfrenta a una problemática significativa debido a la falta de un sistema de riego en la producción de caña de azúcar; esta carencia resulta en una producción considerablemente inferior a la expectativa mínima. El problema no se limita únicamente a la ausencia de un sistema de distribución de agua, sino que también las condiciones climáticas desfavorables generan estrés hídrico en el cultivo, llevándolo al marchitamiento.

La finalidad de este proyecto es presentar una propuesta de diseño de riego por goteo y riego por aspersión semi móvil que permita al productor regar durante temporadas secas y periodo lluvioso irregular, logrando así un mayor rendimiento sin ser afectado por las condiciones climáticas.

Además, se busca ofrecer una perspectiva de optimización de los recursos al evaluar aspectos como la distribución del sistema, el presupuesto de materiales y su instalación. Estos elementos son de particular interés en el proyecto, ya que se pretende encontrar la mejor manera de aprovechar al máximo los recursos disponibles.

II. ANTECEDENTES

Nicaragua ha tenido una importante expansión de la superficie provista para riego en las últimas dos décadas. No obstante, la superficie irrigada de Nicaragua ha tenido una importancia limitada y fluctuante en las últimas cinco décadas, llegando a cubrir entre un mínimo de 1% (a principios de los 1960s y 1990s) y un máximo 6% (fines de los 1980s y en 2011) de la superficie agrícola del país. Se plantea la evolución y situación actual del riego en el país, se evalúa el estado de la oferta de agua para uso agrario y se explora el potencial para la expansión del riego y las zonas y tipos de cultivo para los que se podría utilizar. (Eduardo Zegarra, Orlando Chirinos, 2019)

Vanegas Leiva, (1988) Realizó un estudio sobre el rendimiento agrícola promedio de la variedad de caña (CG02-163) plantadas en los diferentes ingenios de Nicaragua como lo son CASUR, Monte rosa y SER – San Antonio, los dos últimos ubicados en el occidente del país. Obteniendo en la Zafra azucarera 86-87 anduvo por las 47.48 toneladas de caña por hectárea, con una producción de azúcar de 105 kilogramos por tonelada de caña. Estos rendimientos en comparación con otros países productores de caña se consideran bajos. (MIDINRA, 1987)

Se realizó un estudio en la Finca “San Eduardo”, ubicada en el municipio de Villanueva, departamento de Chinandega, se implementó un sistema de riego por goteo en el cultivo de caña de azúcar en 2013-2014. En el estudio se realizó un análisis del impacto económico de la implementación del sistema de riego por goteo, comparando variables como la cantidad y frecuencia de riego. Los resultados de dicho estudio fueron concluyentes, ya que la producción aumentó de 120 toneladas métricas por hectárea (TMHa) con el riego por miniaspersión a 140 TMHa en el primer año, y luego a 220 TMHa en el 2016-2017. (Edwin Morales, 2018)

III. JUSTIFICACIÓN

La agricultura mundial debe hacer frente a muchos problemas en los próximos decenios, la degradación de los suelos y los recursos hídricos crearán grandes presiones sobre la seguridad alimentaria de las poblaciones en pleno crecimiento. (Lourdes, 2016)

Actualmente estas condiciones están siendo agravadas por el cambio climático y se espera que las zonas tropicales sean las más perjudicadas ya que algunos cultivos están cerca de su tolerancia máxima a la temperatura y podrían estar experimentando una reducción significativa en sus rendimientos. La agricultura es un sector vulnerable, que depende fundamentalmente de la lluvia, en Nicaragua este sector se encuentra poco tecnificado y sólo el 1,2% de la superficie agrícola está provista de riego. (Juan Luis Ordaz, 2010)

Teniendo en cuenta que la actividad de cultivo de la caña de azúcar y la producción de azúcar en general representa el 1.68 % del PIB total, el 11.5 % del PIB agrícola y el 8.5 del PIB manufacturero, lo que ubica a Nicaragua en el lugar número 30 en la producción de azúcar en el mundo. (FAO, 2007)

En Chinandega, en particular en el municipio del Viejo, prevalece la problemática del clima debido a la irregularidad de los periodos lluviosos y las altas temperaturas, destaca la necesidad imperante de implementar sistemas de riego adecuados, esto permitiría a los agricultores adaptarse al cambio climático y superar las condiciones adversas, asegurando la sostenibilidad y productividad de la agricultura en la región.

El estudio propuesto tiene como objetivo principal analizar las características geográficas y climáticas que influyen en el cultivo de la caña de azúcar, con el propósito de diseñar un sistema de riego apropiado que cumpla con los requisitos del cultivo. Se tomaron en cuenta las condiciones edafoclimáticas y se elaboraron los diseños agronómicos, geométricos, hidráulicos y presupuestarios. Se evaluó la viabilidad operativa para seleccionar un sistema de riego considerando como factor principal el costo total de inversión.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de riego por goteo y aspersión semi móvil para el cultivo de Caña de azúcar variedad CG02-163 en la finca San Carlos, en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar las condiciones edafoclimáticas y topográficas del área de estudio donde se diseñará el sistema de riego por goteo y aspersión semi móvil.
- Elaborar el diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por goteo y aspersión semi móvil que satisfaga las necesidades hídricas del cultivo de la caña de azúcar.
- Determinar los costos de inversión que tendrá cada uno de los diseños en el cultivo de caña de azúcar para la selección de un sistema de riego en base al costo técnico-económico.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Generalidades de la caña

La caña de azúcar, científicamente conocida como "***Saccharum Officinarum***", es una planta tropical de tallos macizos y robustos que puede alcanzar hasta 5 metros de altura. Se destaca por acumular sacarosa en su tallo durante el período de maduración, lo que la convierte en una importante fuente mundial de azúcar y sus derivados. Además de su alto rendimiento y capacidad de adaptación, la caña de azúcar es ampliamente utilizada en la producción de alimentos y bebidas en todo el mundo, aportando calorías y energía significativas a los consumidores. (Héctor Orozco, 2017)

5.1.1 Origen

Proviene de Cuba. Es un cultivo perenne que macolla fuertemente y produce 4-12 tallos, que crecen hasta alcanzar 3-5 metros de altura. Al ser una planta C4, la caña tiene una tasa de fotosíntesis muy alta: alrededor de 150-200% por encima del promedio de otras plantas. Después del período de macollaje, las plantas entran en un periodo de rápido crecimiento. Esta fase de gran crecimiento necesita el apoyo de un programa nutricional completo. (José Queme, 2017)

5.1.2 Taxonomía

Nombre científico: ***Saccharum Officinarum***

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliatae

Orden: Poales

Familia: Poaceae (Gramineae)

Tribu: Andropogonoidea

Género: *Saccharum*.

Especie: ***Saccharum Officinarum L.***

5.1.3 Características morfológicas

➤ Planta

El tallo de la caña de azúcar se considera un fruto agrícola, ya que en él se distribuye y se almacena azúcar, posee aproximadamente 75% de agua y está formada de nudos y entrenudos.

El número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento depende de la variedad. La longitud de los tallos, en gran parte dependerá de las condiciones ambientales de la zona y del manejo que se le dé a la variedad buscando obtener altura y diámetro uniforme. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo, 2017)

➤ Tallo, nudos y entrenudos

Los tallos de la caña de azúcar son cilíndricos y están formados por una serie de nudos y entrenudos.

El nudo es la porción más dura y fibrosa del tallo que separa dos entrenudos vecinos. El nudo a su vez se encuentra conformado por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, el nudo propiamente dicho, la yema y el anillo ceroso.

El entrenudo es la porción del tallo localizada entre dos nudos. El diámetro, el color, la forma y longitud cambian con la variedad. El color es regulado por factores genéticos, cuya expresión puede ser influenciada por condiciones del medio ambiente y en especial por la exposición directa a la luz. (Infoagro, 2009)

➤ Sistema radicular

Constituye el anclaje de la planta y el medio para la absorción de nutrientes y agua del suelo. El sistema, se conforma por 2 tipos de raíces:

Raíces primordiales: Corresponden a las raíces de la estaca original de siembra. Son delgadas, muy ramificadas y su periodo de vida no llega hasta los 3 meses de edad en el momento de la aparición de raíces de los nuevos brotes.

Raíces permanentes: Brotan de los anillos de crecimiento de los nuevos brotes. Son numerosas gruesas, de rápido crecimiento y su proliferación avanza con el desarrollo de la planta. Su cantidad de longitud y edad depende de la variedad y de las condiciones de suelo y humedad. (Derivados de la caña MAG, 2012)

➤ Flor

Es una inflorescencia en panícula sedosa en forma de espiga. Las espiguillas dispuestas a lo largo de un raquis contienen una flor hermafrodita con res anteras y un ovario con dos estigmas. La floración ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua y niveles de nutrientes en el suelo son favorables. (Babilonia, 2015)

5.1.4 Requerimientos edafoclimáticos

La Caña de azúcar tiene una gran adaptabilidad y resiliencia a altas condiciones climáticas por lo que en lo que respecta a requerimientos edafoclimáticos es poco exigente teniendo un detalle explicado según su ficha técnica. (Héctor Orozco y José Queme, 2017)

Según Infoagro (2013), las necesidades edafoclimáticas de la variedad (CG02 -163) del cultivo de la caña de azúcar tenemos los siguientes:

- Temperatura: La caña de azúcar (CG02-163) no soporta temperaturas inferiores a 0°C. Para crecer exige un mínimo de temperatura de 12 a 15 °C y la temperatura óptima de germinación oscila entre 32-39°C.
- Humedad relativa: Para que el crecimiento vegetativo sea más rápido es necesario que la humedad relativa sea alta. En caso contrario (HR baja), y si además los riegos son deficitarios, la planta tenderá a madurar.

- Radiación solar: Es un cultivo que necesita y asimila la radiación solar llegando a conseguir una transformación de hasta el 2% de la energía incidente en biomasa.
- Riegos: Los requerimientos hídricos son de 1200-1500 mm anuales refiriéndose un reparto adecuado de los aportes hídricos a lo largo de todo el período vegetativo.

5.1.5 Producción

La duración del ciclo vegetativo de la caña de azúcar desde siembra o rebrote hasta cosecha varía dependiendo del clima y variedad teniendo un periodo de 12 a 24 meses. La plantación es una operación importante ya que ayuda a determinar la cantidad de cultivos subsiguientes a lo largo de la vida de la caña. La producción de caña de azúcar es un sector agrícola significativo a nivel mundial, cultivado en regiones tropicales y subtropicales. (José Queme, 2017)

La caña se utiliza principalmente para la obtención de azúcar, pero también se emplea como abono, alimento animal o bien para la fabricación de papel. El jugo de caña de azúcar, otro derivado, se emplea en la elaboración de alcohol industrial y de bebidas alcohólicas. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo, 2017)

La caña de azúcar requiere un manejo agronómico cuidadoso, incluyendo el control de malezas, plagas y enfermedades, así como una adecuada fertilización. La cosecha puede ser manual o mecanizada. (Héctor Orozco, 2017)

Tabla 1. Parámetros de adaptabilidad de la caña de azúcar

Parametros de adaptabilidad de la caña de azucar	
Piso altitudinal (optima)	400 msnm
Rango (maximo y minimo)	400 - 1300 msnm
Temperatura (optima)	28°C
Rango (maximo y minimo)	18 - 32°C
Humedad relativa	80 - 85%
PH suelo	5 - 6,5
Textura suelo	A, a FA (Franco limoso, franco arcilloso)
Fotoperiodo	6 - 9 h /dia (de incidencia directa)
Precipitacion (optima)	≥ 1500 mm
Precipitacion (Minima y maxima)	1000 - 1500 mm
Topografia	5 - 10 %

Fuente: Cenicaña (2006)

5.1.6 Variedad CG02-163

La variedad de caña de azúcar CG02-163 (híbrido complejo de *Saccharum* spp.) Se seleccionó de la descendencia del cruzamiento entre los progenitores CP65-357 x CP72-2086 realizado en diciembre del 2000. (Infoagro, 2013)

La variedad CG02-163 por primera vez en los registros es la de mayor superficie de área sembrada para la zafra 2020-21 en la AIA de Guatemala. El surgimiento de la variedad CG02-163 con más del uno por ciento de área fue en la zafra 2012-13 y su incremento en área se debe a sus atributos en productividad de azúcar y fibra, resistencia a enfermedades y plagas, características agronómicas favorables para su manejo en especial para la cosecha mecanizada y su adaptabilidad a meses de cosecha, estratos altitudinales, zonas longitudinales y zonas agroecológicas. (Orozco H. y R. Buc, 2019)

La variedad CG02-163 se ha incrementado en las últimas cinco zafras con una tasa anual de 4.76 por ciento con tendencia a seguir creciendo en comparación a otras variedades. (SER San Antonio, 2021)

5.2 Condiciones edafoclimáticos y topográficos

5.2.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico, es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno, en el cual se examinan las características físicas, geográficas y geológicas y las variaciones o alteraciones existentes del mismo, con un conjunto de métodos y operaciones para medir, procesar y transmitir los datos del terreno, que permiten representar con mayor detalle y exactitud gráficamente en un plano y a escala reducida. (FAO, 2008)

Según Arquitasa (2021), los principales tipos de levantamiento topográfico para el estudio de un terreno son:

- Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de métodos y procedimientos, a través de los cuales se obtienen la representación a escala de los puntos y detalles del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve y que es representado en una proyección horizontal.
- Levantamiento topográfico altimétrico: que tiene por objetivo determinar la diferencia de alturas entre distintos puntos del espacio respecto del plano que se está usando como referencia.

5.2.2 Condiciones edafoclimáticos

a) Textura del suelo

La textura del suelo es una característica importante que influye sobre muchos aspectos en la calidad del suelo. La clase de textura del suelo se determina por el porcentaje de arena, de limo y de barro o arcilla que contiene. Esta clasificación basada en el tamaño de las partículas influye en la calidad del suelo y tiene implicaciones en la retención de agua y nutrientes para las plantas. Además, la textura del suelo afecta la velocidad de drenaje y la capacidad de retención de agua disponible. (FAO, 2006)

Tabla 2. Clasificación de la magnitud de infiltración

Clasificación	Magnitud (Cm/Hr)	Características
Muy lenta	≤ 0.25	Suelos con alto contenido de arcilla
Lenta	0.25 - 1.75	Suelos con alto contenido de arcilla, bajo en materia organica o suelos delgados
Media	1.75 - 2.50	Suelos migajones arenosos o migajones limosos
Rapida	≥ 2.5	Suelos arenosos o migajones limosos profundos de buena agregacion

Fuente: (FAO guía de suelos, 2001)

Los suelos arenosos drenan rápidamente, mientras que los suelos arcillosos retienen más agua. Por lo tanto, la textura del suelo juega un papel crucial en la salud y el crecimiento de las plantas. (FAO, 2006)

b) Humedad del suelo

La humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua presente en el suelo en relación con su capacidad de retención de agua. Es un parámetro importante en la agricultura, la jardinería, la hidrología y la ciencia del suelo, ya que afecta directamente el crecimiento de las plantas y otros procesos en el suelo. (UDLAP, 2017)

c) Capacidad de campo

La Capacidad de Campo (CC) es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente. (Consumer, 2017)

d) Punto de marchitez permanente (PMP)

El punto de marchitez permanente del suelo se alcanza cuando la cantidad de humedad disponible en el suelo es inferior a la requerida durante un periodo prolongado de tiempo. Cuando se llega al punto de marchitez permanente en campo es imposible que las plantas se recuperen, incluso si se repone la humedad del suelo. (Fertilab, 2012)

e) Densidad aparente (Da)

La densidad aparente es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total del suelo, es decir, el volumen de las partículas del suelo más el volumen vacío entre las partículas y el volumen de los poros. (FAO, 2006)

f) Densidad Real (Dr)

La densidad real o la fase sólida del suelo es la relación entre la masa del suelo seco y la masa de este o igual volumen de agua, el valor real de la densidad dependerá de los nutrientes y las sustancias orgánicas presentes en el suelo, para la mayoría de los suelos este valor es de 2.65 gr/cm³. (FAO, 2006)

g) Porosidad total (Pt)

Es el espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o detenerse. (FAO, 2006)

h) Potencial de hidrógeno (PH)

El pH es el Potencial de Hidrógeno. Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Con el pH determinamos la concentración de hidrogeniones en una disolución. El pH normalmente lo medimos en una escala de 1 al 6 serían los valores ácidos, el 7 el valor neutro y del 8 al 14 son los valores alcalinos. (FAO, 2006)

i) Conductividad eléctrica (Ce)

La Conductividad Eléctrica es la capacidad de transmisión de la corriente eléctrica en el agua. Suele expresarse en miliSiemens/cm (mS/cm) y está relacionada con la concentración de sales disueltas. El valor de conductividad eléctrica que presenta el suelo influye en gran medida en el esfuerzo que tiene que realizar la raíz de la planta para absorber los nutrientes de la solución de fertilizantes aportada. (PROAIN, 2020)

j) Prueba de infiltración

La velocidad de infiltración del suelo es un parámetro relacionado con la capacidad del suelo de drenar el agua a través del perfil en un tiempo determinado, que es fundamental para las programaciones del riego en la producción agrícola. En la prueba de campo para los diseños de riego se utilizará el método de porchet. (Traxco, 2007)

k) Velocidad del viento

La velocidad del viento es el aire en dirección horizontal, a lo largo de la superficie terrestre. La dirección, depende directamente de la distribución de las presiones, pues aquel tiende a soplar desde la región de altas presiones hasta la de presiones más bajas. (Ecured, 2020)

Tabla 3. Cálculo del espaciamiento entre aspersores en función a la velocidad del viento

0-1	1 - 2.5	2.5 - 5	> 5
80	75 - 70	65 - 60	55 - 50

Fuente: Intagri 2005

l) Evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración es una constante importante que determina la demanda hídrica de la caña de azúcar. Con esta constante podemos determinar con qué frecuencia y cuánta agua se debe aplicar en cada riego. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETC, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua. (FAO Riego y drenaje 2018)

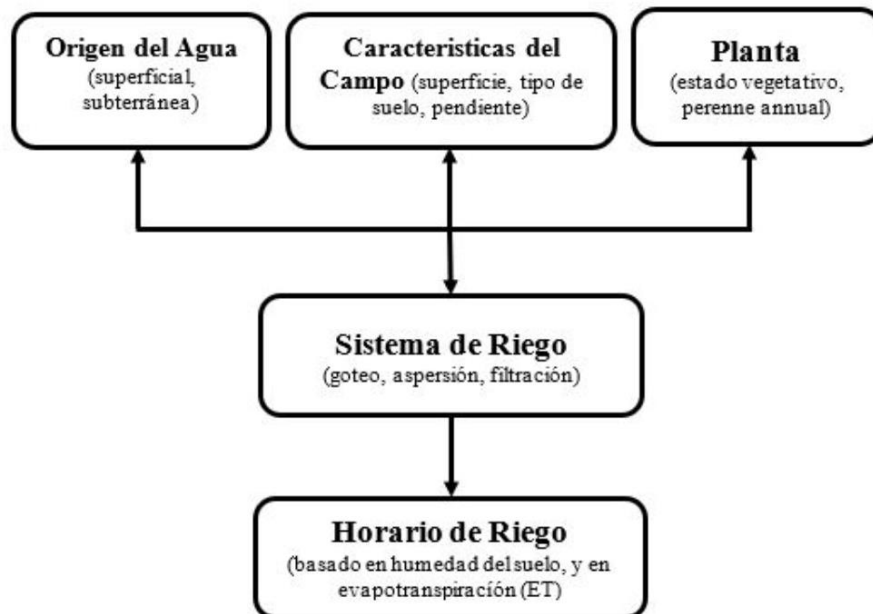
m) Evapotranspiración de referencia (ETO)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición. (FAO, 2006)

5.3 Diseño de los sistemas de riego

El diseño de un sistema de riego es un proceso complejo que implica considerar diversos factores, como calcular las necesidades de riego y realizar un diseño en plano. La interacción entre la planta, el suelo y el agua es esencial para lograr un diseño óptimo, reflejado en las fases de diseño agronómico, geométrico e hidráulico. Asimismo, se debe asegurar una distribución adecuada del agua en el campo y considerar las propiedades del suelo y las necesidades del cultivo para obtener un sistema de riego eficiente y funcional. (Netafim, 2009)

Figura 1. Principales factores en el diseño de un sistema de riego



Fuente: Novagric, 2005

5.3.1 Descripción del sistema de riego por goteo

El riego por goteo de un tipo de riego localizado que consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo éste, utilizando tuberías a presión y diversos tipos de emisores, de manera que sólo se moja una parte del suelo, la más próxima a la zona radicular de la planta. En este método de riego, la importancia del suelo como reserva de humedad para las plantas es muy pequeña en comparación con lo que sucede en el riego por superficie o en el riego por aspersión. Este riego se realiza en cantidades pequeñas y con alta frecuencia.

De esta forma se intenta que el contenido de agua en el suelo se mantenga en unos niveles casi constantes, evitándose así grandes fluctuaciones de humedad en el suelo que suelen producirse con otros métodos de riego, que pueden afectar directamente la producción del cultivo.

Lo más frecuente es que las tuberías laterales y los goteros están situados sobre la superficie del suelo, y el agua se infiltre y distribuya en el subsuelo, además la distribución del agua se aplica en toda su dirección lateral, con espaciamientos entre emisores establecidos. (Gestirriego, 2017)

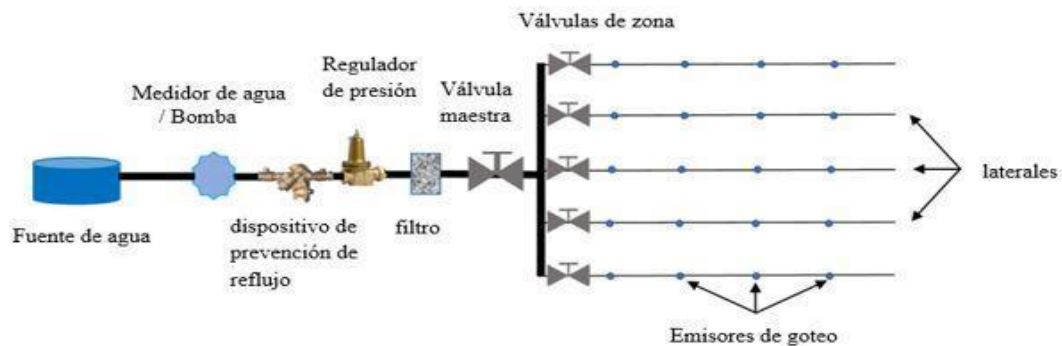
Un sistema de riego por goteo logra eficiencias del 90-95 % en el empleo del agua, mientras que con un sistema por gravedad la eficiencia es del orden de 55-60 %. El riego por goteo difiere mucho de los otros sistemas de riego, por lo que se debe administrar correctamente para aprovechar al máximo sus beneficios y evitar problemas. (NOVAGRIC, 2015)

5.3.2 Composición del sistema de riego por goteo

El riego por goteo es el más eficiente método de suministro de agua y nutrientes a los cultivos. Entrega el agua y fertilizantes directamente a la zona radicular del cultivo, en la cantidad correcta y en el momento adecuado, por lo tanto, cada planta recibe exactamente lo que necesita, cuando lo necesita para desarrollarse óptimamente. (Gestirriego, 2017)

Un equipo de riego por goteo se compone de los siguientes componentes básicos:

Figura 2. Componentes del sistema de riego por goteo



Fuente: Proriego (2000)

a) Unidad de bombeo

Para extraer agua de grandes profundidades se requiere una bomba de agua que genere velocidad y presión para que pueda llegar a la superficie. La energía eléctrica aplicada a la bomba produce energía mecánica que impulsa el agua a cierta altura. Al elegir la potencia de la bomba, es importante considerar la profundidad desde la cual se extraerá el agua y la distancia a la que se desea que llegue. La potencia de la bomba se mide en caballos de fuerza (HP). (Jiménez, 2017)

Existen muchos tipos de bombas para diferentes aplicaciones, dentro de los cuales se pueden considerar dos grandes grupos:

- Dinámicas (Centrífugas, Periféricas y Especiales)
- De desplazamiento Positivo y Negativo (Reciprocantes y Rotatorias)

b) Potencia Requerida por la Bomba

La energía que entrega la bomba al fluido se conoce como potencia. De este modo, la potencia en el eje de la bomba, considerando su eficiencia, es aquella que corresponde para elevar una determinada masa de agua por unidad de tiempo, comunicándole una cierta presión al fluido para vencer la carga magnética. (Jiménez, 2017)

c) Bomba

La Bomba de la Serie AG de Franklin Electric cuenta con una serie de características que la convierten en una bomba de alta calidad y eficiencia ya que puede transportar agua a través de grandes hectáreas de terreno hasta cumplir con los requerimientos de los cultivos. Contando con los cinco tamaños más comunes en el mercado y motores estándar JM, la Serie AG está probada para ofrecer una mayor eficiencia y un desempeño sobresaliente. (Franklin electric, 2015)

d) Emisores

Un gotero es un emisor de riego que se usa en los riegos gota a gota, son utilizados para lograr el máximo aprovechamiento del agua y un uso preciso de productos químicos como: Fertilizantes, fungicidas y otros tratamientos por medio el riego. (Netafim, 2009)

e) Cintas de goteo

La cinta de goteo es una herramienta utilizada en el riego agrícola para regar de manera precisa y controlada. Permite ahorrar agua y distribuirla eficientemente. No tiene emisores moldeados, lo que permite una colocación cercana sin costos adicionales. Se debe tener cuidado con la presión para evitar daños en la cinta. (Gestirriego, 2017)

f) Mangueras de goteo

La manguera de riego por goteo es como se conoce popularmente a la tubería portagoteros, fabricada en polietileno. Esta tubería suele ser de diámetro 16 mm, aunque existe en otros diámetros, según las necesidades. (guía agroriego, 2010)

g) Fuente de abastecimiento

El texto describe un pozo como una excavación vertical utilizada para alcanzar recursos como el agua subterránea. En este caso, se menciona un pozo artesanal excavado manualmente con herramientas como pala y pico. (Bolaños, 2020)

h) Filtros

Un filtro consiste en un recipiente normalmente metálico o plástico en su interior contiene normalmente un filtro de anillos de modo que fluir el agua hacia abajo las partículas se quedan en la arena y entre más baja a través del filtro más limpia y de esta manera podemos garantizar que nuestros goteros no se obstruyan. (riego por goteo, 2020)

i) Válvulas de aire

Las válvulas de ventosa y de descarga de aire se utilizan en los sistemas de riego agrícolas y se instalan a continuación de la válvula del tubo distribuidor del cual se ramifican los laterales, esta válvula purga el aire mientras se llena o carga el sistema, de igual forma permite la entrada de aire cuando el sistema se vacía, estas válvulas son indispensables en cualquier sistema de riego o componente hidráulico. (Proain, 2020)

j) Accesorios

Los accesorios para riego por goteo son aquellas piezas que ayudan a conectar la tubería de conducción, la de distribución como portagoteros, filtros, racores, enlaces o piezas de conexión, codos, válvulas de cierre, tapones, tapones finales, piquetas de sujeción, tés, reductores de presión, ramales de microtubo, goteros, microaspersores y microdifusores pueden ser tes, empalmes, electroválvulas, abonadoras, inyectoros etc. (Riego Pro, 2010)

k) Espaciado de emisor recomendado

La cinta con gotero integrado tiene un espaciado de 0.30 cm entre los emisores, lo que significa que hay tres goteros por metro. Aunque el espaciado entre emisores es menor, no implica un gasto extra. La cinta tiene una longitud de 2300 metros. Mantener un espaciado estrecho entre los emisores permite un flujo de agua lateral más rápido, lo que asegura una franja húmeda continua a lo largo de la hilera. Además, tener más emisores por metro proporciona una mayor protección en caso de que uno de los emisores se obstruya. (Netafim, 2017)

Espaciado de intervalo de emisor recomendado

- 10 – 20 cm | Fresas y hortalizas de hojas
- 20 – 30 cm | Todas las hortalizas (excepto hortalizas de hojas)
- 30 cm | Melones, caña de azúcar y algodón

5.3.3 Características hidráulicas del sistema de riego por goteo

➤ Caudal

El gotero tiene un caudal específico, es decir, la cantidad de agua que libera por unidad de tiempo. Esto se expresa típicamente en litros por hora (L/h) y determina la cantidad de agua suministrada a las plantas. (Agbar, 2015)

➤ Presión de funcionamiento

Cada gotero tiene una presión de operación óptima a la cual funciona de manera eficiente. Generalmente, se especifica en bar o en psi (libras por pulgada cuadrada). Es importante mantener la presión adecuada para garantizar un flujo constante y uniforme de agua desde el gotero. (Traxco, 2017)

➤ **Coeficiente de variación**

Este coeficiente indica la uniformidad de emisión del gotero. Un coeficiente de variación bajo significa que el gotero libera un flujo de agua más uniforme, mientras que un valor alto indica una mayor variabilidad en la entrega de agua. Un menor coeficiente de variación se considera deseable para asegurar una distribución uniforme del riego. (Gestirriego, 2017)

➤ **Auto compensación de presión**

Algunos goteros tienen la capacidad de mantener un flujo constante incluso cuando hay fluctuaciones de presión en el sistema. Esto permite que todos los goteros entreguen la misma cantidad de agua independientemente de su ubicación en la red de riego. (IAgua, 2016)

➤ **Filtración requerida**

Para proteger los goteros de obstrucciones y garantizar un funcionamiento adecuado, se requiere una adecuada filtración del agua. La especificación de los goteros puede incluir el grado de filtración recomendado para mantener su rendimiento. (Agbar, 2015)

5.3.4 Ventajas y desventajas del riego por goteo

Según Gestirriego (2017), las ventajas y desventajas del riego por goteo son las siguientes:

a. Ventajas del riego por goteo

- Mejor aprovechamiento del agua y capacidad de poder utilizar aguas con un índice de salinidad más alto.
- Mayor uniformidad del riego y mejor aprovechamiento de los fertilizantes.
- Aumento de la calidad y la cantidad de las cosechas.
- Menor infestación por malas hierbas debido a la menor cantidad de suelo humedecido.

- Posibilidad de aplicar pesticidas y fertilizantes con el agua de riego y mayor facilidad de las labores agrícolas al permanecer seca buena parte del suelo.
- Ahorro de mano de obra.

b. Desventajas del riego por goteo

- Se necesita personal más calificado para el manejo de este.
- Cuando se maneja mal el riego existe el riesgo de salinización del bulbo húmedo.
- Hay que vigilar constantemente el funcionamiento del cabezal y de los emisores para evitar obstrucciones.

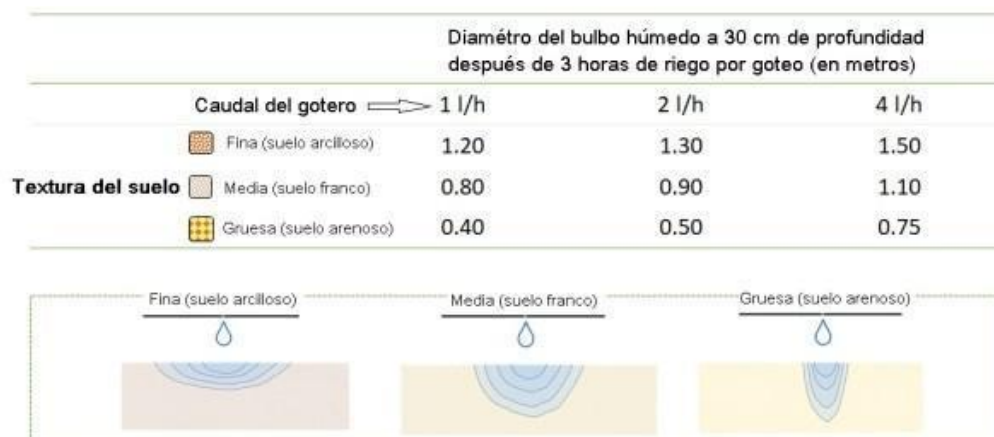
5.3.5 Bulbo húmedo

Es el área de suelo húmedo ocasionado por un sistema de riego localizado. La textura del suelo va a determinar cómo se desplaza el agua y, en consecuencia, la forma y el tamaño del bulbo húmedo. En el bulbo húmedo se desarrolla el sistema radicular de las plantas.

