

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE GUANACASTE
LICENCIATURA INGENIERÍA AGRONÓMICA CON ÉNFASIS EN RIEGO Y
DRENAJE



**DISEÑO DEL ACUEDUCTO Y SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA
EL ABASTECIMIENTO DE 33.5 HECTÁREAS DE *Brachiaria brizantha* DE
LA SOCIEDAD DE USUARIOS DE AGUA EL ESCOBIO, LIBERIA,
GUANACASTE.**

JOSÉ PABLO ZAMORA MORALES

1-1449-0275

2018

Miembros del tribunal evaluador

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por el Tribunal de la carrera de Ingeniería Agronómica con énfasis en Riego y Drenaje de la UTN, sede Guanacaste, como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo.

Ing. Agri. Fabricio Camacho. MSc

Profesor Tutor

Ing. Agro. María Arias Alfaro. MSc

Lectora

Ing. Agro. Flor Carvajal Álvarez.

Lectora

Ing. Agro. María Arias Alfaro. MSc

Presidente del Tribunal

José Pablo Zamora Morales

Sustentante

Dedicatoria

Dedico este trabajo final de graduación a Dios todo poderoso, a la Virgen María de los Ángeles, a mi padre Anselmo Zamora, mi madre Seidy Morales, mi hermana Carolina, mi hermano Esteban, mis sobrinos, Abuelos y Abuelas que siempre los llevo en mi corazón, muchas gracias por apoyarme siempre y enseñarme tanto.

Pablo Zamora Morales.

Agradecimientos

A Dios y a la virgen por darme salud, mantenerme con vida, por todas las bendiciones recibidas.

Gracias a los profesores de la carrera de agronomía de la UTN, tutor Ing. Fabricio Camacho, lectoras Ing. Marielos Arias, Ing. Flor Carvajal, personal administrativo y compañeros de la carrera.

Agradecimientos a los miembros de la Sociedad de Usuarios de Agua El Escobio por su colaboración, esperando que este proyecto de riego diseñado se les construya pronto, a los compañeros del SENARA del departamento de ingeniería, dibujo, topografía y especialmente al Ing. Alejandro Villalobos por su servicial forma de ser.

Pablo Zamora Morales.

Tabla de contenidos

| | |
|--|------|
| Tabla de Figuras | xiii |
| Tabla de cuadros | xv |
| Abreviaturas | xvii |
| Resumen..... | 1 |
| Capítulo 1. Trabajo de investigación | 3 |
| 1.1 Introducción..... | 4 |
| 1.2 Área de estudio, delimitación del problema y justificación | 6 |
| 1.2.1 Área de estudio | 6 |
| 1.2.2 Delimitación del problema | 8 |
| 1.2.3 Justificación..... | 8 |
| 1.3 Situación actual del conocimiento del tema | 10 |
| 1.4 Objetivos | 13 |
| 1.4.1 Objetivo general | 13 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 13 |
| Capítulo 2. Marco teórico referencias | 14 |
| 2.1 El riego | 15 |
| 2.1.1 El riego en Costa Rica..... | 15 |
| 2.1.2 Importancia del riego..... | 16 |
| 2.1.3 Condiciones para establecer un proyecto de riego | 17 |
| 2.2 Pasto mejorado <i>Brachiaria brizhanta</i> | 17 |
| 2.3 Estudios | 18 |
| 2.3.1 Estudio topográfico | 19 |
| 2.3.2 Topografía..... | 19 |
| 2.3.3 Levantamiento topográfico | 20 |
| 2.3.4 Estudio de suelos | 21 |
| 2.3.5 Textura de los suelos | 21 |
| 2.3.6 Calicatas | 23 |
| 2.3.7 Profundidad de suelo | 24 |
| 2.3.8 Propiedades físicas del suelo..... | 25 |
| 2.3.9 Capacidad de campo (cc) | 26 |
| 2.3.10 Densidad aparente | 27 |
| 2.3.11 Punto de marchitez permanente | 27 |
| 2.3.12 Análisis químico | 27 |

| | |
|---|----|
| 2.3.13 Capacidad de Intercambio Catiónico (CICE)..... | 29 |
| 2.3.14 Balance hídrico | 29 |
| 2.3.15 Infiltración..... | 30 |
| 2.3.16 Infiltración básica | 30 |
| 2.3.17 Infiltrómetros de doble cilindro | 31 |
| 2.3.18 Capacidad de usos de las tierras en Costa Rica MAG - MIRENEM | 32 |
| 2.3.19 Descripción general de las clases de capacidad de uso | 33 |
| 2.3.20 Descripción de las subclases de capacidad de uso | 34 |
| 2.3.21 Estudio agronómico | 35 |
| 2.3.22 Evapotranspiración..... | 35 |
| 2.3.23 Eficiencias de riego | 36 |
| 2.3.24 Coeficiente de cultivo | 36 |
| 2.3.25 Riego por aspersión | 37 |
| 2.3.26 Adaptabilidad de los riegos por aspersión..... | 39 |
| 2.3.27 Lamina de riego (Ln) | 39 |
| 2.3.28 Lamina bruta (Lb)..... | 39 |
| 2.3.29 Estudio Hidráulico | 40 |
| 2.3.30 Programa QGIS | 40 |
| 2.3.31 Delimitación..... | 41 |
| 2.3.32 Periodo de retorno de una avenida | 41 |
| 2.3.33 Obra de toma | 43 |
| 2.3.34 Tanque desarenador | 43 |
| 2.3.35 Vertedero | 44 |
| 2.3.36 Sistema de filtrado | 45 |
| 2.3.37 Filtros de malla..... | 46 |
| 2.3.38 Tuberías | 46 |
| 2.3.39 Presión estática..... | 47 |
| 2.3.40 La presión dinámica | 47 |
| 2.3.41 Altura piezométrica | 47 |
| 2.3.42 Perdidas de carga en tuberías | 48 |
| 2.3.43 Golpe de ariete..... | 49 |
| 2.3.44 Bolsas de aire en la tubería..... | 51 |
| 2.3.45 Anclajes..... | 51 |
| 2.3.46 Estudio financiero..... | 52 |

| | |
|---|----|
| 2.3.47 Evaluación financiera | 52 |
| 2.3.48 Indicadores financieros | 53 |
| 2.3.49 Valor Actual Neto | 53 |
| 2.3.50 Tasa Interna de Retorno | 54 |
| Capítulo 3. Marco metodológico..... | 56 |
| 3.1 Estudio topográfico | 57 |
| 3.1.1 Levantamiento topográfico | 57 |
| 3.1.2 Equipo de topografía utilizado..... | 58 |
| 3.1.3 Sitio idóneo para la obra de toma | 59 |
| 3.2 Estudio edafológico..... | 60 |
| 3.2.1 Descripción de suelos | 60 |
| 3.2.2 Análisis físico y químico del suelo..... | 60 |
| 3.2.3 Pruebas de infiltración..... | 61 |
| 3.2.4 Propiedades físicas del suelo..... | 62 |
| 3.2.5 Capacidad de usos de las tierras | 62 |
| 3.2.6 Prácticas de conservación de suelos y agua | 62 |
| 3.3 Estudio agronómico | 63 |
| 3.3.1 Área de riego..... | 63 |
| 3.3.2 Calculo de la demanda de agua para riego..... | 63 |
| 3.3.2.1 Evapotranspiración..... | 64 |
| 3.3.2.2 Dotación | 64 |
| 3.3.2.3 Módulo de Riego: | 64 |
| 3.3.2.4 Cálculo de Caudal requerido para riego (litros por segundo) | 65 |
| 3.3.2.5 Caudal por toma de beneficiario | 65 |
| Módulo de riego parcelario con aspersion | 65 |
| 3.3.2.6 Frecuencia de riego..... | 66 |
| 3.3.2.7 Uso consuntivo (UC) | 66 |
| 3.3.2.8 La frecuencia o intervalo de riego (Ir)..... | 66 |
| 3.3.2.9 Lamina bruta (Lb) | 67 |
| 3.3.3 Diseño de los sistemas de riego | 67 |
| 3.3.3.1 Riego por aspersion móvil..... | 67 |
| 3.3.4.3 Intensidad de aplicación..... | 68 |
| 3.3.4.4 Tiempo de riego ajustado..... | 68 |
| 3.3.5 Presupuesto de sistemas de riego por aspersion móviles | 68 |

| | |
|---|----|
| 3.4 Diseño hidráulico..... | 68 |
| 3.4.1 Obras complementarias | 69 |
| 3.4.1.1 Presa..... | 69 |
| 3.4.1.2 Caudal promedio | 69 |
| 3.4.1.1.1 Área de la cuenca de estudio | 69 |
| 3.4.1.1.2 Periodo de retorno..... | 70 |
| 3.4.1.1.3 Máxima longitud del recorrido del cauce | 70 |
| 3.4.1.1.4 Tiempo de concentración | 70 |
| 3.4.1.1.5 Intensidad máxima | 70 |
| 3.4.1.1.6 Caudal máximo | 71 |
| 3.4.1.1.7 Caudal medio | 71 |
| 3.4.1.1.8 Caudal mínimo | 71 |
| 3.4.1.1.9 Caudal del diseño | 71 |
| 3.4.1.1.10 Avenida máxima..... | 72 |
| 3.4.1.1.11 Calculo del caudal de demasía | 72 |
| 3.4.1.1.12 Calculo de la captación | 73 |
| 3.4.1.1.13 Coeficiente de rugosidad..... | 73 |
| 3.4.1.1.14 Calculo de la pendiente..... | 73 |
| 3.4.1.1.15 Calculo del borde libre..... | 74 |
| 3.4.1.1.16 Dimensiones de la rejilla de entrada | 74 |
| 3.4.1.1.17 Calculo de la elevación del barraje (Elev. B)..... | 75 |
| 3.4.1.1.18 Altura de barraje..... | 75 |
| 3.4.1.1.18 Medidas del barraje fijo y compuerta móvil | 75 |
| 3.4.1.1.19 Costo obra de toma..... | 75 |
| 3.4.1.2 Desarenador | 76 |
| 3.4.1.2.1 Ancho del desarenador | 76 |
| 3.4.1.2.2 Longitud del desarenador..... | 76 |
| 3.4.1.2.3 Vertedero triangular..... | 77 |
| 3.4.1.3 Conducción de Tuberías y Valvulerías..... | 77 |
| 3.4.1.4 Red de distribución..... | 79 |
| 3.5 Estudio financiero..... | 80 |
| 3.5.1 Evaluación financiera del proyecto..... | 80 |
| 3.5.1.1 Tasa de descuento..... | 81 |
| 4.1.1 Reconocimiento del lugar..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.2 Sección idónea obra de captación | 85 |
| 4.1.3 Perfiles longitudinales | 85 |
| 4.1.4 Levantamiento topográfico del diseño | 89 |
| 4.1.5 Datos de la topografía | 89 |
| 4.2 Estudio edafológico | 90 |
| 4.2.1 Ubicación sitio de muestreo de suelos | 90 |
| 4.2.2 Matriz Descripción de los suelos con el método de la calicata..... | 91 |
| 4.2.3 Pruebas de Infiltración..... | 95 |
| 4.2.4 Coeficientes hídricos de suelos..... | 98 |
| 4.2.5 Determinación uso de suelos | 99 |
| 4.2.6 Practicas de conservación de suelos | 100 |
| 4.3 Estudio agronómico | 101 |
| 4.3.1 Beneficiarios del proyecto | 101 |
| 4.3.2 Áreas de riego | 102 |
| 4.3.3 Recurso hídrico disponible | 102 |
| 4.3.4 Riego parcelario | 104 |
| 4.3.5 Lamina de riego (L) | 104 |
| 4.3.12 Selección del aspersor | 106 |
| 4.3.13 Intensidad de aplicación..... | 107 |
| 4.3.14 Tiempo de riego ajustado..... | 108 |
| 4.3.15 Dimensiones del sistema de riego parcelario..... | 108 |
| 4.4 Diseño hidráulico..... | 112 |
| 4.4.1 Obra de captación..... | 112 |
| Área de la cuenca de estudio..... | 113 |
| 4.4.1.1 Promedio del caudal del Río Negro | 113 |
| 4.4.1.2 Periodo de retorno de una avenida | 114 |
| 4.4.1.3 Longitud máxima del recorrido del cauce más extensivo | 114 |
| 4.4.1.4 Tiempo de concentración | 115 |
| 4.4.1.5 Intensidad máxima | 116 |
| 4.4.1.6 Caudal del diseño | 118 |
| 4.4.1.7 Caudal de demasía | 118 |
| 4.4.1.8 Calculo del coeficiente de rugosidad..... | 119 |
| 4.4.1.9 Calculo de la pendiente de la obra de toma | 119 |
| 4.4.1.10 Cálculo hidráulico del canal de encauzamiento aguas arriba..... | 120 |

| | |
|--|-----|
| 4.4.1.11 Cálculo de la captación | 122 |
| 4.4.1.12 Cálculo del borde libre..... | 123 |
| 4.4.1.13 Dimensiones de la rejilla de entrada | 124 |
| 4.4.1.13.1 Calculo de la elevación del barraje (Elev. B)..... | 124 |
| Cálculo de la altura de barraje: | 124 |
| 4.4.1.13.2 Medidas del barraje fijo y compuerta móvil | 125 |
| 4.4.1.14 Diseño final de la obra de toma..... | 126 |
| 4.4.2 Tanque desarenador | 130 |
| 4.4.2.1 Ancho del tanque desarenador | 130 |
| 4.4.2.2 Cálculo de la descarga a través de un vertedero triangular | 131 |
| 4.4.2.3 Diseño final del tanque desarenador..... | 133 |
| 4.4.3 Sistema de filtrado | 133 |
| 4.4.3.1 Caseta de filtrado | 134 |
| 4.4.4 Red de conducción | 134 |
| 4.4.5 Red de distribución | 135 |
| 4.4.6 Obras complementarias | 136 |
| 4.4.6.1 Válvulas de limpieza..... | 136 |
| 4.4.6.2 Válvulas de control y distribución | 136 |
| 4.4.6.3 Válvula de compuerta en línea..... | 137 |
| 4.4.6.4 Válvulas de aire..... | 137 |
| 4.4.6.5 Válvulas de alivio | 139 |
| 4.4.6.6 Válvulas de toma de parcela | 139 |
| 4.4.7 Anclajes y obras de protección | 141 |
| 4.4.7.1 Anclajes..... | 141 |
| 4.4.7.2 Cajas metálicas | 141 |
| 4.5 Estudio económico..... | 142 |
| 4.5.1 Para la presente evaluación financiera se consideran los siguientes supuestos..... | 142 |
| 4.5.2 Flujos de caja proyecto de riego El Escobio..... | 143 |
| 4.5.3 Supuesto técnico agronómicos | 143 |
| 4.5.4. Flujo de caja sin proyecto (situación actual)..... | 144 |
| 4.5.4.1 Supuestos financieros | 144 |
| 4.5.4.2 Inversiones del productor | 144 |
| 4.5.3 Costos y gastos..... | 145 |
| 4.5.3.1 Costos de producción del productor..... | 145 |

| | |
|---|-----|
| 4.5.3.2 Gastos de administración del productor | 146 |
| 4.5.4. Ingresos | 148 |
| 4.5.5 Precios del ganado de carne..... | 149 |
| 4.5.6 Flujo de caja con proyecto (análisis 100% de la inversión) | 150 |
| 4.5.7 Inversiones del proyecto de riego El Escobio..... | 151 |
| 4.5.7.1 Inversiones de capital..... | 151 |
| 4.5.8. Costos y gastos..... | 152 |
| 4.5.8.1 Costos de producción del productor | 152 |
| 4.5.8.2 Gastos de administrador del productor | 152 |
| 4.5.8.3 Costos de operación y mantenimiento del sistema | 153 |
| 4.5.8.4 Costos y gastos de la SUA..... | 154 |
| 4.5.8.5 Servicios contratados de la SUA..... | 155 |
| 4.5.8.6 Gastos administrativos SUA..... | 156 |
| 4.5.8.7 Otros costos SUA..... | 156 |
| 4.5.9 Ingresos de los productores con proyecto..... | 157 |
| 4.5.10 Financiamiento..... | 158 |
| 4.5.10.2 Fuentes de financiamiento | 158 |
| 4.5.11 Análisis de rentabilidad | 159 |
| 4.5.11.1 Resultados flujo de caja sin proyecto (situación actual) | 159 |
| 4.5.11.2 Resultados flujo de caja con proyecto (evaluando el 100% de la inversión) | 160 |
| 4.5.11.3 Resultados flujo de caja incremental..... | 161 |
| 4.5.11.4 Resultados flujo de caja con proyecto (evaluando el 50% de la inversión) | 162 |
| 4.5.11.5 Resultados de flujo de caja con proyecto (evaluando el 0% de la inversión) | 163 |
| Capítulo 5. Diseño e implementación del proyecto. | 164 |
| 5.1 Cronograma de implementación | 165 |
| 5.2 Implementación del proyecto | 165 |
| 5.2.1 Ejecución del proyecto | 165 |
| 5.2.2 Sistema constructivo | 165 |
| 5.2.3 Plan de operación del proyecto..... | 166 |
| 5.3 Propuesta de mantenimiento | 166 |
| 5.3.1 Mantenimiento obra de toma..... | 167 |
| 5.3.2 Mantenimiento tanque desarenador..... | 167 |

| | |
|---|-----|
| 5.3.4 Mantenimiento tuberías de conducción y distribución | 167 |
| 5.3.5 Mantenimiento valvulería general | 168 |
| 5.4 Estimación de costos de mantenimiento | 170 |
| 5.4.1 Proyección costos de mantenimiento..... | 170 |
| Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones. | 171 |
| 6.1 Conclusiones..... | 172 |
| 6.2 Recomendaciones | 173 |
| Capítulo 7. Bibliografía..... | 178 |
| Capítulo 8. Anexos..... | 182 |
| Capítulo 9. Planos Constructivos | 211 |

Tabla de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Ubicación Geográfica, El Escobio, Liberia, Guanacaste | 6 |
| Figura 2. Pasto mejorado <i>Brachiaria brizantha</i> | 18 |
| Figura 3. Triangulo de texturas del suelo | 22 |
| Figura 4. Representación uso de suelos | 33 |
| Figura 5. Categorías uso de suelos | 33 |
| Figura 6. Filtro de malla | 46 |
| Figura 7. Válvula de aire doble propósito | 50 |
| Figura 8. Levantamiento topográfico con estación total en la zona montañosa del Río Negro | 58 |
| Figura 9. Levantamiento topografico con estacion total GPS | 59 |
| Figura 10. Calicata en el sitio de muestreo de suelos del área de estudio El Escobio | 60 |
| Figura 11. Salida de la parte montañosa del Río Negro | 84 |
| Figura 12. Elevación graficadas de la conducción principal del diseño de riego el Escobio | 86 |
| Figura 13. Elevaciones graficadas del Ramal 1 del diseño de riego El Escobio | 87 |
| Figura 14. Elevaciones graficadas del Ramal 2 del diseño de riego El Escobio | 88 |
| Figura 15. Representación del levantamiento topográfico del diseño del sistema de riego El Escobio | 89 |
| Figura 16. Ubicación muestreo de suelos con el método de la calicata | 90 |
| Figura 17. Ubicación pruebas de infiltración | 95 |
| Figura 18. Sitios de pruebas de infiltración | 96 |
| Figura 19. Curva de infiltración instantánea contra el tiempo en la parte baja del área de estudio | 97 |
| Figura 20. Curva de infiltración instantánea contra el tiempo en la parte alta del área de estudio | 97 |
| Figura 21. Dibujo sistema de riego parcelario diseñado | 109 |
| Figura 22. Delimitación de la cuenca de estudio en El Escobio, Liberia, Guanacaste | 113 |
| Figura 23. Representación cálculo de la pendiente | 120 |
| Figura 24. Calculo hidráulico de la obra de toma | 121 |
| Figura 25. Diseño captacion de la boca de toma | 122 |
| Figura 26. Medidas de la captación | 123 |
| Figura 27. Elevación de la boca de toma | 125 |
| Figura 28. Representación de la cortina de concreto de la obra de toma | 126 |
| Figura 29. Diseño final de la obra de toma del proyecto de riego El Escobio | 128 |
| Figura 30. Medidas del vertedero | 132 |
| Figura 31. Prueba de infiltración parte baja del área de estudio El Escobio ... | 185 |
| Figura 32. Prueba de infiltración en la parte alta del área de estudio El Escobio | 186 |
| Figura 33. Resultado de análisis químico del suelo de El Escobio | 187 |
| Figura 34. Resultado de análisis de textura de suelos de El Escobio | 188 |
| Figura 35. Aspersor seleccionado | 189 |
| Figura 36. Resultados módulo de riego por aspersión, Programa WinSIPP2. | 190 |

| | |
|--|-----|
| Figura 37. Diseño conducción principal | 192 |
| Figura 38. Diseño conducción principal (continuación) | 193 |
| Figura 39. Diseño conducción principal (continuación) | 194 |
| Figura 40. Diseño conducción principal (continuación) | 195 |
| Figura 41. Diseño conducción principal (continuación) | 196 |
| Figura 42. Diseño conducción principal (continuación) | 197 |
| Figura 43. Diseño conducción principal (continuación) | 198 |
| Figura 44. Diseño ramal 1 | 199 |
| Figura 45. Diseño ramal 1 (continuación) | 200 |
| Figura 46. Diseño ramal 2 | 201 |
| Figura 47. Diseño ramal 2 (continuación) | 202 |
| Figura 48. Detalle de costos del proyecto | 203 |
| Figura 49. Detalle de costos del proyecto (continuación) | 204 |
| Figura 50. Flujo de caja a 10 años (situación actual) | 206 |
| Figura 51. Flujo de caja a 10 años (situación con proyecto) | 207 |
| Figura 52. Flujo de caja a 10 años con situación incremental | 208 |
| Figura 53. Flujo de caja a 10 años (situación 50% de la inversión) | 209 |
| Figura 54. Flujo de caja a 10 años (situación 0% de la inversión) | 210 |

Tabla de cuadros

| | |
|---|-----|
| Cuadro 1. Tabla de las propiedades físicas del suelo según su textura | 26 |
| Cuadro 2. Tabla Olsen modificada empleada para el análisis químico de suelos en Costa Rica..... | 28 |
| Cuadro 3. Eficiencia de aplicación para varios métodos de riego | 36 |
| Cuadro 4. Coeficientes de cultivos (Kc) para diferentes cultivos..... | 37 |
| Cuadro 5. Intensidades máximas (mm/hr), para diferentes duraciones (min) y periodos de retornos (años), de la ciudad de Liberia, Guanacaste | 42 |
| Cuadro 6. Regleta graduada para vertedero triangular utilizada por el SENARA | 45 |
| Cuadro 7. Sección potencial para la obra de captación del diseño de riego el Escobio | 85 |
| Cuadro 8. Descripción de suelos del área de estudio del diseño de riego por aspersión El Escobio, Liberia, Guanacaste..... | 91 |
| Cuadro 9. Resultado análisis físico del suelo y Descripción morfológica de observación semidetallada..... | 92 |
| Cuadro 10. Resultados análisis químicos del suelo | 93 |
| Cuadro 11. Resultados Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva del área de estudio de EL Escobio | 94 |
| Cuadro 12. Resultados de las pruebas de infiltración básica en la parte baja y alta del área de estudio El Escobio | 98 |
| Cuadro 13. Determinación de uso de suelos de El Escobio | 99 |
| Cuadro 14. Lista de beneficiarios de la SUA El Escobio..... | 101 |
| Cuadro 15. Área bajo riego por cada beneficiario del proyecto de riego El Escobio | 102 |
| Cuadro 16. Cálculos necesidades hídricas del cultivo <i>Brachiaria brizantha</i> de El Escobio | 102 |
| Cuadro 17. Parámetros para el cálculo de la lámina de riego del diseño de riego El Escobio | 105 |
| Cuadro 18. Frecuencia de riego ajustada del proyecto de riego El Escobio ... | 105 |
| Cuadro 19. Especificaciones técnicas del aspersor seleccionado | 106 |
| Cuadro 20. Detalle presupuesto para módulos de riego parcelario de 0.5 ha por aspersión..... | 110 |
| Cuadro 21. Ríos de la cuenca aguas arriba de la obra de toma El Escobio ... | 114 |
| Cuadro 22. Sumatoria máxima longitud del recorrido de la cuenca | 115 |
| Cuadro 23. Resultado de los cálculos hidrológicos para el diseño de la obra de toma del proyecto de riego El Escobio..... | 117 |
| Cuadro 24. Coeficiente de rugosidad (n) del Río Negro | 119 |
| Cuadro 25. Valor de la cota del espejo de agua | 120 |
| Cuadro 26. Presupuesto obra de toma, mano de obra, costos, materiales y costos indirectos. | 129 |
| Cuadro 27. Presupuesto obra de toma costo unitario, utilidad y precio unitario | 129 |
| Cuadro 28. Presupuesto obra de toma, flete, costo m ³ y monto total..... | 129 |
| Cuadro 29. Diámetros de tuberías en milímetros del diseño de acueducto para riego El Escobio | 135 |

| | |
|---|-----|
| Cuadro 30. Ubicación de sitios idóneos para la colocación de válvulas de aire | 138 |
| Cuadro 31. Ubicación de las tomas de parcela de cada uno de los beneficiarios de la SUA El Escobio | 140 |
| Cuadro 32. Rendimientos de producción utilizada en la evaluación con proyecto | 143 |
| Cuadro 33. Tabla resumen variables para la evaluación del proyecto situación actual de los beneficiarios | 144 |
| Cuadro 34. Capital de trabajo de los productores del proyecto de riego El Escobio situación actual para el primer año de proyección | 145 |
| Cuadro 35. Resumen de costos de producción totales primer año de evaluación sin proyecto | 146 |
| Cuadro 36. Gastos administrativos del productor proyecto de riego El Escobio | 147 |
| Cuadro 37. Deber porcentual de pago de impuesto sobre la renta para personas físicas con actividad lucrativa | 148 |
| Cuadro 38. Proyección ingresos proyecto El Escobio sin riego primeros cinco años de evaluación..... | 149 |
| Cuadro 39. Precios de venta promedio utilizados para el cálculo de ingreso en el proyecto de El Escobio | 149 |
| Cuadro 40. Supuestos variables evaluados flujo de caja con proyecto para los productores..... | 150 |
| Cuadro 41. Inversiones de capital proyecto de riego El Escobio | 151 |
| Cuadro 42. Costos de producción con riego proyecto de riego El Escobio..... | 152 |
| Cuadro 43. Gastos administrativos del productor proyecto de riego El Escobio | 153 |
| Cuadro 44. Costos de mantenimiento, proyecto de Riego El Escobio..... | 154 |
| Cuadro 45. Servicio contratados para el proyecto de riego El Escobio (colones/año)..... | 155 |
| Cuadro 46. Gastos administrativos de la SUA | 156 |
| Cuadro 47. Calculo del canon de agua proyecto de riego El Escobio | 157 |
| Cuadro 48. Proyección ingreso proyecto El Escobio con riego primeros cinco años de evaluación..... | 158 |
| Cuadro 49. Flujo actual de los productores proyecto de riego El Escobio | 159 |
| Cuadro 50. Indicadores financieros resultados flujo de caja proyectado (con riego) | 160 |
| Cuadro 51. Indicadores financieros resultados flujo de caja incremental..... | 161 |
| Cuadro 52. Indicadores financieros resultados flujo de caja proyectado con riego | 162 |
| Cuadro 53. Indicadores financiero resultados flujo de caja proyectado con riego | 163 |
| Cuadro 54. Dimensiones de las zanjias al momento de construir..... | 166 |
| Cuadro 55. Aforos de la fuente potencial del Río Negro, Escobio, Liberia..... | 191 |
| Cuadro 56. Cronograma de ejecución del proyecto de riego El Escobio, Liberia, Guanacaste..... | 205 |

Abreviaturas

FAO: Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura

INDEP: Dirección de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

MINAE: Ministerio de Ambiente Energía y Mares

PIMA: Programa Integral de Mercadeo Agropecuario

PVC: Policloruro de Vinilo

SENARA: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento

SENASA: Servicio Nacional de Salud Animal

SETENA: Secretaría Técnica Nacional Ambiental

SUA: Sociedad de Usuarios de Agua

U.A: Unidad Animal

INDER: Instituto de Desarrollo Rural

INTA: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnológica Agropecuaria

GPS: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)

INA: Instituto Nacional de Aprendizaje

m.c.a: Metros de Columna de Agua

psi: Libras por Pulgada Cuadrada

m.s.n.m: Metros Sobre el Nivel del Mar

QGIS: Quantum Gis (Sistema de Información Geográfica de código abierto)

Resumen

Se diseñó un acueducto y sistema de riego por aspersión para el abastecimiento de 33,5 hectáreas con el cultivo de *Brachiaria brizantha* evaluado económicamente para la actividad de desarrollo agrícola de ganado de engorde para 26 productores agropecuarios del poblado del Escobio de Liberia, Guanacaste. Con el fin de que sean considerados los estudios realizados en este trabajo final de graduación en el SENARA para que determinen como viable la construcción del proyecto de riego El Escobio. Los productores en el 2016 iniciaron los trámites ante el SENARA para evaluar la factibilidad técnica de construir un proyecto de riego, para mitigar el déficit hídrico que durante la época seca limita la producción agrícola en sus terrenos, lo que les impide mantener una producción sostenida durante todo el año.

Como parte de las acciones realizadas por los beneficiarios en el 2016 se realizó el proceso de obtención de una concesión de agua por 29 litros por segundo del Río Negro. Como medida paliativa, en la época seca los productores utilizan agua de pozos para el abrevado del ganado o lo llevan a abrevar al río, por consiguiente, los animales no disponen de agua a su voluntad y esto asociado a la falta de forrajes de buena calidad hace que disminuya la producción de carne durante la época seca, siendo la necesidad de riego una prioridad determinante para los productores. Para financiar la construcción de este proyecto es necesario realizar esfuerzos para buscar una fuente de financiamiento ya sea con el sector agropecuario que se recomienda sea con fondos no reembolsables o con la banca estatal.

El diseño de riego consiste en la construcción de una red de tuberías de PVC con longitud total de 8.377 km para llevar el agua desde el Río Negro hasta las diferentes fincas ubicadas en las inmediaciones del área de estudio.

Los beneficiarios de este proyecto son pequeños productores independientes que utilizan sus propiedades para la producción ganadera, a quienes se les calculo un caudal diario de 1.11 lps con el que podrán poner bajo riego 1.29 hectáreas por usuario. Con la realización de este proyecto se regarán 33.5 hectáreas, dedicadas al cultivo de pasto mejorado *Bracharia brizantha*, distribuidas en tomas parcelarias.

La distribución del agua será por medio de caudal continuo, y una jornada de riego de 18 horas. Este trabajo final de graduación contribuye en el proceso de reconversión productiva de esta organización para desarrollarlo se requiere un costo de inversión de ¢240,649,589.69 (Doscientos cuarenta millones seiscientos cuarenta y nueve mil quinientos ochenta y nueve colones con 69/100) el costo para 1.29 hectáreas por usuario es de ¢ 7, 183,569.84 (Siete millones ciento ochenta y tres mil quinientos sesenta y nueve colones con 84/100) donde el rubro más importante es el costo de la tubería y las obras de concreto.

Capítulo 1. Trabajo de investigación

1.1 Introducción

La Sociedad Usuarios de Agua El Escobio está conformada por 26 socios organizados, el grupo de fincas del área de estudio está constituido por terrenos de topografía irregular en la mayor parte de su área y con algunas partes planas. Son terrenos de fertilidad media, con suelos de textura moderadamente finas. La preocupación e iniciativa de los 26 socios, es lo que ha permitido identificar este proyecto, con el que se pretende dar solución a la deficiencia hídrica durante la época seca. En la estación seca son escasas las posibilidades de aprovechar sus tierras para producir por la falta de infraestructura que conduzca las aguas superficiales de la fuente potencial más cercana de la zona como lo es el Río Negro.

Los productores han tenido el apoyo por parte de los funcionarios del Sector Agropecuario de la Región Chorotega, principalmente por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento que por su mandato de su ley constitutiva promueven el desarrollo de proyectos de riego y drenaje que permitan incrementar la producción agrícola. Precisamente es que por medio del diseño del acueducto y el sistema de riego por aspersión se pretende reemplazar las necesidades hídricas para producir intensivamente durante todos los meses

En la estación lluviosa dependen de las precipitaciones que son insuficientes durante los eventos del Fenómeno del niño, repercutiendo en la germinación o trasplante de los cultivos a sus fincas. Durante la etapa fenológica de las plantaciones es cuando se requieren más aplicaciones de riego obteniendo pérdidas económicas y productivas si no se logra suplir esa necesidad. Actualmente el principal sistema de producción en El Escobio es la Ganadería de engorde, para

El sostenimiento de la producción ganadera requiere gramíneas con buena tasa de crecimiento y buen vigor durante la época seca.

El pasto *Brachiaria* muestra gran aceptación por parte de los ganaderos debido a su adaptación a diversas condiciones edafológicas y climáticas. Bajo condiciones limitantes en el suelo como acidez y baja fertilidad, los pastos del género *Brachiaria* muestran un eficiente crecimiento y persistencia, así como altas producciones de biomasa de buena calidad y un alto grado de aceptación por los animales (Olivera, 2006). El cultivo de *Brachiaria brizantha* responde bien a niveles de fertilización moderados, funciona para el pastoreo continuo o de rotación no es debido realizar sobre pastoreo, también es un pasto de corta que se puede utilizar para comercialización o utilizarlo en diferentes sistemas productivos aplicados en la ganadería como lo es el estabulado o semi estabulado. La importancia del riego en la agricultura está totalmente comprobado el aporte que se genera en la ganadería es el beneficio de la pronta recuperación en las pasturas, obteniendo resultados óptimos como la sostenibilidad del cultivo. (Forgages, 2017)

1.2 Área de estudio, delimitación del problema y justificación

1.2.1 Área de estudio

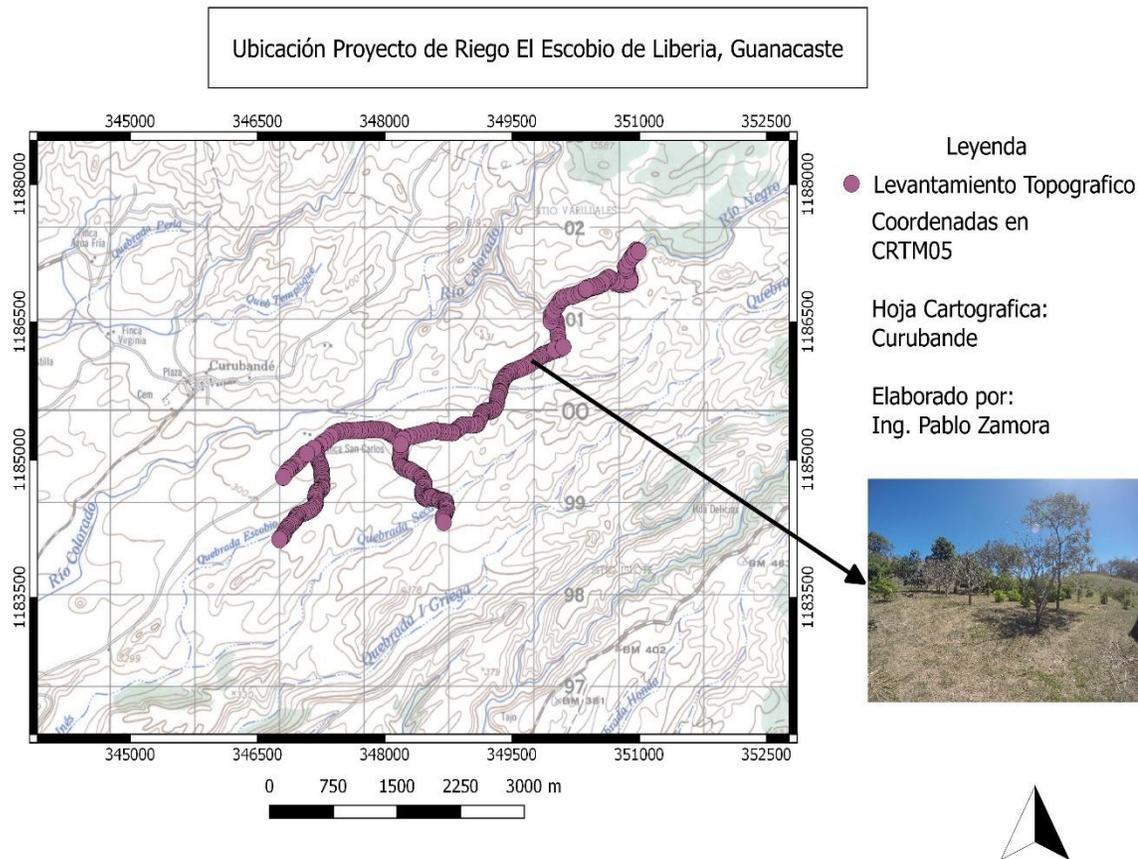


Figura 1. Ubicación Geográfica, El Escobio, Liberia, Guanacaste

Como se aprecia en la figura El Escobio pertenece al distrito Curubandé del cantón Liberia en la provincia de Guanacaste. Específicamente, la totalidad del acueducto y sistema de riego a diseñar se encuentra en el sector comprendido entre las coordenadas 350980 y 346768 de Latitud Norte y las Coordenadas 1187244 y 1184133 de Longitud Oeste, de la hoja Cartográfica Curubandé con escala 1:50 000.

En el área de estudio se presentan tierras geológicamente antiguas del territorio costarricense. Las rocas proceden de los periodos cretácicos terciarios y cuaternarios siendo las rocas volcánicas del cuaternario las que predominan en la zona, con materiales provenientes de la Cordillera de Guanacaste, especialmente de los Volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles.

El Escobio pertenece a una meseta generada por la actividad volcánica, la cual ha sido llamada como la meseta ignimbrítica de Liberia, que se caracteriza por su suelo de color blanco, es producto de su origen en una roca volcánica de nombre ignimbrita. Por los suelos calcáreos colores blancos que se encuentran en el cantón de Liberia es conocida como la ciudad blanca de Costa Rica.

En los últimos años se viene produciendo un cambio y variabilidad climática que afecta los regímenes de precipitación, siendo la agricultura de secano muy sensible a estos efectos adversos que provocan inestabilidad de la época lluviosa por lo que el riego es una alternativa de adaptación al cambio climático. No solamente la aplicación del riego es suficiente para que la agricultura y los rendimientos de los diferentes sistemas de producción sean sostenibles al mediano y largo plazo, si no que existen otros factores de producción como la calidad del recurso suelo, por lo que era muy útil conocer las condiciones edáficas de los suelos presentes en el área regable, sus características que se presente que puede ser un factor limitante, de la forma que nos permita planificar y priorizar buenas prácticas agrícolas para el uso actual y propuesto de los cultivos. (SENARA, 2016)

Se presentan suelos que se agrupan en el orden de los entisoles, suborden orthents, tienen un régimen de humedad ústico, en que el suelo posee un periodo

seco mayor a 90 días acumulativos durante el año. A nivel de gran grupo como Ustorthents y en el subgrupo Typic Ustorthents.

1.2.2 Delimitación del problema

Para el diseño de este proyecto se trabajará de acuerdo con las necesidades hídricas de los 26 miembros de la Sociedad de Usuarios de Agua El Escobio.

Se evaluarán 33,5 hectáreas y 8.377 kilómetros de levantamiento topográfico como se puede observar en la figura 1. Iniciando en la fuente potencial de riego Río Negro hasta finalizar en la última toma de parcela, comprende de una conducción principal y dos ramales diseñados con tubería de PVC

Los beneficiarios requieren regar 33,5 ha de pastos mejorados *Brachiaria brizantha*, para la sostenibilidad de la producción de ganadería de engorde durante todos los meses del año.

Para este diseño del acueducto y sistema de riego por aspersión se realizarán los estudios de: Topografía, Edafológico, Hidráulico, Agronómico y financiero.

1.2.3 Justificación

La deficiencia hídrica que presentan los miembros de la SUA El Escobio, en la época seca, los obliga hacer fuertes inversiones en la compra de alimentos y suplementos para el ganado. Los productores de la comunidad tradicionalmente utilizan el agua de las nacientes como abrevaderos, no cuentan con los medios necesarios para irrigar las fincas, adicionalmente el fenómeno de la sequía ha provocado que durante la época seca, tanto las nacientes como los pozos artesanales se sequen, lo que está limitando enormemente la producción en la zona.

Por este motivo, la implementación de un sistema de riego en esta comunidad, significa para los miembros de la SUA El Escobio la oportunidad de tener una herramienta que los ayude a aumentar las posibilidades de obtener mejores ingresos ya que podrían complementar el hato con cultivos como caña de azúcar o pastos forrajeros. Adicionalmente un proyecto de riego les podría dar la oportunidad de sembrar otros cultivos que les permitan mejorar sus ingresos.

La fuente de agua Río Negro propuesta para realizar el diseño del acueducto, según las observaciones en el campo la cuenca, se encuentra bien protegida por bosques naturales, lo que brinda un buen grado de seguridad en cuanto al caudal disponible de la fuente de agua. Las fincas presentan condiciones de suelo aptas para el desarrollo de sistemas de producción intensivos, con un sistema de riego permitirá a este grupo de productores el desarrollo integral y sostenible de sus fincas. Por las condiciones imperantes de la zona, un proyecto de riego en El Escobio representa un insumo indispensable para lograr el desarrollo de los agricultores, sobre todo por los fenómenos de sequía que se presenta en la Región Pacífico Norte.

Es por eso, que con la elaboración de este diseño y estudio se puede determinar si es viable que para el pequeño agricultor, un proyecto de riego construido con el acompañamiento del SENARA les incrementará considerablemente las posibilidades de mejorar sus condiciones socioeconómicas.

1.3 Situación actual del conocimiento del tema

El Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN) posee datos que la sequía más fuerte en Liberia se presentó en el año 1967, para ese año en el mes de mayo se acumuló 7,5 mm de precipitación comparándolo con el mes de mayo del 2015 se redujo a 1,3 mm de precipitación podemos manifestar que son las condiciones climáticas más extremas de los últimos 50 años que ha marcado al país, principalmente a la provincia de Guanacaste. Esto se debe al Fenómeno del Niño para entender de qué trata, la Niña representa la fase fría del ciclo ENOS que comprenden eventos de frío del pacífico el Niño es todo lo contrario provocando calentamiento y se debe de conceptualizarlo como un fenómeno con una frecuencia de ocurrencia que va entre 2 a 4 años, presentando interacción dinámica entre el océano y la atmosfera.

El poblado del Escobio por su ubicación presenta las consecuencias de la sequía la cual ocasiona la disminución en la producción ganadera, la agricultura, el desarrollo, generación de empleos en el sector agropecuario, pérdidas económicas, déficit hídrico e infraestructura de riego insuficiente. Los productores en la estación seca no pueden disponer de sus tierras, no logran producir de manera intensiva durante todo el año por el déficit hídrico y la falta de un proyecto de riego en la zona, causando afectación en el bienestar socioeconómico de las familias de cada uno de ellos. (Solano, 2015)

En un informe realizado por el SENARA menciona que El Escobio presenta cinco meses secos continuos y la irregularidad de las lluvias que se dan en la época lluviosa, propia de los fenómenos climatológicos tan frecuentes en los últimos años,

provocan que la cantidad y calidad de la producción agrícola, así como la programación de la producción para mantener los compromisos de mercado, se vea negativamente afectado. Esta situación se vería totalmente eliminada en las áreas puestas bajo riego.

Las versiones de los potenciales usuarios del riego en El Escobio concuerdan en que las condiciones climatológicas han cambiado, el último evento de sequía afectó durante dos años seguidos a los productores dejándoles pérdidas económicas considerables, ellos reconocen que las circunstancias han cambiado y que la mejor manera de mitigar los efectos del fenómeno del Niño es por medio del riego. Se requiere de infraestructura de riego para darle sostenibilidad a las actividades productivas en el caso de El Escobio su principal actividad es la ganadería de engorde esta actividad es demandante de agua para el mantenimiento de los pastos y abrevadero.

Al no tener la infraestructura de riego se ven en la obligación de vender el ganado al disminuir las pasturas por la estación seca o si los afecta el fenómeno del niño, evidentemente pierden la oportunidad de ser productores competitivos de una manera constante en el mercado de venta de ganado de engorde. Actualmente el precio por kilogramo de peso ronda los ₡1.200, para los machu cebu, la subasta de Liberia es la más cercana de El Escobio, pero también se puede hacer alianzas de comercialización con cadenas comerciales de la industria de la carne bovina para consumo nacional y exportación. Para poder lograr estas alianzas se requiere de una ganadería de calidad y sostenible bajo el manejo de una buena salud animal, nutrición y genética. (SENARA, 2016)

Según (Ministerio de Agricultura y Ganadería , 2008) en Guanacaste la ganadería bovina de carne es de las principales actividades agropecuarias, por la cantidad de recursos económicos que genera, para el sostenimiento entre familias de pequeños, medianos y grandes productores. También actualmente en el sector agropecuario se cuenta con disponibilidad de nuevas variedad de pastos mejorados pero estos requieren de riego en la estación seca para aprovechar su máxima eficiencia.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un acueducto y sistema de riego por aspersión para el abastecimiento de 33.5 hectáreas con el cultivo de pasto *Brachiaria brizantha*, mediante estudios de topografía, edafología, agronómico, hidráulico y económico, para la Sociedad de Usuarios de Agua El Escobio en, Curubandé, Liberia, Guanacaste.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Realizar estudio topográfico mediante levantamiento plani – altimétrico para la obtención de las elevaciones que lleva el diseño del acueducto y de los sistemas de riego por aspersión.
- b) Valorar las características del suelo mediante un estudio edafológico para la determinación del modelo de aspensor que se ajuste a las condiciones de la zona.
- c) Definir las características de los componentes del sistema de riego mediante un estudio agronómico e hidráulico necesarios para el eficiente abastecimiento de agua.
- d) Analizar la viabilidad económica del proyecto de riego por medio de un estudio económico que determine la rentabilidad del mismo.

Capítulo 2. Marco teórico referencias

2.1 El riego

Dado que las plantas necesitan agua de forma constante y las precipitaciones se producen de manera irregular, en algunos casos es necesario suministrar a las plantas agua artificialmente para su buen desarrollo o para aumentar su producción. Por tanto, se puede definir el riego como el aporte artificial de agua a las plantas con el fin de suministrar la humedad necesaria para su desarrollo o de aumentar su producción, de forma complementaria al aporte de las precipitaciones. (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnológica , 1995)

2.1.1 El riego en Costa Rica

Menciona (Valverde, Riego y Drenaje, 2007) que En Costa Rica se tiene datos de la actividad del riego desde 1930, cuando se formaron sociedades de usuarios para administrar el agua, ya fuera para riego o abrevadero, así como también para su aprovechamiento en beneficios de café e ingenios; anteriormente se había creado una Ley de Aguas que trataba de regular una situación que ya estaba generando reclamos entre los usuarios y se empezaron a nombrar inspectores de agua en todo el país. Estos se dedicaban a solucionar cualquier situación anómala que tuviera relación con el agua.

(Senara) en 1983, a partir de la fusión de la Dirección de Riego del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Distrito de Riego Itiquis y el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas (SENAS). (Valverde, Riego y Drenaje, 2007)

El SENARA se aboco entonces en la ejecución del Proyecto de Riego Arenal – Tempisque, cuyos estudios ya se habían iniciado y posteriormente elaboro un ambicioso proyecto de desarrollo de pequeñas áreas de riego y de drenaje a nivel

nacional, el cual ha sido todo un éxito porque se ha favorecido a pequeños productores hortícolas en su mayoría, que tiene asegurada su producción. (Valverde, Riego y Drenaje, 2007)

2.1.2 Importancia del riego

La actividad del regadío ha estado asociada a un objetivo fundamental: la sobrevivencia del ser humano y como ya se indicó, ha sido en parte, responsable del auge y caída de floreciente civilizaciones

Gracias a los sistemas de riego, han surgido civilización en lugares arios en una franja que cubre desde Estados Unidos y México, hasta España, Israel, China, Arabia, Australes, el sur de América y la mayor parte de África.

Pero el riego no solamente es necesario en regiones áridas. También se justifica en zonas tropicales que acusan una prologada época seca que varía de uno a varios meses. En esos lugares se limita la actividad Agrícola a la época lluviosa, como ocurre en la región Central de Brasil, América Central, África Occidental, etc. En estas condiciones de aplica el riego suplementario, que permite obtener dos o más cosechas al año con rendimientos mucho más altos, y a su vez, se garantiza la producción durante la época de las lluvias, actuando como un “seguro de cosecha”, pues el comportamiento de las mismas puede ser muy irregular en cuanto a distribución y cantidad. (Valverde, Riego y Drenaje, 2007)

2.1.3 Condiciones para establecer un proyecto de riego

Es recomendable la presencia de algunas condiciones antes de abocarse a efectuar fuertes y costosas inversiones en sistemas de riego, principalmente cuando se trata de países poco desarrollados. Citemos algunas de estas condiciones:

Cuando la irregularidad (distribución y cantidad) de las lluvias no permite satisfacer la demanda de alimentos y mano de obra

Cuando la rentabilidad de las fincas de secano (producción agrícola con base en la lluvia), no es suficiente para lograr un desarrollo armónico de la sociedad rural.

Cuando la distribución de las lluvias (época lluviosa) solo permite la actividad agrícola durante un periodo limitado.

Dichas condiciones deber ser complementadas con la incorporación de personal técnico capacitado y el establecimiento de facilidad para que el agricultor pueda producir sin limitación de mercado, mano de obra, financiamiento, asistencia técnica, etcétera. (Valverde, Riego y Drenaje, 2007)

2.2 Pasto mejorado *Brachiaria brizhanta*

Para mejorar la alimentación en la ganadería una alternativa viable es el uso de pastos del género *Brachiaria*, sus características de adaptación a las condiciones tropicales están comprobado es perteneciente a la familia de las poáceas, genero de plantas herbáceas Gramínea de alto valor nutritivo, alta digestibilidad, calidad, producción es perenne de cepas semipostradas, no tolera el encharcamiento, de fácil establecimiento y agresiva contra las maleza.

Se pueden utilizar bajo pastoreo, corte y elaboración de heno. Forma asociaciones muy estables y persistentes con leguminosa. El género *Brachiaria* tiene gran adaptabilidad a distintas condiciones de suelo tales como los que presentan mediana y baja fertilidad. (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1998)



Figura 2. Pasto mejorado *Brachiaria brizantha*

2.3 Estudios

Los estudios son importantes para recopilar datos relevantes previos de un diseño o el desarrollo de un proyecto y en base a ello permiten el planteamiento de distintas alternativas que brindan la solución óptima para proceder a la implementación.

