

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(178)	

RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES	ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ
FACULTAD	DE INGENIERÍAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR	PABLO EMILIO QUINTERO MONTAGUT
TÍTULO DE LA TESIS	DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO CON RESERVORIO COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EL SIGUIENTE PROYECTO PRESENTA UNA ALTERNATIVA AL DESABASTECIMIENTO DE AGUA PARA RIEGO EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA, MEDIANTE EL ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN UN RESERVORIO EN TIERRA CON LA CAPACIDAD DE ALMACENAR EL AGUA QUE REQUIERE PARA SU DESARROLLO 1.5 Ha DE CULTIVO. EL DISEÑO DEL SISTEMA INCLUYE LAS ESTRUCTURAS DE ALIVIO, CONTENCIÓN, TOMA, DISTRIBUCIÓN Y RIEGO INTRAPREDIAL.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 178	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 21	CD-ROM: 1
---------------------	----------------	--------------------------	------------------



DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO CON RESERVORIO COMO ALTERNATIVA DE
APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER OCAÑA

AUTOR:

ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ

Trabajo de Grado presentado para optar el Título de Ingeniero Civil

DIRECTOR

PABLO EMILIO QUINTERO MONTAGUT

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Abril de 2017

Dedicatoria

Este trabajo de grado está dedicado a mi amado hijo Juan Esteban que con su sonrisa y amor a cautivado cada espacio de mi ser, siendo la razón de mi vida y el motivo principal para salir adelante.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por haberme guiado en todo momento, por permitirme culminar esta meta y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi padre y director Pablo Emilio quien siempre estuvo disponible para brindarme sus conocimientos y todo su apoyo en el transcurso de toda mi carrera.

A mi madre Milder quien fue un pilar en los momentos más difíciles y que con su apoyo y palabras precisas me alentó a no desfallecer.

A Julian Claro por creer en mí, brindarme todo su apoyo y por su constancia, pues fue esencial en todo momento.

A Daniel Hernández por su apoyo y colaboración para la realización de este proyecto.

Índice

Capítulo 1. Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Justificación	3
1.5 Delimitaciones.....	4
1.5.1 Temporal.	4
1.5.2 Geográfica	4
1.5.3 Conceptual.....	4
1.5.4 Operativa.....	4
Capítulo 2. Marco referencial	5
2.1 Marco histórico	5
2.2 Marco contextual.....	8
2.2.1 Usos y distribución actual	9
2.2.2 Componente natural.....	10
2.3 Marco conceptual	12
2.3.1 Presa.....	12
2.3.2 Presa de embalse.....	12
2.3.3 Cierre.....	12
2.3.4 Vaso	12
2.3.5 Embalse.....	12
2.3.6 Embalse muerto	12
2.3.7 Embale útil	13
2.3.8 Borde libre.....	13
2.3.9 Aliviadero.....	13
2.3.10 Cresta o corona	13
2.3.11 Talud húmedo o talud aguas arriba.....	13
2.3.12 Talud seco o talud aguas abajo	13
2.3.13 Obra de toma	14
2.3.14 Coeficiente de escorrentía	14
2.3.15 Tiempo de concentración	14
2.3.16 Cuenca.....	14
2.3.17 Evaporación.....	14
2.3.18 Transpiración.....	15
2.4 Marco teórico	15
2.4.1 Reservorio	15
2.4.2 El ciclo hidrológico.....	17
2.4.3 Balance hidrológico.	19
2.4.4 Proceso de evapotranspiración	21
2.4.5 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc).	22

2.4.6 Precipitación efectiva.....	22
2.4.7 Importancia del riego.....	23
2.4.8 Manejo sustentable del agua para riego.....	23
2.5 Marco legal.....	23
Capítulo 3. Diseño metodológico.....	27
3.1 Tipo de investigación.....	27
3.2 Población.....	27
3.3 Muestra.....	27
3.4 Instrumentos para la recolección de información.....	27
3.5 Técnicas de recolección de información.....	28
3.6 Análisis de la información.....	28
Capítulo 4. Presentación de resultados.....	29
4.1 Ubicación del sitio.....	29
4.2 Balance hídrico del cultivo.....	29
4.2.1 Precipitación efectiva.....	30
4.2.2 Evapotranspiración potencial.....	32
4.2.3 Uso consuntivo (Uc).....	33
4.2.4 Demanda neta.....	35
4.2.5 Eficiencia de riego.....	35
4.2.6 Demanda bruta.....	36
4.2.7 Módulo de riego.....	36
4.2.8 Caudal de diseño.....	36
4.2.9 Requerimiento de volumen cosecha.....	37
4.3 Capacidad de almacenamiento.....	40
4.3.1 Volumen útil.....	40
4.3.2 Volumen de evaporación (m ³).....	46
4.3.3 Volumen de infiltración (m ³).....	47
4.3.4 Volumen muerto (m ³).....	48
4.3.5 Volumen del embalse (m ³).....	48
4.4 Estructuras hidráulicas y sistema de distribución.....	49
4.4.1 Diseño de la presa en tierra.....	49
4.4.2 Vertedero.....	57
4.4.3 Canal de descarga.....	63
4.4.4 Disipador de energía.....	64
4.4.5 Sistema de distribución.....	69
4.5 Diseño intrapredial.....	78
4.5.1 Diseño agronómico.....	78
4.5.2 Diseño hidráulico.....	90
4.6 Presupuesto de inversión.....	94
5. Conclusiones.....	96
6. Recomendaciones.....	99

Referencias 102

Apéndices 106

Lista de figuras

Figura 1. Levantamiento general de predios institucionales, campus.....	9
Figura 2. Mapa división del área del campus universitario UFPSO sede algodonal en 6 zonas...10	10
Figura 3. Representación pictórica del ciclo hidrológico.....	19
Figura 4. Ejemplo de un volumen de control en una cuenca hidrográfica donde se tiene como entrada la precipitación y salida el caudal $Q(t)$	20
Figura 5. Pantallazo ETo calculator.....	32
Figura 6. Curva de K_c para un cultivo de maíz cosechado y secado en campo	34
Figura 7. Curva de K_c para un cultivo de frijol	34
Figura 8. Curva de K_c para un cultivo de maíz cosechado en verde	35
Figura 9. Sección típica de una presa en tierra	51
Figura 10. Líneas de flujo y las líneas equipotenciales.....	56
Figura 11. Factor de seguridad del talud húmedo.....	56
Figura 12. Factor de seguridad del talud seco	57
Figura 13. Cálculo de las propiedades hidráulicas del canal de descarga.	63
Figura 14. Perfil de un dissipador de caída inclinada.....	66
Figura 15. Conducción y red de distribución.	72
Figura 16. Informe nudos con válvula de rotura- Epanet.....	73
Figura 17. Informe líneas con válvula de rotura- Epanet.....	73
Figura 18. Informe nudos sin válvula de rotura de presión.....	74
Figura 19. Informe líneas sin válvula de rotura de presión.	74
Figura 20. Grafico comparativo de presiones con válvula y sin válvula respectivamente	77
Figura 21. Patrón de mojado con traslape	84