La forma del bulbo húmedo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco sea mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad. (Infoagronomo, 2007)

La extensión horizontal del bulbo no se puede aumentar indefinidamente incrementando el caudal del emisor ni el tiempo de riego, y para conseguir una extensión de agua adecuada hay que actuar sobre el número de emisores que se colocan en las cercanías de las plantas. (Proain, 2020) (Ver tabla 4, pág. 22)

Figura 3. Efectos de la textura del suelo en presencia del bulbo



Fuente: (AZUD, 2015)

- En suelos arcillosos, el bulbo se desarrolla de forma aplanada, a lo ancho u horizontal.
- En suelos francos el bulbo tiene forma redonda.
- En suelos arenosos el bulbo se desarrolla de forma estrecha y profunda, a lo vertical.

Tabla 4. Bulbo húmedo de los diferentes tipos de suelo con un emisor de 1 Lph

Bulbo humedo	
Textura	Ancho de bulbo (m)
Livianos	0.8
Medios	0.9
Pesados	1.1

Fuente: (Laboratorios csr, 2010)

Por otra parte, la profundidad del bulbo estará relacionada con la velocidad de infiltración del suelo y con el tiempo de aplicación. Por ello, es preciso tener en cuenta los factores que afectan a la forma del bulbo húmedo para decidir el número de emisores a colocar y el caudal que deben suministrar para que se produzca una buena distribución del agua en el suelo. (Laboratorios csr, 2010)

5.3.6 Descripción del sistema de riego por aspersión semi móvil

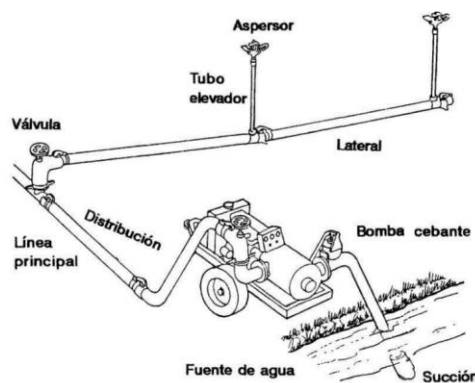
El riego por aspersión consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor. Los sistemas de riego convencionales son los primeros que se desarrollaron y, por mucho tiempo, fueron los más utilizados. Según Peralta (2001), existen dos tipos de sistemas de aspersión convencionales:

- Sistema fijo: como su nombre lo dice, los sistemas fijos son aquellos en los cuales los aspersores se ubican en un marco establecido. En cuanto al sistema de tuberías, este puede estar enterrado o ubicarse en la superficie.
- Sistema semifijo: los sistemas de riego por aspersión semifijos son aquellos que se desplazan de una zona a otra de forma manual o mecanizada a través de un desmontaje rápido del sistema.

5.3.7 Composición del sistema de riego por aspersión semi móvil

Según Peralta (2001), Un sistema de riego por aspersión puede abarcar todo un proyecto con tuberías fijas y móviles de alta presión que conducen y distribuyen agua al área a regar, en los cuales tenemos los siguientes componentes. (Ver figura 4)

Figura 4. Componentes del sistema de riego por aspersión



Fuente: Ortega (2004)

a. Unidad de bombeo

La unidad de bombeo de un sistema de riego por aspersión es una instalación con equipos de elevación mecánica, cuyo objetivo es aspirar el agua desde una fuente elegida e impulsar a la red de tuberías

b. Tubería de succión

Por lo general, esta tubería tiene el mismo diámetro que el diámetro normal de succión de la bomba. La longitud máxima de succión, medida desde el eje de la bomba a la superficie del agua, no debería exceder los 6 a 7 metros.

c. Motobomba

Se denomina motobomba al conjunto formado por motor y bomba. La energía mecánica del motor produce el accionamiento de la bomba, encargada de succionar el agua hacia las tuberías con una determinada presión y caudal.

d. Canastillo y válvula de succión

A una distancia aproximada de 30 cm por sobre el fondo del pozo o caja de succión, se coloca suspendido un canastillo que se puede adquirir en fierro fundido. Este viene provisto de una válvula de retención (“sapo”), que permite el paso de agua hacia la bomba, impidiendo su retorno.

e. Red de distribución

Se entiende por red de distribución al conjunto de tuberías que constituyen la red principal y las líneas secundarias o ramales laterales. La red principal es aquella tubería que conduce el agua a presión, desde la unidad de bombeo hasta los ramales laterales y estos son a su vez los que conducen desde la red principal hasta los aspersores que están instalados sobre ellas.

f. Aspersores

Los aspersores son los elementos más importantes en un equipo de riego por aspersión. Son dispositivos que pulverizan el chorro de agua en gotas de diversos tamaños mediante las boquillas. El agua es repartida uniformemente en el terreno debido a la rotación del cuerpo del aspersor, efecto de la reacción al impulso del chorro en el brazo del martillo, el cual vuelve a su posición inicial por la acción de un resorte de tensión.

g. Cobertura y disposición de la red de distribución

Se llama riego de cobertura total cuando se dispone de elementos suficientes para regar toda la superficie del predio sin efectuar traslado de los equipos. En caso contrario, se denomina de cobertura parcial, ya que es necesario transportar todo o parte del equipo de un lugar a otro en cada postura de riego. Para el cálculo de una buena cobertura de riego se necesita tener datos como el caudal emitido, marco de riego y la pluviometría del sistema. (Babilonia, 2014)

h. Características hidráulicas del sistema de riego por aspersión semi móvil

Las características hidráulicas de un aspersor de riego se refieren a las propiedades y parámetros que influyen en su funcionamiento y rendimiento en términos de distribución del agua.

Según Intagri (2015), algunas de las características hidráulicas clave de un aspersor de riego son:

- Caudal: Es la cantidad de agua que el aspersor es capaz de emitir por unidad de tiempo, generalmente expresado en litros por hora (L/h) o galones por minuto (GPM).
- Presión de trabajo: Es la presión a la que el aspersor debe operar para proporcionar la distribución adecuada del agua. Se mide en unidades de presión, como psi (libras por pulgada cuadrada) o bar.

- Alcance: Es la distancia máxima alcanzada por el agua proyectada por el aspersor. Está influenciado por la presión de trabajo y el diseño del aspersor.
- Patrón de riego: Se refiere al área cubierta por el aspersor y cómo se distribuye el agua dentro de esa área. Puede haber patrones de riego circular, rectangular o sectorial, dependiendo del diseño del aspersor.
- Uniformidad de distribución: Indica qué tan uniforme es la distribución del agua en el área de riego cubierta por el aspersor. Una alta uniformidad significa que la cantidad de agua es relativamente constante en toda el área, evitando puntos secos o inundados.
- Boquillas intercambiables: Algunos aspersores permiten cambiar las boquillas para ajustar el caudal y la distribución del agua según las necesidades específicas de la zona de riego.

i. Clasificación de los aspersores según la presión de trabajo

Según NOVAGRIC (2009), clasifica los aspersores de la siguiente manera:

- Baja presión: Funcionan con presiones inferiores a 20 metros de columna de agua (mca). Utilizan caudales inferiores a 0,3 l/s, y su radio de mojadura es menor a 9 metros. Producen un riego uniforme aún en el caso de viento de cierta consideración.
- Media presión: Funcionan con presiones comprendidas entre 20 y 45 mca. Los caudales utilizados con estos aspersores varían entre 0,3 y 1,5 l/s. y su radio de mojadura fluctúa entre 10 y 20 metros. Producen un riego uniforme y son utilizados en una gran variedad de suelos y cultivos.

- Alta presión: Funcionan con presiones superiores a 45 mca y arrojan un caudal superior a 1,5 l/s con radios de mojadura entre 30 y 75 metros. Dentro de esta categoría se sitúan los cañones de riego, los cuales tienen un elevado costo, tanto en el de la inversión inicial, como en su funcionamiento. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Gasto del aspersor según altura

Gasto del aspersor		Altura minima del elevador
(Lps)	(Gpm)	(Cm)
0.25	3.96 - 11.88	15
0.75 - 1.70	11.88 - 27	25
1.70 - 3.40	27 - 54	30
3.40 - 8.50	54 - 135	35
8.50 y mas	135 y mas	90

Fuente: (Jose Peralta 2001)

j. Marco entre aspersores y difusores

La disposición de los aspersores o difusores debe ser diseñada de manera que garantice una distribución uniforme del agua. Para lograr esto se debe tener en cuenta la velocidad del viento y tener áreas de superposición entre los emisores consecutivos, de modo que la cantidad de agua aportada sea uniforme. (Babilonia, 2014) (Ver figura 5 pág. 28)

Según (Peralta A & Simpfendorfer L), existen diversas estrategias conocidas como marcos de riego, que se utilizan para lograr esta uniformidad en la distribución del agua. Estos marcos de riego están estrechamente relacionados con la elección adecuada de los emisores y las boquillas utilizadas en el sistema de riego. Según Jose Peralta (2001), Los marcos de riego por aspersión son los siguientes:

- Marco cuadrado

La distancia entre los aspersores es igual al de su alcance tanto entre aspersores consecutivos como entre líneas de aspersores. Este tipo de marco se utiliza en zonas con escaso viento.

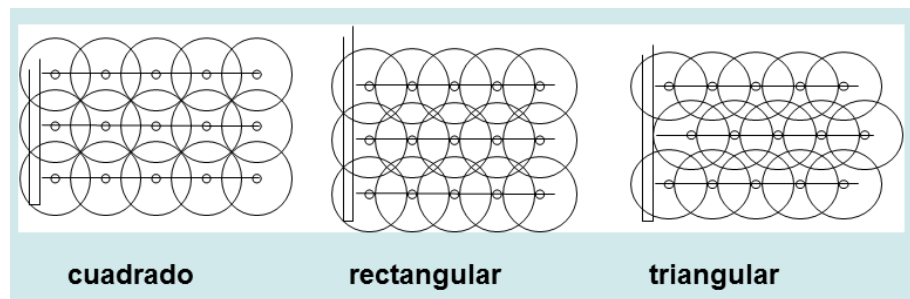
➤ Marco rectangular

La distancia entre aspersores y ramales es diferente. Se utiliza en zonas donde el viento es un condicionante permanente. Si optamos por este marco, la distancia entre aspersores es igual al alcance del aspersor.

➤ Marco Triangular

La distancia entre dos aspersores consecutivos del mismo ramal es inferior a la distancia entre ramales. Un caso particular es el marco al tresbolillo, en el cual, los emisores se sitúan en los vértices de un triángulo equilátero. Recomendable en zonas con vientos frecuentes. La distribución del agua es mejor que en los marcos cuadrados

Figura 5. Disposición de los aspersores



Fuente: (El riego, 2014)

5.3.8 Ventajas y desventajas del riego por aspersión semi móvil

Según Miguel Monge (2018), las ventajas y desventajas del riego por aspersión son las siguientes:

a. Ventajas del riego por aspersión

- El consumo de agua es menor que el requerido para el riego por surcos o por inundación. Su utilización es de máximo requerimiento en las regiones cercanas a ríos, acueductos, acequias, lagos o lagunas.

- No afecta el material vegetal sometido a riego, ya que se elimina la presión que el agua puede ofrecer a las plantas. Al ser una distribución homogénea sobre el material vegetal, el riego de la vegetación por aspersión es total y se distribuye suavemente el agua sobre toda el área deseada. Se limita el daño a las raíces.
- Para optimizar el rendimiento del riego por aspersión es necesario un fino estudio previo del suelo y los lugares que se desea regar. La ubicación estratégica de los aspersores es uno de los aspectos más relevantes para tener en cuenta a la hora de colocarlos en los terrenos. La uniformidad de riego debe llegar a cubrir el área en un 80% para que su uso sea eficiente.

b. Desventajas del riego por aspersión

- A bajas presiones el agua es fragmentada en gotas de gran tamaño y la proveniente de la boquilla cae en forma de anillo a cierta distancia del aspersor, obteniéndose una distribución deficiente. A presiones muy altas, el fragmento de la gota muy fina cae alrededor del aspersor.
- La velocidad del viento, ya que provoca una deformación en el patrón de humedecimiento y se incrementa con la altura. Por ello es conveniente disminuir la distancia de los aspersores y ubicarse lo más bajo posible.
- Las pérdidas de agua por evaporación directa del chorro del aspersor. Estas pérdidas de agua están en función de la temperatura ambiental y de la velocidad del viento.
- Es menos eficiente que el riego por goteo y por exudación, en cuanto a coste económico y ahorro energético.

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Tipo de investigación

6.1.1 Según el enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es mixto, es decir, combina métodos cualitativos y cuantitativos. En este proceso se llevó a cabo el análisis, evaluación y diseño de los datos recolectados en el campo. Estos datos fueron utilizados para realizar los cálculos necesarios en el diseño agronómico, diseño geométrico e hidráulico. Asimismo, se realizó una evaluación presupuestaria de los diseños con el objetivo de determinar que proyecto es más recomendable para el productor.

6.1.2 Según el alcance de los resultados

El alcance de esta investigación es llevar a cabo un estudio descriptivo mediante la recolección de datos en campo. Esto permitió realizar los cálculos necesarios y presentar una propuesta de diseño que abarque tanto el riego por goteo como el riego por aspersión semi móvil.

6.1.3 Según el tiempo de ocurrencia

Esta investigación es prospectiva, ya que involucra un análisis que se lleva a cabo desde la identificación del problema existente en la Finca San Carlos, que es la falta de un sistema de riego para el cultivo de la caña.

6.1.4 Según el periodo en que se realiza el estudio

La presente investigación es de corte transversal dada a que se llevó a cabo en un periodo específico, desde mayo hasta octubre de 2023. Durante este tiempo, se elaboró una propuesta de diseño para implementar uno de los sistemas de riego por goteo o de riego por aspersión semi móvil. Además, se determinó el costo asociado a cada diseño de riego, considerando las condiciones existentes en la finca "San Carlos".

6.2 Localización del Proyecto

6.2.1 Descripción de la zona de estudio

➤ Macrolocalización

La zona de estudio corresponde a la Finca “San Carlos”, se encuentra ubicada en el extremo noroccidental de Nicaragua. Las coordenadas geográficas de la finca son 12°37'42.45" de latitud Norte y 87°12'34.58" de longitud Oeste. (Ver figura 6)

Figura 6. Macro localización



Fuente: Google Earth Pro

➤ Microlocalización

La Finca “San Carlos” la cual se encuentra ubicada en la comarca Rio Chiquito, a una distancia de 5 km del municipio de El Viejo, en el departamento de Chinandega, a una elevación de 24 metros sobre el nivel del mar (msnm). (Ver figura 7)

Figura 7. Micro localización



Fuente: Google Earth Pro

6.3 Condiciones del levantamiento topográfico de la zona de estudio

Se realizó una previa observación del terreno, en el cual se registró el punto de la fuente hídrica y se llevó a cabo el levantamiento topográfico. Para dicho levantamiento, se utilizó un GPS en donde se obtuvieron los datos detallados del área. Posteriormente, se utilizó la herramienta Google Earth para representar la zona de estudio y exportar el plano topográfico, así como la ubicación de las fuentes hídricas.

Estos datos posteriormente se importaron al software Global Mapper para analizar las curvas de nivel, la pendiente y las distancias. Por último, se exportó al programa AutoCAD, donde se trabajó en el diseño geométrico del proyecto.

6.4 Análisis de las condiciones edafoclimáticos

6.4.1 Muestreo de suelo

El análisis del suelo se llevó a cabo mediante la obtención de una muestra al azar compuesta en toda el área del terreno siguiendo la dirección en zigzag. Para obtener dicha muestra, se tomaron entre 10 y 20 submuestras del área de estudio. Se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas para conocer en el laboratorio las propiedades hidrofísicas del suelo.

6.4.2 Propiedades hidrofísicas del suelo

El análisis de las propiedades físicas de la finca “San Carlos” se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de edafología, ubicado en el recinto universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP), de la ciudad de Managua. Donde se realizó la solicitud al jefe de departamento de la carrera de Ingeniería Agrícola en el cual nos permitió el uso, se tuvo asesoría del personal del laboratorio en la realización de las pruebas de laboratorios referentes a la investigación. (Ver tabla 6, pág. 58)

a) Textura (Método del hidrómetro de Bouyoucos)

Para la determinación de la textura se utilizó el método del Hidrómetro de Bouyoucos, para realizar los cálculos se siguieron procedimientos fórmulas descritas en la guía de laboratorio de edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería.

b) Determinación de la humedad

Para conocer la humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico, el cual se basa en determinar la cantidad de agua perdida mediante la diferencia de pesadas de una muestra antes y después de ser situada en una estufa a 105 °C durante 8 horas.

Se expresa en %, ya que permitirá establecer una relación de humedad entre ella y el área total representada.

$$\% H = \frac{(PSHT - PSST)}{(PSST - PT)} * 100$$

Ecuación 1: Porcentaje de humedad

Donde:

- %H: Porcentaje gravimétrico de contenido de humedad del suelo
- PSHT: Peso de suelo húmedo más peso de la tara
- PSST: Peso de suelo seco más peso de la tara
- Pt: Peso de la tara

c) Capacidad de campo

Para conocer esta propiedad del suelo se utilizó el método del embudo, el cual consiste en someter el suelo a saturación mediante drenaje libre, colocando el embudo papel filtro para retener la muestra y este a su vez debe estar colocado en un soporte quedando en suspensión, añadiendo agua a la muestra una vez saturado se dejará que escurra durante 72 horas tiempo correspondiente a suelos pesados. Se determinó el porcentaje de la humedad en base al suelo seco que será la capacidad de campo utilizando la siguiente fórmula:

$$\% CC = \frac{(PSHT - PSST)}{(PSST - PT)} * 100$$

Ecuación 2: Capacidad de campo

Donde:

- %CC: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo
- PSHT: Peso de suelo húmedo más peso de la tara
- PSST: Peso de suelo seco más peso de la tara
- Pt: Peso de la tara

d) Punto de marchitez permanente (PMP)

Para la determinación de esta propiedad se utilizó la ecuación de (Grassi 1987), Punto de marchitez permanente en base a capacidad de campo, haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\%PMP = \frac{\%CC}{2.1}$$

Ecuación 3: Punto de marchitez permanente

Donde:

- PMP: Punto de marchitez permanente del suelo
- %CC: Porcentaje de capacidad de campo
- 2.1: Factor de Grassi para suelos medios

e) Densidad aparente (Da)

Para la determinación de la densidad aparente del suelo se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, con el que se extrae una muestra inalterada. En el laboratorio se secó a 100°C por un periodo de 12 horas, se anotó el peso seco de la muestra más el del recipiente y se procedió a la determinación utilizando la siguiente fórmula.

$$DA = \frac{M_{ss}}{V_c}$$

Ecuación 4: Densidad aparente

Donde:

- DA: Densidad aparente (gr/cm^3)
- M_{ss}: Peso de masa de suelo seco al horno (gr)
- V_c: Volumen del cilindro (cm^3)

f) Densidad Real (Dr)

Para la determinación de la densidad real del suelo se utilizó el método del picnómetro. Este es un frasco aforado que cierra un tapón provisto de un capilar que permite asegurar un volumen constante en el interior del aparato. El volumen del suelo se mide en función del volumen de agua desplazada.

$$Dr = \frac{d1 * d3 * ps}{d3(p1 - pp) - d1(p3 - ps - pp)}$$

Ecuación 5: Densidad real

Donde:

- Dr: Densidad real (gr/cm^3)
- d1= Densidad del agua a la T1 en °C
- d3: Densidad del agua a la T3 en °C
- p1: Peso del picnómetro más agua (gr)
- Pp: Peso del picnómetro vacío (gr)
- P3: Peso del conjunto agua más suelo más picnómetro (gr)
- Ps: Peso del suelo (gr)

g) Porosidad total (Pt)

Para la determinación de la porosidad total del suelo se tomó en cuenta los valores de la densidad aparente. La fórmula de la porosidad es la siguiente:

$$PT = 1 - \left(\frac{DA}{DR} \right) * 100$$

Ecuación 6: Porosidad total

Dónde:

- Pt: Porosidad total (%).
- Da: Densidad aparente (gr/cm^3).
- Dr: Densidad real (gr/cm^3).

h) Potencial de hidrogeno (PH)

Para la determinación del potencial de hidrogeno se utilizó el método del potenciómetro o electroquímico. El pH del suelo es potenciométricamente medido en la suspensión sobrenadante en una mezcla de suelo; liquido (Agua) con una relación 1: 2.5, respectivamente.

i) Conductividad eléctrica

Para conocer el valor de la conductividad eléctrica se utilizó el medidor conductivimetro, en el cual se debe tener una disolución de 10 gr de suelo para medir en un recipiente, agitar 10 min y colocar la sonda que medirá la conductividad de los iones.

j) Prueba de velocidad de infiltración

En la prueba de campo para los diseños de riego, se utilizó el método de Porchet, para determinar la velocidad de infiltración, consistirá en abrir o perforar un agujero en el suelo con forma cilíndrica de radio R y profundidad de 30 cm. Se verterá agua y se mide el tiempo en intervalos de 1,2,3,5, 15 y 20 minutos. (Ver anexo 16 y 17, pág. vi y vii)

La superficie a través de la cual se infiltra el agua es:

$$S = \pi * R * (2* h + R)$$

Ecuación 7: Área de la sección de infiltración

Para un tiempo, dt, suficientemente pequeño para que pueda ponerse que la capacidad de infiltración, f, es constante se verifica la igualdad para obtener finalmente:

$$F = \frac{R}{2*(t2*t1)} * \ln \frac{(2h1+R)}{2h2+R}$$

Ecuación 8: Velocidad de infiltración

Donde:

- F: Velocidad de infiltración, expresada en (cm – mm)
- R: Radio del cilindro en (cm – mm)
- T1, T2: Tiempo de lectura 1 y 2
- T2: Tiempo de lectura 2
- h1: Lámina infiltrada en el t1
- h2: Lámina infiltrada en el t2

k) Velocidad del viento

La medición de la velocidad del viento en nuestro proyecto se llevó a cabo mediante un anemógrafo. Gracias a los resultados obtenidos, se seleccionó el espaciamiento más adecuado para el diámetro de mojado o el radio de alcance.

l) Evapotranspiración del cultivo (Coeficiente del cultivo Kc)

Este coeficiente de cultivo, en conjunto con la evapotranspiración de referencia (ETO), determinó la evapotranspiración real (ETC), expresada en milímetros por día para cada cultivo. Este valor corresponde a la demanda hídrica del suelo. Se consideraron los valores de Kc recomendados por la FAO para cultivos que no están sometidos a estrés y que están siendo gestionados de manera adecuada. (Ver anexo 20, pág. ix)

m) Datos meteorológicos de la zona

Se realizó la investigación de datos climáticos con el apoyo del Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales (INETER), proporcionando los valores mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa, velocidad del viento e insolación de la zona de estudio. Se evidenciará en el programa el mes con mayor valor de (ETO) tomando este como dato de referencia para la elaboración de los cálculos.

n) Evapotranspiración de referencia (ETO)

Se determinó el valor de ETO mediante el método de la FAO Penman-Monteith, el cual se considera el enfoque más recomendado y preciso para calcular la ETO, teniendo en cuenta los parámetros climáticos requeridos y la medición correspondiente a la superficie de referencia. Para llevar a cabo este proceso, se empleó el software CROPWAT y se utilizaron datos de la estación meteorológica del departamento de Chinandega para los años comprendidos entre 2007 y 2017. (Ver anexo 22, pág. ix)

6.5 Diseño del riego por goteo y aspersión semi móvil

El diseño de riego por goteo y riego por aspersión semi móvil debe asegurar que el cultivo pueda satisfacer su demanda máxima de agua durante la fase vegetativa. Los requerimientos de agua se determinan teniendo en cuenta las condiciones desfavorables durante los meses de mayor evapotranspiración del cultivo (ETc).

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) máxima se utiliza como punto de partida para el diseño de los sistemas de riego. Este valor ayuda a determinar el caudal de diseño, que a su vez permite seleccionar el equipo más económico capaz de asegurar el crecimiento óptimo de los cultivos. La obtención de este dato se basa en la utilización del programa "CROPWAT". Utilizando la información climática y análisis del suelo se realizó el diseño agronómico, diseño geométrico y diseño hidráulico teniendo este último la evaluación de la eficiencia final del diseño. Es importante aplicar una lámina de agua diaria para compensar las pérdidas ocasionadas por la evapotranspiración del cultivo.

6.6 Diseño agronómico

El diseño agronómico se forjó con meticulosidad, previamente con los datos climáticos de la zona, las propiedades hidrofísicas del suelo y la topografía del terreno circundante. En un esfuerzo por garantizar una planificación precisa, se abordaron asuntos críticos tales como la dosis de agua requerida, la frecuencia y duración del riego, la disposición de los turnos en el diseño de riego por goteo, el número de posiciones de los cañones en el diseño de riego por aspersión semi móvil y el caudal necesario a conducir de ambos sistemas, de manera que satisfagan las necesidades del conjunto suelo - planta.

Cada elemento de este diseño agronómico fue realizado con el objetivo de mantener en equilibrio las necesidades del cultivo de la caña de azúcar con las condiciones ambientales y geográficas de la zona de estudio.

a) Evapotranspiración real (Etr)

La evapotranspiración real se entiende como la suma de las cantidades de agua evaporadas a partir del suelo y la transpirada por el cultivo, bajo condiciones atmosféricas y de suelo.

$$Etr = Kc \times Eto$$

Ecuación 9: Evapotranspiración real

Donde:

- Etr: Evapotranspiración del real (mm/día)
- Kc: Coeficiente del cultivo (Adimensional)
- Eto: Evapotranspiración (mm/día)

b) Lámina de riego

La Lámina de riego será la lámina que deberá tener el suelo y la máxima humedad que puede retener, es decir, cuando llega a capacidad de campo. Esta se determina mediante la siguiente fórmula.

$$Lr = \frac{Cc - PMP}{100} \times Da \times Pr \times \%PAR$$

Ecuación 10: Lámina de riego

Donde:

- Lr: Lámina de riego (mm o cm)
- %Cc: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo
- % PMP: Punto de marchitez permanente del suelo (%)
- Da: Densidad aparente (gr/cm³)
- Pr: Profundidad del perfil de suelo (Cm)
- %PAR: Porcentaje de área regada

c) Porcentaje de área regada (%PAR)

El área regada se calculó para ver el porcentaje de área total regada en el marco de riego del diseño.

$$\%PAR = \left(\frac{Bh (m)}{Es} \right) \times 100$$

Ecuación 10: Porcentaje de área regada

- % PAR: Porcentaje de área regada
- Es: Espaciamiento entre surco (m)
- Bh: Bulbo Húmedo (m)

d) Lámina neta a aplicar

La Lámina neta es la cantidad de agua rápidamente aprovechable teniendo en cuenta el nivel de reposición o porcentaje de agotamiento del agua aprovechable.

La Lámina se toma en cuenta para efectos de diseño es la lámina neta, la cual se define como la dosis de agua que puede ser aplicada durante el riego, con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración que se dará cuando se haya determinado el % de la capacidad de almacenamiento evitando que el suelo llegue a PMP.

$$LN = Lr \times \% \text{ de AG}$$

Ecuación 11: Lámina neta

Donde

- LN: Lámina neta máxima (mm)
- Lr: Lámina de riego en (mm)
- AG: % de agotamiento permisible

e) Agotamiento permisible

El agotamiento permisible corresponde al intervalo de humedad entre la Cc y PMP, lo que se conoce como agua útil, este se denomina nivel de agotamiento permisible, se recomienda regar cuando se ha consumido el siguiente porcentaje de agua:

- (25 – 40) % en cultivos de raíces superficiales
- (40 – 50) % en cultivos de raíces intermedias
- 60% en cultivos con raíces profundas

f) Demanda hídrica bruta

Equivale al coeficiente entre las necesidades netas teóricas de agua en el área y el coeficiente de eficiencia global del riego. Este coeficiente de eficiencia global es producto del coeficiente de eficiencia de aplicación, que está en consonancia con el sistema de riego actualmente aplicado, y de los coeficientes de eficiencia de conducción y distribución, el cual está en relación directa con el estado de las infraestructuras hidráulicas.

$$DHb = \frac{Etr}{Ef}$$

Ecuación 12: Demanda bruta

Donde:

- Ef: % de eficiencia
- DHb: demanda hídrica bruta (mm/día)
- Etr: Evapotranspiración real (mm/día)

g) Frecuencia de riego

La frecuencia del riego se define como la frecuencia con que se aplica agua a un cultivo en particular en una etapa determinada de crecimiento; se expresa en días.

$$FR = \frac{LN}{DHb}$$

Ecuación 13: Frecuencia de riego

- Fr: Frecuencia de riego (días)
- LN: Lámina neta o máxima (mm)
- DHb: Demanda hídrica bruta (mm/día)

h) Lámina neta corregida

La Lámina neta corregida es aquella que a diferencia de la Lámina neta calculada nos proporciona un resultado más preciso de la cantidad de agua a reponer ya que toma en cuenta el uso consuntivo diario del cultivo, mismo que se toma como referencia para saber la cantidad de agua a reponer para evitar que el cultivo llegue a su punto de marchitez permanente (PMP).

$$Lc = Fr \times DHb$$

Ecuación 14: Lámina neta corregida

Donde:

- Lc: Lámina neta corregida (mm)
- Fr: Frecuencia de riego (días)
- DHb: Uso consuntivo o demanda hídrica bruta (mm/día)

i) Tiempo de riego

El tiempo de riego en sistemas de riego localizados esté dado por el caudal de los emisores utilizados, el tiempo y por el número de emisores y de esta manera conocer el caudal total tanto por turnos como un caudal total del área a regar.

$$Tr = \frac{DHb}{Ia}$$

Ecuación 15: Tiempo de riego

Donde:

- Tr: Tiempo de riego (Hr)
- DHb: Demanda hídrica bruta (mm/día)
- Ia: Intensidad de aplicación en (mm/hr)

j) Tiempo de riego en base a la lámina corregida

Se refiere al momento en que se debe reponer el agua al suelo y que ha sido consumida entre dos riegos.

$$T_{rc} = \frac{L_c}{I_a}$$

Ecuación 16: tiempo de riego corregido

Donde:

- T_{rc} : Tiempo de riego corregido (Hr)
- L_c : Lámina corregida (mm)
- I_a : Intensidad de aplicación en (mm/hr)

k) Caudal requerido

Es el caudal teórico que el sistema necesita para trabajar a una presión determinada por el equipo de bombeo expresado en (m³/hr).

$$Q_r = \frac{\text{Área (ha)} \times D_f \times 10}{\text{Jornada}}$$

Ecuación 17: Caudal requerido

Donde:

- Q_r : Caudal requerido (m³/hr)
- D_f : Déficit del cultivo o Demanda hídrica bruta (mm)
- Factor: Constante 10
- Jornada: (horas)

l) Intensidad de aplicación

Es un término que se refiere específicamente a cómo el agua se relaciona con el suelo, hace referencia al momento del primer contacto, el cual se calcula determinando el caudal que se aplica a un determinado marco de riego.

$$I_a = \frac{q_e}{E_e \times E_s}$$

Ecuación 18: Intensidad de aplicación

Donde:

- I_a : Intensidad de aplicación en (mm/hr)
- E_e : Espaciamiento entre emisores (m)
- E_s : Espaciamiento entre surcos (m)

m) Caudal por hectárea

Se determinó el caudal por hectárea tomando en consideración la intensidad de aplicación que requiere el sistema multiplicado por un factor constante para que el resultado sea expresado en m³/hr.

$$Q_{ha} = I_a \times 10$$

Ecuación 19: Caudal por hectárea

Donde:

- Q_{ha} : Caudal por hectárea (m³/hr)
- I_a : Intensidad de aplicación (mm/hr)
- Factor: Constante 10

n) Caudal total

Se calculó la cantidad de agua que el sistema necesita suministrar a todo el terreno comprendido en el diseño a través de la siguiente ecuación:

$$QT = Qha \times \text{Superficie (ha)}$$

Ecuación 20: Caudal total

Donde:

- Qha: Caudal por hectárea (m^3/hr)
- Superficie: Área (ha)
- QT: Caudal Total (m^3/hr)

o) Números de turnos

Para determinar el número de turnos se toma el caudal total y se divide entre el caudal que dispone el sistema, de esta forma se obtiene el número de turnos o las divisiones del terreno en las cuales podemos suministrar la cantidad necesaria de agua para cumplir con las necesidades hídricas y uniformidad del riego.

$$N^{\circ} \text{ turnos} = \frac{QT}{Qdisp}$$

Ecuación 21: Número de turnos

Donde:

- QT: Caudal por total (m^3/hr)
- Qdisp: Caudal disponible o requerido (m^3/hr)

p) Área por turno de riego

Es la superficie del sector que se puede regar con el caudal disponible.

$$AT = \frac{\text{Área}}{\text{N}^\circ \text{ turnos}}$$

Ecuación 22: Área por turno de riego

Donde:

- AT: Área del turno (ha)
- N° turnos: Números de turnos

q) Caudal total por área de turno

Corresponde al caudal que le corresponde a cada turno del diseño en base al caudal total el cual se calculará utilizando la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{TURNO}} = AT \times Q_{\text{ha}}$$

Ecuación 23: Caudal total por área de turno

Donde:

- AT: Área del turno
- Qha: Caudal por hectárea (m^3/hr)

r) Jornada

La jornada comprende el tiempo que el operador del sistema o regador necesita para realizar el cambio o traslado del instrumento de riego, este tiempo debe respetarse ya que de él dependerá que se complete el riego adecuado en toda el área del terreno durante el día.

$$J_r = TR \times \text{N}^\circ \text{ de turnos}$$

Ecuación 24: Jornada de trabajo

Donde:

- TR: Tiempo de riego (hr)
- N° de turnos: Números de turnos

s) Frecuencia de riego (Riego por aspersión)

Se refiere al momento en que debemos reponer el agua al suelo y que ha sido consumida por el cultivo entre dos riegos tomando en cuenta el área total y distribución del sistema de riego.

$$FR = \frac{\text{Área}}{EA \times N^{\circ}A \times CD}$$

Ecuación 25: Frecuencia de riego

Donde:

- FR: Frecuencia de riego (días)
- CD: Cambios por día
- Área: m²
- EA: Espaciamiento entre aspersores (m²)
- N° A: Número de aspersores

t) N° de válvulas por turno

El número de válvulas se determinó dividiendo el caudal por cada turno entre el caudal que pasa por la válvula.

$$N^{\circ} \text{ de val} = \frac{Q_{\text{turno}}}{Q_{\text{válvula}}}$$

Ecuación 26: Número de válvulas por turno

Donde:

- Qturno: Caudal por turno (gpm)
- QVálvula: Caudal de la válvula (gpm)
- N° de val: Números de válvulas por turnos

6.7 Diseño geométrico

Al realizar el diseño geométrico se debe tener en cuenta los datos del levantamiento topográfico, en base a estos datos se divide el área de riego en partes iguales llamadas turnos y de esta manera poder hacer una correcta distribución de la tubería conductora, del manifold y de los laterales de riego obteniendo así las longitudes a utilizar en cada turno.