2.3.1 Estudio topográfico

El estudio topográfico es la fase inicial del estudio técnico y descriptivo de un terreno. Se trata de inspeccionar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también las alteraciones existentes en el terreno.

2.3.2 Topografía

La topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, y de la construcción, del conocimiento y del manejo de los instrumentos necesarios para ello.

Todo estudio de ingeniería, desde el proyecto de un tramo de carretera o una línea eléctrica hasta el diseño de un sistema de riego precisa una representación clara y fidedigna del terreno en el que se va a desarrollar. Sobre esta representación, el equipo de ingeniería proyectara las obras a realizar, efectuará los cálculos y valorará los costes y la viabilidad del estudio. Cada proyecto de ingeniería se apoya en un trabajo topográfico, que puede tener dos fases:

La primera, es un levantamiento topográfico, que consiste en realizar todas las mediciones necesarias de la zona de interés, con objeto, en general, de obtener un plano topográfico de la misma.

La segunda, es un replanteo, que consiste en señalar el terreno, empleando técnicas topográficas, todos los detalles necesarios para el desarrollo de las obras

que contemple el proyecto. Estas obras habrán sido diseñadas sobre planos topográficos. (García, 1994)

2.3.3 Levantamiento topográfico

Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel y la estación total. (Franquet & Querol, 2010)

El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás. Existen dos grandes modalidades:

1. Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
 2. Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.
- (Franquet & Querol, 2010)

2.3.4 Estudio de suelos

Los estudios de suelos son la parte esencial sobre la que se basa cualquier diseño agronómico en una producción agrícola.

2.3.5 Textura de los suelos

La porción mineral del suelo está formada por partículas que, según su tamaño, se clasifican en: arena (de 2 a 0,05 mm), limo (de 0,05 a 0,002 mm) y arcilla (inferior a 0,002 mm).

La textura de un suelo hace referencia a la porción relativa de arena, limo y arcilla que contiene. Atendiendo a su textura, los suelos se clasifican en arenosos, limosos o arcillosos, según que predomine cada uno de los distintos componentes. Se dice que un suelo es de textura franca cuando contiene una mezcla de arena, limo y arcilla en proporción equilibrada. El análisis granulométrico, que da los porcentajes en peso de arena, limo y arcilla, determina las distintas clases de textura. (Fuentes, 1998)

El análisis granulométrico se determina mediante un gráfico triangular que determina la clasificación de suelos según textura por medio de porcentajes.

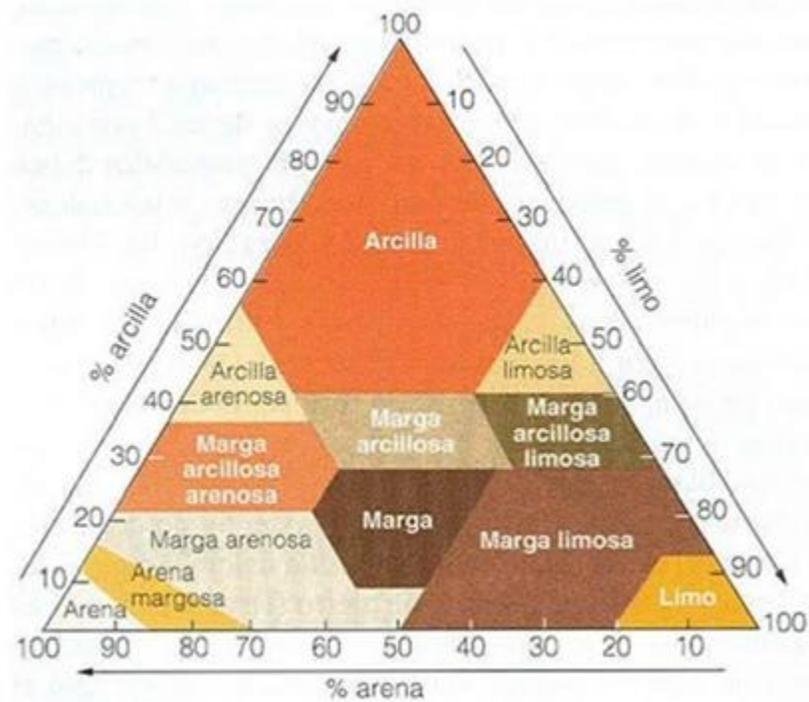


Figura 3. Triángulo de texturas del suelo

Según (Fuentes, 1998), el agua ocupa total o parcialmente los poros comprendidos entre las partículas sólidas esta agua es absorbida por las raíces de las plantas, por lo que debe ser periódicamente repuesta por la lluvia o mediante el riego. Por tanto, el suelo sirve de almacén o depósito de agua. La capacidad del suelo para almacenar agua es uno de los principales factores que rigen la cantidad de agua de riego y la frecuencia de su aplicación. Utilizando la técnica de la pipeta y el del hidrómetro de bouyoucos se puede determinar la textura de los suelos. Una técnica de campo muy utilizada es el tacto, consiste en presionar y manipular con los dedos una muestra de suelo para estimar la textura.

2.3.6 Calicatas

Las calicatas o catas son excavaciones que son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Estas son excavaciones de profundidad pequeña a media, con un máximo de entre 3 y 4m metros de profundidad. Generalmente estas se realizan mediante retroexcavadora.

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. (GEOSEISMIC, 2017)

La sección mínima recomendada es de 0,80 m por 1,00 m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes. Se dejarán plataformas o escalones de 0,30 a 0,40 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Esto permite una superficie para efectuar la determinación de la densidad del terreno. Se deberá dejar al menos una de las paredes lo menos remodelada y contaminada posible, de modo que representen fielmente el perfil estratigráfico del pozo. En cada calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida. Las calicatas permiten: Una inspección visual del terreno “in situ”, toma de muestras, realización de algún ensayo de campo.

Otro dato importante es que la calicata debe de ser entibada cuando el terreno ya está maniobrado. Dependiendo del terreno o del suelo a estudiar, se

aplicada la calicata, por supuesto con las exigencias y recomendaciones de lugar, para poder obtener uno de los mejores resultados. En los casos, terrenos y situaciones en las que se puede dar uso de esta técnica esta: En obras lineales, en terrenos heterogéneos, en terrenos cohesivos, principalmente en terrenos de nivel freático debajo del plano de investigación, en situaciones en las que se pueden alcanzar el substrato rocoso.

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y por lo tanto, es un método que proporciona información fiable y completa, especialmente en los suelos granulares, permitiendo una inspección visual del terreno “in situ”, tomas de muestras, y/o realización de ensayos de campo. (GEOSEISMIC, 2017)

2.3.7 Profundidad de suelo

La mayoría de los límites de suelo son zonas de transición más que líneas puntuales de división. La profundidad de los límites superiores e inferiores de cada horizonte se reporta en centímetros; se mide desde la superficie (incluyendo cobertura orgánica y mineral) del suelo hacia abajo. Se usan anotaciones precisas expresadas en centímetros donde los límites son abruptos o claros. Se registran cifras redondeadas (al más cercano de 5 cm) cuando los límites sean graduales o difusos, se debe evitar la sugerencia de niveles de exactitud falsos. Sin embargo, si las profundidades de los límites están cerca de los límites diagnóstico, no se deben usar cifras redondeadas. En este caso, la profundidad es indicada como un valor medio para la zona transicional (si comienza a 16 cm y termina a 23 cm, la profundidad debería ser de 19.5 cm). La mayoría de los horizontes no tienen una

profundidad constante. La variación o irregularidad de la superficie del límite se describe por la topografía en términos de suave, ondulado, irregular y fracturado. Si se requiere, los rangos en profundidad deben darse en adición a la profundidad promedio; por ejemplo: 28 (25-31) cm a 45 (39-51) cm. (FAO, 2009)

Para propósitos de clasificación: Muchos horizontes y propiedades diagnósticas se encuentran a una cierta profundidad. Las profundidades de límites de suelos importantes son 10, 20, 25, 40, 50, 100 y 120 cm.

La distinción del límite se refiere al espesor de la zona en donde el límite del horizonte puede ser localizado sin estar en uno de los horizontes adyacentes, la topografía del límite indica el contraste de la variación de profundidad del límite. (FAO, 2009)

2.3.8 Propiedades físicas del suelo

Como lo menciona (Ramírez, 1997) Las características físicas son en gran parte responsables del buen desarrollo de las plantas. Pero muy pocas veces se les tiene en cuenta. Pues generalmente sólo se consideran las características químicas.

Para que exista un medio óptimo para el crecimiento de las plantas debe darse una interacción dinámica entre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Las propiedades físicas pueden ser: Fundamentales aquellas que no se derivan de otras y se encuentran dentro de este grupo el color, textura, estructura, densidad, consistencia, temperatura.

Cuadro 1. Tabla de las propiedades físicas del suelo según su textura

| Textura | Peso específico aparente (g/cc) | CC base suelo seco (%) | PMP Base suelo seco (%) | Velocidad de infiltración (mm/h) | Porosidad % | D.a. (gr/cm ³) |
|------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------|----------------------------|
| Arenoso | 1.55 - 1.80 | 6-12 | 1-6 | 20-250 | 32-42 | 1.55-1.8 |
| Franco Arenoso | 1.40 - 1.60 | 10-18 | 6-12.5 | 13-76 | 40-47 | 1.4-1.60 |
| Franco | 1.35 - 1.50 | 18-26 | 8-13 | 8-20 | 43-49 | 1.35-1.4 |
| Franco arcilloso | 1.30-1.40 | 23-31 | 11-15 | 2-15 | 47-51 | 1.3-1.4 |
| Arcillo arenoso | 1.25-1.35 | 27-35 | 13-17 | 0.3-5 | 49-53 | 1.25-1.35 |
| Arcilloso | 1.20-1.30 | 31-39 | 15-19 | 0.1-1 | 51-55 | 1.25 |

Fuente: (Israelsen & Hansen, 1979, 2ªed)

2.3.9 Capacidad de campo (cc)

Es el contenido de humedad del suelo cuando ha cesado el drenaje rápido en el suelo y la redistribución se hace lenta. Se suele conocer como el contenido de humedad de un suelo con drenaje libre 2 o 3 días después de un riego abundante en suelos arcillosos y 1 día en suelos arenosos. Tradicionalmente se ha considerado una constante para cada suelo y se ha utilizado para determinar las dosis de riego. Se puede interpretar como una medida de la cantidad de agua que un suelo es capaz de retener en contra de las fuerzas de la gravedad según (José María Tarjuelo, 2005)

2.3.10 Densidad aparente

Es la relación existente entre la masa y el volumen de suelo, es una característica que nos da a conocer las condiciones en las cuales se encuentra el suelo con respecto a la compactación, la porosidad, la disponibilidad de agua y de oxígeno. (Ramírez, 1997)

2.3.11 Punto de marchitez permanente

Es el contenido de humedad presente en el suelo, a partir del cual las plantas inician su marchitamiento y no recuperan su turgencia, aunque sean colocadas en un estado donde prevalezca la humedad. En esta condición, el agua está retenida a una tensión entre 13 y 15 atmósferas y la aireación en el suelo es máxima. El agua se debe aplicar antes de llegar a este punto (Valverde & Villalobos, 2016).

2.3.12 Análisis químico

El análisis químico de la disponibilidad de nutrientes en el suelo es uno de los métodos más eficientes y confiables para realizar un diagnóstico adecuado de la fertilidad de los suelos. Una de las principales ventajas que tiene un análisis de suelo es que es un procedimiento rápido, de bajo costo y en nuestro país de fácil acceso, pues existen muchos laboratorios que ofrecen el servicio. Este tipo de análisis consiste en extraer, por medio de soluciones químicas, cantidades de elementos de la fracción intercambiable y de la solución del suelo, que simulan las que serían extraídas por las raíces de las plantas. (Méndez & Bertsch, 2012)

Cuadro 2. Tabla Olsen modificada empleada para el análisis químico de suelos en Costa Rica

| | Características | Unidades | Categoría | | | |
|-----------------------|-------------------|------------|---------------|-----------|-------|---------|
| | | | Nivel crítico | Media | Alta | Anormal |
| Parámetros de acidez | pH en agua | | < 5.5 | 5.6 - 6-5 | >6.5 | |
| | Acidez | cmol (+)/L | < 0.5 | 0.5 - 1.5 | > 1.5 | |
| | Saturación acidez | % | < 10 | 10 -50 | > 50 | |
| | Suma bases | cmol (+)/L | < 5 | 5 - 25 | > 25 | |
| CICE y bases | CICE | cmol (+)/L | < 5 | 5 -25 | > 25 | |
| | Ca | cmol (+)/L | < 4 | 4 -20 | > 20 | > 50 |
| | Mg | cmol (+)/L | < 1 | 1 – 5 | > 5 | > 15 |
| | K | cmol (+)/L | < 0.2 | 0.2 – 0.6 | > 0.6 | > 5 |
| Relaciones catiónicas | Ca/Mg | | < 2 | 2 – 5 | > 5 | |
| | Ca/K | | < 5 | 5 – 25 | > 25 | |
| | Ca+Mg/K | | < 10 | 10 – 40 | > 40 | |
| | Mg/K | | < 2.5 | 2.5 – 15 | > 15 | |
| P y micro nutrientes | P | mg/L | < 10 | 10 – 20 | > 20 | > 200 |
| | Zn | mg/L | < 2 | 2 – 10 | > 10 | > 50 |
| | Mn | mg/L | < 5 | 5 – 50 | > 50 | > 100 |
| | Fe | mg/L | < 10 | 10 – 100 | > 100 | > 500 |
| | Cu | mg/L | < 2 | 2 - 20 | > 20 | > 100 |

Fuente: (Méndez & Bertsch, 2012)

2.3.13 Capacidad de Intercambio Catiónico (CICE)

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CICE) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmolc/kg o meq/ 100g de suelo. (FAO, 2018)

2.3.14 Balance hídrico

El balance hídrico se establece para un lugar y un período dados, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de reservas y las extracciones ulteriores sobre esas reservas. Las aportaciones de agua se efectúan gracias a las precipitaciones. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración. Las dos magnitudes se evalúan en cantidad de agua por unidad de superficie, pero se traducen generalmente en alturas de agua; la unidad más utilizada es el milímetro (Durand, 2014)

Para entender la necesidad del riego hay que conocer cómo actúa la naturaleza, en concreto el clima, en el entorno de la planta. Las características

climáticas que afectan a la vida de las plantas son la temperatura, las precipitaciones y la humedad atmosférica; condicionadas todas ellas por la insolación y, en segundo término, por la acción del viento.

Estos factores interaccionan produciendo el Ciclo Hidrológico. El ciclo del agua tiene dos partes fundamentales. La parte terrestre del ciclo que tiene que ver con el transporte y el almacenamiento de las aguas en la tierra y en el mar y la parte atmosférica que consiste en el transporte del agua en la atmosfera, principalmente en forma de vapor. (Durand, 2014)

2.3.15 Infiltración

La infiltración es el proceso a través del cual el riego o agua de lluvia, ingresa al suelo a través de la superficie hacia sus capas inferiores, en forma vertical y horizontal. La velocidad de infiltración es una propiedad del suelo vinculada al riego y conocer este valor, o cantidad del agua que entra por unidad de superficie de tiempo, permite estimar el tiempo de riego que se necesita para reponer una cantidad de agua en el suelo (infiltración acumulada), para suplir las necesidades hídricas de un cultivo. (Servicio de Programacion y Optimizacion del Uso del Agua de Riego, 2017)

2.3.16 Infiltración básica

Es el valor de la infiltración, cuando esta se hace aproximadamente constante. Se considera que se ha llegado a este estado cuando el decremento de la infiltración instantánea es del 10% en una hora. Los métodos de riego superficiales son adecuados para riegos abundantes y en suelos profundos con una baja velocidad de infiltración básica.

2.3.17 Infiltrómetros de doble cilindro

El método consiste según el (Ministerio de Agroindustria de la Nación, 2018) en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior. Esta información nos ayudará a decidir cuál es el tipo de riego óptimo de un suelo determinado, qué caudal deben aportar los goteros o qué medidas adoptar para evitar que las plántulas introducidas en una reforestación sufran un exceso de agua. Aunque es muy posible que al inicio de la experiencia el suelo esté seco o parcialmente húmedo y por lo tanto en condiciones de no saturación, los valores inicialmente muy elevados irán descendiendo con gran rapidez como consecuencia de la presión ejercida por la columna de agua, mayor cuanto más alta sea ésta.

El tiempo que transcurra hasta alcanzarse las condiciones finales de saturación dependerá de la humedad previa, la textura y la estructura del suelo, el espesor del horizonte por el que discurre el agua, y la altura del agua en el anillo interior. Lógicamente el tiempo de saturación será menor cuanto:

Mayor sea la humedad previa del suelo, el tamaño individual de las partículas de suelo (textura), cantidad y estabilidad de los agregados del suelo (estructura), el espesor del horizonte del suelo por el que circula el agua sea la altura de la lámina de agua en el anillo interior

La tasa o velocidad de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Normalmente se expresa en mm/h y su valor máximo coincide con la conductividad hidráulica del suelo saturado. Los valores de infiltración obtenidos con el método del doble anillo en condiciones de no saturación

no son muy fiables y tampoco son indicadores del comportamiento del suelo en condiciones de campo. No es habitual, ni aún siquiera cuando se riega a manto, que sobre la superficie del terreno haya una lámina de agua de varios cm de altura y sólo es así en condiciones excepcionales como las inundaciones o las grandes avenidas de agua. (Ministerio de Agroindustria de la Nación, 2018)

2.3.18 Capacidad de usos de las tierras en Costa Rica MAG - MIRENEM

La estructura del sistema de clasificación de capacidad de uso de las tierras comprende tres niveles: clases, subclases y unidades de manejo. Las clases de capacidad de uso se definen como grupos de tierras que presentan condiciones similares en el grado relativo de limitaciones y riesgo de deterioro para su uso en forma sostenible. En este sistema de clasificación se agrupan las tierras en ocho clases por capacidad de uso de las tierras.

Las subclases son grupos de tierras dentro de una clase que tienen limitaciones del mismo tipo y se reconocen como parámetros para definir las subclases, las limitaciones por erosión (pendiente, erosión sufrida); suelos (profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad, salinidad); drenaje (drenaje, riesgo de inundación); clima (zona de vida, periodos secos, neblina, viento). Las unidades de manejo constituyen una subdivisión de las subclases de capacidad de uso que indican el o los factores específicos que limitan su utilización en actividades agropecuarias y forestales. (MAG-MINAE, 1994)

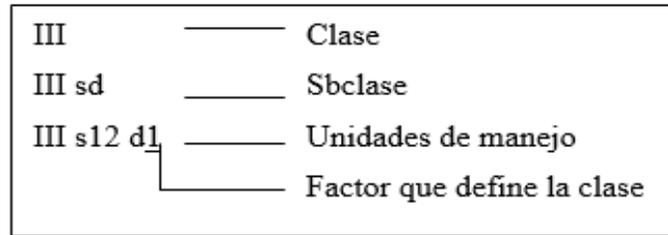


Figura 4. Representación uso de suelos

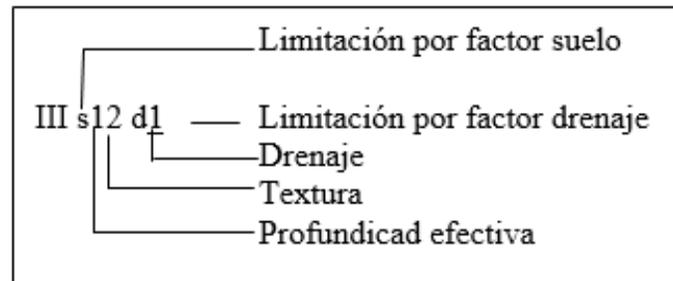


Figura 5. Categorías uso de suelos

2.3.19 Descripción general de las clases de capacidad de uso

El sistema consta de ocho clases representadas por números romanos, en las cuales se presenta un aumento progresivo de limitaciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, pecuarias forestales.

Las clases I, II, III permiten el desarrollo de cualquier actividad incluyendo la producción de cultivos anuales. La selección de las actividades dependerá de criterios socioeconómicos.

En las clases IV, V, VI su uso se restringe al desarrollo de cultivos semipermanentes y permanentes. En la clase IV los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional.

La clase VII tiene limitaciones tan severas que sólo permiten el manejo del bosque natural primario o secundario. En las tierras denudadas debe procurarse el restablecimiento de vegetación natural.

La clase VIII está compuesta de terrenos que no permiten ninguna actividad productiva agrícola, pecuaria o forestal, siendo, por tanto, adecuada únicamente para la protección de recursos. (MAG-MINAE, 1994)

2.3.20 Descripción de las subclases de capacidad de uso

En este sistema se reconocen como factores para definir subclases, limitaciones debidas a erosión, suelo, drenaje y clima. Para determinar las subclases se deben comparar las condiciones del terreno con respecto a las permitidas en la clase 1.

Erosión (e)

Es la pérdida actual o potencial de suelo provocada por la escorrentía superficial y la acción del viento. La erosión actual o sufrida ocurre por malas prácticas de manejo de la tierra y potencial según la grada de inclinación de la pendiente.

Suelo (s)

Se refiere a las limitaciones que se presentan, provocadas por uno o varios de los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad y salinidad.

Drenaje (d)

Agrupar las limitaciones causadas por exceso o deficiencia de humedad en el suelo o por riesgo de inundación.

Clima (e)

Son limitaciones debidas a las distintas características climáticas que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. (MAG-MINAE, 1994)

2.3.21 Estudio agronómico

Por medio del estudio agronómico se definen las necesidades hídricas requeridas de los cultivos para que puedan obtener un mayor rendimiento productivo.

2.3.22 Evapotranspiración

Recibe el nombre de evapotranspiración (o uso consuntivo de agua) a la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde las superficies del suelo en donde se asienta el cultivo. Cabe distinguir dos formas de evapotranspiración:

- a) Evapotranspiración potencial o máxima: Es la cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.
- b) Evapotranspiración real: Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado.

El rendimiento del cultivo es máximo cuando la transpiración es máxima y esto ocurre cuando el cultivo se desarrolla en las mejores condiciones posibles. Ocurre entonces que la evapotranspiración real coincide con la evapotranspiración máxima. (Fuentes, 1998)

2.3.23 Eficiencias de riego

La eficiencia de aplicación se determina en gran medida según el método de riego utilizado cuyos valores se pueden utilizar referencialmente son los siguientes:

Cuadro 3. Eficiencia de aplicación para varios métodos de riego

| Método de Riego | Eficiencia en % |
|-----------------------------|-----------------|
| Melgas rectas con pendiente | 60 - 75 |
| Melgas sin pendiente | 60 - 80 |
| Desbordamiento | 50 - 55 |
| Surcos | 55 - 70 |
| Aspersión | 75 - 80 |
| Goteo | 85 - 90 |

Fuente: (Grassi, 2000)

2.3.24 Coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo relaciona la evapotranspiración del cultivo de referencia E_{To} con la evapotranspiración máxima del cultivo E_{Tc} , cuando el aporte de agua satisface las necesidades. Conforme el cultivo se va desarrollando, el área del suelo que cubre, su altura y área foliar van aumentando en una forma progresiva. (Valverde & Villalobos, 2016)

Cuadro 4. Coeficientes de cultivos (Kc) para diferentes cultivos

| Cultivo | K |
|-------------------|------|
| Alfalfa | 0.85 |
| Aguacate | 0.53 |
| Algodón | 0.65 |
| Arroz | 1.05 |
| Banano | 0.9 |
| Cacao | 0.73 |
| Café | 0.75 |
| Caña azúcar | 0.85 |
| Cítricos | 0.6 |
| Chayote | 0.7 |
| Flores* | 0.7 |
| Frijoles | 0.65 |
| Maíz | 0.7 |
| Sandía-Melón | 0.7 |
| Palma Africana | 0.6 |
| Papa | 0.7 |
| Pastos | 0.8 |
| Hortalizas** | 0.7 |
| Sorgo | 0.7 |
| Tabaco | 0.75 |
| Tomate | 0.7 |
| Uvas | 0.6 |
| Campos Deportivos | 0.7 |
| Frutales*** | 1 |
| Cebolla | 0.9 |
| Tubérculos**** | 0.7 |

Fuente: Manual técnico del Departamento de Aguas - MINAE

*Incluye: Ornamentales, helechos, caña india. **Incluye: Remolacha, culantro, apio, zanahoria, lechuga, repollo, brócoli, coliflor, rábanos, otros.

Incluye: Piña, papaya, mango, carambola, maracuyá, otros frutales de cubierta verde. *Incluye: yuca, tiquizque, malanga, ñampí, camote, jengibre, otros.

2.3.25 Riego por aspersión

Como lo menciona (Fuentes, 1998), El riego por aspersión es una técnica de riego en donde el agua se aplica en forma de lluvia por medio de unos aparatos de aspersión alimentados por agua a presión. Estos aparatos deberán asegurar el reparto uniforme sobre la superficie que se pretende regar. El riego por aspersión puede realizarse de dos formas:

- Riego individual, basado en el aprovechamiento individual de una fuente de suministro de agua.
- Riego colectivo, en donde se proporciona agua a presión en unas tomas o bocas de riego situadas en las distintas unidades de explotación. Una instalación de riego por aspersion consta, esencialmente, de los siguientes elementos:
 - a) Un equipo de elevación encargado de proporcionar el agua a presión. Este equipo puede variar desde un simple grupo motobomba para pequeñas explotaciones.
 - b) Una red de tuberías principales que llevan el agua hasta los hidrantes, que son las tomas de agua en la parcela. Estas tomas presentan una gran variedad de dispositivos que abarcan desde una simple llave de paso (que permite la apertura y cierre) hasta las más complejas bornas de riego, que comprenden, además de la llave de paso, otros dispositivos tales como: limitador de caudal (que evita el paso de un caudal superior al previsto), regulador de presión (que la mantiene constante a la salida de la borna), contador (para conocer el volumen utilizado).
 - c) Una red de tuberías de distribución para conducir el agua por la parcela que se pretende regar. Hay que distinguir entre los ramales de alimentación, que distribuyen el agua por la parcela y los ramales laterales o alas regadoras, que derivan de los anteriores y conducen el agua hasta los dispositivos de aspersion. Dispositivos de aspersion,

que son los elementos encargados de repartir el agua en forma de lluvia. (Fuentes, 1998)

2.3.26 Adaptabilidad de los riegos por aspersión

El experto en riego (Villasante, 2005) detalla que, en un sistema de riego bien proyectado, la pluviosidad no llega a superar la capacidad de infiltración del suelo, y no se crean condiciones apreciables de saturación. Al evitar los encharcamientos se logra una conservación de las condiciones estructurales deseables en la tierra de un cultivo: la agregación y aireación del suelo radical no son afectadas por la degradación que resultaría con la saturación.

2.3.27 Lamina de riego (Ln)

La lámina de riego se calcula en función de las características físicas del suelo y el cultivo con la siguiente formula:

$$Ln = \frac{CC-PMP}{100} * Pe * Pr * A \dots (1)$$

Donde:

- Ln: Lamina de riego neta
- CC: Capacidad de Campo
- PMP: Punto de Marchitez Permanente
- Dap: Densidad aparente
- Z: Profundidad de raíces
- Ap: Agotamiento permitido

2.3.28 Lamina bruta (Lb)

Es necesario conocer la eficiencia de aplicación, la cual se asume si no se cuenta con la información de campo citados por (Grassi, 2000), recomiendan eficiencias de aplicación para aspersión 75% a 80%.

Con la eficiencia de aplicación, se determina la lámina bruta mediante la siguiente relación:

$$Lb = \frac{Ln}{Ef} \dots(2)$$

Donde:

Ln: Lamina de riego en mm

Ef: Eficiencia de aplicación en forma decimal

2.3.29 Estudio Hidráulico

Permiten diseñar infraestructuras hidráulicas que encaucen eficientemente el recurso hídrico dispensable para el desarrollo productivo de los cultivos.

2.3.30 Programa QGIS

QGIS es un Sistema de Información Geográfica de código abierto. El proyecto nació en mayo de 2002 y se estableció como un proyecto en SourceForge en junio del mismo año. QGIS ha alcanzado un punto en su evolución en el que está siendo usado por muchos para sus necesidades diarias de visualización de datos SIG.

QGIS admite diversos formatos de datos ráster y vectoriales, pudiendo añadir nuevos formatos usando la arquitectura de complementos. Proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos, puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos y diseñar mapas imprimibles. Obtenga una primera impresión con una lista más detallada de características.

2.3.31 Delimitación

La delimitación de una cuenca se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel (como el mapa de Costa Rica a escala 1:50000), siguiendo las líneas del (parteaguas), la cual es una línea imaginaria que divide las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parteaguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza los corrientes en los puntos de salida, llamado estación de aforo. (Villón, 2004)

Una cuenca se puede clasificar, de acuerdo con su tamaño, en cuenca grande y cuenca pequeña:

Cuenca grande: es aquella en la que predominan las características fisiográficas (pendiente, elevación, área, cauce. Una cuenca, para fines prácticos se considera gran, cuando el área es mayor de 250 km²

Cuenca pequeña: es aquella que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración y en la cual las características físicas tipo de suelo, vegetación son más importantes que las del cauce se considera cuenca pequeña aquella cuya área varié desde unas pocas hectáreas hasta un límite que para propósitos prácticos, se considera 250 km² (Villón, 2004)

2.3.32 Periodo de retorno de una avenida

Para el caso de un caudal de diseño, el periodo de retorno se define, como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud Q, puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio.

Si un evento igual o mayor a Q ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P es igual a 1 en T casos, es decir:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{n}\right)^r \dots (3)$$

Donde:

T: (retorno)

n: (vida útil)

Según (Villón, 2004) existen investigaciones del Servicio Meteorológico Nacional de Costa Rica que han procesado la información de las intensidades de precipitación en diferentes zonas Costa Rica a continuación se muestra la tabla de las intensidades máximas de Liberia, Guanacaste.

Cuadro 5. Intensidades máximas (mm/hr), para diferentes duraciones (min) y periodos de retornos (años), de la ciudad de Liberia, Guanacaste

| D | Periodo de retorno | | | | | | | |
|-----|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 200 | 100 | 50 | 20 | 10 | 2 | 0.5 | 0.25 |
| 5 | 312.62 | 290.4 | 268.17 | 238.79 | 216.57 | 164.96 | 120.52 | 98.29 |
| 10 | 260.18 | 241.56 | 222.93 | 198.32 | 179.7 | 136.46 | 92.22 | 80.6 |
| 15 | 229.5 | 212.99 | 196.47 | 174.64 | 158.13 | 119.79 | 86.76 | 70.25 |
| 30 | 177.06 | 164.15 | 151.24 | 132.17 | 121.26 | 91.28 | 65.46 | 52.55 |
| 60 | 124.61 | 115.31 | 106 | 93.7 | 84.39 | 62.78 | 44.17 | 34.86 |
| 90 | 93.94 | 86.74 | 79.54 | 70.02 | 62.78 | 46.11 | 31.71 | 24.51 |
| 120 | 72.17 | 66.74 | 60.76 | 53.22 | 47.52 | 34.28 | 22.87 | 17.17 |

Fuente: (Villón, 2004)

2.3.33 Obra de toma

La obra de toma es la estructura hidráulica de mayor importancia de un sistema de aducción, que alimentará un sistema de generación de energía hidroeléctrica, riego, agua potable, etc. A partir de la obra de toma, se tomarán decisiones respecto a la disposición de los demás componentes de la Obra.

Los diferentes tipos de obras de toma han sido desarrollados sobre la base de estudios en modelos hidráulicos, principalmente en aquellos aplicados a cursos de agua con gran transporte de sedimentos. (Irwin, 2002)

En el caso de sistemas en cuencas de montaña, debido a las condiciones topográficas, las posibilidades de desarrollo de embalses son limitadas. Por tal motivo, es usual la derivación directa de los volúmenes de agua requeridos y conducirlos a través de canales, galerías y/o tuberías, para atender la demanda que se presenta en el sistema de recepción (agua potable, riego, energía, etc.).

Cada intervención sobre el recurso hídrico origina alteraciones en el régimen de caudales, aguas abajo de la estructura de captación, por lo que su aplicación deberá considerar al mismo tiempo la satisfacción de la demanda definida por el proyecto y los impactos sobre sectores ubicados en niveles inferiores. (Irwin, 2002)

2.3.34 Tanque desarenador

El desarenador es un tanque sedimentador cuyas dimensiones dependen del caudal de diseño de la toma, de la distribución granulométrica de los sedimentos en suspensión que transporta la corriente natural y de la eficiencia de remoción, la cual oscila entre el 60 y el 80% del sedimento que entra al tanque. En el fondo tiene un

espacio disponible para recibir los sedimentos en suspensión que retiene; estos sedimentos son removidos periódicamente mediante lavado hidráulico o procedimientos manuales.

Además de su función de sedimentador, el desarenador cuenta con un vertedero de rebose que permite devolver a la corriente natural los excesos de agua que entran por la toma. (Universidad Nacional de Colombia, 2002)

2.3.35 Vertedero

El vertedero consiste en una barrera o pared vertical opuesta al flujo del agua, que pasa a través de una abertura o escotadura llamada cresta o umbral. Según (Valverde & Villalobos, 2016) la abertura puede ser rectangular, triangular o trapecial, cada una tiene una fórmula para calcular el caudal que también se puede extraer de tablas para mayor facilidad de manejo en el campo.

Cuadro 6. Regleta graduada para vertedero triangular utilizada por el SENARA

| H(cm) | Q(l/s) |
|-------|----------|
| 0 | 0.000 |
| 5 | 0.775 |
| 10 | 4.384 |
| 15 | 12.082 |
| 20 | 24.801 |
| 25 | 43.326 |
| 30 | 68.343 |
| 35 | 100.476 |
| 40 | 140.296 |
| 45 | 188.332 |
| 50 | 245.086 |
| 55 | 311.029 |
| 60 | 386.609 |
| 65 | 472.256 |
| 70 | 568.380 |
| 75 | 675.378 |
| 80 | 793.631 |
| 85 | 923.509 |
| 90 | 1065.369 |

Fuente: SENARA

2.3.36 Sistema de filtrado

Los métodos de riego de aspersión, microaspersión y goteo requieren de un eficiente sistema de filtrado. Existen varios tipos, usados según el tipo de obturaciones ya sean orgánicas e inorgánicas o por precipitación de sales. Entre las orgánicas están algas, insectos, semillas y hojas.

Las inorgánicas son partículas de arena y sedimentación provenientes de fuentes superficiales. (Valverde & Villalobos, 2016)

2.3.37 Filtros de malla

Están constituidos por un cobertor metálico o plástico de forma cilíndrica, en cuyo interior se encuentra el filtro. Se colocan en el cabezal de riego, preferiblemente después del inyector de fertilizante. En la siguiente figura se aprecia un filtro de malla con automatización. (Valverde & Villalobos, 2016)



Figura 6. Filtro de malla

2.3.38 Tuberías

Las tuberías son las encargadas de conducir el agua en forma continua. Cuando no tienen salidas, se denominan tuberías de conducción. A nivel de parcela o finca se establece la tubería de distribución o principal, a la cual se incorporan las tuberías laterales, a estas se acoplan los dispositivos encargados de la aplicación del agua conocidos como rociadores, aspersores o surtidores. Las tuberías están hechas de diferentes materiales como: aluminio, cloruro de polivinilo (PVC) Y polietileno (PE).

Las tuberías de cloruro de polivinilo PVC. Son las más utilizadas actualmente en proyectos de riego, pueden soportar diferentes presiones para determinar las

adecuadas se utiliza lo que se denomina relación estándar de diámetros (SDR). (Valverde & Villalobos, 2016)

2.3.39 Presión estática

Este tipo de presión es específicamente de los fluidos, se puede medir mediante instrumentos como los tubos piezométricos. La presión estática es toda presión ejercida por un fluido, la cual no se genera por velocidad del fluido o movimiento. Este tipo de presión actúa por igual en todas las direcciones de la superficie que contenga el fluido, siempre en un ángulo recto. (QuimiNet, 2012)

2.3.40 La presión dinámica

Es el valor de la presión del mismo líquido cuando se encuentra en movimiento; por acción del roce contra las paredes de la tubería, etc., este pierde progresivamente la energía que llevaba originalmente a medida que se desplaza. (QuimiNet, 2012)

2.3.41 Altura piezométrica

Si a una tubería por donde circula un fluido le agregamos una serie de derivaciones verticales, el agua que circula llenará estas tuberías verticales hasta una altura determinada en cada caso, en función de la presión existente en cada uno de los puntos de la conducción principal. Uniendo el nivel de agua en cada una de estas derivaciones, obtenemos la llamada línea piezométrica. (QuimiNet, 2012)

De esta forma, de la ecuación de Bernoulli extraemos que la altura piezométrica, H , es la suma de presión y cota:

$$H_i = \frac{P_i}{\gamma} + Z_i \dots(4)$$

Donde:

H_i : Altura piezométrica [mca]

P_i : Presión en la tubería (N/m²)

γ : Peso específico ($\gamma = \rho \cdot g$) (N/m³)

Z_i : Cota (m)

2.3.42 Pérdidas de carga en tuberías

Según (Valverde, 2007) Las pérdidas de carga por rozamiento o fricción ocurren por la resistencia a fluir de un líquido. Cuando el agua se desplaza, siempre se presenta una resistencia que se opone al movimiento. La viscosidad es la propiedad que origina esa resistencia al movimiento; si la viscosidad es nula, no hay resistencia al movimiento, o sea, no hay pérdidas por fricción.

- a) Las pérdidas de carga en una tubería pueden clasificarse en primarias y secundarias.
- b) Las pérdidas primarias o de superficie son despreciables, cuando se trabaja con tuberías muy cortas, pero son importantes y se deben estimar en tramos largos.
- c) Las pérdidas secundarias también se denominan pérdidas de forma, ya que se originan por la forma de la sección que atraviesa el fluido generalmente, son pequeñas, del orden de 5% a 10% de las pérdidas totales en tuberías largas.

Para el cálculo de las pérdidas de carga ocasionadas por la fricción de agua contra las paredes del tubo se pueden calcular mediante la fórmula de Hazzen – Williams:

$$H_f = 1.21 * 10^{10} * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{1}{D^{4.87}} \dots (5)$$

Donde:

H_f= Pérdidas de carga total para una longitud L, en metros

Q = Caudal en litros por segundo

C = Coeficiente de rugosidad, que para PVC es 150

D = Diámetro interno del tramo de la tubería en milímetros

L = Longitud de la tubería en metros

2.3.43 Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento líquido es modificado bruscamente. En otras palabras, el golpe de ariete se puede presentar en una tubería que conduzca un líquido hasta el tope, cuando se tiene un frenado o una aceleración en el flujo; por ejemplo, el cambio de abertura en una válvula en la línea. Al cerrarse rápidamente una válvula en la tubería durante el escurrimiento, el flujo a través de la válvula se reduce, lo cual incrementa la carga del lado aguas arriba de la válvula, iniciándose un pulso de alta presión que se propaga en la dirección contraria a la del escurrimiento. Esta onda provoca sobrepresiones y depresiones las cuales deforman las tuberías y eventualmente la destruyen. (Orozco, 2018)

2.3.43 Válvulas de aire

Durante el proceso de llenado de una tubería siempre se acumularán en los puntos altos bolsas de aire. Estas bolsas, debido a la presión del agua que va llenando la tubería, se desplazan en sentido contrario y a gran velocidad. El aire que queda atrapado en la parte alta, al perder esa velocidad, aumenta su volumen, provocando un estrangulamiento de la vena líquida que impide por completo, en algunos casos, la circulación del agua. Además, la gran compresibilidad del aire puede ocasionar daños importantes en la instalación si no se toman medidas para evacuarlo. La manera de solucionar los inconvenientes del aire en las conducciones es utilizando unas válvulas de aire o ventosas.

Las ventosas son dispositivos automáticos que permiten el paso del aire desde la tubería a la atmósfera o desde la atmósfera a la tubería, según que la presión en ésta sea superior o inferior a la presión atmosférica. (Monge, 2018)



Figura 7. Válvula de aire doble propósito

2.3.44 Bolsas de aire en la tubería

En los cambios de pendientes de las conducciones se producen alteraciones de la presión dentro de las mismas, lo que hace que pueda liberarse aire disuelto con la consiguiente formación de bolsas de aire. Esto es particularmente importante en impulsiones donde la presión va disminuyendo progresivamente a lo largo de la conducción.

Una vez que la instalación está en funcionamiento las bolsas de aire se desplazan por la tubería y se acumulan en las zonas más elevadas y a lo largo de accesorios y derivaciones.

Las bolsas de aire y el aire disuelto en el agua pueden ocasionar los siguientes problemas en las conducciones:

- a) Roturas de las tuberías debido a sobrepresiones o incluso a depresiones.
- b) Limitación parcial o total de la circulación del agua.
- c) Pérdidas de la eficiencia del sistema y aumento de costes.
- d) Cavitación en accesorios (válvulas, hidrantes y reguladores de presión)
- e) Inexactitud en las mediciones de caudal y desgaste de partes móviles de contadores. (Monge, 2018)

2.3.45 Anclajes

Los anclajes son bloques de concreto en masa que se colocan en lugares montañosos o bien muy quebrados donde la tubería no puede ser enterrada a

suficiente profundidad y está expuesta a cambios constantes de dirección, la presión del fluido ejerce esfuerzos adicionales que deben ser absorbidos por los anclajes, para evitar la acción del empuje, el desacople de las uniones ruptura de las campanas a causa de los esfuerzos de flexión

2.3.46 Estudio financiero

Investiga los flujos de caja y los riesgos económicos, tiene el objetivo de determinar los niveles de rentabilidad de una inversión, cada evaluación financiera de proyectos es diferente. Sin estudio financiero un proyecto no tiene la investigación necesaria para tomar una decisión sobre los alcances y riesgos de un proyecto.

2.3.47 Evaluación financiera

(Meza, 2009), Menciona que la Evaluación Financiera de Proyectos es el proceso mediante el cual una vez definida la inversión inicial, los beneficios futuros y los costos durante la etapa de operación, permite determinar la rentabilidad de un proyecto. Antes que mostrar el resultado contable de una operación en la cual puede haber una utilidad o una pérdida, tiene como propósito principal determinar la conveniencia de emprender o no un proyecto de inversión.

En el ámbito de la Evaluación Financiera de Proyectos se discute permanentemente sí las proyecciones de ingresos y gastos deben hacerse a precios corrientes o a precios constantes; es decir, sí se debe considerar en las proyecciones de ingresos y gastos el efecto inflacionario, o sí se debe ignorarlo.

La evaluación financiera de un proyecto consiste en consolidar todo lo que averigüemos acerca del mismo (estimaciones de ventas, inversión necesaria, gastos de operación, costos fijos, impuestos, etc.) para determinar finalmente cuál será su rentabilidad y el valor que agregará a la inversión inicial. (Gallerano, 2010)

2.3.48 Indicadores financieros

A la hora de analizar la conveniencia o no de realizar un proyecto de inversión, es necesario utilizar ciertos indicadores financieros que nos permiten tomar una decisión objetiva. Estos indicadores nos dicen si el proyecto es viable o no. (Gallerano, 2010)

Entre los indicadores más utilizados se encuentran: el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) Y Costo Beneficio (C/B)

2.3.49 Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en nº de unidades monetarias (euros, dólares etc.). (Velayos, 2017)

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectúales y en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- a) $VAN > 0$: el valor actualizado del cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- b) $VAN = 0$: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- c) $VAN < 0$: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado. (Velayos, 2017)

Fórmula para calcular el VAN

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n} \dots (6)$$

Donde:

VAN: Valor Actual Neto

A: Desembolso inicial requerido para la inversión

K: Tipo de actualización o de descuento aplicable a la inversión

Q_1, Q_2, Q_n : Flujo de caja de cada periodo

2.3.50 Tasa Interna de Retorno

Según (Sevilla, 2017), La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

Fórmula para el cálculo de la TIR

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \dots (7)$$

Donde:

Fn: es el flujo de caja en el periodo n.

n: es el número de períodos.

i: es el valor de la inversión inicial.

Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- a) Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- b) Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- c) Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión. (Sevilla, 2017)

Capítulo 3. Marco metodológico

3.1 Estudio topográfico

En coordinación con la Dirección de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento de la Región Chortega se realizó un levantamiento plani – altimétrico del proyecto.

3.1.1 Levantamiento topográfico

Definida el área del proyecto y el método de riego a utilizar, se procedió a levantar topográficamente, primero todo el sistema de distribución con entregas en todas las parcelas y segundo a partir de la toma más alta y conociendo que el sistema de riego será aspersion, la línea de conducción que permitía ubicar el sitio idóneo con la carga suficiente para abastecer el agua para riego y a la vez tuviera una sección acorde con las necesidades, a saber, pendiente de entrada baja, secciones estrechas entre otras.

Se levantó una poligonal ubicando en ella todos aquellos puntos de interés como: caminos, puntos bajos, altos, tomas de parcela, inicio y final de la conducción principal, ramales entre otros.

Una vez obtenida esta información topográfica en una plantilla de Excel, permite que se elabore la red de tuberías.

Con la información topográfica se elaboraron los perfiles de elevación representándolos en gráficos.

3.1.2 Equipo de topografía utilizado

Los topógrafos utilizaron estación total de la marca Nikon Nivo con precisión de 5 segundos, también un equipo GNSS (GPS) con precisiones entre 2 - 5 cm. En posición y en elevación

El levantamiento en la montaña se hizo con la estación total porque el equipo GNSS no permite medir con precisión por un tema de vegetación que afecta la señal de los satélites que transmiten la señal.

Fuera de la zona montañosa en la calle y áreas despejadas realizaron el levantamiento con el equipo GNSS (GPS).



Figura 8. Levantamiento topográfico con estación total en la zona montañosa del Río Negro.

Se observa la operación de la estación total tomando un punto considerado dentro de la línea de conducción principal en la zona montañosa.



Figura 9. Levantamiento topográfico con estación total GPS

Se muestra en la figura las antenas de recepción de señal de GPS y el momento en donde se guarda un punto de levantamiento considerado idóneo para el diseño del ramal 2

3.1.3 Sitio idóneo para la obra de toma

Se realizó el levantamiento topográfico de las secciones del Río Negro en tres sitios idóneos para la obra de captación, el espacio seleccionado debe de ser el más elevado en altura del diseño del acueducto que permita vencer los puntos más críticos que se presentan en el recorrido de la línea de conducción del sistema.

3.2 Estudio edafológico

Se realizó un estudio edafológico en las áreas potencialmente regables en la zona alta, media y baja del área de estudio de El Escobio.

3.2.1 Descripción de suelos

La topografía ligeramente ondulada del área de estudio, facilito para que la descripción de suelos se realizara mediante el método de la calicata, completando en el sitio de muestra una matriz anotando la información deseada al estudio, datos como: fecha, ubicación de la muestra en coordenadas, clasificación taxonómica, localización dueño o dueña de la propiedad, elevación, clima, fisiografía, relieve, uso del suelo, gradiente, erosión, material matriz, drenaje, pedrosidad y nivel freático.

3.2.2 Análisis físico y químico del suelo



Figura 10. Calicata en el sitio de muestreo de suelos del área de estudio El Escobio

Utilizando el método de la calicata y siguiendo la metodología de descripción de suelos de la FAO, se tomaron cuatro muestras de suelos por separado para su envío al laboratorio de suelos del INTA.

Para el análisis químico se tomaron las muestras entre las mismas distancias de espesor antes mencionadas y al obtener los resultados enviados al laboratorio adjuntado a los anexos, se utilizó la guía de interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica del año 2012 para el desarrollo del diagnóstico, se utilizó tabla de análisis para suelos de Olsen modificada, formulas del CICE, % Saturación de Acidez y programa de Excel para los cálculos.

Fórmulas utilizadas para el cálculo del porcentaje de saturación de acidez y CICE. (Méndez & Bertsch, 2012)

$$\%SA: \left(\frac{Acidez}{CICE} \right) * 100 \dots (8)$$

$$CICE: bases + acidez = (Ca + Mg + K) + (Al + H) \dots (9)$$

3.2.3 Pruebas de infiltración

Se utilizó el método del doble cilindro, tabulando los datos obtenidos en el campo, posteriormente se ingresan a el programa Excel para determinar la infiltración básica en gráfica y obteniendo el valor de “y” y “b” para sustituirlo en la ecuación de la Infiltración instantánea $l_i = y (-10 \times b) \wedge -b \dots (10)$

3.2.4 Propiedades físicas del suelo

En este estudio no fue posible determinar la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente mediante análisis de laboratorio porque el laboratorio del INTA se encontraba con los equipos que se utilizan fuera de servicio, se procedió a realizar una metodología distinta pero valida como lo argumentan (Valverde & Villalobos, 2016) en su libro principios de riego y drenaje en suelos tropicales, que si no es posible determinar la CC y el PMP mediante muestras con el equipo requerido en el laboratorio, se puede hacer uso de cuadros elaborados con valores aproximados en función de la textura del suelo.

La clase de textura del suelo del estudio es franco arenoso la cual nos permite seleccionar mediante la tabla de propiedades físicas del suelo según texturas (Israelsen & Hansen, 1979, 2ªed) los coeficientes hídricos del suelo presentes en el área de estudio.

3.2.5 Capacidad de usos de las tierras

La capacidad de uso de las tierras se determinó a través de la metodología publicada por el MAG – MIRENEM, la cual es la herramienta utilizada oficialmente para Costa Rica “Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, 1995”.

3.2.6 Prácticas de conservación de suelos y agua

Al clasificar los suelos del estudio en la clase de uso que le corresponde, se utiliza la metodología publicada por el MAG – MIRENEM para definir las prácticas de conservación de suelos y agua que deben de realizar los beneficiarios de este diseño de acueducto para riego El Escobio.

3.3 Estudio agronómico

Este estudio, es el primer paso de diseño de cualquier tipo de riego la finalidad es determinar la cantidad de agua que se conducirán por los sistemas de riego, las necesidades brutas de riego en las épocas máxima necesidad. Es de mucha importancia realizar muy bien los cálculos de diseño agronómico ya que si existieran errores van a verse reflejado en el diseño hidráulico

3.3.1 Área de riego

El área de riego se estimó consultándoles a los miembros de la SUA las necesidades de cada uno de los beneficiarios del proyecto, Al conocer la cantidad de miembros se realiza una operación matemática básica:

$$\text{Hectárea bajo riego para cada beneficiario} = \frac{\text{Área total (ha)}}{\text{Cantidad de beneficiarios}} \dots (11)$$

3.3.2 Calculo de la demanda de agua para riego

Utilizando el método de MINAET, manual técnico del departamento de aguas, publicado en la gaceta N° 98 del 20 de mayo de 2004, se calculó el caudal necesario para el proyecto sustituyendo las siguientes formulas con los datos recolectados en el área de estudio.