Lista de tablas

Tabla 1. Probabilidad de excedencia del segundo decadal de Abril	31
Tabla 2. Probabilidad de excedencia decadal para los 22 años	32
Tabla 3. Evapotranspiración de referencia o potencial	33
Tabla 4. Coeficientes de frijol y maíz	34
Tabla 5. Balance hídrico del maíz	38
Tabla 6. Balance hídrico del frijol	39
Tabla 7. Coeficientes de escorrentía con umbrales	42
Tabla 8. Volumen requerido de maíz y frijol	43
Tabla 9. Balance hídrico de la cuenca	45
Tabla 10. Superficie del embalse	46
Tabla 11. Volumen de agua evaporada en el embalse	46
Tabla 12. Perdidas por infiltración en embalses	48
Tabla 13. Volúmenes de agua en el embalse	48
Tabla 14. Volumen del embalse sin movimientos de tierra	49
Tabla 15. Altura por asentamientos	50
Tabla 16. Perfil estratigráfico sondeo 1	53
Tabla 17. Perfil estratigráfico sondeo 2	54
Tabla 18. Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de 22 años	57
Tabla 19. Media y desviación típica de la serie	59
Tabla 20. Distribución de Gumbel	59
Tabla 21. Porcentaje de intensidades de precipitación	60
Tabla 22. Datos de la cuenca	61
Tabla 23. Tiempo de concentración e intensidad	61
Tabla 24. Diseño del vertedero	62
Tabla 25. Parámetros del dissipador de energía	69
Tabla 26. Cálculo sobrepresión sin válvula de rotura de carga	76
Tabla 27. Verificación de presión admisible por RDE sin válvula de rotura	77
Tabla 28. Profundidad radicular para el frijol y el maíz.	79
Tabla 29. Criterios de riego (CR) para diferentes cultivos	80
Tabla 30. Programación de riego para el cultivo de Frijol	88
Tabla 31. Programación de riego para el cultivo de Maíz	89
Tabla 32. Red intrapredial Línea principal - predio 1	92
Tabla 33. Red intrapredial Ramales- predio 1	92
Tabla 34. Red intrapredial Línea principal - predio 2	93
Tabla 35. Red intrapredial Ramales- predio 2	93
Tabla 36. Presupuesto total- costo directo	94

Lista de Apéndices

Apéndice A. Información climatológica IDEAM.....	107
Apéndice B. Estudio de suelos (sitio reservorio).....	118
Apéndice C. Estudio de suelos (Zona cultivos).....	119
Apéndice D. Fotos del sitio del reservorio y de los predios del cultivo.....	120
Apéndice E. Análisis de precios unitarios.	123
Apéndice F. Planos	161

Introducción

Dada la creciente escasez de agua que se ha presentado en los últimos años, debido a los cambios climáticos y al existir hoy una mayor demanda de los limitados recursos hídricos; el aprovechamiento y uso eficiente del agua disponible empieza a ser crucial.

El desarrollo está ligado a la agricultura y a su vez ésta, al suelo y al agua, lo que obliga a buscar alternativas donde la precipitación es baja y las corrientes permanentes de agua son escasas, permitiendo así explotar la tierra, disponiendo y administrando en una forma eficiente el agua.

Teniendo en cuenta lo anterior, el actual trabajo de grado presenta el diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de las aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, teniendo como característica principal la utilización de las aguas lluvias caídas en invierno y aprovechadas especialmente en los cultivos en época de verano; así como la reducción de costos de operación pues este tipo de sistemas se proyectan en zonas altas con respecto a las zonas a irrigar con el fin de que este funcione a gravedad evitando la necesidad de utilizar un sistema por bombeo.

El interés en la realización de dicho proyecto radica en la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria y los obtenidos durante la realización de este, así como aportar a la Universidad una base para posteriores estudios.

Este documento muestra la justificación y alcance del proyecto, el diseño de un reservorio, un vertedero, un disipador de energía, un terraplén, la línea de conducción y distribución del sistema y la programación de riego teniendo en cuenta las necesidades de los cultivos empleados, para finalizar se presenta la estimación del costo aproximado de este proyecto y se proponen recomendaciones para su realización.

Capítulo 1. Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.1 Planteamiento del problema

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, cuenta con grandes extensiones de tierra que son aprovechados para actividades agrícolas y pecuarias dentro de la formación académica del estudiante, lo que exige insumos para su explotación agrícola entre los cuales está el agua como elemento esencial, exigiendo una disponibilidad de esta para asegurar toda la faena desde la siembra hasta la cosecha.

A diferencia de las zonas más húmedas (selvas del Pacífico y del Amazonas), en el resto del país la precipitación muestra una marcada estacionalidad con, al menos, tres meses secos durante el año (FAO, 2016); esto se evidenció en el año 2015 donde se vivió una de las temporadas de sequía más extensas de los últimos años (La Opinión, 2015), siendo esta constatada por los entes administrativos y medios de comunicación regional.

Estos largos periodos de época seca que se presentan en el año, implican la necesidad de asegurar las cosechas sobre áreas que puedan ser atendidas con el agua disponible, siendo una alternativa de solución la implementación de reservorios que almacenen aguas lluvias durante las épocas de invierno y sean aprovechadas durante las épocas de verano, proporcionando la demanda de agua necesaria para que los cultivos culminen con éxito.

1.2 Formulación del problema

¿Qué beneficio da a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña el diseño de un reservorio de aguas lluvias para riego?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.3.2 Objetivos específicos. Ubicar un sitio que cumpla con las especificaciones necesarias para el diseño del reservorio de almacenamiento de aguas lluvias.

- Realizar el balance hídrico del cultivo, con el fin de conocer la cantidad de agua que necesita la planta para su desarrollo.
- Determinar la capacidad de almacenamiento del embalse, para conocer el volumen de agua que puede almacenar.
- Diseñar las estructuras hidráulicas y el sistema de distribución, con el fin de controlar y suministrar adecuadamente el agua.
- Realizar el diseño intrapredial del área de estudio para los cultivos de maíz y frijol, con la finalidad de distribuir adecuadamente los intervalos de riego y el uso eficiente del agua, teniendo en cuenta el costo-beneficio.
- Elaborar el presupuesto de inversión con su respectivo análisis de precios unitarios para estimar el valor del proyecto.

1.4 Justificación

La fuente hídrica más cercana que tiene la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña es el río algodónal, el cual se encuentra en una cota más baja respecto a la zona donde se proyectan los cultivos; actualmente la Universidad cuenta con un sistema de riego por bombeo el cual por medio de tanques de almacenamiento distribuye el agua hacia los cultivos elevando así el costo de producción, siendo una opción poco rentable en comparación a la alternativa de almacenar las aguas lluvias en una de las zonas altas con las que cuenta la Universidad y distribuyéndolas con un sistema a gravedad que eliminaría estos sobrecostos haciéndola más conveniente.

El Gobierno Nacional creó la Ley 41 del 25 de Enero de 1993 dando legitimidad al aprovechamiento del agua lluvia mediante su almacenamiento en reservorios, siendo una práctica ambiental y económica, que permite tener al productor agropecuario un suministro de agua en las épocas secas del año para sus cosechas.

La importancia de este proyecto radica principalmente, en el planteamiento de una alternativa al problema de desabastecimiento de agua para riego, a través del aprovechamiento de las aguas lluvias con almacenamientos debidamente diseñados y como una forma de cosechar agua lluvia que permitirá al estudiante conocer de esa alternativa.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Temporal. Este proyecto se realizará en un lapso de 5 meses.

1.5.2 Geográfica. La realización de los estudios y diseños especificados en este proyecto tiene como zona geográfica la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.5.3 Conceptual. Mediante la investigación se tendrá en cuenta un compendio de términos relacionados con el tema tales como: reservorio, vertedero, riego intrapredial, terraplén, vaso, balance hídrico, precipitación, evapotranspiración, cuenca, línea de conducción, capacidad de campo, punto de marchitez, entre otros.

1.5.4 Operativa. Se contará con la colaboración de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña quienes aportarán el levantamiento topográfico; para el desarrollo del diseño se utilizará Microsoft Excel y los programas libres Epanet 2.0, Eto calculator, Hcanales, GEOSTUDIO 2007 Student Edition (producto gratuito para fines educativos).