Se llevará a cabo utilizando la información obtenida del levantamiento topográfico y del diseño agronómico para realizar la distribución de las áreas en turnos, determinar el número de laterales, establecer la dirección del manifold y la conductora, así como definir la jornada de trabajo del sistema de riego por goteo y del sistema de riego por aspersión semi móvil, haciendo uso de los softwares, Google Earth, Global Mapper y AutoCAD.

6.8 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico busca determinar los diámetros y longitudes óptimas de las tuberías en un sistema de riego. Es importante cumplir dos criterios: lograr una uniformidad de emisión superior al 90% en las secciones y mantener una velocidad en las tuberías de la red parcelaria por debajo de 2.0 m/s.

En nuestro diseño para que el sistema tenga una correcta operatividad se utilizó el método Hazen-Williams para determinar las pérdidas de presión por fricción del agua en las tuberías. Para corregir y homogeneizar las salidas del riego por los emisores se utilizó el factor de corrección de **Christiansen**, con la finalidad de poder abastecer con la misma presión y caudal del punto inicial de riego al punto más crítico o alejado del sistema.

6.8.1 Red de distribución

La red de distribución consiste en una red de tuberías ya sea subterráneas o superficiales que tiene como finalidad entregar el agua necesaria en cada parte del sistema. En nuestro estudio la red de distribución está diseñada con relación a nuestro análisis de las curvas de nivel del terreno, así como la dirección de siembra de cultivo para una eficiente distribución y aplicación del riego.

6.8.2 Pérdidas por fricción Hazzen - Williams

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se usará la ecuación de Hazen Williams:

$$h_f = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}} \right) \times \left(\frac{L(m)}{D^{4.87(m)}} \right) \times Q^{1.852} \left(\frac{m^3}{seg} \right)$$

Ecuación 27: Pérdidas por fricción Hazzen – Williams

Donde:

- C: Factor de rugosidad
- PVC: 150; Polietileno = 140; Acero nuevo = 130; Aluminio con acoples = 120
- L: Longitud de Tubería
- Q: Caudal de diseño
- D: Diámetro interno de tubería

6.8.3 Pérdidas permisibles

Serán las pérdidas o el valor máximo permitido para respetar en cada uno de los sistemas de riego, que dependen del caudal a transportar, la longitud y diámetro de la tubería. Este valor de pérdida de carga permisible dependerá de la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego, 15% para el riego por goteo y 20% para el riego por aspersión.

6.8.4 Velocidades permisibles

A mayor velocidad de circulación se provoca mayor pérdida de carga, y también mayor ruido. Por ello la velocidad en instalaciones de agua se debe de mantener entre: Velocidad mínima: 0,5 m/s, para evitar sedimentaciones. Velocidad máxima: 2 m/s (tuberías metálicas) y 3,5 m/s (tuberías de termoplásticos y multicapa).

6.6.5 Pérdidas corregidas

Existen pérdidas de carga en tuberías con salidas múltiples, en este caso considerando el número de salidas en la tubería de conducción, tubería secundaria (manifold) y laterales de riego. A medida que el agua avanza, el caudal en la tubería se va reduciendo, por tanto, la pérdida de carga por fricción será de menor magnitud que la pérdida de carga en una tubería simple. Este factor de corrección se hará considerando el criterio de Christiansen (1942), mediante la ecuación:

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2 N} + \frac{\sqrt{m - 1}}{6 N^2}$$

Ecuación 28: Factor de corrección de Christiansen

Dónde:

- F: Factor de Christiansen (adimensional)
- M: Exponente del gasto en la fórmula usada para calcular las pérdidas por fricción, Hazen-Williams (m = 1.9 PVC)
- N: Número de salidas en toda la longitud de la tubería.

6.6.6 Carga total dinámica

$$CTD = ND + H_f + P_d + \Delta Z$$

Ecuación 30: Carga total dinámica

Donde:

- ND: Nivel dinámico (pie)
- H_f: Pérdidas por fricción totales (Pie)
- P_d: Presión en la descarga (pie)
- ΔZ: Desnivel desde el punto de descarga al punto final del sistema (Pie)

6.8.7 Potencia del equipo de bombeo

$$P_{hp} = \frac{Q \times CTD}{3960 \times n}$$

Ecuación 29: Potencia del equipo de bombeo

Donde:

- P_{hp} : Potencia de la bomba (HP)
- Q: Caudal disponible (gpm)
- CTD: Carga total dinámica (pie)
- n: Eficiencia

6.9 Metodología para el cálculo del presupuesto de gastos de inversión del diseño

Para determinar el presupuesto correspondiente a los sistemas de riego por goteo y aspersión semi móvil, se abordó una meticulosa consideración de la disposición geométrica de ambos diseños de sistemas de riego. A partir de este diseño geométrico, se procedió a llevar a cabo el levantamiento de todos los materiales, accesorios, tuberías y elementos que integran el sistema, garantizando así que el presupuesto abarque en su totalidad las necesidades inherentes al diseño de dichos sistemas de riego.

En el proceso de cálculo de las unidades y accesorios presupuestados, se tiene en cuenta una serie de factores cruciales. Estos incluyeron la distancia entre la fuente de agua y el equipo de bombeo, la profundidad del pozo, la estructura de la sarta de descarga en el sistema de riego por goteo, la configuración de la sarta de descarga en el sistema de aspersión semi móvil, así como las cotizaciones proporcionadas por proveedores nacionales. Este enfoque permitió que la estimación de costos se asemejara de manera precisa a las condiciones del mercado vigentes en la fecha en que se realizó el estudio.

Adicionalmente, se incorporaron en el presupuesto desembolsos adicionales de considerable importancia, tales como los costos de transporte, excavación de zanjas y la mano de obra necesaria para llevar a cabo la implementación.

VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 Área de siembra

La superficie del terreno cuenta con dirección de siembra (E-W), y en condiciones con pendiente favorable para el sistema. El diseño está desarrollado en 4.01 hectáreas en total para el cultivo de caña de azúcar en ambos diseños para el mismo terreno para así analizar su viabilidad operativa y funcionamiento.

7.2 Ubicación de la fuente de energía y abastecimiento de agua

Se dispone en la finca de un pozo artesanal ubicado dentro del área del cultivo, además se tiene una fuente de energía de 220 (Voltios – Monofásica), el abastecimiento de energía se encuentra sobre la calle que pasa a un costado de la finca. (Ver figura 9, pág. 56)

7.3 Condiciones del levantamiento topográfico

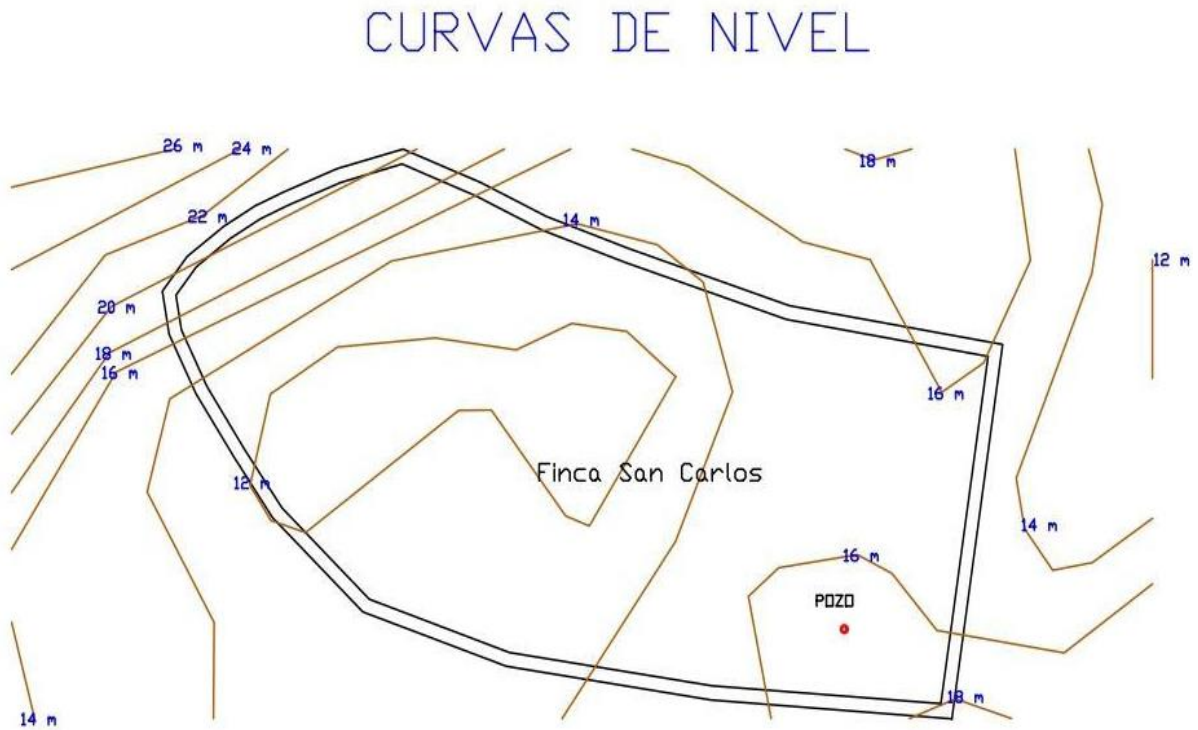
Se llevó a cabo la delimitación de la zona de estudio utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS), el cual permitió rodear completamente el perímetro del área cultivada con el objetivo de establecer con precisión el área correcta. Además, se utilizó la herramienta Google Earth para representar visualmente la zona de estudio.

Después de realizar la delimitación de la zona de estudio en Google Earth, se procedió a transferir la representación de dicha zona al software Global Mapper. Mediante este programa, se generaron las curvas de nivel correspondientes al terreno, en el cual se obtuvo como resultado una pendiente del 2% de dirección Este - Oeste, por tanto, al ser de pendiente baja se evita la erosión y limita el drenaje del riego favoreciendo al cultivo. (Ver figura 8, pág. 55)

7.3.1 Curvas de nivel

Posteriormente, se procede a transferir el archivo que contiene las representaciones gráficas de las curvas de nivel al software de AutoCAD. Mediante este proceso, se logró determinar el área del proyecto de (4.01 hectáreas), destinada a la implementación del proyecto de riego, el cual se compone de un sistema de riego por goteo y aspersion semi móvil.

Figura 8. curvas de nivel

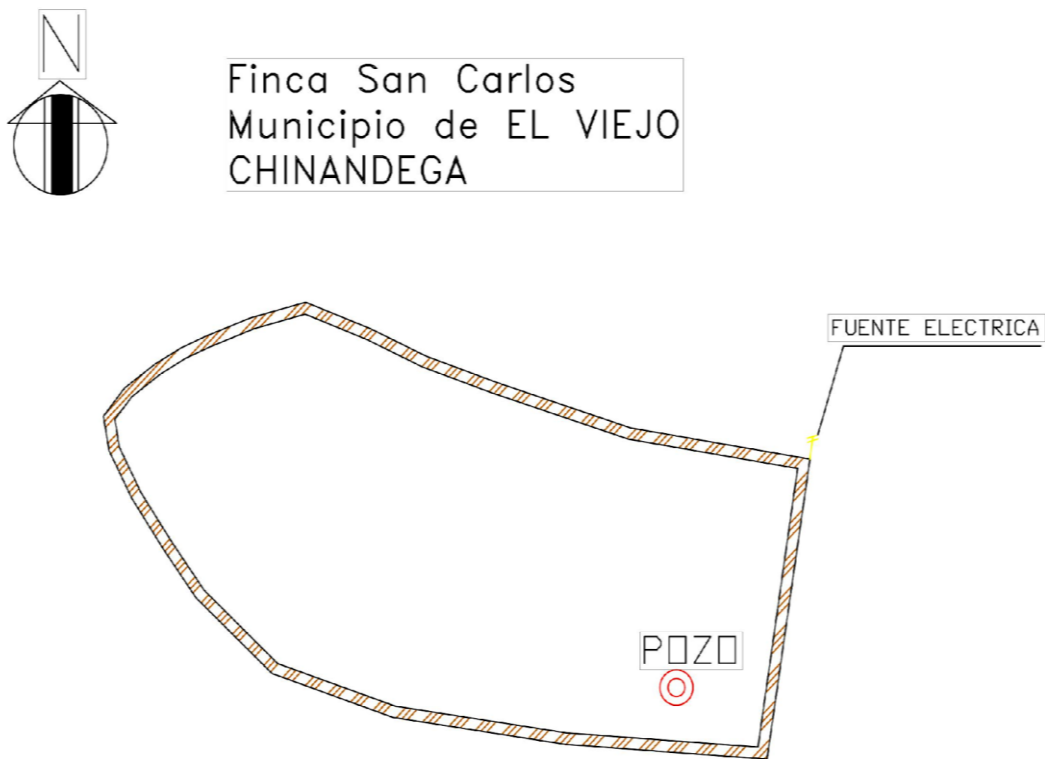


Fuente: Elaboración propia – Software Global Mapper

7.3.2 Diseño del área en AutoCAD

Se han realizado dos diseños de sistemas de riego para una misma área de 4.01 hectáreas, que incluyen el riego por goteo y el riego por aspersión semi móvil. La bomba y fuente de abastecimiento está ubicada dentro del plantío, esta misma se alimenta de una fuente eléctrica que pasa en la calle que pasa a un costado del terreno.

Figura 9. Plano del área Finca “San Carlos”



Fuente: Elaboración propia – Software AutoCAD

7.4 Análisis de las condiciones edafoclimáticas

Los resultados obtenidos de las propiedades hidrofísicas evaluada en laboratorio, cada una posee las características que corresponden a las demandas óptimas que requiere el cultivo en cuanto a la relación, agua-suelo-planta que fundamentan el diseño. (Ver Tabla 6)

Tabla 6. Resumen de las propiedades hidrofísicas del suelo de la finca San Carlos

Finca San Carlos			
Descripcion		Unidad de medida	Evaluacion
% de humedad en base a suelo humedo	36.84	%	Media
Capacidad de campo (Cc)	25.99	%	Media
Punto de marchitez permanente (PMP)	11.8	%	/
Densidad aparente (Da)	0.89	gr/cm ³	Baja
Densidad real (Dr)	2.32	gr/cm ³	Baja
Porosidad total (Pt)	61.64	%	Muy baja
Potencial de hidrogeno (PH)	7.01	/	Neutro
Conductividad electrica (Ce)	0.000754	milimhos / cm	No salino
Textura del suelo			
Arcilloso arenoso			

Fuente: Elaboración propia

a) Textura del suelo

Se determinó una textura Arcilloso arenoso, siendo este un suelo ideal para la producción agrícola. Por efecto de la cohesión y combinación de partículas que prevalecen con las propiedades más importantes relacionadas con los nutrientes del suelo. (Ver anexo 12, pág. iv)

b) Porcentaje de la humedad o contenido de agua en el suelo

Según los análisis se reveló un porcentaje de humedad en base al suelo de 36.84 %, expresada como un valor medio, siendo esta la cantidad de absorción activa disponible que puede contener el suelo, siendo un valor óptimo para el desarrollo y crecimiento de la caña de azúcar.

c) Capacidad de campo (Cc)

Se ha estimado un valor de 25.99 % evaluándose como un valor medio, y expresa la cantidad de agua que puede retener el suelo en contra de la aceleración de la gravedad, por lo cual esta propiedad se considera con las condiciones adecuadas para la retención de agua, favoreciendo la reposición de la lámina de riego. (Ver anexo 7, pág. iii)

d) Punto de marchitez permanente (PMP)

Se obtuvo el resultado de 11.8 %, representando en % de agua no disponible al llegar a esta condición, es decir, agua que se encuentra fuertemente retenida por diferentes fuerzas y que a las plantas se les dificulta su aprovechamiento.

e) Densidad aparente (Da)

El resultado de densidad aparente que se obtuvo fue de 0.89 gr/cm³, Clasificándose como baja debido a que el suelo es de horizonte volcánico, la cual indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento óptimo del cultivo por que el suelo posee bajas características de compactación. (Ver anexo 11, pág. iv)

f) Densidad real (Dr)

Se obtuvo un valor de 2.32 gr/cm³, evaluándose como un valor bajo, significa que el suelo posee mucha materia orgánica. (Ver anexo 13, pág. iv)

g) Porosidad total (Pt)

El suelo arrojó un valor de 61.64 % según su estructura y textura, lo que califica como una porosidad alta, ya que pertenece al tipo de horizonte volcánico. (Ver anexo 4, pág. iii)

h) Potencial de hidrógeno (Ph)

Realizando el análisis se encontró que el suelo posee un PH de 7.01 clasificándose como un suelo con PH neutro, adecuado para la absorción y disposición de los nutrientes de manera general para los diferentes cultivos. (Ver anexo 8, pág. iii)

i) Conductividad eléctrica (Ce)

Se determinó que el valor de la conductividad eléctrica tiene un valor de 0.754 milisiemens/cm, siendo este no salino. Lo que da entender que no habrá desequilibrio iónico en el cultivo por lo tanto la absorción de sales y minerales no se verá afectada favoreciendo a la planta a su crecimiento y desarrollo. (Ver anexo 9, pág. iv)

j) Velocidad de infiltración del suelo

A partir de los datos obtenidos en campo, se determinó la velocidad de infiltración (método de campo Porchet), con un valor de 40.848 mm/hr, lo que representa que la velocidad de infiltración es moderada, este valor sería la profundidad resultante en un periodo de intervalos de 5, 10, 15 minutos, hasta completar 120 minutos de prueba, es decir 2 horas respectivamente; representando a la vez el comportamiento de la lámina y de la curva de infiltración del suelo. (Ver gráfico 1 y gráfico 2 pág. 60) (Ver anexo 17, pág. vii)

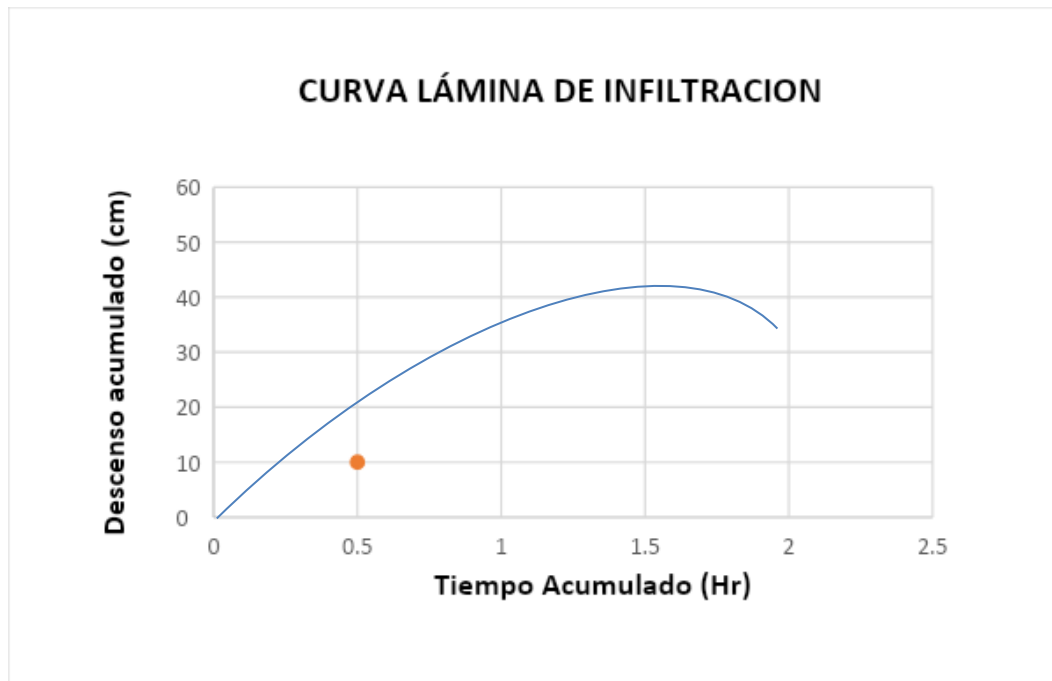
Este valor de infiltración, este valor ha sido tomado en cuenta para la selección de un buen emisor y marco de riego, obteniendo así el valor de intensidad de aplicación (mm/hr), que será aplicada en cada diseño de riego, tomando como norma básica que la intensidad de aplicación sea menor que la velocidad de infiltración. ($I_a < V_{Infiltración}$)

Gráfico 1. Curva de infiltración del suelo



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2. Curva velocidad de infiltración



Fuente: Elaboración propia

k) Velocidad de viento

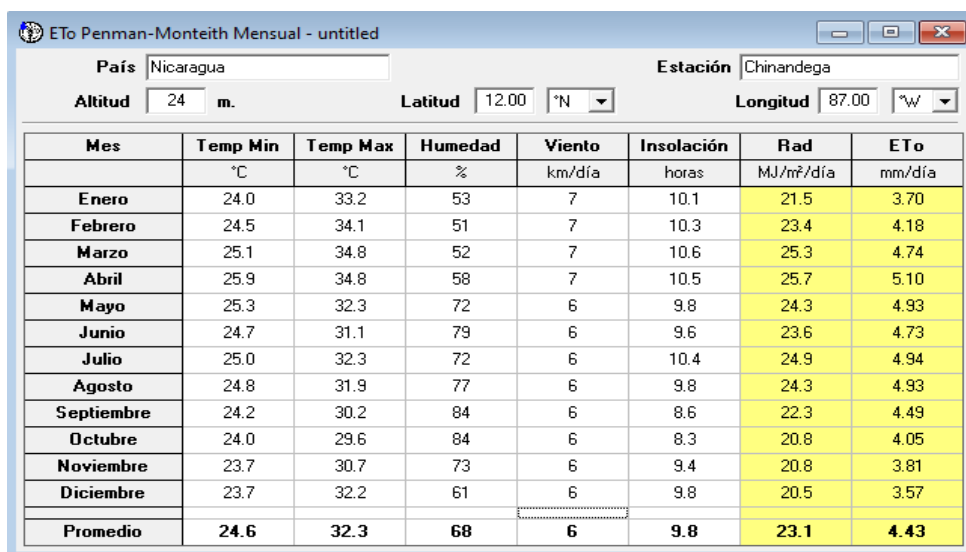
Según la ficha técnica del aspersor que utilizaremos para el diseño de aspersión semi móvil el cual es el cañón Jolly 1 ¼", nos dice que el radio de mojado según el tipo de boquilla de riego es de 23.5 m, Eso multiplicado por 2 para obtener el diámetro de riego el cual sería 47 m, este valor multiplicarlo por el 60% que es el recomendado por nuestra velocidad del viento, nos da como resultado un valor de 28.2 m de espaciamiento entre aspersores.

Por motivos de diseño se busca un valor múltiplo de 6 para que este espaciamiento se adapte a la distancia de venta de tubería de riego, por lo cual tomamos el valor de 24 m x 24 m entre espaciamiento. Se toma el múltiplo por debajo de 28 m para un mejor traslape del riego. (Ver anexo 19, pág. viii)

l) Evapotranspiración de referencia (ETO)

Se determinó que el valor máximo de ETO es de 5.10 mm/día, correspondiente al mes de abril, siendo este mes el que representa una mayor temperatura y sensación térmica en Nicaragua.

Figura 10. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETO)



The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith Mensual' software interface. The location is set to 'Chinandega' in 'Nicaragua' at an altitude of 24 m, latitude 12.00°N, and longitude 87.00°W. The table below displays monthly data for temperature, humidity, wind, insolation, radiation, and reference evapotranspiration (ETO).

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	24.0	33.2	53	7	10.1	21.5	3.70
Febrero	24.5	34.1	51	7	10.3	23.4	4.18
Marzo	25.1	34.8	52	7	10.6	25.3	4.74
Abril	25.9	34.8	58	7	10.5	25.7	5.10
Mayo	25.3	32.3	72	6	9.8	24.3	4.93
Junio	24.7	31.1	79	6	9.6	23.6	4.73
Julio	25.0	32.3	72	6	10.4	24.9	4.94
Agosto	24.8	31.9	77	6	9.8	24.3	4.93
Septiembre	24.2	30.2	84	6	8.6	22.3	4.49
Octubre	24.0	29.6	84	6	8.3	20.8	4.05
Noviembre	23.7	30.7	73	6	9.4	20.8	3.81
Diciembre	23.7	32.2	61	6	9.8	20.5	3.57
Promedio	24.6	32.3	68	6	9.8	23.1	4.43

Fuente: Elaboración propia - Software Cropwat

m) Necesidades hídricas (Coeficiente del cultivo Kc)

Se han tomado los valores, según los estudios considerados de valores de (Kc) recomendados por la FAO, para cultivos no estresados y bien manejados. Tomando así el valor de mayor (Kc) en sus etapas de mayores necesidades hídricas. (Ver anexo 20, pág. ix)

Tabla 7. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas en el cultivo de la caña de azúcar

CULTIVO	Kc (ini)	Kc (med)	Kc (fin)
Caña de azúcar	0.4	1.2	0.8

Fuente: FAO

n) Determinación de la evapotranspiración real (ETC o ETR)

Tomando en consideración el valor mayor (Kc) 1.20, en sus etapas máxima de demanda hídrica, para el diseño de riego.

o) Determinación de la profundidad efectiva del suelo

En esta investigación, se llevó a cabo una excavación hasta identificar el punto de mayor desarrollo de raíces en la caña de azúcar, que sirve como indicador para determinar la profundidad necesaria de la lámina de reposición de agua. Los resultados arrojaron una profundidad efectiva de 25 centímetros.

7.5 Diseño del sistema de riego por goteo

7.5.1 Diseño agronómico para el sistema de riego por goteo

Tabla 8. Datos del diseño agronómico para el riego por goteo

Datos del suelo		
Descripción	Valor	Unidad de medida
Capacidad de campo (Cc)	25.99	%
Punto de marchitez permanente (PMP)	11.8	%
Densidad aparente (Da)	0.89	g/cm ³
Profundidad efectiva (Pe)	250	mm
Porcentaje de agotamiento (LARA)	60	%
Datos del ambiente		
Área	4.01	Ha
Cultivo		Caña de azúcar
Evapotranspiración potencial (Eto)	5.1	mm/día
Coeficiente del cultivo (Kc)	1.2	Adimensional
Evapotranspiración real (ETr)	6.12	mm/día
Eficiencia esperada	90	%
Uso consuntivo máximo diario (DHB)	6.8	mm/día
Datos de riego		
Método de riego	Flujo libre	Goteo
Marco de plantación	Lineal	m
Frecuencia de riego	1	Diario
Caudal del emisor	1	LPH
Presión de trabajo	1	bar
Espaciamiento entre emisores (Ee)	0.3	m
Espaciamiento entre laterales (El)	1.2	m
Caudal de bombeo disponible	22.73	m ³ /hr
Nivel dinámico de bombeo	4.5	m

Fuente: Elaboración propia

7.5.2 Datos y procedimientos para el diseño de sistema de riego por goteo

a) Evapotranspiración real (ETR)

$$ETr = 5.10 \text{ mm/día} \times 1.20$$

$$\mathbf{ETr = 6.12 \text{ mm/día}}$$

Se ha determinado un valor de 6.12 mm/día, lo que indica un balance con relación a datos climáticos y el coeficiente de evaporación del cultivo.

b) Porcentaje de área regada (PAR)

$$\%PAR = \left(\frac{0.9}{1.2} \right) \times 100$$

$$\%PAR = \mathbf{75\%}$$

El porcentaje de área regada corresponde al 75% del área total, significa que el riego se concentra mayormente alrededor del lateral.

c) Lámina de riego

$$Lr = \left(\frac{(25.99 - 11.80)}{100} * 0.89 \text{ gr/cm}^3 * 25 \text{ cm} * 0.75 \text{ (PAR)} \right)$$

$$\mathbf{Lr = 2.37 \text{ cm} \approx 23.68 \text{ mm}}$$

Se determinó un valor de 23.68 mm correspondiente a la lámina de riego que deberá tener el suelo y la humedad máxima que pueda retener, quiere decir cuando llegas la capacidad de campo.

d) Lámina neta para aplicar

$$L_n = 23.68 \text{ mm} \times 0.60$$

$$L_n = 14.21 \text{ mm}$$

La Lámina neta obtenida es de 14.21 mm considerando un porcentaje de agotamiento del 60%, esta misma evitará que el suelo llegue a su punto de marchitez permanente.

e) Agotamiento permisible

En el diseño, se ha permitido agotar un 60% de la lámina de riego, lo que corresponde a la lámina neta aplicar, según experiencias se tomará en consideración regar cuando se haya consumido entre (60%) en cultivos de raíces profundas, esto será el % que se dejará agotar en el suelo de estudio.

f) Demanda hídrica bruta

$$D_{hb} = \left(\frac{6.12 \text{ mm/día}}{0.90} \right)$$

$$D_{hb} = 6.80 \text{ mm/día}$$

Este será el valor real de la lámina a aplicar al cultivo (déficit), correspondiente a 6.80 mm/día, con respecto a la evapotranspiración real de 6.12 mm/día y la eficiencia del diseño correspondiente a un 90%.

g) Frecuencia de riego

$$Fr = \left(\frac{14.21}{6.80} \right)$$

$$Fr = 2.09 \text{ días} \approx 2 \text{ días}$$

Tenemos que la frecuencia de aplicación de agua es cada 2 días.

h) Lámina neta corregida (2 DÍAS)

$$Lc = 2 \text{ días} \times 6.80 \text{ mm/día}$$

$$\mathbf{Lc = 13.60 \text{ mm}}$$

Siendo la lámina real por aplicar al cultivo para dos días es de 13.60 mm/día.

i) Tiempo de riego en base a la lámina corregida

$$Tr = \left(\frac{13.60 \text{ mm/día}}{2.78 \text{ mm/hr}} \right)$$

$$\mathbf{Tr = 4.89 \text{ hr/día}}$$

El tiempo de riego es de 4.89 hr/día, siendo este el tiempo en horas por día que debe durar la aplicación de riego diaria por turno de riego para satisfacer la lámina neta corregida, a la profundidad y marco de riego establecidos y así poder llegar a capacidad de campo.

j) Lámina neta corregida (DIARIA)

$$Lc = 1 \text{ días} \times 6.80 \text{ mm/día}$$

$$\mathbf{Lc = 6.80 \text{ mm}}$$

Nota: Se utilizó la frecuencia de riego diaria debido a que la lámina neta corregida que es de 13.60 mm/día, lo cual debido a la intensidad de aplicación del gotero que es de 2.78 mm/hr, nos extiende el tiempo de riego por turno a 4.89 hr/día, obteniendo una jornada de 24.45 horas/día, esta es mayor a la que se puede regar en el diseño del riego por goteo.

k) Tiempo de riego

$$Tr = \left(\frac{6.80 \text{ mm/día}}{2.78 \text{ mm/hr}} \right)$$

$$\mathbf{Tr = 2.45 \text{ hr/día}}$$

Este tendrá un valor de 2.45 hr/día, siendo este el tiempo en horas por día que debe durar la aplicación de riego diaria por turno de riego para satisfacer la lámina neta corregida, a la profundidad y marco de riego establecidos.

l) Caudal requerido

$$Qr = \frac{4.01 \text{ (ha)} \times 6.8 \text{ mm} \times 10}{12.5 \text{ horas}}$$

$$\mathbf{Qr = 21.81 \text{ m}^3/\text{hr} \approx 96 \text{ gpm}}$$

Nota: El pozo artesanal nos brinda un caudal de 22.73 m³/hr o 100 galones por minuto, el cual es suficiente para el requerimiento del diseño del sistema de riego por goteo.

m) Intensidad de aplicación

$$Ia = \frac{1.0 \text{ lph}}{0.30 \text{ m} \times 1.20 \text{ m}} = \mathbf{2.78 \text{ mm/hr}}$$

El resultado obtenido de la fórmula de intensidad de aplicación es de 2.78 mm/ hr. Dando como resultado una óptima relación con el suelo ya que esta intensidad va relacionada con la lámina de riego a reponerse.

n) Caudal por hectárea

$$Qha = 2.78 \text{ mm/hr} \times 10 = \mathbf{27.78 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

El caudal por hectárea es de 27.78 m³/hr, este es el caudal que demanda 1 hectárea en la superficie del terreno.

o) Caudal total

$$QT = 27.78 \text{ m}^3/\text{hr} * 4.01 \text{ ha} = \mathbf{111.39 \text{ m}^3/\text{hr} \approx 490.11 \text{ gpm}}$$

El caudal total a utilizar en toda la superficie del terreno es de 111.39 m³/hr.

p) Números de turnos

$$N^\circ \text{ turnos} = \frac{111.39 \text{ m}^3/\text{hr}}{22.73 \text{ m}^3/\text{hr}} = \mathbf{4.90 \text{ turnos} \approx 5 \text{ turnos}}$$

Los números de turnos son 5, en el cual toda el área del terreno se debe dividir en partes iguales.

q) Área por turno de riego

$$AT = \frac{4.01 \text{ ha}}{5 \text{ turnos}} = \mathbf{0.802 \text{ ha}}$$

El área por turno de riego es de 0.802 hectáreas, esta debe de ser el área por turno para poder regar con el caudal que dispone la fuente hídrica.

r) Caudal total por área de turno

$$Q_{\text{TURNO}} = 0.802 \text{ ha} \times 27.78 \text{ m}^3/\text{hr} = \mathbf{22.28 \text{ m}^3/\text{hr} \approx 98 \text{ gpm}}$$

El caudal total que demanda cada turno es de 98 galones por minutos.

s) Jornada

$$J_r = 2.45 \text{ horas} \times 5 \text{ turnos} = \mathbf{12.23 \text{ horas} \approx 12 \text{ horas con } 14 \text{ minutos}}$$

La jornada completa del riego dura 12.23 horas.