3.3.2.1 Evapotranspiración

Se utiliza la fórmula 12 para la obtención de la evapotranspiración:

$$Eto = \frac{(2120 - 0.294 \times h)}{360} \dots (12)$$

Donde:

Eto: Evapotranspiración

h: Altura (m)

3.3.2.2 Dotación

Para el cálculo de la dotación en base al uso consuntivo, se utilizan la siguiente formula:

$$Uc = K * Eto \dots (13)$$

Donde:

Uc: Uso consuntivo (mm)

K: Coeficiente de consumo para los cultivos con riego.

Eto: Evaporación potencial de los cultivos

3.3.2.3 Módulo de Riego:

Se utiliza la ecuación 14 para obtener el módulo de riego:

$$Mr = \left(\frac{Uc}{Ef} \right) * 0.116 \dots (14)$$

Donde:

Mr: Módulo de riego

Ef: Eficiencia del sistema de riego

0.116: Factor de conversión de unidades

Para este diseño el método de riego es por aspersión quiere decir que la eficiencia de aplicación del riego debe de ser de 80% según cuadro 3.

3.3.2.4 Cálculo de Caudal requerido para riego (litros por segundo)

Al utilizar la fórmula 15 logran conocer el cálculo de caudal requerido para riego.

$$Q = \frac{A * Mr * 24}{Jr} \dots (15)$$

Donde:

Q: Caudal

Mr: Módulo de riego

A: Área de riego en Hectáreas.

Jr: Jornada de riego

3.3.2.5 Caudal por toma de beneficiario

El caudal para cada toma de parcela se definió con la siguiente ecuación:

$$Q(toma) = \frac{Ha\ total}{Q\ total} \dots (16)$$

Donde:

Q (toma): Caudal por toma de parcela

Ha total: Área total por regar

Q total: Caudal total del sistema de riego

Módulo de riego parcelario con aspersión

Para definir el cómo se va a regar las áreas contempladas se necesitaron las siguientes ecuaciones:

3.3.2.6 Frecuencia de riego

Para estimar este parámetro, primeramente, se debe calcular las necesidades hídricas del cultivo, también conocida como uso consuntivo (UC) o evapotranspiración del cultivo, la cual depende de la evapotranspiración potencial (ETp) obtenida de los datos meteorológicos y el (Kc) coeficiente del cultivo obtenido del Manual Técnico del Departamento de Aguas del MINAE en la figura 15.

3.3.2.7 Uso consuntivo (UC)

Se calcula con la siguiente formula

$$UC = Etp * Kc... (17)$$

Donde:

UC: Uso consuntivo

Etp: Evapotranspiración

Kc: Coeficiente del cultivo

En este caso específico se utilizó un valor de Kc correspondiente al cultivo de pasto se puede apreciar en el cuadro 4.

3.3.2.8 La frecuencia o intervalo de riego (lr)

Está dado por la siguiente ecuación

$$Fr = \frac{Ln}{UC}... (18)$$

Donde:

Fr: Frecuencia de riego

Ln: Lamina neta

UC: Uso consuntivo

3.3.2.9 Lamina bruta (Lb)

La lámina bruta se ajusta con la siguiente ecuación

$$Lb \text{ ajustada} = Fr * \frac{UC}{Ef} \dots (19)$$

Donde:

Lb: Lamina bruta

UC: Uso consuntivo

Fr: Frecuencia de riego

Ef: Eficiencia del sistema

3.3.3 Diseño de los sistemas de riego

En todos los casos se debe cumplir que la intensidad de aplicación, de los aspersores no supere la tasa de infiltración de los suelos de las fincas.

3.3.3.1 Riego por aspersión móvil.

Se utilizó el programa de cómputo para el diseño de sistemas de riego y la selección del aspersor llamado WinSIPP2 introduciendo los datos calculados anteriormente, esta aplicación ofrece modelos de aspersores para riego tecnológicos de la marca comercial SENNINGER, también calcula las siguientes formulas necesarias para la utilización del sistema de riego, con los resultados se dibuja en el programa de Autocad la propuesta del sistema de riego para una mejor perspectiva de lo realizado.

3.3.4.3 Intensidad de aplicación

$$I = \frac{Qa}{E(\text{línea})} * E(\text{emisor}) \dots (20)$$

Donde:

Qa: Caudal de aplicación del aspersor

E (línea): Espaciamiento entre líneas

E (emisor): Espaciamiento del emisor

3.3.4.4 Tiempo de riego ajustado

$$Tr = \frac{L(\text{bajustada})}{I} \dots (21)$$

Donde:

L (bajust): Lámina bruta ajustada

I: Intensidad de Aplicación

3.3.5 Presupuesto de sistemas de riego por aspersión móviles

Se buscaron mediante el catálogo de la compañía de tuberías Durman las características del aspersor seleccionado junto a sus componentes como lo es el regulador de presión y tuberías requeridas adecuadas además de su valor económico para más adelante elaborar el presupuesto de los módulos de riego.

3.4 Diseño hidráulico.

El diseño hidráulico establece los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego para aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico anteriormente realizado.

3.4.1 Obras complementarias

Las obras complementarias fundamentales de un diseño de acueducto para riego por aspersión son los siguientes: Presa, Desarenador, Sistemas de filtrado y anclajes.

3.4.1.1 Presa

Para el diseño de la obra de toma se calcularon variables indispensables como lo son: Promedio de la cantidad de agua que posee el Río Negro, área de la cuenca de estudio, periodo de retorno, longitud máxima del recorrido del cauce más extensivo, tiempo de concentración, intensidad máxima, caudales máximo medio y mínimo de diseño

3.4.1.2 Caudal promedio

Según aforos realizados por el SENARA en el Río negro ver en anexos 8. Con estos datos se estimó el promedio de caudal (l/s) en la época de estiaje, condiciones más críticas de la estación seca

3.4.1.1.1 Área de la cuenca de estudio

El área de la cuenca en la que se diseña el acueducto se calculó mediante el programa Qgis demarcando los partes de aguas, se utilizó la hoja cartográfica Curubande, en la misma se puede observar las curvas de nivel permitiendo trazar con mayor precisión la línea de delimitación en los parteaguas en las zonas altas de la cuenca aguas arriba del sitio de toma seleccionado

3.4.1.1.2 Periodo de retorno

Por ser una presa para riego agrícola tomamos un periodo de retorno de 5 años de vida útil y periodo de retorno de 10 años, según literatura consultada y experiencia de los funcionarios del SENARA en base de otros proyectos de riego con presas construidos.

3.4.1.1.3 Máxima longitud del recorrido del cauce

Para el cálculo de (L) Máxima longitud del recorrido, se utilizó la plantilla ríos TEC Atlas 2014 en el programa Qgis para encontrar los ríos que descargan a la cuenca del Rio Negro aguas arriba del sitio de la presa.

3.4.1.1.4 Tiempo de concentración

Calculo del tiempo de concentración con la siguiente formula:

$$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \dots (22)$$

Donde:

tc: Tiempo de concentración (min)

L: Máxima longitud del recorrido (m)

H: Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal (m)

3.4.1.1.5 Intensidad máxima

Para la determinación de la intensidad máxima se interpolo el resultado del tiempo de concentración utilizando el cuadro 5 que representa las Intensidades máximas (mm/hr), para diferentes duraciones (min) y periodos de retornos (años), de la ciudad de Liberia, Guanacaste tomado del libro de hidrología de Máximo Villón.

3.4.1.1.6 Caudal máximo

Se calculó mediante la siguiente formula

$$: Q = \frac{C * I * A}{360} \quad \text{En (m}^3\text{/s)... (23)}$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía, para nuestro caso un rio con piedras y taludes en buen estado C=0.3 vegetación Forestal, pendiente > al 10%, suelos franco-arenosos. Según literatura consultada

I: Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración y para un periodo de retorno dado en (mm/hr).

A: Área de la cuenca (ha)

3.4.1.1.7 Caudal medio

El caudal medio representa el caudal que normalmente se mantiene por eso es importantes los aforos para conocer la condición más crítica de la fuente hídrica, además de saber la condición normal durante todo el año el caudal medio es consultado a los funcionarios del SENARA.

3.4.1.1.8 Caudal mínimo

El caudal mínimo se tomó de los aforos realizados por el SENARA ver en anexo 8, en la época de estiaje, se elige el caudal de menor resultado

3.4.1.1.9 Caudal del diseño

El caudal de diseño se calculó en el estudio agronómico que corresponde a 29 l/s para todo el diseño del acueducto también es la cantidad de agua que se estima concesionar por parte de la SUA El Escobio, pero para asegurarnos el ingreso de ese caudal al proyecto se le agrega un 15% más de los estimado para tener la entrada de los 29 litros garantizada y no tan limitada.

El caudal de 29 l/s se regula en un vertedero que se coloca en el desarenador que más adelante se presentan las medidas correspondientes para lograrlo.

Después de ingresar al desarenador el agua captada y de tomar el agua que corresponde quedando un excedente que es continuo este vuelve a su condición natural continuando el cauce del Rio Negro.

$$Q_{derivado} = Q_{diseño} + 15\% \dots (24)$$

Donde:

$Q_{derivado}$ = Caudal derivado en la obra de toma

$Q_{diseño}$ = Caudal del diseño total

15%= Porcentaje

3.4.1.1.10 Avenida máxima

Los datos obtenidos anteriormente se introducen en una hoja de Excel con las fórmulas de diseño de la obra de toma ya establecidas.

Se calcula el caudal de demasía lo que se hace es que aparte de ya haber calculado el caudal máximo se le añade un porcentaje de otras aguas no contempladas en los cauces de los ríos calculados un porcentaje de 65% por aportes de pérdidas por infiltración, quebradas, aguas subterráneas y precipitaciones pluviales.

3.4.1.1.11 Calculo del caudal de demasía

$$Q_{m\acute{a}x} = 85\% Q_{m\acute{a}x \text{ av.}} + 65 \% Q_{m\acute{a}x \text{ av.}} \dots (25)$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 150 \% Q_{max \text{ Av.}} \dots (26)$$

La hoja de Excel que se utilizó indica que se debe evitar diseñar con cargas menores al 75% de las correspondientes al gasto máximo

3.4.1.1.12 Calculo de la captación

Fórmulas utilizadas:

$$Q * \frac{n}{(s^{0.5})} = A * \left(R^{\frac{2}{3}}\right) = \frac{(A^{\frac{5}{3}})}{(P^{\frac{2}{3}})} \dots (27)$$

$$\frac{Q*n}{\sqrt{s}} = \frac{[(b*Yn)^{\frac{5}{3}}]}{[(b + 2Yn)^{\frac{2}{3}}]} \dots (28)$$

Donde:

- Q: Caudal del diseño
- b: Base de la captacion se asume
- s: Pendiente
- n: 0.014 Revestido de concreto
- A: Área de la captacion b * Yn
- P: Perimetro de la captacion b + 2Yn
- R: Diferencia entre Área y perímetro.

3.4.1.1.13 Coeficiente de rugosidad

De acuerdo a las características observadas en el Río Negro precisamente en el sitio apto para la construcción de la obra de toma, se seleccionó el coeficiente de rugosidad.

3.4.1.1.14 Calculo de la pendiente

El cálculo de la pendiente se obtuvo del perfil longitudinal y la sección topográfica seleccionada potencial para el diseño de la obra de toma en el Río

Negro, la pendiente está comprendida en las estaciones del levantamiento topográfico del diseño 0+000 sitio de toma a 0+228 de la conducción principal que se puede apreciar en el anexo 18 el inicio del diseño de la conducción principal

Formula de la pendiente:

$$S: \frac{\Delta}{\text{Distancia}} \dots(29)$$

Donde:

S: Pendiente

Δ : Diferencia de altura (m)

D: Distancia (m)

3.4.1.1.15 Calculo del borde libre

Se utilizo la siguiente formula en la hoja de excel de calculos utilizada para el diseño de la obra de toma del proyecto de riego El Escobio:

$$BL = \frac{Yn}{3} \dots(30)$$

Donde:

BL: Borde libre

Yn: Altura de la captación 3: Constante

3.4.1.1.16 Dimensiones de la rejilla de entrada

Para los calculos de la rejilla o barrotes que se colocan por encima del canalaleta de captacion, se propone por otras obras construidas por el SENARA darle 1,5 de largo quiere decir que las medidas serian las siguientes 0.25 m de base x 0.30 m de alto x 1,5 m de largo.

3.4.1.1.17 Calculo de la elevación del barraje (Elev. B)

Se utiliza la siguiente fórmula para encontrar la elevación del barraje:

$$Elev.B = CFC + Yn + hv + 0.20 \dots (31)$$

Dónde:

CFC =Cota de fondo de la rasante del canal de captación + 0,70 altura de sedimentos

Yn: Tirante Normal del canal (m)

Hv: Carga de velocidad de Canal

0.20: Perdidas por transición, cambio de dirección, etc.

3.4.1.1.18 Altura de barraje

Se utilizó la siguiente fórmula para definir la altura del barraje en la obra de toma del acueducto para riego El Escobio

$$P = Elev.B - CFR \dots (32)$$

Donde:

P: Altura de barraje

Elev B: Elevación del barraje

CRF: Cota de fondo de la rasante del canal de captación + 0,70 altura de sedimentos

3.4.1.1.18 Medidas del barraje fijo y compuerta móvil

La hoja de Excel para el diseño de una obra de toma determina el resultado del barreje fijo y la compuerta móvil que se colocan en una obra de captación con el fin de darle mantenimiento a la estructura.

3.4.1.1.19 Costo obra de toma

Los costos de la obra de toma se estimaron de acuerdo al procedimiento que realiza el SENARA para este tipo de proyectos de riego.

3.4.1.2 Desarenador

En vista de que el agua derivada del río puede traer en suspensión partículas sólidas como gravas, arenas y materiales orgánicos que a su vez, pueden obstruir los componentes principales de los sistemas de riego, se deben construir dos estructuras de filtrado que permitan limpiar de sedimentos y lodos del agua que se conducirá al proyecto.

3.4.1.2.1 Ancho del desarenador

Se obtiene mediante la siguiente formula:

$$B: \frac{Q}{h*\mu} \dots(33)$$

Donde:

B: Ancho (m)

h: H1 – 0.25m

Q: Caudal diseño (m³/ s) caudal llegada al desarenador

μ: Velocidad mínima para flotador

Suponer B= 1m y despeja μ (velocidad flotación)

3.4.1.2.2 Longitud del desarenador

Se obtiene mediante la siguiente formula:

$$L: \frac{K*h*V}{Vg} \dots (34)$$

Donde:

L: longitud desarenador (m)

K: coeficiente de seguridad (1.5-2)

h: Profundidad desde la superficie del agua

V: velocidad promedio (0.2 m/s)

Vg: velocidad mínima para ø: 0.5 mm, Vg= 0,049 m/s

También se puede utilizar esta fórmula para encontrar el largo del desarenador:

$$L: 20\sqrt{Q} \dots (35)$$

Donde:

L: longitud desarenador (m)

20: Constante

Q: Caudal diseño (m³/s) caudal llegada al desarenador.

3.4.1.2.3 Vertedero triangular

Para el cálculo del vertedero triangular que se coloca al final del desarenador, se utilizó el programa en la web [enlinea_triangular2](#) para obtener el resultado de la estructura calibradora del caudal que ingresara al acueducto diseñado.

Además de una regleta graduada que se utiliza en el SENARA para poder ingresar la altura correspondiente de acuerdo al caudal requerido en el programa y este diseña de tal manera que nos da el resultado final.

3.4.1.3 Conducción de Tuberías y Valvulerías

Una vez determinado las características topográficas del tramo en estudio se procedió a establecer la cédula de la tubería o sea el grosor de la pared para que se encuentre dentro del rango que la capacite para soportar la presión estática a que estará sometida. A este tramo analizado, se le debe sumar la sobrepresión que eventualmente podría ser ocasionada por el golpe de ariete y se revisa si la cédula del tubo escogido soporta toda la carga acumulada. Luego se realiza la estimación de pérdidas por fricción para conocer la carga real disponible en cada toma y se verifica si es la adecuada según la demanda de diseño.

Se utilizó el programa tubos para el cálculo de los diámetros y longitudes de la tubería en los tramos de la red. El programa tubos procesa datos topográficos, carga estática, carga dinámica, velocidad en metros por segundo que lleva el agua dentro de la tubería, diámetros adecuadas, así como cédulas para la tubería y nivel piezómetro.

Las pérdidas de presión ocasionadas por la fricción las calcula con la fórmula de Hazen Williams para tubería de PVC con un $C= 150$ Las pérdidas locales ocasionadas por accesorios se consideraron como un 5% de las de fricción, de tal forma que el acumulado de las perdidas más la carga con que debe llegar a las tomas de parcela no sobrepase la carga estática del punto, también se debe de tomar en cuenta que la velocidad del fluido dentro de las tuberías no sobrepase los 2.3 m/s para minimizar los valores del golpe de ariete.

En el caso del cálculo de golpe de ariete, el mismo se ha calculado según la fórmula de

Michaud:

$$\Delta H = \frac{2 * L * V}{g * t} \dots (36)$$

Donde:

ΔH = Sobrepresión por golpe de ariete, (m.c.a)

V = Velocidad de régimen del agua (m/s)

g = Aceleración de la gravedad, 9.81m/s²

L = Longitud de la tubería (m)

t = Tiempo de parada o cierre, según el caso (s)

Adicionalmente se debe establecer que el espesor de pared de la tubería se encuentre dentro del rango permisible para soportar la presión estática a que estará sometida en cada tramo de la conducción. A este tramo analizado se le calcula el valor de la sobrepresión por golpe de ariete y se le adiciona al valor de la carga estática del punto, posteriormente se revisa si la cédula del tubo escogido soporta toda la carga acumulada. Luego se realiza la estimación de pérdidas por fricción para conocer la carga real disponible en cada toma y se verifica que sea la adecuada según la demanda de diseño. Es importante reseñar que al valor calculado de pérdidas por fricción se le incluye un 5% para tomar en cuenta las pérdidas secundarias, o sea todas aquellas perdidas de presión generadas por los accesorios y otros componentes que se encuentran colocados a lo largo de la línea de conducción.

3.4.1.4 Red de distribución

El proyecto se diseña para transportar el caudal calculado hasta las distintas zonas de riego por medio de una red de tubería de conducción principal, que a su vez también distribuyen el agua a los beneficiarios que se encuentran en la línea.

Posteriormente y mediante el uso de ramales se llevaría el agua hasta aquellos beneficiarios incluidos en el proyecto que se encuentran alejados de la línea principal.

Para el trazo de las líneas de distribución se utilizó el criterio de entregar el agua en la puerta de finca.

3.5 Estudio financiero

El objetivo de este estudio es evaluar financieramente el Proyecto de Riego El Escobio, así como determinar la rentabilidad de este para su puesta en marcha, valorando la inversión inicial, los costos de operación y el mantenimiento del sistema.

3.5.1 Evaluación financiera del proyecto

La evaluación se realizó para un total de 26 miembros de la Sociedad de Usuarios de Agua (SUA), quienes serán los dueños del proyecto y quienes deberán darle el mantenimiento correspondiente a las 33,5 ha que serán abastecidas con el riego.

Para este proyecto se presentaron cinco escenarios de análisis:

- a) Escenario actual (sin proyecto), es donde se evalúan las actividades que el productor está realizando en el momento del análisis (ingresos por la venta de sus productos y los costos de producción de estos).
- b) Flujo de efectivo con proyecto (situación con riego) se incluye la inversión inicial, que contempla el capital de trabajo para el primer año; el ingreso producido por la venta de productos, los costos de producción, los costos de la SUA (para brindar mantenimiento y atender deuda) y los gastos en que incurre el productor para la administración de la finca.
- c) Flujo de efectivo incremental muestra los resultados obtenidos al restar del flujo de caja con proyecto el correspondiente a la situación actual. Por lo tanto, su objetivo es analizar el diferencial en costos y beneficios ligados específicamente a la implementación del proyecto.

- d) Flujo de efectivo con proyecto (situación con riego) se valora una situación donde la inversión inicial se cubre con fondos no reembolsables del 50 %, que contempla el capital de trabajo para el primer año; el ingreso producido por la venta de productos, los costos de producción, los costos de la SUA (para brindar mantenimiento y atender deuda) y los gastos en que incurre el productor para la administración de la finca.
- e) Flujo de efectivo con proyecto (situación con riego) se valora una situación donde la inversión inicial se cubre con fondos no reembolsables del 0 %, que contempla el capital de trabajo para el primer año; el ingreso producido por la venta de productos, los costos de producción, los costos de la SUA (para brindar mantenimiento y atender deuda) y los gastos en que incurre el productor para la administración de la finca.

Los productores del Proyecto de Riego El Escobio son los encargados y responsables de brindar el mantenimiento adecuado y velar por la correcta operación al sistema, de manera que los supuestos de producción y por lo tanto los ingresos del proyecto se basan en un óptimo funcionamiento de este, conforme el plan de operación y mantenimiento establecido en este estudio.

3.5.1.1 Tasa de descuento

La tasa de descuento utilizada, (según el artículo 12 del Reglamento de Gestión e Inversión para el Establecimiento y Desarrollo de Proyectos de Riego y Drenaje), corresponde para este proyecto en particular, a la tasa básica pasiva vigente 5,95% al 08 de agosto del 2018, según el Banco Central de Costa Rica.

Obstáculos y dificultades encontradas

El laboratorio del INTA ofrece los servicios de laboratorio de suelos con tarifas accesibles. Entre los servicios que se requirieron para el diseño del sistema de riego están: Análisis químico completo, materia orgánica, determinación de texturas del suelo, estos parámetros se pudieron determinar mediante el servicio brindado con los equipos de laboratorio correspondientes enviándose las muestras tomadas en el área de estudio.

Los parámetros que no se pudieron obtener mediante el laboratorio del INTA fueron los siguientes: Determinación de densidad aparente (Dap), Capacidad de campo (CC) y punto de marchites permanente (PMP) esto debido a que los equipos que se requieren para la obtención de los resultados se encontraban fuera de servicio.

La programación del levantamiento topográfico se retrasó ya que se realizó en conjunto con el departamento de topografía del SENARA por lo cual ya su agenda anual se encontraba atrasada por otros proyectos de riego que tienen Actualmente bajo estudio, hasta que llegó el turno para El Escobio en el mes de abril del presente año lo cual permite con los resultados obtenidos en campo el diseño del acueducto de una manera mucho más precisa y detallada.

Capítulo 4. Presentación y análisis de los resultados

4.1 Estudio topográfico

En esta sección se incorporan los resultados obtenidos con el levantamiento topográfico del área de estudio El Escobio.

4.1.1 Reconocimiento del lugar

Este sitio muestra la salida del margen del Río Negro hacia las áreas potenciales de riego de los beneficiarios con una elevación de 432,76 m s.n.m en las coordenadas en CRTM05 Longitud 349982.87 y Latitud 1186582.147, conociendo esta altura se debe de elegir una sección del río para definir el sitio de presa.



Figura 11. Salida de la parte montañosa del Río Negro

Este sitio corresponde a uno de los puntos críticos de elevación. En primera instancia se identifica la elevación en el lugar donde se pretende salir con la tubería del margen del Río por lo cual se debe de buscar un sitio de toma aguas arriba con una elevación que permita una diferencia de altura considerable que le permita al

agua conducida por la red de tubería que se genere una fuerza de gravedad capaz de vencer la elevación del sitio mostrado en la figura anterior sin ninguna dificultad.

4.1.2 Sección idónea obra de captación

Cuadro 7. Sección potencial para la obra de captación del diseño de riego el Escobio

| Punto | Latitud | Longitud | Elevación |
|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| Sección 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| S3.1 | 1187264.1 | 350987.7 | 447.048 |
| S3.2 | 1187265.7 | 350985.9 | 445.473 |
| S3.3 | 1187267.3 | 350984.4 | 444.958 |
| S3.4 | 1187267.9 | 350983.8 | 444.389 |
| S3.5 | 1187269 | 350982.6 | 444.308 |
| S3.6 | 1187270.7 | 350980.7 | 444.568 |
| S3.7 | 1187271.3 | 350980 | 444.736 |
| S3.8 | 1187271.8 | 350979.1 | 444.387 |
| S3.9 | 1187273.3 | 350977.5 | 444.558 |
| S3.10 | 1187275.1 | 350975.5 | 444.417 |
| S3.11 | 1187276.7 | 350973.9 | 444.475 |
| S3.12 | 1187278.7 | 350971.4 | 444.289 |
| S3.13 | 1187279.9 | 350970.2 | 445.138 |
| S3.14 | 1187281.5 | 350968.3 | 445.573 |
| S3.15 | 1187283.4 | 350966 | 445.933 |

Fuente: SENARA – Departamento de Topografía

Como se observa en las secciones realizadas en el Río Negro la más apta es la sección 3 con un promedio de 444.5 m s.n.m, con una distancia de 19 metros de ancho. Los datos indican el sitio con las coordenadas exactas para efectos de coincidir de manera precisa en el lugar potencial para la construcción de la presa, las coordenadas se observan con la proyección geográfica CRTM05.

4.1.3 Perfiles longitudinales

De los anexos 8 al 18 se muestra el levantamiento topográfico realizado sobre la línea de conducción del acueducto, en esta sección se presentan de

manera más simplificada observando en cada grafico la distancia del levantamiento y la diferencia de alturas de los puntos considerados para el diseño.

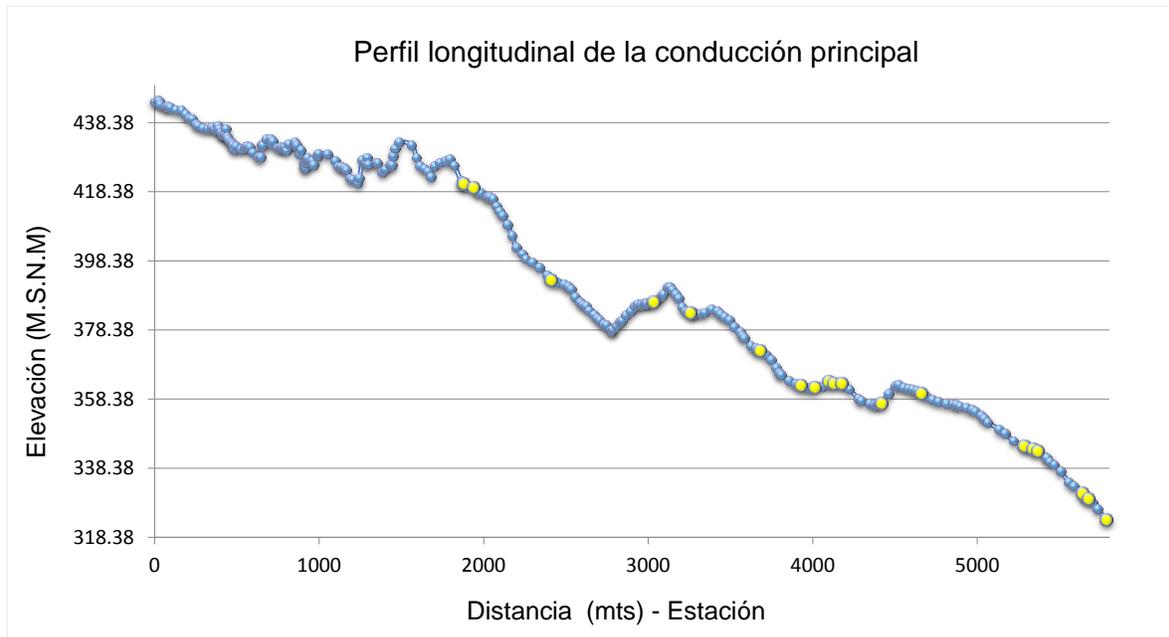


Figura 12. Elevaciones graficadas de la conducción principal del diseño de riego el Escobio

El grafico indica que existe una distancia de conducción principal de más de 5 km de distancia y una diferencia de altura del punto más alto al último punto más bajo de 120 mca este dato se convierte a 170 psi. Que más adelante es utilizado para la elaboración del diseño hidráulico.

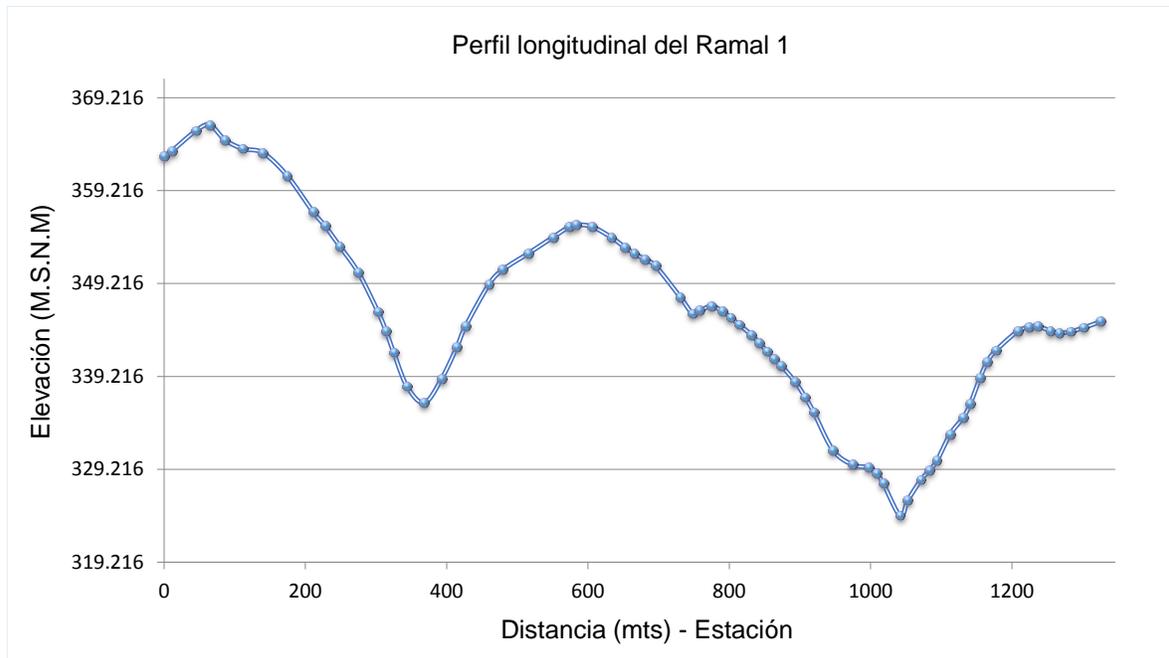


Figura 13. Elevaciones graficadas del Ramal 1 del diseño de riego El Escobio

El gráfico muestra que existe una distancia de más de 1,2 km en el Ramal 1 y una diferencia de altura del punto más alto al último punto más bajo de 40 mca este dato se convierte a 56.88 psi. Que más adelante es utilizado para la elaboración del diseño hidráulico.

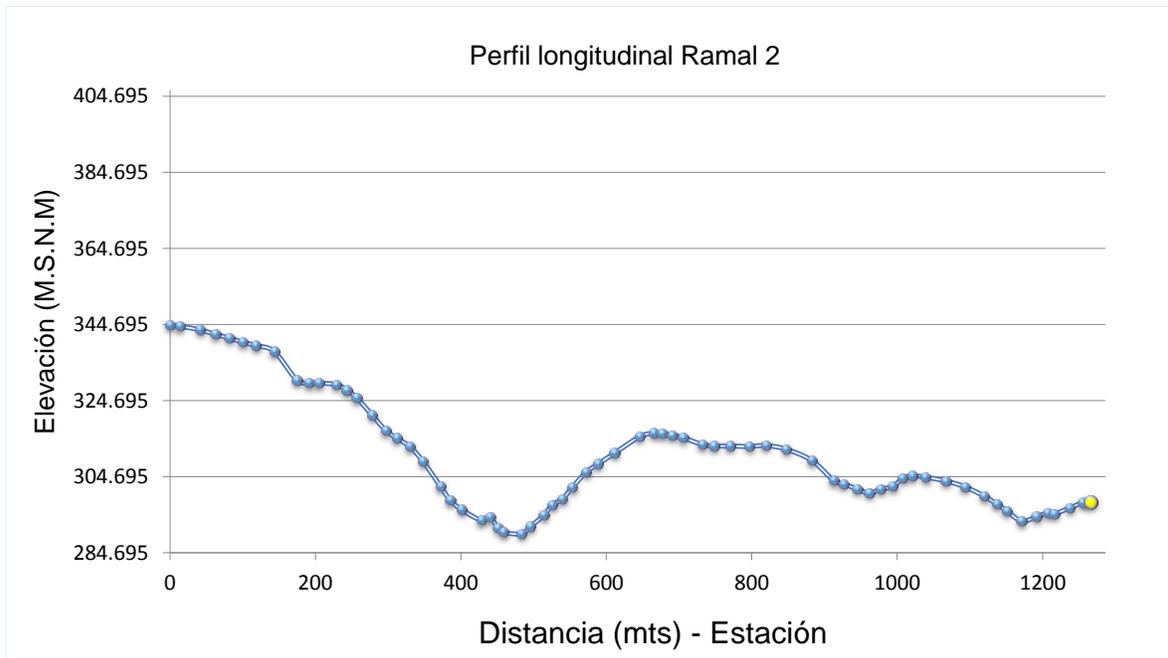


Figura 14. Elevaciones graficadas del Ramal 2 del diseño de riego El Escobio

El perfil demuestra que existe una distancia en el ramal # 2 de más de 1,2 km de distancia y una diferencia de altura del punto más alto al último punto más bajo de 59 m.c.a.

4.1.4 Levantamiento topográfico del diseño

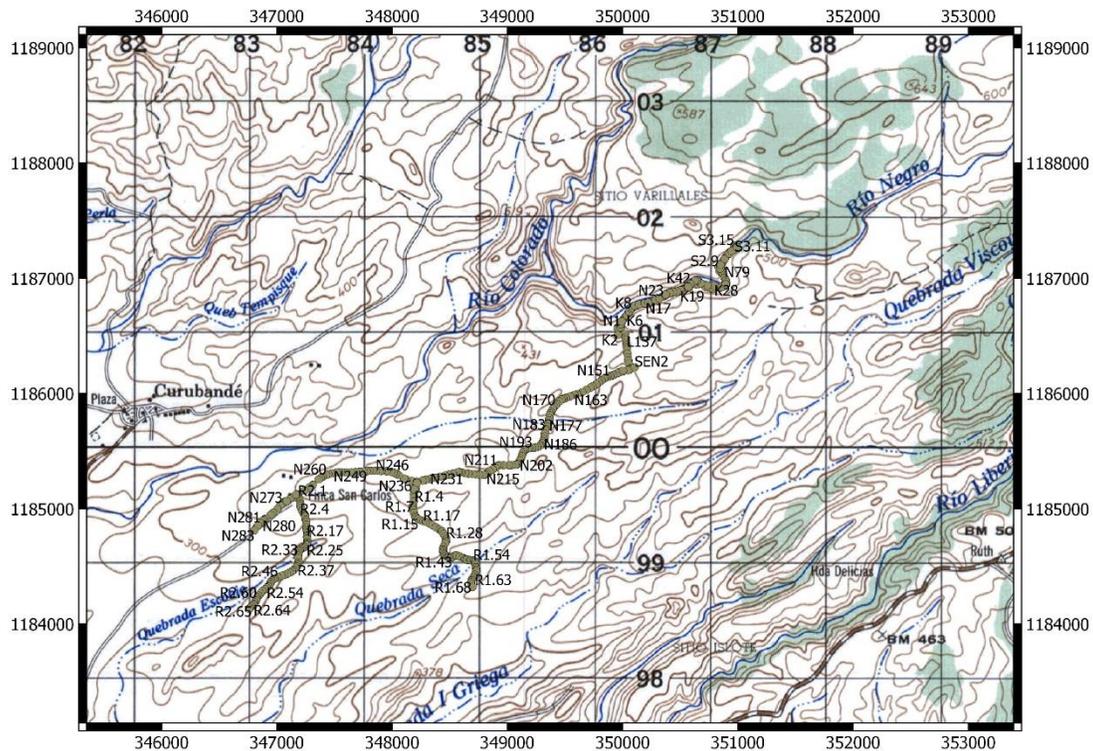


Figura 15. Representación del levantamiento topográfico del diseño del sistema de riego El Escobio

Se puede observar el recorrido topográfico representa la conducción principal con la letra “N”, Ramal 1 con la identificación “R1” y Ramal 2 es “R2”

4.1.5 Datos de la topografía

Los datos de la topografía final fueron suministrados en una hoja de Excel por el departamento de topografía del SENARA que se utilizó posteriormente al diseño hidráulico, se pueden observar en anexos los datos obtenidos, las curvas de nivel utilizadas para la ayuda de definir trayecto idóneo fueron las de la hoja cartográfica llamada Curubandé que se aprecia en la figura anterior.

4.2 Estudio edafológico

En esta sección se incorporan los resultados obtenidos con el muestreo del suelo y pruebas de infiltración del área de estudio El Escobio.

4.2.1 Ubicación sitio de muestreo de suelos

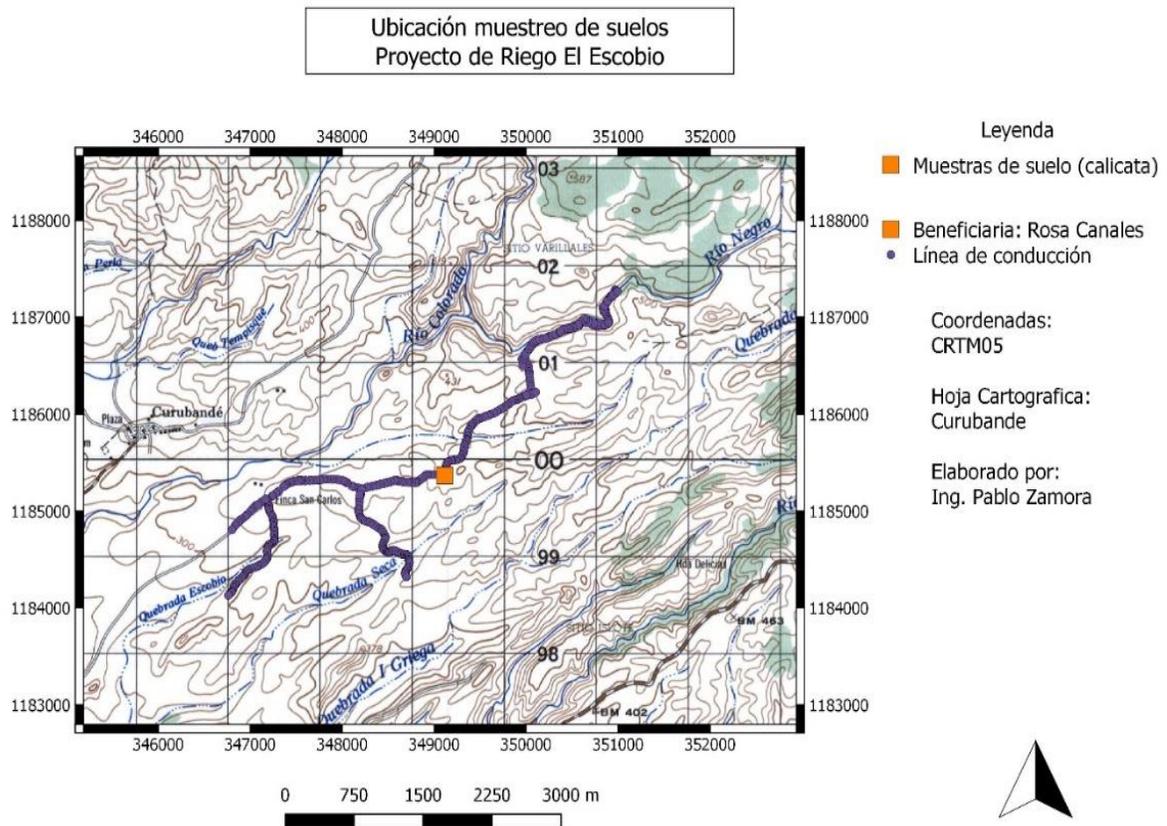


Figura 16. Ubicación muestreo de suelos con el método de la calicata

La descripción y muestreos de suelos se realizaron en la parte media del área de estudio como se aprecia en la figura 16, en un terreno de una topografía similar a las áreas potenciales para dotar de riego.

4.2.2 Matriz Descripción de los suelos con el método de la calicata

Cuadro 8. Descripción de suelos del área de estudio del diseño de riego por aspersión El Escobio, Liberia, Guanacaste

| | |
|--|------------------------------|
| Fecha: 26/01/2018 | Pedón: N° 1 |
| Coordenadas: 349115 E, 1185368 N | |
| Localización: Finca de Rosa María Canales Flores | |
| Clasificación taxonómica preliminar: Typic Ustorthents | |
| Orden: Entisol | |
| Elevación: 387 msnm | Clima: Ustico |
| Fisiografía: Planicie | Relieve: Plano a casi plano. |
| Uso del suelo: Pasto y Cítricos | Gradiente: 3% |
| Fertilidad Ap: Moderada | Erosión: Ligera. |
| Material Matriz: Volcánico | Drenaje: Bien drenado |
| Piedras Roca Sup: Ninguno | Nivel Freático: No evidente |

En el sitio de estudio se presenta leves procesos de degradación por erosión hídrica y en los terrenos de pendientes es común las terracitas por pisoteo de ganado en las fincas potencialmente regables dedicadas a la explotación ganadera, los problemas de erosión están ligados a la compactación del suelo por carga animal.

La profundidad del suelo está estrechamente ligada con la topografía del terreno plano a casi plano son moderadamente profundos.

Los resultados obtenidos con las muestras de suelo para el análisis físico que se enviaron al laboratorio del INTA, detallan que se presenta en el área de estudio suelos de textura franco arenoso.

Cuadro 9. Resultado análisis físico del suelo y Descripción morfológica de observación semidetallada.

| Horizonte/ Profundidad | Color * | Arena (%) | Arcilla (%) | Limo (%) | Textura | Consistencia |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Ap | Pardo | 64,6 | 18,2 | 17,2 | Franco | No plástico |
| 0- 30 cm | Pálido | | | | Arenoso | No adhesivo |
| Bw1 | Naranja | 63,2 | 17,0 | 19,8 | Franco | No plástico |
| 30-90 cm | amarillento oscuro | | | | Arenoso | No adhesivo |

*Color en húmedo. Tabla de colores Standard Soil Color Charts

Fuente: Laboratorio de suelos del INTA

Con respecto al análisis físico la extracción de las muestras es establecido con una secuencia de horizontes identificándoles como: Ap, Bw1. El horizonte Ap se considera 0,30 m de espesor donde cambiaba de tonalidad el suelo, Le sigue el horizonte Bw1 con 0,90 m de grosor, los colores de los horizontes de suelo se identifican en el campo en este caso se utilizó la tabla de colores Standard Soil Color Charts.

Cuadro 10. Resultados análisis químicos del suelo

| Muestra | 1 | 1-2 |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|
| Fertilidad | 0-30 cm Prof. | 30-90 cm Prof. |
| pH | 6.7 | 7.0 |
| M.O | 2.39 | 0.80 |
| Fertilidad en cmol (+)/l | | |
| Ca | 5.0 | 2.8 |
| Mg | 0.4 | 0.8 |
| K | 0.33 | 1.24 |
| Acidez | 0.1 | 0.1 |
| Elementos menores en mg/l | | |
| P | 4 | 2 |
| Zn | 1.0 | 0.3 |
| Mn | 6 | 1 |
| Cu | 1 | 1 |
| Fe | 30 | 16 |

Fuente: Laboratorio de suelos del INTA

Los análisis indican un pH alto, con un contenido de materia orgánica bajo en ambos horizontes que oscilan entre 2.39 y 0.80 %. Los niveles de los cationes se obtuvo que el calcio en los dos muestreos es adecuado y el magnesio deficiente para las dos muestras, mientras que el potasio está en niveles adecuados en ambos perfiles de suelos. El fósforo, cobre, zinc es crítico. El manganeso está en un nivel adecuado para el perfil 1, en el perfil 2 críticos y el hierro se encuentra en niveles óptimos en ambos perfiles.

Los CICE obtenidos fueron:

Cuadro 11. Resultados Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva del área de estudio de EL Escobio

| | Horizonte Ap 0-30 cm | Horizonte Bw1 0 – 90 cm |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| CICE (bases+acidez) | 5.83 | 4.94 |
| % Saturación | 1,72 | 2.02 |

La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) en el muestreo 1 con un resultado de 5.83 lo cual es categoría media y en el muestreo 2 se obtiene un valor de 4.94 entrando al nivel crítico. La saturación de acidez es menor de 10% para los dos muestreos, lo cual no representa un nivel toxico para el cultivo *Brachiaria brizantha*.

4.2.3 Pruebas de Infiltración

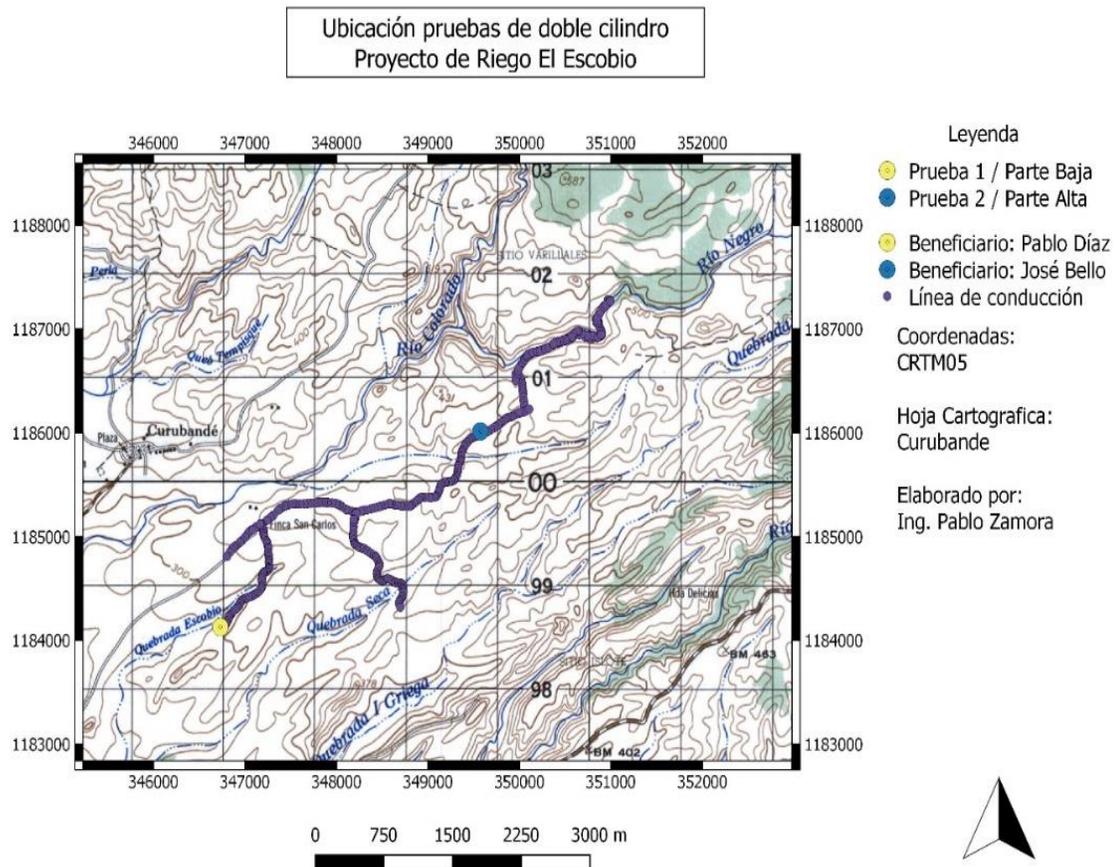


Figura 17. Ubicación pruebas de infiltración

Las dos pruebas de infiltración con su respectiva repetición se hicieron en las fincas muestreadas, en la propiedad de los beneficiarios Pablo Díaz en la parte baja del área de estudio y en la finca de José Luis Bello Méndez en la parte alta del área del proyecto.



Figura 18. Sitios de pruebas de infiltración

La figura anterior muestra las pruebas de infiltración aplicadas en campo al lado izquierdo la parte baja del área de estudio y al lado derecho la parte alta del área de estudio

Los resultados de las pruebas en campo fueron procesados utilizando Microsoft Excel obteniendo la curva de infiltración instantánea la cual indica la ecuación por utilizar.



Figura 19. Curva de infiltración instantánea contra el tiempo en la parte baja del área de estudio

Un indicador positivo es obtener R^2 muy cerca del valor 1 porque les da credibilidad a los datos obtenidos a las pruebas de infiltración realizadas en el campo.

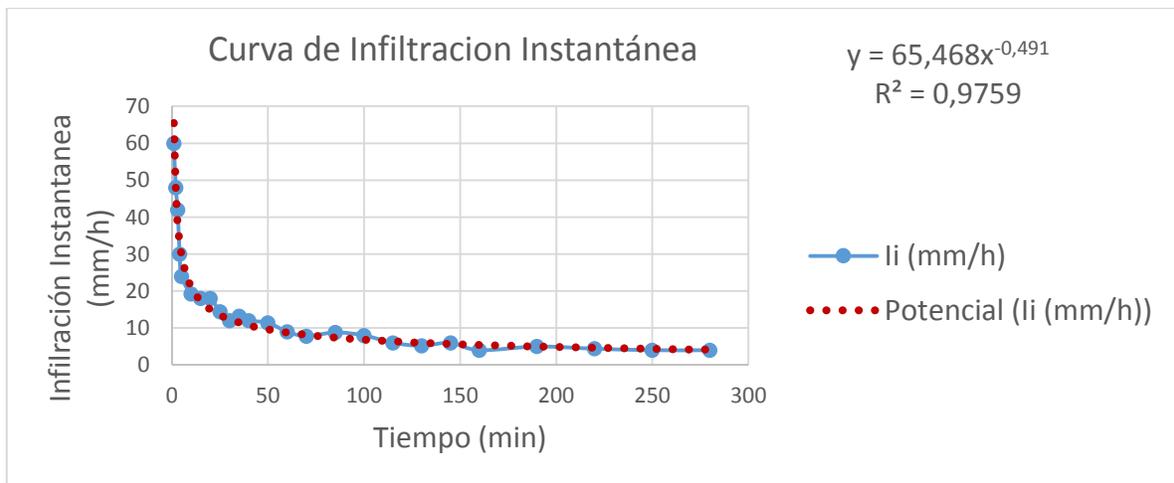


Figura 20. Curva de infiltración instantánea contra el tiempo en la parte alta del área de estudio

De los gráficos expuestos se obtienen las ecuaciones como lo son: $I_i = 75.525x (t)^{-0.576}$ y $I_i = 65.468x (t)^{-0.491}$ con estas ecuaciones se obtiene el resultado de infiltración básica, sustituyendo t con la expresión $(-10 \times b)$.