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

Desde sus comienzos el hombre aprovecha el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por ello el valle de los ríos es el lugar escogido para establecer las primeras civilizaciones, allí el hombre aprende a domesticar los cultivos y con ello encuentra la primera aplicación al agua lluvia; pero no depende directamente de ella para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico. Con base en la distribución de restos de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo y el continuo uso de estas obras en la historia, se puede concluir que las técnicas de captación de agua de lluvia cumplen un papel importante en la producción agrícola y en satisfacer las necesidades domésticas, con un uso intensivo en las regiones áridas o semiáridas del planeta. (Ballén Suárez, Galarza García, & Ortiz Mosquera, 2006)

Algunos de los ejemplos más relevantes de las formas de aprovechamiento de agua lluvia a través de la historia, en el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4.000 años o más, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas. En las zonas altas de Yemen, donde las lluvias son

escasas, se encuentran edificaciones (templos y sitios de oración) que fueron construidas antes del año 1.000 a.C., que cuentan con patios y terrazas utilizadas para captar y almacenar agua lluvia. Durante la República Romana (siglos III y IV a.C.) la ciudad de Roma en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas “la Domus” que contaba con un espacio principal a cielo abierto (“atrio”) y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua lluvia llamado “impluvium”, el agua lluvia entraba por un orificio en el techo llamado “compluvium”. En Loess Plateau en la provincia de Gansu en China existían pozos y jarras para la captación de agua lluvia desde hace más de 2.000 años. En Irán se encuentran los “abarbans”, los cuales son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de aguas lluvias. (Ballén Suárez, Galarza García, & Ortiz Mosquera, 2006)

En Centroamérica se conoce el caso del Imperio Maya donde sus reyes sostenían a sus pueblos de modos prácticos, ocupándose de la construcción de obras públicas. Al sur de la ciudad Oxkutzcab (estado de Yucatán) en el pie de la montaña Puuc, en el siglo X a.C. el abastecimiento de agua para la población y el riego de los cultivos se hacía a través una tecnología para el aprovechamiento de agua lluvia, el agua era recogida en un área de 100 a 200 m² y almacenada en cisternas llamadas “Chultuns”, estas cisternas tenían un diámetro aproximado de 5 m, y eran excavadas en el subsuelo e impermeabilizadas con yeso. En Cerros, una ciudad y centro ceremonial que se encuentra en el actual Belice, los habitantes cavaron canales y diques de drenaje para administrar el agua de lluvia y mediante un sistema de depósitos, estos permitían que la gente permaneciera en la zona durante la estación seca cuando escaseaba el agua potable (año 200 d.C.). En otras zonas de las tierras bajas, como en Edzná, en Campeche, los pobladores precolombinos de esta ciudad construyeron un canal de casi 50 m de

ancho y de 1 m de profundidad para aprovechar el agua de lluvia, este canal proporcionaba agua para beber y regar los cultivos. (Ballén Suárez, Galarza García, & Ortiz Mosquera, 2006)

En el caso de Colombia, los primeros proyectos de riego y drenaje de importancia, y que aún se encuentran en operación, fueron construidos por la United Fruit Company en la zona bananera de Santa Marta a finales del siglo XIX, los cuales fueron posteriormente adquiridos por el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA) para conformar los distritos de Sevilla, Aracataca y Río Frío. Los proyectos de riego públicos en Colombia se iniciaron en el año 1936, cuando el Gobierno, a través del Ministerio de Economía Nacional efectuó los estudios y la construcción de los distritos La Ramada en la Sabana de Bogotá, Fúquene-Cucunubá en Cundinamarca y Firavitoba en Boyacá (hoy en día parte del distrito Alto Chicamocha). Posteriormente, en los años cuarenta, el Instituto de Aguas y Fomento Eléctrico (ELECTRAGUAS) construyó los distritos de riego y drenaje Samacá en Boyacá y Río Recio en el Tolima, y el distrito de drenaje del Alto Chicamocha en Boyacá. El Ministerio de Economía construyó una presa derivadora para el desarrollo del río Recio en el Tolima. Entre los años 1948 y 1953, la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero inició la construcción de los distritos de riego y drenaje de Coello y Saldaña, y la ampliación del distrito de Río Recio. En 1958 la Corporación Autónoma del Valle del Cauca inició la construcción del distrito Roldanillo – la Unión – Toro. (FAO, 2016)

En 1961 se creó el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA) para llevar a cabo programas de redistribución de la propiedad de las tierras, al cual se le encargó además, la tarea de adelantar proyectos de adecuación en todo el país. Así durante el período 1963 – 1976,

el INCORA construyó 14 distritos de adecuación de tierras: Repelón, Santa Lucía y Manatí en el Atlántico, Montería – Mocarí y la Doctrina en Córdoba, Abrego y Zulia en Norte de Santander, Lebrija en Santander, San Rafael en Boyacá; San Alfonso, El Porvenir y El Juncal en el Huila y Sibundoy en Putumayo. (FAO, 2016)

2.2 Marco contextual

La Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, se encuentra ubicada en el sector nororiental del país, específicamente a 2,8 Km del casco urbano de la ciudad de Ocaña, en el departamento Norte de Santander, con una altitud de 1202 msnm, enmarcado dentro de las coordenadas N: 08° 13.4' y W: 73° 20.2'. Presenta una temperatura ambiente promedio de 22°C en horas diurnas y disminuyendo hasta 18°C promedio en horas nocturnas. (Franco Rueda, 2014)

La Universidad cuenta con un área de 125 Ha en la sede algodonal, de estos se están utilizando un 40% para actividades académicas, experimentales, productivas, operacionales y administrativas. El 60% restante son áreas que se encuentra como zona libre de intervención (La figura 1 muestra el levantamiento general de los predios institucionales). (Franco Rueda, 2014).

La Universidad se clasifica actualmente en dos áreas con respecto al desarrollo urbano de la misma, estas son (Franco Rueda, 2014):

- Área administrativa. La cual ocupa 11.682 m²
- Área académica. Ocupando un espacio de 6.477 m²

- Otros espacios se desarrollan de la siguiente forma:
- Hectáreas Cultivadas: 6 Ha
- Hectáreas utilizadas para explotaciones: 25 Ha

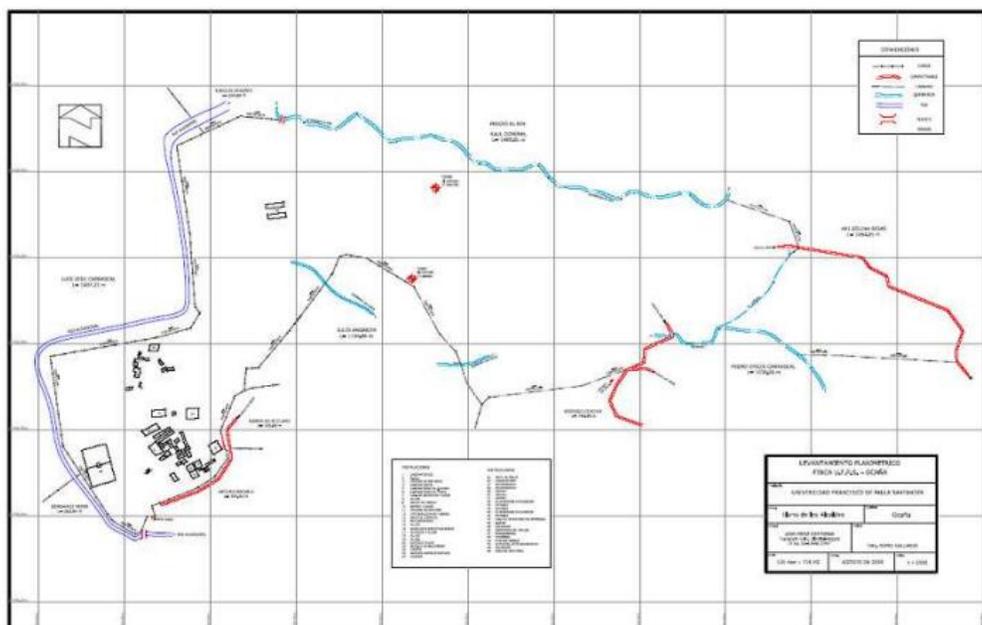


Figura 1. Levantamiento general de predios institucionales, campus
Fuente (Franco Rueda, 2014)