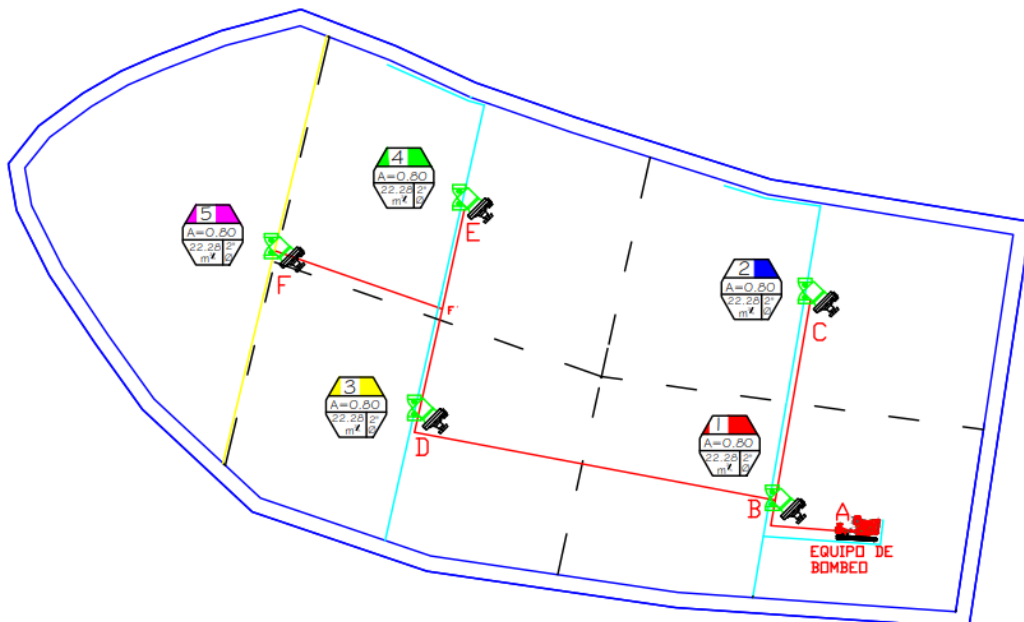
t) N° de válvulas por turno

$$N^{\circ} \text{ de val} = \frac{98 \text{ gpm}}{110 \text{ gpm}} = 0.89 \approx 1 \text{ Válvula}$$

El número de válvulas por turno que se debe utilizar es 1 válvula por turno de riego.

7.6 Datos y procedimiento del diseño geométrico

Figura 11. Diseño de conducción y válvulas para el sistema de riego por goteo

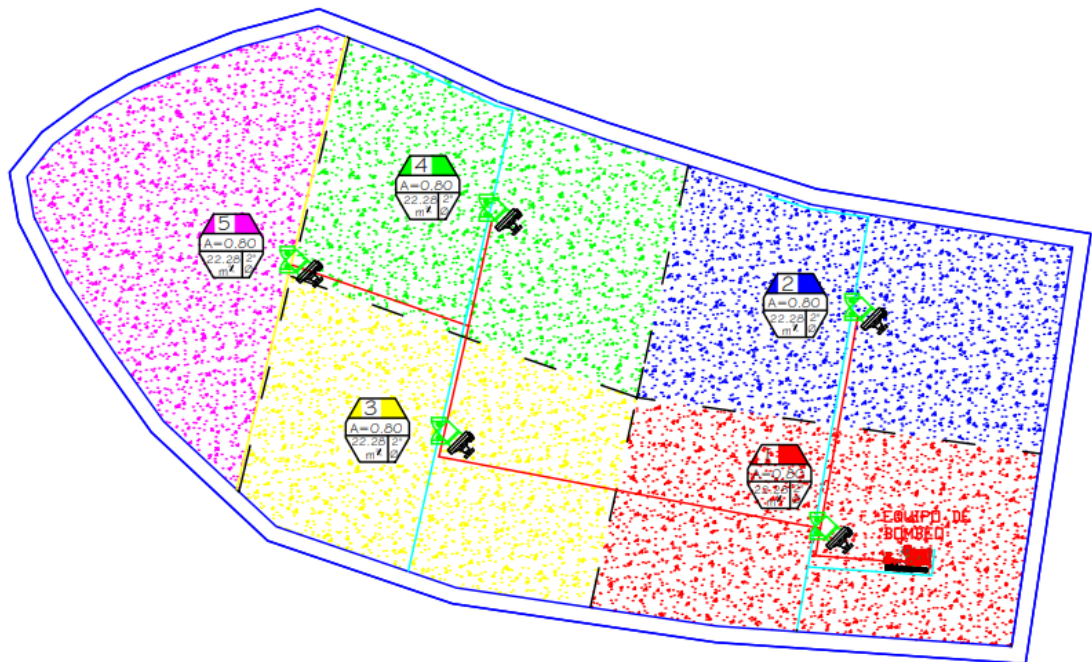


Fuente: Elaboración propia

Los turnos de riego y disposición de las tuberías permiten que el agua se transporte uniformemente hasta el punto crítico, resultando en un riego eficiente. La distribución con dirección Este - Oeste en relación a la dirección de siembra, está conformada de 5 turnos con 5 válvulas correspondientes de riego, cada una cubriendo un área de 0.8 hectáreas.

La tubería manifold (Celeste) del turno 1 al 4 es de 1 ½" de diámetro con 387 metros de longitud y la tubería manifold (Amarilla) del turno 5 es de 2" de diámetro con una longitud de 142 metros. La tubería conductora (Roja), que parte desde el equipo de bombeo hasta el turno 5 cuenta con 347 metros de longitud.

Figura 12. División de turnos y lateral de riego para el sistema de riego por goteo



Fuente: Elaboración propia

7.7 Diseño hidráulico para el sistema de riego por goteo

a) Cálculo del diámetro de tubería de conducción del riego por goteo

Ecuación de continuidad:

Turno 1,2,3,4,5

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.0062) \left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi (1.10)m/s}}$$

$$D = 0.0847 \text{ m} \approx 3 \text{ pulg}$$

b) Cálculo del diámetro de la tubería del manifold del riego por goteo

Turno 1,2,3,4,5

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.0031) \left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi (1.93)m/s}}$$

$$D = 0.0452 \text{ m} \approx 1 \frac{1}{2} \text{ pulg}$$

c) Cálculo del diámetro de la tubería del lateral del riego por goteo

Turno 1,2,3,4,5

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.000061) \left(\frac{m^3}{s}\right)}{\pi (0.30)m/s}}$$

$$D = 0.016 \text{ m} \approx \frac{5}{8} \text{ pulg}$$

d) Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería de conducción con Hazzen William (Riego por goteo)

Fórmula de Hazen Williams:

Turno 1

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{31 \text{ m}}{0.08458^{4.87} (\text{m})} \right) \times 0.00618^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$**hf = 0.42 m**$$

Turno 2

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{96 \text{ m}}{0.08458^{4.87} (\text{m})} \right) \times 0.00618^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$**hf = 1.30 m**$$

Turno 3

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{155 \text{ m}}{0.08458^{4.87} (\text{m})} \right) \times 0.00618^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$**hf = 2.10 m**$$

Turno 4

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{223 \text{ m}}{0.08458^{4.87} (\text{m})} \right) \times 0.00618^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$**hf = 3.03 m**$$

Turno 5

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{247 \text{ m}}{0.08458^{4.87} (\text{m})} \right) \times 0.00618^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$hf = 3.35 \text{ m}$$

e) Cálculo de la velocidad de la tubería de conducción en función del caudal en el sistema de riego por goteo

Fórmula de velocidad:

$$V = \frac{0.00618 (\text{m}^3/\text{s})}{0.00562 (\text{m}^2)}$$

$$V = 1.10 \text{ m/s}$$

f) Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería del manifold con Hazzen Williams (Riego por goteo)

Turno 1

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{32 \text{ m}}{0.04522^{4.87} (\text{m})} \right) \times 0.00309^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$hf = 2.54 \text{ m}$$

Turno 2

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{33 \text{ m}}{0.04522^{4.87} (\text{m})} \right) \times 0.00309^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$hf = 2.62 \text{ m}$$

Turno 3

$$hf = \left(\frac{10.679}{150}\right) \times \left(\frac{37 \text{ m}}{0.04522^{4.87}(\text{m})}\right) \times 0.00309^{1.852}(\text{m}^3/\text{seg})$$

$$hf = 2.93 \text{ m}$$

Turno 4

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}}\right) \times \left(\frac{36 \text{ m}}{0.04522^{4.87}(\text{m})}\right) \times 0.00309^{1.852}(\text{m}^3/\text{seg})$$

$$hf = 2.85 \text{ m}$$

Turno 5

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}}\right) \times \left(\frac{71 \text{ m}}{0.05663^{4.87}(\text{m})}\right) \times 0.00309^{1.852}(\text{m}^3/\text{seg})$$

$$hf = 1.88 \text{ m}$$

g) Cálculo de las pérdidas corregidas con factor de Christiansen

Se calcularon las perdidas con Christiansen en salidas múltiples en la tubería secundaria (manifold) y laterales de riego.

Turno 1

$$N^{\circ} \text{ SM} = \frac{32 \text{ m}}{1.2 \text{ m}} = 27 \text{ salidas}$$

Turno 2

$$N^{\circ} \text{ SM} = \frac{33 \text{ m}}{1.2 \text{ m}} = 28 \text{ salidas}$$

Turno 3

$$N^{\circ} \text{ SM} = \frac{37 \text{ m}}{1.2 \text{ m}} = \mathbf{31 \text{ salidas}}$$

Turno 4

$$N^{\circ} \text{ SM} = \frac{36 \text{ m}}{1.2 \text{ m}} = \mathbf{30 \text{ salidas}}$$

Turno 5

$$N^{\circ} \text{ SM} = \frac{71 \text{ m}}{1.2 \text{ m}} = \mathbf{59 \text{ salidas}}$$

h) Pérdidas por fricción corregidas con Christiansen

Turno 1

$$h_{fc} = 2.54 \text{ m} * 0.364 = \mathbf{0.92 \text{ m}}$$

Turno 2

$$h_{fc} = 2.62 \text{ m} * 0.363 = \mathbf{0.95 \text{ m}}$$

Turno 3

$$h_{fc} = 2.93 * 0.361 = \mathbf{1.06 \text{ m}}$$

Turno 4

$$h_{fc} = 2.85 * 0.362 = \mathbf{1.03 \text{ m}}$$

Turno 5

$$h_{fc} = 1.88 * 0.353 = \mathbf{0.66 \text{ m}}$$

i) Cálculo de la velocidad de las tuberías del manifold en función del caudal en el sistema de riego por goteo

Turno 1,2,3,4

$$V = \frac{0.00309 \text{ (m}^3\text{/s)}}{0.001606 \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$\mathbf{V = 1.93 \text{ m/s}}$$

Turno 5

$$V = \frac{0.00309 \text{ (m}^3\text{/s)}}{0.00252 \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$\mathbf{V = 1.23 \text{ m/s}}$$

j) Cálculo de las pérdidas por fricción del lateral de riego por goteo con Hazzen Williams

Fórmula:

$$N^{\circ}SL = \frac{L.L.R}{Egotero}$$

$$qL = N^{\circ}SL * Qgotero$$

Turno 1

$$N^{\circ}SL = \frac{66 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = \mathbf{220 \text{ salidas}}$$

$$qL = 220 \text{ salidas} * 1 \text{ Lph} = 220 \text{ Lph} \approx 0.22 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Turno 2

$$N^{\circ}SL = \frac{65 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = \mathbf{217 \text{ salidas}}$$

$$qL = 217 \text{ salidas} * 1 \text{ Lph} = 217 \text{ Lph} \approx 0.22 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Turno 3

$$N^{\circ}SL = \frac{57 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = \mathbf{190 \text{ salidas}}$$

$$qL = 190 \text{ salidas} * 1 \text{ Lph} = 190 \text{ Lph} \approx 0.19 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Turno 4

$$N^{\circ}SL = \frac{57 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = \mathbf{190 \text{ salidas}}$$

$$qL = 190 \text{ salidas} * 1 \text{ Lph} = 190 \text{ Lph} \approx 0.19 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Turno 5

$$N^{\circ}SL = \frac{85 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = \mathbf{283 \text{ salidas}}$$

$$qL = 283 \text{ salidas} * 1 \text{ Lph} = 283 \text{ Lph} \approx 0.28 \text{ m}^3/\text{hr}$$

k) Cálculo de las pérdidas con Hazen Williams

Turno 1

$$hf = \left(\frac{10.679}{140^{1.852}} \right) \times \left(\frac{66 \text{ m}}{0.016^{4.87}(\text{m})} \right) \times 0.0000611^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$\mathbf{hf = 0.65 \text{ m}}$$

Turno 2

$$hf = \left(\frac{10.679}{140^{1.852}} \right) \times \left(\frac{65 \text{ m}}{0.016^{4.87}(\text{m})} \right) \times 0.0000611^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$\mathbf{hf = 0.64 \text{ m}}$$

Turno 3

$$hf = \left(\frac{10.679}{140} \right) \times \left(\frac{57 \text{ m}}{0.016^{4.87}(\text{m})} \right) \times 0.0000528^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$\mathbf{hf = 0.43 \text{ m}}$$

Turno 4

$$hf = \left(\frac{10.679}{140^{1.852}} \right) \times \left(\frac{57 \text{ m}}{0.016^{4.87}(\text{m})} \right) \times 0.0000528^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$\mathbf{hf = 0.43 \text{ m}}$$

Turno 5

$$hf = \left(\frac{10.679}{140^{1.852}} \right) \times \left(\frac{85 \text{ m}}{0.016^{4.87}(\text{m})} \right) \times 0.0000778^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$\mathbf{hf = 1.34 \text{ m}}$$

I) Pérdidas las pérdidas corregidas con Christiansen

Fórmula:

$$h_{fc} = h_f * \text{Factor}$$

Turno 1

$$h_{fc} = 0.65 \text{ m} * 0.347 = \mathbf{0.23 \text{ m}}$$

Turno 2

$$h_{fc} = 0.64 \text{ m} * 0.347 = \mathbf{0.22 \text{ m}}$$

Turno 3

$$h_{fc} = 0.43 \text{ m} * 0.347 = \mathbf{0.15 \text{ m}}$$

Turno 4

$$h_{fc} = 0.43 \text{ m} * 0.347 = \mathbf{0.15 \text{ m}}$$

Turno 5

$$h_{fc} = 1.34 \text{ m} * 0.348 = \mathbf{0.47 \text{ m}}$$

m) Cálculo de la velocidad de las tuberías del lateral en función del caudal en el sistema de riego por goteo

Turno 1,2

$$V = \frac{0.0000611 \text{ (m}^3/\text{s)}}{0.00020 \text{ (m}^2)}$$

$$V = \mathbf{0.30 \text{ m/s}}$$

Turno 3,4

$$V = \frac{0.0000528 \text{ (m}^3/\text{s)}}{0.00020 \text{ (m}^2)}$$

$$V = \mathbf{0.26 \text{ m/s}}$$

Turno 5

$$V = \frac{0.0000778 \text{ (m}^3/\text{s)}}{0.00020 \text{ (m}^2)} = \mathbf{0.39 \text{ m/s}}$$

n) Cálculo de la pérdida máxima permitida en el lateral

$$h_{f\text{m}\acute{a}x} = P_o * 15\%$$

$$h_{f\text{m}\acute{a}x} = 10.2 \text{ mca} * 15\%$$

$$h_{f\text{m}\acute{a}x} = 1.53 \text{ mca}$$

7.7.1 Cálculo de carga total dinámica (CTD) – Riego por goteo

$$CTD = 4.5 + (0.47 + 0.66 + 3.35 + 0.15 + 2.99 + 1.41 + 0.25 + 0.51) + 10.2 + 2$$

$$CTD = 26.49 \text{ metros} \approx 86.91 \text{ pies}$$

Tabla 9. Carga total dinámica - Diseño por goteo

PRESIÓN EN DESCARGA	
DESCRIPCIÓN	PRESIÓN (MTS)
EMISOR	10.2
LATERAL	0.47
MANIFOLD	0.66
CONDUCCIÓN	3.35
CAUDALIMETRO	0.15
FILTRADO	2.99
DESNIVEL	2
VÁLVULA HIDRÁULICA	1.41
NIVEL DINÁMICO	4.5
VÁLVULA CHECK	0.25
ACCESORIOS	0.51
PRESIÓN TOTAL (MTS)	26.50
PRESIÓN TOTAL (PIES)	86.91

Fuente: Elaboración propia

(Ver anexo 27, pág. xiii)

(Ver anexo 28, pág. xiv)

(Ver anexo 29, pág. xiv)

(Ver anexo 30, pág. xv)

(Ver anexo 31, pág. xvi)

(Ver anexo 32, pág. xvi)

7.7.2 Cálculo de la potencia de bombeo

Se determinó la potencia de nuestro equipo de bombeo para poder compensar las pérdidas por fricción y que el sistema opere correctamente a través de la fórmula siguiente:

$$P_{hp} = \frac{100 \text{ gpm} \times 86.91 \text{ pies}}{3960 \times 0.90}$$

$$P_{hp} = 2.44 \text{ hp}$$

Tabla 10. Potencia del equipo de bombeo

POTENCIA DEL MOTOR (HP)	2.44
DATOS TECNICOS	
CAUDAL GALONES POR MINUTO	100
EFICIENCIA	0.9

Fuente: Elaboración propia

7.7.3 Sarta de descarga del sistema de riego por goteo

La sarta de descarga del sistema de riego por goteo presenta un diámetro de 3 pulgadas. En este sistema, se emplea un equipo de bombeo equipado con una bomba centrífuga de 7.5 caballos de fuerza (hp), que proporciona un caudal de 100 galones por minuto. Los componentes que integran la sarta de descarga son los siguientes: Válvula de aire de 1 pulgada, Manómetro de glicerina, Hidrociclón de 3 pulgadas, Filtro de anillo de 3", Caudalímetro de 3 pulgadas y Válvula check de 3 pulgadas. (Ver anexo 2, pág. ii)

Figura 13. Cálculo hidráulico en la tubería de conducción del punto crítico – Riego por goteo.

TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO		C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
			Pulg.	mm				
CONDUCCION 1								
A - F	247	22.28	3"	84.58	150	3.35	1.10	4.76
TOTAL PERDIDA						3.35		4.76
LATERAL								
lateral	85	0.283	5/8"	16	140	1.34	0.39	1.91
1	SUMAS - PERDIDA					1.34		
2	HF CORRERGIDA					0.47		
1								
MANIFOLD								
1	71	11.14	2"	56.63	150	1.88	1.23	2.68
1	SUMAS - PERDIDA					1.88		2.68
	HF CORRERGIDA					0.66		

Fuente: Elaboración propia

7.8 Listado de materiales y presupuesto del diseño de riego por goteo

Se tomó en cuenta la distribución para el cálculo de unidades y longitudes necesarias para el funcionamiento óptimo del diseño. Así como el detalle de elementos que componen la sarta de descarga.

Además, se hizo un detalle de las cantidades y precios de los rollos de cinta de goteo a utilizar, longitudes de tubería, codos, adaptadores, conectores, pegamento y demás elementos que forman parte de la distribución del diseño. Luego se procedió a realizar el cálculo del presupuesto con un valor de la inversión en materiales expresada en la moneda **USD**. (Ver anexo 47, pág. xxiv) (Ver anexo 48, pág. xxv) (Ver anexo 49, pág. xxvi)

7.8.1 Cálculo de los materiales a utilizar en el sistema de riego por goteo:

a) Tuberías de conducción

Turno 1: 31 metros

Turno 2: 66 metros

Turno 3: 124 metros

Turno 4: 68 metros

Turno 5: 57 metros

Σ Tubería de 3" = 346 metros

$$\text{N}^\circ \text{ TB Conducción PVC 3"} = \frac{\text{Metros lineales de conducción 3"}}{\text{Longitud de tubería (m)}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ TB Conducción PVC 3"} = \frac{346 \text{ m}}{5.85 \text{ m}} = 60 \text{ Tubos}$$

b) Tuberías de Manifold

Turno 1: 64 metros + Manifold ciego: 46 metros

$$\Sigma \text{ Tubería: 110}$$

Turno 2: 66 metros + Partes que no se riegan: 32 metros

$$\Sigma \text{ Tubería: 98 metros}$$

Turno 3: 74 metros

Turno 4: 72 metros + Partes que no se riegan: 33 metros

$$\Sigma \text{ Tubería: 105 metros}$$

$$\Sigma \text{ Tubería de 1 1/2"} = 387 \text{ metros}$$

Turno 5: 142 metros

$$\Sigma \text{ Tubería de 2" } = 142 \text{ metros}$$

$$\text{Nº TB Manifold PVC} = \frac{\text{Metros lineales del manifold}}{\text{Longitud de tubería (m)}}$$

$$\text{Nº TB Manifold PVC 1 1/2" } = \frac{387 \text{ m}}{5.85 \text{ m}} = 66 \text{ Tubos} + 2 \text{ tubos para lavado}$$

$$\text{Nº TB Manifold PVC 2" } = \frac{142 \text{ m}}{5.85 \text{ m}} = 25 \text{ Tubos (con lavado a ambos lados)}$$

c) Cinta de goteo

$$\text{Metros de cinta} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)}}{\text{Espaciamiento entre surcos (m)}}$$

$$\text{Nº Rollos de cinta} = \frac{\text{Metros lineales (m)}}{\text{Longitud del rollo (m)}}$$

$$\text{Metros de cinta} = \frac{40,100 \text{ (m}^2\text{)}}{1.2 \text{ (m)}}$$

$$\text{Nº Rollos de cinta} = \frac{33,416.67 \text{ (m)}}{2,300 \text{ (m)}} = 14.53 \approx 15 \text{ Rollo de cinta de goteo}$$

d) Conectores para laterales – PVC x 16 mm más empaque

$$\text{Conector PVC x 16 mm} = \frac{\text{Mts lineales TB Manifold x 2 (Ambos lados)}}{\text{Espaciamiento entre surcos (m)}}$$

Turno 1 - Manifold Ciego: 8 metros

$$\text{Conector PVC X 16 mm} = \frac{(64 \text{ m} + 8 \text{ m}) \times 2}{1.2 \text{ m}} = 120 \text{ conectores}$$

Turno 2

$$\text{Conector PVC X 16 mm} = \frac{(66 \text{ m} + 12 \text{ m}) \times 2}{1.2 \text{ m}} = 130 \text{ conectores}$$

Turno 3

$$\text{Conector PVC X 16 mm} = \frac{74 \text{ m} \times 2}{1.2 \text{ m}} = 123.33 \text{ conectores}$$

Turno 4

$$\text{Conector PVC X 16 mm} = \frac{(72 \text{ m} + 27 \text{ m}) \times 2}{1.2 \text{ m}} = 165 \text{ conectores}$$

Turno 5

$$\text{Conector PVC x 16 mm} = \frac{142 \text{ m}}{1.2 \text{ m}} = 118.33 \text{ conectores}$$

$$\Sigma \text{ Conectores PVC x 16 mm} = 656.66 \approx 657 \text{ conectores}$$

e) Conector 16 mm x cinta

Es la misma cantidad de conectores PVC x 16 mm más empaque, en el cual son 657 conectores de 16 mm x cinta.

f) Manguera de polietileno de 16 mm

$$\text{Mts mang PE} = \frac{ML \text{ TB Manifold} \times 2 \text{ (Ambos lados)}}{\text{Espaciamiento entre surcos (m)}} \times \text{Prof. Zanja}$$

Turno 1

ML TB Manifold: 72 m

$$\text{Mts mang PE} = \frac{72 \times 2 \text{ (Ambos lados)}}{1.2 \text{ (m)}} \times 1.5 \text{ m} = 180 \text{ mts}$$

Turno 2

ML TB Manifold: 78 m

$$\text{Mts mang PE} = \frac{78 \times 2 \text{ (Ambos lados)}}{1.2 \text{ (m)}} \times 1.5 \text{ m} = 195 \text{ mts}$$

Turno 3

ML TB Manifold: 74 m

$$\text{Mts mang PE} = \frac{74 \times 2 \text{ (Ambos lados)}}{1.2 \text{ (m)}} \times 1.5 \text{ m} = 185 \text{ mts}$$

Turno 4

ML TB Manifold: 99 m

$$\text{Mts mang PE} = \frac{99 \times 2 \text{ (Ambos lados)}}{1.2 \text{ (m)}} \times 1.5 \text{ m} = 247.50 \text{ mts}$$

Turno 5

ML TB Manifold: 142 m

$$\text{Mts mang PE} = \frac{142}{1.2 \text{ (m)}} \times 1.5 \text{ m} = 177.50 \text{ mts} - \Sigma \text{ Mts mang PE} = 985 \text{ m}$$

7.9 Diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil

7.9.1 Diseño agronómico para el diseño de riego por aspersión semi móvil

Tabla 11. Datos de diseño agronómico por aspersión semi móvil

Datos del suelo		
Descripción	Valor	Unidad de medida
Capacidad de campo (Cc)	25.99	%
Punto de marchitez permanente (PMP)	11.8	%
Densidad aparente (Da)	0.89	g/cm ³
Profundidad efectiva (Pe)	250	mm
Porcentaje de agotamiento (LARA)	60	%
Datos del ambiente		
Área	4.01	Ha
Cultivo		Caña de azúcar
Evapotranspiración potencial (Eto)	5.1	mm/día
Coeficiente del cultivo (Kc)	1.2	Adimensional
Evapotranspiración real (Etr)	6.12	mm/día
Eficiencia esperada	0.85	%
Uso consuntivo máximo diario (DHB)	7.20	mm/día
Datos de riego		
Método de riego		Aspersión semi móvil
Marco de plantación	Lineal	m
Modelo del aspersor		Cañón Jolly 1 1/4 "
Frecuencia de riego		3 días
Caudal del emisor	10,900	Lph
Presión de trabajo	3	atm
Diámetro mojado	47	m
Espaciamiento entre emisores (Ee)	24	m
Espaciamiento entre laterales (El)	24	m
Número de emisores por lateral	2	-
Caudal de bombeo disponible	22.73	m ³ /hr
Nivel dinámico de bombeo	4.5	m

Fuente: Elaboración propia

7.9.2 Datos y procedimientos del diseño de riego por Aspersión semi móvil

a) Evapotranspiración real (ETr)

$$ETr = 5.10 \text{ mm/día} \times 1.20$$

$$ETr = 6.12 \text{ mm/día}$$

Se ha determinado un valor de 6.12 mm/día, lo que indicaría un balance con relación a la humedad del suelo y el coeficiente de evaporación del cultivo.

b) Lámina de riego

$$Lr = \left(\frac{(25.99 - 11.80)}{100} * 0.89 * 25 \right)$$

$$Lr = 3.16 \text{ cm} \approx 31.57 \text{ mm}$$

Se ha determinado un valor de 31.57 mm correspondiente a la lámina de riego que deberá tener el suelo y la humedad máxima que pueda retener, quiere decir cuando llegas a capacidad de campo.

c) Lámina neta por aplicar

$$Ln = 31.57 \text{ mm} \times 0.60$$

$$Ln = 18.94 \text{ mm}$$

La Lámina neta que se tomará en cuenta será de 18.94 mm, la cual se puede definir como la dosis de agua que puede ser aplicada durante el riego.

d) Agotamiento permisible

En el diseño, se ha permitido agotar un 60% de la lámina de riego, lo que corresponde a la lámina neta aplicar, según experiencias se tomará en consideración regar cuando se haya consumido el 60% en cultivos de raíces profundas, esto sería el % que se dejará agotar en el suelo de estudio.

e) Demanda hídrica bruta

$$Dhb = \left(\frac{6.12 \text{ mm/día}}{0.85} \right)$$

$$\mathbf{Dhb = 7.20 \text{ mm/día}}$$

Este será el valor real de la lámina a aplicar al cultivo, correspondiente a 7.20 mm/día, con respecto a la evapotranspiración real de 6.12 mm/día y la eficiencia del diseño correspondiente a un 85%.

f) Frecuencia de riego

$$Fr = \left(\frac{18.94 \text{ mm}}{7.20 \text{ mm/día}} \right)$$

$$\mathbf{Fr = 2.63 \text{ días} \approx 3 \text{ días}}$$

Siendo esta la frecuencia de aplicación de agua como el número de veces que regaremos en un tiempo determinado.

g) Lámina neta corregida

$$Lc = 3 \text{ días} \times 7.20 \text{ mm/día}$$

$$\mathbf{Lc = 21.60 \text{ mm}}$$

h) Tiempo de riego en base a la lámina corregida

$$Tr = \left(\frac{21.60 \text{ mm}}{18.92 \text{ mm/hr}} \right)$$

$$\mathbf{Tr = 1.14 \text{ hora}}$$

Este tendrá un valor de 1.14 hr, siendo este el tiempo en horas que deberá durar la aplicación de riego diaria por aspersor para satisfacer la lámina neta, a la profundidad y marco de riego establecidos.

i) Caudal requerido

$$Q_r = \frac{4.01 \text{ (ha)} \times 7.2 \text{ mm} \times 10}{12.8 \text{ horas}}$$

$$Q_r = 22.55 \text{ m}^3/\text{hr} \approx 99.24 \text{ gpm}$$

Nota: El pozo artesanal nos brinda un caudal de 22.73 m³/hr o 100 galones por minuto, el cual este será nuestro caudal requerido para diseñar el sistema de riego por aspersión semimóvil.

j) Intensidad de aplicación

$$I_a = \frac{10,900 \text{ lph}}{24 \text{ m} \times 24 \text{ m}} = 18.92 \text{ mm/hr}$$

El resultado obtenido de la siguiente ecuación en base al cálculo de la intensidad de aplicación es de 18.92 mm/hr.

k) Caudal por hectárea

$$Q_{ha} = 18.92 \times 10 = 189.24 \text{ m}^3/\text{hr}$$

El caudal por hectárea obtenido fue de 189.24 m³/hr.

l) Caudal total

El caudal total es representado mediante la multiplicación del caudal por hectárea por el área total de trabajo representado en m³/hr.

$$Q_T = 189.24 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times 4.01 \text{ (ha)} = 758.84 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \approx 3338.88 \text{ gpm}$$

m) Números de turnos (número de posiciones por aspensor)

$$N^\circ \text{ turnos} = \frac{3338.88 \text{ gpm}}{100 \text{ gpm}} = 33.39 \approx 34 \text{ turnos (34 posiciones por aspensor)}$$

Se obtuvo un resultado de 34 turnos en toda el área de estudio.

n) Área por turno de riego

$$AT = \frac{40,100 \text{ m}^2}{34 \text{ turnos}} = \mathbf{1179.41 \text{ m}^2} \approx \mathbf{0.118 \text{ ha}}$$

El área por turno de riego será de 1179.41 metros cuadrados.

o) Número de aspersores regando simultáneamente

$$N^{\circ} \text{ de asp} = \frac{1179.41}{24 \text{ m} \times 24 \text{ m}} = \mathbf{2.048 \text{ Aspersores Cañones}} \approx \mathbf{2 \text{ Aspersores Cañones}}$$

Obteniendo así el resultado de dos cañones por cada área por turno de riego regando simultáneamente.

p) Cambios por día

$$CD = \frac{40,100 \text{ m}^2}{(24 \text{ m} \times 24 \text{ m}) \times 2 \times 3 \text{ Días}} = \mathbf{11.60} \approx \mathbf{12 \text{ Cambios por día}}$$

Los cambios de posiciones serán de 12 cambios por día por posición.

q) Jornada de riego

$$Jr = CD * Tr$$

$$Jr = 12 \text{ cambios / Día} * 1.14 \text{ hr}$$

$$Jr = \mathbf{13.68 \text{ hr/día}}$$

La jornada de riego resultó de 13.68 hr/día, la cual se obtuvo mediante el número de cambios por el tiempo de riego que durará cada cambio de posición en el lateral.