Cuadro 12. Resultados de las pruebas de infiltración básica en la parte baja y alta del área de estudio El Escobio

| Beneficiario | Sitio de Muestra | Ecuación obtenida | Resultado (mm/h) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Pablo Díaz | Parte Baja | $I_b = 75.525x (-10x-0.576)^{-0.576}$ | 20.57 |
| José Luis Bello | Parte Alta | $I_b = 65.468x (-10x-0.491)^{-0.491}$ | 21.39 |

Se elige el resultado de 20.57 mm/h como el valor de infiltración básica, al sobre pasar un aspersor en operación este valor se produce escorrentía, por lo tanto los aspersores que se deben de elegir para este diseño de riego de El Escobio deben de ser menor al resultado elegido de la infiltración básica.

4.2.4 Coeficientes hídricos de suelos

En el área de estudio se presentan suelos con textura franco arenoso lo que permitió utilizar la tabla de propiedades físicas del suelo según textura (Israelsen & Hansen, 1979, 2ªed) en el cuadro 1 para determinar los coeficientes hídricos que satisfacen las necesidades hídricas de los cultivos obteniendo: capacidad de campo (17 bares), punto de marchitez permanente (125 bares) y la densidad aparente (1.6 gr/cm³).

4.2.5 Determinación uso de suelos

Estas tierras son lo suficientemente homogéneas como para requerir sistemas de manejo y conservación similares, los suelos que cubren las fincas potencialmente regables se clasificaron a nivel de clase, subclase y unidades de manejo.

El sitio de muestreo de suelo se sitúa:

Cuadro 13. Determinación de uso de suelos de El Escobio

| Nivel | Unidades de manejo |
|---------------------------------------|--|
| Clase | II |
| Subclase | Esc |
| Limitación en los factores de erosión | e |
| Suelo | s |
| Clima | c |
| Unidad de manejo | II e _{1 2} <u>S</u> _{1 2 4} C ₂ |
| Limitantes de erosión | e ₁₂ |
| Profundidad efectiva | S ₁ valor que restringe la clase |
| Textura superficial | S ₂ |
| Fertilidad | S ₄ |
| Periodo seco | C ₂ Mayor a tres meses |

En esta metodología, la clase II son tierras que presentan leves limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de

manejo y conservación de suelos. Estas tierras tienen vocación agrícola para actividades agropecuarias. En las fincas hay que velar por las preparaciones de tierras que sean de labranza mínima y en las fincas que se van a dedicar a la ganadería deben de hacer aparatos y evitar el sobrepastoreo con una carga animal adecuada para mitigar la degradación del suelo.

Por las características y capacidad de uso que se presentan estos suelos, son menos frágiles a las malas prácticas agrícolas, sin embargo hay que planificar las actividades y su manejo en la agricultura bajo riego para potencializar su conservación y preservación. A continuación se exponen algunas prácticas de conservación de suelos.

4.2.6 Practicas de conservación de suelos

En el anexo 1 se presenta algunas prácticas de conservación de suelos que pueden ayudar a potencializar la conservación y preservación del suelo cuando se planifiquen las actividades en la finca.

4.3 Estudio agronómico

En este apartado se añaden los resultados derivados de las necesidades hídricas y el sistema de riego por aspersión idóneos para el pasto mejorado

Brachiaria brizantha

4.3.1 Beneficiarios del proyecto

El proyecto beneficiara en forma directa a 26 familias con 26 propiedades en su totalidad, las mismas son dedicadas para la producción ganadera.

Cuadro 14. Lista de beneficiarios de la SUA El Escobio

| Nº | Beneficiario | Hectáreas |
|----|-------------------------------------|-----------|
| 1 | Álvaro Espinoza | 1.29 |
| 2 | Marina Samper Acosta | 1.29 |
| 3 | José Luis Bello Méndez | 1.29 |
| 4 | Lucas Baldioceda | 1.29 |
| 5 | Rosa María Canales Flores | 1.29 |
| 6 | Francisco Jiménez Salazar | 1.29 |
| 7 | Luz Marina Chavarría | 1.29 |
| 8 | Azalea Villalobos Méndez | 1.29 |
| 9 | Edwin Coronado García | 1.29 |
| 10 | Juan Elías Guevara Jirón | 1.29 |
| 11 | Carlos Weissel Montano | 1.29 |
| 12 | Cristina Alfaro Varela | 1.29 |
| 13 | Marisol Paniagua | 1.29 |
| 14 | Asociación de Desarrollo El Escobio | 1.29 |
| 15 | Tulio Vega | 1.29 |
| 16 | Fernando Castro | 1.29 |
| 17 | McDonald Morales | 1.29 |
| 18 | Rafael Mendoza | 1.29 |
| 19 | Ana Ruth Gómez | 1.29 |
| 20 | Manuel Ángel Madrigal Díaz | 1.29 |
| 21 | Elicer Jiménez Salazar | 1.29 |
| 22 | Wilberth Jiménez Salazar | 1.29 |
| 23 | Albín Murillo Triviño | 1.29 |
| 24 | Sonia Piña Guido | 1.29 |
| 25 | Rafael Córdoba Solís | 1.29 |
| 26 | Pablo Díaz | 1.29 |
| | Total | 33.5 |

4.3.2 Áreas de riego

Se requieren regar 33,5 ha de pasto *Bracharia brizantha* por lo que se establece como el área total de riego, destacar que se conoce que los beneficiarios poseen propiedades con más de 2 ha de terreno para la producción agrícola.

Cuadro 15. Área bajo riego por cada beneficiario del proyecto de riego El Escobio

| Beneficiarios | Total de Ha | Ha bajo riego / beneficiario |
|---------------|-------------|------------------------------|
| 26 | 33,5 | 1,29 |

4.3.3 Recurso hídrico disponible

Cuadro 16. Cálculos necesidades hídricas del cultivo *Bracharia brizantha* de El Escobio

| Cálculos | Resultados |
|--|--------------|
| Evapotranspiración (altura media 357 msnm) | 5,60 mm/día |
| Uso consuntivo | 4,48 mm/día |
| Módulo de Riego | 0,65 l/s /ha |
| Caudal Total del Sistema de Riego | 29 l/s |
| Caudal por toma de parcela | 1,11 l/s |

Para obtener los datos del recurso hídrico disponible se calculó la evapotranspiración a una altura media de 357 m.s.n.m, la dotación en base al uso consuntivo, utilizando el coeficiente de consumo para pasto tomado del cuadro 4, para los módulo de riego se formuló que todas las parcelas de los 26 socios se

regaran con aspersión en áreas de 10.000 m² pero se diseñara en este estudio con módulos de riego por aspersión móvil de que cubren 5000 m² esto quiere decir que al ser móvil pueden cubrir los 10.000 m² desplazando el sistema utilizando una eficiencia de aplicación del 0,80% recomendada por (Grassi, 2000) para riego por aspersión en el cuadro 3. Y el caudal requerido se calculó con para una jornada de riego mediante la frecuencia de riego por lateral para un estimado de 1 hora por turno, para poder trasladar la tubería móvil de los módulos de riego se puede durar hasta 15 minutos cambiando de posición por lo cual si consideramos que son 8 laterales para 5000m² en lo que respecta para 10.000 m² serían 16 turnos, por lo cual sumaria 16 horas estimando 2 horas más de tiempos muertos dentro de la operación del proyecto se obtiene el total de 18 horas diarias.

Ante la Dirección de Aguas del MINAE en su mayoría les solicitan concesiones de agua para usar las 24 horas por lo cual con el cálculo anterior se está realizando un estimado preciso no más de 18 horas se debería de utilizar el recurso hídrico lo cual promueve un uso racional entre los posibles usuarios del Escobio.

Además, se debe de mencionar las acciones realizadas por los beneficiarios en el 2016 el grupo realizó el proceso de obtención de una concesión de agua por 29 litros por segundo del Río Negro por lo cual está en proceso la obtención de la misma ya que normalmente la aprobación de una concesión de aguas tarda en promedio entre 12 meses a 24 meses.

El caudal de toma parcelaria tal y como se mencionó anteriormente la entrega de agua a cada finca de este proyecto es mediante la modalidad de caudal continuo

para 26 beneficiarios que suman 26 propiedades entre todos en 33.5 ha, quedando un caudal de entrega de 1,11 l/s por toma parcelaria.

Una vez definida la metodología de entrega se procedió a calcular los caudales que circulan por las distintas tuberías en la condición más crítica y se definió que para el primer tramo comprendido entre las estaciones 0+000 y la 1+864 la tubería debe estar capacitada para conducir un caudal de 29 l/s, a partir de este punto se tienen entregas de caudales a los usuarios y el caudal disminuye a 10.04 l/s hasta la estación 4+176, y de este punto hasta el final de la línea el caudal transportado va disminuyendo hasta los 2.22 l/s, como se nota el caudal va disminuyendo en el trayecto conforme se realizan las entregas a cada uno de los beneficiarios en sus respectivas parcelas.

4.3.4 Riego parcelario

En el siguiente apartado se muestran los cálculos del diseño agronómico que son relevantes a la hora de poner en operación el proyecto de riego.

4.3.5 Lamina de riego (L)

Con el fin de determinar este parámetro se realizaron análisis de suelos para saber la textura de los mismos en la zona de estudio con la finalidad de determinar los valores de la capacidad de campo (CC), punto de marchites permanente (PMP), densidad aparente (Dap). Sin embargo el equipo de laboratorio del INTA para encontrar estos parámetros se encontraba fuera de servicio, por lo que una vez conocida la textura de los suelos del proyecto, franco arenosos en nuestro caso, se estimaron los valores de CC, PMP y Dap, con la ayuda tablas que muestran las propiedades físicas del suelo según sus textura. El análisis de suelo y las propiedades físicas se pueden ver en los Anexos

Cuadro 17. Parámetros para el cálculo de la lámina de riego del diseño de riego El Escobio

| Cultivo | Kc | Profundidad de Raíces (m) | Agotamiento Permitido | CC | PMP | Dap (gr/cm ³) |
|---------|-----|------------------------------|--------------------------|----|------|------------------------------|
| Pastos | 0.8 | 0.5 -1.5 | 0.60 | 17 | 12.5 | 1.6 |

Fuente: (Israelsen & Hansen, 1979, 2ªed) (MINAE, 2004)

En el cuadro anterior los datos de la textura de suelo franco arenoso para la realización de los cálculos.

Cuadro 18. Frecuencia de riego ajustada del proyecto de riego El Escobio

| Cálculos | Resultados |
|------------------------------|------------|
| Lamina neta | 32.4 mm |
| Lamina bruta | 40.5 mm |
| Frecuencia de riego | 7.23 días |
| Frecuencia de riego ajustada | 1 día |
| Lamina bruta ajustada | 5.6 mm |

Normalmente la frecuencia de riego no está expresada en números enteros, por lo que se redondea al número inmediato menor entonces en este caso se ajustó a 1 día.

Los sistemas de riego por aspersión que se deben utilizar en este proyecto deben tener eficiencias de aplicación superiores al 80% según (Grassi, 2000) en el cuadro 3.

4.3.12 Selección del aspersor

Cuadro 19. Especificaciones técnicas del aspersor seleccionado

| Parámetro | Dato |
|--------------------------------------|--|
| Emisor | Marca: Senninger Modelo: 3023-2 Boquilla: color lima #7 (2.78mm) 7RVX4RV |
| Caudal del Emisor Q (l/h) | 684 |
| Diámetro de Humedecimiento (m) | 22 |
| Espaciamiento (m) | 12 x 12 |
| Intensidad de Aplicación (mm/h) | 4.7 |

Fuente: WinSIPP2

El aspersor seleccionado Senninger es el 3023-2 con boquilla 7RVX4RV que contenga regulador de presión de 2.07 bar, caudal por aspersor de 0,19 l/s, con torres de 45.72 cm de alto y giro de 360° funcionando.

El sistema de riego requiere aspersores de 0.19 l/s, con un diámetro de cobertura de 22 metros; deben operar a una presión que oscile entre los 20 y 24 mca, por lo tanto conocemos que anteriormente se definió un caudal de 1,11 l/s por toma

de parcela esto quiere decir que pueden operar 6 aspersores al mismo tiempo si multiplicamos 0.19 l/s caudal de cada aspersor * 6 aspersores = 1.1 l/s.

El espaciamiento a utilizar será de 12 x 12, por lo que el diámetro mínimo de los aspersores deberá ser de 22 metros a fin de tener suficiente traslape para contrarrestar el viento que impera en la zona.

Los aspersores se colocaran en elevadores de 45 cm de alto y tendrán un regulador de presión de 2.07 bar, para asegurarnos que debido a la topografía todos los aspersores entreguen la misma cantidad de agua. El aspersor a utilizar debe garantizar un Coeficiente de Uniformidad (CU) de 90 % y una Distribución de Uniformidad (DU) de 80 %.

4.3.13 Intensidad de aplicación

0,19 l/s se convierten a m/h que es lo mismo que: 0.684 m/h

Entonces tenemos que la intensidad de aplicación es:

$$I = \frac{0.684}{12 * 12}$$

Resultado:

$$I = 4.7 \text{ mm/h}$$

I: 4.7 mm/h < 20.53 mm/h

La intensidad de aplicación calculada nos demuestra que es menor a la tasa de infiltración calculado en los suelos de estudio por lo cual el aspersor cumple sin provocar encharcamientos. Para provocar un encharcamiento debe de superar la infiltración calculada en el área de estudio que es de 20.53 mm/h

4.3.14 Tiempo de riego ajustado

Aplicando la ecuación 21 se tiene:

$$Tr = \frac{5.6}{4.6}$$

Resultado:

$$Tr = 1.21 h$$

Se calcula el turno de riego por laterales el valor se redondea al valor mínimo más cercano en este caso es de 1 hora lo que quiere decir es que cada hora debe de cambiar de posición para desplazar el riego por toda el área regable así hasta volver al punto donde inicio.

4.3.15 Dimensiones del sistema de riego parcelario

Utilizando el programa Autocad se dibujan los parámetros calculados para la representación del diseño del sistema de riego por aspersion parcelario del acueducto para riego del El Escobio

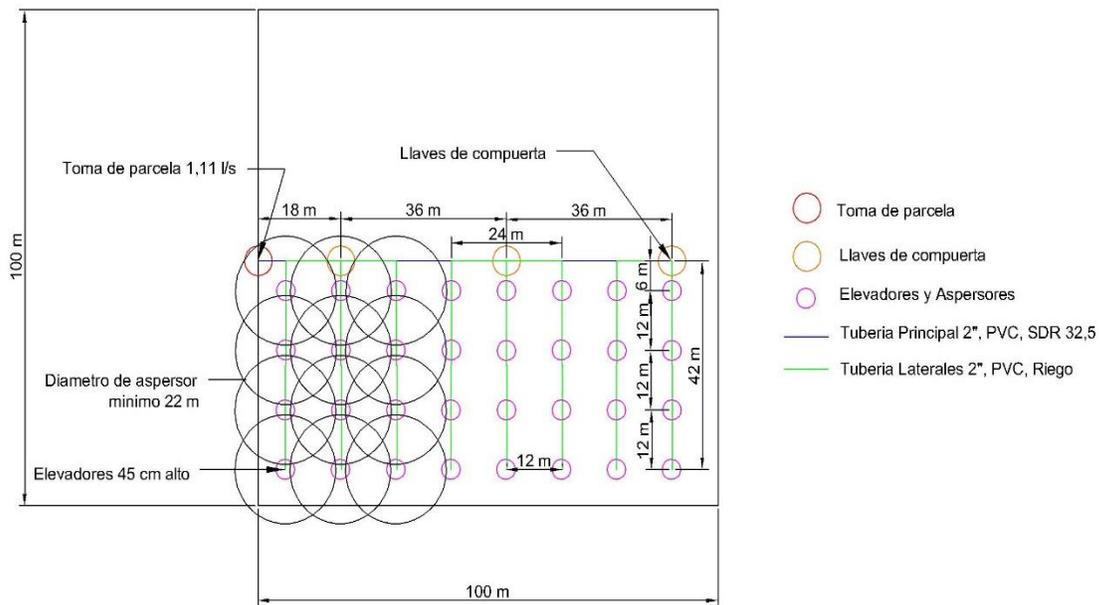


Figura 21. Dibujo sistema de riego parcelario diseñado

Dado que son módulos de 0.5 ha con 100 metros de longitud y 50 de ancho, tenemos 8 ramales con 4 aspersores cada uno el sistema permite regar los otros 0.5 ha ya que precisamente el sistema de riego que se propone es móvil de fácil instalación de acoples obteniendo un total de 1 ha bajo riego. Cada ramal operara por una hora diaria por lo que el tiempo total de riego será de 8 horas.

La línea de conducción principal será de 90 metros de tubería de PVC SDR 26 de 38 mm, se colocaran 3 hidrantes o válvulas de sector, el primero a los 18 metros del inicio y los otros dos hidrantes cada 36 metros uno de otro.

La pérdida de carga admisible no debe sobrepasar el 20 % de la presión de operación. En nuestro caso 20.7 mca, por lo que las pérdidas no deben sobrepasar los 4.14 mca. Dado que tenemos una longitud de 90 metros de conducción principal en diámetro de 38, utilizando Hazen Williams tenemos una pérdida de 1.26 mca. Mientras que en el lateral de distribución con 4 salidas y 42 metros de longitud y 50

mm de diámetro tenemos una pérdida de 0.16 mca. Por lo que la pérdida de carga total será de 1.42 mca, los diámetros escogidos cumplen.

Los precios de todos los accesorios fueron consultados con los vendedores de la empresa DURMAN líderes en el mercado de tuberías y sistemas de riego

Cuadro 20. Detalle presupuesto para módulos de riego parcelario de 0.5 ha por aspersión

| Material | Cantidad | Precio unitario | Precio total |
|---|-------------|-----------------|----------------|
| TUBO PVC 50MM (2")X6M SDR 32.5 CC BL | 15 | ₡ 13,671.00 | ₡ 205,065.00 |
| TE LISA PVC PRES 50MM (2") BL | 2 | ₡ 2,135.00 | ₡ 4,270.00 |
| CODO LISO PVC PRESS 50MM (2")X90 BL | 5 | ₡ 1,884.00 | ₡ 9,420.00 |
| RED LI PVC PRES 50MM (2") X90 BL | 4 | ₡ 1,545.00 | ₡ 6,180.00 |
| TUBO PVC 38MM (1 1/2")X6M SDR26 CC GR | 1 | ₡ 10,534.00 | ₡ 10,534.00 |
| CODO LISO PVC PRESS 38MM (1 1/2")BL | 3 | ₡ 1,227.00 | ₡ 3,681.00 |
| ADAPTADOR MACHO PVC PRES 38MM (1 1/2")BL | 6 | ₡ 720.00 | ₡ 4,320.00 |
| UNION LISA PVC PRESS 50MM (2") BL | 1 | ₡ 1,016.00 | ₡ 1,016.00 |
| NIPLE PVC RIEGO 50MM (2")2241 AZ | 3 | ₡ 1,135.00 | ₡ 3,405.00 |
| RIE PUNT VIQUA HEMBRA 2" PVC | 3 | ₡ 1,166.00 | ₡ 3,498.00 |
| CURVA PVC 50MM (2")X90 RIEGO CC AZ | 4 | ₡ 4,855.00 | ₡ 19,420.00 |
| TUBO PVC 50 MM (2")X6MTS RIEGO SC AZ | 18 | ₡ 9,993.00 | ₡ 179,874.00 |
| RIE PUNT VIQUA HEMBRA 2" PVC | 25 | ₡ 1,166.00 | ₡ 29,150.00 |
| RIE PUNT VIQUA MACHO 2" PVC | 22 | ₡ 1,683.00 | ₡ 37,026.00 |
| RIE TAPON MACHO VIQUA 2" | 2 | ₡ 2,221.00 | ₡ 4,442.00 |
| RIE SALIDA ASPR VIQUA 2X3/4 VALVULA COMPUERTA NIBCO 38MM 1-1/2" | 8 | ₡ 4,900.00 | ₡ 39,200.00 |
| 3 | ₡ 23,922.00 | ₡ 71,766.00 | |
| NIPLE HG C/R 18MM (3/4)X 1MT REGULADOR PRESION PRL30-3F3F | 8 | ₡ 7,525.00 | ₡ 60,200.00 |
| 8 | ₡ 8,700.00 | ₡ 69,600.00 | |
| ASPELOR SENNIN 3023-2-3/4" M NPT 10X5 | 8 | ₡ 7,115.00 | ₡ 56,920.00 |
| MISCELANEOS (PEGAMIENTO, PREPARADOR, ETC) | 1 | ₡ 19,090.00 | ₡ 19,090.00 |
| ZANJEO E INSTALACION | 1 | ₡ 346,923.00 | ₡ 346,923.00 |
| Total: | | | ₡ 1,185,000.00 |

Fuente: Precios consultados a la empresa DURMAN

Si observamos se cotizan 8 aspersores lo cual para el ganadero va ser más practico a la hora de poder cambiar los turnos de riego ya que en la primer hora de riego operan 4 aspersores como anteriormente se mencionó dejando otra línea de riego instalada con 4 aspersores más, cuando siga el cambio de turno de riego puede cerrar el lateral que está funcionando y luego abrir el sector que sigue con riego luego desplazar con tranquilidad la otra línea de riego ya utilizada esto mejora los tiempos muertos de riego.

También se contempla dentro del presupuesto zanjeo, instalación y fontanero para que realicen todo el trabajo principal, para que luego se pueda acoplar el sistema de riego móvil sin ningún problema a las llaves de compuerta o hidrantes.

Por ultimo para este diseño agronómico estos montos presupuestados mostrados en la figura anterior serán utilizados más adelante en el apartado de análisis financiero porque son parte del monto total del proyecto si multiplicamos el monto de la cotización de ₡ 1.185.000,00 se multiplica por los 26 beneficiarios de la SUA El Escobio para un total de ₡ 30.810.000,00

4.4 Diseño hidráulico

En este apartado se agregan los resultados obtenidos de las diferentes infraestructuras hidráulicas que se requieren para el debido encausamiento del recurso hídrico con el fin de que abastezcan las áreas de riego de los integrantes de la SUA El Escobio

4.4.1 Obra de captación

La obra de toma se ubicara en el Río Negro en las coordenadas CRTM-05 350982.561 Este y 1187268.994 Norte y a una elevación de 444.3 m.s.n.m. Su función principal es la de derivar el caudal concesionado.

El sitio seleccionado cumple con los requisitos indispensables para satisfacer las necesidades de este tipo de estructura, a saber:

Caudal suficiente en el Río Negro para abastecer la demanda de agua del diseño quedando en el cauce al menos lo calculado en el manual departamento de aguas del MINAE (29 l/s).

Cota suficiente que permita suministrar la carga requerida en las tomas de parcela para el funcionamiento de los sistemas de riego parcelario diseñados. Estructura sencilla pero robusta, lo suficientemente rígida para soportar el empuje del agua cuando la quebrada aumente el caudal normal.

Área de la cuenca de estudio

El área de la cuenca como lo podemos apreciar en la siguiente figura en el área de color purpura obteniendo un resultado de 2488 hectáreas.

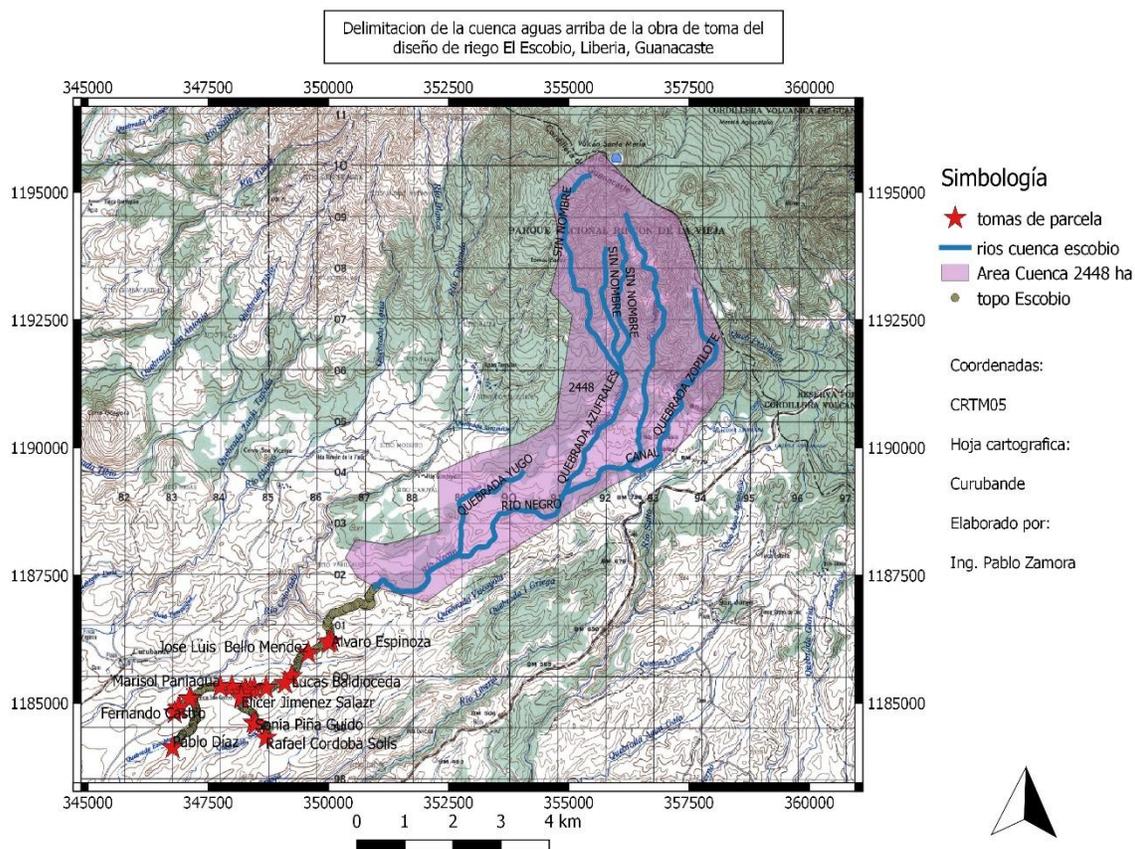


Figura 22. Delimitación de la cuenca de estudio en El Escobio, Liberia, Guanacaste

4.4.1.1 Promedio del caudal del Río Negro

Calculando el promedio de los datos de aforos del Río Negro resultando 548.6 l/s en los meses más críticos de los años 2016 al 2018, lo cual demuestra su sostenibilidad en la época de estación seca.

4.4.1.2 Periodo de retorno de una avenida

Determinación del riesgo o falla que presentaría la presa, sustituyendo en la ecuación 3 se obtiene:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{10}\right)^5$$

Resultado:

$$R = 0,40951$$

R: 0.40951 = 40.95%, se tiene una probabilidad del 40.95% de que la obra falle durante su vida útil.

4.4.1.3 Longitud máxima del recorrido del cauce más extensivo

La cuenca del Río Negro dentro del área de estudio está conformada por los siguientes Ríos

Cuadro 21. Ríos de la cuenca aguas arriba de la obra de toma El Escobio

| Nombre | Categoría | longitud (m) |
|--------------------|--------------|--------------|
| Río Negro | Permanente | 12444 |
| Canal | Permanente | 791 |
| Canal | Permanente | 227 |
| Quebrada Zopilote | Permanente | 4020 |
| Sin Nombre | Intermitente | 4771 |
| Sin Nombre | Intermitente | 302 |
| Sin Nombre | Intermitente | 2287 |
| Sin Nombre | Intermitente | 2621 |
| Quebrada Azufrales | Intermitente | 2838 |
| Quebrada Yugo | Permanente | 2612 |
| | Total: | 32913 |

Fuente: Atlas TEC

Como podemos observar el Río negro en el sector de estudio contiene 7 cauces para una totalidad 32913 metros de distancia.

Se verifica cual rio representa la máxima longitud del recorrido dentro del área de estudio por medio del programa Qgis a continuación el detalle.

Cuadro 22. Sumatoria máxima longitud del recorrido de la cuenca

| Nombre | Categoría | longitud (m) |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Sin Nombre | Intermitente | 4771 |
| Quebrada Azúfrales | Intermitente | 2838 |
| Parte calculada del Río Negro | Permanente | 5395 |
| | Total | 13004 |

Fuente: Atlas TEC y Hoja Cartográfica Curubande.

La variable de la máxima longitud del recorrido de la cuenca inicia de donde nace la cuenca hasta llegar a al sitio de la obra de toma para una distancia de 13004 m en su totalidad.

4.4.1.4 Tiempo de concentración

Calculo del tiempo de concentración con la siguiente formula:

Las elevaciones de la cuenca de estudio son de 1524 msnm en la parte alta y la parte baja de 508 tomados con las cotas de las curvas de nivel de la hoja cartográfica Curubandé.

$$tc = 0.0195 \left(\frac{13004^3}{1524 - 508} \right)^{0.385}$$

Resultado:

$$tc = 75.58 \text{ min}$$

El valor encontrado en el tiempo de concentración se interpola con los datos que se mostraran a continuación para utilizarlo en el cálculo de la Intensidad máxima.

4.4.1.5 Intensidad máxima

Como se tiene un valor cercano a los del cuadro 5. Específicamente en la columna de periodo de retorno de 10 años entre los 60 y 90 minutos se debe de hacer una interpolación lineal para encontrar el dato correcto de la intensidad máxima.

Se identifican los datos a usar para descubrir el valor Y

| | |
|-------|-------|
| x | Y |
| 60 | 84.39 |
| 76.58 | Y |
| 90 | 62.82 |

La interpolación lineal calculada por medio de la calculadora científica da el resultado de 70.86 mm/h es decir que el periodo de retorno se encuentra exactamente entre 60 y 90 de la siguiente manera

| x | Y |
|-------|-------|
| 60 | 84.39 |
| 76.58 | 70.58 |
| 90 | 62.82 |

Resultado de la intensidad máxima calculada para la cuenca de estudio en El Escobio I_{max}: 70.58 mm/h

Cuadro 23. Resultado de los cálculos hidrológicos para el diseño de la obra de toma del proyecto de riego El Escobio

| Calculo | Resultado |
|-------------------|--------------------------|
| Caudal Máximo | 143.98 m ³ /s |
| Caudal Medio | 1.600 m ³ /s |
| Caudal Mínimo | 0.246 m ³ /s |
| Caudal del Diseño | 0.033 m ³ /s |
| Caudal de Demasía | 161.98 m ³ /s |

El caudal máximo se calculó con la ecuación 23, resultado del caudal medio fue consultado a los funcionarios del SENARA, el caudal mínimo es aforo más bajo en época de estiaje del Río Negro, los aforos realizados por el SENARA se pueden observar en los anexos.

4.4.1.6 Caudal del diseño

Caudal derivado en la obra de toma del diseño de acueducto del El Escobio

$$Q_{\text{derivado}} = 29 \text{ l/s} + 15\%$$

Resultado

$$Q_{\text{derivado}} = 0.033 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.4.1.7 Caudal de demasía

Utilizando la ecuación 26 se obtiene el siguiente resultado

$$Q_{\text{máx}}: 1.5 \% * 143.98 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{máx}}: 215.97 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se debe evitar diseñar con cargas menores al 75% de las correspondientes al gasto máximo.

$$Q_d: 0.75\% * 215.97 \text{ m}^3/\text{s}$$

Resultado:

$$Q_d: 161.98 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de demasía es 161.98 m³/s representa la avenida máxima que puede ocurrir en un evento sobre la cuenca en estudio.

4.4.1.8 Cálculo del coeficiente de rugosidad

Resultado de la observación en el campo según los datos mostrados en la siguiente tabla.

Cuadro 24. Coeficiente de rugosidad (n) del Río Negro

| Las características del cauce son: | |
|--|-------|
| Valor básico de arena para cauce arenoso: | 0.05 |
| Grado de Irregularidad: Poco irregular | 0.005 |
| Variación de la Sección transversal: Variaciones ocasionales | 0.005 |
| Obstrucciones formado por arrastre de raíces: Poca | 0.01 |
| Vegetación: Poca | 0.005 |
| Total: | 0.075 |

Como podemos apreciar en el cuadro el resultado del coeficiente de rugosidad es de $n = 0.075$

4.4.1.9 Cálculo de la pendiente de la obra de toma

Datos:

Elevación 445.4 en la estación 0+000

Elevación 439.4 en la estación 0+228 de la conducción principal

Diferencia de altura: $445.4 - 439.4 = 6.1$ m

Resultado:

$$S: \frac{6.1}{228.31}$$

$$S: 0.02672\%$$

El resultado de la pendiente es de 0.02 %

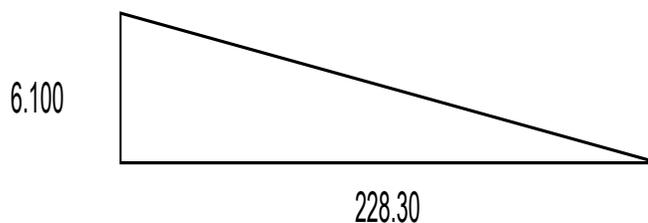


Figura 23. Representación cálculo de la pendiente

Se puede observar en la figura anterior que 6.1 representa la diferencia de altura que existe entre las dos elevaciones dadas y el 228.30 los metros de distancia.

4.4.1.10 Cálculo hidráulico del canal de encauzamiento aguas arriba

Cuadro 25. Valor de la cota del espejo de agua

| COTA | Área (m ²) | P (m) | R.H. ^{2/3} | 1/n | s ^{1/2} | Q (m ³ /s) |
|--------------|------------------------|----------------|---------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| 444.5 | | | | | | |
| 444.6 | 1.68 | 17.1325 | 0.2126 | 13.333 | 0.164 | 0.782 |
| 444.7 | 3.42 | 17.7649 | 0.3334 | 13.333 | 0.164 | 2.496 |
| 444.8 | 5.22 | 18.3974 | 0.4318 | 13.333 | 0.164 | 4.934 |
| 444.9 | 7.08 | 19.0298 | 0.5173 | 13.333 | 0.164 | 8.017 |
| 445 | 9 | 19.6623 | 0.5939 | 13.333 | 0.164 | 11.702 |
| 445.5 | 19.5 | 22.8246 | 0.9004 | 13.333 | 0.164 | 38.435 |
| 445.2 | 13.02 | 20.9272 | 0.7288 | 13.333 | 0.164 | 20.772 |
| 445.2 | 13.02 | 20.9272 | 0.7288 | 13.333 | 0.164 | 20.772 |
| 445.5 | 19.5 | 22.8246 | 0.9004 | 13.333 | 0.164 | 38.435 |
| | | | | | Q max | 143.980 m ³ /s |

El cuadro anterior muestra el resultado subrayado de la cota del espejo de agua en la presa que es de 445.5 m para efectos de diseño de toma y conducción hidráulica con tubería

4.4.1.11 Cálculo de la captación



Figura 25. Diseño captacion de la boca de toma

Despejando las ecuaciones 27 y 28 obtenemos el resultado de las dimensiones de la captacion de la obra de toma.

$$0.033 * \frac{0.014}{(0.001^{0.5})} = 0.063 * \left(0.083^{\frac{2}{3}}\right) = \frac{(0.063^{\frac{5}{3}})}{(0.250^{\frac{2}{3}})}$$

$$\frac{0.033*0.014}{\sqrt{0.001}} = \frac{[(0.25*Yn)^{\frac{5}{3}}]}{[(0.25 + 2Yn)^{\frac{2}{3}}]} \dots (28)$$

Resultados:

Iterando $Yn: 0.16$, $Yn: 0.250$ m

La hoja de calculos utilizada en excel nos indica que la canaleta de captacion debe de ser de 0.25 m de base (b) y de altura 0.25m (h) o (Yn), sin el calculo del borde libre, como se pueden apreciar las variables en la figura anterior.

4.4.1.12 Cálculo del borde libre

Utilizando la ecuación del borde libre tenemos:

$$BL = \frac{0.25}{3}$$

Resultado:

$$BL = 0.08$$

Se redondea a 0,05 el borde libre por recomendaciones de los funcionarios del SENARA basados en su experiencia en diseños de proyectos de riego, representando las medidas de la captación en la siguiente figura.

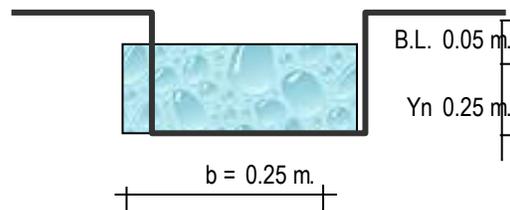


Figura 26. Medidas de la captación

Ya mostradas las dimensiones de la captación procedemos al cálculo de la rejilla o barrotes que se colocan por encima del canalaleta calculada, se propone por otras obras construidas por el SENARA darle 1,5 de distancia o de largo quiere decir que las medidas serían las siguientes 0.25 m de base x 0.30 m de alto x 1,5 m de largo.

4.4.1.13 Dimensiones de la rejilla de entrada

Resultados de las dimensiones de la rejilla de la obra de toma

4.4.1.13.1 Cálculo de la elevación del barrage (Elev. B)

La hoja de cálculo nos indica lo siguiente ingresando los datos correspondientes

$$Elev. B = 445.20 + 0.250 + 0.015 + 0.20$$

$$Elev. B = 445.665$$

Redondeamos para dar una seguridad a:

$$Elev. B = 446.96 \text{ m.s.n.m.}$$

445.66 m es el resultado encontrado en el cálculo de la elevación del barrage

Cálculo de la altura de barrage:

$$P = 446.960 - 444.50$$

Resultado:

$$P = 1,460 \text{ m}$$

Se redondea el resultado a:

$$P = 1.10 \text{ m}$$

El resultado encontrado en el cálculo de la elevación del barrage, para una mejor interpretación se aprecia en la siguiente figura.

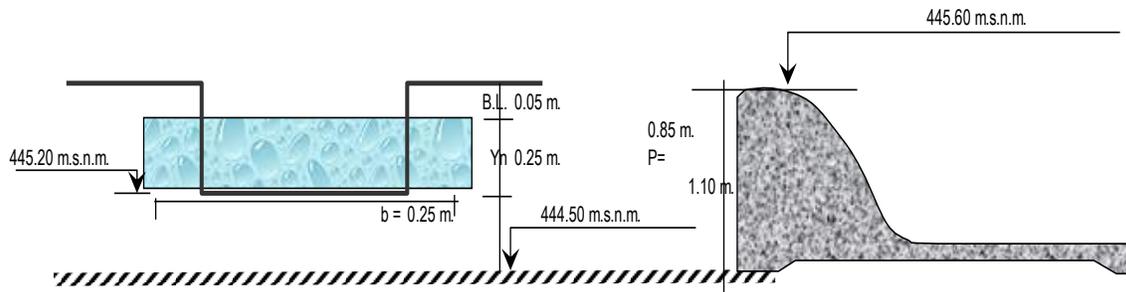


Figura 27. Elevación de la boca de toma

La presa va tener una elevación de 1,10 m a la rasante del suelo del sitio seleccionado para la construcción de la presa

4.4.1.13.2 Medidas del barraje fijo y compuerta móvil

Ancho de 0.20 m x 1,50 m de largo con platina de 50x1/8 mm con distanciamiento de las rejillas de 1,5 cm este se coloca encima del recolector, los detalles se pueden observar en el capítulo 9. Planos constructivos.

Para la compuerta móvil la hoja de Excel utilizada determina que debe de llevar un ancho de 0,50 m y de alto 1,10 también con material de hierro esta permite bajar el nivel del espejo de la presa con el fin de dar limpieza a la sedimentación que se genera en este tipo de obras o verificar condiciones de la presa para su mantenimiento preventivo.

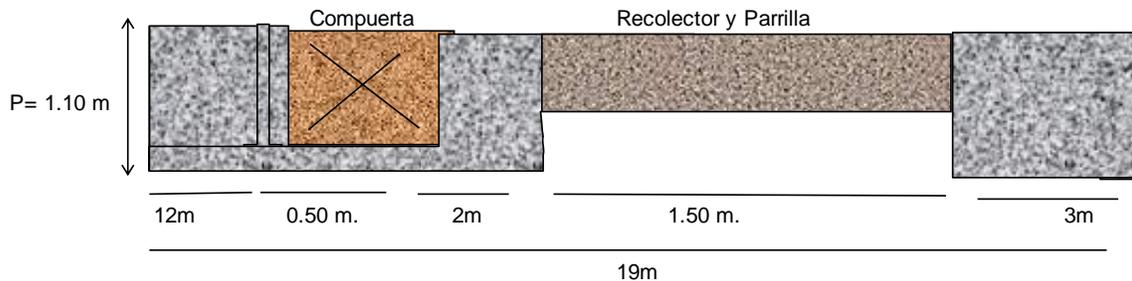


Figura 28. Representación de la cortina de concreto de la obra de toma

Como podemos apreciar la figura contiene las dimensiones anteriormente calculadas para tener mayor enfoque de los resultados obtenidos con la elaboración de la cortina de concreto de la boca de toma.

4.4.1.14 Diseño final de la obra de toma

Por la particularidad que presentan los ríos de montaña de arrastrar grandes cantidades de sedimentos y las condiciones existentes en el sitio de toma permiten construir la estructura de derivación sencilla y de baja altura, la que consiste en una cortina de concreto reforzado de forma rectangular, con un delantal, colchón de amortiguamiento y un diente, perpendicular a la dirección del flujo con una altura máxima de 1.1 m de tal forma que ofrezca la mínima oposición a la corriente natural del río, para evitar que la misma sea arrastrada por las crecidas

La obra de toma en su totalidad conformada con un añadido de protección la presa donde se realiza con zampeado concreto 180 ciclópeo 30% el mismo consiste en la colocación de piedras del mismo río con concreto, las rasante es 444.50 m.s.n.m se debe realizar una base con varilla que va añadida a la cortina de la presa profundizándola 0.30 m debajo de la medida del suelo para lograr el soporte

necesario, la cortina de la presa tendrá 0.50 m de ancho, 1 m de la base, 12 m de colchón amortiguador y un diente de 0,50 m de ancho con 0,80 m de alto.

La estructura propuesta consiste en una especie de rampa de concreto colocada en el lecho del río a todo el ancho del cauce (19 m en su base) y de forma como se muestra en los planos adjuntados en los anexos. La misma estará cimentada sobre el lecho rocoso coronado por una losa de concreto de 30 cm de grosor y 1,5 metros de ancho.

Para disminuir la presencia de partículas, hojas y palos en el agua que va hacia el proyecto, en la parte alta de la rampa se elabora un canal derivador perpendicular a la corriente y conectado a tuberías de 250 mm para enviar el caudal concesionado al tanque desarenador, sobre el canal se coloca una parrilla metálica con mallas con aberturas no mayores a 15 mm para impedir la entrada de palos, gravas y cualquier otro tipo de material que pueda obstruir las tuberías, esta parrilla funciona como una primera depuración.

Se requieren 95 aros de varilla #3 de 2,4 m para la cortina y 95 aros de varilla #4 de 4,4 m para la base de la obra de toma a un espaciamiento de 0,20 cm.

De acuerdo con la sección transversal el volumen de concreto requerido para esta estructura es de 19 m³ de concreto armado 210 kg/cm² y 139 m³ de concreto ciclópeo 180 kg/cm² con 30% de piedra.

También existe un primer tramo de 20 m en el que las tuberías que se ubican dentro del cauce, razón por la cual será recubierta con 4.4 m³ de concreto armado 180 kg/cm², para evitar que los tubos sean arrastrados por la quebrada

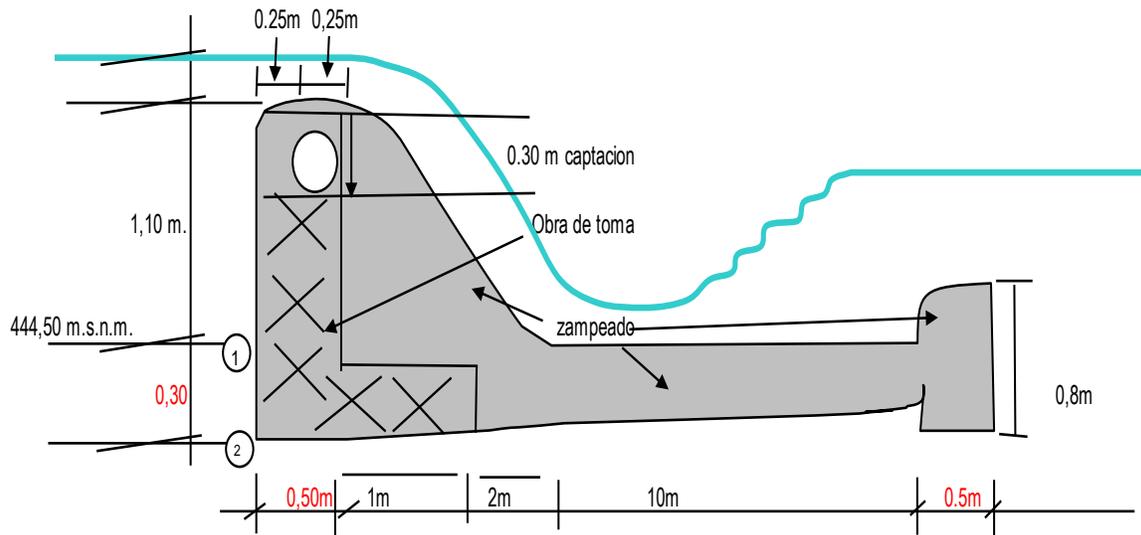


Figura 29. Diseño final de la obra de toma del proyecto de riego El Escobio

Cuadro 26. Presupuesto obra de toma, mano de obra, costos, materiales y costos indirectos.

| Obra de Toma | Unidad | Cantidad | Costo m3 | Costo Materiales | Mano de Obra | Costos indirectos |
|----------------------------------|--------|----------|------------|------------------|---------------|-------------------|
| Concreto 210 Presa | m3 | 19 | ¢49,748.29 | ¢945,217.51 | ¢472,608.76 | ¢141,782.63 |
| Concreto 180 ciclopeo 30% piedra | m3 | 138.6 | ¢40,172.00 | ¢5,567,839.20 | ¢2,783,919.60 | ¢835,175.88 |
| Varilla | kg | 780 | ¢571.16 | ¢445,504.80 | ¢222,752.40 | ¢66,825.72 |

Cuadro 27. Presupuesto obra de toma costo unitario, utilidad y precio unitario

| Obra de Toma | Costo Unitario | Utilidad | Precio Unitario |
|----------------------------------|----------------|---------------|-----------------|
| Concreto 210 Presa | ¢1,559,608.89 | ¢421,094.40 | ¢1,980,703.29 |
| Concreto 180 ciclopeo 30% piedra | ¢9,186,934.68 | ¢2,480,472.36 | ¢11,667,407.04 |
| Varilla | ¢735,082.92 | ¢198,472.39 | ¢933,555.31 |

Cuadro 28. Presupuesto obra de toma, flete, costo m3 y monto total

| Obra de Toma | Flete | Costo m3 | Total |
|----------------------------------|----------------|-------------|----------------|
| Concreto 210 Presa | ¢3,800,000.00 | ¢304,247.54 | ¢5,780,703.29 |
| Concreto 180 ciclopeo 30% piedra | ¢13,860,000.00 | ¢184,180.43 | ¢25,527,407.04 |
| Varilla | ¢111,376.20 | ¢1,339.66 | ¢1,044,931.51 |
| | | Total | ¢32,353,041.84 |

Fuente: Propia hoja de Excel

La mano de obra representa el 50% de los costos de los materiales, los costos indirectos representan el 15% de los costos de los materiales

Los costos unitarios son la suma de los costos materiales, mano de obra y costos indirectos, la utilidad representa un 27% de los costos unitarios este 27% se desglosa en 12% gasto administrativo y 15% utilidad y el precio unitario es la suma del costo unitario más la utilidad información suministrada por el Ing. Alejandro Villalobos Coordinador Regional Chorotega del SENARA

El precio del flete se consultó a la ferretería más cercana del proyecto que sería en Liberia, Guanacaste para un valor de ₡200,000.00 colones para transportar todos los m³ en materiales estimados, el valor del costo del m³ se estima mediante la sumatoria del precio unitario con el valor del flete entre los metros cúbicos estimados. Luego de obtener los costos por m³ se multiplica por los metros cúbicos calculados para la obtención de los totales que resulta el total de la obra de toma.

El Costo total de la obra de toma calculado corresponde a ₡32, 353,041.84.

4.4.2 Tanque desarenador

4.4.2.1 Ancho del tanque desarenador

$$B: \frac{0.056}{0.75 * 1}$$

Resultado:

$$B: 0.075 \text{ m/s}$$

Longitud del tanque desarenador

Resultado:

Sustituyendo las ecuaciones 32 y 33 se tiene:

$$L: \frac{1.5 * 0.85 * 0.2}{0.049}$$

$$L: 5,2 \text{ m}$$

También se puede calcular de la siguiente manera:

$$L: 20\sqrt{0.056}$$

$$L: 4.73$$

Por la experiencia de los funcionarios del SENARA en este tipo de obras recomiendan que el largo se redondea a 4 m.

4.4.2.2 Cálculo de la descarga a través de un vertedero triangular

El caudal que se trata de calibrar es de 29 l/s si utilizamos la regleta graduada vemos que se encuentra en la H entre 20 y 25, se debe de encontrar el valor en H que se acerque a los 29 l/s, por medio de un programa para el cálculo del vertedero consideramos lo siguiente:

Programa en la web enlinea_triangular2

Vlab enlinea_triangular2: Cálculo de la descarga a través de un vertedero triangular parcialmente contraído

Fórmula:

$$Q = 4.28 C_e (H + 0.0029)^{5/2} \quad [\text{en unidades de EE.UU}]$$

Carga H en el vertedero, en m [o pies]
 Ancho B del canal, en m [o pies]
 Altura P a lo vértice de un vertedero, en m [o pie]
 C_e es función de H/P y P/B

Descarga Q en L/s [o pies cúbicos por segundo]

Para un vertedero triangular parcialmente contraído: $H/B \leq 0.4$
 Calculadora de un vertedero triangular totalmente contraído
 Consultar el Manual de USBR para la metodología general

DADOS DE ENTRADA: [Descripción]

Seleccione las unidades:

Carga H : m
 [$H > 0$]

Ancho B : m
 [$B > 0$]

Altura P : m
 [$P > 0$]

RESULTADOS:

Relación $H/B = 0.3333 \leq 0.4$. El vertedero está parcialmente contraído.

Advertencia: Relación $P/B = 0.9545 > 0.6$. Demasiado alto.

Descarga Q : 0.0317 m³/s.