2.2.1 Usos y distribución actual. En la distribución actual del suelo no existe una clasificación específica de áreas ya que en el área académica, el área administrativa, y de servicios varios se desarrollan de forma conjunta las diversas actividades, tampoco hay una determinación de proporción de zonas verdes, servicios sanitarios y de integración de acuerdo a los espacios de ocupación (la figura 2 muestra el mapa de división del área del campus universitario UFPSO sede algodonal en 6 zonas). (Franco Rueda, 2014)

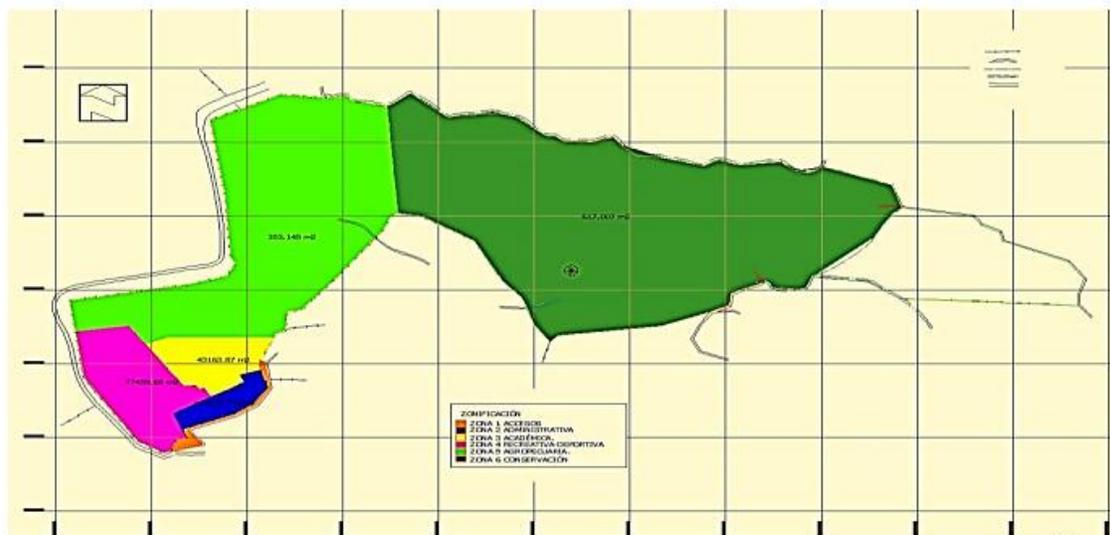


Figura 2. Mapa división del área del campus universitario UFPSO sede algodonal en 6 zonas.
Fuente (Franco Rueda, 2014)

2.2.2 Componente natural.

Topografía. El área es un terreno irregular, de superficie escalonada, con prominencias y depresiones. Presenta un relieve con pendiente de colina, con sectores de planicie e inclinaciones leves en todo el campus. Así mismo se rodea de zona montañosa con bosque en sentido nororiente del campus. La entrada, el centro y la granja conforman el área más plana del campus. Las zonas de mayor concentración vegetal son: La entrada- salida principal y el área que compone la granja. (Franco Rueda, 2014)

Suelos. El Campus Algodonal es un área rural que se caracteriza por suelos áridos y ácidos en un 80%, el 20% restante son suelos orgánicos desarrollados en bosque y otros en mayor proporción adaptados para cultivos. Los suelos en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, están conformados por rocas ígneas y sedimentarias; generando los primeros

suelos areno-arcillosos con partículas de cuarzo y feldespatos. Son suelos medianamente profundos de color amarillo o amarillo crema, pero poco profundos, estos suelos presentan gran contenido de sales, carbonatos de hierro y magnesio. Los forrados de la roca sedimentaria, son suelos de buenas condiciones agrícolas. Los suelos más ricos en materia orgánica los encontramos en la entrada y en los potreros y áreas de cultivo de la granja. (Franco Rueda, 2014)

La precipitación. El área de estudio se caracteriza por presentar un régimen de lluvias bimodal, con una precipitación promedio de 420 mm, registrándose dos periodos de lluvias, el primero comprendido entre el periodo febrero y mayo con un promedio 120.6 mm, y el segundo entre agosto y octubre, cuyo valor máximo es de 200.6 los valores mínimos registrados en los meses enero y febrero con un promedio de 4.0 mm. (Franco Rueda, 2014)

Temperatura. El área de estudio presenta un régimen isotérmico, presentándose variaciones leves en cada registro, la temperatura máxima promedio anual es de 27.9 °C, los valores promedios más elevados se concentran en el periodo de los meses mayo y agosto equivalentes a un promedio de 29.6 °C y los de menor escala se presentan durante los meses de enero y abril, registrándose temperaturas promedio de 26.9 °C. (Franco Rueda, 2014)

Humedad Relativa. El promedio anual de humedad relativa es de 91.4% registrándose los máximos valores en el periodo comprendido entre los meses de septiembre y octubre con valores promedio de 92.8% y los de menor registro se encuentran en los meses de julio y agosto con valores promedio de 87.2%. (Franco Rueda, 2014)

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Presa. Es una estructura de tierra, piedra suelta o pegada, concreto o de una combinación de estos materiales que se construye para contener o detener el agua en un canal natural o artificial o en un curso de agua. (HIMAT, 1984)

2.3.2 Presa de embalse. Es una presa que se construye para almacenar el agua con el propósito de controlar inundaciones, generar energía eléctrica, abastecer de agua potable a las comunidades, proveer agua para riego, etc. (HIMAT, 1984)

2.3.3 Cierre. Es el punto de un valle en que la sección transversal se estrecha resultando apropiado para la ubicación de una presa. (HIMAT, 1984)

2.3.4 Vaso. Es la zona de un valle situada aguas arriba del cierre en la que aquél se ensancha quedando cubierto por las aguas al construir una presa. (HIMAT, 1984)

2.3.5 Embalse. Es el almacenamiento o depósito de agua que se forma artificialmente mediante la construcción de una presa. (HIMAT, 1984)

2.3.6 Embalse muerto. Es el volumen del embalse destinado para la acumulación de los sedimentos o material sólido que acarrearán aguas captadas por la presa. Este volumen se calcula para cierto número de años y no se considera dentro del volumen aprovechable. (HIMAT, 1984)

2.3.7 Embale útil. Es la parte del volumen del embalse que se puede aprovechar para satisfacer las necesidades de agua de cuerdo con la finalidad de la obra. (HIMAT, 1984)

2.3.8 Borde libre. Es la distancia vertical entre la cresta o corona de la presa y la superficie del agua en el embalse. Se utiliza para evitar que el agua se desborde o pase sobre la corona de la presa por acción de las olas y para proporcionar seguridad en el caso de funcionamiento inadecuado u obstrucción del aliviadero, aportes al embalse mayores previstos, asentamiento excesivo de la presa, etc. (HIMAT, 1984)

2.3.9 Aliviadero. Es una estructura destinada a evacuar los excedentes de agua por encima del nivel normal de embalse. Por lo general consiste en un canal abierto revestido en piedra pegada o concreto. (HIMAT, 1984)

2.3.10 Cresta o corona. Es la parte superior de la presa y esta destinada a permitir su inspección. En ocasiones se emplea como carreteable. (HIMAT, 1984)

2.3.11 Talud húmedo o talud aguas arriba. Es la superficie inclinada de la presa en contacto con el agua. (HIMAT, 1984)

2.3.12 Talud seco o talud aguas abajo. Es la superficie inclinada del lado externo de la presa. (HIMAT, 1984)

2.3.13 Obra de toma. Es la estructura que se emplea para regular y dar salida al agua almacenada en una presa. (HIMAT, 1984)