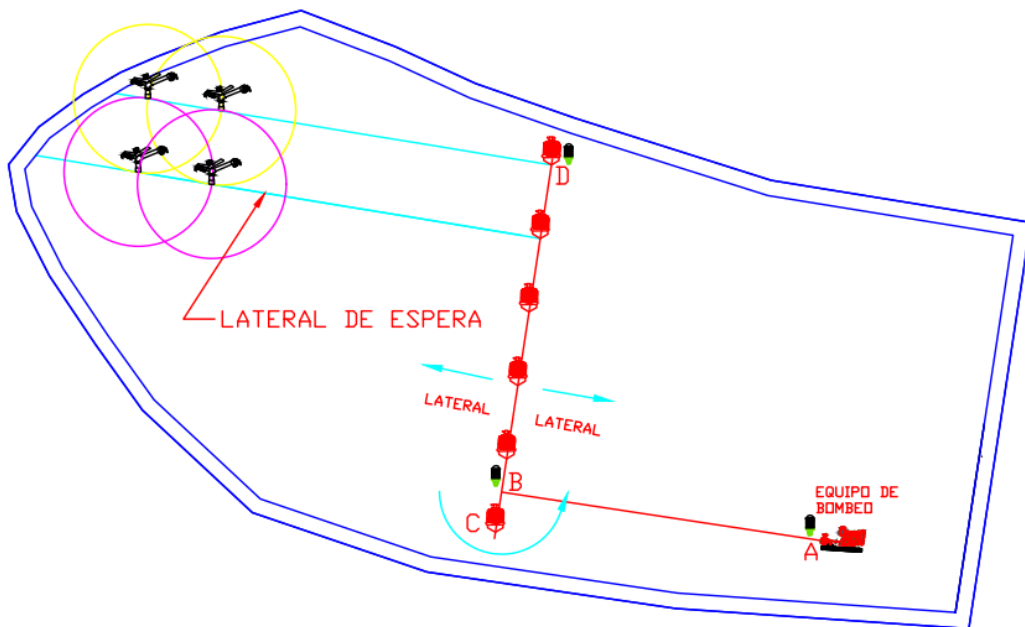
7.10 Diseño geométrico para el sistema de riego por aspersión Semi móvil

En la elaboración del diseño de riego por aspersión semi móvil, posterior al levantamiento de datos topográficos del terreno, velocidad del viento y diseño agronómico, se realizó el plano de tubería de conducción e hidrantes en el que se detalla la ubicación del equipo de bombeo, la dirección de la tubería conductora, dirección de la tubería lateral la cual viene siendo igual que la dirección de siembra y el radio de alcance del cañón jolly que se utilizó como emisor de riego.

Figura 14. Diseño de tubería de conducción e hidrantes para el sistema de riego por aspersión semi móvil

DATOS TÉCNICOS DE DISEÑO			
SISTEMA DE RIEGO: Aspersión semi-movil	Q / ASPERSOR 10.9 m ³ /hr	PRES. TRABAJO 44.1 PSI	CULTIVO: Caña de azúcar
AREA DE RIEGO: 4.01 ha	ESPAC. / ASPERSOR 24.0 m	ESPAC. / LATERAL 24.0 m	
DEFICIT DE CULTIVO 7.20 mm/día	INTENSIDAD DE APLICACION 18.92 mm/hr	TIEMPO DE PUESTA 1 hrs 9 min	
FRECUENCIA DE RIEGO 3 días	LÁMINA DE APLICACIÓN 21.60 mm	N° de posiciones / aspersor	34
Po DESCARGA 71 PSI	JORNADA DE RIEGO/DIA 13 hrs 41 min	CAUDAL DISPONIBLE	100 gpm

LEYENDA	
	EQUIPO DE BOMBEO
	CONDUCTORA PVC 3"
	TUBERIA LATERAL 3"
	CARON JOLLY 1 1/4"
	HIDRANTE PVC 3"

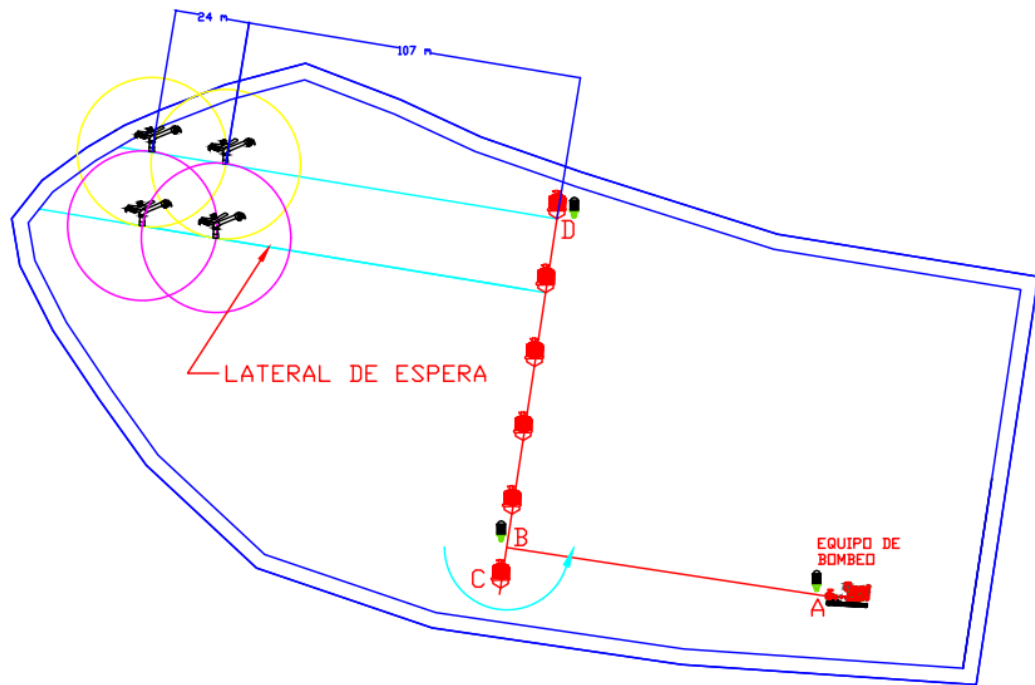


Fuente: Elaboración propia

Esta disposición, en relación con el radio de alcance de los aspersores, garantiza una óptima superposición, asegurando así una distribución uniforme y eficaz del riego. También se tiene la señalización del lateral de espera mismo que cumple la función de seguir regando en lo que el lateral principal termina de realizar su cambio de posición, así como la separación entre los hidrantes de 12 metros y los laterales de riego, siendo de 24 metros entre cada cañón.

También se puede observar un pequeño tramo adicional en la tubería conductora, destinado a las operaciones de lavado, y en los extremos de dicha tubería, se encuentran las válvulas de aire correspondientes. Cabe destacar que la tubería conductora se encuentra marcada por nodos, y la longitud de la conductora A-B es de 105 metros, mientras que la distancia de C-D es de 124 metros, lo que suma un total de 229 metros de tubería conductora con un diámetro de 3 pulgadas.

Figura 15. Conexión de hidrantes con tuberías laterales para el sistema de riego por aspersión semi móvil



Fuente: Elaboración propia

7.11 Diseño Hidráulico para el sistema de riego por aspersión Semi móvil

- a) Cálculo del diámetro de tubería de conducción para el riego por aspersión Semi móvil

$$D = \sqrt{\frac{4(0.006055) \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\pi (1.08)\text{m/s}}}$$

$$D = 0.0845 \text{ m} \approx 3 \text{ pulg}$$

- b) Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería de conducción con Hazen Williams (riego por aspersión semimóvil)

$$h_f = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}}\right) \times \left(\frac{211 \text{ m}}{0.08458^{4.87}(\text{m})}\right) \times 0.006055^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg})$$

$$h_f = 2.75 \text{ m}$$

- c) Cálculo del diámetro de tubería de lateral para el riego por aspersión Semi móvil

$$D = \sqrt{\frac{4(0.006055) \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\pi (1.08)\text{m/s}}}$$

$$D = 0.0845 \text{ m} \approx 3 \text{ pulg}$$

- d) Cálculo de la velocidad de tubería lateral en función del caudal

$$V = \frac{0.006055}{0.0056185} = 1.08 \text{ m/s}$$

e) Cálculo del lateral de riego con Hazen Williams

Lateral Crítico

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{107 \text{ m}}{0.08458^{4.87}(\text{m})} \right) \times 0.006055^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg}) = 1.39 \text{ m}$$

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \times \left(\frac{24 \text{ m}}{0.08458^{4.87}(\text{m})} \right) \times 0.00303^{1.852} (\text{m}^3/\text{seg}) = 0.09 \text{ m}$$

$$hf = 1.39 + 0.09 = 1.39 \text{ m}$$

f) Cálculo de la pérdida máxima permitida en el lateral

$$hf_{\text{máx}} = P_o * 20\%$$

$$hf_{\text{máx}} = 30 * 20\%$$

$$hf_{\text{máx}} = 6 \text{ m}$$

Nota: La pérdida del lateral de riego de 1.39 m es menor que 6 m (Pérdida máxima permitida) por lo tanto se encuentra dentro del rango de trabajo

g) Cálculo de la velocidad del lateral en función del caudal

Este será el valor de la velocidad máxima de diseño, procurando que las velocidades no excedan y permanezcan en un intervalo de (0.5 – 2.5) m/s, siendo este el valor de la velocidad del flujo en la conducción

Lateral

$$V = \frac{0.006055}{0.0056185} = 1.08 \text{ m/s}$$

Entre emisores

$$V = \frac{0.00303}{0.0056185} = 0.54 \text{ m/s}$$

7.11.1 Cálculo de carga total dinámica (CTD) – Riego por Aspersión semimóvil

$$CTD = 4.5 + (1.39 + 2.75 + 0.15 + 1.41 + 0.25 + 0.90) + 30.99 + 2 + 1.8$$

$$CTD = 46.14 \text{ metros} \approx 151.35 \text{ pies}$$

Tabla 12. Carga total dinámica - Diseño por aspersión semi móvil.

PRESIÓN EN DESCARGA	
DESCRIPCIÓN	PRESIÓN (MTS)
ASPERSOR	30.99
LATERAL	1.39
CONDUCCIÓN	2.75
ELEVADOR	1.80
CAUDALIMETRO	0.15
DESNIVEL	2
HIDRANTE	1.41
NIVEL DINÁMICO	4.5
VÁLVULA CHECK	0.25
ACCESORIOS	0.90
PRESIÓN TOTAL (MTS)	46.14309869
PRESIÓN TOTAL (PIES)	151.3493637

Fuente: Elaboración propia

(Ver anexo 27, pág. xiii)

(Ver anexo 28, pág. xiv)

(Ver anexo 29, pág. xiv)

(Ver anexo 30, pág. xv)

(Ver anexo 31, pág. xvi)

(Ver anexo 32, pág. xvi)

7.11.2 Cálculo de la potencia del equipo de bombeo

Habiendo conocido el valor de las pérdidas por fricción totales en todo el tramo de conducción del diseño, así como también el desnivel desde el punto de descarga al punto final del sistema, además el nivel dinámico de bombeo y la presión en la descarga, se determinó la potencia de nuestro equipo de bombeo para poder compensar las pérdidas por fricción y que el sistema opere correctamente. Se calculó que la potencia (HP) requerida será de $P_{HP} = 4.50$ HP.

$$P_{hp} = \frac{100 \text{ gpm} \times 151.35 \text{ pies}}{3960 \times 0.85}$$

$$P_{hp} = 4.50 \text{ hp}$$

Tabla 13. Potencia del equipo de bombeo

POTENCIA DEL MOTOR (HP)	4.50
DATOS TECNICOS	
CAUDAL GALONES POR MINUTO	100
EFICIENCIA	0.85

Fuente: Elaboración propia

7.11.3 Sarta de descarga del sistema de riego por aspersión semi móvil

La sarta de descarga del sistema de riego por aspersión semi móvil presenta un diámetro de 3 pulgadas. En este sistema, se emplea un equipo de bombeo equipado con una bomba centrífuga de 7.5 caballos de fuerza (hp), que proporciona un caudal de 100 galones por minuto. Los componentes que integran la sarta de descarga son los siguientes: Válvula de aire de 1 pulgada, Manómetro de glicerina, Caudalímetro de 3 pulgadas y Válvula check de 3 pulgadas. (Ver anexo 3, pág. ii)

Figura 16. Cálculo hidráulico en las tuberías de conducción del tramo crítico – Riego por aspersión semimóvil

TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO		C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
			Pulg.	mm				
CONDUCCION 1								
A - B - D	211	21.8	3"	84.58	150	2.75	1.08	3.91
TOTAL PERDIDA						2.75		3.91
LATERAL								
lateral	107	21.8	3"	84.58	150	1.39	1.08	1.98
Eemisor	24	10.9	3"	84.58	150	0.09	0.54	0.12
1	SUMAS - PERDIDA					1.39		

Fuente: Elaboración propia

7.12 Listado de materiales y presupuesto del diseño de riego por aspersión

Se tomó en cuenta la distribución para el cálculo de unidades y longitudes necesarias para el funcionamiento óptimo del diseño. Así como el detalle de elementos que componen la sarta de descarga.

Además, se hizo un detalle de las cantidades y precios de los cañones a instalar, longitudes de tubería, codos, elevador, adaptadores, conectores, pegamento y demás elementos que forman parte de la distribución del diseño. Luego se procedió a realizar el cálculo del presupuesto con un valor de la inversión en materiales expresada en la moneda **USD**. (Ver anexo 50, pág. xxvii) (Ver anexo 51, pág. xxxiii)

7.12.1 Cálculo de los materiales a utilizar en el sistema de riego por aspersión semi móvil

a) Tuberías de conducción

Σ Tubería de 3" = 229 metros

$$\text{Nº TB Conducción} = \frac{229 \text{ m}}{5.85 \text{ m}} = 39 \text{ tubos} + 1 \text{ tubo para lavado PVC de 3"}$$

b) Tubería lateral de riego móvil de PVC DE 3" X 6 mts

Σ Tubería de Lateral móvil de 3" (2 Laterales) = 266 mts

$$\text{Nº TB Lateral móvil} = \frac{266 \text{ mts}}{6 \text{ mts}} = 45 \text{ tubos de riego móvil}$$

7.13 Presupuesto de los proyectos de diseño de sistema de riego por goteo y aspersión semi móvil

Como parte final del presupuesto se realizó un consolidado de los costos para la implementación del sistema de aspersión semi móvil y riego por goteo, dando como resultado para riego por goteo un total de \$ 8,236.14, con un valor de sarta de descarga de \$ 1,346.92 teniendo como total de diseño para 5.69 manzanas un valor de \$ 9,583.06. Equivalente a C\$349,781.69 córdobas aproximadamente por el tipo de cambio de la moneda.

Así mismo tenemos como resultado para el diseño por aspersión semi móvil un total de \$4,756.52, con un valor de sarta de descarga de \$570.82, teniendo en conjunto para el diseño de 5.69 manzanas un total de \$5,327.34. Equivalente a C\$194,447.91 córdobas aproximadamente por el tipo de cambio de la moneda. (Ver tabla 14, pág. 99)

Tabla 14. Costo total de los proyectos de diseño de sistema de riego por goteo y aspersión semi móvil

COSTO DEL PROYECTO DE LOS DISEÑOS DE SISTEMA DE RIEGO		
DESCRIPCION	RIEGO POR GOTEO	RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL
SISTEMA DE RIEGO	\$ 8,236.14	\$ 4,756.52
SARTA DE DESCARGA	\$ 1,346.92	\$ 570.82
TOTAL U\$	\$ 9,583.06	\$ 5,327.34

Fuente: Elaboración propia

VIII. CONCLUSIONES

Llevando a cabo los diseños de riego por goteo y riego por aspersión semi móvil en el cultivo de caña de azúcar, variedad CG02-163, en la finca San Carlos ubicada en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, se ha logrado el alcance de los objetivos propuestos, resumiendo lo siguiente.

- Al realizar el levantamiento de datos en la zona, se obtuvieron los parámetros topográficos y edafoclimáticos esenciales para el diseño agronómico. Se obtuvo un área de riego de 5.69 mz (4.01Ha), y se determinó la capacidad de campo siendo de 25.99%, indicando una adecuada retención de agua en el suelo para favorecer el riego, y la baja densidad aparente del suelo (0.89 gr/cm³), que beneficia el desarrollo radicular. Además, el pH neutro (7.01) y la baja salinidad del suelo (0.000754 milímetros/cm) sugieren condiciones ideales para el crecimiento de cultivos sin problemas de salinidad.

La textura del suelo se identificó como **arcilloso-arenoso**, con una velocidad de infiltración mayor que la intensidad de aplicación lo que resulta en una adecuada infiltración del agua sin producir encharcamiento. Estos datos respaldan lo adecuado del suelo y las condiciones para los sistemas de riego propuestos en la zona siendo óptimos para la agricultura.

- El sistema de riego abastecerá un déficit hídrico de 6.80 milímetros considerando los factores climáticos y el coeficiente del cultivo en la etapa de mayor demanda. El diseño de riego por goteo para el cultivo de caña de azúcar demandó cinco turnos de riego con una duración de 2.45 horas cada turno lo que suma un total de 12.25 horas para completar la jornada de trabajo con una frecuencia de riego diaria. Comparativamente, el diseño de riego por aspersión semi móvil demanda 12 cambios por día con un tiempo de riego de 1.14 horas por cada movimiento de aspersores y una jornada diaria de 13.68 horas con una frecuencia de 3 días, siendo mayor esta jornada en comparación a goteo.

En la evaluación del diseño hidráulico los resultados indican que el sistema de riego por aspersión requiere mayor presión de trabajo, por lo tanto, conlleva un mayor costo económico en energía eléctrica en comparación con el riego por goteo. Tomando en consideración que el sistema de riego por aspersión requiere más presión de trabajo y tiempo operativo, se concluye que el sistema de riego por goteo es más óptimo operativamente ya que este demanda menos mano de obra y menos presión en el sistema.

- El presupuesto incluye materiales para la sarta de descarga de agua, instalación, transporte y posibles imprevistos dentro de los estándares de mercado para un sistema de riego; en el análisis de los gastos de inversión se obtuvo que el diseño de riego por goteo tiene un costo total de USD 9,583.06 o USD 1,684.19 por manzana. Por otro lado, el diseño de riego por aspersión semi móvil tiene un costo total de USD 5,327.34 o USD 936.26 por manzana, lo que lo sitúa como una alternativa más económica desde la perspectiva de inversión.

Finalmente se determinó que el sistema de riego por goteo es más óptimo para las condiciones propias de la finca, ya que operativamente tendrá menor costo respecto al riego por aspersión, considerando estos factores a largo plazo se tendrá un ahorro significativo en mano de obra. Referente al costo del riego por aspersión este es más económico al momento de la instalación, pero al tener 12 cambios por día se requieren mayores gastos diarios en mano de obra, esto sumado a que la presión necesaria para el riego por aspersión es mayor a la del riego por goteo, lo que demanda un costo adicional de energía.

IX. RECOMENDACIONES

- Es esencial realizar el análisis del suelo en el laboratorio en un plazo no superior a las 24 horas después de la extracción de la muestra. Se recomienda llevar a cabo la prueba de velocidad de infiltración de agua en el suelo durante las condiciones de verano o periodos de escasa precipitación. El objetivo principal de esto es obtener datos más precisos acerca de la infiltración.
- Además, es fundamental llevar un seguimiento constante del pozo de abastecimiento y la calidad del agua subterránea en el laboratorio a través de muestreos en el campo. Esto se realiza con el propósito de identificar la presencia de químicos, como la medición del contenido de hidrógeno (pH), la concentración de sales y la evaluación de sólidos en suspensión.
- Referente a los costos de los materiales a utilizar en el diseño, se recomienda evaluar las cotizaciones con distintos proveedores o casas comerciales, de tal manera que pueda invertirse en los materiales más accesibles a precios justos del mercado; de este modo, el diseño podrá influir en la disminución de los costos totales de los sistemas de riego por goteo y aspersión semi móvil.

X. ANEXOS

Anexo 1. VISITA DE CAMPO – FINCA SAN CARLOS

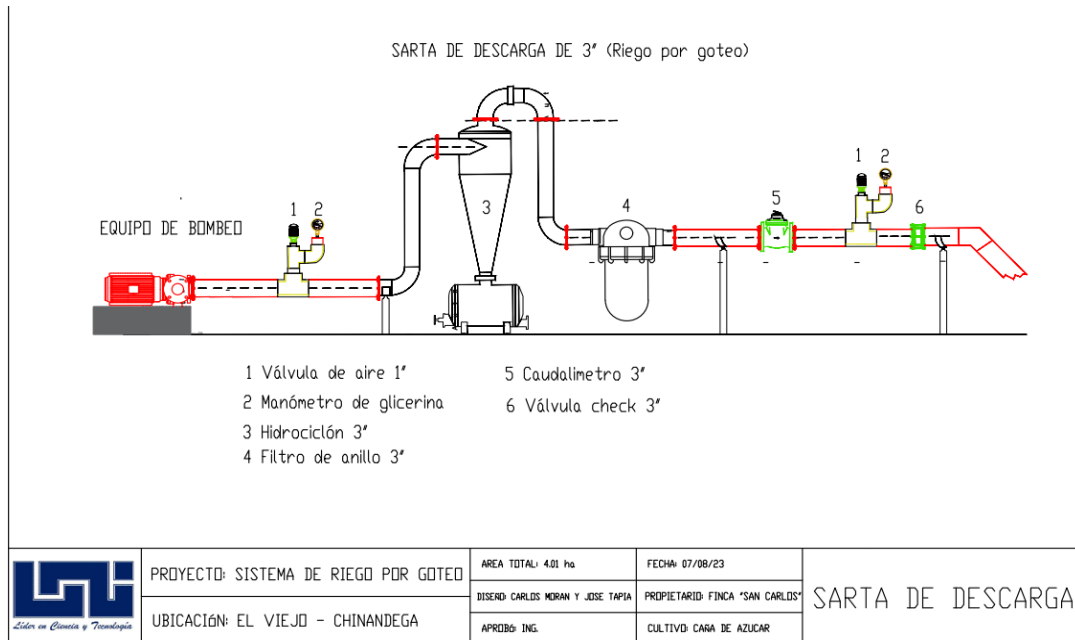
DATOS TÉCNICOS DE CAMPO Y DE LA ZONA DE ESTUDIO

UBICACIÓN FINCA:	El Viejo – Chinandega
ÁREA (ha):	4.01 ha
TÉCNICO:	José Tapia – Carlos Moran – Yeffer Cruz
FECHA:	20 de abril de 2023

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TIPO DE FUENTE DE AGUA:	Pozo	El pozo será la fuente principal de abastecimiento que tomaremos para el sistema de riego teniendo una profundidad total de 15 m con un espejo de agua ubicado a 3.5 m.
EQUIPO DE BOMBEO:	Superficial – Bomba centrífuga	La bomba es de tipo periférica eléctrica ya que las condiciones de suministro eléctrico y distancia de succión lo permiten.
PRESIÓN DE DESCARGA PSI:	71 psi	Es la presión proporcionada por la ficha técnica de equipos de bombeo Franklin Electric.
CAUDAL DE EQUIPO DE BOMBEO:	100 gpm	Volumen de agua que suministra la bomba en cuestión mismo que utilizaremos para todos los cálculos para su distribución por el sistema.
ENERGÍA ELÉCTRICA:	Monofásica	Con opción de uso de trifásica por la red de la zona.
POTENCIA DE EQUIPO DE BOMBEO:	7.5 HP	Es la medida de la energía producida por el motor. Por lo tanto, cuanto más alto sea el HP de la bomba, mayor será su capacidad de bombeo.
CULTIVO:	Caña de azúcar	En la zona se cultiva el maní, plátano y caña de azúcar; esta última se utilizó porque es la que el dueño de la finca ha sembrado y mejor ganancia le provee.
ÁREA SEMBRADA:	4.01 ha	Es el área efectivamente sembrada o cubierta por la caña de azúcar durante el año.
ESPACIAMIENTO ENTRE SURCOS:	1.2 m	Distancia de los caminos o surcos.
ESPACIAMIENTO ENTRE PLANTAS:	0.30 m	Distancia entre planta y plata.
LONGITUD DE SURCO:	142 m	Longitud del surco crítico medido del extremo Este hacia el Oeste.
DIRECCION DE SIEMBRA:	Este - Oeste	Será la orientación que tomaremos como referencia para el diseño de los sistemas de riego.
SISTEMA DE RIEGO:	Riego por goteo / Riego por aspersión	Son las propuestas de diseño a elaborar con los datos del

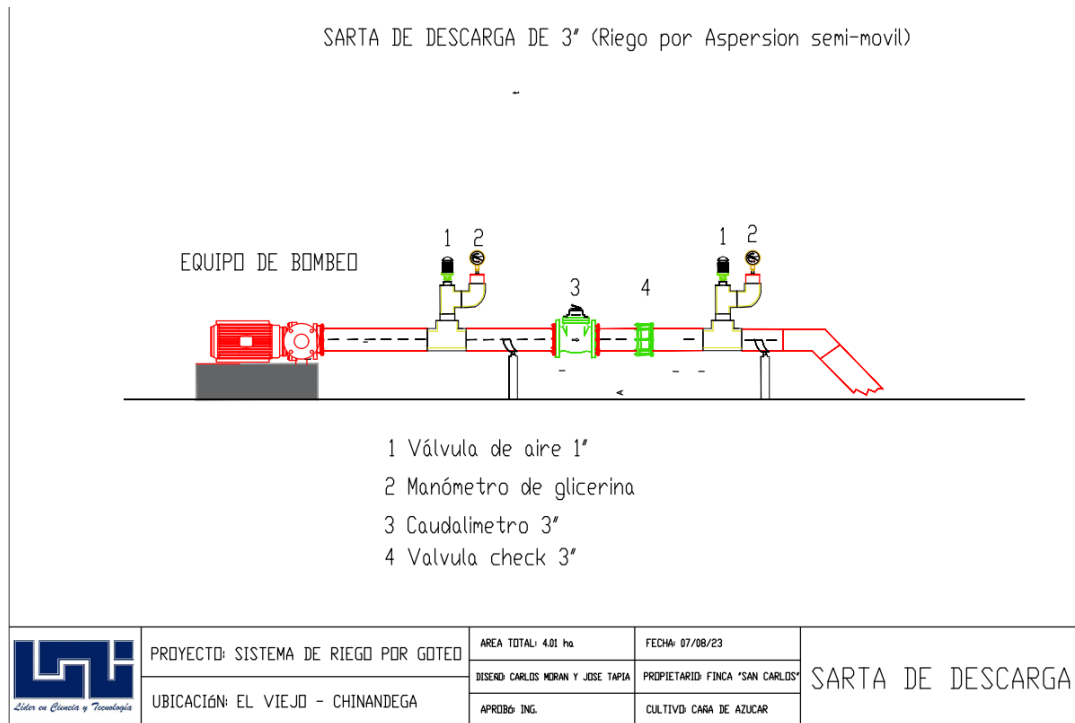
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Sarta de descarga - Riego por goteo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Sarta de descarga – Riego por aspersión semi móvil



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Evaluación de la Porosidad total

Evaluación Total (Pt)	Porosidad (%)	Porcentaje (%)
Muy Alta	>65	
Alta	55 – 65	
Media	45 – 55	
Baja	40 – 45	
Muy Baja	<40	

Fuente: Guía de Suelo – UNI

Anexo 5. Cálculos con 50 gr. De suelo

T (°C)	FC
25	+1.5
24	+1.2
23	+0.9
22	+0.6
21	+0.3
20	0.00
19	-0.3
18	-0.6
17	-0.9
16	-1.2
15	-1.5

Fuente: Guía de Suelo - UNI

Anexo 6. Datos obtenidos en laboratorio para capacidad de campo

Tara	Peso Tara	Peso suelo h	Peso suelo seco
1	15.65	31.25	27.05
6	15.7	31.25	28.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Evaluación de la Capacidad de campo

Capacidad de Campo volumen	% de Evaluación
< 20	Baja
20 – 40	Media
40 – 55	Alta
> 55	Muy Alta

Anexo 8. Potencial de hidrógeno

Suelo	Lectura 1	Lectura 2	Promedio	Ph
10 gr de suelo	7.03	6.98	7.01	Neutro

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Resultados de laboratorio de la conductividad eléctrica

Suelo	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
10 gr de suelo	779	774	741	755 Us/cm
ds/cm	0.778	0.774	0.741	0.754 ds/cm

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Evaluación de la Densidad aparente

Evaluación Aparente (Da)	Densidad gr/cm ³
Muy Baja	<1.0
Baja	1.0– 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy Alta	>1.60

Fuente: Guía de Suelo, UNI

Anexo 10. Tabla de datos de laboratorio de densidad real

Suelo	Peso Picnometro	PPSS	PPSA	PPA	T1	T2
15 gramos	47.85	57.85	140.55	126.25	26.3	25.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Datos de laboratorio sobre la textura la suelo

Tara	Muestra	L1	T1 C°	L2	T2 C°
1	Tesis	32	25.6	6	23.4
Blanco		0	25.7	0	23.1

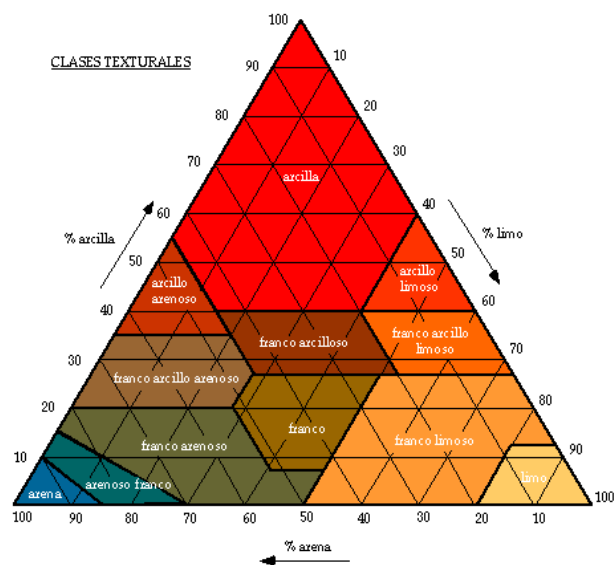
Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Densidad real

T (°C)	Densidad (gr/cm ³)	T (°C)	Densidad (gr/cm ³)	T (°C)	Densidad (gr/cm ³)
0.0	0.999	12.5	0.999	25.0	0.997
0.5	0.999	13.0	0.999	25.5	0.997
1.0	0.999	13.5	0.999	26.0	0.997
1.5	0.999	14.0	0.999	26.5	0.997
2.0	0.999	14.5	0.999	27.0	0.997
2.5	0.999	15.0	0.999	27.5	0.996
3.0	0.999	15.5	0.999	28.0	0.996
3.5	0.999	16.0	0.999	28.5	0.996
4.0	1.000	16.5	0.999	29.0	0.996
4.5	1.000	17.0	0.999	29.5	0.996
5.0	1.000	17.5	0.999	30.0	0.996
5.5	1.000	18.0	0.999	30.5	0.996
6.0	1.000	18.5	0.998	31.0	0.995
6.5	1.000	19.0	0.998	31.5	0.995
7.0	1.000	19.5	0.998	32.0	0.995
7.5	1.000	20.0	0.998	32.5	0.995
8.0	1.000	20.5	0.998	33.0	0.995
8.5	1.000	21.0	0.998	33.5	0.995
9.0	1.000	21.5	0.998	34.0	0.994
9.5	1.000	22.0	0.998	34.5	0.994
10.0	1.000	22.5	0.998	35.0	0.994
10.5	1.000	23.0	0.998	35.5	0.994

Fuente: Guía de Suelo, UNI

Anexo 14. Clasificación de textura de los suelos según el porcentaje de partículas



Fuente: Guía de Suelo, UNI

Anexo 15. Hoja de campo de velocidad de infiltración

HOJA DE CAMPO PARA VELOCIDAD DE INFILTRACION				
Fecha:	6/8/2023		Ubicación:	Finca San Carlos
Coordenadas	LATITUD	N 12° 37' 43"	Elevacion:	24 msnm
	LONGITUD	W 89° 12' 34"		
Hora de inicio	11:00 a. m.		Hora Final	1:00 p. m.
Diametro de anillo interno	12 cm		Altura de anillo interno	30 cm
Nombre del analista:	Carlos Moran, Jose Tapia			
Metodo:	PORCHET			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16. Datos obtenidos de campo para la velocidad de infiltración.