Su solicitud fue procesada en 08:31:40 am on July 10th, 2018 [180710 08:31:40].

Gracias por usar enlinea_triangular2 [150526]

Figura 30. Medidas del vertedero

Con el programa web enlinea_triangular2 que se ve en la figura anterior y utilizando la regleta graduada que se observa en el cuadro 7. Se ingresa el valor de H que este debe de estar dentro del caudal requerido también los demás datos de entrada, el SENARA utiliza las medidas estándar en los desarenadores que serían: ancho B : 0.66 m y altura P : 0.63m al ingresarlos nos da el resultado de 0.0317 m³/s.

Precisamente la altura del vertedero 0,22 m se selecciona por ser el valor más cercano a 29 l/s, de igual manera todas las obras de tomas estarán calibradas por lo

cual no se utilizaran más de los 29 l/s en el proyecto ya que se está diseñado para operar con ese caudal definido.

4.4.2.3 Diseño final del tanque desarenador

Este tanque consiste en una estructura rectangular de 2.0x4.0x1.20 m (ancho, largo, alto), construido en bloques de concreto reforzado con varilla #3 y asentado sobre una losa de concreto armado de 12 cm de espesor. Se encuentra ubicado cerca de las obras de captación de agua, sus dimensiones están planeadas de tal manera que provoquen bajas velocidades de flujo para que se puedan decantar las partículas sólidas presentes en el agua.

A esta estructura se le adiciona en la primera cámara una criba que permita retirar las partículas vegetales que pasaron de las parrillas de la obra de toma, y en la última cámara se coloca un vertedor triangular construido con angulares de 50 x 50 x 3.1mm complementado con un vertedor lateral para regular el caudal que se envía hacia el proyecto.

Inmediatamente después del tanque desarenador se instala una válvula de control de tipo mariposa para controlar el paso del agua hacia el proyecto y también se instala una chimenea de 50 mm de diámetro con el fin de extraer el aire de la tubería, este elemento contará con la suficiente altura para sobrepasar el nivel de la toma para que así no se produzcan desbordamientos de agua.

4.4.3 Sistema de filtrado

Se utilizara un filtro automático hidráulico para un caudal de 30 l/s. Dichos filtros están equipados con un pre filtro de malla gruesa que protege la malla fina de piedras

y partículas grandes. La limpieza de la malla se realiza cuando la pérdida de carga en filtro llega al valor predeterminado

4.4.3.1 Caseta de filtrado

La caseta para el sistema de filtrado constara de un muro de zócalo de 1.26 metros de alto, de ahí hasta los 2.5 metros estará compuesta de malla electro soldada, la estructura para soportar el techo será de perling, las dimensiones serán de 2 metros de ancho por 5 metros de largo. Además el piso será de cemento lujado, de 10 cm de espesor y con una resistencia de 180 kg/cm².

4.4.4 Red de conducción

La conducción principal y los ramales de distribución junto con todos los accesorios requeridos para su correcta instalación (tees, codos, curvas, uniones, etc.), La red de tubería a utilizar es de PVC en diámetros que varían entre 250 y 38 mm y con espesores de pared variables de manera que puedan soportar la carga estática a la que serán sometidas las tuberías, la longitud aproximada de esta conducción es de 8.377 kilómetros, el alineamiento de las tuberías será en mayoría a orillas de calle públicas.

Adicionalmente se consideran todos aquellos componentes necesarios para brindar soportes y protección a la tubería como lo son los anclajes, válvulas de aire, de limpieza, entre otras. En los Anexos del 8 al 18 se encuentran los resultados de los cálculos hidráulicos de las distintas líneas de tuberías con el programa tubos. A continuación se muestran la cantidad de tubería total para el diseño del acueducto para riego de El Escobio.

Cuadro. Diámetros de tuberías en milímetros del diseño de acueducto para riego

El Escobio

Cuadro 29. Diámetros de tuberías en milímetros del diseño de acueducto para

riego El Escobio

| Tubería clase | Diámetros de tubería (mm) | | | | | | | Total en metros |
|---------------|---------------------------|------|-----|-----|------|------|-----|-----------------|
| | 38 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| SDR 32.1 | | 63 | | 234 | 2252 | 1853 | 21 | 4423 |
| SDR 26 | | 1150 | 864 | 300 | | | | 2314 |
| SDR 17 | 1267 | 373 | | | | | | 1640 |
| Total | 1267 | 1586 | 864 | 534 | 2252 | 1853 | 21 | 8377 |

4.4.5 Red de distribución

Por lo tanto los ramales de tubería llegan hasta todas las fincas identificadas dentro del área de riego, a cada usuario se le colocará una válvula de toma parcelaria provista de mecanismos para el control del caudal y la presión entregada.

En este proyecto se construirán 2 ramales de tubería (2.592 km) con diámetros de 75, 50 y 30 mm para llevar el agua a parcelas que están alejadas de la línea principal.

4.4.6 Obras complementarias

Tanto para la red de conducción como para la de distribución existen ciertos dispositivos que se colocan en las tuberías para la protección de los tubos, así como para el control de flujo hacia ciertos sectores, dentro de las cuales se citan:

4.4.6.1 Válvulas de limpieza

Se colocarán en los puntos bajos de la conducción principal en los que se pueden acumular sedimentos. Dichos sitios presentan condiciones óptimas para la ubicación de estas válvulas ya que existen drenes naturales que pueden conducir el caudal liberado durante la limpieza de la tubería. Se colocará una válvula de limpieza de 200 mm en puntos que presentan las condiciones para su instalación (0+913). Normalmente este tipo de válvula funciona cerrada, abriéndose cuando sea necesario limpiar la tubería, por ejemplo al inicio y al final de la temporada de riego o luego de realizar la reparación de una tubería. El tipo de válvula que se utiliza es una válvula compuerta con un diámetro inmediatamente inferior al de la tubería a la que le brinda servicio.

4.4.6.2 Válvulas de control y distribución

A lo largo de la red de conducción y distribución se utilizarán una serie de componentes para el control de flujo hacia las tuberías, en este diseño se tienen tipos diferentes de válvulas, las cuales se describen a continuación de acuerdo a la función que desempeñan.

4.4.6.3 Válvula de compuerta en línea

Son ubicadas en un punto específico de la red con el fin de interrumpir el flujo de agua hacia un sector de la tubería en particular, permitiendo de esta forma, hacer reparaciones en la misma sin afectar el servicio de riego en el resto del sistema aguas arriba del sitio donde se ubica el daño. Por su concepción funcionan normalmente abiertas.

Para este proyecto se instalarán 6 válvulas de compuerta de Tipo 2, (enterrada con cubre válvula) generalmente colocadas a los inicios de ramales para regular el ingreso de agua (1 en 200 mm, 1 en 150 mm, 1 en 100 mm, 1 en 75 mm, 1 en 50 mm y 1 en 38 mm). También se coloca una válvula de mariposa de 200 mm a la salida del desarenador para controlar el caudal que se envía hacia el proyecto. Además a lo largo de línea principal se colocaran estas válvulas de compuerta para cortar el flujo cuando se requiera hacer reparaciones o darle mantenimiento a algún componente del sistema.

4.4.6.4 Válvulas de aire

Con base en el perfil del terreno a lo largo de la línea de conducción, se identificaron 25 puntos donde se colocaran estos dispositivos principalmente en puntos altos en donde se podría acumular aire y que puede provocar obstrucciones, además en aquellos tramos con pendientes regulares se colocan a distancias no mayores a 350 m.

Las válvulas de aire que se utilizarán son de doble propósito, permiten la entrada y salida del aire de la tubería durante el vaciado y llenado de la misma. Además durante la operación normal del sistema facilita la salida continua del aire liberado por la turbulencia del fluido. Estas válvulas se protegen con un niple de

longitud variable y un tapón de P.V.C. de 200 mm de diámetro a fin de evitar daños mecánicos.

Cuadro 30. Ubicación de sitios idóneos para la colocación de válvulas de aire

| Válvulas de aire | Long | Lat | D | NP | CD | Cest | Ced | Distancia | Sector |
|-------------------------|-------------|------------|----------|-----------|-----------|-------------|------------|------------------|---------------|
| V.Aire | 350892.806 | 1187180.45 | 206 | 445.1 | 3.1 | 3.4 | 32.5 | 127.81 | CP |
| V.Aire | 350897.414 | 1186946.18 | 206 | 444.3 | 6.8 | 8.0 | 32.5 | 384.52 | CP |
| V.Aire | 350633.698 | 1186979.96 | 206 | 443.4 | 9.8 | 11.9 | 32.5 | 674.95 | CP |
| V.Aire | 350477.903 | 1186884.15 | 206 | 442.8 | 11.0 | 13.6 | 32.5 | 860.19 | CP |
| V.Aire | 350108.56 | 1186755.64 | 206 | 441.5 | 14.0 | 17.9 | 32.5 | 1256.39 | CP |
| V.Aire | 349982.87 | 1186582.15 | 206 | 440.8 | 8.1 | 12.6 | 32.5 | 1478.29 | CP |
| V.Aire | 350019.754 | 1186516.8 | 206 | 440.6 | 8.7 | 13.5 | 32.5 | 1553.32 | CP |
| V.Aire | 350049.131 | 1186286.78 | 206 | 439.9 | 12.2 | 17.7 | 32.5 | 1785.38 | CP |
| V.Aire | 349890.08 | 1186150.86 | 158 | 437.9 | 21.6 | 29.2 | 32.5 | 2048.58 | CP |
| V.Aire | 349468.387 | 1185945.85 | 158 | 433.4 | 43.4 | 55.4 | 32.5 | 2520.83 | CP |
| V.Aire | 349147.752 | 1185505.99 | 158 | 428.1 | 37.3 | 54.6 | 32.5 | 3118.80 | CP |
| V.Aire | 348966.026 | 1185378.49 | 158 | 426.0 | 41.6 | 61.0 | 32.5 | 3376.29 | CP |
| V.Aire | 348632.655 | 1185308.24 | 158 | 423.4 | 53.8 | 75.8 | 32.5 | 3736.44 | CP |
| V.Aire | 347906.646 | 1185328.1 | 107 | 417.4 | 55.2 | 83.2 | 32.5 | 4492.77 | CP |
| V.Aire | 347478.593 | 1185308.33 | 82 | 409.5 | 53.7 | 89.6 | 26 | 4922.15 | CP |
| V.Aire | 347111.523 | 1185084.56 | 82 | 400.4 | 57.0 | 102.1 | 26 | 5355.70 | CP |
| V.Aire | 348200.858 | 1185170.86 | 83 | 419.8 | 53.5 | 79.1 | 32.5 | 64.65 | R1 |
| V.Aire | 348434.43 | 1184801.93 | 56 | 404.2 | 48.7 | 89.8 | 26 | 580.10 | R1 |
| V.Aire | 348443.4 | 1184624.5 | 56 | 398.3 | 51.5 | 98.6 | 26 | 771.90 | R1 |
| V.Aire | 348631.943 | 1184564.7 | 53 | 396.8 | 67.4 | 115.9 | 17 | 993.22 | R1 |
| V.Aire | 348704.362 | 1184402.26 | 56 | 395.7 | 51.1 | 100.7 | 26 | 1230.85 | R1 |
| V.Aire | 347218.593 | 1184983.66 | 38 | 397.3 | 59.7 | 107.4 | 26 | 143.32 | R2 |
| V.Aire | 347184.858 | 1184518.79 | 38 | 382.6 | 66.4 | 128.9 | 17 | 658.06 | R2 |
| V.Aire | 347039.203 | 1184418.89 | 38 | 377.5 | 65.6 | 133.1 | 17 | 840.09 | R2 |
| V.Aire | 346760.05 | 1184131.56 | 38 | 365.7 | 67.6 | 146.9 | 17 | 1257.03 | R2 |

4.4.6.5 Válvulas de alivio

Esta es un tipo de válvulas hidráulica ajustada para controlar las sobre presiones en la tubería generadas por el golpe de ariete identificando tres sitios del trayecto de la conducción que se requieren, las válvulas hidráulicas poseen dispositivos que permiten eliminar las sobrepresiones de agua utilizando la propia energía del fluido circulante, en caso que se presente una sobrepresión esta válvula se abre hasta que la presión vuelva a la normalidad evitándose de esta manera rupturas en la tubería. Son calibradas para que su apertura se efectúe cuando la presión de la tubería se eleve 5 mca por encima de la carga estática del punto donde se ubica. Para evitar que sean manipuladas por personas no autorizadas se las instalará una caja metálica provista con un candado.

4.4.6.6 Válvulas de toma de parcela

Su función es garantizar y entregar el caudal asignado a cada toma de parcela se utilizará una válvula hidráulica de plástico de alta resistencia provista de con un limitador de caudal manual, que permita regular la apertura de la válvula de acuerdo al flujo requerido. Estas tienen un diámetro de conexión para la tubería de la parcela en 25 mm y se van a proteger con una caja de metal para que no sea manipulada o dañada por personas ajenas al proyecto. Además debe estar provista de una llave de 38 mm de control, un filtro de malla de igual diámetro y un regulador de presión de acción directa, antes de la válvula de toma de parcela. También se deben incluir dos válvulas de control de 38 mm a la salida de tal forma que se permita la calibración de la toma de parcela.

Cuadro 31. Ubicación de las tomas de parcela de cada uno de los beneficiarios de la SUA El Escobio

| Beneficiario | Toma | SDR | Sector | Latitud | Longitud | Elevación | Carga Dinámica m.c.a | Carga Estática |
|--|---------|------|--------|-----------|-----------|-----------|----------------------|----------------|
| Alvaro Espinoza | T1 | 32.5 | C.P | 1186207.9 | 350063.28 | 420.6 | 19.04 | 24.80 |
| Marina Samper Acosta | T2 | 32.5 | C.P | 1186191.6 | 350001.6 | 419.5 | 19.53 | 25.92 |
| Jose Luis Bello Méndez | T3 | 32.5 | C.P | 1185987.5 | 349581.53 | 392.7 | 41.71 | 52.68 |
| Lucas Baldioceda | T4 | 32.5 | C.P | 1185530.5 | 349237.26 | 386.6 | 42.27 | 58.83 |
| Rosa María Canales Flores | T5 | 32.5 | C.P | 1185392.4 | 349095.06 | 383.4 | 43.65 | 62.03 |
| Francisco Jiménez Salazar / Luz Marina Chavarria | T6/T7 | 32.5 | C.P | 1185300.4 | 348703.27 | 372.3 | 51.53 | 73.07 |
| Azalea Villalobos Méndez | T8 | 32.5 | C.P | 1185287 | 348457.96 | 362.2 | 60.06 | 83.17 |
| Edwin Coronado García | T9 | 32.5 | C.P | 1185268.7 | 348377.42 | 361.7 | 60.19 | 83.75 |
| Juan Elías Guevara Jirón | T10 | 32.5 | C.P | 1185251.7 | 348291.48 | 363.3 | 58.08 | 82.07 |
| Carlos Weissel Montano | T11 | 32.5 | C.P | 1185245.1 | 348264.51 | 363.0 | 58.33 | 82.43 |
| Cristina Alfaro Varela | T12 | 26 | C.P | 1185319.9 | 347992.5 | 357.2 | 60.93 | 88.18 |
| Marisol Paniagua | T13 | 26 | C.P | 1185323.5 | 347751.28 | 360.1 | 56.06 | 85.34 |
| Asociación de Desarrollo | T14 | 26 | C.P | 1185097.1 | 347137.32 | 343.9 | 56.74 | 101.50 |
| Tulio Vega | T15 | 26 | C.P | 1185084.6 | 347111.52 | 343.4 | 57.04 | 102.05 |
| Fernando Castro | T16 | 17 | C.P | 1184915.5 | 346902.12 | 331.1 | 57.19 | 114.30 |
| McDonald Morales | T17 | 17 | C.P | 1184895.5 | 346875.37 | 329.5 | 57.73 | 115.91 |
| Rafael Mendoza // Ana Ruth Gómez | T18/T19 | 17 | C.P | 1184810.6 | 346803.11 | 323.4 | 61.63 | 122.03 |
| Manuel Ángel Madrigal Díaz | T20 | 32.5 | R.1 | 1185190.3 | 348205.06 | 365.7 | 54.35 | 79.69 |
| Elicer Jiménez Salazar | T21 | 32.5 | R.1 | 1185126.8 | 348187.79 | 363.7 | 55.56 | 81.61 |
| Wilberth Jiménez Salazar | T22 | 32.5 | R.1 | 1185097.8 | 348188.06 | 363.3 | 55.16 | 82.07 |
| Albín Murillo Triviño | T23 | 26 | R.1 | 1184624.5 | 348443.4 | 346.8 | 51.53 | 98.56 |
| Sonia Piña Guido | T24 | 26 | R.1 | 1184584.1 | 348478.34 | 343.7 | 53.94 | 101.64 |
| Rafael Córdoba Solís | T25 | 26 | R.1 | 1184321 | 348696.84 | 345.1 | 50.21 | 100.22 |
| Pablo Díaz | T26 | 17 | R.2 | 1184131.6 | 346760.05 | 298.1 | 67.62 | 146.93 |

4.4.7 Anclajes y obras de protección

4.4.7.1 Anclajes

Se colocarán anclajes en aquellos sitios en donde la tubería no quede enterrada a suficiente profundidad lo que puede ocasionar el desacople de los tubos a causa de la presión existente en ese tramo; también en aquellos tramos con pendientes fuertes se colocarán a una distancia no mayor a 50 m y se deben anclar las curvas de 30°, 45° y 90°. Los anclajes para tuberías con diámetros mayores a 150 mm serán de 50 x 50 x 50 cm y tendrán varilla para darles más rigidez. Los ancles para tuberías de diámetro igual o inferior a 100 mm serán de 30 x 30 x 30.

4.4.7.2 Cajas metálicas

La colocación de cajas de protección de válvulas, se hace necesario para evitar que extraños al Proyecto, manipulen las válvulas en línea, válvulas de tomas de parcela, válvulas de alivio y válvulas de limpieza o que éstas puedan sufrir daños causados por animales (ganado) o por exposición a la intemperie. Por ello se han diseñado para que se construyan de metal con lámina de hierro galvanizado de un espesor de 0.32 cm (1/8") y equipadas con tapa metálica y su respectivo candado. Estas estarán reforzadas con angulares de 2.54 x 2.54 x 0.32 cm (1x1x1/8") y serán ancladas al suelo por medio de una losa de concreto de 10 cm de espesor y armada con varilla # 3. Para proteger las paredes y la tapa se pintarán con primer y doble aplicación de pintura anticorrosiva.

4.5 Estudio económico

En este apartado se agregan los resultados obtenidos de la evaluación financiera del sistema de riego El Escobio.

4.5.1 Para la presente evaluación financiera se consideran los siguientes supuestos

Que se va a dar aceptación del cliente y el producto va a ser vendido en su totalidad de acuerdo a las cantidades ofertadas por los productores en el canal de comercialización actualmente utilizado por los mismos que es en las subastas ganaderas más cercanas de Liberia, Guanacaste.

Los factores de riesgo en la agricultura, tales como presencia de plagas y enfermedades, deficiencias nutricionales, así como factores abióticos en especial el factor climático, son conocidos por el productor y por ende su combate y prevención, por lo que no se evalúan dentro de los costos del proyecto los posibles impactos negativos.

Los costos de establecimiento de las 33,5 ha, contempla la siembra del pasto mejorado *Brachiaria brizantha* y que los beneficiarios ya cuentan con herramientas básicas para trabajo de la agricultura.

4.5.2 Flujos de caja proyecto de riego El Escobio

Como se mencionó anteriormente, se evaluarán los siguientes escenarios:

- a) Escenario sin Proyecto (situación actual de los productores)
- b) Escenario con Proyecto (evaluando el 100% de la inversión)
- c) Escenario Incremental (situación con proyecto menos situación actual)
- d) Escenario con Proyecto (evaluando el 50% de la inversión)
- e) Escenario con proyecto (evaluando el 0% de la inversión)

4.5.3 Supuesto técnico agronómicos

Los supuestos técnicos agropecuarios que se utilizaron en la evaluación de este estudio, fueron brindados por el Ing. Alejandro Villalobos del SENARA

Cuadro 32. Rendimientos de producción utilizada en la evaluación con proyecto

| Cultivo | Unidad | Situación actual Ren/ha sin riego | Situación con proyecto Ren/ha con riego |
|-------------------------|---------------|--|--|
| Ganadería de engorde | kg | 500 | 2200 |

4.5.4. Flujo de caja sin proyecto (situación actual)

4.5.4.1 Supuestos financieros

En el siguiente cuadro se presenta los supuestos utilizados para la evaluación financiera para el escenario actual de los agricultores.

Cuadro 33. Tabla resumen variables para la evaluación del proyecto situación actual de los beneficiarios

| VARIABLES | VALOR | UNIDAD |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Tasa de descuento | 5.95 | % |
| Área evaluada | 33.5 | Ha con riego |
| | 10 | Ha sin Riego |
| Depreciación | Línea recta | |
| Capital de Trabajo (año 0) | 7.256.104,24 | Colones |
| Inversión inicial | - | Colones |
| Años a evaluar | 10 | años |

4.5.4.2 Inversiones del productor

Se incluyen en este rubro el capital de trabajo requerido para el primer año de operación del Proyecto, este contempla recursos para cubrir los costos de producción de las diferentes actividades productivas (directos y administrativos).

Cuadro 34. Capital de trabajo de los productores del proyecto de riego El Escobio
situación actual para el primer año de proyección

| RUBRO | MONTO ¢ |
|--------------------------------------|---------------|
| Costos producción | 6,670,526.00 |
| Gastos Administrativos del Productor | 585,578.24 |
| TOTAL | ¢7.256.104,24 |

4.5.3 Costos y gastos

4.5.3.1 Costos de producción del productor

Este rubro corresponde al costo del paquete tecnológico empleado en las diferentes actividades generadas por los productores del proyecto, los cuales incluyen los costos de: labores contratadas, labores ordinarias, materiales e insumos y otros.

Los supuestos técnicos utilizados para la evaluación financiera, fueron suministrados por el Ing. Alejandro Villalobos del SENARA. El siguiente cuadro muestra el resumen de los costos de producción sin proyecto del primer año de proyección.

Cuadro 35. Resumen de costos de producción totales primer año de evaluación sin proyecto.

| SIN PROYECTO | 1 año |
|----------------------|---------------|
| Ganadería de engorde | 6,670,526.00 |
| Total | Ø6.670.526,00 |

4.5.3.2 Gastos de administración del productor

Dentro de las salidas de efectivo de los productores se contempla el pago de actividades de administración de la finca, tales como compra de insumos, compra de materiales, venta de productos, entre otros.

El cálculo de este rubro se hace a partir del salario establecido por el Ministerio de Trabajo para un trabajador especializado. Se estima que las labores administrativas por hectárea, demandan un 0,5% por día del tiempo del trabajador.

Se considera dentro de los gastos administrativos y costos de mano de obra lo correspondiente a las cargas sociales: CCSS 14,00%, aguinaldo, 8,33% cesantía 7,33%, pensión complementaria obligatoria 1,00%, vacaciones 4,17%, otras cargas 7,99%, para un total de 42.82% del salario.

Cuadro 36. Gastos administrativos del productor proyecto de riego El Escobio

| GASTOS | MONTO | OBSERVACIONES |
|---|-------------|--|
| ADMINISTRATIVOS | | |
| Por concepto de administración de parcela | 410,011.37 | Salario establecido por el Ministerio de Trabajo para un trabajador especializado Dedicación 3% del tiempo para las 33.5 ha |
| Cargas Sociales 42.82% | 175,566.87 | CCSS 14%, Aguinaldo 8,33%, cesantía 7,33%, Pensión complem oblig 1%, vacaciones 4,17%, Otras cargas 7,99% |
| TOTAL | ☺585,578.24 | |

Fuente: Ministerio de trabajo

Con respecto al impuesto sobre la renta que deben pagar los contribuyentes, se aplica cada porcentaje de impuesto a los tramos respectivos de renta neta declarada, acumulándose los resultados para calcular el impuesto total, según el siguiente cuadro:

Cuadro 37. Deber porcentual de pago de impuesto sobre la renta para personas físicas con actividad lucrativa

| Según ingreso del contribuyente | | Tarifa |
|---------------------------------|------------------------------|--------|
| Período 2018 | | |
| Hasta | ¢3.549.000 | Exento |
| Sobre el exceso de | ¢3.549.000 hasta ¢5.299.000 | 10% |
| Sobre el exceso de | ¢5.299.000 hasta ¢8.840.000 | 15% |
| Sobre el exceso de | ¢8.840.000 hasta ¢17.716.000 | 20% |
| Sobre el exceso de | ¢17.716.000 | 25% |

Fuente: <http://dgt.hacienda.go.cr/contribuyentes/Paginas/Personafisica.aspx>

4.5.4. Ingresos

Los ingresos de los productores son el pago que reciben por la venta del ganado en la subasta. Esto se determina multiplicando el rendimiento de kilogramos en una hectárea de producción, por el precio de venta del kilo de carne., tanto para el escenario sin proyecto como con proyecto. El cuadro siguiente resume los ingresos del proyecto sin riego de los primeros 5 años de evaluación considerando un incremento del 5% anual por el crecimiento económico escalonado de Costa Rica.

Cuadro 38 Proyección ingresos proyecto El Escobio sin riego primeros cinco años de evaluación

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| VENTAS | | | | | |
| Ganado de engorde | 6,000,000.00 | 6,300,000.00 | 6,615,000.00 | 6,945,750.00 | 7,293,037.50 |
| TOTAL | ¢6.000.000,00 | ¢6.300.000,00 | ¢6.615.000,00 | ¢6.945.750,00 | ¢7.293.037,50 |

4.5.5 Precios del ganado de carne

En el cuadro siguiente se presenta el precio utilizado en la evaluación del flujo de caja en el caso de la ganadería de engorde.

En este caso se consultaron los precios promedios de venta por kilogramo en las subastas cercanas a Liberia Guanacaste de los años 2016, 2017 y 2018, calculados a partir de la base de datos de la página web oficial de CORFOGA.

Cuadro 39. Precios de venta promedio utilizados para el cálculo de ingreso en el proyecto de El Escobio

| Sin proyecto | Sin Riego 10 ha | |
|-----------------|-----------------|--------|
| Producción | Precio ¢ | Unidad |
| Ganado de carne | 1200,00 | Kg |

4.5.6 Flujo de caja con proyecto (análisis 100% de la inversión)

En este apartado se evalúa financieramente el proyecto de Riego El Escobio donde tenemos el supuesto de que los productores financien el 100% de la inversión.

Supuestos flujo de caja con proyecto

En el siguiente cuadro resumen, se presenta los supuestos utilizados para la evaluación financiera del flujo de caja con proyecto para los productores.

Cuadro 40. Supuestos variables evaluados flujo de caja con proyecto para los productores

| Variables | Valor | Unidad |
|------------------------------------|-----------------|-------------|
| Número de productores SUA | 26 | usuarios |
| Evaluación de la inversión | 100 | % |
| Numero de ha evaluadas | 33,5 | Ha de riego |
| Tasa de descuento | 5,95 | % |
| Plazo de financiamiento | 10 | años |
| Periodo de gracia | 0 | años |
| Depreciación | Línea recta | |
| Capital de Trabajo (año 0) | ₡56,684,836.12 | Colones |
| Inversión inicial (inversión + CT) | ₡297.359.425,81 | Colones |
| Años a evaluar | 10 | años |

En el capital de trabajo se contempla el aumento anual del 5% en los flujos de caja anual considerando un incremento en los gastos y costos de la actividad productiva.

4.5.7 Inversiones del proyecto de riego El Escobio

Se incluyen en esta categoría la infraestructura de riego, fondos necesarios para ejecutar el proyecto.

4.5.7.1 Inversiones de capital

En el cuadro siguiente se presenta el resumen de las necesidades de capital para la ejecución del proyecto.

Cuadro 41. Inversiones de capital proyecto de riego El Escobio

| CONCEPTO COSTOS DE INVERSIÓN | MONTO (colones) |
|------------------------------------|--------------------|
| Tuberías y Accesorios | 86,971,924.87 |
| Valvulería | 24,448,811.40 |
| Obras de concreto | 58,086,918.00 |
| Riego Parcelario | 30,810,000.00 |
| Excavación y relleno de zanjas | 18,454,700.00 |
| Sub-Total | 218,772,354.27 |
| Imprevistos | 10,938,617.71 |
| Escalamiento de Costos | 10,938,617.71 |
| Total Costos de Inversión | 240,649,589.69 |

4.5.8. Costos y gastos

4.5.8.1 Costos de producción del productor

Al igual que en la evaluación sin proyecto, este apartado corresponde al costo del paquete tecnológico empleado en la actividad de ganadería de engorde y desarrollo de pasto mejorado *Brachiaria brizantha*, los cuales incluyen los costos de: labores contratadas, labores ordinarias, materiales, insumos entre otros. Difiere de la evaluación anterior en el sentido de que en el proyecto con riego hay posibilidad de producir todo el año.

De la misma manera, los supuestos técnicos utilizados para la evaluación financiera, fueron suministrados por el funcionario Ing. Alejandro Villalobos González del SENARA. El siguiente cuadro muestra el resumen de los costos de producción con proyecto del primer año de proyección.

Cuadro 42. Costos de producción con riego proyecto de riego El Escobio

| CON PROYECTO | 1 año |
|-------------------|----------------|
| Ganado de Engorde | 51.786.062,10 |
| Total | ¢51.786.062,10 |

4.5.8.2 Gastos de administrador del productor

En esta evaluación con riego, también se contempla el pago de actividades de administración de la finca, tales como compra de insumos, compra de materiales y venta de productos.

El cálculo de este rubro se hace a partir del salario establecido por el Ministerio de Trabajo para un trabajador especializado. Se estima que las labores administrativas por hectárea, demandan un 1% por día del tiempo del trabajador.

Se considera dentro de los gastos administrativos y costos de mano de obra lo correspondiente a las cargas sociales: CCSS 14,00%, aguinaldo, 8,33% cesantía 7,33%, pensión complementaria obligatoria 1,00%, vacaciones 4,17%, otras cargas 7,99%, para un total de 42.82% del salario.

Cuadro 43. Gastos administrativos del productor proyecto de riego El Escobio

| GASTOS ADMINISTRATIVOS | MONTO | OBSERVACIONES |
|---|-------------|---|
| Por concepto de administración de parcela | 686,769.04 | Salario establecido por el Ministerio de Trabajo para un trabajador especializado Dedicación 5% del tiempo para las 23,5 ha. |
| Cargas Sociales 42.82% | 294,074.50 | CCSS 14%, Aguinaldo 8,33%, cesantía 7,33%, Pensión complementaria obligatoria 1%, vacaciones 4,17%, Otras cargas 7,99% |
| TOTAL | Ø980,843.54 | |

Fuente: Ministerio de trabajo

4.5.8.3 Costos de operación y mantenimiento del sistema

Los costos de mantenimiento contemplan gastos en personal, equipo y materiales de forma tal que se pueda ir conservando y/o reparando la obra ante posibles deterioros debido al clima, sismos o por la acción propia del uso a lo largo del tiempo, tales como materiales de construcción para reparaciones, grasa-grafito para compuertas, desarenador, candados, tuberías y accesorios para reparaciones,

repuestos para instrumentos, válvula herramientas y pintura anticorrosiva. El objetivo de estas actividades es mantener el sistema en condiciones óptimas para su operación.

El presente cuadro presenta un resumen de los costos de mantenimiento para los primeros 5 años de evaluación del proyecto.

Cuadro 44. Costos de mantenimiento, proyecto de Riego El Escobio

| RUBRO | COSTO | PERIODICIDAD | OBSERVACIONES |
|--|--------------|--------------|--|
| Reparaciones obras de concreto y metálicas | 450,000.00 | Anual | Presa, desarenador, anclajes, pasos, bases de válvulas |
| Reparaciones tuberías y accesorios | 420,000.00 | Anual | Tuberías y accesorios para reparaciones de averías |
| Repuestos para Instrumentos y herramientas | 50,000.00 | Anual | Brocas, discos, sierras, etc |
| Reposición de accesorios de válvulas parcelarias | 30,000.00 | Anual | Conectores y mangueras todos los años (1% del costo anual de válvulas) |
| Candados | 100,000.00 | Cada 2 años | 26 candados cada dos años |
| Total | 1,050,000.00 | | |

4.5.8.4 Costos y gastos de la SUA

Este apartado contiene los costos en que debe de incurrir la SUA para el buen funcionamiento del proyecto a través de los años. Con respecto a los gastos de

constitución y gastos legales de la SUA, estos no son incluidos ya que la misma se encontraba creada a la hora de realizar el estudio.

4.5.8.5 Servicios contratados de la SUA

Se incluye aquí la contratación de aquellos servicios necesarios para el funcionamiento del sistema como el juez de aguas con sus correspondientes cargas sociales y seguros de riesgos profesionales, jornales para limpieza de presa y sistema, servicios de contador, servicios legales y fontanero para la reparación de averías mayores.

Cuadro 45. Servicio contratados para el proyecto de riego El Escobio (colones/año)

| Descripción | Unidad | Cantidad | Costo/unid | Costo Total | Observaciones |
|-----------------------------|------------|----------|------------|---------------|---|
| Juez de aguas | Mes | 7,5 | 130,000.00 | 975,000.00 | |
| | | | | | CCSS 14%, Aguinaldo 8,33%, cesantía 7,33% |
| Cargas Sociales | Porcentaje | 42.82% | | 417,495.00 | Pensión complem oblig 1%, vacaciones 4,17% |
| | | | | | Otras cargas 7,99% |
| Riesgos Profesionales | Porcentaje | 3.46% | | 33,735.00 | |
| Servicios Profesionales | Colones | 1 | 175.000 | 100,000.00 | Contador y abogado |
| Total Servicios Contratados | | | | €1,526,230.00 | |

4.5.8.6 Gastos administrativos SUA

Encierran los gastos administrativos que debe de incurrir la SUA para trámites propios de la sociedad como: pago de fotocopias, telecomunicaciones, correos, viáticos, transporte, materiales de oficina y otros, estos se toman en cuenta para el cálculo de la cuota del productor a la SUA. En el siguiente cuadro se detallan estos gastos:

Cuadro 46. Gastos administrativos de la SUA

| | COSTO | OBSERVACIONES |
|-----------------------|-------------|----------------------------|
| Fotocopias | 40.000 | Invitaciones, cartas, etc |
| Telecomunicaciones | 120.000 | Teléfono y fax |
| Viáticos y transporte | 200.000 | reuniones y capacitaciones |
| Materiales de oficina | 35.000 | general |
| TOTAL | Ⱶ395,000.00 | |

4.5.8.7 Otros costos SUA

Se determina el pago del canon correspondiente al **Departamento de Aguas del Instituto Meteorológica Nacional-MINAET**, calculado con base la tabla publicada en la Gaceta del 27 de enero de 1998.

Cuadro 47. Calculo del canon de agua proyecto de riego El Escobio

| NOMBRE DEL PROYECTO | | El Escobio |
|---------------------|--------|------------|
| CONCESION EN LITROS | | 29,00 |
| Horas riego/día | | 18,00 |
| Meses de asignación | | 12,00 |
| CATEGORIA DE USO | CANON | MONTO |
| | (¢)/m3 | (¢) |
| AGROPECUARIO | 1,29 | 872.700,48 |

En este rubro de otros costos se toma en cuenta también un monto de ¢ 60.000 por concepto de fortalecimiento de la organización para el primer año y posteriormente se incrementa en ¢5.000 anuales.

4.5.9 Ingresos de los productores con proyecto

Al igual que en la situación actual, los ingresos de los ganaderos corresponden a el pago que reciben por la venta del ganado de carne en las subastas ganaderas. Estos se determinan multiplicando el rendimiento de ganancia de peso por animal durante los 12 meses aproximadamente de producción por el precio establecido en la subasta por el comprador interesado.

Cuadro 48. Proyección ingreso proyecto El Escobio con riego primeros cinco años de evaluación

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| VENTAS | | | | | |
| Ganado de | | | | | |
| engorde | 88,440,000.00 | 92,862,000.00 | 97,505,100.00 | 102,380,355.00 | 107,499,372.75 |
| TOTAL | ¢88.440.000,00 | ¢92.862.000,00 | ¢97.505.100,00 | ¢102.380.355,00 | ¢107.499.372,75 |

Fuente: Propia utilizando Excel

4.5.10 Financiamiento

4.5.10.1 Necesidades de capital

El capital requerido para el presente proyecto está conformado por dos componentes a saber: la inversión para la infraestructura de riego y el capital de trabajo.

4.5.10.2 Fuentes de financiamiento

Al momento de realizar el presente estudio, el Proyecto El Escobio no cuenta con una fuente de financiamiento identificada para la ejecución de las obras de la infraestructura de riego.

4.5.11 Análisis de rentabilidad

4.5.11.1 Resultados flujo de caja sin proyecto (situación actual)

Para hacer una comparación de los resultados con y sin proyecto, el siguiente cuadro presenta los resultados del Flujo de Caja Actual de los Agricultores (sin proyecto), el cual refleja que sin implementar el proyecto de riego, ellos no logran tener rentabilidad. La respuesta al hecho de que los productores se mantengan en la actividad radica en que, muchos de los costos considerados para el análisis en la realidad no son considerados o cuantificados por el productor, tal es el caso de los costos administrativos y las labores de mano de obra. El resultado de los indicadores financieros se observa en el cuadro siguiente.

Cuadro 49 Flujo actual de los productores proyecto de riego El Escobio

| VARIABLE | FLUJO NETO DE LOS PRODUCTORES |
|--------------------------|-------------------------------|
| Valor Actual Neto | (¢14,573,698.91) |
| TIR | ---- |
| Relación Beneficio Costo | 0.80 |

Al analizar los índices anteriores, se percibe que al descontar los flujos de efectivo generado a través del periodo de análisis de la situación actual de los productores la actividad no genera un rendimiento financiero que permita pagar el valor de los recursos invertidos y obtener una rentabilidad para la inversión. La TIR no

es posible calcularla debido a que solo se obtienen flujos negativos, por lo tanto no es posible compararla con la tasa de descuento establecida del 5,95%, en cuanto a la relación B/C muestra que el flujo de los ingresos sería menor al de los egresos en una relación de 0,80.

4.5.11.2 Resultados flujo de caja con proyecto (evaluando el 100% de la inversión)

En el siguiente cuadro se presenta los indicadores financieros obtenidos para el flujo de caja propuestos analizando el 100% de la inversión (es un escenario que se asume que los productores aportaran el 100% de la inversión)

Cuadro 50. Indicadores financieros resultados flujo de caja proyectado (con riego)

| VARIABLE | FLUJO NETO DE LOS PRODUCTORES |
|--------------------------|-------------------------------|
| Valor Actual Neto | ¢20,224,569.62 |
| TIR | 7% |
| Relación Beneficio/Costo | 1,02 |
| Inversión | ¢297,334,425.81 |

Con los resultados de los flujos de Caja Proyectado en este escenario, se puede afirmar que el proyecto de construcción y operación del sistema de riego es rentable. El VAN para las 33,5 hectáreas evaluadas con riego a 10 años de vida útil resulta de ¢20,224,569.62, con una TIR de 7% y una Relación Beneficio-Costo de 1.02 evaluando a una Tasa de Descuento del 5.95%.

4.5.11.3 Resultados flujo de caja incremental

Se analiza un tercer escenario evaluando el flujo de caja incremental del proyecto, situación donde se evalúa la diferencia entre el flujo de caja con proyecto menos la situación actual. Lo anterior con el objetivo de conocer la rentabilidad real de la inversión que se va a realizar al proyecto. Los resultados se presentan a continuación:

Cuadro 51. Indicadores financieros resultados flujo de caja incremental

| VARIABLE | FLUJO NETO DE LOS PRODUCTORES |
|--------------------------|-------------------------------|
| Valor Actual Neto | ¢34,798,268.52 |
| TIR | 8% |
| Relación Beneficio/Costo | 1.05 |
| Inversión | ¢290,078,321.58 |

Como se observa en el cuadro 51, la evaluación incremental del proyecto arroja resultados positivos, por lo que se determina que el proyecto de riego es rentable y justificable desde la perspectiva financiera.

4.5.11.4 Resultados flujo de caja con proyecto (evaluando el 50% de la inversión)

En el cuadro 47 se presenta los indicadores financieros obtenidos para el flujo de caja propuestos analizando un aporte del 50% de la inversión por parte de los productores y el otro 50%.

Cuadro 52. Indicadores financieros resultados flujo de caja proyectado con riego

| VARIABLE | FLUJO NETO DE LOS PRODUCTORES |
|--------------------------|-------------------------------|
| Valor Actual Neto | ¢ 140,549,364.46 |
| TIR | 18% |
| Relación Beneficio/Costo | 1,20 |
| Inversión | ¢ 177,009,630.97 |

Analizando los índices anteriores, se percibe que la situación con proyecto de riego evaluando un 50% de la inversión genera un rendimiento financiero que permite pagar el valor de los recursos invertidos y obtener una rentabilidad para la inversión. La TIR resulta 12,05 puntos porcentuales mayor a la tasa de descuento establecida del 5,95%, en cuanto a la relación B/C indica que los beneficios superan los costes, por lo que se determina que el proyecto bajo este escenario es rentable.

4.5.11.5 Resultados de flujo de caja con proyecto (evaluando el 0% de la inversión)

En el cuadro 40 se presenta los indicadores financieros obtenidos para el flujo de caja propuestos analizando el 0% de la inversión (es un escenario que se asume que los productores aportaran el 0% de la inversión) es importante indicar tanto en esta opción como en la anterior que la inversión es asumida por una entidad (aún no definida) que brinda los fondos bajo la figura no reembolsable

Cuadro 53. Indicadores financiero resultados flujo de caja proyectado con riego

| VARIABLE | FLUJO NETO DE LOS PRODUCTORES |
|--------------------------|-------------------------------|
| Valor Actual Neto | ¢ 260,874,159.31 |
| TIR | 61% |
| Relación Beneficio/Costo | 1,46 |
| Inversión | ¢ 56,684,836.12 |

En los índices anteriores, se aprecia que la situación con proyecto de riego evaluando un 0% de la inversión genera un rendimiento financiero que permite pagar el valor de los recursos invertidos y obtener una rentabilidad para la inversión. La TIR resulta 55,05 puntos porcentuales mayor a la tasa de descuento establecida del 5,95%, en cuanto a la relación B/C indica 1,46 colones lo que se considera es que por cada colon invertido ganara 0.46, por lo que se debe de ser considerado como un proyecto de riego viable.

Capítulo 5. Diseño e implementación del proyecto.

5.1 Cronograma de implementación

Una vez conocidos los componentes diseñados del acueducto mediante los estudios topográfico, agronómico e hidráulico se procede a explicar la implementación y operación del diseño de acueducto.

5.2 Implementación del proyecto

5.2.1 Ejecución del proyecto

Utilizando el programa Project se estima que la duración del proyecto será de 137 días unos 4 meses, el desglose de los trabajos estimados puede verse en el anexo 21.

5.2.2 Sistema constructivo

El alineamiento de la conducción en los primeros 1500 metros, se ubica por la zona de protección del río una finca privada, por la que la zanja para albergar la tubería se tiene que excavar y tapar en forma manual, el resto de la tubería se ubica a orillas de la calle por lo que las zanja se hacen en forma mecánica.

Las zanjas se abrirán con un ancho y un alto que depende del diámetro del tubo y que se presentan en el siguiente cuadro. Mientras dura la instalación, la tierra producto de la excavación se ubicara a un lado de la zanja y luego de colocado el tubo y sus accesorios, se utilizara para cubrir la tubería con capas sucesivas, las cuales se compactara hasta dejar el terreno como estaba en su forma original

Cuadro 54. Dimensiones de las zanjas al momento de construir

| Características de las zanjas | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Diámetro tubo (mm) | Ancho zanja (m) | Profundidad zanja (m) |
| menores a 50 | 0.30 | 0.80 |
| 200 -75 | 0.60 | 1.20 |

5.2.3 Plan de operación del proyecto

Para suplir el agua en las diferentes zonas de riego se debe de construir la obra de toma en el Río Negro, de la cual se deriva parte del caudal que transporta y se envían hacia el tanque desarenador para depurar y calibrar los caudales que se envía hacia las zonas de riego, dicho caudal es conducido por medio de tuberías de PVC.

A partir de la estación 1+874 utilizando las tuberías de conducción principal inicia la repartición del agua en las tomas de parcelas, luego en la estación 4+176 con el inicio del ramal 1, posteriormente a partir de la estación 5+284 inicia otro sector de riego abastecido por el ramal 2.

El método de entrega del agua será continuo, La distribución de agua a nivel parcelario se realizará mediante válvulas hidráulicas de 25 mm dotadas de una manija para regular el caudal en forma manual, considerando una jornada de riego de 18 horas diarias

5.3 Propuesta de mantenimiento

A continuación se presentan las acciones que se deben realizar en las principales estructuras del proyecto con el fin de mantenerlas en buenas condiciones para el adecuado funcionamiento del sistema.

5.3.1 Mantenimiento obra de toma

Por su construcción este tipo de estructura requiere poco mantenimiento, siendo requeridas principalmente las labores de limpieza, pintura de las parrillas y las compuertas que se encuentran colocadas sobre el canal de derivación y la limpieza de la caja de registro a la entrada de la tubería de conducción. Adicionalmente luego que pasa la época lluviosa se debe de verificar que no existan filtraciones o socavación en las orillas de la cortina que con las futuras avenidas del río puedan dañar o destruir la presa.

5.3.2 Mantenimiento tanque desarenador

Esta estructura requiere poco mantenimiento, siendo principalmente la labor de limpieza de los sedimentos la requerida, utilizando para ello la apertura de las compuertas de limpieza y además se deben limpiar frecuentemente las parrillas que se encuentran colocadas a la salida del tanque, ya que estas generalmente se llenan de hojas, provocando una disminución del caudal que ingresa al sistema. Adicionalmente es necesario engrasar y pintar las compuertas, engrasar los candados y pintar las tapas metálicas del tanque. Periódicamente es importante remover con una pala la capa de sedimentos que se han depositado en las distintas cámaras del tanque para evitar su ingreso al sistema.

5.3.4 Mantenimiento tuberías de conducción y distribución

Por el método constructivo las tuberías generalmente se encuentran enterradas a profundidades superiores a los 80 cm, los tubos son poco propensos a sufrir daños mecánicos, pero es necesario estar verificando con un manómetro que las presiones estén acorde a lo que establece el diseño. Cuando se vacíe y vuelva a cargar el

sistema, el llenado debe efectuarse con un caudal bajo (10 % del caudal nominal del sistema) para así evitar la formación de bolsas de aire, periódicamente se debe de abrir las válvulas de limpieza para eliminar los sedimentos que se han depositado dentro de las tuberías, se deben de reparar aquellas fugas manifiestas para evitar las pérdidas de caudal y presión. En las secciones donde los tubos no pueden ser enterrados a suficiente profundidad y que por efectos de la lluvia, tránsito de animales, etc. han sido expuestos deben recubrirse con tierra o concreto o ser pintados para que la tubería no esté en contacto con el sol.

5.3.5 Mantenimiento valvulería general

En las válvulas de aire y vacío se pueden presentar dos problemas como el taponamiento de las salidas del aire o que algún cuerpo extraño impida el cierre lo cual hace que exista una fuga de agua, los dos casos anteriores son poco comunes, y se dan normalmente después de que se ha presentado alguna fuga o no se realizó la limpieza adecuada del sistema.

En ambos casos se debe desarmar el cuerpo de la válvula para limpiarla, también se debe de tener cuidado que los orificios del cubre válvula estén libres de obstrucciones que puedan impedir el flujo de aire hacia la válvula o de la tubería hacia el exterior.

Esta válvula se encuentra protegida por una caja de PVC la cual debe estar bien pintada para que los rayos del sol no las dañen.

Con las válvulas de alivio y válvulas hidráulicas en general se pueden dar situaciones como el taponamiento de los mandos hidráulicos (mangueras), los que

son fáciles de limpiar ya que los conectores se despegan fácilmente, también se pueden presentar casos como obstrucción del diafragma por alguna piedra, para lo cual se debe desarmar la cámara superior de la válvula. Los dos casos anteriores son comunes, y se dan normalmente después de que se ha presentado alguna fuga y no se realizó la limpieza adecuada del sistema.

En algunas ocasiones personas ajenas al proyecto manipulan los pilotos de las válvulas de alivio descalibrándolas, por lo que debe verificarse en forma periódica la presión de apertura y cierre de la válvula. Para calibrar la presión de apertura en caso de las válvulas de alivio se debe tener el sistema totalmente cerrado, luego se hace girar el tornillo del piloto en contra de las manecillas del reloj hasta que la válvula comience a abrir, una vez ocurrido se gira el tornillo en sentido contrario $\frac{1}{4}$ de vuelta. En el caso de las válvulas reductoras con un manómetro ubicado aguas debajo de la válvula se gira el tornillo del piloto hasta llegar a la presión deseada.

Las válvulas de compuerta en línea y de limpieza requieren poco mantenimiento, ocasionadas por piedras o pequeñas ramas que impiden el cierre completo de la válvula esto puede ocurrir después de que se ha presentado alguna reparación y no se realizó la limpieza adecuada del sistema. Este tipo de problema se corrige fácilmente desarmando la cámara superior de la válvula o cuando se utilizan válvula de hierro fundido cuya conexión es a través de bridas se puede soltar fácilmente de la tubería para remover las obstrucciones.

En general todas estas válvulas se encontrarán protegidas por una caja metálica con candado los cuales deben engrasarse con cierta frecuencia y las cajas deben ser pintadas.

5.4 Estimación de costos de mantenimiento

Para realizar la estimación de los costos de mantenimiento se analizaron cuáles estructuras son las más propensas a deterioro debido a las condiciones de los sitios en las que se encontraran. La obra de toma es una estructura que se debe revisar y reparar si fuese necesario anualmente al inicio de la temporada de riego, de igual manera las estructuras metálicas y candados son propensos a la corrosión por lo que se deben incurrir en costos para su mantenimiento o sustitución.

5.4.1 Proyección costos de mantenimiento

Se estima que dentro de los costos de mantenimiento se encuentran el cambio de algunos componentes del sistema que pueden sufrir algún deterioro con el uso como los candados, conectores plásticos de las válvulas, tuberías entre otras.

También en el caso de las obras de concreto principalmente se contempla que la obra de toma y otras estructuras puedan sufrir de socavación lo que hace necesario recubrir con concreto para evitar el deterioro de la estructura.

En el caso de las estructuras metálicas, se toma en cuenta que estos componentes al estar sometidos a ambientes húmedos son propensos a corrosión por lo que se prevé pintar anualmente las cajas y las parrillas. La estimación de los costos de mantenimiento para los distintos componentes, se puede apreciar en el cuadro 39

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones.