2.3.14 Coeficiente de escorrentía. Es la relación entre la cantidad de agua que pasa o escurre a la salida de una cuenca hidrográfica y la cantidad de precipitación que cae sobre ella. (HIMAT, 1984)

2.3.15 Tiempo de concentración. Es el tiempo que demora una partícula de agua para trasladarse desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de desagüe. Cuando ha transcurrido un tiempo igual al tiempo de concentración desde el instante en que se inicia la lluvia, toda la cuenca estará contribuyendo simultáneamente a formar el caudal de escorrentía y por lo tanto este tendrá un valor máximo. (HIMAT, 1984)

2.3.16 Cuenca. Es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. (Aparicio Mijares, 1992)

2.3.17 Evaporación. Es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada. (FAO, 2006)

2.3.18 Transpiración. Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. (FAO, 2006)

2.4 Marco teórico

En Colombia la evolución del desarrollo del riego se debe en gran parte a que la precipitación muestra una marcada estacionalidad, lo que hace necesaria la implementación de sistemas de riego eficientes para obtener una buena producción de cultivos permanentes y anuales. (FAO, 2016)

2.4.1 Reservorio. El almacenamiento de agua en reservorios permite tener, al productor agropecuario, un suministro de agua de buena calidad en el verano o durante las sequías o veranillos que se presentan en invierno. Los reservorios se pueden construir para almacenar aguas de escorrentía provenientes de quebradas y ríos, o para capturar aguas llovidas, lo que se puede definir como cosecha de agua de lluvia (Ministerio de Agricultura y Ganadería-Costa Rica, 2010). Los principales tipos de reservorios son:

- Reservorios Dique – Represa con revestimiento.
- Reservorios Dique – Represa con gaviones.
- Reservorio Excavado.
- Reservorio Excavado con revestimiento
- Reservorio Estanque con revestimiento.
- Reservorio Envase.

- Reservoirio Dique Escalonado

Reservorios Dique – Represa. Los embalses de represa almacenan gran parte del agua por encima de la superficie original del terreno. Se construyen en áreas con pendientes suaves a moderadas y donde la represa se puede levantar transversalmente a una depresión. El embalse se llena con agua de esorrentía. Se considera que un estanque es de represa, cuando la profundidad del agua embalsada encima de la superficie sobrepasa 90 cm. El reservorio Dique-represa con revestimiento es necesario cuando los suelos no son arcillosos y se tiene alta infiltración del agua. Los principales tipos de revestimiento son plástico y geomembrana de PVC. La variante con gaviones se puede utilizar donde hay suficiente piedra para armar el dique. En este caso, no es necesario hacer movimientos de tierra en la depresión natural donde se construye el reservorio. (Ministerio de Agricultura y Ganadería- Costa Rica, 2010)

Reservorios Excavados. Los reservorios excavados almacenan gran parte del agua debajo del nivel original del suelo. Se construye en terrenos relativamente planos y donde hay sitios adecuados para construir una represa. Se puede llenar, tanto con el aguade esorrentía como por la infiltración de agua subterránea en la excavación. (Ministerio de Agricultura y Ganadería- Costa Rica, 2010)

Reservorio Estanque. Este tipo de reservorio es muy similar al excavado, con la diferencia que el nivel del agua se puede llevar por encima del suelo, mediante la construcción de paredes, principalmente de concreto. Se recomienda para zonas donde otros materiales de construcción no se encuentren disponibles. Cuando los suelos no son arcillosos, el piso se puede revestir con

concreto, plástico o geomembrana de PVC. (Ministerio de Agricultura y Ganadería- Costa Rica, 2010)

Reservorio Envase. Son envases de diferentes tipos y tamaños. Pueden ser, por ejemplo, envases plásticos, estañones de metal o cisternas construidas de concreto. Normalmente, este tipo de reservorio se utiliza para capturar aguas de techos. Puesto que la capacidad de almacenaje no es grande, el agua se utiliza, principalmente, para regar huertas caseras, escolares, entre otros. (Ministerio de Agricultura y Ganadería- Costa Rica, 2010)

Reservorio Dique Escalonado. Es una variación del reservorio dique – represa con el cual se aprovecha la pendiente del terreno para construir diques en serie y, de esta forma, rebajar costos por movimientos de tierra. Los tipos de reservorios aludidos son desarrollados con mayor detalle en secciones posteriores de este manual. (Ministerio de Agricultura y Ganadería- Costa Rica, 2010)

2.4.2 El ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la Tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la evaporación directa, a la transpiración por las plantas y animales y por sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua). La cantidad de agua movida, dentro del ciclo hidrológico, por el fenómeno de sublimación es insignificante en relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina evapotranspiración. El vapor de agua es

transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar 1000 km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y, posteriormente, a precipitación. (Fattorelli & Fernández, 2011)

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia) o en la fase sólida (nieve o granizo). El agua precipitada en la fase sólida se presenta con una estructura cristalina, en el caso de la nieve, y con estructura granular, regular en capas, en el caso del granizo. La precipitación incluye el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación del vapor de agua (rocío) o por congelación del vapor (helada) y por intercepción de las gotas de agua de las nieblas. El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno, escorrentía superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua. El agua restante se infiltra penetrando en el interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas. Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desembocan en lagos y en océanos. La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen. (Fattorelli & Fernández, 2011)

La Figura 3 es una representación muy simplificada de los procesos del sistema hidrológico general. Se puede suponer con fines didácticos que el ciclo empieza con la

evaporación del agua de los océanos. El vapor del agua que resulta de la evaporación es trasladado por las masas de aire en movimiento y puede enfriarse, condensar y formar nubes. Si las condiciones son favorables al proceso de condensación continúa y aumentan los núcleos hasta que alcancen una dimensión suficiente para precipitarse. Parte de esta precipitación puede evaporarse en la atmósfera antes de llegar a la superficie de la tierra. Una gran parte de la precipitación cae directamente sobre los océanos y otra parte cae en la tierra. (Fattorelli & Fernández, 2011)



Figura 3. Representación pictórica del ciclo hidrológico
Fuente (Fattorelli & Fernández, 2011)

2.4.3 Balance hidrológico. El Balance Hidrológico relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico: precipitación, evapotranspiración, escurrimiento superficial, almacenamiento superficial y subterráneo y flujo de agua subterránea. Se aplica cuando se realiza una distribución de los recursos hidráulicos a nivel global, o en cuencas particulares. Es imprescindible en los estudios de regulación de embalses y en los proyectos de suministro de agua para acueducto, riego y generación hidroeléctrica. (Fattorelli & Fernández, 2011)

El cálculo del balance hídrico en una cuenca o en una región determinada permite obtener información sobre: el volumen anual de escurrimiento o excedentes; el período en el que se produce el excedente y por tanto la infiltración o recarga del acuífero; y el período en el que se produce un déficit de agua o sequía y el cálculo de demanda de agua para riego en ese período.