HOJA DE CAMPO PARA VELOCIDAD DE INFILTRACION						
Hora	Enrase	Intervalos (min)	Tiempo Acum (min)	Lectura (cm)	Descenso (cm)	Diferencias (cm)
11:00 a. m.	30	0	0	30	0	0
11:05		5	5	25.8	4.2	4.2
11:10		5	10	22.8	7.2	3.0
11:15		5	15	18.5	11.5	4.3
11:20		5	20	14.7	15.3	3.8
11:25		5	25	11.4	18.6	3.3
11:30		5	30	9.3	20.7	2.1
11:35		5	35	7.8	22.2	1.5
11:40		5	40	6.6	23.4	1.2
11:45		5	45	5.3	24.7	1.3
11:50		5	50	3.7	26.3	1.6
11:55		5	55	2.4	27.6	1.3
12:00:00 MD	30	5	60	1.5	28.5	0.9
12:05		5	65	28.3	1.7	1.7
12:10		5	70	26.8	3.2	1.5
12:15		5	75	25.4	4.6	1.4
12:20		5	80	24	6	1.4
12:25		5	85	22.5	7.5	1.5
12:30		5	90	21.2	8.8	1.3
12:35		5	95	20	10.1	1.3
12:40		5	100	18.6	11.4	1.3
12:45		5	105	17.4	12.6	1.2
12:50		5	110	16	14.0	1.4
12:55		5	115	14.8	15.2	1.2
13:00		5	120	13.6	16.4	1.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17. Método de Porchet – Velocidad de infiltración

Datos											
Radio interno		6									
Penetración del anillo interno		30									
Hoja de calculo de velocidad de infiltración "Metodo de Porchet"											
Hora	Intervalos (min)	T Acum	Lectura (cm)	Diferencias (cm)			Ln	F (cm/min)	F (cm/h)	F (mm/h)	
11:00 a. m.	0	0	30	0							
11:05	5	5	25.8	4.2	0.6	1.146	0.136	0.082	4.901	49.008	
11:10	5	10	22.6	3.2	0.6	1.125	0.118	0.071	4.240	42.402	
11:15	5	15	18.5	4.1	0.6	1.191	0.175	0.105	6.283	62.834	
11:20	5	20	14.7	3.8	0.6	1.215	0.194	0.117	7.002	70.016	
11:25	5	25	11.4	3.3	0.6	1.229	0.206	0.124	7.428	74.281	
11:30	5	30	9.3	2.1	0.6	1.171	0.158	0.095	5.675	56.746	
11:35	5	35	7.8	1.5	0.6	1.139	0.130	0.078	4.682	46.819	
11:40	5	40	6.6	1.2	0.6	1.125	0.118	0.071	4.240	42.402	
11:45	5	45	5.3	1.3	0.6	1.157	0.146	0.087	5.238	52.383	
11:50	5	50	3.7	1.6	0.6	1.239	0.214	0.128	7.709	77.093	
11:55	5	55	2.4	1.3	0.6	1.241	0.216	0.129	7.766	77.655	
12:00.00 30	5	60	1.5	0.9	0.6	1.200	0.182	0.109	6.564	65.636	
12:05	5	65	28.3	1.7	0.6	1.054	0.053	0.032	1.904	19.040	
12:10	5	70	26.8	1.5	0.6	1.050	0.049	0.029	1.768	17.679	
12:15	5	75	25.4	1.4	0.6	1.049	0.048	0.029	1.732	17.323	
12:20	5	80	24	1.4	0.6	1.052	0.051	0.030	1.820	18.199	
12:25	5	85	22.5	1.5	0.6	1.059	0.057	0.034	2.058	20.577	
12:30	5	90	21.2	1.3	0.6	1.054	0.052	0.031	1.884	18.837	
12:35	5	95	20	1.3	0.6	1.057	0.055	0.033	1.988	19.878	
12:40	5	100	18.6	1.3	0.6	1.060	0.058	0.035	2.104	21.040	
12:45	5	105	17.4	1.2	0.6	1.059	0.057	0.034	2.058	20.577	
12:50	5	110	16	1.4	0.6	1.074	0.071	0.043	2.559	25.595	
12:55	5	115	14.8	1.2	0.6	1.067	0.065	0.039	2.349	23.487	
13:00	5	120	13.6	1.2	0.6	1.072	0.070	0.042	2.513	25.126	
								Sumatoria	1.5658	93.9506	939.5061
								Promedio	0.068	4.085	40.848

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Parámetros de la velocidad de infiltración

PARAMETROS DE LA VELOCIDAD DE INFITRACION	
CLASIFICACION DE INFITRACION	RANGO DE INFITRACION (mm/hr)
Muy rapido	<508
Rapido	152 - 508
Moderadamente rapido	50 - 152
Moderada	15 - 50
Moderadamente lenta	5 - 15
Lenta	1.5 - 5
Muy lenta	0.03 - 1.5
Impermeable	>0.04

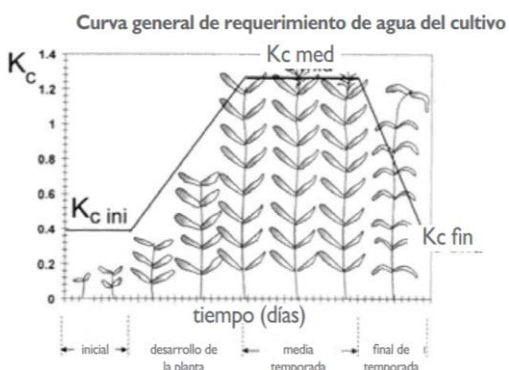
Fuente: Portal Frutícola

Anexo 19. Tabla de lecturas de velocidades del viento utilizando anemógrafo

Velocidades de viento			
1	3.3 m/s	11	1.7 m/s
2	3.2 m/s	12	1.6 m/s
3	2.9 m/s	13	1.5 m/s
4	2.8 m/s	14	1.3 m/s
5	2.3 m/s	15	1.1 m/s
6	2.2 m/s	16	1.2 m/s
7	2 m/s	17	1 m/s
8	1.9 m/s	18	0.9 m/s
9	1.8 m/s	19	0.8 m/s
10	1.8 m/s	20	0.7 m/s
Valor minimo= 0.7 m/s			
Valor maximo= 3.3 m/s			
Promedio= 1.83 m/s			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20. Valores de coeficiente de Kc para sus diferentes etapas de crecimiento



Etapas del desarrollo	Días	Coefficiente Kc*
Siembra a 0,25 cobertura total	30-60	0.45-0.6
0,25 a 0,50 cobertura total	30-40	0.75-0.85
0,50 a 0,75 cobertura total	15-25	0.90-1.00
0,75 a cobertura total	45-55	1.00-1.20
Uso pico	180-330	1.05-1.30
Senescencia temprana	30-150	0.80-1.05
Maduración	30-60	0.60-0.75

Fuente: FAO

Anexo 21. Descripción teórica Estación meteorológica

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES			
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA			
RESUMEN DE METEOROLOGIA ANUAL			
ESTACION	Casita		
DEPARTAMENTO	Chinandega	MUNICIPIO	
LATITUD	N 12° 37' 43"	LONGITUD	W 87° 12' 35"
AÑOS	2007 - 2019	ELEVACION	24 msnm
PARAMETROS	Tmax, Tmin, Hr, Vv, Hs	TIPO	HMO

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22. Datos históricos del municipio de El Viejo – Chinandega (2007 – 2017)

Resumen de datos históricos climáticos de el municipio de El Viejo - Chinandega (2007 - 2017)												
Datos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	28.3	28.9	29.5	29.8	28.2	27.3	28.2	27.7	26.5	26.2	26.8	27.7
Temperatura mín. (°C)	24	24.5	25.1	25.9	25.3	24.7	25	24.8	24.2	24	23.7	23.7
Temperatura máx. (°C)	33.2	34.1	34.8	34.8	32.3	31.1	32.3	31.9	30.2	29.6	30.7	32.2
Precipitación (mm)	2	2	6	39	263	330	172	249	393	376	76	9
Humedad(%)	53%	51%	52%	58%	72%	79%	72%	77%	84%	84%	73%	61%
Días lluviosos (días)	0	1	1	6	16	17	13	17	19	18	7	1
Horas de sol (horas)	10.1	10.3	10.6	10.5	9.8	9.6	10.4	9.8	8.6	8.3	9.4	9.8

Fuente: Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER)

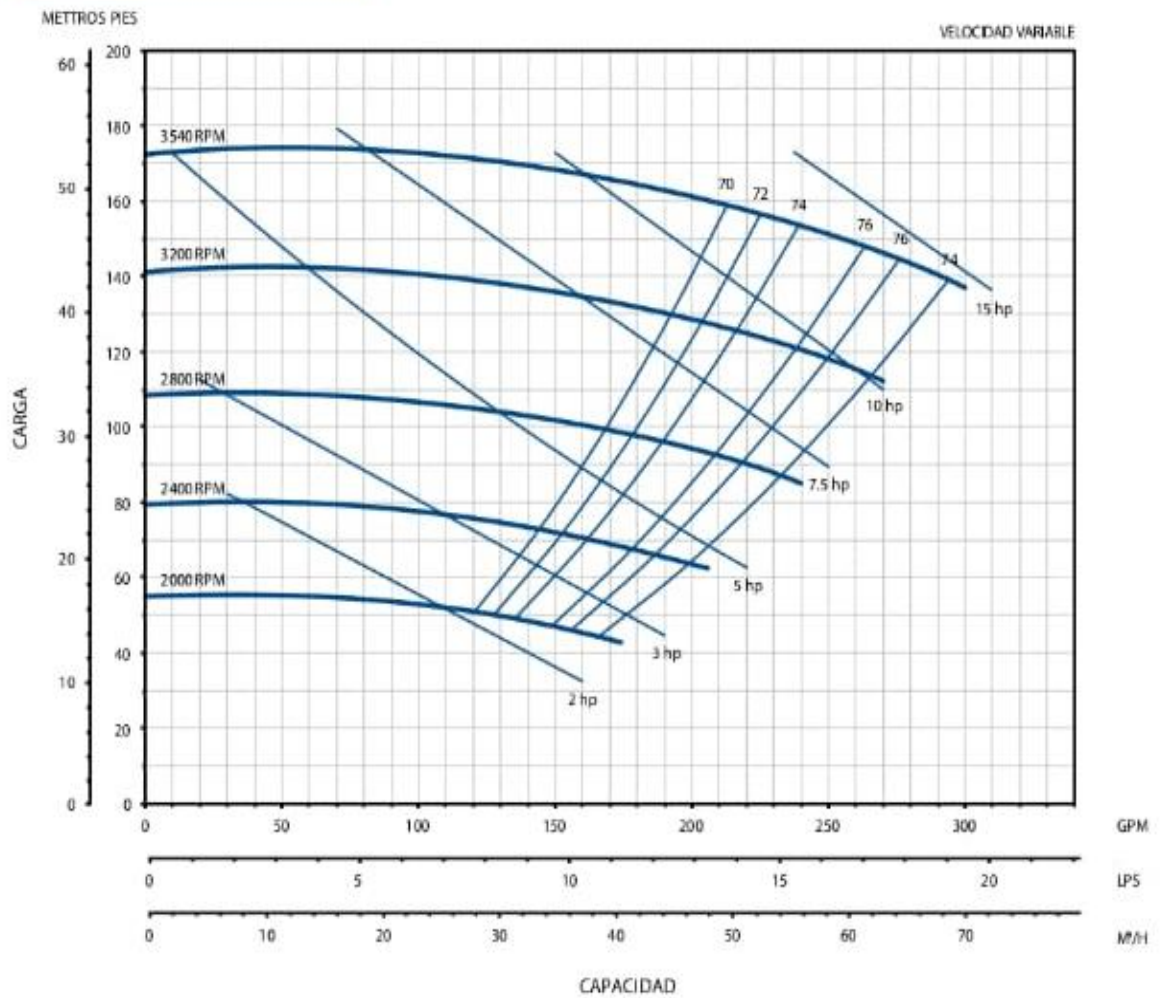
Anexo 23. Curva característica de la bomba

BOMBAS CENTRÍFUGAS

SERIE AG ACOPLADA A MOTOR



DESEMPEÑO A2.5 X2 - 6



Fuente: Elaboración propia

Anexo 24. Diseño Agronómico de goteo

DISEÑO AGRONOMICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO			
DATOS TECNICOS		RESULTADOS OBTENIDOS	
Cultivo	Caña de Azucar	Intensidad de aplicación	2.78 mm/hr
Area total	4.01 ha	Q / hectarea	27.78 m3/hr
Q Disponible	22.73 m3/hr	Q total	111.39 m3/hr
Q Gotero	1 Lph	Turnos de riego	5 turnos
Esp. Lateral	1.2 m	Area de riego por turno	0.82 ha
Esp. Emisor	0.3 m	Q total por area de turno	22.28 m3/hr
Deficit	6.80 mm/dia	Tiempo de puesta	2 hr 27 min
Frecuencia	1 dia	Jornada	12 hr 14 min

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25. Turnos de Riego – Riego por goteo

TURNOS DE RIEGO			
Nº TURNO / VALVULA	AREA (ha)	CAUDAL (mch)	CAUDAL (gpm)
1	0.8	22.28	98.0
2	0.8	22.28	98.0
3	0.8	22.28	98.0
4	0.8	22.28	98.0
5	0.8	22.28	98.0

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26. Componentes del sistema de riego por goteo

1. Manguera de polietileno 16 MM



Fuente: Naandanjain

2. Cinta de goteo de 1 lph



Fuente: Catalogo Agrizen

3. Conector PVC a cinta



Fuente: Catalogo Agrizen

4. Filtro de anillo



Fuente: Azud

5. Válvula de aire cinética



Fuente: Catalogo Agrizen

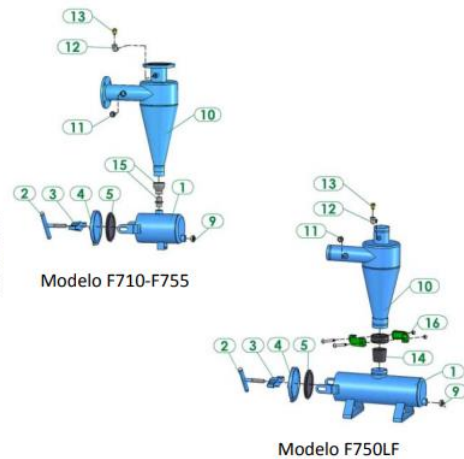
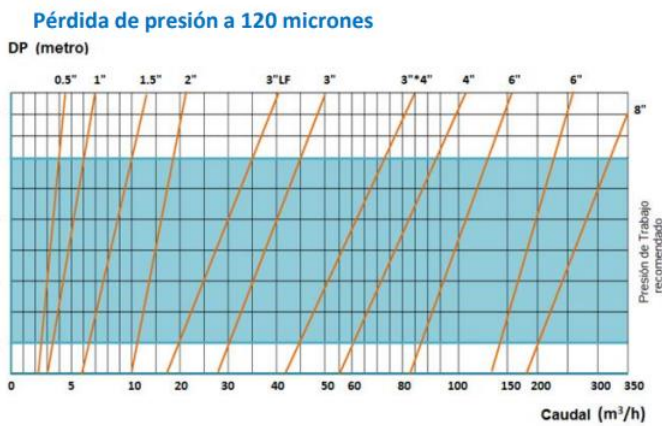
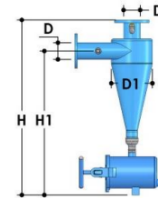
6. Manómetro de glicerina



Fuente: Catalogo Agrizen

Anexo 27. Filtro Hidrociclón 3"

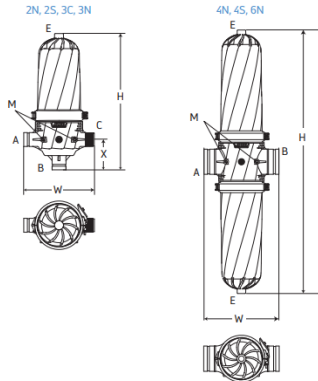
Modelo	Ent/Sal ØD (pulg)	Tanque (lt)	ØD1 (pulg)	H (mm)	H1 (mm)	Peso embalaje (kg)	Caudal** (m ³ /h)	Depósito Sedimentos (litros)
F710	3/4	1.5	3	475	380	8.3	2.4 – 4	1.5
F720	1	1.5	4	600	460	10.1	3.5 – 6	2.5
F730	1.5	2.5	6	740	594	15.5	6.5 – 10	5
F740	2	5	8	900	755	23.4	11 – 19	5
F750LF	3	5	8	930	765	32.5	20 – 35	5 (10*)
F750	3	5	8	930	765	32.5	29 – 45	5 (10*)
F755	3*4	60	12	1550	1285	75.0	45 – 73	30
F760	4	60	16	1765	1495	97.5	60 – 93	60
F770	6	150	20	1996	1671	187.0	93 – 155	150
F775	6	150	24	2300	1940	230.0	145 – 225	150(220*)
F780	8	300	30	2897	2492	328.0	200 - 330	300



Fuente: YAMIT Filtration

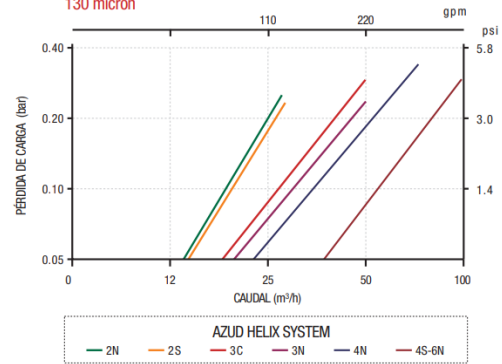
Anexo 28. Ficha técnica del Filtro de anillo 3" para Riego por goteo

AZUD HELIX SYSTEM



PÉRDIDA DE CARGA FILTRO AZUD HELIX SYSTEM

130 micron



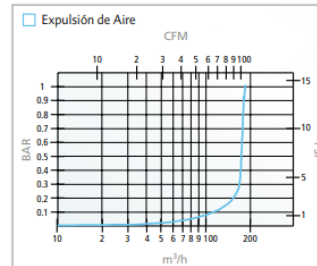
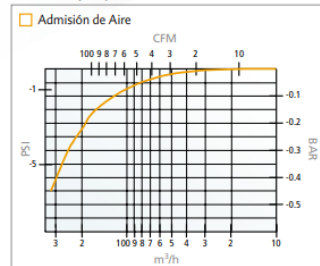
Fuente: AZUD

Anexo 29. Ficha técnica de Válvula de aire 1"

Válvula de Aire Cinética de 1"

Funcionamiento

Admisión y expulsión de Aire

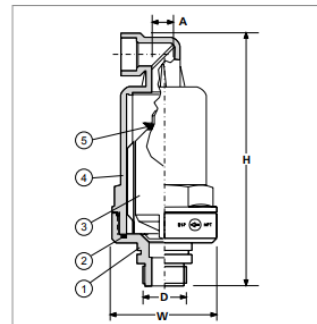


Dimensiones

Dimensión	SI	US
H - Altura	273 mm	10 7/8 in
W - Ancho	80 mm	3 1/8 in
D - Rosca	1" BSP	1" NPT
A - Area de la boquilla	314 mm ²	0.487 in ²
Peso	0.725 kg	1.6 Lbs.

Especificación de los Componentes

Parte	Descripción	Material
1	Base	GRP
2	Junta Tórica	Hule NBR
3	Flotador	Polipropileno Expandido
4	Cuerpo	Poliamida +Fibra de Vidrio
5	Junta Cierre	Hule EPDM



Fuente: Dorot

Anexo 30. Ficha técnica de la Válvula Hidráulica Dorot



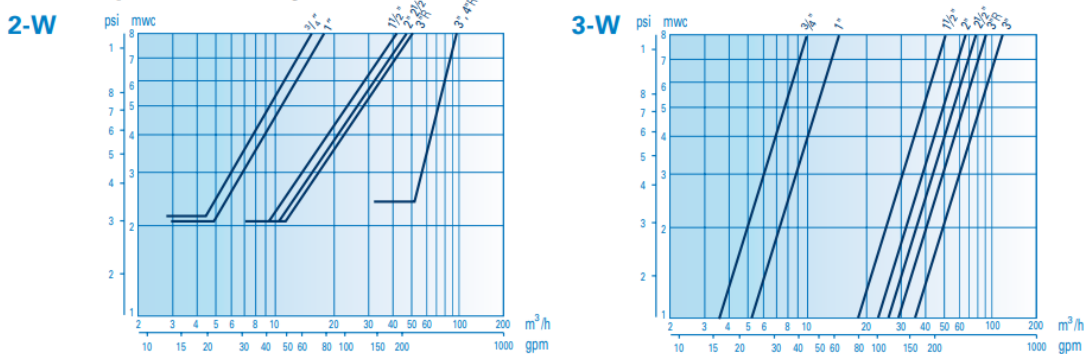
Desempeño hidráulico

Tamaño de válvula	mm pulgada	20mm 3/4"	25mm 1"	35mm 1 1/2"	50mm 2"	65mm 2 1/2"	80mmR 3"R	80mm 3"	100mmR 4"R
Caudal máximo recomendado	m ³ /hr	6	10	25	40	65	90	145	145
	gpm	26	44	110	176	285	396	640	640
Caudal mínimo recomendado	m ³ /hr	>1							
	gpm	>5							
Factor de flujo	Kv (métrico)	7.5	15	60	71	79	90	120	120
	Cv (EE.UU.)	9	17.5	70	82	92	92	140	140
Rango de presión	mca	9 * - 80		7 * - 100			4 - 100		
	psi	13 * - 115		10 * - 150			6 - 145		

* Diafragmas de baja presión - presión de apertura mínima: 3/4" - 1" : 6 mca / 9 psi
1 1/2" - 3" : 3.5 mca / 5 psi

Temperatura operativa máxima: 60°C (140°F)

Tabla de pérdida de carga:



Fuente: Dorot

Anexo 31. Ficha técnica Caudalímetro BERMAD plástico

Turbo-Bar-M

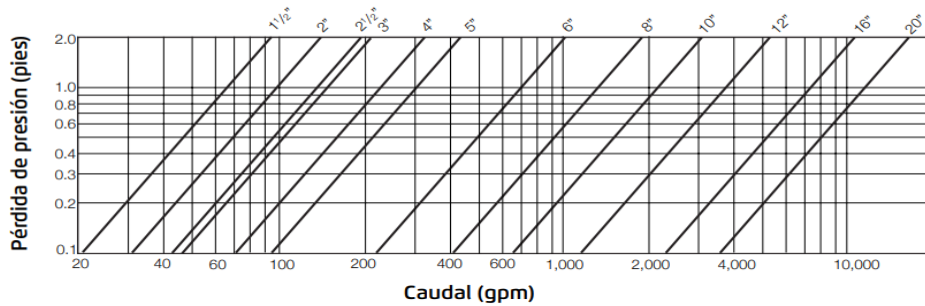
Contador Woltman con registrador magnético

Características y ventajas

- Transmisión magnética
- Registro herméticamente sellado Seco, IP68; NEMA 6P
- El sensor con interruptor de lengüeta (reed switch) permite optar por una o dos salidas de pulsos
- Mantenimiento sencillo
- Aprobación ID 2004/22/EEC, de conformidad con OIML R49, EN14154 (tamaños 40 - 300 mm).

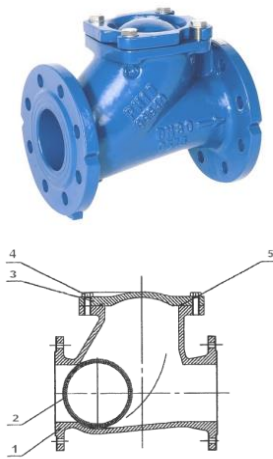


Curva de caudal

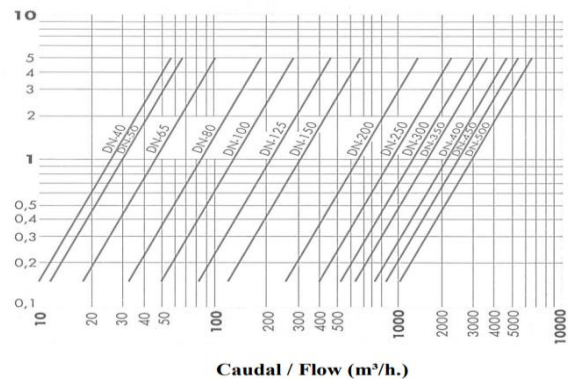


Fuente: BAR – Meters

Anexo 32. Ficha técnica de Válvula Check horizontal



Δp (m.c.a)



Fuente: GENE BRE

Anexo 33. Caudal del Emisor de goteo e indicaciones de presión

Caudal del emisor (l/h)	0.25	0.33	0.50	0.75	1.00	1.25	2.00
Tomando como base una presión nominal de 0,55 bar							
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 0,80 bar	0.32	0.42	0.62	0.89	1.20	1.47	2.31
Caudal (l/h) por emisor con una presión de 1,00 bar	0.37	0.49	0.70	1.00	1.35	1.65	2.58

Presiones máximas (bar)					
Espesor de pared	Diámetro				
	(mil)	16 mm (5/8)	22 mm (7/8)	29 mm (1 1/8)	35 mm (1 3/8)
4	0.65				
5	0.75				
6	0.90				
7	1.03	0.69			
8	1.24	0.83	0.69		
10	1.52	1.10	0.83		
12	1.79	1.31	1.03		
15	2.28	1.59	1.24	1.10	

Fuente: Rivulis T-TAPE

Anexo 34. Datos de rendimiento de cinta de goteo

Descripción	Ø nominal	Espesor de pared (Nominal)		Espaciado	Caudal con una presión de 0,55 bar		Distancia longitudinal máxima (90 % de homogeneidad de emisiones en terreno plano)	Longitud de rollo	Número de Producto
		(mil.)	(mm.)		(cm.)	(l/h por emisor)			
508-10-1350	16mm (5/8")	8	0.2	10	1.35	1350	50	2300	101045762
508-15-170	16mm (5/8")	8	0.2	15	0.25	170	205	2300	WT10311
508-15-220	16mm (5/8")	8	0.2	15	0.33	220	180	2300	101002008
508-15-340	16mm (5/8")	8	0.2	15	0.5	340	150	2300	101001045
508-15-340	16mm (5/8")	8	0.2	15	0.5	340	150	2300	101002009
508-15-500	16mm (5/8")	8	0.2	15	0.75	500	110	2300	101002012
508-15-1000	16mm (5/8")	8	0.2	15	1.5	1000	75	2300	101001491
508-20-125	16mm (5/8")	8	0.2	20	0.25	125	235	2300	101002013
508-20-250	16mm (5/8")	8	0.2	20	0.5	250	175	2300	101001492
508-20-380	16mm (5/8")	8	0.2	20	0.75	380	135	2300	101001869
508-20-500	16mm (5/8")	8	0.2	20	1	500	115	2300	101001494
508-25-300	16mm (5/8")	8	0.2	25	0.75	300	155	2300	101002018
508-25-600	16mm (5/8")	8	0.2	25	1.5	600	115	2300	101002019
508-30-80	16mm (5/8")	8	0.2	30	0.25	80	325	2300	101002020
508-30-170	16mm (5/8")	8	0.2	30	0.5	170	230	2300	101001497
508-30-250	16mm (5/8")	8	0.2	30	0.75	250	180	2300	101001499
508-30-340	16mm (5/8")	8	0.2	30	1	340	150	2300	101001500

Fuente: Rivulis T-TAPE

Anexo 35. Pérdidas por fricción del riego por goteo - Turno 1

DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO							
TRAMO	LONGITUD (mts)	CAUDAL (m3/hr)	CAUDAL (m3/seg)	HF (mts)	HFCORRG (mts)	V (m/s)	D (pulg)
TURNO 1							
CONDUCCION							
A - B	31	22.28	0.00618	0.42	-	1.10	3"
MANIFOLD							
MITAD MANIF	32	11.14	0.00309	2.54	0.92	1.93	1 1/2"
LATERAL							
MITAD LAT	66	0.22	0.0000611	0.65	0.23	0.30	5/8"
SUMA DE PERDIDAS MANIFOLD + LATERAL				3.19	1.15		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 36. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 2

TURNO 2							
CONDUCCION							
A - C	96	22.28	0.00618	1.3	-	1.10	3"
MANIFOLD							
MITAD MANIF	33	11.14	0.00309	2.62	0.95	1.93	1 1/2"
LATERAL							
MITAD LAT	65	0.22	0.0000611	0.64	0.22	0.30	5/8"
SUMA DE PERDIDAS MANIFOLD + LATERAL				3.26	1.17		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 37. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 3

TURNO 3							
CONDUCCION							
A - D	155	22.28	0.00618	2.10	-	1.10	3"
MANIFOLD							
MITAD MANIF	37	11.14	0.00309	2.93	1.06	1.93	1 1/2"
LATERAL							
MITAD LAT	57	0.19	0.0000528	0.43	0.15	0.26	5/8"
SUMA DE PERDIDAS MANIFOLD + LATERAL				3.36	1.21		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 38. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 4

TURNO 4							
CONDUCCION							
A - E	223	22.28	0.00618	3.03	-	1.10	3"
MANIFOLD							
MITAD MANIF	36	11.14	0.00309	2.85	1.03	1.93	1 1/2"
LATERAL							
MITAD LAT	57	0.19	0.0000528	0.43	0.15	0.26	5/8"
SUMA DE PERDIDAS MANIFOLD + LATERAL				3.28	1.18		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 39. Pérdidas por fricción del riego por goteo – Turno 5