6.1 Conclusiones

Por las condiciones imperantes en la zona, el sistema de suministro de agua representa un insumo indispensable para lograr un mayor desarrollo de la actividad agrícola y ganadera durante todo el año.

La implementación de un sistema de riego en la zona de estudio permite:

1. Programar las siembras para aprovechar las ventanas del mercado (como el PIMA) con lo cual se mejorarían las condiciones socioeconómicas de los beneficiarios.
2. Al grupo de productores el desarrollo integral y sostenible de sus fincas.
3. Establecer un modelo de ganadería de engorde dividiendo la finca en 30 apartos de 333 m² estimado para 30 días, lo que implica un apto por cada día del mes. De esta manera los productores pueden seguir alimentando al ganado con el pasto mejorado *Bracharia brizantha*, regando los potreros en descanso y recuperándolos.
4. La posibilidad de contar con un sistema de riego permitirá una reconversión de la agricultura tradicional a una agricultura técnicamente competitiva.
5. Que los productores trabajen durante todo el año, y con ello incrementen la producción ganadera que es la que tradicionalmente realizan.
6. Mantener actividades económicas ganaderas o iniciarlas, las cuales son muy sensibles a la ausencia del agua en cantidad y calidad adecuada el mayor beneficio del proyecto es la estabilidad de la producción durante la época de verano y la disminución de costos

El diseño del sistema de riego requiere la implementación de otras acciones por parte de las instituciones del sector agropecuario (INDER, MAG, INTA, INA, SENARA, entre otras) en lo referente a la adecuada asistencia técnica en materia de producción, mercadeo, comercialización para los productores agropecuarios beneficiarios del proyecto.

6.2 Recomendaciones

Cuando existan interrupciones en el servicio de agua por reparaciones de tuberías u otros elementos del sistema, el llenado de los tubos debe realizarse en forma lenta de tal manera que se permita la evacuación del aire que ha quedado contenido dentro de la tubería.

Se debe verificar periódicamente que las válvulas de aire y vacío estén trabajando correctamente para evitar el desperdicio de agua, Las válvulas, en general, se deben cerrar lentamente para no provocar sobrepresiones excesivas ocasionadas por el golpe de ariete que dañen el sistema. Dando el mantenimiento adecuado, la vida útil de la valvulería en general se estima en 10 años. Por lo tanto se recomienda apartar dentro de las cuotas de operación un porcentaje que permita la sustitución paulatina de estos equipos. Se debe comprobar periódicamente la carga hidráulica estática existente en el sistema de riego, con la ayuda de un manómetro con el fin de corroborar que la conducción no está siendo afectada por fugas de agua. Se debe limpiar periódicamente las parrillas de la obra de captación para remover las hojas u otros restos vegetales que entorpezcan la entrada de agua al sistema. Revisar que las obras de protección de las válvulas estén en forma adecuada y que las tapas metálicas no se herrumbren y pintarlas con anticorrosivos cuando lo requieran. Revisar que las

válvulas en general estén funcionando de acuerdo con el diseño y que no se presenten fugas de agua. El sistema de tuberías debe estar limpio cuando se termine y cuando se inicie la temporada de riego.

La Sociedad de Usuarios de Agua de El Escobio ha demostrado perseverancia en todos los años que han ido gestionando la concesión y apertura en el sector público agropecuario, de tal manera que se recomienda como potenciales usuarios en el proyecto del mismo nombre.

Coordinar con el INA de la Región Chorotega, cursos específicos en riego por aspersión, micro aspersión y goteo, cultivo de hortalizas, cultivos hidropónicos, contabilidad agrícola, control y combate de plagas y enfermedades para el plan de cultivos propuesto, manejo de pastos y forrajes, producción bovina, para que la agricultura bajo riego sea una actividad sostenible y rentable.

Para lograr una mayor eficiencia en la actividad ganadera, los productores deben de ajustarse a las nuevas tendencias y adoptar cambios en manejo de pastizales, bancos de forraje y el manejo de ganado en relación a los índices de producción, para incrementar la carga animal y poder producir gran parte de la alimentación que requiere el ganado.

Debido al alto costo de los fertilizantes y a los problemas de contaminación ambiental por las excretas de los bovinos, se recomienda que en cada finca se establezcan biodigestores, proyectos de lombricultura para reducir los costos de producción y la preparación de biofertilizantes con microorganismos de la zona.

Realizar muestreos de suelo para análisis de fertilidad a nivel de finca, para que los productores puedan maximizar el uso de la tierra y obtener mayor producción y productividad. Con los resultados de los análisis de fertilidad de suelos, se deberá de abonar de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo.

La infiltración instantánea determinada es de 20,57 mm/hora y 21,39 mm/hora, cuyos valores hay que tomar en consideración para la escogencia de los aspersores, que no sobre pasen ese rango para no provocar encharcamiento en los suelos, el aspersor seleccionado en este diseño es el modelo 3023-2 de la marca Senninger con boquilla de color lima #7, su intensidad de aplicación es de 4.6 mm/hora menor que la infiltración instantánea calculada.

El enfoque que en nuestros tiempos se debe de dar a las actividades agropecuarias, incluye la posibilidad de que estas se constituyan en un proveedor de servicios ambientales. Al utilizar los recursos naturales, se generan efectos ambientales positivos y negativos. El consumo de agua contribuye a la escasez de este recurso, teniendo un papel preponderante en el agotamiento de las aguas subterráneas. Además contribuye en la contaminación por agroquímicos, el desgaste del suelo y el cambio climático mundial, dado que es responsable de emisiones de gases de efecto invernadero. Pero también puede convertirse en un proveedor fundamental de servicios ambientales, que generalmente no se reconocen ni se remuneran, tal como el secuestro del carbono, la ordenación de las cuencas hidrográficas y la preservación de la diversidad biológica. Con la creciente escasez de recursos, el cambio climático y la preocupación por los costos ambientales, no es posible continuar con el modo habitual de utilizar los recursos naturales en la

agricultura y ganadería tradicional. El manejo de los vínculos entre agricultura, ganadería y conservación de los recursos naturales y medio ambiente debe ser una parte integral de su utilidad para fines de desarrollo.

Insistir en la necesidad de la coordinación interinstitucional para procurar que las metas y propósitos del proyecto sean debidamente cumplidas.

Incluir en forma previa, en los correspondientes carteles de licitación de obras, la obligación que tienen las empresas constructoras de acatar al pie de la letra, las medidas recomendadas en este informe en lo referente a manejo y disposición de materiales y otras disposiciones en el tema ambiental.

Brindar capacitación a los productores beneficiarios del riego para garantizar la vida útil del mismo y procurar que se realicen todas las labores que sean necesarias para el mantenimiento del sistema de riego y su operación óptima.

Procurar mantener alguna cobertura vegetal a orillas de los cauces y nacientes. De ser factible, reforestar en los sitios donde sea posible hacerlo para incrementar de ese modo la cobertura boscosa en la zona.

Cumplir con lo establecido en la Ley Orgánica del Ambiente y General de Salud en lo que respecta al uso de agroquímicos, vertido de aguas efluentes y cualquier tipo de foco de contaminación que se detecte.

Dar un manejo apropiado a los residuos que se producen en las explotaciones ganaderas procurando un mínimo impacto ambiental. Una alternativa a considerar puede incluir su posible utilización para la generación de energía en los hogares o

fincas o en la elaboración de abonos, de modo que se facilite mejorar la calidad de los suelos del área y no contaminarlos.

Capítulo 7. Bibliografía

- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1998). *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A. Obtenido de <https://ciat.cgiar.org/publications/>
- Córdoba, M. (2014). *Análisis financiero*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>.
- Durand, F. (2014). *Hypergeo*. Obtenido de <http://www.hypergeo.eu>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (Vol. Cuarta edición). (O. d. Alimentación, Ed.) Roma . Obtenido de Guía para la descripción de suelos: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- FAO. (2018). *fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Forgages, T. (2017). *Especies forrajeras multipropósito: Brachiaria brizantha*. Obtenido de Tropical forages: <http://www.tropicalforages.info>
- Franquet, J., & Querol, A. (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional una aplicación de los métodos estadísticos*. Tortosa, Cervantes, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia Tortosa.
- Fuentes, J. L. (1998). *Técnicas de riego, 3ª Edición*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Mundi - Prensa Libros, S.A, 361p.
- Gallerano, M. (2010). *gestiopolis.com*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/indicadores-financieros-para-la-evaluacion-de-proyectos-de-inversion/>
- García, A. (1994). *Topografía básica para ingenieros*. Murcia: Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia, 273 p.
- GEOSEISMIC. (20 de setiembre de 2017). *GEOSEISMIC*. Obtenido de <http://www.geoseismic.cl/calicatas/>
- Grassi, C. (2000). *Diseño y operación de riego por superficie*. Merida : CIDIAT: Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras .
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología . (1995). *Descripción y adaptación de forrajes*. INTA. Costa Rica: Imprenta Nacional. Obtenido de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/brochure_victoria.pdf

- Irwin, S. (2002). *fluidos.eia.co*. Obtenido de http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/laderas_andinas/index.htm
- Israelsen, O. W., & Hansen, V. E. (1979, 2ªed). *Principios y aplicaciones del riego: obra que comprende todas las fases del riego. desde las fuentes y alumbramiento del agua hasta el aspecto social, administrativo del regadio*. Barcelona: Reverte.
- José María Tarjuelo, M. -B. (2005). *El riego por aspersion y su tecnologia (3a. ed.)*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>.
- MAG-MINAE. (1994). *Manual para la determinacion de la capacidad de usos de las tierras de Costa Rica*. San José, Costa Rica. 51 p.
- Méndez, J., & Bertsch, F. (2012). *Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica*. San José, Costa Rica : Asociacion Costarricense de la Ciencia del Suelo .
- Meza, J. (2009). *gestiopolis.com*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/evaluacion-financiera-proyectos-proyeccion-precios-corrientes-constant/>
- MINAE. (26 de abril de 2004). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Obtenido de www.pgrweb.go.cr
- Ministerio de Agricultura y Ganaderia . (2008). *Agro cadena de la ganadería bovina de carne de la Region Chorotega: Manual de recomendaciones para el manejo sostenible de la ganadería bovina de carne en la Region Chorotega*. Costa Rica: MAG.
- Ministerio de Agroindustria de la Nación. (2018). *PROSAP*. Obtenido de <http://www.prosap.gov.ar/>
- Monge, M. (2018). *iagua.es*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/aire-tuberias-problema-que-veces-es-parte-solucion-i>
- Olivera, Y. M. (2006). *Características botánicas y agronomicas de especies forrajeras importantes del género Brachiaria. Pastos y Forrajes*. 29(1):1-23.
- Orozco, S. (2018). *fluidos.eia.edo.co*. Obtenido de <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoentuberias/golpedeariete/golpedeariete.html>
- QuimiNet. (2012). *QuimiNet.com*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/conozca-mas-sobre-la-presion-estatica-2863573.htm>
- Ramírez, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos* . Santafé de Bogotá, Colombia: produmedios.
- SENARA. (2016). *Perfil proyecto de riego El Escobio*. Costa Rica. Obtenido de www.senara.or.cr

- Servicio de Programacion y Optimizacion del Uso del Agua de Riego. (setiembre de 2017). *Portalfruticola.com*. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/09/04/infiltracion-del-agua-en-el-suelo-importancia-y-metodos-para-medirla/>
- Sevilla, A. (2017). *economipedia.com*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Solano, H. (1 de junio de 2015). *Sequia en Guanacaste es la mas fuerte de los ultimos 78 años*. Obtenido de La Nacion: <https://www.nacion.com>
- Universidad Nacional de Colombia. (2002). *bdigital.unal.edu.co*. Obtenido de www.bdigital.unal.edu.co/4785/4/70064307._2002_2.pdf
- Valverde, J. C. (2007). *Riego y Drenaje*. San Jose, C.R.: -2 reimp de la 1 ed : EUNED, 2007. 244p: 27 cm.
- Valverde, J. C., & Villalobos, M. (2016). *Principios de riego y drenaje en suelos*. San Jose, Costa Rica: EUNED.
- Velayos, V. (2017). *economipedia.com*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Villasante, A. L. (2005). El riego. *Fundamentos de su hidrologia y su practica*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>.
- Villón, M. (2004). *Hidrologia*. Cartago: 1a edicion, Editorial Tecnologica de Costa Rica.
- Villón, M. (2017). *Diseño de estructuras hidráulicas*. Cartago - Costa Rica: 3era reimpresion de la 3ra edición, Taller de publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Capítulo 8. Anexos

Anexo 1.

Prácticas de conservación de suelos y agua (MAG-MINAE, 1994)

Prácticas en contorno: consisten en realizar todas las labores y operaciones culturales siguiendo las curvas de nivel. Son efectivas hasta el 7% de pendiente si se trazan solas, y en combinación con otras prácticas los son hasta el 20%.

Labranza mínima: es la menor cantidad de labranza requerida para crear las condiciones de suelo adecuadas para la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta. Se puede aplicar en una amplia gama de suelos y cultivos, hasta una pendiente de un 50%. En la labranza de conservación de suelos es preferible usar la tracción animal.

Barreras vivas: consiste en sembrar las plantas perennes y de crecimiento denso perpendicularmente a la pendiente; son eficaces en terrenos de hasta 15% de pendiente.

Cortinas rompe vientos: son hileras de árboles o arbustos dispuestos perpendicularmente a la dirección principal del viento.

Apartos para pastoreo en rotación: es un sistema intensivo basado en la explotación de pastos, donde los potreros son divididos en unidades de producción iguales, para establecer un sistema de pastoreo y descanso.

Sistemas silvopastoriles: son técnicas de manejo de la tierra que implican la combinación de árboles forestales con cultivos o con ganadería, o con una combinación de ambos.

Compost: Es la incorporación al terreno de material orgánico descompuesto por condiciones anaeróbicas.

Uso de fertilizantes y enmiendas calcáreas: Es la aplicación de nutrimentos al suelo por medio de fertilizantes o el uso de cal como enmienda.

Canal de guardia: Es un canal trapezoidal que intercepta gran cantidad de escorrentía proveniente de las partes altas.

Acequias de ladera: Son estructuras de control de erosión hídrica para tierras escarpadas; se pueden construir en pendientes de 10 a 50% y con profundidades mínimas del suelo de 50 cm.

Terrazas de desviación: Están constituidas por una sección de corte triangular con capacidad para evacuar el exceso de agua de la escorrentía, y una

sección de relleno con forma de cama elevada, que se utiliza para siembra de cultivos anuales; se emplean en terrenos con pendientes inferiores al 15%.

Canal de desviación: consiste en un canal que se construye a través de la pendiente, para interceptar el escurrimiento superficial y llevar las aguas hasta un lugar seguro.

Surcos en contorno en potreros: son surcos que se usan para disminuir la escorrentía superficial en potreros.

Control de cárcavas: se debe cercar y establecer vegetación, para controlar la cárcava.

Control de deslizamiento de tierra: se debe suavizar la superficie de las depresiones o grietas para poder establecer cobertura vegetal

Anexo 2.

| | | | | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|--|---|------------------------------|--|
| Finca: | Pablo Díaz | | | Proyecto de Riego: El Escobio | | |
| Fecha: | 09/03/2018 | | | Coordenadas: | 1184129 N | 346730 E |
| Tiempo | | Lectura de escalas | | Lámina | | Infiltración |
| Intervalo de tiempo entre lecturas (min) | Tiempo acumulado (min) | Nivel de agua (cm) | Nivel de recuperación del agua (cm) | Lamina infiltrada para cada intervalo de tiempo (cm) | Lamina Acumulada (cm) | Velocidad de infiltración instantanea (cm/hr) |
| 0 | | 15 | | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 14.2 | | 0.8 | 0.8 | 48 |
| 1 | 2 | 13.5 | | 0.7 | 1.5 | 42 |
| 1 | 3 | 12.9 | | 0.6 | 2.1 | 36 |
| 1 | 4 | 12.4 | | 0.5 | 2.6 | 30 |
| 1 | 5 | 12 | | 0.4 | 3 | 24 |
| 5 | 10 | 10 | 15 | 2 | 5 | 24 |
| 5 | 15 | 13.2 | | 1.8 | 6.8 | 21.6 |
| 5 | 20 | 11.5 | | 1.7 | 8.5 | 20.4 |
| 5 | 25 | 10 | 15 | 1.5 | 10 | 18 |
| 5 | 30 | 14 | | 1 | 11 | 12 |
| 5 | 35 | 13.1 | | 0.9 | 11.9 | 10.8 |
| 5 | 40 | 12.5 | | 0.6 | 12.5 | 7.2 |
| 10 | 50 | 11 | | 1.5 | 14 | 9 |
| 10 | 60 | 9.6 | 15 | 1.4 | 15.4 | 8.4 |
| 10 | 70 | 13.8 | | 1.2 | 16.6 | 7.2 |
| 15 | 85 | 12.2 | | 1.6 | 18.2 | 6.4 |
| 15 | 100 | 10.7 | 15 | 1.5 | 19.7 | 6 |
| 15 | 115 | 13.7 | | 1.3 | 21 | 5.2 |
| 15 | 130 | 12.5 | | 1.2 | 22.2 | 4.8 |
| 15 | 145 | 11.5 | | 1 | 23.2 | 4 |
| 15 | 160 | 10.8 | 15 | 0.7 | 23.9 | 2.8 |
| 30 | 190 | 14 | | 1 | 24.9 | 2 |
| 30 | 220 | 13 | | 1 | 25.9 | 2 |

Figura 31. Prueba de infiltración parte baja del área de estudio El Escobio

Anexo 3.

| | | | | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|--|---|------------------------------|--|
| Finca: | | José Luis Bello Mendez | | Proyecto de Riego el Escobio | | |
| Fecha: | | 12/04/2018 | | Coordenadas | 1186015 N | 349572 E |
| Tiempo | | Lectura de escalas | | Lámina | | Infiltración |
| Intervalo de tiempo entre lecturas (min) | Tiempo acumulado (min) | Nivel de agua (cm) | Nivel de recuperación del agua (cm) | Lamina infiltrada para cada intervalo de tiempo (cm) | Lamina Acumulada (cm) | Velocidad de infiltración instantanea (cm/hr) |
| 0 | | 15 | | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 14 | | 1 | 1 | 60 |
| 1 | 2 | 13.2 | | 0.8 | 1.8 | 48 |
| 1 | 3 | 12.5 | | 0.7 | 2.5 | 42 |
| 1 | 4 | 12 | | 0.5 | 3 | 30 |
| 1 | 5 | 11.6 | | 0.4 | 3.4 | 24 |
| 5 | 10 | 10 | 15 | 1.6 | 5 | 19.2 |
| 5 | 15 | 13.5 | | 1.5 | 6.5 | 18 |
| 5 | 20 | 12 | | 1.5 | 8 | 18 |
| 5 | 25 | 10.8 | | 1.2 | 9.2 | 14.4 |
| 5 | 30 | 9.8 | 15 | 1 | 10.2 | 12 |
| 5 | 35 | 13.9 | | 1.1 | 11.3 | 13.2 |
| 5 | 40 | 12.9 | | 1 | 12.3 | 12 |
| 10 | 50 | 11 | 15 | 1.9 | 14.2 | 11.4 |
| 10 | 60 | 13.5 | | 1.5 | 15.7 | 9 |
| 10 | 70 | 12.2 | | 1.3 | 17 | 7.8 |
| 15 | 85 | 10 | 15 | 2.2 | 19.2 | 8.8 |
| 15 | 100 | 13 | | 2 | 21.2 | 8 |
| 15 | 115 | 11.5 | | 1.5 | 22.7 | 6 |
| 15 | 130 | 10.2 | 15 | 1.3 | 24 | 5.2 |
| 15 | 145 | 13.5 | | 1.5 | 25.5 | 6 |
| 15 | 160 | 12.5 | | 1 | 26.5 | 4 |
| 30 | 190 | 10 | 15 | 2.5 | 29 | 5 |
| 30 | 220 | 12.8 | | 2.2 | 31.2 | 4.4 |
| 30 | 250 | 10.8 | 15 | 2 | 33.2 | 4 |
| 30 | 280 | 13 | | 2 | 35.2 | 4 |

Figura 32. Prueba de infiltración en la parte alta del área de estudio El Escobio

Anexo 4.

|  Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria | | RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO INFORME DE ANÁLISIS DE SUELOS | | | | | |  sector AGRO ALIMENTARIO | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-----------|------------------------------------|-------|---------|---------|---|--------|--------|------|--------|------------------|
| Código: IACS-01, Versión 01-17 Pág. 1 de 1 | | COMPLEJO LABORATORIAL DEL INTA San Rafael de La Unión, Cartago Tel. 2278-0514 Correo Electrónico: labsuelos@inta.go.cr | | | | | | | | | | | |
| Fecha: 5 de febrero de 2018 | | Cliente: AEA- LIBERIA | | Código análisis: DTS-LSF-01 | | | | | | | | | |
| Finca: | | Cultivo: | | Fecha de ingreso: | | | | | | | | | |
| Provincia: GUANACASTE | | Cantón: LIBERIA | | Distrito: EL ESCOBIO | | | | | | | | | |
| Coordenadas: | | Norte: | | Oeste: | | | | | | | | | |
| Nº Lab. | Identificación de campo | pH H ₂ O | Cmol(+)/L | | | | mg/L | | | | | | % Sat. Acidez |
| | | | K | Ca | Mg | Acidez | P | Fe | Cu | Zn | M.O | Mn | |
| | * Niveles críticos medios → | 5,6-6,5 | 0,2-0,6 | 4 - 20 | 1 - 5 | 0,5-1,5 | 10 - 20 | 10 - 100 | 2 - 20 | 2 - 10 | 3-8 | 5 - 50 | 10 - 50 |
| S- 087 | PABLO ZAMORA MORALES- FINCA B1 AQ | 6.7 | 0.33 | 5.0 | 0.4 | 0.1 | 4 | 30 | 1 | 1.0 | 2.39 | 6 | 2 |
| S- 088 | PABLO ZAMORA MORALES- FINCA B2 AQ | 7.0 | 1.24 | 2.8 | 0.8 | 0.1 | 2 | 16 | 1 | 0.3 | 0.80 | 1 | 2 |
| Metodología Utilizada: Olsen Modificado (K, P, Fe, Cu, Zn, Mn) – Extracción con KCl 1N (Ca, Mg, Acidez Extractable) – pH en H ₂ O * Adaptado del MAG, 1978, Diaz Romeu y Hunter; CATIE, 1978. | | | | | | | | | | | | | |
| Ing. Marco Vinicio Corrales Soto COORDINADOR DE LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS | | | | | | | | | | | | | |

Figura 33. Resultado de análisis químico del suelo de El Escobio

Anexo 5.

|  <p>Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria</p> | | RESULTADO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO INFORME DE ANÁLISIS DE SUELOS # CONSECUTIVO: | | |  | |
|--|-----------------------------------|--|---------|------------------------------------|---|--|
| Código: IAGS-01, Versión 01-17 Pág. 1 de 1 | | COMPLEJO LABORATORIAL DEL INTA San Rafael de La Unión, Cartago Tel. 2278-0514 Correo Electrónico: labsuelos@inta.go.cr | | | | |
| Fecha: 13 de febrero de 2018 | | Cliente: AEA- LIBERIA | | Código análisis: DST-LSF-06 | | |
| Finca: | | Cultivo: | | Fecha Ingreso: | | |
| Provincia: GUANACASTE | | Cantón: LIBERIA | | Distrito: EL ESCOBIO | | |
| Coordenadas: | | Norte: | | | | |
| Nº Lab. | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO | % de la Fracción analizada | | | NOMBRE TEXTURAL | |
| | | ARENA | ARCILLA | LIMO | | |
| S- 87 | PABLO ZAMORA MORALES- FINCA B1 AQ | 64.6 | 18.2 | 17.2 | FRANCO ARENOSO | |
| S- 88 | PABLO ZAMORA MORALES- FINCA B2 AQ | 63.2 | 17.0 | 19.8 | FRANCO ARENOSO | |
| Metodología Utilizada: Bouyucos Modificado (Forsythe, 1985) | | | | | | |
| <hr/> Ing. Marco Vinicio Corrales Soto COORDINADOR DE LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS | | | | | | |

Figura 34. Resultado de análisis de textura de suelos de El Escobio

Anexo 6.

SERIE 20 COMPACT 20 WEDGEDRIVE **SERIE 30** SERIE 40 SERIE 50 CÍRCULO PARCIAL SERIE 70 SERIE 80

Serie 30

IMPACTO



Los aspersores de Impacto Serie 30 de Senninger aplican caudales más bajos que las series 40 o 50.

CARACTERÍSTICAS

- Amplia gama de combinaciones de boquillas y venas para una excelente distribución a cualquier presión operativa
- Llave hexagonal incorporado para un mantenimiento sencillo en el campo
- Modelo de 23° con doble boquilla disponible
- Dos trayectorias disponibles:
12° - ideal para el riego subfollar
23° - alcance máximo en sistemas invertidos
- Conexión: 3/4" NPT macho (hembra también disponible)
- Caudales: de 1,84 a 6,42 gpm (418 a 1458 l/h)
- Presiones de funcionamiento: de 30 a 50 psi (2,07 a 3,45 bar)



Vista de la boquilla dispersora 3023-2

¡CÓMODAS BOQUILLAS APRETABLES A MANO!



No se requiere ninguna herramienta gracias a la combinación de boquilla y vena fácil de limpiar y cambiar. Boquillas con orificio cuadrado también disponibles.

Figura 35. Aspersor seleccionado

Anexo 7.

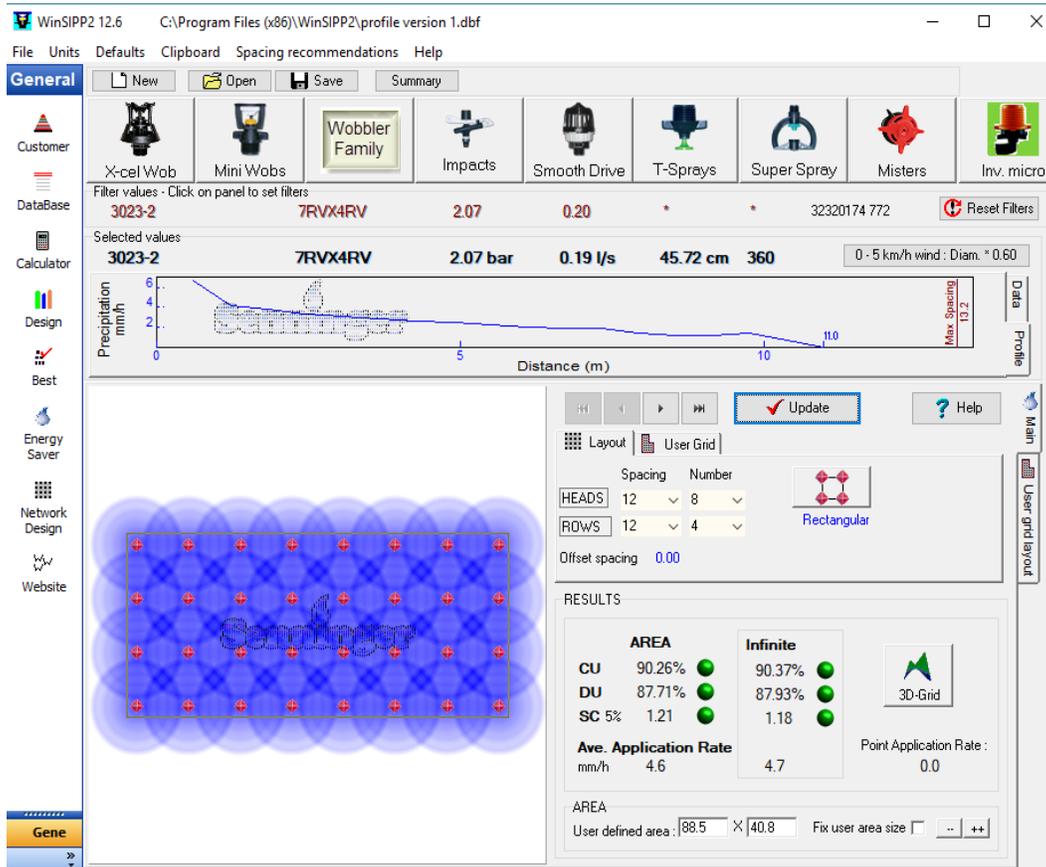


Figura 36. Resultados módulo de riego por aspersión, Programa WinSIPP2

Anexo 8.

Cuadro 55. Aforos de la fuente potencial del Río Negro, Escobio, Liberia

| Fuente | Fecha | Caudal (l/s) |
|-----------|----------|--------------|
| Río Negro | 24/02/16 | 430.6 |
| Río Negro | 30/03/16 | 292.7 |
| Río Negro | 27/02/17 | 713.5 |
| Río Negro | 27/03/17 | 621.2 |
| Río Negro | 27/04/17 | 323.3 |
| Río Negro | 27/02/18 | 1192.3 |
| Río Negro | 22/03/18 | 587.4 |
| Río Negro | 23/04/18 | 531.1 |
| Río Negro | 02/05/18 | 246.9 |

Fuente: SENARA - REGION CHOROTEGA

Anexo 9.

| Punto | Long | Lat | Elev. | L | Est | Caudal | D | V | H | NP | CD | Cest | Ced | Observaciones |
|-------|------------|-------------|---------|------|-------|--------|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|----------------------|
| S3.5 | 350982.561 | 1187268.994 | 444.308 | 0.0 | 0.0 | 29.00 | 256 | 0.6 | 0.0 | 445.4 | 1.1 | 1.1 | SDR-32.5 | |
| N93 | 350968.474 | 1187252.835 | 444.728 | 21.4 | 21.4 | 29.00 | 256 | 0.6 | 0.0 | 445.4 | 0.7 | 0.7 | SDR-32.5 | Desarenador,Chimenea |
| N92 | 350965.424 | 1187249.176 | 444.395 | 4.8 | 26.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 445.4 | 1.0 | 1.0 | SDR-32.5 | |
| N91 | 350959.05 | 1187244.525 | 443.514 | 7.9 | 34.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 445.3 | 1.8 | 1.9 | SDR-32.5 | |
| N90 | 350931.342 | 1187227.868 | 442.894 | 32.3 | 66.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 445.2 | 2.4 | 2.5 | SDR-32.5 | |
| N89 | 350922.637 | 1187219.801 | 442.995 | 11.9 | 78.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 445.2 | 2.2 | 2.4 | SDR-32.5 | |
| N88 | 350912.163 | 1187208.798 | 442.634 | 15.2 | 93.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 445.2 | 2.5 | 2.8 | SDR-32.5 | |
| N87 | 350892.806 | 1187180.445 | 442 | 34.3 | 127.9 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 445.1 | 3.1 | 3.4 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N86 | 350873.066 | 1187150.013 | 441.834 | 36.3 | 164.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.9 | 3.1 | 3.6 | SDR-32.5 | |
| N85 | 350859.49 | 1187130.422 | 440.724 | 23.9 | 188.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.9 | 4.1 | 4.7 | SDR-32.5 | |
| N84 | 350849.992 | 1187110.182 | 439.693 | 22.4 | 210.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.8 | 5.1 | 5.7 | SDR-32.5 | |
| N83 | 350847.441 | 1187092.518 | 439.453 | 17.8 | 228.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.7 | 5.3 | 6.0 | SDR-32.5 | |
| N82 | 350855.105 | 1187071.69 | 437.788 | 22.3 | 250.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.7 | 6.9 | 7.6 | SDR-32.5 | |
| N81 | 350860.7 | 1187059.916 | 437.387 | 13.0 | 263.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.6 | 7.2 | 8.0 | SDR-32.5 | |
| N80 | 350871.38 | 1187032.052 | 436.727 | 29.8 | 293.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.5 | 7.8 | 8.7 | SDR-32.5 | |
| N79 | 350884.154 | 1187003.382 | 436.531 | 31.4 | 324.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.4 | 7.9 | 8.9 | SDR-32.5 | |
| N78 | 350893.318 | 1186982.329 | 436.905 | 23.0 | 347.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.4 | 7.5 | 8.5 | SDR-32.5 | |
| N77 | 350898.858 | 1186962.636 | 436.463 | 20.5 | 368.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.3 | 7.8 | 8.9 | SDR-32.5 | |
| N76 | 350897.414 | 1186946.175 | 437.428 | 16.6 | 384.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 444.3 | 6.8 | 8.0 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N75 | 350894.503 | 1186940.157 | 436.517 | 6.7 | 391.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.2 | 7.7 | 8.9 | SDR-32.5 | |
| N74 | 350886.785 | 1186934.135 | 435.391 | 9.9 | 401.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.2 | 8.8 | 10.0 | SDR-32.5 | |
| N73 | 350878.11 | 1186933.071 | 434.848 | 8.8 | 410.1 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.2 | 9.3 | 10.6 | SDR-32.5 | |
| N72 | 350872.129 | 1186929.308 | 434.816 | 7.1 | 417.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.2 | 9.3 | 10.6 | SDR-32.5 | |
| N71 | 350865.96 | 1186926.278 | 434.924 | 6.9 | 424.1 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.1 | 9.2 | 10.5 | SDR-32.5 | |
| N70 | 350856.458 | 1186922.958 | 436.498 | 10.2 | 434.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.1 | 7.6 | 8.9 | SDR-32.5 | |
| N69 | 350854.571 | 1186922.086 | 434.267 | 3.0 | 437.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.1 | 9.8 | 11.1 | SDR-32.5 | |
| N68 | 350848.091 | 1186918.062 | 433.699 | 7.6 | 445.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.1 | 10.4 | 11.7 | SDR-32.5 | |
| N67 | 350835.87 | 1186921.591 | 432.788 | 12.8 | 457.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.0 | 11.2 | 12.6 | SDR-32.5 | |
| N66 | 350825.099 | 1186930.073 | 432.486 | 13.7 | 471.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.0 | 11.5 | 12.9 | SDR-32.5 | |
| N65 | 350821.333 | 1186932.009 | 431.85 | 4.3 | 475.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.0 | 12.1 | 13.6 | SDR-32.5 | |
| N64 | 350813.637 | 1186930.373 | 430.666 | 8.0 | 483.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 444.0 | 13.3 | 14.7 | SDR-32.5 | |
| N63 | 350804.617 | 1186934.315 | 431.521 | 9.9 | 493.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.9 | 12.4 | 13.9 | SDR-32.5 | |
| N94 | 350773.606 | 1186937.228 | 430.714 | 31.2 | 524.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.8 | 13.1 | 14.7 | SDR-32.5 | |
| N95 | 350748.835 | 1186937.085 | 431.092 | 24.8 | 549.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.7 | 12.7 | 14.3 | SDR-32.5 | |
| K38 | 350736.455 | 1186937.013 | 431.636 | 12.4 | 561.9 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.7 | 12.1 | 13.8 | SDR-32.5 | |
| N96 | 350721.169 | 1186940.829 | 431.133 | 15.8 | 577.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.7 | 12.5 | 14.3 | SDR-32.5 | |
| N97 | 350703.376 | 1186946.395 | 429.665 | 18.7 | 596.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.6 | 13.9 | 15.7 | SDR-32.5 | |
| N98 | 350671.858 | 1186957.275 | 428.347 | 33.4 | 629.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.5 | 15.2 | 17.1 | SDR-32.5 | |

Figura 37.Diseño conducción principal

Anexo 10.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------|-------------|---------|------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|-------------|
| N99 | 350663.265 | 1186966.786 | 428.445 | 12.8 | 642.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.5 | 15.0 | 17.0 | SDR-32.5 | |
| L100 | 350658.203 | 1186971.762 | 431.731 | 7.8 | 650.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.4 | 11.7 | 13.7 | SDR-32.5 | |
| N101 | 350653.009 | 1186977.439 | 431.881 | 7.7 | 658.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.4 | 11.5 | 13.5 | SDR-32.5 | |
| N102 | 350633.698 | 1186979.957 | 433.528 | 19.5 | 677.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.4 | 9.8 | 11.9 | SDR-32.5 | V. Aire, |
| N103 | 350609.336 | 1186965.389 | 433.663 | 28.4 | 706.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.3 | 9.6 | 11.7 | SDR-32.5 | |
| N104 | 350603.629 | 1186960.935 | 432.089 | 7.4 | 713.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.2 | 11.2 | 13.3 | SDR-32.5 | |
| N105 | 350599.319 | 1186957.703 | 433.051 | 5.5 | 718.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.2 | 10.2 | 12.4 | SDR-32.5 | |
| N106 | 350577.467 | 1186936.143 | 431.105 | 30.8 | 749.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.1 | 12.0 | 14.3 | SDR-32.5 | |
| N107 | 350564.535 | 1186924.057 | 431.131 | 17.7 | 767.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 443.1 | 11.9 | 14.3 | SDR-32.5 | |
| N108 | 350553.293 | 1186918.369 | 431.039 | 12.6 | 779.9 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.0 | 12.0 | 14.4 | SDR-32.5 | |
| N109 | 350541.408 | 1186913.904 | 431.197 | 12.7 | 792.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.0 | 11.8 | 14.2 | SDR-32.5 | |
| N110 | 350535.032 | 1186909.506 | 430.205 | 7.8 | 800.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 443.0 | 12.8 | 15.2 | SDR-32.5 | |
| N111 | 350521.826 | 1186905.071 | 432.029 | 14.0 | 814.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.9 | 10.9 | 13.4 | SDR-32.5 | |
| N112 | 350490.635 | 1186892.502 | 432.064 | 33.6 | 848.1 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 442.8 | 10.8 | 13.3 | SDR-32.5 | |
| N113 | 350486.204 | 1186889.558 | 432.743 | 5.4 | 853.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.8 | 10.1 | 12.7 | SDR-32.5 | |
| N114 | 350477.903 | 1186884.146 | 431.811 | 10.0 | 863.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.8 | 11.0 | 13.6 | SDR-32.5 | V. Aire, |
| N115 | 350460.034 | 1186884.679 | 429.335 | 18.0 | 881.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 442.7 | 13.4 | 16.1 | SDR-32.5 | |
| N116 | 350451.156 | 1186883.556 | 430.328 | 9.0 | 890.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.7 | 12.4 | 15.1 | SDR-32.5 | |
| N117 | 350431.606 | 1186880.926 | 426.719 | 20.1 | 910.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 442.6 | 15.9 | 18.7 | SDR-32.5 | |
| N118 | 350429.323 | 1186880.369 | 425.42 | 2.7 | 913.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.6 | 17.2 | 20.0 | SDR-32.5 | V. Limpieza |
| N119 | 350427.264 | 1186879.378 | 425.233 | 2.3 | 915.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.6 | 17.4 | 20.2 | SDR-32.5 | |
| N120 | 350424.258 | 1186878.21 | 426.651 | 3.5 | 919.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.6 | 16.0 | 18.8 | SDR-32.5 | |
| N121 | 350419.587 | 1186877.58 | 427.443 | 4.8 | 923.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.6 | 15.1 | 18.0 | SDR-32.5 | |
| N122 | 350413.762 | 1186875.901 | 427.975 | 6.1 | 929.9 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.6 | 14.6 | 17.4 | SDR-32.5 | |
| N123 | 350397.56 | 1186869.696 | 427.019 | 17.4 | 947.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 442.5 | 15.5 | 18.4 | SDR-32.5 | |
| N124 | 350385.154 | 1186864.335 | 427.153 | 13.5 | 960.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.5 | 15.3 | 18.3 | SDR-32.5 | |
| N125 | 350381.574 | 1186862.788 | 426.135 | 4.0 | 964.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.5 | 16.3 | 19.3 | SDR-32.5 | |
| N24 | 350364.203 | 1186848.087 | 428.781 | 22.9 | 987.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 442.4 | 13.6 | 16.6 | SDR-32.5 | |
| N23 | 350355.479 | 1186843.533 | 429.386 | 9.9 | 997.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 442.4 | 13.0 | 16.0 | SDR-32.5 | |
| N22 | 350308.228 | 1186820.275 | 429.161 | 52.7 | 1050.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.2 | 442.2 | 13.0 | 16.2 | SDR-32.5 | |
| N21 | 350265.429 | 1186803.771 | 427.324 | 45.9 | 1096.1 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 442.1 | 14.7 | 18.1 | SDR-32.5 | |
| N20 | 350246.733 | 1186796.625 | 425.635 | 20.1 | 1116.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 442.0 | 16.4 | 19.8 | SDR-32.5 | |
| N19 | 350230.419 | 1186790.391 | 425.65 | 17.5 | 1133.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.9 | 16.3 | 19.8 | SDR-32.5 | |
| L18 | 350212.494 | 1186785.048 | 425.181 | 18.7 | 1152.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.9 | 16.7 | 20.2 | SDR-32.5 | |
| N17 | 350199.721 | 1186783.458 | 424.632 | 12.9 | 1165.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.8 | 17.2 | 20.8 | SDR-32.5 | |
| N16 | 350179.084 | 1186780.282 | 422.162 | 21.0 | 1186.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.8 | 19.6 | 23.2 | SDR-32.5 | |
| N15 | 350164.858 | 1186777.178 | 421.885 | 14.6 | 1200.9 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.7 | 19.8 | 23.5 | SDR-32.5 | |
| N14 | 350132.289 | 1186768.132 | 420.944 | 33.8 | 1234.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.6 | 20.7 | 24.5 | SDR-32.5 | |
| N13 | 350122.196 | 1186763.067 | 422.271 | 11.4 | 1246.1 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.6 | 19.3 | 23.1 | SDR-32.5 | |
| N12 | 350108.56 | 1186755.64 | 427.528 | 16.4 | 1262.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.5 | 14.0 | 17.9 | SDR-32.5 | V. Aire, |

Figura 38. Diseño conducción principal (continuación)

Anexo 11

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------|-------------|---------|------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|---------|
| N11 | 350088.809 | 1186746.698 | 426.431 | 21.7 | 1284.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.5 | 15.0 | 19.0 | SDR-32.5 | |
| N10 | 350083.677 | 1186742.955 | 428.212 | 6.6 | 1290.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.5 | 13.2 | 17.2 | SDR-32.5 | |
| N9 | 350079.194 | 1186741.009 | 426.228 | 5.3 | 1296.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.4 | 15.2 | 19.2 | SDR-32.5 | |
| N8 | 350050.615 | 1186700.188 | 426.791 | 49.8 | 1345.9 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.2 | 441.3 | 14.5 | 18.6 | SDR-32.5 | |
| N7 | 350045.364 | 1186692.579 | 426.636 | 9.2 | 1355.1 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.3 | 14.6 | 18.8 | SDR-32.5 | |
| N6 | 350027.797 | 1186668.935 | 424.091 | 29.6 | 1384.7 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.2 | 17.1 | 21.3 | SDR-32.5 | |
| N5 | 350015.943 | 1186654.776 | 424.779 | 18.5 | 1403.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.1 | 16.3 | 20.6 | SDR-32.5 | |
| N4 | 349997.785 | 1186633.087 | 425.997 | 28.3 | 1431.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 441.0 | 15.0 | 19.4 | SDR-32.5 | |
| N3A | 349992.101 | 1186624.273 | 426.049 | 10.5 | 1442.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.0 | 14.9 | 19.4 | SDR-32.5 | |
| N3 | 349990.414 | 1186618.771 | 428.744 | 6.4 | 1448.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 441.0 | 12.2 | 16.7 | SDR-32.5 | |
| N2 | 349987.139 | 1186607.516 | 430.753 | 11.9 | 1460.2 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.0 | 440.9 | 10.2 | 14.7 | SDR-32.5 | |
| N1 | 349982.87 | 1186582.147 | 432.765 | 25.8 | 1486.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.8 | 8.1 | 12.6 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| L132 | 350019.754 | 1186516.804 | 431.918 | 75.0 | 1561.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.2 | 440.6 | 8.7 | 13.5 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| L133 | 350025.56 | 1186486.2 | 428.154 | 31.4 | 1592.4 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.5 | 12.4 | 17.3 | SDR-32.5 | |
| L134 | 350028.979 | 1186468.809 | 425.744 | 17.9 | 1610.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.5 | 14.7 | 19.7 | SDR-32.5 | |
| L135 | 350032.205 | 1186439.969 | 424.996 | 29.0 | 1639.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.4 | 15.4 | 20.4 | SDR-32.5 | |
| L136 | 350034.612 | 1186418.827 | 424.229 | 21.3 | 1660.6 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.3 | 16.1 | 21.2 | SDR-32.5 | |
| L137 | 350036.189 | 1186399.566 | 422.593 | 19.4 | 1680.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.2 | 17.7 | 22.8 | SDR-32.5 | |
| L138 | 350038.435 | 1186379.636 | 425.807 | 20.3 | 1700.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.2 | 14.4 | 19.6 | SDR-32.5 | |
| L139 | 350041.364 | 1186347.773 | 426.781 | 32.0 | 1732.3 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.1 | 13.3 | 18.6 | SDR-32.5 | |

Figura 39. Diseño conducción principal (continuación)

Anexo 12.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|-------------|---------|------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|------------|
| L140 | 350045.285 | 1186310.843 | 427.289 | 37.1 | 1769.5 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 440.0 | 12.7 | 18.1 | SDR-32.5 | |
| L141 | 350049.131 | 1186286.78 | 427.732 | 24.4 | 1793.9 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 439.9 | 12.2 | 17.7 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| L142 | 350053.781 | 1186260.139 | 425.907 | 27.1 | 1821.0 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 439.8 | 13.9 | 19.5 | SDR-32.5 | |
| L143 | 350061.42 | 1186217.252 | 421.335 | 43.8 | 1864.8 | 29.00 | 206 | 0.9 | 0.1 | 439.7 | 18.3 | 24.1 | SDR-32.5 | V.C.Línea, |
| T-N144 | 350063.277 | 1186207.869 | 420.605 | 9.6 | 1874.4 | 27.88 | 206 | 0.8 | 0.0 | 439.6 | 19.0 | 24.8 | SDR-32.5 | Toma 1 |
| N145 | 350046.036 | 1186202.972 | 420.074 | 17.9 | 1892.3 | 27.88 | 158 | 1.4 | 0.2 | 439.5 | 19.4 | 25.3 | SDR-32.5 | |
| T-N146 | 350001.596 | 1186191.63 | 419.484 | 45.9 | 1938.2 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.4 | 439.0 | 19.5 | 25.9 | SDR-32.5 | Toma 2 |
| N147 | 349980.174 | 1186186.78 | 418.344 | 22.0 | 1960.2 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 438.8 | 20.5 | 27.1 | SDR-32.5 | |
| N148 | 349960.632 | 1186179.047 | 418.002 | 21.0 | 1981.2 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 438.6 | 20.6 | 27.4 | SDR-32.5 | |
| N149 | 349925.502 | 1186162.941 | 416.768 | 38.7 | 2019.8 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.4 | 438.2 | 21.4 | 28.6 | SDR-32.5 | |
| N150 | 349909.925 | 1186155.649 | 416.752 | 17.2 | 2037.0 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 438.0 | 21.3 | 28.7 | SDR-32.5 | |
| N151 | 349890.08 | 1186150.862 | 416.221 | 20.4 | 2057.5 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 437.9 | 21.6 | 29.2 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N152 | 349869.019 | 1186145.467 | 414.176 | 21.8 | 2079.3 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 437.6 | 23.5 | 31.2 | SDR-32.5 | |
| N153 | 349852.689 | 1186137.603 | 412.72 | 18.2 | 2097.5 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 437.5 | 24.7 | 32.7 | SDR-32.5 | |
| N154 | 349839.379 | 1186129.42 | 411.358 | 15.7 | 2113.2 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 437.3 | 26.0 | 34.1 | SDR-32.5 | |
| N155 | 349815.179 | 1186109.958 | 408.838 | 31.2 | 2144.3 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.3 | 437.0 | 28.2 | 36.6 | SDR-32.5 | |
| N156 | 349793.293 | 1186094.336 | 405.594 | 27.1 | 2171.4 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.3 | 436.7 | 31.1 | 39.8 | SDR-32.5 | |
| N157 | 349770.232 | 1186079.17 | 402.076 | 27.8 | 2199.2 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.3 | 436.5 | 34.4 | 43.3 | SDR-32.5 | |
| N158 | 349738.475 | 1186061.237 | 400.287 | 36.5 | 2235.7 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.4 | 436.1 | 35.8 | 45.1 | SDR-32.5 | |
| N159 | 349720.064 | 1186049.471 | 398.843 | 21.9 | 2257.6 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.2 | 435.9 | 37.1 | 46.6 | SDR-32.5 | |
| N160 | 349685.629 | 1186031.062 | 397.911 | 39.1 | 2296.7 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.4 | 435.5 | 37.6 | 47.5 | SDR-32.5 | |
| N161 | 349648.288 | 1186010.956 | 396.326 | 42.4 | 2339.1 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.4 | 435.1 | 38.8 | 49.1 | SDR-32.5 | |
| N162 | 349605.056 | 1185995.571 | 394.199 | 45.9 | 2385.1 | 26.77 | 158 | 1.4 | 0.4 | 434.7 | 40.5 | 51.2 | SDR-32.5 | |
| T-N163 | 349581.526 | 1185987.478 | 392.731 | 24.9 | 2410.0 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 434.4 | 41.7 | 52.7 | SDR-32.5 | Toma 3 |
| N164 | 349544.664 | 1185974.288 | 392.11 | 39.2 | 2449.2 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.4 | 434.1 | 42.0 | 53.3 | SDR-32.5 | |
| N165 | 349505.849 | 1185961.01 | 391.594 | 41.0 | 2490.2 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.4 | 433.7 | 42.1 | 53.8 | SDR-32.5 | |
| N166 | 349484.24 | 1185953.622 | 390.988 | 22.8 | 2513.0 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 433.5 | 42.5 | 54.4 | SDR-32.5 | |
| N167 | 349468.387 | 1185945.847 | 389.978 | 17.7 | 2530.7 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 433.4 | 43.4 | 55.4 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N168 | 349450.193 | 1185930.364 | 387.708 | 24.0 | 2554.7 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 433.1 | 45.4 | 57.7 | SDR-32.5 | |
| N169 | 349427.952 | 1185908.333 | 386.312 | 31.3 | 2586.0 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.3 | 432.9 | 46.5 | 59.1 | SDR-32.5 | |
| N170 | 349414.999 | 1185895.655 | 385.667 | 18.1 | 2604.2 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 432.7 | 47.0 | 59.7 | SDR-32.5 | |
| N171 | 349405.016 | 1185883.215 | 385.19 | 16.0 | 2620.1 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.1 | 432.6 | 47.4 | 60.2 | SDR-32.5 | |
| N172 | 349394.074 | 1185865.723 | 383.965 | 20.7 | 2640.8 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 432.4 | 48.4 | 61.4 | SDR-32.5 | |
| N173 | 349378.71 | 1185838.476 | 382.741 | 31.3 | 2672.1 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.3 | 432.1 | 49.3 | 62.7 | SDR-32.5 | |
| N174 | 349371.798 | 1185823.546 | 381.819 | 16.5 | 2688.6 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.1 | 431.9 | 50.1 | 63.6 | SDR-32.5 | |
| N175 | 349366.769 | 1185809.082 | 381.148 | 15.3 | 2703.9 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.1 | 431.8 | 50.7 | 64.3 | SDR-32.5 | |
| N176 | 349363.873 | 1185785.138 | 380.025 | 24.1 | 2728.1 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 431.6 | 51.6 | 65.4 | SDR-32.5 | |
| N177 | 349363.084 | 1185766.022 | 379.61 | 19.1 | 2747.2 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 431.4 | 51.8 | 65.8 | SDR-32.5 | |
| N178 | 349355.62 | 1185741.648 | 378.401 | 25.5 | 2772.7 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 431.2 | 52.8 | 67.0 | SDR-32.5 | |
| N179 | 349353.88 | 1185736.879 | 377.858 | 5.1 | 2777.8 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.0 | 431.1 | 53.3 | 67.6 | SDR-32.5 | |