El establecimiento de un balance supone la medición de flujos de agua (caudales) y almacenamientos de la misma (niveles). Se pueden establecer balances de forma general, incluyendo aguas superficiales y subterráneas y parciales de sólo aguas superficiales, de un acuífero, del agua del suelo, etc. En cualquier caso, a la hora de establecer el balance se examinan las entradas y las salidas en el sistema analizado (Figura 4), es decir, se aplica la Ecuación de Continuidad sobre un volumen de control delimitado por una superficie de referencia a través de la cual el agua se mueve desde la parte interna a la externa y viceversa, siendo un sistema abierto a flujos de masa, cantidad de movimiento y de energía. Así, el balance se reduce a la cantidad de agua que queda almacenada. (Fattorelli & Fernández, 2011)

$$\text{Entrada} - \text{Salida} = \text{Variación del almacenamiento}$$

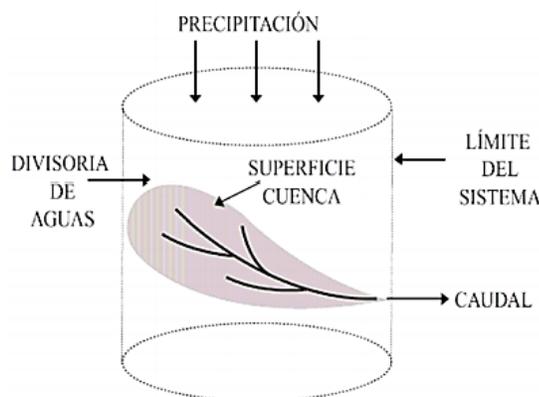


Figura 4. Ejemplo de un volumen de control en una cuenca hidrográfica donde se tiene como entrada la precipitación y salida el caudal $Q(t)$

Fuente (Fattorelli & Fernández, 2011)

2.4.4 Proceso de evapotranspiración. La evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo, realizando la suma de estos parámetros se obtiene el valor de la ET. (FAO, 2006)

Es uno de los parámetros más importantes de medir en agricultura (sobre todo en cálculos para irrigación) y es la combinación de la evaporación del suelo más la transpiración de la vegetación. En diseño o cálculos agrícolas se usan ecuaciones adecuadas que calculan la evapotranspiración en base a factores climáticos (temperatura, viento, radiación solar) o aplicando factores de cultivo a la evaporación. (Maderey Rascón, 2005)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia y se denomina E_{To} . La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético con características específicas. El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. (FAO, 2006)

Los únicos factores que afectan la E_{To} son los parámetros climáticos. Por lo tanto, E_{To} es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. E_{To} expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas. Desde el punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de E_{To} con parámetros climáticos. Este método ha sido seleccionado, ya que

aproxima de una manera cercana la ETo de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos. (FAO, 2006)

2.4.5 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc). La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. (FAO, 2006)

2.4.6 Precipitación efectiva. No toda el agua de lluvia que cae sobre la superficie del suelo puede realmente ser utilizada por las plantas. Parte del agua de lluvia se infiltra a través de la superficie y parte fluye sobre el suelo en forma de escorrentía superficial. Cuando la lluvia cesa, parte del agua que se encuentra en la superficie del suelo se evapora directamente a la atmósfera, mientras que el resto se infiltra lentamente en el interior del suelo. Del total del agua que se infiltra, parte percola por debajo de la zona de raíces, mientras que el resto permanece almacenado en dicha zona y podría ser utilizada por las plantas. El agua de lluvia evaporada, la de percolación profunda y la de escorrentía superficial no pueden ser utilizadas por el cultivo, o sea no son efectivas. A la porción restante, almacenada en la zona de raíces se le denomina precipitación efectiva, en otras palabras, el término "precipitación efectiva" es utilizado para definir esa fracción de la lluvia que estará realmente disponible para satisfacer al menos parte de las necesidades de agua de las plantas. (van Veenhuizen, 2000)

2.4.7 Importancia del riego. El agua como un recurso, es un factor limitante para la expansión de áreas agrícolas bajo riego, tanto en el país como en el mundo, aspecto que limita con la obtención de alimentos. En la actualidad este recurso se ve afectado gravemente de dos maneras: la primera la amenaza natural de reducciones de suministro y la segunda el constante crecimiento de las áreas urbanas, lo que indica crecimiento en la demanda, obligando a que el recurso deje de ser para fines agrícolas. Ante este panorama es imperativo realizar una buena gestión del recurso hídrico bajo riego, del cual depende la factibilidad de continuar con las actuales áreas de cultivo. (Howell, 2001)

2.4.8 Manejo Sustentable del agua para riego. Es esencial que los ciudadanos de todo el mundo tomen conciencia de la importancia de mantener limpias las aguas y gestionar responsablemente los recursos hidrológicos disponibles (Moreira, 2012). La producción de alimentos continúa siendo la actividad principal, sobre la que se basa en gran parte el crecimiento económico, su diversificación y desarrollo. Esto requiere el manejo sustentable de los recursos hídricos y un uso más eficiente, en particular en agricultura, al ser el mayor usuario de agua dulce. (Fernández Cirelli, Holzapfel, del Callejo, & Billib, 2009)

2.5 Marco legal

Ley 41 de 1993. Diario Oficial No. 40.731 de 25 de enero de 1993. “Por la cual se organiza el subsector de adecuación de tierras y se establecen sus funciones.”

Artículo 1. OBJETO. La presente Ley tiene por objeto regular la construcción de obras de adecuación de tierras, con el fin de mejorar y hacer más productivas las actividades agropecuarias, velando por la defensa y conservación de las cuencas hidrográficas.

Artículo 3. ADECUACIÓN DE TIERRAS-CONCEPTO. Para los fines de la presente Ley se entiende por adecuación de tierras, la construcción de obras de infraestructura destinadas a dotar un área determinada con riego, drenaje o protección contra inundaciones, con el propósito de aumentar la productividad del sector agropecuario. La adecuación de tierras es un servicio público.

Artículo 4. DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS-CONCEPTO. La delimitación del área de influencia de obras de infraestructura destinadas a dotar un área determinada con riego, drenaje o protección contra inundaciones; para los fines de gestión y manejo, se organizará en unidades de explotación agropecuaria bajo el nombre de Distritos de Adecuación de Tierras.

Artículo 5. USUARIOS DEL DISTRITO. Es usuario de un Distrito de Adecuación de Tierras toda persona natural o jurídica que explote en calidad de dueño, tenedor o poseedor, acreditado con justo título, un predio en el área de dicho Distrito. En tal virtud, debe someterse a las normas legales o reglamentarias que regulen la utilización de los servicios, el manejo y conservación de las obras y la protección y defensa de los recursos naturales.

Decreto 1594 de 1984 “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.”

Artículo 32. Se entiende por uso agrícola del agua, su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias, que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

Resolución No. 1399 21 de julio de 2005 “Por la cual se expide el reglamento que define los criterios generales para la entrega de los Distritos de Adecuación de Tierras para su administración, operación y conservación por parte de las Asociaciones de Usuarios”

Artículo 44. Servicio de drenaje. El drenaje es la evacuación del exceso de agua superficial o freática de un terreno por medio de canales superficiales o subterráneos. El servicio de drenaje será prestado a los usuarios a través de las obras construidas para tal efecto.

Artículo 46. Plan de Conservación del Distrito. La conservación de las obras de un Distrito de Adecuación de Tierras se define como el conjunto de actividades tendientes a sostener, en condiciones óptimas de servicio y funcionamiento, la infraestructura hidroagrícola, sus equipos e instalaciones, para proporcionar un servicio oportuno y eficaz en las áreas de riego, drenaje y control de inundaciones, con la finalidad de sostener o incrementar la producción agrícola sin menoscabo de los recursos naturales (agua y suelo), y evitando los desperdicios de agua producidos por el deterioro de las obras.

Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS 2000.

TÍTULO A- ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Se sustenta en todo lo contenido en el CAPITULO A. 11. Y sus

literales A.11.1 SISTEMAS DE ACUEDUCTO Para este Reglamento Técnico por Sistemas de Acueducto se entiende el conjunto de instalaciones que conducen el agua desde su captación en la fuente de abastecimiento hasta la acometida domiciliaria en el punto de empate con la instalación interna del predio a servir y comprende los siguientes componentes: la(s) fuente(s) de abastecimiento, la(s) captación(es) de agua superficial y/o agua subterránea y sus anexidades, la(s) aducción(es) y conducción(es), las redes de distribución, las estaciones de bombeo y los tanques de compensación. Los procesos de tratamiento del agua para su potabilización, se tratan en el literal A.11.2 de este Reglamento Técnico.