TURNO 5							
CONDUCCION							
A -F	247	22.28	0.00618	3.35	-	1.10	3"
MANIFOLD							
MITAD MANIF	71	11.14	0.00309	1.88	0.66	1.23	2"
LATERAL							
LATERAL	85	0.28	0.0000778	1.34	0.47	0.39	5/8"
SUMA DE PERDIDAS MANIFOLD + LATERAL				3.22	1.13		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 40. Diseño Agronómico por Aspersión- Semimóvil

DISEÑO AGRONOMICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL			
DATOS TECNICOS		RESULTADOS OBTENIDOS	
Cultivo	Caña de Azucar	Intensidad de aplicación	18.92 mm/hr
Area total	4.01 ha	Q / hectarea	189.2 m3/hr
Q Disponible	22.73 m3/hr	Q total	761.57 m3/hr
Q Gotero	10.9 m3/hr	Turnos o posiciones / Aspersor	34 por aspersor
Esp. Lateral	24 m	Area de riego por turno	0.1179 ha
Esp. Emisor	24 m	Nº de aspersores regando	2 aspersores
Deficit	7. 20 mm/día	Tiempo de puesta	1 hr 9 min
Frecuencia	3 días	Jornada	13 hr 41 min

Fuente: Elaboración propia

Anexo 41. Componentes del sistema de riego por aspersión

1. Propuesta de elevador triple 1.80 metros (Galvanizado)



Fuente: Elaboración propia

2. Cañón marca Jolly 1 ¼"



Fuente: Elaboración propia

3. Manómetro de glicerina



Fuente: Catalogo Agrizen

4. Tubo PVC de riego semi móvil



Fuente: IAGUA

5. Tee VIQUA de 3"



Anexo 42. Ficha técnica Cañón Jolly 1 ¼"

U Diametro ugello Nozzle diameter Diamètre de la bluse Diámetro de la tobera Durchmesser der Hauptdüse	P Pressione Pressure Pression Presión Wasserdruck im Beregner	G Gittata Jet length Portée Chorro Tragweite	Q Portata Capacity Débit Capacidad Kapazität		○ Dati relativi ad 1 irrigatore Values for a single sprinkler Données pour 1 arros. tout seul Datos para cada rociador technische Daten für Einzelberegner		□ Disposizione in quadrato Square pattern Arroseur en carré Aspersores en cuadrado Quadratische Disposition			△ Disposizione in triangolo Triangular pattern Arroseur en triangle Aspersores en triángulo Rechteckposition			
					S Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche	I Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaira Wassermenge pro Stunde	D Distanza irrigatori sull'ala piovana Distance of the sprinklers on the pipeline Distance des arroseurs sur la conduite de pluie Distancia de los aspersores sobre el ala de lluvia max. Distanz zwischen den Beregnern auf einem Rohr	S Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche	I Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaira Wassermenge pro Stunde	D Distanza irrigatori sull'ala piovana Distance of the sprinklers on the pipeline Distance des arroseurs sur la conduite de pluie Distancia de los aspersores sobre el ala de lluvia max. Distanz zwischen den Beregnern auf einem Rohr	D ₁ Distanza fra 2 ali piovane contigue 2 contiguous pipelines Distance entre 2 conduites de pluie Distancia entre 2 alás de lluvia contiguas na. Distanz zwischen zwei Beregnern auf einem Rohr	S Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche	I Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaira Wassermenge pro Stunde
					mm	atm	m	l/m	m ³ /h	m ²	mm/h	m	m ²
8 4	1,5	16,5	62	3,7	855	4,3	23	529	7,0	28	24	672	5,5
	2,0	17,5	71	4,2	962	4,4	24	576	7,3	30	26	780	5,4
	3,0	19,5	87	5,2	1194	4,3	27	729	7,1	33	29	957	5,4
	4,0	21	100	6,0	1384	4,3	29	841	7,1	36	31	1116	5,4
9 4	1,5	17	76	4,5	908	4,9	24	576	7,8	29	25	725	6,2
	2,0	18	88	5,3	1017	5,2	25	625	8,5	31	27	837	6,3
	3,0	20	107	6,4	1256	5,0	28	784	8,2	34	30	1020	6,3
	4,0	21,5	124	7,4	1451	5,0	30	900	8,2	37	32	1184	6,2
10 4	2,0	19	106	6,4	1134	5,6	26	676	9,5	32	28	896	7,1
	3,0	21	130	7,8	1384	5,6	29	841	9,3	36	31	1116	7,0
	4,0	22,5	151	9,0	1590	5,7	32	1024	8,8	39	34	1326	6,8
	5,0	23,5	170	10,2	1734	5,9	33	1089	9,3	40	35	1400	7,3
12 4	2,0	21	149	8,9	1384	6,4	29	841	10,6	36	31	1116	8,0
	3,0	23,5	182	10,9	1734	6,3	33	1089	10,0	40	35	1400	7,8
	4,0	26	211	12,6	2123	5,9	36	1296	9,7	44	39	1716	7,3
	5,0	28	236	14,2	2461	5,8	39	1521	9,3	48	42	2016	7,0
14 4	2,0	22,5	197	11,8	1590	7,4	32	1024	11,5	39	34	1326	8,9
	3,0	24	241	14,4	1809	7,9	33	1089	13,2	41	36	1476	9,7
	4,0	27	278	16,7	2289	7,2	38	1444	11,6	46	40	1840	9,1
	5,0	29	311	18,6	2640	7,0	40	1600	11,6	50	43	2150	8,6

Fuente: Arrosage Jardines

Anexo 43. Diseño hidráulico por aspersión semi-móvil

DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL						
TRAMO	LONGITUD (mts)	CAUDAL (m3/hr)	CAUDAL (m3/seg)	HF (mts)	V (m/s)	D (pulg)
CONDUCCION						
A - B - D	211	21.8	0.006055	2.75	1.08	3"
LATERAL						
LATERAL	107	21.8	0.006055	1.39	1.08	3"
ESP. EMISOR	24	10.9	0.003028	0.09	0.54	3"
SUMA DE PERDIDAS DEL LATERAL				1.39		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 44. Representación de los coeficientes de Hazen-William

Material de la tubería	Coefficiente C (H-W)
Cloruro de polietileno PVC	150
Polietileno PE	140
Asbesto	140
Acero nuevo	130
Aluminio con acoples	120
Acero viejo	85

Fuente: Elaboración propia

Anexo 45. Tabla de representación de Caudal máximo permitido

Diámetro de Tubería y Caudal Máximo Permisible			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Caudal Máximo	Caudal Máximo
(Pulgadas)	(mm)	(mch)	(gpm)
1"	30.36	6.51	28.64
1 1/2"	45.22	11.72	51.57
2"	56.63	22.66	99.7
2 1/2"	68.56	33.21	146.12
3"	84.58	50.56	222.46
4"	108.72	83.55	367.62
6"	160.08	181.13	796.97
8"	208.42	307.05	1351.02

Fuente: Elaboración propia

Anexo 46. Factor de Christiansen para salidas múltiples

COERCIENTE "F" DE CHRISTIANSEN (Hazen Williams)											
Nº	1.9	PVC	Se calculo mediante la expresion: $\frac{1.487}{C} \sqrt{R}$								
Nº Salidas	Factor	Nº Salidas	Factor	Nº Salidas	Factor	Nº Salidas	Factor	Nº Salidas	Factor	Nº Salidas	Factor
1	1.003	51	0.355	101	0.350	151	0.348	201	0.347	251	0.347
2	0.634	52	0.355	102	0.350	152	0.348	202	0.347	252	0.347
3	0.529	53	0.354	103	0.350	153	0.348	203	0.347	253	0.347
4	0.480	54	0.354	104	0.350	154	0.348	204	0.347	254	0.347
5	0.451	55	0.354	105	0.350	155	0.348	205	0.347	255	0.347
6	0.433	56	0.354	106	0.350	156	0.348	206	0.347	256	0.347
7	0.419	57	0.354	107	0.350	157	0.348	207	0.347	257	0.347
8	0.410	58	0.353	108	0.349	158	0.348	208	0.347	258	0.347
9	0.402	59	0.353	109	0.349	159	0.348	209	0.347	259	0.347
10	0.396	60	0.353	110	0.349	160	0.348	210	0.347	260	0.347
11	0.392	61	0.353	111	0.349	161	0.348	211	0.347	261	0.347
12	0.388	62	0.353	112	0.349	162	0.348	212	0.347	262	0.347
13	0.384	63	0.353	113	0.349	163	0.348	213	0.347	263	0.347
14	0.381	64	0.353	114	0.349	164	0.348	214	0.347	264	0.347
15	0.379	65	0.353	115	0.349	165	0.348	215	0.347	265	0.347
16	0.377	66	0.352	116	0.349	166	0.348	216	0.347	266	0.347
17	0.375	67	0.352	117	0.349	167	0.348	217	0.347	267	0.347
18	0.373	68	0.352	118	0.349	168	0.348	218	0.347	268	0.347
19	0.372	69	0.352	119	0.349	169	0.348	219	0.347	269	0.347
20	0.370	70	0.352	120	0.349	170	0.348	220	0.347	270	0.347
21	0.369	71	0.352	121	0.349	171	0.348	221	0.347	271	0.347
22	0.368	72	0.352	122	0.349	172	0.348	222	0.347	272	0.347
23	0.367	73	0.352	123	0.349	173	0.348	223	0.347	273	0.347
24	0.366	74	0.352	124	0.349	174	0.348	224	0.347	274	0.347
25	0.365	75	0.352	125	0.349	175	0.348	225	0.347	275	0.347
26	0.364	76	0.351	126	0.349	176	0.348	226	0.347	276	0.347
27	0.364	77	0.351	127	0.349	177	0.348	227	0.347	277	0.347
28	0.363	78	0.351	128	0.349	178	0.348	228	0.347	278	0.347
29	0.362	79	0.351	129	0.349	179	0.348	229	0.347	279	0.347
30	0.362	80	0.351	130	0.349	180	0.348	230	0.347	280	0.347
31	0.361	81	0.351	131	0.349	181	0.348	231	0.347	281	0.347
32	0.361	82	0.351	132	0.349	182	0.348	232	0.347	282	0.347
33	0.360	83	0.351	133	0.349	183	0.348	233	0.347	283	0.347
34	0.360	84	0.351	134	0.349	184	0.348	234	0.347	284	0.347
35	0.359	85	0.351	135	0.349	185	0.348	235	0.347	285	0.347
36	0.359	86	0.351	136	0.349	186	0.348	236	0.347	286	0.347
37	0.358	87	0.351	137	0.348	187	0.348	237	0.347	287	0.347
38	0.358	88	0.351	138	0.348	188	0.347	238	0.347	288	0.347
39	0.358	89	0.350	139	0.348	189	0.347	239	0.347	289	0.347
40	0.357	90	0.350	140	0.348	190	0.347	240	0.347	290	0.347
41	0.357	91	0.350	141	0.348	191	0.347	241	0.347	291	0.347
42	0.357	92	0.350	142	0.348	192	0.347	242	0.347	292	0.347
43	0.357	93	0.350	143	0.348	193	0.347	243	0.347	293	0.347
44	0.356	94	0.350	144	0.348	194	0.347	244	0.347	294	0.347
45	0.356	95	0.350	145	0.348	195	0.347	245	0.347	295	0.347
46	0.356	96	0.350	146	0.348	196	0.347	246	0.347	296	0.347
47	0.356	97	0.350	147	0.348	197	0.347	247	0.347	297	0.347
48	0.355	98	0.350	148	0.348	198	0.347	248	0.347	298	0.347
49	0.355	99	0.350	149	0.348	199	0.347	249	0.347	299	0.347
50	0.355	100	0.350	150	0.348	200	0.347	250	0.347	300	0.346

Fuente: Elaboración propia

Anexo 47. Listado y presupuesto de materiales del equipo de bombeo en el sistema de riego por goteo para el cultivo de caña de azúcar

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO				
AREA DE RIEGO	4.01 ha (5.69 Mz)			FINCA "SAN CARLOS"		
CAUDAL	100 gpm			UBICACIÓN	El viejo - Chinandega	
PRESION EN LA DESCARGA	71 PSI			EQUIPO DE BOMBEO	Bomba Centrífuga 7.5 hp	
LISTA DE MATERIALES DEL EQUIPO DE BOMBEO						
I. EQUIPO DE BOMBEO						
Nº	CANTIDAD	U/M	MATERIALES DE RIEGO	COST. UNIT.	COST. TOTAL	
1	2	UND	Valvula de aire de 1"	C\$ 560.00	C\$ 1,120.00	
2	2	UND	Manometro de glicerina 0 - 100 PSI de 1/4"	C\$ 666.00	C\$ 1,332.00	
3	1	UND	Filtro Hidrociclón para 100 gpm de 3"	C\$ 22,981.53	C\$ 22,981.53	
4	1	UND	Filtro de anillo de 3"	C\$ 3,268.00	C\$ 3,268.00	
5	1	UND	Caudalimetro de 3"	C\$ 10,246.41	C\$ 10,246.41	
6	1	UND	Valvula check horizontal de 3"	C\$ 3,114.56	C\$ 3,114.56	
COSTO TOTAL EQUIPO DE BOMBEO				SUB TOTAL	C\$ 42,062.50	
II. ACCESORIOS						
Nº	CANTIDAD	U/M	ACCESORIOS	COST. UNIT.	COST. TOTAL	
1	7	UND	Bridas (Flange) PVC de 3"	C\$ 94.00	C\$ 658.00	
2	56	UND	Pernos de 3/8 x 2 1/2" con tuercas y arandelas	C\$ 45.62	C\$ 2,554.72	
3	2	UND	Tubo PVC de de 3" x 6 m SDR 26	C\$ 659.43	C\$ 1,318.86	
4	2	UND	Tee Lisa de 3"	C\$ 204.55	C\$ 409.10	
5	2	UND	Reductor de 3" x 1"	C\$ 198.40	C\$ 396.80	
6	2	UND	Tee Lisa de 1"	C\$ 22.14	C\$ 44.28	
7	2	UND	Codo Liso de 1" x 90	C\$ 18.65	C\$ 37.30	
8	2	UND	Adaptador R/hembra de 1"	C\$ 17.21	C\$ 34.42	
9	2	UND	Reductor bushing (Rosca) PVC de 1" x 1/4"	C\$ 55.25	C\$ 110.50	
10	5	UND	Codo Liso de 3" x 90	C\$ 185.08	C\$ 925.40	
11	4	UND	Adaptador R/hembra de 3"	C\$ 133.82	C\$ 535.28	
12	1	UND	Codo Liso de 3" x 45	C\$ 142.61	C\$ 142.61	
COSTO TOTAL DE ACCESORIOS				SUB TOTAL C\$	C\$ 7,167.27	
COSTO TOTAL SARTA DE DESCARGA				TOTAL C\$	C\$ 49,229.77	
				TOTAL U\$	\$ 1,346.92	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 48. Listado y presupuesto de materiales del sistema de riego por goteo para el cultivo de caña de azúcar

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO			
AREA DE RIEGO	4.01 ha (5.69 Mz)			FINCA "SAN CARLOS"	
CAUDAL	100 gpm			UBICACIÓN	El viejo - Chinandega
PRESION EN LA DESCARGA	71 PSI			EQUIPO DE BOMBEO	Bomba Centrífuga 7.5 hp
LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO					
II. EQUIPO DE RIEGO					
Nº	CANTIDAD	U/M	ACCESORIOS (CABALLETES)	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	5	UND	Tee Lisa de 3"	C\$ 204.55	C\$ 1,022.75
2	10	UND	Tee Lisa de 2"	C\$ 46.13	C\$ 461.30
3	5	UND	Codo Liso de 2" x 90	C\$ 46.13	C\$ 230.65
4	5	UND	Reductor de 2" x 1"	C\$ 29.67	C\$ 148.35
5	8	UND	Reductor de 2" x 1 1/2"	C\$ 28.39	C\$ 227.12
6	5	UND	Reductor de 3" x 2"	C\$ 93.97	C\$ 469.85
7	5	UND	Adaptador R/hembra 1"	C\$ 17.20	C\$ 86.00
8	10	UND	Adaptador R/Macho 2"	C\$ 23.84	C\$ 238.40
				Sub. Total	C\$ 2,884.42
ACCESORIOS					
1	1	Galon	Pegamento PVC	C\$ 1,515.63	C\$ 1,515.63
2	1	UND	Silicon Tubo Grande	C\$ 290.00	C\$ 290.00
3	4	UND	Teflon	C\$ 32.00	C\$ 128.00
4	1	UND	Tee Lisa de 3"	C\$ 204.55	C\$ 204.55
5	1	UND	Tee Lisa de 1 1/2"	C\$ 41.67	C\$ 41.67
6	1	UND	Reductor de 1 1/2" x 1"	C\$ 21.89	C\$ 21.89
7	2	UND	Codo Liso de 3" x 90	C\$ 185.08	C\$ 370.16
8	1	UND	Codo Liso de 1" x 90	C\$ 18.65	C\$ 18.65
9	10	UND	Codo Liso de 1 1/2" x 45	C\$ 37.14	C\$ 371.40
10	2	UND	Codo Liso de 2" x 45	C\$ 46.63	C\$ 93.26
11	1	UND	Codo Liso de 3" x 45	C\$ 142.61	C\$ 142.61
12	8	UND	Adaptador R/Macho 1 1/2"	C\$ 21.66	C\$ 173.28
13	2	UND	Adaptador R/Macho de 2"	C\$ 23.84	C\$ 47.68
14	4	UND	Adaptador R/hembra de 3"	C\$ 133.82	C\$ 535.28
15	8	UND	Tapon R/Hembra 1 1/2"	C\$ 40.23	C\$ 321.84
16	2	UND	Tapon R/hembra 2"	C\$ 52.25	C\$ 104.50
COSTO TOTAL DE ACCESORIOS				Sub. Total	C\$ 4,380.40

Fuente: Elaboración propia

Anexo 49. Continuación del listado y presupuesto de materiales del sistema de riego por goteo para el cultivo de caña de azúcar

III. TUBERIA PVC					
Nº	CANTIDAD	U/M	TUBERIAS PVC	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	60	UND	Tubo PVC 3" x 6 m SDR 41	C\$ 500.25	C\$ 30,015.00
2	25	UND	Tubo PVC 2" x 6 m SDR 41	C\$ 226.99	C\$ 5,674.75
3	68	UND	Tubo PVC 1 1/2" x 6 m SDR 41	C\$ 162.11	C\$ 11,023.48
COSTO TOTAL DE TUBERIA PVC				Sub. Total	C\$ 46,713.23
IV. RIEGO					
Nº	CANTIDAD	U/M	MATERIAL DE RIEGO	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	33,417	metro	Cinta de goteo 2,300 m / 1.0 Lph / 30 cm / 8 mil	C\$ 4.34	C\$ 145,029.78
2	657	UND	Conector PVC x 16 mm + Emp	C\$ 11.00	C\$ 7,227.00
3	657	UND	Conector 16 mm x cinta	C\$ 11.66	C\$ 7,660.62
4	985	metro	Manguera de polietileno de 16 mm	C\$ 11.93	C\$ 11,751.05
5	5	UND	Valvula hidraulica de 2" (Dorom)	C\$ 7,642.48	C\$ 38,212.40
6	5	UND	Valvula de aire de 1"	C\$ 560.00	C\$ 2,800.00
COSTO TOTAL DE EQUIPO DE RIEGO				Sub. Total	C\$ 212,680.85
V. COSTO DE INSTALACION					
Nº	CANTIDAD	U/M	DESCRIPCION	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	4.01	ha	Instalacion, zanjeo y mano de obra	C\$ 7,200.00	C\$ 28,872.00
2	1	-	Transporte de materiales y personal	C\$ 3,000.00	C\$ 3,000.00
3	5	Dias	Otros	C\$ 500.00	C\$ 2,500.00
COSTO TOTAL DE INSTALACION				Sub. Total	C\$ 34,372.00
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO				TOTAL C\$	C\$ 301,030.90
				TOTAL U\$	\$ 8,236.14
COSTO POR MANZANA 4.01 ha (5.69 Mz)					\$ 1,447.48

Fuente: Elaboración propia

Anexo 50. Listado y presupuesto de materiales para instalación del equipo de bombeo en el sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de caña de azúcar

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL			
AREA DE RIEGO	4.01 ha (5.69 Mz)			FINCA "SAN CARLOS"	
CAUDAL	100 gpm			UBICACIÓN	El viejo - Chinandega
PRESION EN LA DESCARGA	71 PSI			EQUIPO DE BOMBEO	Bomba Centrífuga 7.5 hp
LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL EQUIPO DE BOMBEO					
I. EQUIPO DE BOMBEO					
Nº	CANTIDAD	U/M	MATERIALES DE RIEGO	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	2	UND	Valvula de aire de 1"	C\$ 560.00	C\$ 1,120.00
2	2	UND	Manometro de glicerina 0 - 100 PSI de 1/4"	C\$ 666.00	C\$ 1,332.00
3	1	UND	Caudalímetro de 3"	C\$ 10,246.41	C\$ 10,246.41
4	1	UND	Valvula check horizontal de 3"	C\$ 3,114.56	C\$ 3,114.56
COSTO TOTAL EQUIPO DE BOMBEO				SUB TOTAL	C\$ 15,812.97
II. ACCESORIOS					
Nº	CANTIDAD	U/M	ACCESORIOS	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	2	UND	Tee Lisa de 3"	C\$ 204.55	C\$ 409.10
2	2	UND	Reductor PVC de 3" x 1"	C\$ 198.40	C\$ 396.80
3	2	UND	Tee Lisa de 1"	C\$ 22.14	C\$ 44.28
4	2	UND	Codo Lisa de 1" x 90	C\$ 18.65	C\$ 37.30
5	2	UND	Adaptador hembra/rosca de 1"	C\$ 17.21	C\$ 34.42
6	2	UND	Reductor Bushing (Rosca) PVC de 1" x 1/4"	C\$ 51.00	C\$ 102.00
7	1	UND	Codo Lisa PVC de 3" x 45	C\$ 142.61	C\$ 142.61
8	5	UND	Bridas (Flange) PVC DE 3"	C\$ 95.00	C\$ 475.00
9	40	UND	Pernos de 3/8" x 2 1/2" con tuercas y arandela	C\$ 52.25	C\$ 2,090.00
10	2	UND	Tubo PVC de 3" x 6 m SDR 26	C\$ 659.43	C\$ 1,318.86
COSTO TOTAL DE ACCESORIOS				SUB TOTAL C\$	C\$ 5,050.37
COSTO TOTAL SART A DE DESCARGA				TOTAL C\$	C\$ 20,863.34
				TOTAL U\$	\$ 570.82

Fuente: Elaboración propia

Anexo 51. Listado y presupuesto de materiales para instalación del proyecto por aspersión - Cultivo caña de azúcar

PROYECTO		DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL			
AREA DE RIEGO	4.01 ha (5.69 Mz)			FINCA "SAN CARLOS"	
CAUDAL	100 gpm			UBICACIÓN	El viejo - Chinandega
PRESION EN LA DESCARGA	71 PSI			EQUIPO DE BOMBEO	Bomba Centrífuga 7.5 hp
LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL ACCESORIOS Y TUBERIA PVC					
II. EQUIPO DE RIEGO					
Nº	CANTIDAD	U/M	ACCESORIOS	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	1	Galon	Pegamento PVC	C\$ 1,515.63	C\$ 1,515.63
2	1	UND	Silicon Tubo Grande	C\$ 290.00	C\$ 290.00
3	6	UND	Teflon	C\$ 32.00	C\$ 32.00
4	9	UND	Tee Lisa de 3"	C\$ 204.55	C\$ 1,840.95
5	4	UND	Reductor PVC de 3" x 1"	C\$ 198.40	C\$ 793.60
6	6	UND	Codo Liso PVC de 3" x 90	C\$ 185.08	C\$ 1,110.48
7	2	UND	Codo Liso PVC de 3" x 45	C\$ 142.61	C\$ 285.22
8	4	UND	Adaptador hembra/rosca de 1"	C\$ 17.21	C\$ 68.84
9	6	UND	Adaptador hembra/rosca de 3" (salida para lateral)	C\$ 133.82	C\$ 802.92
10	6	UND	Union reversible PVC de 3" x 180	C\$ 90.22	C\$ 541.32
11	4	UND	Tee VIQUA de 3" x Red 1 1/2" (En la salida del aspersor)	C\$ 180.00	C\$ 720.00
12	2	UND	Tapon hembra EP para lateral de riego de 3"	C\$ 85.00	C\$ 170.00
COSTO TOTAL DE ACCESORIOS				Sub. Total	C\$ 8,170.96
III. TUBERIA PVC					
Nº	CANTIDAD	U/M	TUBERIAS PVC	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	40	UND	Tubo PVC 3" x 6 m SDR 41	C\$ 500.25	C\$ 20,010.00
2	45	UND	Tubería para riego semimovil de 3" con acople EP (hembra/macho)	C\$ 1,452.00	C\$ 65,340.00
COSTO TOTAL DE TUBERIA PVC				Sub. Total	C\$ 85,350.00
IV. RIEGO					
Nº	CANTIDAD	U/M	MATERIAL DE RIEGO	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	4	UND	Cañon Jolly de 1 1/4"	C\$ 4,995.00	C\$ 19,980.00
2	8	UND	Valvula de bola de PVC de 3"	C\$ 1,250.00	C\$ 10,000.00
3	2	UND	Valvula de aire de 1"	C\$ 560.00	C\$ 1,120.00
4	4	UND	Elevador mas tripode de 1 1/2" x 1.80 m	C\$ 6,170.00	C\$ 24,680.00
COSTO TOTAL DE EQUIPO DE RIEGO				Sub. Total	C\$ 55,780.00
V. COSTO DE INSTALACION					
Nº	CANTIDAD	U/M	DESCRIPCION	COST. UNIT.	COST. TOTAL
1	4.01	ha	Instalacion y mano de obra	C\$ 5,000.00	C\$ 20,050.00
2	1	-	Transporte de materiales y movimiento de personal	C\$ 3,000.00	C\$ 3,000.00
3	3	Dias	Otros	C\$ 500.00	C\$ 1,500.00
COSTO TOTAL DE INSTALACION				Sub. Total	C\$ 24,550.00
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SEMI MOVIL				TOTAL C\$	C\$ 173,850.96
				TOTAL U\$	\$ 4,756.52
COSTO POR MANZANA 4.01 ha (5.69 Mz)					\$ 835.94

Fuente: Elaboración propia

Anexo 52. Cotizaciones



Dirección de la compañía
Managua, kilómetro 1.0 carretera norte
Teléfono: 2293-5237

Fecha 1/9/2023
N.º de presupuesto 663
Número del vendedor 86755606

Presupuesto
Nombre de la empresa
AGRIZEN
Managua, kilómetro 1.0 carretera norte
8675-5606

Presupuesto válido hasta: 16/9/2023
Vendedor Ing. Joel Funez
NUMERO RUC: 0811806950013F

NUMERO	NOMBRE DEL CLIENTE	Fecha de envío	Validez de la oferta	Condiciones pago	
8858 4280	YEFFER CRUZ	1/9/2023	16/9/2023	EFECTIVO O TRANSFERENCIA BANCARIA	
Cantidad	Descripción	Precio por unidad	IMPUESTO C\$	TOTAL C\$	
1	METRO DE MANGUERA DE POLIETILENO DE 16 MM	C\$ 13.00	No	C\$	13.00
1	CONECTOR PVC X 16 MM + EMPAQUE GROMMET	C\$ 11.00	No	C\$	11.00
1	CONECTOR 16MM X CINTA	C\$ 17.00	No	C\$	17.00
1.00	ROLLO DE CINTA DE RIEGO 2200 M/1LPH/30CM/8MIL	C\$ 9,990.00	No	C\$	9,990.00
1.00	VALVULA DE AIRE DE 1" CINETICA	C\$ 629.00	No	C\$	629.00
1.00	VALVULA DE AIRE 2" D/P	C\$ 1,665.00	No	C\$	1,665.00
1.00	MANOMETRO DE GLISERINA DE 100 PSI	C\$ 666.00	No	C\$	666.00
	ULTIMA LINEA				

LAFISE CORDOBAS 106012291 (Agrizen S.A)
LAFISE DOLARES 106207323 (Agrizen S.A)

BAC DOLARES 358052553 (Welsden Zenelia Blanco Bustillo)
BAMPRO CORDOBAS 10021400111649 (Welsden Zenelia Blanco Bustillo)

Si tiene alguna duda sobre este presupuesto, póngase en contacto con:

Ing. Zenelia Blanco

Gracias por su confianza

Subtotal	C\$	12,991.00
Descuento	C\$	-
TOTAL C\$	C\$	12,991.00

Fuente: Agrizen

Efectuamos las entregas según las condiciones siguientes:
 Condiciones de pago Pagadero inmediatamente sin deducción

Moneda NIO

Condiciones de entrega FOB ENTREGA INMEDIATA

Material	Cantidad	Denominación	Precio Unil.	Precio Unil. Desc	Descuento	Total
9036640	7 UN	VALVULA ARI 1" AV010 NPT	875.13	560.08		3,920.59
9005000	2 UN	MANOMETRO GLICERINA 0-100 PSI	1243.18	969.68		1,939.36
9059306	5 UN	VALVULA REGULADORA BERMAD 2"	12737.46	7642.48		38,212.38
2005896	5 UN	TE LISA PVC PRES 75MM (3") BL	329.92	204.55		1,022.75
2005893	10 UN	TE LISA PVC PRES 50MM (2") BL	74.40	46.13		461.28
2005880	5 UN	CODO LISO PVC PRES 50MM(2")X90 BL	77.39	47.98		239.91
2005857	5 UN	RED LI PVC PRES 50MM(2")X25MM(1") BL	47.85	29.67		148.33
2005859	8 UN	RED LI PVC PRES 50MM(2")X38MM(1 1/2) BL	45.79	28.39		227.12
2005866	5 UN	RED LI PVC PRES 75MM(3")X50MM(2") BL	151.56	93.97		469.84
2005903	5 UN	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES 25MM (1") BL	27.75	17.20		86.02
2005920	10 UN	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 50MM(2") BL	38.45	23.84		238.39
2019791	1 UN	PEGAMENTO PVC MEDIO 1GL GRIS	2076.20	1515.63		1,515.63
2005896	3 UN	TE LISA PVC PRES 75MM (3") BL	329.92	204.55		613.65
2005889	2 UN	TE LISA PVC PRES 25MM (1") BL	35.71	22.14		44.28
2005891	1 UN	TE LISA PVC PRES 38MM (1 1/2") BL	67.21	41.67		41.67
2005853	1 UN	RED LI PVC PRES 38MM(1 1/2")X25MM(1") BL	35.30	21.89		21.89
9013118	2 UN	RED LI PVC PRES 75MM(3")X25MM(1") BL	320.00	198.40		396.80
2005884	7 UN	CODO LISO PVC PRES 75MM (3")X90 BL	298.52	185.08		1,295.58
2005877	3 UN	CODO LISO PVC PRES 25MM (1")X90 BL	30.08	18.65		55.95
2005932	10 UN	CODO LISO PVC PRES 38MM (1 1/2")X45 BL	59.90	37.14		371.38

Fuente: Durman

FERRETERIA CENTRAL
 ENTRADA PRINCIPAL BO LA FUENTE 100MTS ESTE
 RUC: 5660810570000R WHATSAPP: 77729323

PROFORMA
 Número: 21338
 Fecha: 08/09/2023
 Página: 2

Presentado a:
 FINCA SAN CARLOS
 GRACIAS POR SU COMPRA


Enviar a:
 CUENTES VARIOS
 GRACIAS POR SU COMPRA

Código Cliente	RUC	Referencia	Términos
5	RUC: 5660810570000R		Cortado

Vendedor	Moneda	Emite
SAIR PEREZ	Nacional CS	

Item	Cod. Prod.	Descripción Producto	Bodg.	Cantidad	Unid.	Precio	Dto. %	Imp. %	Imp. Monto	Importe
28	RS-3X2	REDUCCION LISA SANIT 3" X	PRI	5.00	UN	54.836	15.00		41.12	274.18
29	UMP-1	UNION PVC MIXTA POT 1"	PRI	5.00	UN	25.520	15.00		19.14	127.60
30	AM-2	ADAPTADOR MACHO PVC 2"	PRI	10.00	UN	41.687	15.00		82.53	416.87
Subtotal									96,979.13	
Descuento										
Otros										
IVA									14,546.87	
TOTAL									111,526.00	

Firma



Fuente: Ferreteria Central

XI BIBLIOGRAFÍA

- Agrosa. (29 de mayo de 2019). Diseño Agronómico del sistema de riego de goteo. Obtenido de agricultura: <https://agroasa.com/disenio-agronomico-del-sistema-de-riego-de-goteo/>
- Inia. (2020). diseño hidráulico. Obtenido de ministerio de agricultura y riego, Perú: https://pgc-aulavirtual.inia.gob.pe/pluginfile.php/694/mod_resource/content/1/MODULO-IIIa.pdf
- INTAGRI, E. E. (10 de enero de 2019). Equipo Editorial INTAGRI. Obtenido de Diseño Agronómico del Sistema de Riego por Goteo: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/disenio-agronomico-del-sistema-de-riego-por-goteo>
- Jimenez, S. (18 de enero de 2018). Diseño Agronómico e hidráulico de sistemas de riego presurizado. Obtenido de hidraulica facil: https://pgc-aulavirtual.inia.gob.pe/pluginfile.php/694/mod_resource/content/1/MODULO-IIIa.pdf
- Orozco, H. y R. Buc. (2019). Censo de variedades de caña de azúcar Guatemala. En: Memoria de Presentación de Resultados de Investigación, Zafra 2018-2019. CENGICAÑA. Guatemala, 61-72.
- Orozco, H., R. Buc. J. L. Queme. (2018). Productividad de azúcar y fibra de la variedad CG02-163 a nivel comercial en las zafras 2017-18 y 2018-19. En: Memoria Presentación de Resultados de Investigación Zafra 2017-2018. CENGICAÑA, Guatemala., 57-66.
- Oscar Joaquín Duarte Álvarez, J. D. (2019). cultivo de caña de azúcar. En J. D. Oscar Joaquín Duarte Álvarez, cultivo de caña de azúcar (págs. 20-35). San Lorenzo, Paraguay: facultad de ciencias agrarias. Obtenido de jica: https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_01.pdf
- riego, c. d. (19 de abril de 2010). CINTA GOTEÓ | LÍNEA DE RIEGO. Obtenido de comercial de riego: <https://comercialderiegos.com/product/cinta-goteo-linea>.
- Sterling, T. M.-R. (s.f.). La Transpiración - Movimiento del Agua a Través de las Plantas. Obtenido de Plant & Soil Sciences eLibrary: Agbar. 2015. «Componentes imprescindibles en las instalaciones de riego agrícola - Agbar Agriculture».