Figura 40. Diseño conducción principal (continuación)

Anexo 13.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|-------------|---------|------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|-------------------|
| N180 | 349352.397 | 1185732.248 | 378.432 | 4.9 | 2782.7 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.0 | 431.1 | 52.7 | 67.0 | SDR-32.5 | |
| N181 | 349343.468 | 1185710.252 | 379.442 | 23.8 | 2806.5 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 430.9 | 51.4 | 66.0 | SDR-32.5 | |
| N182 | 349331.824 | 1185688.172 | 380.617 | 25.0 | 2831.5 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 430.7 | 50.0 | 64.8 | SDR-32.5 | |
| N183 | 349328.684 | 1185680.429 | 381.05 | 8.4 | 2839.8 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.1 | 430.6 | 49.5 | 64.4 | SDR-32.5 | |
| N184 | 349325.389 | 1185653.467 | 382.541 | 27.2 | 2867.0 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 430.3 | 47.8 | 62.9 | SDR-32.5 | |
| N185 | 349323.524 | 1185625.675 | 383.841 | 27.9 | 2894.9 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.3 | 430.1 | 46.2 | 61.6 | SDR-32.5 | |
| N186 | 349317.875 | 1185603.552 | 385.175 | 22.9 | 2917.8 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 429.9 | 44.7 | 60.2 | SDR-32.5 | |
| N187 | 349309.97 | 1185585.695 | 385.771 | 19.5 | 2937.3 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 429.7 | 43.9 | 59.6 | SDR-32.5 | V.C.Línea,V.Aire, |
| N188 | 349300.485 | 1185567.085 | 385.811 | 20.9 | 2958.2 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 429.5 | 43.7 | 59.6 | SDR-32.5 | |
| N189 | 349288.283 | 1185550.899 | 385.931 | 20.3 | 2978.5 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 429.3 | 43.4 | 59.5 | SDR-32.5 | |
| N190 | 349279.148 | 1185544.196 | 385.951 | 11.3 | 2989.8 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.1 | 429.2 | 43.3 | 59.5 | SDR-32.5 | |
| N191 | 349257.678 | 1185534.375 | 386.273 | 23.6 | 3013.4 | 25.65 | 158 | 1.3 | 0.2 | 429.0 | 42.7 | 59.1 | SDR-32.5 | |
| T-N192 | 349237.262 | 1185530.509 | 386.578 | 20.8 | 3034.2 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 428.8 | 42.3 | 58.8 | SDR-32.5 | Toma 4 |
| N193 | 349214.989 | 1185528.294 | 387.112 | 22.4 | 3056.6 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 428.7 | 41.5 | 58.3 | SDR-32.5 | |
| N194 | 349188.946 | 1185526.707 | 388.258 | 26.1 | 3082.7 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 428.4 | 40.2 | 57.2 | SDR-32.5 | |
| N195 | 349179.737 | 1185524.661 | 388.721 | 9.4 | 3092.2 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.1 | 428.4 | 39.6 | 56.7 | SDR-32.5 | |
| N196 | 349155.304 | 1185511.637 | 390.779 | 27.8 | 3119.9 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 428.1 | 37.4 | 54.6 | SDR-32.5 | |
| N197 | 349147.752 | 1185505.988 | 390.805 | 9.4 | 3129.4 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.1 | 428.1 | 37.3 | 54.6 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N198 | 349137.77 | 1185493.156 | 389.956 | 16.3 | 3145.6 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.1 | 427.9 | 38.0 | 55.5 | SDR-32.5 | |
| N199 | 349130.725 | 1185475.243 | 388.668 | 19.3 | 3164.9 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 427.8 | 39.1 | 56.7 | SDR-32.5 | |
| N200 | 349125.583 | 1185456.456 | 387.546 | 19.5 | 3184.4 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 427.6 | 40.1 | 57.9 | SDR-32.5 | |
| N201 | 349117.131 | 1185436.8 | 384.899 | 21.6 | 3206.0 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 427.4 | 42.5 | 60.5 | SDR-32.5 | |
| N202 | 349107.543 | 1185419.608 | 383.851 | 19.7 | 3225.7 | 24.54 | 158 | 1.3 | 0.2 | 427.3 | 43.4 | 61.6 | SDR-32.5 | |
| T-N203 | 349095.056 | 1185392.39 | 383.38 | 29.9 | 3255.7 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.2 | 427.0 | 43.7 | 62.0 | SDR-32.5 | Toma 5 |
| N204 | 349083.135 | 1185386.108 | 383.168 | 13.5 | 3269.1 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.1 | 426.9 | 43.8 | 62.2 | SDR-32.5 | |
| N206 | 349069.044 | 1185381.7 | 383.089 | 14.8 | 3283.9 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.1 | 426.8 | 43.7 | 62.3 | SDR-32.5 | |
| N207 | 349035.272 | 1185377.864 | 383.042 | 34.0 | 3317.9 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.3 | 426.6 | 43.5 | 62.4 | SDR-32.5 | |
| N208 | 349011.953 | 1185377.944 | 383.377 | 23.3 | 3341.2 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.2 | 426.4 | 43.0 | 62.0 | SDR-32.5 | |
| N209 | 348966.026 | 1185378.487 | 384.392 | 45.9 | 3387.2 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.3 | 426.0 | 41.6 | 61.0 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N210 | 348929.841 | 1185378.472 | 383.712 | 36.2 | 3423.4 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.3 | 425.8 | 42.0 | 61.7 | SDR-32.5 | |
| N211 | 348912.577 | 1185373.429 | 382.893 | 18.0 | 3441.4 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.1 | 425.6 | 42.7 | 62.5 | SDR-32.5 | |
| N212 | 348893.722 | 1185358.191 | 382.029 | 24.3 | 3465.6 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.2 | 425.4 | 43.4 | 63.4 | SDR-32.5 | |
| N213 | 348871.796 | 1185341.369 | 381.108 | 27.7 | 3493.3 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.2 | 425.2 | 44.1 | 64.3 | SDR-32.5 | |
| N214 | 348846.597 | 1185323.16 | 379.246 | 31.1 | 3524.4 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.2 | 425.0 | 45.7 | 66.2 | SDR-32.5 | |
| N215 | 348818.267 | 1185302.161 | 377.602 | 35.3 | 3559.7 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.3 | 424.7 | 47.1 | 67.8 | SDR-32.5 | |
| N216 | 348806.45 | 1185296.34 | 376.724 | 13.2 | 3572.9 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.1 | 424.6 | 47.9 | 68.7 | SDR-32.5 | |
| N217 | 348793.116 | 1185294.423 | 375.909 | 13.5 | 3586.4 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.1 | 424.5 | 48.6 | 69.5 | SDR-32.5 | |
| N218 | 348755.624 | 1185296.426 | 373.773 | 37.6 | 3624.0 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.3 | 424.2 | 50.5 | 71.6 | SDR-32.5 | |
| N219 | 348725.783 | 1185298.986 | 373.076 | 30.0 | 3654.0 | 23.42 | 158 | 1.2 | 0.2 | 424.0 | 50.9 | 72.3 | SDR-32.5 | |
| T-N220 | 348703.268 | 1185300.434 | 372.34 | 22.6 | 3676.6 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.1 | 423.9 | 51.5 | 73.1 | SDR-32.5 | Tomas 6-7 |

Figura 41. Diseño conducción principal (continuación)

Anexo 14.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|-------------|---------|------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|------|------|----------|---------------------------|
| N221 | 348662.42 | 1185304.329 | 371.076 | 41.1 | 3717.6 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.3 | 423.6 | 52.5 | 74.3 | SDR-32.5 | |
| N222 | 348632.655 | 1185308.243 | 369.634 | 30.1 | 3747.7 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.2 | 423.4 | 53.8 | 75.8 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N223 | 348602.792 | 1185315.57 | 367.295 | 30.8 | 3778.5 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.2 | 423.2 | 55.9 | 78.1 | SDR-32.5 | |
| N224 | 348583.231 | 1185318.631 | 366.001 | 19.8 | 3798.3 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.1 | 423.1 | 57.1 | 79.4 | SDR-32.5 | |
| N225 | 348570.815 | 1185317.408 | 365.352 | 12.5 | 3810.8 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.1 | 423.0 | 57.7 | 80.1 | SDR-32.5 | |
| N226 | 348526.6 | 1185304.783 | 363.509 | 46.0 | 3856.9 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.3 | 422.7 | 59.2 | 81.9 | SDR-32.5 | |
| N227 | 348489.361 | 1185295.668 | 362.706 | 38.3 | 3895.2 | 21.20 | 158 | 1.1 | 0.2 | 422.5 | 59.8 | 82.7 | SDR-32.5 | |
| T-N228 | 348457.963 | 1185287.022 | 362.24 | 32.6 | 3927.8 | 20.08 | 158 | 1.0 | 0.2 | 422.3 | 60.1 | 83.2 | SDR-32.5 | Toma 8 |
| N229 | 348414.807 | 1185277.892 | 361.644 | 44.1 | 3971.9 | 20.08 | 158 | 1.0 | 0.3 | 422.0 | 60.4 | 83.8 | SDR-32.5 | |
| T-N230 | 348377.417 | 1185268.688 | 361.659 | 38.5 | 4010.4 | 18.96 | 158 | 1.0 | 0.2 | 421.9 | 60.2 | 83.7 | SDR-32.5 | Toma 9 |
| N231 | 348331.412 | 1185258.581 | 361.979 | 47.1 | 4057.5 | 18.96 | 158 | 1.0 | 0.2 | 421.6 | 59.6 | 83.4 | SDR-32.5 | |
| T-N232 | 348291.48 | 1185251.723 | 363.343 | 40.5 | 4098.0 | 17.85 | 158 | 0.9 | 0.2 | 421.4 | 58.1 | 82.1 | SDR-32.5 | Toma 10 |
| T-N233 | 348264.508 | 1185245.139 | 362.975 | 27.8 | 4125.8 | 16.73 | 158 | 0.9 | 0.1 | 421.3 | 58.3 | 82.4 | SDR-32.5 | Toma 11 |
| T-N234 | 348215.149 | 1185233.831 | 362.94 | 50.6 | 4176.4 | 10.04 | 107 | 1.1 | 0.5 | 420.8 | 57.8 | 82.5 | SDR-32.5 | Ramal 1,V.Aire,V.C.Línea, |
| N235 | 348204.758 | 1185233.542 | 362.772 | 10.4 | 4186.8 | 10.04 | 107 | 1.1 | 0.1 | 420.7 | 57.9 | 82.6 | SDR-32.5 | |
| N236 | 348169.307 | 1185242.374 | 361.201 | 36.6 | 4223.4 | 10.04 | 106 | 1.1 | 0.4 | 420.3 | 59.1 | 84.2 | SDR-32.5 | |
| N237 | 348117.532 | 1185256.128 | 358.507 | 53.6 | 4277.0 | 10.04 | 106 | 1.1 | 0.6 | 419.7 | 61.2 | 86.9 | SDR-26 | |
| N238 | 348101.622 | 1185263.255 | 357.857 | 17.4 | 4294.5 | 10.04 | 106 | 1.1 | 0.2 | 419.5 | 61.6 | 87.6 | SDR-26 | |
| N239 | 348055.427 | 1185291.366 | 356.985 | 54.1 | 4348.6 | 10.04 | 106 | 1.1 | 0.6 | 418.9 | 61.9 | 88.4 | SDR-26 | |
| N240 | 348032.202 | 1185304.774 | 356.731 | 26.8 | 4375.4 | 10.04 | 106 | 1.1 | 0.3 | 418.6 | 61.9 | 88.7 | SDR-26 | |

Figura 42. Diseño conducción principal (continuación)

Anexo 15.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|-------------|---------|------|--------|-------|-----|-----|-----|-------|------|-------|----------|--|
| N241 | 348014.131 | 1185313.206 | 357.028 | 19.9 | 4395.3 | 10.04 | 106 | 1.1 | 0.2 | 418.4 | 61.3 | 88.4 | SDR-26 | |
| T-N242 | 347992.495 | 1185319.94 | 357.23 | 22.7 | 4418.0 | 8.92 | 106 | 1.0 | 0.2 | 418.2 | 60.9 | 88.2 | SDR-26 | Toma 18 |
| N243 | 347950.631 | 1185326.084 | 359.915 | 42.4 | 4460.4 | 8.92 | 106 | 1.0 | 0.4 | 417.8 | 57.9 | 85.5 | SDR-26 | |
| N244 | 347906.646 | 1185328.104 | 362.2 | 44.1 | 4504.5 | 8.92 | 107 | 1.0 | 0.4 | 417.4 | 55.2 | 83.2 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| N245 | 347889.656 | 1185328.631 | 362.354 | 17.0 | 4521.5 | 8.92 | 107 | 1.0 | 0.1 | 417.3 | 54.9 | 83.1 | SDR-32.5 | |
| N246 | 347857.942 | 1185330.288 | 361.582 | 31.8 | 4553.2 | 8.92 | 107 | 1.0 | 0.3 | 417.0 | 55.4 | 83.8 | SDR-32.5 | |
| N247 | 347830.371 | 1185331.031 | 361.269 | 27.6 | 4580.8 | 8.92 | 107 | 1.0 | 0.2 | 416.8 | 55.5 | 84.1 | SDR-32.5 | |
| N248 | 347803.722 | 1185329.1 | 361.199 | 26.7 | 4607.5 | 8.92 | 107 | 1.0 | 0.2 | 416.5 | 55.3 | 84.2 | SDR-32.5 | |
| N249 | 347777.988 | 1185326.252 | 360.804 | 25.9 | 4633.4 | 8.92 | 107 | 1.0 | 0.2 | 416.3 | 55.5 | 84.6 | SDR-32.5 | |
| T-N250 | 347751.277 | 1185323.522 | 360.071 | 26.9 | 4660.3 | 7.80 | 106 | 0.9 | 0.2 | 416.1 | 56.1 | 85.3 | SDR-26 | Toma 19 |
| N251 | 347717.067 | 1185321.091 | 359.103 | 34.3 | 4694.6 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.8 | 415.3 | 56.2 | 86.3 | SDR-26 | |
| N252 | 347681.652 | 1185318.775 | 358.092 | 35.5 | 4730.1 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.9 | 414.4 | 56.4 | 87.3 | SDR-26 | |
| N253 | 347646.291 | 1185317.197 | 357.571 | 35.4 | 4765.5 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.9 | 413.6 | 56.0 | 87.8 | SDR-26 | |
| N254 | 347598.739 | 1185315.475 | 357.038 | 47.6 | 4813.1 | 7.80 | 82 | 1.5 | 1.2 | 412.4 | 55.4 | 88.4 | SDR-26 | |
| N255 | 347559.163 | 1185316.332 | 356.898 | 39.6 | 4852.7 | 7.80 | 82 | 1.5 | 1.0 | 411.5 | 54.6 | 88.5 | SDR-26 | |
| N256 | 347539.646 | 1185316.619 | 356.602 | 19.5 | 4872.2 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.5 | 411.0 | 54.4 | 88.8 | SDR-26 | |
| N257 | 347517.602 | 1185315.33 | 356.329 | 22.1 | 4894.3 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.5 | 410.5 | 54.1 | 89.1 | SDR-26 | |
| N258 | 347478.593 | 1185308.325 | 355.805 | 39.6 | 4933.9 | 7.80 | 82 | 1.5 | 1.0 | 409.5 | 53.7 | 89.6 | SDR-26 | V.Aire, |
| N259 | 347445.568 | 1185299.871 | 355.221 | 34.1 | 4968.0 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.8 | 408.7 | 53.5 | 90.2 | SDR-26 | |
| N260 | 347427.445 | 1185292.876 | 354.786 | 19.4 | 4987.5 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.5 | 408.2 | 53.4 | 90.6 | SDR-26 | |
| N261 | 347395.156 | 1185276.588 | 353.5 | 36.2 | 5023.6 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.9 | 407.3 | 53.8 | 91.9 | SDR-26 | |
| N262 | 347378.049 | 1185266.16 | 352.563 | 20.1 | 5043.7 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.5 | 406.9 | 54.3 | 92.8 | SDR-26 | |
| N263 | 347361.119 | 1185254.096 | 351.655 | 20.8 | 5064.5 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.5 | 406.4 | 54.7 | 93.8 | SDR-26 | |
| N264 | 347309.068 | 1185206.48 | 349.529 | 70.6 | 5135.1 | 7.80 | 82 | 1.5 | 1.7 | 404.6 | 55.1 | 95.9 | SDR-26 | |
| N265 | 347280.503 | 1185186.199 | 348.451 | 35.0 | 5170.1 | 7.80 | 82 | 1.5 | 0.8 | 403.8 | 55.3 | 97.0 | SDR-26 | |
| N266 | 347238.378 | 1185157.951 | 346.169 | 50.8 | 5220.9 | 7.80 | 82 | 1.5 | 1.2 | 402.6 | 56.4 | 99.2 | SDR-26 | |
| T-N267 | 347184.893 | 1185124.506 | 344.838 | 63.1 | 5284.0 | 6.69 | 82 | 1.3 | 1.1 | 401.4 | 56.6 | 100.6 | SDR-26 | Ramal 2 V.C.Línea,V.Aire, |
| N268 | 347174.353 | 1185116.921 | 344.507 | 13.0 | 5297.0 | 6.69 | 82 | 1.3 | 0.2 | 401.2 | 56.7 | 100.9 | SDR-26 | |
| T-N269 | 347137.323 | 1185097.12 | 343.908 | 42.0 | 5339.0 | 5.57 | 82 | 1.1 | 0.5 | 400.6 | 56.7 | 101.5 | SDR-26 | Toma 21 |
| T-N270 | 347111.523 | 1185084.561 | 343.355 | 28.7 | 5367.7 | 4.46 | 82 | 0.8 | 0.2 | 400.4 | 57.0 | 102.1 | SDR-26 | Toma 22, V.Aire, |
| N271 | 347071.164 | 1185063.232 | 341.594 | 45.7 | 5413.4 | 4.46 | 82 | 0.8 | 0.4 | 400.0 | 58.4 | 103.8 | SDR-26 | |
| N272 | 347060.835 | 1185058.076 | 341.342 | 11.5 | 5424.9 | 4.46 | 56 | 1.8 | 0.6 | 399.4 | 58.0 | 104.1 | SDR-26 | |
| N273 | 347047.067 | 1185046.904 | 340.176 | 17.8 | 5442.7 | 4.46 | 56 | 1.8 | 1.0 | 398.4 | 58.2 | 105.2 | SDR-26 | |
| N274 | 347028.604 | 1185028.668 | 339.308 | 26.0 | 5468.6 | 4.46 | 56 | 1.8 | 1.4 | 397.0 | 57.7 | 106.1 | SDR-26 | |
| N275 | 347003.159 | 1184998.476 | 337.318 | 39.5 | 5508.2 | 4.46 | 56 | 1.8 | 2.2 | 394.8 | 57.5 | 108.1 | SDR-26 | |
| N276 | 346966.825 | 1184964.72 | 334.334 | 49.7 | 5557.9 | 4.46 | 56 | 1.8 | 2.7 | 392.1 | 57.7 | 111.1 | SDR-26 | |
| N277 | 346945.884 | 1184947.242 | 333.087 | 27.3 | 5585.2 | 4.46 | 56 | 1.8 | 1.5 | 390.6 | 57.5 | 112.3 | SDR-26 | |
| T-N278 | 346902.115 | 1184915.491 | 331.109 | 54.1 | 5639.3 | 3.34 | 53 | 1.5 | 2.3 | 388.3 | 57.2 | 114.3 | SDR-17 | Toma 23 |
| N279 | 346886.843 | 1184905.45 | 330.3 | 18.3 | 5657.6 | 3.34 | 53 | 1.5 | 0.8 | 387.5 | 57.2 | 115.1 | SDR-17 | |
| T-N280 | 346875.368 | 1184895.519 | 329.5 | 15.2 | 5672.8 | 2.22 | 53 | 1.0 | 0.3 | 387.2 | 57.7 | 115.9 | SDR-17 | Toma 24 |
| N281 | 346855.867 | 1184876.089 | 328.342 | 27.6 | 5700.3 | 2.22 | 53 | 1.0 | 0.5 | 386.7 | 58.3 | 117.1 | SDR-17 | |
| N282 | 346835.321 | 1184851.947 | 326.522 | 31.8 | 5732.1 | 2.22 | 53 | 1.0 | 0.6 | 386.1 | 59.5 | 118.9 | SDR-17 | |
| T-N283 | 346803.105 | 1184810.599 | 323.38 | 52.5 | 5784.6 | 2.22 | 53 | 1.0 | 1.0 | 385.0 | 61.6 | 122.0 | SDR-17 | Tomas 25-26, V.Aire,V.Limpieza V.Alivio, |

Figura 43. Diseño conducción principal (continuación)

Anexo 16.

| Punto | Long | Lat | Elev. | L | Est | Caudal | D | V | H | NP | CD | Cest | Ced | Observaciones |
|---------|------------|-------------|---------|------|-------|--------|----|-----|-----|-------|------|-------|----------|---------------|
| N234 | 348215.149 | 1185233.831 | 362.94 | 0.0 | 0.0 | 6.69 | 83 | 1.2 | 0.0 | 420.6 | 57.7 | 82.4 | SDR-32.5 | V.C.Línea, |
| R1.1 | 348211.623 | 1185223.599 | 363.471 | 10.8 | 10.8 | 6.69 | 83 | 1.2 | 0.2 | 420.4 | 56.9 | 81.9 | SDR-32.5 | |
| T-R1.2 | 348205.059 | 1185190.277 | 365.651 | 34.0 | 44.9 | 5.58 | 83 | 1.0 | 0.4 | 420.0 | 54.3 | 79.7 | SDR-32.5 | Toma 1 |
| R1.3 | 348200.858 | 1185170.86 | 366.274 | 19.9 | 64.7 | 5.58 | 83 | 1.0 | 0.2 | 419.8 | 53.5 | 79.1 | SDR-32.5 | V.Aire, |
| R1.4 | 348193.167 | 1185151.032 | 364.681 | 21.3 | 86.1 | 5.58 | 83 | 1.0 | 0.3 | 419.5 | 54.8 | 80.7 | SDR-32.5 | |
| T-R1.5 | 348187.793 | 1185126.752 | 363.729 | 24.9 | 111.0 | 4.46 | 83 | 0.8 | 0.2 | 419.3 | 55.6 | 81.6 | SDR-32.5 | Toma 2 |
| T-R1.6 | 348188.056 | 1185097.842 | 363.275 | 28.9 | 139.9 | 3.35 | 57 | 1.3 | 0.9 | 418.4 | 55.2 | 82.1 | SDR-32.5 | Toma 3 |
| R1.7 | 348186.12 | 1185063.678 | 360.818 | 34.3 | 174.2 | 3.35 | 57 | 1.3 | 1.0 | 417.4 | 56.6 | 84.5 | SDR-32.5 | |
| R1.8 | 348179.599 | 1185027.633 | 356.91 | 36.8 | 211.0 | 3.35 | 56 | 1.4 | 1.2 | 416.2 | 59.3 | 88.4 | SDR-26 | |
| R1.9 | 348178.537 | 1185010.888 | 355.398 | 16.8 | 227.9 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.5 | 415.7 | 60.3 | 89.9 | SDR-26 | |
| R1.10 | 348180.755 | 1184990.168 | 353.206 | 21.0 | 248.8 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.7 | 415.0 | 61.8 | 92.1 | SDR-26 | |
| R1.11 | 348187.73 | 1184965.31 | 350.413 | 26.0 | 274.8 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.8 | 414.2 | 63.8 | 94.9 | SDR-26 | |
| R1.12 | 348197.125 | 1184939.366 | 346.171 | 27.9 | 302.7 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.9 | 413.3 | 67.1 | 99.2 | SDR-26 | |
| R1.13 | 348202.851 | 1184929.75 | 344.1 | 11.4 | 314.1 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.4 | 412.9 | 68.8 | 101.2 | SDR-26 | |
| R1.14 | 348210.399 | 1184922.174 | 341.785 | 10.9 | 325.0 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.4 | 412.6 | 70.8 | 103.6 | SDR-26 | |
| R1.15 | 348225.396 | 1184911.449 | 338.152 | 18.8 | 343.8 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.6 | 411.9 | 73.8 | 107.2 | SDR-26 | |
| R1.16 | 348247.272 | 1184900.834 | 336.372 | 24.4 | 368.2 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.8 | 411.2 | 74.8 | 109.0 | SDR-26 | |
| R1.17 | 348269.967 | 1184892.42 | 338.923 | 24.3 | 392.5 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.8 | 410.4 | 71.4 | 106.4 | SDR-26 | |
| R1.18 | 348291.06 | 1184888.915 | 342.344 | 21.7 | 414.2 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.7 | 409.7 | 67.3 | 103.0 | SDR-26 | |
| R1.19 | 348302.294 | 1184883.566 | 344.63 | 12.7 | 426.8 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.4 | 409.3 | 64.6 | 100.7 | SDR-26 | |
| R1.20 | 348331.597 | 1184868.414 | 349.156 | 33.3 | 460.1 | 3.35 | 56 | 1.4 | 1.1 | 408.2 | 59.0 | 96.2 | SDR-26 | |
| R1.21 | 348348.104 | 1184858.746 | 350.692 | 19.2 | 479.3 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.6 | 407.6 | 56.9 | 94.6 | SDR-26 | |
| R1.22 | 348378.322 | 1184838.937 | 352.454 | 36.2 | 515.5 | 3.35 | 56 | 1.4 | 1.2 | 406.4 | 53.9 | 92.9 | SDR-26 | |
| R1.23 | 348408.243 | 1184820.987 | 354.191 | 34.9 | 550.4 | 3.35 | 56 | 1.4 | 1.1 | 405.3 | 51.1 | 91.1 | SDR-26 | |
| R1.24 | 348427.501 | 1184809.638 | 355.293 | 22.4 | 572.8 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.7 | 404.6 | 49.3 | 90.0 | SDR-26 | |
| R1.25 | 348434.43 | 1184801.931 | 355.524 | 10.4 | 583.2 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.3 | 404.2 | 48.7 | 89.8 | SDR-26 | V.Aire, |
| R1.26 | 348445.531 | 1184782.588 | 355.332 | 22.3 | 605.5 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.7 | 403.5 | 48.2 | 90.0 | SDR-26 | |
| R1.27 | 348459.231 | 1184758.531 | 354.171 | 27.7 | 633.2 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.9 | 402.6 | 48.4 | 91.2 | SDR-26 | |
| R1.28 | 348468.015 | 1184740.985 | 353.07 | 19.7 | 652.9 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.6 | 402.0 | 48.9 | 92.3 | SDR-26 | |
| R1.29 | 348469.135 | 1184727.995 | 352.435 | 13.1 | 665.9 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.4 | 401.5 | 49.1 | 92.9 | SDR-26 | |
| R1.30 | 348465.119 | 1184714.061 | 351.819 | 14.5 | 680.4 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.5 | 401.1 | 49.3 | 93.5 | SDR-26 | |
| R1.31 | 348459.468 | 1184699.843 | 351.103 | 15.3 | 695.7 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.5 | 400.6 | 49.5 | 94.2 | SDR-26 | |
| R1.32 | 348445.348 | 1184668.109 | 347.752 | 34.9 | 730.6 | 3.35 | 56 | 1.4 | 1.1 | 399.5 | 51.7 | 97.6 | SDR-26 | |
| R1.33 | 348440.731 | 1184651.145 | 345.964 | 17.7 | 748.3 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.6 | 398.9 | 52.9 | 99.4 | SDR-26 | |
| R1.34 | 348439.917 | 1184640.967 | 346.294 | 10.2 | 758.5 | 3.35 | 56 | 1.4 | 0.3 | 398.6 | 52.3 | 99.0 | SDR-26 | |
| T-R1.35 | 348443.4 | 1184624.502 | 346.777 | 16.8 | 775.4 | 2.23 | 56 | 0.9 | 0.3 | 398.3 | 51.5 | 98.6 | SDR-26 | Toma 4V.Aire, |
| R1.36 | 348448.785 | 1184610.416 | 346.195 | 15.1 | 790.4 | 2.23 | 56 | 0.9 | 0.2 | 398.1 | 51.9 | 99.1 | SDR-26 | |
| R1.37 | 348454.365 | 1184600.029 | 345.532 | 11.8 | 802.3 | 2.23 | 56 | 0.9 | 0.2 | 397.9 | 52.4 | 99.8 | SDR-26 | |

Figura 44. Diseño ramal 1

Anexo 17.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-------------|---------|------|--------|------|----|-----|-----|-------|------|-------|--------|----------------------|
| R1.38 | 348463.618 | 1184592.827 | 344.774 | 11.7 | 814.0 | 2.23 | 56 | 0.9 | 0.2 | 397.7 | 52.9 | 100.6 | SDR-26 | |
| T-R1.39 | 348478.341 | 1184584.067 | 343.704 | 17.2 | 831.2 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 397.6 | 53.9 | 101.6 | SDR-26 | Toma 5 |
| R1.40 | 348488.56 | 1184579.094 | 342.817 | 11.4 | 842.6 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.0 | 397.6 | 54.8 | 102.5 | SDR-26 | |
| R1.41 | 348499.178 | 1184576.838 | 341.894 | 10.9 | 853.5 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.0 | 397.5 | 55.7 | 103.4 | SDR-26 | |
| R1.42 | 348509.885 | 1184577.104 | 341.09 | 10.7 | 864.2 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.0 | 397.5 | 56.4 | 104.3 | SDR-26 | |
| R1.43 | 348518.752 | 1184580.702 | 340.364 | 9.6 | 873.8 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.0 | 397.5 | 57.1 | 105.0 | SDR-26 | |
| R1.44 | 348535.972 | 1184590.391 | 338.585 | 19.8 | 893.6 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 397.4 | 58.8 | 106.8 | SDR-26 | |
| R1.45 | 348548.844 | 1184595.484 | 336.966 | 13.9 | 907.6 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 397.3 | 60.4 | 108.4 | SDR-26 | |
| R1.46 | 348560.725 | 1184594.968 | 335.363 | 12.0 | 919.6 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 397.3 | 61.9 | 110.0 | SDR-26 | |
| R1.47 | 348586.402 | 1184586.857 | 331.278 | 27.2 | 946.8 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.2 | 397.1 | 65.8 | 114.1 | SDR-17 | |
| R1.48 | 348611.769 | 1184575.338 | 329.706 | 27.9 | 974.7 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.2 | 397.0 | 67.3 | 115.6 | SDR-17 | |
| R1.49 | 348631.943 | 1184564.704 | 329.42 | 22.8 | 997.5 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.8 | 67.4 | 115.9 | SDR-17 | V.Aire |
| R1.50 | 348641.949 | 1184560.169 | 328.814 | 11.0 | 1008.5 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.8 | 68.0 | 116.5 | SDR-17 | |
| R1.51 | 348651.156 | 1184558.144 | 327.687 | 9.5 | 1018.0 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.7 | 69.0 | 117.7 | SDR-17 | |
| R1.52 | 348674.595 | 1184555.038 | 324.216 | 23.9 | 1041.9 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.6 | 72.4 | 121.1 | SDR-17 | V.Limpieza V.Alivio, |
| R1.53 | 348685.336 | 1184553.358 | 325.899 | 11.0 | 1052.9 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.5 | 70.6 | 119.4 | SDR-17 | |
| R1.54 | 348703.477 | 1184551.285 | 328.07 | 18.4 | 1071.3 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.4 | 68.4 | 117.3 | SDR-17 | |
| R1.55 | 348714.104 | 1184545.837 | 329.083 | 12.0 | 1083.3 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.4 | 67.3 | 116.3 | SDR-17 | |
| R1.56 | 348720.16 | 1184537.155 | 330.13 | 10.6 | 1093.9 | 1.12 | 53 | 0.5 | 0.1 | 396.3 | 66.2 | 115.2 | SDR-17 | |
| R1.57 | 348725.122 | 1184519.436 | 332.972 | 18.6 | 1112.5 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 396.2 | 63.3 | 112.4 | SDR-26 | |
| R1.58 | 348724.164 | 1184500.932 | 334.794 | 18.6 | 1131.2 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 396.1 | 61.4 | 110.5 | SDR-26 | |
| R1.59 | 348725.077 | 1184490.985 | 336.295 | 10.1 | 1141.3 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.0 | 396.1 | 59.8 | 109.0 | SDR-26 | |
| R1.60 | 348729.258 | 1184478.449 | 339.02 | 13.5 | 1154.8 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 396.0 | 57.0 | 106.3 | SDR-26 | |
| R1.61 | 348730.577 | 1184468.685 | 340.729 | 10.0 | 1164.8 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.0 | 396.0 | 55.3 | 104.6 | SDR-26 | |
| R1.62 | 348727.719 | 1184456.499 | 342.001 | 12.6 | 1177.3 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 396.0 | 54.0 | 103.3 | SDR-26 | |
| R1.63 | 348717.34 | 1184427.243 | 344.087 | 31.1 | 1208.5 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.8 | 51.7 | 101.3 | SDR-26 | |
| R1.64 | 348711.537 | 1184412.316 | 344.493 | 16.0 | 1224.5 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.8 | 51.3 | 100.8 | SDR-26 | |
| R1.65 | 348704.362 | 1184402.261 | 344.627 | 12.4 | 1236.8 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.7 | 51.1 | 100.7 | SDR-26 | V.Aire |
| R1.66 | 348692.745 | 1184388.927 | 344.094 | 17.7 | 1254.5 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.6 | 51.5 | 101.2 | SDR-26 | |
| R1.67 | 348687.307 | 1184377.265 | 343.896 | 12.9 | 1267.4 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.6 | 51.7 | 101.4 | SDR-26 | |
| R1.68 | 348684.887 | 1184361.917 | 344.024 | 15.5 | 1282.9 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.5 | 51.5 | 101.3 | SDR-26 | |
| R1.69 | 348687.012 | 1184343.371 | 344.457 | 18.7 | 1301.6 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.4 | 51.0 | 100.9 | SDR-26 | |
| T-R1.70 | 348696.836 | 1184320.959 | 345.117 | 24.5 | 1326.1 | 1.12 | 56 | 0.5 | 0.1 | 395.3 | 50.2 | 100.2 | SDR-26 | Toma 6 |

Figura 45. Diseño ramal 1 (continuación)

Anexo 18.

| Punto | Long | Lat | Elev. | L | Est | Caudal | D | V | H | NP | CD | Cest | Ced | Observaciones |
|--------------|-------------|-------------|--------------|----------|------------|---------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------|------------|----------------------|
| N268 | 347174.353 | 1185116.921 | 344.507 | 0.0 | 0.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.0 | 401.3 | 56.8 | 100.5 | SDR-26 | |
| R2.1 | 347183.506 | 1185106.509 | 344.235 | 13.9 | 13.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 400.9 | 56.7 | 100.8 | SDR-26 | |
| R2.2 | 347194.09 | 1185081.149 | 343.285 | 27.5 | 41.4 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.8 | 400.1 | 56.9 | 101.7 | SDR-26 | |
| R2.3 | 347201.032 | 1185061.192 | 342.103 | 21.2 | 62.5 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 399.5 | 57.4 | 102.9 | SDR-26 | |
| R2.4 | 347201.194 | 1185041.783 | 341.124 | 19.4 | 82.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 399.0 | 57.9 | 103.9 | SDR-26 | |
| R2.5 | 347202.3 | 1185023.796 | 340.049 | 18.1 | 100.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 398.5 | 58.4 | 105.0 | SDR-26 | |
| R2.6 | 347207.866 | 1185006.161 | 339.147 | 18.5 | 118.5 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 398.0 | 58.8 | 105.9 | SDR-26 | |
| R2.7 | 347218.593 | 1184983.663 | 337.571 | 25.0 | 143.5 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 397.3 | 59.7 | 107.4 | SDR-26 | V.Aire, |
| R2.8 | 347233.834 | 1184957.712 | 330.031 | 31.0 | 174.5 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.9 | 396.4 | 66.4 | 115.0 | SDR-17 | |
| R2.9 | 347241.549 | 1184943.043 | 329.307 | 16.6 | 191.1 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 395.9 | 66.6 | 115.7 | SDR-17 | |
| R2.10 | 347245.619 | 1184930.093 | 329.311 | 13.6 | 204.7 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 395.5 | 66.2 | 115.7 | SDR-17 | |
| R2.11 | 347249.264 | 1184906.278 | 328.894 | 24.1 | 228.8 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 394.9 | 66.0 | 116.1 | SDR-17 | |
| R2.12 | 347255.091 | 1184892.97 | 327.418 | 14.6 | 243.4 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 394.5 | 67.0 | 117.6 | SDR-17 | |
| R2.13 | 347253.642 | 1184879.61 | 325.362 | 13.6 | 257.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 394.1 | 68.7 | 119.6 | SDR-17 | |
| R2.14 | 347252.502 | 1184858.953 | 320.85 | 21.2 | 278.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 393.5 | 72.6 | 124.2 | SDR-17 | |
| R2.15 | 347254.153 | 1184840.738 | 316.791 | 18.7 | 296.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 393.0 | 76.2 | 128.2 | SDR-17 | |
| R2.16 | 347257.6 | 1184826.188 | 314.823 | 15.1 | 312.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 392.5 | 77.7 | 130.2 | SDR-17 | |
| R2.17 | 347259.159 | 1184808.478 | 312.592 | 17.9 | 329.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 392.0 | 79.4 | 132.4 | SDR-17 | |
| R2.18 | 347263.762 | 1184791.274 | 308.675 | 18.2 | 348.1 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 391.5 | 82.8 | 136.3 | SDR-17 | |
| R2.19 | 347260.884 | 1184768.32 | 302.095 | 24.1 | 372.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 390.8 | 88.7 | 142.9 | SDR-17 | |
| R2.20 | 347259.683 | 1184755.477 | 298.459 | 13.4 | 385.6 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 390.5 | 92.0 | 146.5 | SDR-17 | |
| R2.21 | 347262.232 | 1184740.011 | 296.014 | 15.9 | 401.4 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 390.0 | 94.0 | 149.0 | SDR-17 | |
| R2.22 | 347263.969 | 1184713.71 | 293.22 | 26.5 | 428.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 389.3 | 96.0 | 151.8 | SDR-17 | |
| R2.23 | 347262.31 | 1184701.711 | 293.967 | 12.1 | 440.1 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.3 | 388.9 | 95.0 | 151.0 | SDR-17 | |
| R2.24 | 347261.652 | 1184691.09 | 291.225 | 11.0 | 451.1 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.3 | 388.6 | 97.4 | 153.8 | SDR-17 | |
| R2.25 | 347257.518 | 1184684.789 | 290.088 | 7.6 | 458.7 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.2 | 388.4 | 98.3 | 154.9 | SDR-17 | |
| R2.26 | 347239.104 | 1184667.931 | 289.695 | 25.0 | 483.7 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 387.7 | 98.0 | 155.3 | SDR-17 | V.Limpieza V.Aliv |
| R2.27 | 347228.788 | 1184662.42 | 291.573 | 11.8 | 495.5 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.3 | 387.4 | 95.8 | 153.4 | SDR-17 | |
| R2.28 | 347210.973 | 1184657.796 | 294.613 | 18.7 | 514.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 386.8 | 92.2 | 150.4 | SDR-17 | |
| R2.29 | 347200.718 | 1184652.88 | 297.32 | 11.7 | 525.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.3 | 386.5 | 89.2 | 147.7 | SDR-17 | |
| R2.30 | 347195.829 | 1184640.447 | 298.787 | 13.4 | 539.3 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 386.1 | 87.3 | 146.2 | SDR-17 | |
| R2.31 | 347190.186 | 1184628.11 | 301.904 | 13.9 | 553.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 385.7 | 83.8 | 143.1 | SDR-17 | |
| R2.32 | 347185.932 | 1184609.658 | 305.934 | 19.4 | 572.6 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 385.2 | 79.3 | 139.1 | SDR-17 | |
| R2.33 | 347181.306 | 1184594.331 | 308.038 | 16.1 | 588.7 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 384.7 | 76.7 | 137.0 | SDR-17 | |
| R2.34 | 347184.789 | 1184572.111 | 310.905 | 22.7 | 611.4 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 384.1 | 73.2 | 134.1 | SDR-17 | |
| R2.35 | 347188.102 | 1184537.901 | 315.231 | 34.6 | 646.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 1.0 | 383.1 | 67.9 | 129.8 | SDR-17 | |
| R2.36 | 347184.858 | 1184518.786 | 316.144 | 19.4 | 665.4 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 382.6 | 66.4 | 128.9 | SDR-17 | V.Aire, |
| R2.37 | 347179.115 | 1184508.731 | 316.001 | 11.6 | 677.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.3 | 382.3 | 66.3 | 129.0 | SDR-17 | |

Figura 46. Diseño ramal 2

Anexo 19.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-------------|---------|------|--------|------|----|-----|-----|-------|------|-------|--------|----------------|
| R2.38 | 347171.658 | 1184497.269 | 315.565 | 13.7 | 690.7 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 381.9 | 66.3 | 129.4 | SDR-17 | |
| R2.39 | 347161.999 | 1184486.101 | 314.943 | 14.8 | 705.5 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 381.5 | 66.5 | 130.1 | SDR-17 | |
| R2.40 | 347143.113 | 1184467.554 | 313.162 | 26.5 | 732.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 380.7 | 67.6 | 131.8 | SDR-17 | |
| R2.41 | 347130.062 | 1184457.871 | 312.787 | 16.3 | 748.3 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 380.3 | 67.5 | 132.2 | SDR-17 | |
| R2.42 | 347110.406 | 1184447.301 | 312.759 | 22.3 | 770.6 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 379.6 | 66.9 | 132.2 | SDR-17 | |
| R2.43 | 347086.91 | 1184435.068 | 312.656 | 26.5 | 797.1 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 378.9 | 66.2 | 132.4 | SDR-17 | |
| R2.44 | 347065.916 | 1184426.196 | 312.883 | 22.8 | 819.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 378.2 | 65.4 | 132.1 | SDR-17 | |
| R2.45 | 347039.203 | 1184418.887 | 311.897 | 27.7 | 847.6 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.8 | 377.5 | 65.6 | 133.1 | SDR-17 | V.Aire, |
| R2.46 | 347005.926 | 1184407.346 | 308.934 | 35.3 | 882.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 1.0 | 376.5 | 67.5 | 136.1 | SDR-17 | |
| R2.47 | 346979.19 | 1184395.506 | 303.689 | 29.7 | 912.6 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.8 | 375.6 | 71.9 | 141.3 | SDR-17 | |
| R2.48 | 346967.339 | 1184388.684 | 302.77 | 13.7 | 926.3 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 375.3 | 72.5 | 142.2 | SDR-17 | |
| R2.49 | 346953.29 | 1184376.171 | 301.477 | 18.9 | 945.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 374.7 | 73.2 | 143.5 | SDR-17 | |
| R2.50 | 346946.543 | 1184361.605 | 300.399 | 16.1 | 961.3 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 374.3 | 73.9 | 144.6 | SDR-17 | |
| R2.51 | 346940.397 | 1184346.736 | 301.471 | 16.1 | 977.4 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 373.8 | 72.3 | 143.5 | SDR-17 | |
| R2.52 | 346929.897 | 1184333.868 | 302.108 | 16.6 | 994.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 373.3 | 71.2 | 142.9 | SDR-17 | |
| R2.53 | 346920.985 | 1184323.664 | 304.283 | 13.7 | 1007.8 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 373.0 | 68.7 | 140.7 | SDR-17 | |
| R2.54 | 346911.208 | 1184314.948 | 304.904 | 13.1 | 1020.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 372.6 | 67.7 | 140.1 | SDR-17 | |
| R2.55 | 346897.241 | 1184302.834 | 304.548 | 18.5 | 1039.4 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 372.1 | 67.5 | 140.5 | SDR-17 | |
| R2.56 | 346874.248 | 1184287.931 | 303.582 | 27.4 | 1066.8 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.8 | 371.3 | 67.7 | 141.4 | SDR-17 | |
| R2.57 | 346857.941 | 1184266.688 | 302.025 | 26.8 | 1093.6 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.8 | 370.5 | 68.5 | 143.0 | SDR-17 | |
| R2.58 | 346841.752 | 1184246.11 | 299.539 | 26.3 | 1119.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.7 | 369.8 | 70.3 | 145.5 | SDR-17 | |
| R2.59 | 346830.276 | 1184233.471 | 297.485 | 17.2 | 1137.1 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 369.3 | 71.8 | 147.5 | SDR-17 | |
| R2.60 | 346822.045 | 1184222.377 | 295.677 | 13.9 | 1151.0 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 368.9 | 73.3 | 149.3 | SDR-17 | |
| R2.61 | 346818.184 | 1184202.819 | 293.018 | 20.1 | 1171.1 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 368.4 | 75.4 | 152.0 | SDR-17 | |
| R2.62 | 346806.661 | 1184186.487 | 294.175 | 20.0 | 1191.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 367.8 | 73.6 | 150.8 | SDR-17 | |
| R2.63 | 346800.878 | 1184172.185 | 295.163 | 15.5 | 1206.6 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.4 | 367.4 | 72.2 | 149.8 | SDR-17 | |
| R2.64 | 346798.056 | 1184163.344 | 294.916 | 9.3 | 1215.9 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.3 | 367.1 | 72.2 | 150.1 | SDR-17 | |
| R2.65 | 346779.544 | 1184152.903 | 296.518 | 21.3 | 1237.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.6 | 366.5 | 70.0 | 148.5 | SDR-17 | |
| R2.66 | 346766.696 | 1184140.215 | 297.881 | 18.1 | 1255.3 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.5 | 366.0 | 68.1 | 147.1 | SDR-17 | |
| T-R2.67 | 346760.05 | 1184131.555 | 298.079 | 10.9 | 1266.2 | 1.12 | 38 | 1.0 | 0.3 | 365.7 | 67.6 | 146.9 | SDR-17 | Toma 1,V.Aire, |

Figura 47. Diseño ramal 2 (continuación)

Anexo 20.

| PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | |
|--|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------------------|
| ITEM | RENGLON DE PAGO | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | MONTO TOTAL (¢) |
| No | TUBERIA Y ACCESORIOS DE PVC: | | | COLONES | COLONES |
| 1 | TUBO SDR-32.5 250mm DIAM. | 21 | m | ¢ 49,707.66 | ¢ 1,065,801.28 |
| 2 | TUBO SDR-32.5 200mm DIAM. | 1853 | m | ¢ 31,538.02 | ¢ 58,437,419.59 |
| 3 | TUBO SDR-32.5 150mm DIAM. | 2251 | m | ¢ 18,990.84 | ¢ 42,756,673.95 |
| 4 | TUBO SDR-32.5 100mm DIAM. | 234 | m | ¢ 8,746.58 | ¢ 2,047,453.03 |
| 5 | TUBO SDR-32.5 75mm DIAM. | 111 | m | ¢ 5,715.71 | ¢ 634,443.91 |
| 6 | TUBO SDR-32.5 50mm DIAM. | 64 | m | ¢ 2,596.34 | ¢ 166,165.84 |
| 7 | TUBO SDR-26 100mm DIAM. | 300 | m | ¢ 9,794.35 | ¢ 2,942,376.63 |
| 8 | TUBO SDR-26 75mm DIAM. | 753 | m | ¢ 5,837.64 | ¢ 4,396,125.22 |
| 9 | TUBO SDR-26 50mm DIAM. | 1150 | m | ¢ 2,974.08 | ¢ 3,419,615.79 |
| 10 | TUBO SDR-26 38mm DIAM. | 144 | m | ¢ 1,817.46 | ¢ 261,713.90 |
| 11 | TUBO SDR-17 50mm DIAM. | 375 | m | ¢ 4,382.12 | ¢ 1,643,295.38 |
| 12 | TUBO SDR-17 38mm DIAM. | 1123 | m | ¢ 2,803.74 | ¢ 3,148,600.78 |
| SUBTOTAL TUBERIAS | | 8,380.17 | | | 120,919,685.30 |
| DESCUENTO TUBERIAS | | 1 | % | 40 | 48,367,874.12 |
| SUB TOTAL TUBERIAS + DESC | | | | | 72,551,811.18 |
| 13 | TAPONES PVC 150 MM SANITARIO | 5 | c/u | ¢ 13,657.18 | ¢ 68,285.90 |
| 14 | SILLETA HN 200*50 mm DIAM. | 2 | c/u | ¢ 50,511.00 | ¢ 101,022.00 |
| 15 | CODOS 50 mm * 90° SCH 80 | 2 | c/u | ¢ 3,398.00 | ¢ 6,796.00 |
| 16 | CURVA 200mm x 11° SDR-26 | 90 | c/u | ¢ 40,000.00 | ¢ 3,600,000.00 |
| 17 | CURVA 200mm x 22° SDR-26 | 90 | c/u | ¢ 40,000.00 | ¢ 3,600,000.00 |
| 18 | CURVA 200mm x 33° SDR-26 | 90 | c/u | ¢ 40,000.00 | ¢ 3,600,000.00 |
| 19 | CURVA 150mm x 11° SDR-26 | 75 | c/u | ¢ 25,000.00 | ¢ 1,875,000.00 |
| 20 | CURVA 150mm x 22° SDR-26 | 75 | c/u | ¢ 25,000.00 | ¢ 1,875,000.00 |
| 21 | CURVA 150mm x 30° SDR-26 | 50 | c/u | ¢ 25,000.00 | ¢ 1,250,000.00 |
| 22 | CODOS 200 mm * 90° SCH 80 | 4 | c/u | ¢ 103,483.00 | ¢ 413,932.00 |
| 23 | CODOS 200 mm * SCH 80 | 4 | c/u | ¢ 97,823.00 | ¢ 391,292.00 |
| 24 | REDUCCION SCH 80 200*150mm DIAM. | 2 | c/u | ¢ 43,487.00 | ¢ 86,974.00 |
| 25 | REDUCCION SCH 80 150*100mm DIAM. | 2 | c/u | ¢ 25,487.00 | ¢ 50,974.00 |
| 26 | REDUCCION SCH 80 100*75mm DIAM. | 2 | c/u | ¢ 18,826.00 | ¢ 37,652.00 |
| 27 | REDUCCION SCH 80 75*50mm DIAM. | 2 | c/u | ¢ 13,862.00 | ¢ 27,724.00 |
| 28 | REDUCCION SCH 80 50*38mm DIAM. | 2 | c/u | ¢ 5,081.00 | ¢ 10,162.00 |
| 29 | UNION REPARACION 200 mm DIAM. | 4 | c/u | ¢ 64,152.00 | ¢ 256,608.00 |
| 30 | UNION REPARACION 150 mm DIAM. | 3 | c/u | ¢ 35,276.00 | ¢ 105,828.00 |
| 31 | UNION REPARACION 100 mm DIAM. | 3 | c/u | ¢ 22,751.42 | ¢ 68,254.26 |
| 32 | UNION REPARACION 75 mm DIAM. | 2 | c/u | ¢ 13,750.00 | ¢ 27,500.00 |
| 33 | TEE S80 200 mm DIAM. | 3 | c/u | ¢ 114,905.18 | ¢ 344,715.54 |
| 34 | TEE S80 150 mm DIAM. | 3 | c/u | ¢ 6,332.62 | ¢ 18,997.86 |
| 35 | TEE S80 100 mm DIAM. | 3 | c/u | ¢ 19,028.17 | ¢ 57,084.51 |
| 36 | TEE S80 75 mm DIAM. | 3 | c/u | ¢ 16,428.03 | ¢ 49,284.09 |
| 37 | TEE S80 50 mm DIAM. | 6 | c/u | ¢ 12,080.83 | ¢ 72,484.98 |
| 38 | TEE S80 38 mm DIAM. | 3 | c/u | ¢ 9,856.99 | ¢ 29,570.97 |
| SUBTOTAL ACCESORIOS | | | | | 18,025,142.11 |
| DESCUENTO ACCESORIOS | | 1 | % | 20 | 3,605,028.42 |
| SUB TOTAL ACCESORIOS + DESC | | | | | 14,420,113.69 |