TÍTULO B. SISTEMAS DE ACUEDUCTO. B.1.1 ALCANCE. El propósito del siguiente título es fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado. El presente título incluye el cálculo de la población, la dotación y demanda, las fuentes de abastecimiento, las captaciones de agua superficial y profunda, las aducciones y conducciones, las redes de distribución, las estaciones de bombeo y los tanques de compensación que forman parte de los sistemas de acueducto, cuyas prescripciones particulares deben seguirse según la tabla B.1.1. No incluye las plantas de tratamiento de agua potable, ni los procesos de potabilización, aspectos que son tratados en el Título C.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación.

Para este proyecto se utilizarán dos tipos de investigación, básica pues se orienta a la elaboración de postulados abstractos de la ciencia, sin preocupación por la aplicación inmediata de dichos resultados (Navarro Caro, 2009) e investigación aplicada ya que se encamina a obtener resultados concretos dirigidos fundamentalmente a la resolución de problemas y sus resultados ayudan a la toma de decisiones. (Navarro Caro, 2009)

3.2 Población.

Debido a que el proyecto de investigación tiene como base de estudio la Universidad, se tomará esta como población.

3.3 Muestra.

La muestra en este proyecto será la población estudiantil de la facultad de ciencias agrarias y del ambiente.

3.4 Instrumentos para la recolección de información.

Para la recolección de información se utilizaran algunos instrumentos como:

- GPS
- RAS 2000
- Levantamiento topográfico
- Estudio de suelos
- Datos climatológicos de las estaciones cercanas obtenidos del IDEAM
- Cámara fotográfica

3.5 Técnicas de recolección de información.

Se usará la técnica de la observación, con la cual se obtendrán los registros necesarios del sitio, así mismo por medio de los instrumentos anteriormente mencionados se recolectará información necesaria para llevar a cabo la realización del proyecto de investigación.

3.6 Análisis de la información.

En base a la información recolectada, se realizarán hojas de cálculo en Excel para la obtención de los datos necesarios para la realización de los diseños de las estructuras hidráulicas y los volúmenes requeridos por el sistema, además se utilizará el software libre EPANET para el diseño de la línea de conducción.

Capítulo 4. Presentación de resultados

4.1 Ubicación del sitio

Para la ubicación de la presa en tierra se realizó una inspección visual del sitio, teniendo en cuenta que este debe estar situado en una cota más elevada con respecto al área a irrigar para así permitir el suministro de agua por gravedad, también debe contar con una topografía que permita un embalse de capacidad suficiente para satisfacer los requerimientos del cultivo en época de verano y contar con un área de la cuenca de mínimo 10 Ha, que dependiendo del régimen de lluvias permita el llenado del vaso durante el invierno, pero tener la precaución de que el área de dicha cuenca no exceda 150 Ha con el fin de hacer un buen manejo de las máximas en época de invierno y dar seguridad en la estabilidad cuando vengan las crecientes súbitas.

Se deben tener en cuenta que las características del suelo permitan baja infiltración y que al mismo tiempo el material a utilizar en el terraplén sea del mismo vaso para así dar seguridad estructural cuando este se conforme.

4.2 Balance hídrico del cultivo

Para el cálculo del balance hídrico se recolectó la información pluviométrica y climatológica durante los últimos 22 años de la estación 16055100 de la UFPSO, con esta información se realizaron los cálculos hidrológicos necesarios para la determinación de las variables que lo componen.

El balance hídrico es un método utilizado para estimar la cantidad de agua que requiere la planta para su desarrollo, para la realización de este se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

4.2.1 Precipitación efectiva. Se estima mediante el método directo de porcentaje fijo para una probabilidad de excedencia del 75% por decadal.

$$\text{Precipitación efectiva} = (1 - b) * P_{75\%}$$

Donde $P_{75\%}$ es la precipitación con una probabilidad de excedencia del 75% y b es una fracción fija que indica las posibles pérdidas por percolación y escorrentía.

Normalmente las pérdidas oscilan entre el 10 y 30 %, por lo que (Villalobos, Mateos, Orgaz, & Fereres, 2009)

$$0.10 < b < 0.30$$

La probabilidad de excedencia es calculada mediante la ecuación de Weibull, para la cual se toman los datos de precipitación en orden mensual para los m años (para este caso 22 años), luego la precipitación es ordenada descendientemente y se aplica la ecuación de Weibull, se toma la precipitación donde se tenga el 75% de probabilidad (o se extrapola), como se muestra en la Tabla 1. Este cálculo se realizó para el decadal de cada mes, el cual es presentado en la Tabla 2.

$$P = \frac{m}{(N+1)}$$

Dónde:

P = probabilidad de excedencia

m= número de orden

N= total de datos de la serie

Tabla 1.
Probabilidad de excedencia del segundo decadal de Abril

ORDEN DESCENDENTE	n	PROBABILIDAD (%)
129.1	1	4.35
110.2	2	8.70
61.9	3	13.04
59.9	4	17.39
59.4	5	21.74
58	6	26.09
57	7	30.43
51.2	8	34.78
44.4	9	39.13
34	10	43.48
33.1	11	47.83
31.4	12	52.17
29.2	13	56.52
28.6	14	60.87
26.3	15	65.22
23.2	16	69.57
21.3	17	73.91
13.2	18	78.26
9.5	19	82.61
8.3	20	86.96
8	21	91.30
0.9	22	95.65
	N= 22	
	75%	19.27

Fuente Autor del proyecto

Con el fin de obtener la excedencia del 75% se realizó una extrapolación con los datos en rojo obteniendo como resultado que para el segundo decadal del mes de abril es de 19.27mm.

Tabla 2.
Probabilidad de excedencia decadal para los 22 años

DECADAL	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	0	0	0.5	6.52	11.47	2.3	1.7	5.19	21.45	27.15	11.75	0
2	0	0	1.37	19.27	17.94	1.4	3.85	4.85	38	29.95	9.65	0.1
3	0	0	5.35	16.49	26.25	2.87	5	18.27	35.45	28.2	2.4	0

Fuente Autor del proyecto

4.2.2 Evapotranspiración potencial. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial, se utiliza el método de Penman Monteith mediante es software libre de la FAO, ETo calculator, cuyas variables requeridas son: humedad relativa, brillo solar, temperatura máxima y mínima, los cuales fueron tomados de la base de datos del IDEAM, sobre la estación de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. La figura 5 es un pantallazo del programa usado para el cálculo de la ETo para la estación de la UFPSO.