Recuperado 24 de agosto de 2023 (<https://agbaragriculture.com/componentes-imprescindibles-en-las-instalaciones-de-riego-agricola/>).

Anón. s. f.-a. «FAO Riego y Drenaje, 2018».

Babilonia. 2014. «EL RIEGO: Marco de Aspersores y Difusores.» EL RIEGO. Recuperado 3 de junio de 2023 (<http://perdidoporlosjardinesdebabilonia.blogspot.com/2014/04/riegoXXX.html>).

Gestirriego. 2017. «gestirriego riego por goteo». Recuperado 3 de junio de 2023 (<https://www.gestirriego.com/riego-por-goteo-en-el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>).

Hector Orozco. 2017. «PRODUCTIVIDAD DE AZÚCAR Y FIBRA DE LA VARIEDAD CG02-163 A NIVEL COMERCIAL EN LA ZAFRA 2017-18».

IAgua. 2016. «iAgua». Recuperado 24 de agosto de 2023 (<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/disenio-agronomico-e-hidraulico-riegos-contenido>).

Infoagro. 2013. «El cultivo de la caña de azúcar». Recuperado 24 de agosto de 2023 (https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp).

Intagri. 2015. «Intagri». Recuperado 3 de junio de 2023 (<https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-evapotranspiracion-de-los-cultivos>).

Jose Peralta. 2001. «Riego por aspersion».

Jose Queme. 2017. «PRODUCTIVIDAD DE AZÚCAR Y FIBRA DE LA VARIEDAD CG02-163 A NIVEL COMERCIAL EN LA ZAFRA 2017-18».

Lourdes, Ing María. 2016. «SITUACIÓN DEL RIEGO EN NICARAGUA».

Miguel Monge, Miguel Angel Monge. 2018. «Diseño agronómico e hidráulico de riego: contenido». iAgua. Recuperado 3 de junio de 2023 (<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/disenio-agronomico-e-hidraulico-riegos-contenido>).

Netafim. 2009. «Riego Netafim». Recuperado 3 de junio de 2023 (<https://www.netafim.com.mx/>).

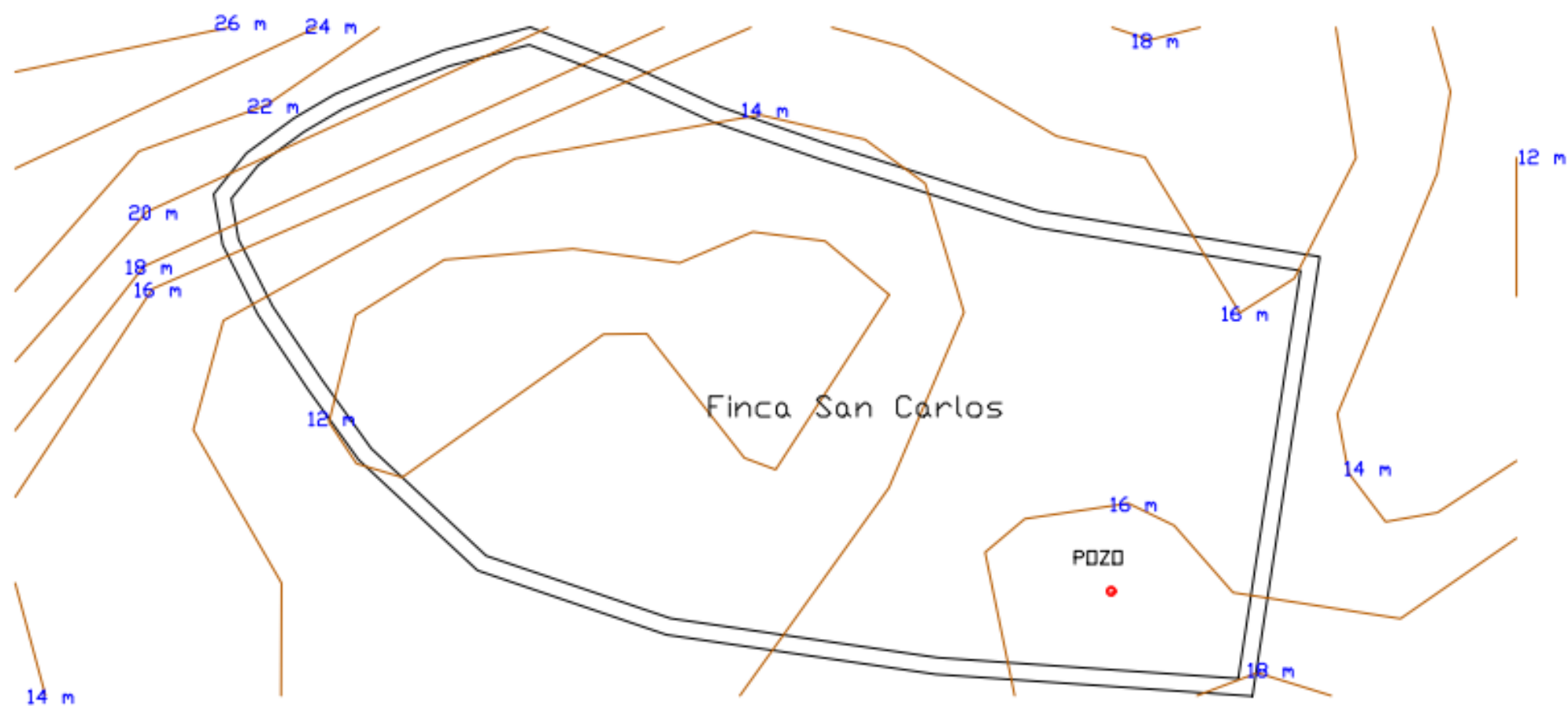
NOVAGRIC. 2015. «Precio del Riego ¿Cómo calcularlo?» Recuperado 4 de junio de 2023 (<https://www.novagric.com/es/blog/articulos/precio-riego-como-calcularlo>).

Proain. 2020. «Tecnologías y Frecuencias de riego en los cultivos agrícolas». ProainShop. Recuperado 3 de junio de 2023 (<https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/frecuencia-y-tiempos-de-riego-para-los-cultivos-agricolas>).

- Riego Pro. 2010. «Comprar Accesorios de Riego por Goteo Online | RIEGOPRO». Recuperado 3 de junio de 2023 (<https://riegopro.com/sistema-de-riego-por-goteo/accesorios-goteo-16mm/>).
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo, Secretaría de Agricultura y Desarrollo. 2017. «Caña de azúcar... más allá de su dulce sabor». gob.mx. Recuperado 8 de junio de 2023 (<http://www.gob.mx/agricultura/articulos/cana-de-azucar-mas-alla-de-su-dulce-sabor>).
- SER San Antonio. 2021. «SER San Antonio». Recuperado 3 de junio de 2023 (https://www.nicaraguasugar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=175).
- Traxco. 2017. «Intensidad de aplicación del riego - Mejorar la eficiencia». Recuperado 3 de junio de 2023 (<https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/aplicacion-del-riego>).



CURVAS DE NIVEL



PROYECTO: CURVAS A NIVEL

UBICACIÓN: EL VIEJO - CHINANDEGA

AREA TOTAL: 4.01 ha

DISEÑO: CARLOS MORAN Y JOSE TAPIA

APROBÓ: ING. WELSDEN BUSTILLO

FECHA: 07/08/23

PROPIETARIO: FINCA "SAN CARLOS"

CULTIVO: CAÑA DE AZUCAR

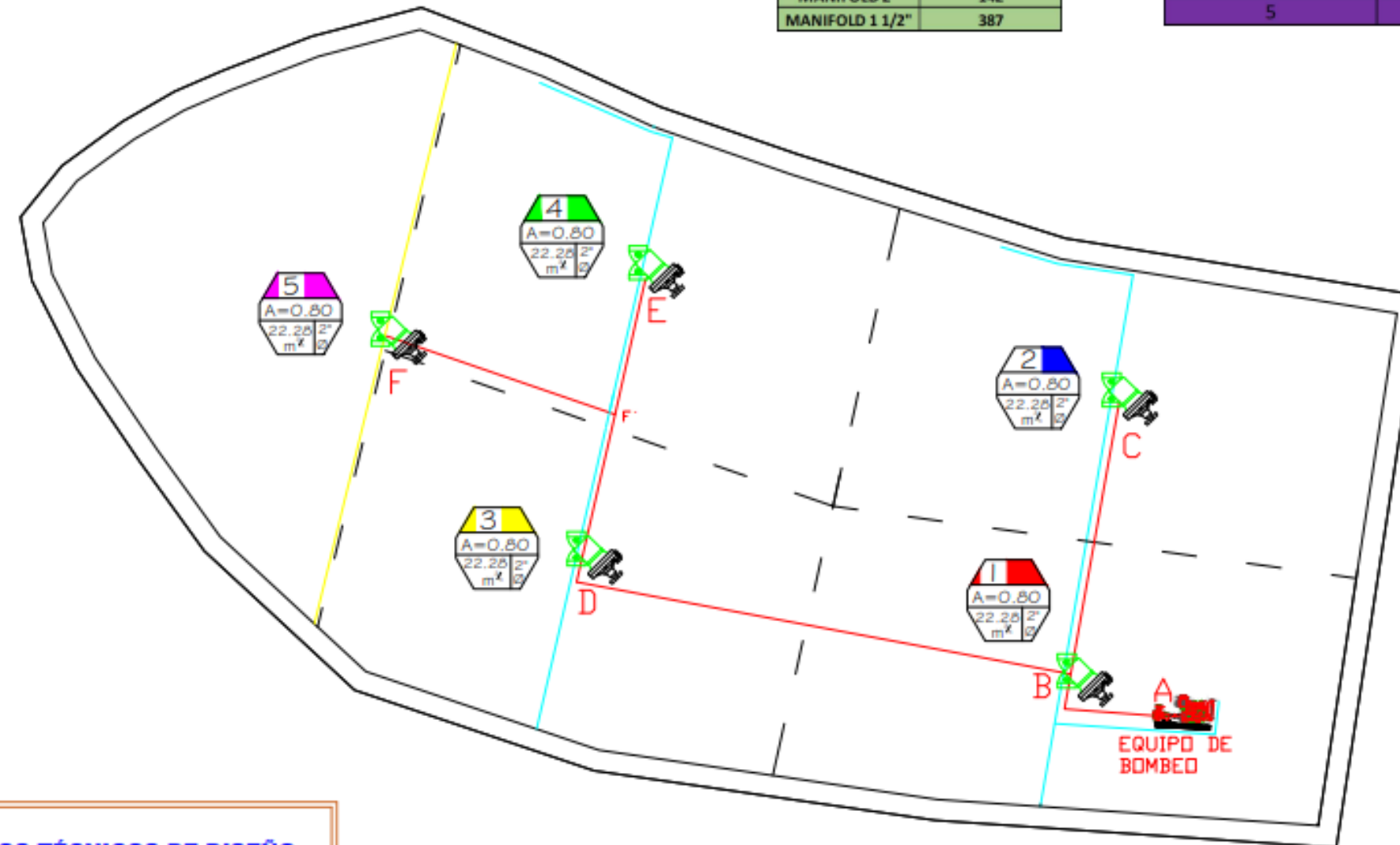
LAMINA
1
DE
5

ESC:
1:100



LONGITUD DE TUBERIAS	
CONDUCCION	DISTANCIAS (m)
A - B	31
B - C	66
B - D	124
D - E	68
F - F'	57
MANIFOLD 2"	142
MANIFOLD 1 1/2"	387

TURNOS DE RIEGO			
Nº TURNO / VALVULA	AREA (ha)	CAUDAL (mch)	CAUDAL (gpm)
1	0.8	22.28	98.0
2	0.8	22.28	98.0
3	0.8	22.28	98.0
4	0.8	22.28	98.0
5	0.8	22.28	98.0



LEYENDA	
	EQUIPO DE BOMBEO
	TUBERIA PRINCIPAL 3"
	TUBERIA MANIFOLD 2"
	TUBERIA MANIFOLD 1 1/2"
	VALVULA HIDRAULICA

DATOS TÉCNICOS DE DISEÑO		
CULTIVO Caña de azúcar	SISTEMA DE RIEGO Riego por goteo	DEFICIT DEL CULTIVO 6.80 mm/día
ÁREA DE RIEGO 4.01 ha	Q / GOTERO 1 Lph	PRESION DE TILIA 1 bar
PRESION EN DESCARGA 71 PSI	ESPAC. / LATERAL 1.20 m	GOTEROS / PLANTA 1.0
CAUDAL DISPONIBLE 100 GPM	ESPAC. / EMISOR 0.30 m	INTENSIDAD DE APLICACIÓN 2.78 mm/hora
TIEMPO DE PUESTA 2 hrs 27 min	TURNOS DE RIEGO / DÍA 5.0	JORNADA DE RIEGO / DÍA 12 hrs 14 min
	FRECUENCIA DE RIEGO Diario	



PROYECTO: SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

UBICACIÓN: EL VIEJO - CHINANDEGA

AREA TOTAL: 4.01 ha

DISEÑO: CARLOS MORAN Y JOSE TAPIA

APROBÓ: ING. WELSDEN BUSTILLO

FECHA: 07/08/23

PROPIETARIO: FINCA "SAN CARLOS"

CULTIVO: CAÑA DE AZUCAR

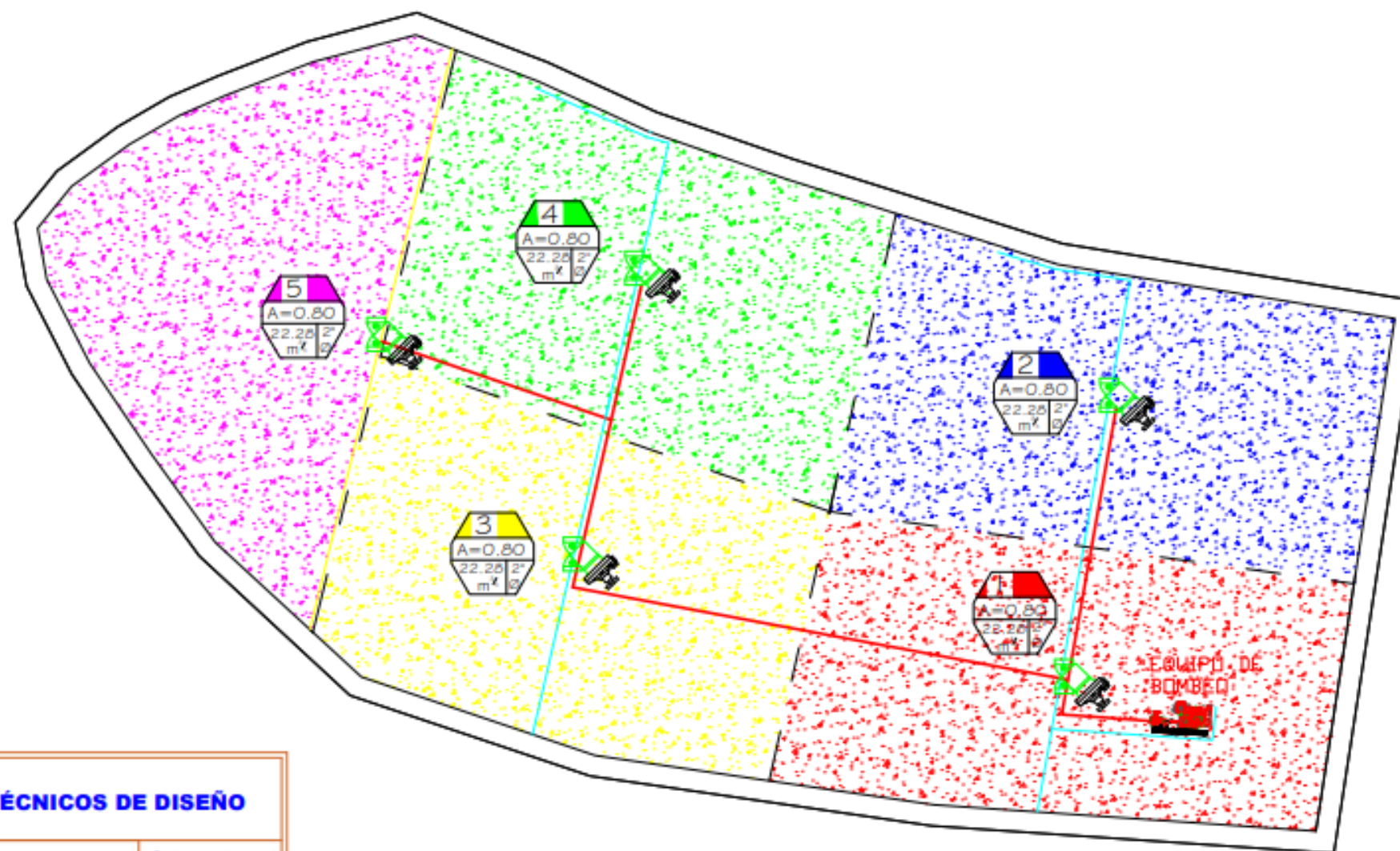
LAMINA
2
DE
5

ESC:
1:100



LONGITUD DE TUBERIAS	
CONDUCCION	DISTANCIAS (m)
A - B	31
B - C	66
B - D	124
D - E	68
F - F	57
MANIFOLD 2"	142
MANIFOLD 1 1/2"	387

TURNOS DE RIEGO			
Nº TURNO / VALVULA	AREA (ha)	CAUDAL (mch)	CAUDAL (gpm)
1	0.8	22.28	98.0
2	0.8	22.28	98.0
3	0.8	22.28	98.0
4	0.8	22.28	98.0
5	0.8	22.28	98.0



LEYENDA	
	EQUIPO DE BOMBEO
	TUBERIA PRINCIPAL 3"
	TUBERIA MANIFOLD 2"
	TUBERIA MANIFOLD 1 1/2"
	VALVULA HIDRAULICA

DATOS TÉCNICOS DE DISEÑO		
CULTIVO Caña de azúcar	SISTEMA DE RIEGO Riego por goteo	DÉFICIT DEL CULTIVO 6.80 mm/día
ÁREA DE RIEGO 4.01 ha	Q / GOTERO 1 Lph	PRECIÓN DE TRABAJO 1 bar
PRECIÓN EN DESCARGA 71 PSI	ESPAC. / LATERAL 1.20 m	GOTEROS / PLANTA 1.0
CAUDAL DISPONIBLE 100 GPM	ESPAC. / EMISOR 0.30 m	TURNOS DE RIEGO / DÍA 5.0
TIEMPO DE PUESTA 2 hrs 27 min	INTENSIDAD DE APLICACIÓN 2.78 mm/hrs	FRECUENCIA DE RIEGO Diario
	JORNADA DE RIEGO / DÍA 12 hrs 14 min	



PROYECTO: SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

UBICACIÓN: EL VIEJO - CHINANDEGA

AREA TOTAL: 4.01 ha

DISEÑO: CARLOS MORAN Y JOSE TAPIA

APROBÓ: ING. WELSDEN BUSTILLO

FECHA: 07/08/23

PROPIETARIO: FINCA "SAN CARLOS"

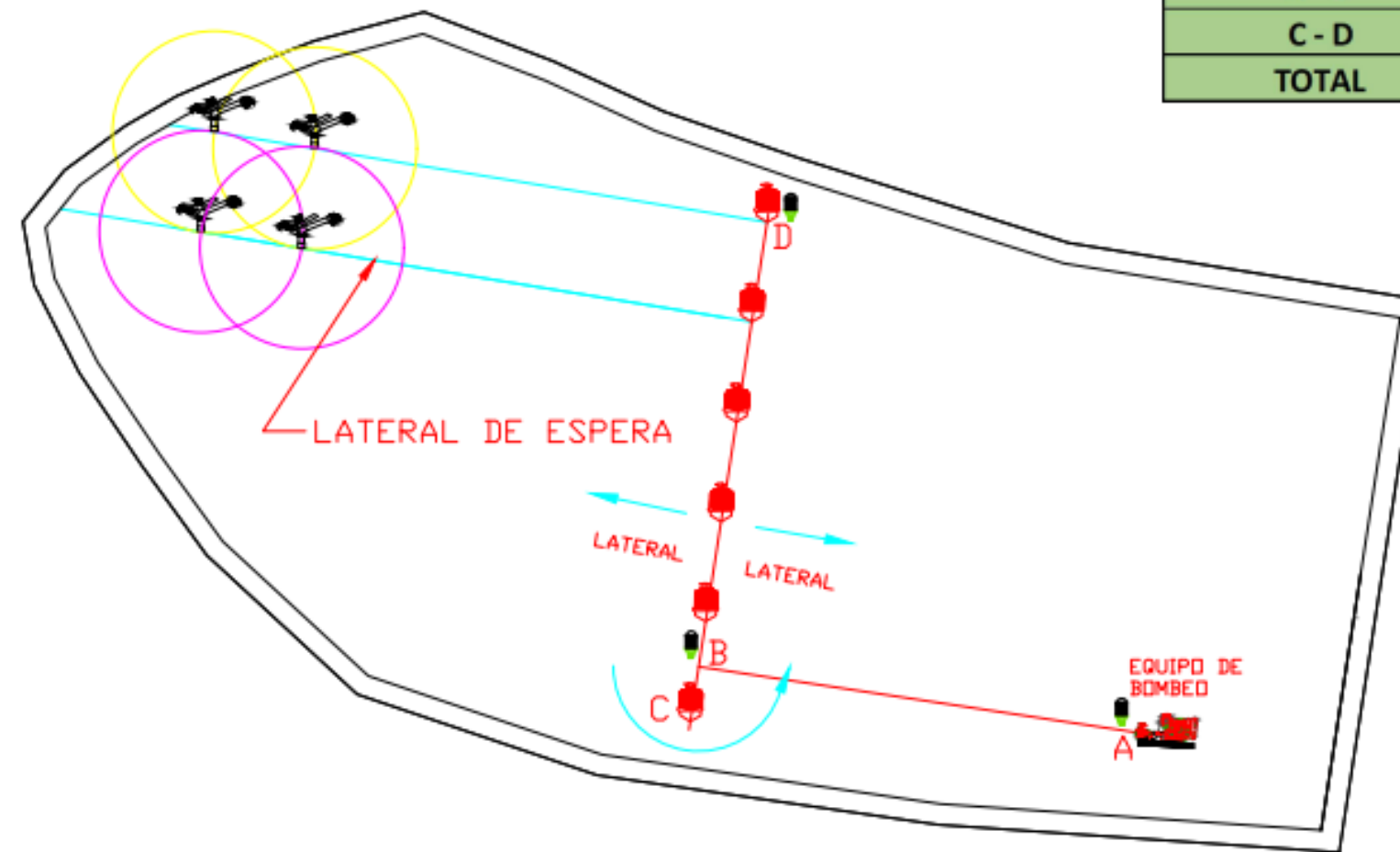
CULTIVO: CAÑA DE AZUCAR

LAMINA
3
DE
5

ESC:
1:100



LONGITUD DE TUBERIAS	
CONDUCCION	DISTANCIAS (m)
A - B	105
C - D	124
TOTAL	229



DATOS TÉCNICOS DE DISEÑO

SISTEMA DE RIEGO: Aspersión semi-móvil	Q / ASPERSOR 10.9 m ³ /hr	PRES. TRABAJO 44.1 PSI	CULTIVO: Caña de azúcar
AREA DE RIEGO: 4.01 ha	ESPAC. / ASPERSOR 24.0 m	ESPAC. / LATERAL 24.0 m	
DEFICIT DE CULTIVO 7.20 mm/día	INTENSIDAD DE APLICACION 18.92 mm/hr	TIEMPO DE PUESTA 1 hrs 9 min	
FRECUENCIA DE RIEGO 3 días	LÁMINA DE APLICACIÓN 21.60 mm	Nº de posiciones / aspersor 34	
Po DESCARGA 71 PSI	JORNADA DE RIEGO/DIA 13 hrs 41 min	CAUDAL DISPONIBLE 100 gpm	

LEYENDA

	EQUIPO DE BOMBEO
	CONDUCTORA PVC 3"
	TUBERIA LATERAL 3"
	CAÑON JOLLY 1 1/4"
	HIDRANTE PVC 3"



PROYECTO: SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMI MÓVIL

UBICACIÓN: EL VIEJO - CHINANDEGA

AREA TOTAL: 4.01 ha

DISEÑO: CARLOS MORAN Y JOSE TAPIA

APROBÓ: ING. WELSDEN BUSTILLO

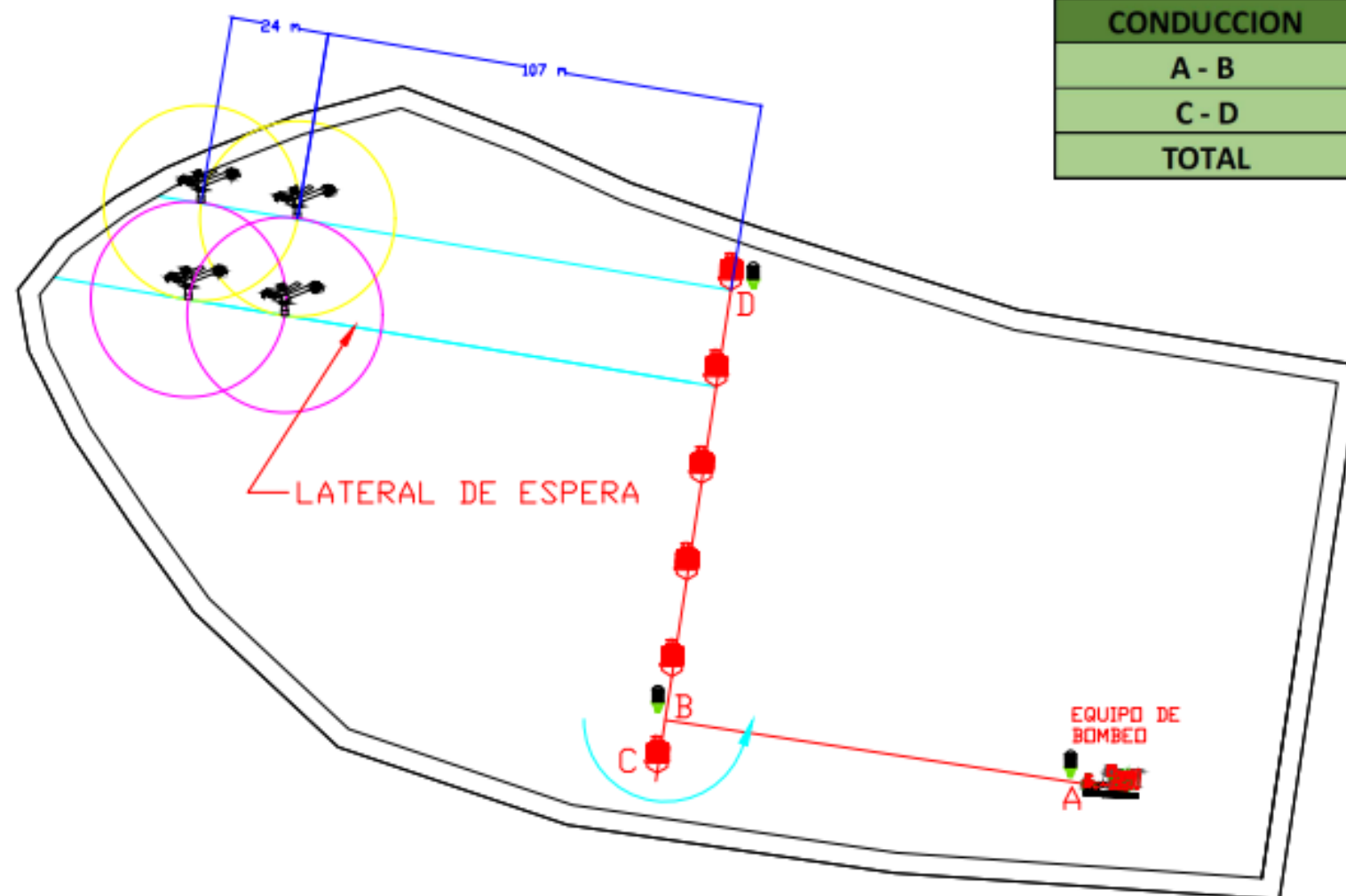
FECHA: 07/08/23

PROPIETARIO: FINCA "SAN CARLOS"

CULTIVO: CAÑA DE AZUCAR

LAMINA
4
DE
5

ESC:
1:100



LONGITUD DE TUBERIAS	
CONDUCCION	DISTANCIAS (m)
A - B	105
C - D	124
TOTAL	229

DATOS TÉCNICOS DE DISEÑO

SISTEMA DE RIEGO: Aspersión semi-móvil	Q / ASPERSOR 10.9 m ³ /hr	PRES. TRABAJO 44.1 PSI	CULTIVO: Caña de azúcar
AREA DE RIEGO: 4.01 ha	ESPAC. / ASPERSOR 24.0 m	ESPAC. / LATERAL 24.0 m	
DEFICIT DE CULTIVO 7.20 mm/día	INTENSIDAD DE APLICACION 18.92 mm/hr	TIEMPO DE PUESTA 1 hrs 9 min	
FRECUENCIA DE RIEGO 3 días	LÁMINA DE APLICACIÓN 21.60 mm	Nº de posiciones / aspersor 34	
Po DESCARGA 71 PSI	JORNADA DE RIEGO/DÍA 13 hrs 41 min	CAUDAL DISPONIBLE 100 gpm	

LEYENDA

	EQUIPO DE BOMBEO
	CONDUCTORA PVC 3"
	TUBERIA LATERAL 3"
	CAÑON JOLLY 1 1/4"
	HIDRANTE PVC 3"



PROYECTO: SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMI MÓVIL

UBICACIÓN: EL VIEJO - CHINANDEGA

AREA TOTAL: 4.01 ha

DISEÑO: CARLOS MORAN Y JOSE TAPIA

APROBÓ: ING. WELSDEN BUSTILLO

FECHA: 07/08/23

PROPIETARIO: FINCA "SAN CARLOS"

CULTIVO: CAÑA DE AZUCAR

LAMINA
5
DE
5

ESC:
1:100