Figura 48. Detalle de costos del proyecto

Anexo 20.

| VALVULAS: | | | | | | |
|---|--|---------|-----|---|---------------|-------------------------|
| 39 | VALV COMP TOMA PARCELA 200mm | 1 | | € | 380,365.00 | € 380,365.00 |
| 40 | VALV COMP TOMA PARCELA 150mm | 10 | c/u | € | 376,365.00 | € 3,763,650.00 |
| 41 | VALV COMP TOMA PARCELA 100mm | 2 | c/u | € | 356,501.00 | € 713,002.00 |
| 42 | VALV COMP TOMA PARCELA 75mm | 4 | c/u | € | 349,985.00 | € 1,399,940.00 |
| 43 | VALV COMP TOMA PARCELA 50mm | 8 | c/u | € | 349,212.00 | € 2,793,696.00 |
| 44 | VALV COMP TOMA PARCELA 38mm | 1 | c/u | € | 343,085.00 | € 343,085.00 |
| 45 | VALVULA DE AIRE Y VACIO 200mm | 9 | c/u | € | 225,778.00 | € 2,032,002.00 |
| 46 | VALVULA DE AIRE Y VACIO 150mm | 6 | c/u | € | 221,778.00 | € 1,330,668.00 |
| 47 | VALVULA DE AIRE Y VACIO 100mm | 2 | c/u | € | 201,914.00 | € 403,828.00 |
| 48 | VALVULA DE AIRE Y VACIO 75mm | 3 | c/u | € | 195,398.00 | € 586,194.00 |
| 49 | VALVULA DE AIRE Y VACIO 50mm | 2 | c/u | € | 182,498.00 | € 364,996.00 |
| 50 | VALVULA DE AIRE Y VACIO 38mm | 3 | c/u | € | 188,498.00 | € 565,494.00 |
| 51 | VALVULA ALVIO PRESION 50mm | 2 | c/u | € | 450,000.00 | € 900,000.00 |
| 52 | VALVULA ALVIO PRESION 32mm | 1 | c/u | € | 380,000.00 | € 380,000.00 |
| 53 | VALVULA COMP EN LINEA T2 200mm | 1 | c/u | € | 1,109,735.00 | € 1,109,735.00 |
| 54 | VALVULA COMP EN LINEA T2 150mm | 1 | c/u | € | 835,735.00 | € 835,735.00 |
| 55 | VALVULA COMP EN LINEA T2 100mm | 1 | c/u | € | 546,735.00 | € 546,735.00 |
| 56 | VALVULA COMP EN LINEA T2 75mm | 2 | c/u | € | 481,595.00 | € 963,190.00 |
| 57 | VALVULA COMP EN LINEA T2 38mm | 1 | c/u | € | 380,971.00 | € 380,971.00 |
| 58 | VALVULA MARIPOSA 200mm | 1 | c/u | € | 270,000.00 | € 270,000.00 |
| 59 | VALVULA DE LIMPIEZA 200mm | 1 | c/u | € | 901,815.00 | € 901,815.00 |
| 60 | VALVULA DE LIMPIEZA 50mm | 2 | c/u | € | 416,715.00 | € 833,430.00 |
| 61 | VALVULA DE LIMPIEZA 38mm | 1 | c/u | € | 366,815.00 | € 366,815.00 |
| 62 | CABEZAL DE FILTRADO 30 L/S | 1 | c/u | € | 5,000,000.00 | € 5,000,000.00 |
| SUBTOTAL VALVULAS | | | | | | 27,165,346.00 |
| DESCUENTO VALVULAS | | 1 | % | | 10 | 2,716,534.60 |
| SUBTOTAL VALVULAS + DESC | | | | | | 24,448,811.40 |
| SUBTOTAL TUBERIAS, ACCESORIOS Y VALVULAS | | | | | | 111,420,736.27 |
| 63 | RIEGO PARCELARIO | | | | | |
| 64 | MODLO 0.5 HA RIEGO MOVIL | 26.00 | c/u | € | 1,185,000.00 | € 30,810,000.00 |
| SUBTOTAL RIEGO PARCELARIO | | | | | | 30,810,000.00 |
| 65 | CONCRETO 210 KG/CM2 OBRA TOMA | 19.00 | M3 | € | 304,250.00 | € 5,780,750.00 |
| 66 | CONCRETO 180 KG/CM2 OBRA TOMA | 139.00 | M3 | € | 184,200.00 | € 25,603,800.00 |
| 67 | KG DE VARILLA ARMADA | 780.00 | KG | € | 1,340.00 | € 1,045,200.00 |
| 68 | TANQUE DESARENADOR | 1.00 | c/u | € | 3,800,000.00 | € 3,800,000.00 |
| 69 | CONCRETO 210 KG/CM2 RECUBRIMIENTO DE TUBERIA 200 M | 33.00 | M3 | € | 304,250.00 | € 10,040,250.00 |
| 70 | KG DE VARILLA ARMADA TUBERIA RECUBIERTA | 460.00 | KG | € | 1,340.00 | € 616,400.00 |
| 71 | CONCRETO 180 KG/CM2 VADOS 10 M DE LARGO 0.6X0.15M | 7.50 | M3 | € | 184,200.00 | € 1,381,500.00 |
| 72 | REPOSICION DE LASTRE | 180.00 | M3 | € | 18,000.00 | € 3,240,000.00 |
| 73 | CONCRETO 180 KG/CM2 ANCLAJES MONTAÑA 0.5X0.5X0.5M | 10.00 | M3 | € | 304,250.00 | € 3,042,500.00 |
| 74 | KG DE VARILLA ARMADA ANCLAJES MONTAÑA | 212.00 | KG | € | 1,340.00 | € 284,080.00 |
| 75 | CONCRETO 180 KG/CM2 ANCLAJES CAMINO 0.5X0.5X0.5M | 6.00 | M3 | € | 102,500.00 | € 615,000.00 |
| 76 | KG DE VARILLA ARMADA ANCLAJES CAMINO | 106.00 | KG | € | 1,273.00 | € 134,938.00 |
| 77 | CONCRETO 180 KG/CM2 ANCLAJES CAMINO 0.3X0.3X0.3M | 1.00 | M3 | € | 102,500.00 | € 102,500.00 |
| 78 | CASETA DE FILTRADO 5 X 2 M | 1.00 | c/u | € | 2,400,000.00 | € 2,400,000.00 |
| SUBTOTAL OBRAS DE CONCRETO | | | | | | 58,086,918.00 |
| 79 | EXCAV Y TAPADO ZANJA MECANICA 0.50x1.20m | 2796.00 | m | € | 1,800.00 | € 5,032,800.00 |
| 80 | EXCAV Y TAPADO ZANJA MECANICA 0.30x1.20m | 3717.00 | m | € | 1,700.00 | € 6,318,900.00 |
| 81 | EXCAVACION MANUAL 0.40x1.00m | 1865.00 | m | € | 2,200.00 | € 4,103,000.00 |
| 82 | HORAS MAQUINARIA | 100.00 | hr | € | 30,000.00 | € 3,000,000.00 |
| SUBTOTAL EXCAV. Y RELLENO ZANJAS | | | | | | 18,454,700.00 |
| SUBTOTAL OTROS | | | | | | 107,351,618.00 |
| SUBTOTAL GENERAL | | | | | | 218,772,354.27 |
| 83 | IMPREVISTOS 5 % | 1.00 | gl | € | 10,938,617.71 | € 10,938,617.71 |
| 84 | Escalamiento de costos 5% | 1.00 | gl | € | 10,938,617.71 | € 10,938,617.71 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | | | € 240,649,589.69 |

Figura 49. Detalle de costos del proyecto (continuación)

Anexo 21.

Cuadro 56. Cronograma de ejecución del proyecto de riego El Escobio, Liberia, Guanacaste

| Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|-----------------|---------------------|---------------------|
| Proyecto de riego El Escobio | 137 días | mié 02/01/19 | lun 22/07/19 |
| Inicio de proyecto | 0 días | mié 02/01/19 | mié 02/01/19 |
| Obra de captación construida | 48 días | mié 02/01/19 | mar 12/03/19 |
| Obra de toma construida | 30 días | mié 02/01/19 | jue 14/02/19 |
| Tubería instalada de conducción | 17 días | jue 10/01/19 | vie 01/02/19 |
| Tanque desarenador construido | 16 días | vie 15/02/19 | vie 08/03/19 |
| Pruebas realizadas | 2 días | lun 11/03/19 | mar 12/03/19 |
| Fin obra de toma | 0 días | mar 12/03/19 | mar 12/03/19 |
| Red de conducción | 56 días | mié 02/01/19 | vie 22/03/19 |
| Movimiento de tierras | 42 días | mié 02/01/19 | lun 04/03/19 |
| Tuberías y accesorios instalados | 38 días | mié 09/01/19 | vie 01/03/19 |
| Válvulas instaladas | 25 días | mié 06/02/19 | mar 12/03/19 |
| Obras de concreto | 51 días | vie 11/01/19 | vie 22/03/19 |
| Construir Anclajes | 38 días | vie 11/01/19 | mar 05/03/19 |
| Caseta de Filtrado Cosntruida | 10 días | lun 11/03/19 | vie 22/03/19 |
| Fin red de conducción | 0 días | mar 12/03/19 | mar 12/03/19 |
| Red de distribución | 25 días | vie 01/02/19 | jue 07/03/19 |
| Movimiento de tierras | 25 días | vie 01/02/19 | jue 07/03/19 |
| Zanjas excavadas | 10 días | vie 01/02/19 | jue 14/02/19 |
| Exc. mecánica carretera | 10 días | vie 01/02/19 | jue 14/02/19 |
| Camino | 10 días | vie 01/02/19 | jue 14/02/19 |
| Relleno de zanjas realizado | 10 días | vie 08/02/19 | jue 21/02/19 |
| Reparación de caminos | 10 días | vie 22/02/19 | jue 07/03/19 |
| Lastre | 10 días | vie 22/02/19 | jue 07/03/19 |
| Obras de complementarias | 5 días | vie 22/02/19 | jue 28/02/19 |
| Tuberías y accesorios instalados | 10 días | mié 06/02/19 | mar 19/02/19 |
| Válvulas instaladas | 6 días | mié 20/02/19 | mié 27/02/19 |
| Válvulas de protección instaladas | 4 días | mié 20/02/19 | lun 25/02/19 |
| Válvulas instaladas | 2 días | mié 20/02/19 | jue 21/02/19 |
| Protección de las válvulas construidas | 2 días | vie 22/02/19 | lun 25/02/19 |
| Válvulas de control instaladas | 4 días | mié 20/02/19 | lun 25/02/19 |
| Válvulas de entrega instaladas | 4 días | vie 22/02/19 | mié 27/02/19 |
| Obras de concreto | 11 días | mié 06/02/19 | mié 20/02/19 |
| Anclajes construidos | 11 días | mié 06/02/19 | mié 20/02/19 |
| Fin Red de distribución | 0 días | jue 28/02/19 | jue 28/02/19 |
| Equipo de riego parcelario | 78 días | vie 01/03/19 | mar 25/06/19 |
| Exc. y relleno de zanja | 20 días | vie 01/03/19 | jue 28/03/19 |
| Tuberías y accesorios | 45 días | mié 06/03/19 | mar 14/05/19 |
| Válvulas de control | 5 días | mié 27/03/19 | mar 09/04/19 |
| Equipos de filtrado | 5 días | mié 10/04/19 | mar 16/04/19 |
| Pruebas de funcionamiento | 30 días | mié 15/05/19 | mar 25/06/19 |
| Fin de equipo de riego parcelario | 0 días | mar 25/06/19 | mar 25/06/19 |
| Pruebas hidráulicas | 20 días | mié 13/03/19 | mar 16/04/19 |
| Sectores | 5 días | mié 13/03/19 | mar 19/03/19 |
| Prueba completa del sistema | 15 días | mié 20/03/19 | mar 16/04/19 |
| Gestión de proyecto | 137 días | mié 02/01/19 | lun 22/07/19 |
| Fin de proyecto | 0 días | lun 22/07/19 | lun 22/07/19 |

Anexo 22

PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO
 FLUJO DE CAJA ANUAL ACTUAL PARA AGRICULTORES
 PRINCIPALES VARIABLES

HECTAREAS : 10
 TASA DE DESCUENTO (%) 5.95
 % DE CONSUMO NACIONAL = 100%

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| INVERSIONES | | | | | | | | | | | |
| Capital de Trabajo | -7,256,104.24 | | | | | | | | | | |
| TOTAL INVERSIONES | -7,256,104.24 | | | | | | | | | | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | | 6,000,000.00 | 6,300,000.00 | 6,615,000.00 | 6,945,750.00 | 7,293,037.50 | 7,657,689.38 | 8,040,573.84 | 8,442,602.54 | 8,864,732.66 | 9,307,969.30 |
| TOTAL INGRESOS | | 6,000,000.00 | 6,300,000.00 | 6,615,000.00 | 6,945,750.00 | 7,293,037.50 | 7,657,689.38 | 8,040,573.84 | 8,442,602.54 | 8,864,732.66 | 9,307,969.30 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | |
| COSTOS DE CULTIVO | | | | | | | | | | | |
| LABORES | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | | 484,000.00 | 508,200.00 | 533,610.00 | 560,290.50 | 588,305.03 | 617,720.28 | 648,606.29 | 681,036.60 | 715,088.43 | 750,842.86 |
| MATERIALES | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | | 2,336,526.00 | 2,453,352.30 | 2,576,019.92 | 2,704,820.91 | 2,840,061.96 | 2,982,065.05 | 3,131,168.31 | 3,287,726.72 | 3,452,113.06 | 3,624,718.71 |
| Otros | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | | 3,850,000.00 | 4,042,500.00 | 4,244,625.00 | 4,456,856.25 | 4,679,699.06 | 4,913,684.02 | 5,159,368.22 | 5,417,336.63 | 5,688,203.46 | 5,972,613.63 |
| TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION | | 6,670,526.00 | 7,004,052.30 | 7,354,254.92 | 7,721,967.66 | 8,108,066.04 | 8,513,469.35 | 8,939,142.81 | 9,386,099.95 | 9,855,404.95 | 10,348,175.20 |
| COSTOS INDIRECTOS | | | | | | | | | | | |
| GASTOS ADMINISTRATIVOS | | | | | | | | | | | |
| Pago por concepto de administración | | 410,011.37 | 430,511.94 | 452,037.53 | 474,639.41 | 498,371.38 | 523,289.95 | 549,454.45 | 576,927.17 | 605,773.53 | 636,062.20 |
| Cargas Sociales adm | | 175,566.87 | 184,345.21 | 193,562.47 | 203,240.60 | 213,402.63 | 224,072.76 | 235,276.39 | 247,040.21 | 259,392.22 | 272,361.84 |
| TOTAL DE GASTOS ADMINISTRATIVOS | | 585,578.24 | 614,857.15 | 645,600.00 | 677,880.01 | 711,774.01 | 747,362.71 | 784,730.84 | 823,967.38 | 865,165.75 | 908,424.04 |
| TOTAL DE EGRESOS | | 7,256,104.24 | 7,618,909.45 | 7,999,854.92 | 8,399,847.67 | 8,819,840.05 | 9,260,832.05 | 9,723,873.65 | 10,210,067.34 | 10,720,570.70 | 11,256,599.24 |
| FLUJO NETO ANTES DE IMPUESTO | -7,256,104.24 | -1,256,104.24 | -1,318,909.45 | -1,384,854.92 | -1,454,097.67 | -1,526,802.55 | -1,603,142.68 | -1,683,299.81 | -1,767,464.80 | -1,855,838.04 | -1,948,629.94 |
| VAN | (€18,644,631.42) | | | | | | | | | | |
| TIR | #¡NUM! | | | | | | | | | | |
| B/C | 0.80 | | | | | | | | | | |
| IMPUESTOS | | | | | | | | | | | |
| Recuperación del Capital de Trabajo | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| FLUJO NETO DESPUES DE IMPUESTO | -7,256,104.24 | -1,256,104.24 | -1,318,909.45 | -1,384,854.92 | -1,454,097.67 | -1,526,802.55 | -1,603,142.68 | -1,683,299.81 | -1,767,464.80 | -1,855,838.04 | 5,307,474.29 |
| VAN | (€14,573,698.91) | | | | | | | | | | |
| TIR | #¡NUM! | | | | | | | | | | |
| B/C | 0.80 | | | | | | | | | | |

Figura 50. Flujo de caja a 10 años (situación actual)

Anexo 23.

| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| FLUJO DE CAJA ANUAL PROPUESTO PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTAREAS: | 33.5 | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO | 5.95 | | | | | | | | | | |
| Porcentaje consumo nacional: 100% | | Porcentaje de pago de la inversión 100% | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| INVERSIONES | | | | | | | | | | | |
| Tuberías y Accesorios | -86,971,924.87 | | | | | | | | | | |
| Valvulería | -24,448,811.40 | | | | | | | | | | |
| Riego Parcelario | -30,810,000.00 | | | | | | | | | | |
| Obras de Concreto | -58,086,918.00 | | | | | | | | | | |
| Excavación y Relleno de Zanjas | -18,454,700.00 | | | | | | | | | | |
| Reajuste y supervisión | -21,877,235.42 | | | | | | | | | | |
| Capital de Trabajo | -56,684,836.12 | | | | | | | | | | |
| TOTAL INVERSIONES | -297,334,425.81 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 0.00 | | | | | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 88,440,000.00 | 88,440,000.00 | 92,862,000.00 | 97,505,100.00 | 102,380,355.00 | 107,499,372.75 | 112,874,341.39 | 118,518,058.46 | 124,443,961.38 | 130,666,159.45 | 137,199,467.42 |
| TOTAL INGRESOS | 88,440,000.00 | 88,440,000.00 | 92,862,000.00 | 97,505,100.00 | 102,380,355.00 | 107,499,372.75 | 112,874,341.39 | 118,518,058.46 | 124,443,961.38 | 130,666,159.45 | 137,199,467.42 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | |
| COSTOS DEL CULTIVO | | | | | | | | | | | |
| Labores | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 12,971,200.00 | 12,971,200.00 | 13,619,760.00 | 14,300,748.00 | 15,015,785.40 | 15,766,574.67 | 16,554,903.40 | 17,382,648.57 | 18,251,781.00 | 19,164,370.05 | 20,122,588.56 |
| MATERIALES | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 4,477,362.10 | 4,477,362.10 | 4,668,451.31 | 4,901,873.87 | 5,146,967.56 | 5,404,315.94 | 5,674,531.74 | 5,958,258.33 | 6,256,171.24 | 6,568,979.80 | 6,897,428.79 |
| OTROS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 34,337,500.00 | 34,337,500.00 | 36,017,625.00 | 37,818,506.25 | 39,709,431.56 | 41,694,903.14 | 43,779,648.30 | 45,968,630.71 | 48,267,062.25 | 50,680,415.36 | 53,214,436.13 |
| TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION | 51,786,062.10 | 51,786,062.10 | 54,305,836.31 | 57,021,128.12 | 59,872,184.53 | 62,865,793.75 | 66,009,083.44 | 69,309,537.61 | 72,775,014.49 | 76,413,765.22 | 80,234,453.48 |
| 0 | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
| FLUJO DE CAJA ANUAL PROPUESTO PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTAREAS: | 5.95 | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO | 5.95 | | | | | | | | | | |
| Porcentaje consumo nacional: 100% | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| GASTOS ADMIN PRODUCTOR | | | | | | | | | | | |
| Pago x concepto de admnis parcela | | 686,769.04 | 721,107.49 | 757,162.87 | 795,021.01 | 834,772.06 | 876,510.67 | 920,336.20 | 966,353.01 | 1,014,670.66 | 1,065,404.19 |
| Cargas Sociales | | 294,074.50 | 308,778.23 | 324,217.14 | 340,428.00 | 357,449.40 | 375,321.87 | 394,087.96 | 413,792.36 | 434,481.98 | 456,206.07 |
| Pago de Tarifa a la SUA | | 3,917,930.48 | 4,272,111.98 | 4,395,538.16 | 4,823,959.69 | 4,962,192.15 | 5,482,244.73 | 5,637,479.76 | 6,270,825.36 | 6,445,657.02 | 7,219,299.41 |
| TOTAL GASTOS ADM PRODUCTOR | | 4,898,774.02 | 5,301,997.70 | 5,476,918.16 | 5,959,408.70 | 6,154,413.61 | 6,734,077.26 | 6,951,903.92 | 7,650,970.73 | 7,894,809.66 | 8,740,909.67 |
| DEPRECIACIÓN | | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 |
| TOTAL EGRESOS | | 68,838,855.81 | 71,761,853.69 | 74,652,065.97 | 77,985,612.90 | 81,174,227.05 | 84,897,180.38 | 88,415,461.22 | 92,580,004.90 | 96,462,594.56 | 101,129,382.83 |
| FLUJO NETO ANTES DE IMPUESTOS | -297,334,425.81 | 19,601,144.19 | 21,100,146.31 | 22,853,034.03 | 24,394,742.10 | 26,325,145.70 | 27,977,161.01 | 30,102,597.24 | 31,863,956.48 | 34,203,564.89 | 36,070,084.59 |
| Impuestos | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| DEPRECIACIÓN | | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 |
| Recuperación del Capital de Trabajo | | | | | | | | | | | 56,684,836.12 |
| FLUJO NETO DESPUES IMPUESTOS | -297,334,425.81 | 31,755,163.88 | 33,254,165.99 | 35,007,053.72 | 36,548,761.78 | 38,479,165.39 | 40,131,180.69 | 42,256,616.92 | 44,017,976.16 | 46,357,584.57 | 104,908,940.39 |
| VAN | 20,224,569.62 | | | | | | | | | | |
| TIR | 7% | | | | | | | | | | |
| B/C | 1.02 | | | | | | | | | | |
| VAN Anualizado | 2,022,456.96 | | | | | | | | | | |
| VAN Anualizado por productor | 77,786.81 | | | | | | | | | | |

Figura 51. Flujo de caja a 10 años (situación con proyecto)

Anexo 24.

| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| FLUJO DE CAJA INCREMENTAL PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTAREAS: 33.5 | | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO 5.95 | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| INVERSIONES | | | | | | | | | | | |
| Tuberías y Accesorios | -86,971,924.87 | | | | | | | | | | |
| Valvulería | -24,448,811.40 | | | | | | | | | | |
| Riego Parcelario | -30,810,000.00 | | | | | | | | | | |
| Obras de Concreto | -58,086,918.00 | | | | | | | | | | |
| Excavación y Relleno de Zanjas | -18,454,700.00 | | | | | | | | | | |
| Reajuste y supervisión | -21,877,235.42 | | | | | | | | | | |
| Capital de Trabajo | -49,428,731.89 | | | | | | | | | | |
| TOTAL INVERSIONES | -290,078,321.58 | | | | | 0.00 | | | | | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 82,440,000.00 | 86,562,000.00 | 90,890,100.00 | 95,434,605.00 | 100,206,335.25 | 105,216,652.01 | 110,477,484.61 | 116,001,358.84 | 121,801,426.79 | 127,891,498.13 | 127,891,498.13 |
| TOTAL INGRESOS | 82,440,000.00 | 86,562,000.00 | 90,890,100.00 | 95,434,605.00 | 100,206,335.25 | 105,216,652.01 | 110,477,484.61 | 116,001,358.84 | 121,801,426.79 | 127,891,498.13 | 127,891,498.13 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | |
| COSTOS DEL CULTIVO | | | | | | | | | | | |
| Labores | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 12,487,200.00 | 13,111,560.00 | 13,767,138.00 | 14,455,494.90 | 15,178,269.65 | 15,937,183.13 | 16,734,042.28 | 17,570,744.40 | 18,449,281.62 | 19,371,745.70 | |
| MATERIALES | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 2,140,836.10 | 2,215,099.01 | 2,325,853.96 | 2,442,146.65 | 2,564,253.99 | 2,692,466.68 | 2,827,090.02 | 2,968,444.52 | 3,116,866.75 | 3,272,710.08 | |
| OTROS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 30,487,500.00 | 31,975,125.00 | 33,573,881.25 | 35,252,575.31 | 37,015,204.08 | 38,865,964.28 | 40,809,262.50 | 42,849,725.62 | 44,992,211.90 | 47,241,822.50 | |
| TOTAL COSTOS CULTIVO | 45,115,536.10 | 47,301,784.01 | 49,666,873.21 | 52,150,216.87 | 54,757,727.71 | 57,495,614.09 | 60,370,394.80 | 63,388,914.54 | 66,558,360.27 | 69,886,278.28 | |
| 0 | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
| FLUJO DE CAJA INCREMENTAL PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTAREAS: 33.5 | | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO 5.95 | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| GASTOS ADMIN PRODUCTOR | | | | | | | | | | | |
| Pago x concepto de adminis parcela | | 276,757.67 | 290,595.56 | 305,125.33 | 320,381.60 | 336,400.68 | 353,220.72 | 370,881.75 | 389,425.84 | 408,897.13 | 429,341.99 |
| Cargas Sociales | | 118,507.64 | 124,433.02 | 130,654.67 | 137,187.40 | 144,046.77 | 151,249.11 | 158,811.57 | 166,752.14 | 175,089.75 | 183,844.24 |
| Pago de Tarifa a la SUA | | 3,917,930.48 | 4,272,111.98 | 4,395,538.16 | 4,823,959.69 | 4,962,192.15 | 5,482,244.73 | 5,637,479.76 | 6,270,825.36 | 6,445,657.02 | 7,219,299.41 |
| TOTAL GASTOS ADM PRODUCTOR | | 4,313,195.79 | 4,687,140.55 | 4,831,318.16 | 5,261,528.69 | 5,442,639.61 | 5,986,714.55 | 6,167,173.08 | 6,827,003.34 | 7,029,643.90 | 7,832,485.63 |
| DEPRECIACIÓN | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 |
| TOTAL EGRESOS | 61,582,751.57 | 64,142,944.24 | 66,652,211.05 | 69,585,765.24 | 72,354,387.00 | 75,636,348.33 | 78,691,587.56 | 82,369,937.56 | 85,742,023.85 | 89,872,783.59 | |
| FLUJO NETO ANTES DE IMPUESTOS | -290,078,321.58 | 20,857,248.43 | 22,419,055.76 | 24,237,888.95 | 25,848,839.76 | 27,851,948.25 | 29,580,303.68 | 31,785,897.05 | 33,631,421.28 | 36,059,402.93 | 38,018,714.53 |
| IMPUESTOS | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| DEPRECIACIÓN | | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 |
| Recuperación del Capital de Trabajo | | | | | | | | | | | 49,428,731.89 |
| FLUJO NETO DESPUES IMPUESTOS | -290,078,321.58 | 33,011,268.11 | 34,573,075.44 | 36,391,908.64 | 38,002,859.44 | 40,005,967.94 | 41,734,323.37 | 43,939,916.73 | 45,785,440.96 | 48,213,422.62 | 99,601,466.10 |
| VAN | 34,798,268.52 | | | | | | | | | | |
| TIR | 8% | | | | | | | | | | |
| B/C | 1.05 | | | | | | | | | | |

Figura 52. Flujo de caja a 10 años con situación incremental

Anexo 25.

| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| FLUJO DE CAJA ANUAL PROPUESTO PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTAREAS: | 33.5 | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO | 5.95 | | | | | | | | | | |
| Porcentaje consumo nacional: 100% | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| INVERSIONES | | | | | | | | | | | |
| Tuberías y Accesorios | -43,485,962.44 | | | | | | | | | | |
| Valvulería | -12,224,405.70 | | | | | | | | | | |
| Riego Parcelario | -15,405,000.00 | | | | | | | | | | |
| Obras de Concreto | -29,043,459.00 | | | | | | | | | | |
| Excavación y Relleno de Zanjas | -9,227,350.00 | | | | | | | | | | |
| Reajuste y supervisión | -10,938,617.71 | | | | | | | | | | |
| Capital de Trabajo | -56,684,836.12 | | | | | | | | | | |
| TOTAL INVERSIONES | -177,009,630.97 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 0.00 | | | | | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 88,440,000.00 | 88,440,000.00 | 92,862,000.00 | 97,505,100.00 | 102,380,355.00 | 107,499,372.75 | 112,874,341.39 | 118,518,058.46 | 124,443,961.38 | 130,666,159.45 | 137,199,467.42 |
| TOTAL INGRESOS | 88,440,000.00 | 88,440,000.00 | 92,862,000.00 | 97,505,100.00 | 102,380,355.00 | 107,499,372.75 | 112,874,341.39 | 118,518,058.46 | 124,443,961.38 | 130,666,159.45 | 137,199,467.42 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | |
| COSTOS DEL CULTIVO | | | | | | | | | | | |
| Labores | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 12,971,200.00 | 12,971,200.00 | 13,619,760.00 | 14,300,748.00 | 15,015,785.40 | 15,766,574.67 | 16,554,903.40 | 17,382,648.57 | 18,251,781.00 | 19,164,370.05 | 20,122,588.56 |
| MATERIALES | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 4,477,362.10 | 4,477,362.10 | 4,668,451.31 | 4,901,873.87 | 5,146,967.56 | 5,404,315.94 | 5,674,531.74 | 5,958,258.33 | 6,256,171.24 | 6,568,979.80 | 6,897,428.79 |
| OTROS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 34,337,500.00 | 34,337,500.00 | 36,017,625.00 | 37,818,506.25 | 39,709,431.56 | 41,694,903.14 | 43,779,648.30 | 45,968,630.71 | 48,267,062.25 | 50,680,415.36 | 53,214,436.13 |
| TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION | 51,786,062.10 | 51,786,062.10 | 54,305,836.31 | 57,021,128.12 | 59,872,184.53 | 62,865,793.75 | 66,009,083.44 | 69,309,537.61 | 72,775,014.49 | 76,413,765.22 | 80,234,453.48 |
| 0 | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
| FLUJO DE CAJA ANUAL PROPUESTO PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTAREAS: | 33.5 | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO | 5.95 | | | | | | | | | | |
| Porcentaje consumo nacional: 100% | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| GASTOS ADMIN PRODUCTOR | | | | | | | | | | | |
| Pago x concepto de adminis parcela | 686,769.04 | 686,769.04 | 721,107.49 | 757,162.87 | 795,021.01 | 834,772.06 | 876,510.67 | 920,336.20 | 966,353.01 | 1,014,670.66 | 1,065,404.19 |
| Cargas Sociales | 294,074.50 | 294,074.50 | 308,778.23 | 324,217.14 | 340,428.00 | 357,449.40 | 375,321.87 | 394,087.96 | 413,792.36 | 434,481.98 | 456,206.07 |
| Pago de Tarifa a la SUA | 3,917,930.48 | 3,917,930.48 | 4,272,111.98 | 4,395,538.16 | 4,823,959.69 | 4,962,192.15 | 5,482,244.73 | 5,637,479.76 | 6,270,825.36 | 6,445,657.02 | 7,219,299.41 |
| TOTAL GASTOS ADM PRODUCTOR | 4,898,774.02 | 4,898,774.02 | 5,301,997.70 | 5,476,918.16 | 5,959,408.70 | 6,154,413.61 | 6,734,077.26 | 6,951,903.92 | 7,650,970.73 | 7,894,809.66 | 8,740,909.67 |
| DEPRECIACIÓN | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 |
| TOTAL EGRESOS | 68,838,855.81 | 68,838,855.81 | 71,761,853.69 | 74,652,065.97 | 77,985,612.90 | 81,174,227.05 | 84,897,180.38 | 88,415,461.22 | 92,580,004.90 | 96,462,594.56 | 101,129,382.83 |
| FLUJO NETO ANTES DE IMPUESTOS | -177,009,630.97 | 19,601,144.19 | 21,100,146.31 | 22,853,034.03 | 24,394,742.10 | 26,325,145.70 | 27,977,161.01 | 30,102,597.24 | 31,863,956.48 | 34,203,564.89 | 36,070,084.59 |
| Impuestos | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| DEPRECIACIÓN | | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 |
| Recuperación del Capital de Trabajo | | | | | | | | | | | 56,684,836.12 |
| FLUJO NETO DESPUES IMPUESTOS | -177,009,630.97 | 31,755,163.88 | 33,254,165.99 | 35,007,053.72 | 36,548,761.78 | 38,479,165.39 | 40,131,180.69 | 42,256,616.92 | 44,017,976.16 | 46,357,584.57 | 104,908,940.39 |
| VAN | 140,549,364.46 | | | | | | | | | | |
| TIR | 18% | | | | | | | | | | |
| B/C | 1.20 | | | | | | | | | | |
| VAN Anualizado | 14,054,936.45 | | | | | | | | | | |
| VAN Anualizado por productor | 540,574.48 | | | | | | | | | | |

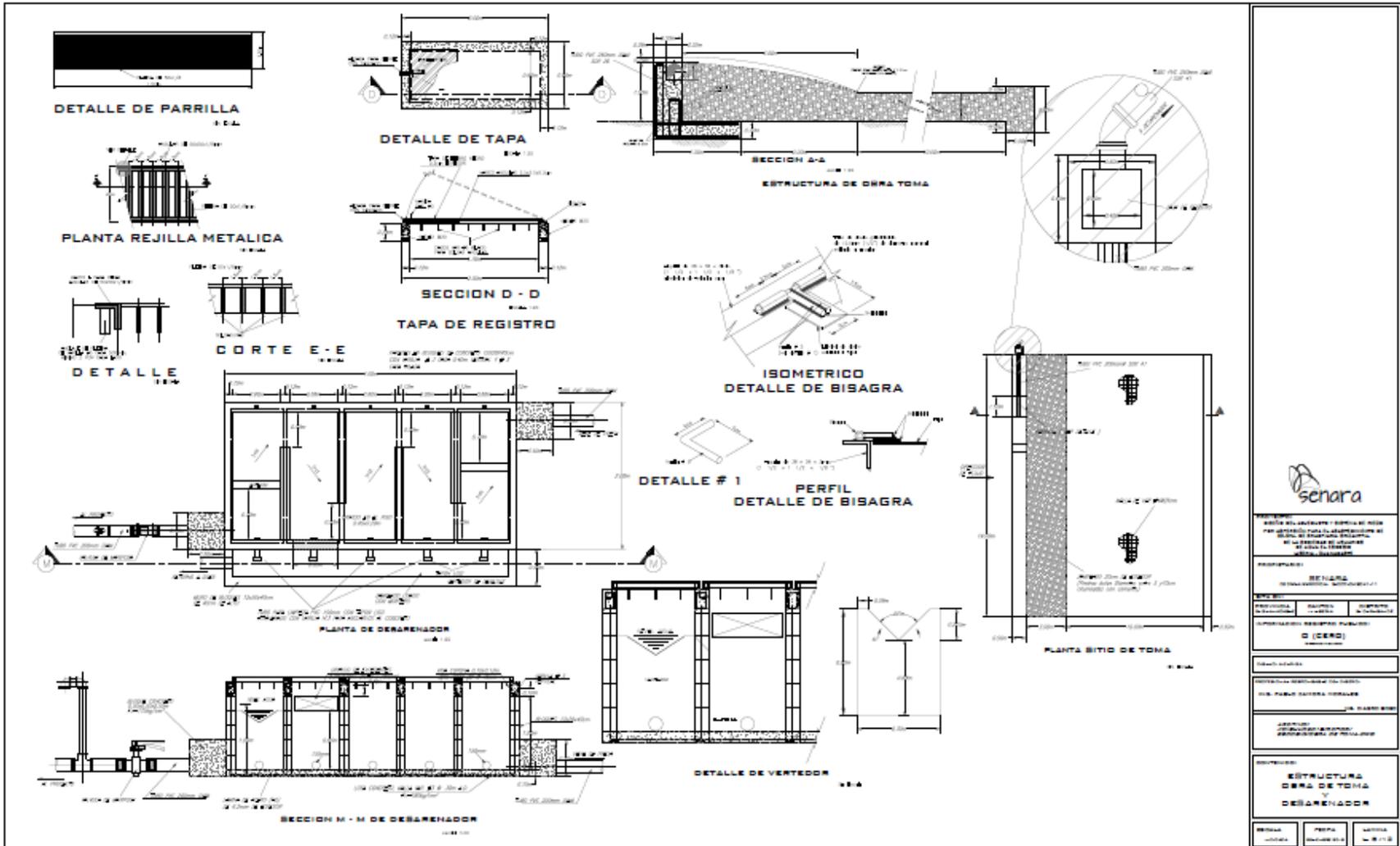
Figura 53. Flujo de caja a 10 años (situación 50% de la inversión)

Anexo 26.

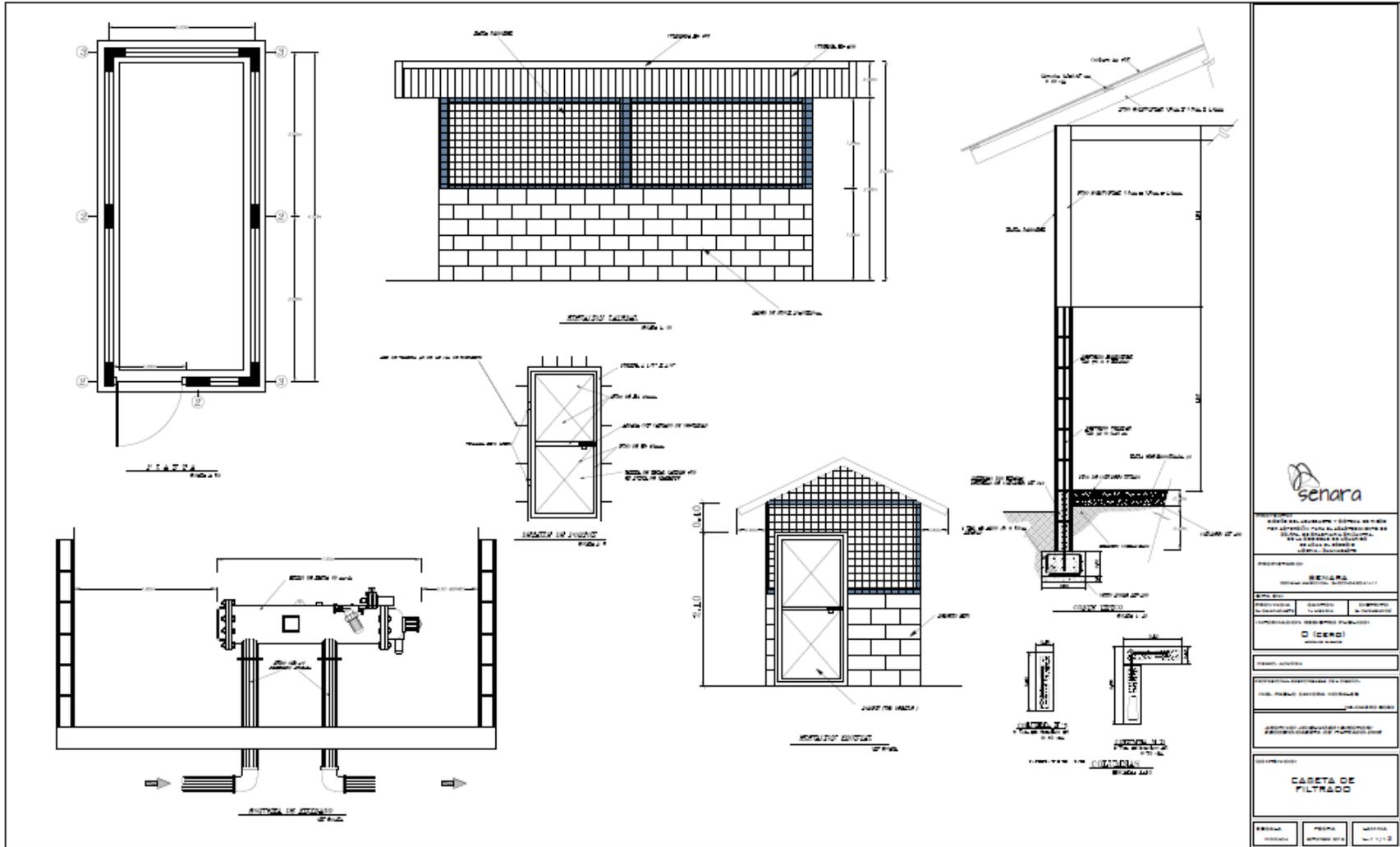
| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| FLUJO DE CAJA ANUAL PROPUESTO PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTÁREAS: | 33.5 | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO | 5.95 | | | | | | | | | | |
| Porcentaje consumo nacional: 100% | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| INVERSIONES | | | | | | | | | | | |
| Tuberías y Accesorios | 0.00 | | | | | | | | | | |
| Valvulería | 0.00 | | | | | | | | | | |
| Riego Parcelario | 0.00 | | | | | | | | | | |
| Obras de Concreto | 0.00 | | | | | | | | | | |
| Excavación y Relleno de Zanjas | 0.00 | | | | | | | | | | |
| Reajuste y supervisión | 0.00 | | | | | | | | | | |
| Capital de Trabajo | -56,684,836.12 | | | | | | | | | | |
| TOTAL INVERSIONES | -56,684,836.12 | | | | | 0.00 | | | | | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 88,440,000.00 | 92,862,000.00 | 97,505,100.00 | 102,380,355.00 | 107,499,372.75 | 112,874,341.39 | 118,518,058.46 | 124,443,961.38 | 130,666,159.45 | 137,199,467.42 | |
| TOTAL INGRESOS | 88,440,000.00 | 92,862,000.00 | 97,505,100.00 | 102,380,355.00 | 107,499,372.75 | 112,874,341.39 | 118,518,058.46 | 124,443,961.38 | 130,666,159.45 | 137,199,467.42 | |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | |
| COSTOS DEL CULTIVO | | | | | | | | | | | |
| Labores | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 12,971,200.00 | 13,619,760.00 | 14,300,748.00 | 15,015,785.40 | 15,766,574.67 | 16,554,903.40 | 17,382,648.57 | 18,251,781.00 | 19,164,370.05 | 20,122,588.56 | |
| MATERIALES | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 4,477,362.10 | 4,668,451.31 | 4,901,873.87 | 5,146,967.56 | 5,404,315.94 | 5,674,531.74 | 5,958,258.33 | 6,256,171.24 | 6,568,979.80 | 6,897,428.79 | |
| OTROS | | | | | | | | | | | |
| Ganado de Engorde | 34,337,500.00 | 36,017,625.00 | 37,818,506.25 | 39,709,431.56 | 41,694,903.14 | 43,779,648.30 | 45,968,630.71 | 48,267,062.25 | 50,680,415.36 | 53,214,436.13 | |
| TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION | 51,786,062.10 | 54,305,836.31 | 57,021,128.12 | 59,872,184.53 | 62,865,793.75 | 66,009,083.44 | 69,309,537.61 | 72,775,014.49 | 76,413,765.22 | 80,234,453.48 | |
| 0 | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO DE RIEGO EL ESCOBIO | | | | | | | | | | | |
| FLUJO DE CAJA ANUAL PROPUESTO PARA AGRICULTORES | | | | | | | | | | | |
| PRINCIPALES VARIABLES | | | | | | | | | | | |
| HECTÁREAS: | 33.5 | | | | | | | | | | |
| TASA DE DESCUENTO | 5.95 | | | | | | | | | | |
| Porcentaje consumo nacional: 100% | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| GASTOS ADMIN PRODUCTOR | | | | | | | | | | | |
| Pago x concepto de adminis parcela | 686,769.04 | 721,107.49 | 757,162.87 | 795,021.01 | 834,772.06 | 876,510.67 | 920,336.20 | 966,353.01 | 1,014,670.66 | 1,065,404.19 | |
| Cargas Sociales | 294,074.50 | 308,778.23 | 324,217.14 | 340,428.00 | 357,449.40 | 375,321.87 | 394,087.96 | 413,792.36 | 434,481.98 | 456,206.07 | |
| Pago de Tarifa a la SUA | 3,917,930.48 | 4,272,111.98 | 4,395,538.16 | 4,823,959.69 | 4,982,192.15 | 5,482,244.73 | 5,637,479.76 | 6,270,825.36 | 6,445,657.02 | 7,219,299.41 | |
| TOTAL GASTOS ADM PRODUCTOR | 4,898,774.02 | 5,301,997.70 | 5,476,918.16 | 5,959,408.70 | 6,154,413.61 | 6,734,077.26 | 6,951,903.92 | 7,650,970.73 | 7,894,809.66 | 8,740,909.67 | |
| DEPRECIACIÓN | | | | | | | | | | | |
| | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | |
| TOTAL EGRESOS | 66,838,855.81 | 71,761,853.69 | 74,652,065.97 | 77,985,612.90 | 81,174,227.05 | 84,897,180.38 | 88,415,461.22 | 92,580,004.90 | 96,462,594.56 | 101,129,382.83 | |
| FLUJO NETO ANTES DE IMPUESTOS | -56,684,836.12 | 19,601,144.19 | 21,100,146.31 | 22,853,034.03 | 24,394,742.10 | 26,325,145.70 | 27,977,161.01 | 30,102,597.24 | 31,863,956.48 | 34,203,564.89 | 36,070,084.59 |
| Impuestos | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| DEPRECIACIÓN | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | 12,154,019.68 | |
| Recuperación del Capital de Trabajo | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 56,684,836.12 |
| FLUJO NETO DESPUES IMPUESTOS | -56,684,836.12 | 31,755,163.88 | 33,254,165.99 | 35,007,053.72 | 36,548,761.78 | 38,479,165.39 | 40,131,180.69 | 42,256,616.92 | 44,017,976.16 | 46,357,584.57 | 104,908,940.39 |
| VAN | 260,874,159.31 | | | | | | | | | | |
| TIR | 61% | | | | | | | | | | |
| ERC | 1.46 | | | | | | | | | | |
| VAN Anualizado | 26,087,415.93 | | | | | | | | | | |
| VAN Anualizado por productor | 1,003,362.15 | | | | | | | | | | |

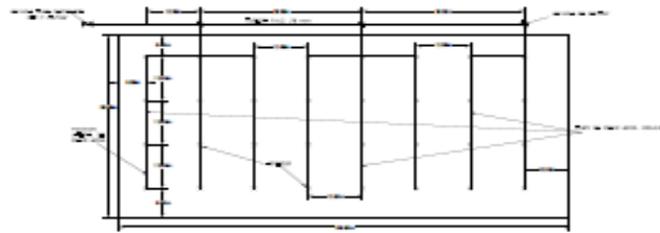
Figura 54. Flujo de caja a 10 años (situación 0% de la inversión)

Capítulo 9. Planos Constructivos



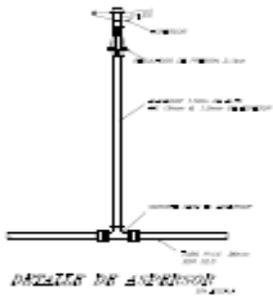
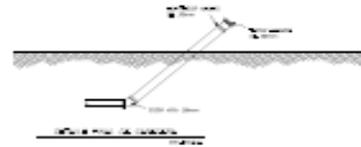
| | | |
|---|---|--|
| <p>ESTUDIO DEL DISEÑO Y DETALLE DE OBRA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ</p> | | |
| <p>PROYECTO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> | | |
| <p>ESTUDIO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> | <p>PROYECTO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> | <p>ESTUDIO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> |
| <p>ESTUDIO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> | | |
| <p>ESTUDIO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> | <p>ESTUDIO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> | <p>ESTUDIO: ESTRUCTURA DE OBRA TOMA Y DESARENADOR</p> |



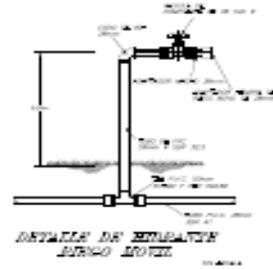


ESQUEMA TÍPICO SISTEMA DE RIEGO MOVIL

Q RIEGOS: 0.20 Ha
 CL RIEG: 1.00 m
 INTRINSECA APLICACION: 4.0 mm/h
 Q CAPTURA: 0.20 m
 GAMA RIEGO: 0.80 m
 FRECUENCIA: 1 dia
 TIEMPO: 1 hr



RUEDAS DE ANDERSON



UNIDAD DE ENLACE AL RIEGO MOVIL

senara

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

SENARA

| | | |
|--------------------|------------------|---------------------|
| Código de Proyecto | Código de Centro | Código de Actividad |
| | | |

PROYECTO TÍPICO DE RIEGO MOVIL PARA 6.00 Ha

| | | |
|-------|---------|----------|
| Autor | Revisor | Aprobado |
| | | |