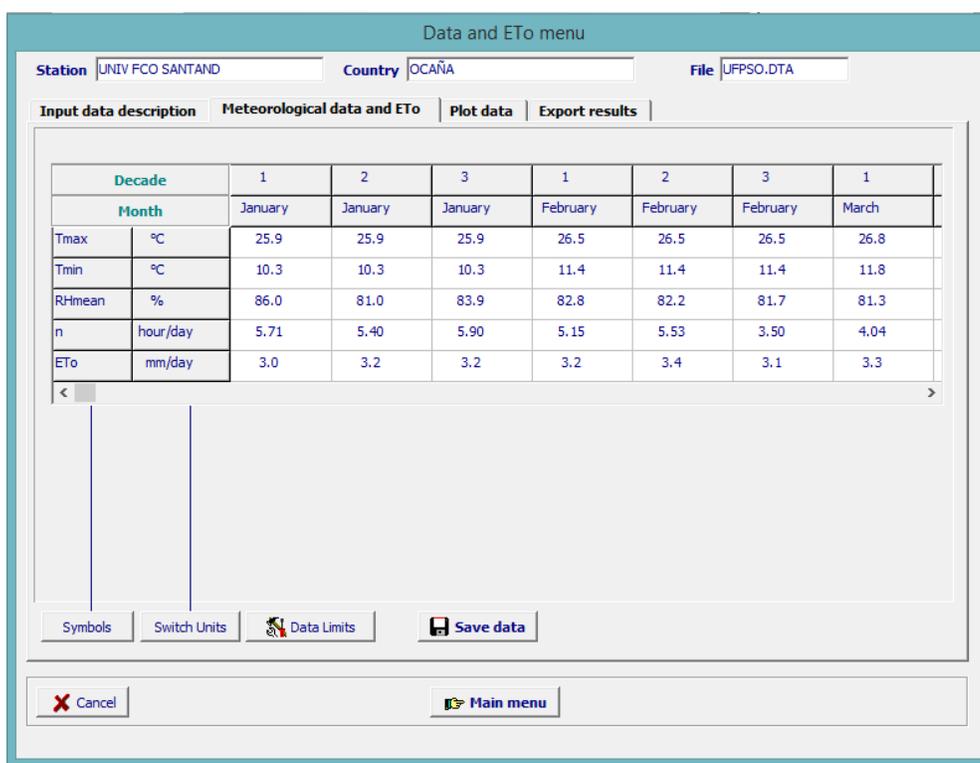


Figura 5. Pantallazo ETo calculator.
Fuente Autor del proyecto

En la tabla 3 se muestra el resumen de los valores de evapotranspiración de referencia o potencial decadal en mm.

Tabla 3.
Evapotranspiración de referencia o potencial

DECADAL	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	23.00	32.00	34.00	33.00	31.00	32.00	33.00	36.00	36.00	33.00	30.00	26.00
2	31.00	32.00	31.00	33.00	32.00	33.00	34.00	38.00	36.00	32.00	31.00	27.00
3	30.00	32.00	33.00	33.00	32.00	33.00	36.00	36.00	34.00	31.00	28.00	28.00

Fuente Autor del proyecto

4.2.3 Uso consuntivo (Uc). El cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos (Uso Consuntivo), es relativamente simple. La ecuación básica para el cálculo es la siguiente: (van Veenhuizen, 2000)

$$Uc = ETP * Kc$$

Dónde:

Uc= Es el Uso Consuntivo dado en mm por unidad de tiempo (mm/día, mm/mes).

Kc= Factor del cultivo depende de la especie o variedad cultivada y de la etapa de crecimiento de la planta.

ETP= Evapotranspiración del cultivo en mm por unidad de tiempo.

Para el caso de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña los coeficientes de cultivo Kc utilizados son los de frijol y maíz tierno, dependiendo de las etapas de crecimiento del cultivo como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.
Coefficientes de frijol y maíz

CULTIVO	Kc inicial	Kc medio	Kc final
Frijol	0.5	1.05	0.90
Maíz	0.30	1.15	1.05

Fuente Autor del proyecto

En las figuras 6 y 7 se muestra la relación del Kc con respecto al tiempo de maduración del maíz y del frijol.

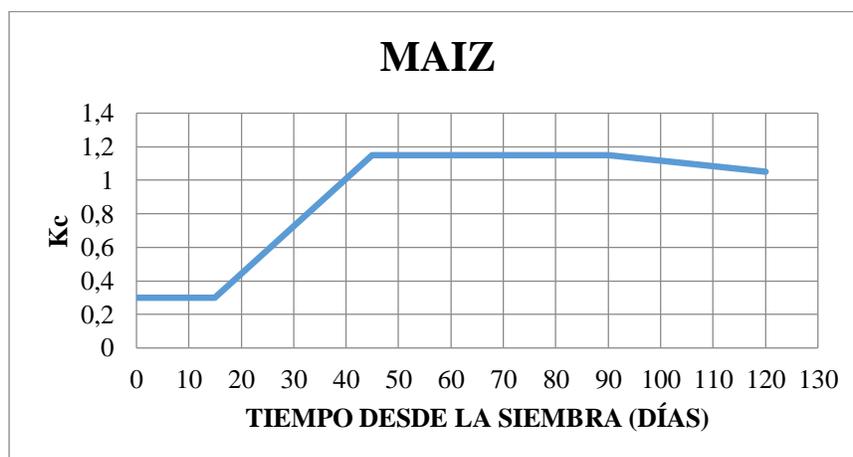


Figura 6. Curva de Kc para un cultivo de maíz cosechado y secado en campo
Fuente Autor del proyecto

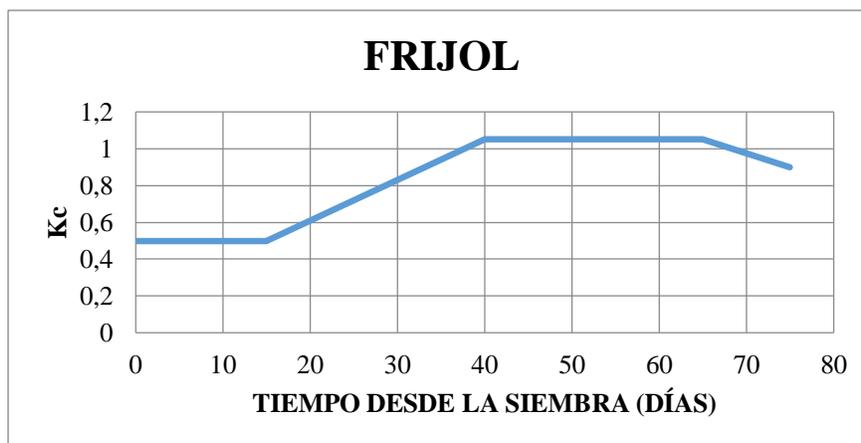


Figura 7. Curva de Kc para un cultivo de frijol
Fuente Autor del proyecto

En la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, el maíz se cosecha en estado verde (choclo), por lo que el Kc final del cultivo no se tendrá en cuenta para los cálculos pues corresponde al secado en campo (Figura 8).

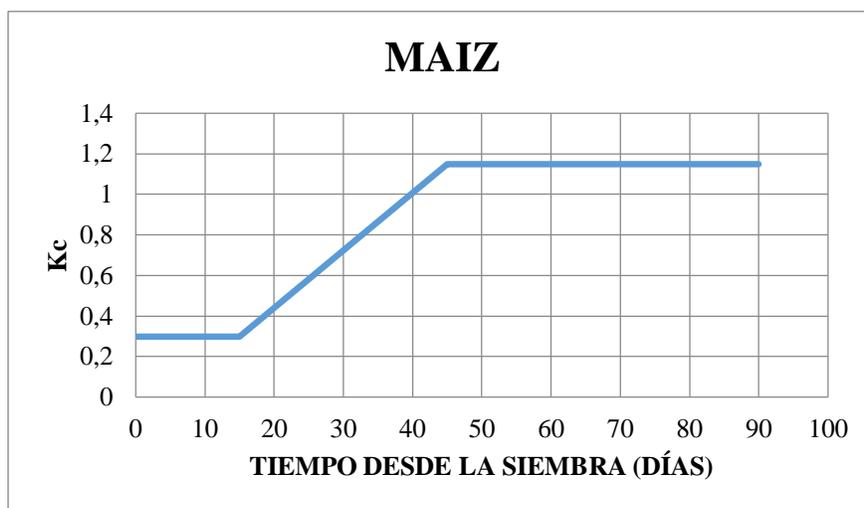


Figura 8. Curva de Kc para un cultivo de maíz cosechado en verde
Fuente Autor del proyecto

4.2.4 Demanda neta. Corresponde a la necesidad de agua que tiene la planta para su desarrollo, teniendo en cuenta que si existe un exceso la demanda neta será igual a cero.

$$\text{Demanda neta} = \text{Precipitación efectiva} - \text{Uso consuntivo}$$

4.2.5 Eficiencia de riego. Se refiere a la cantidad de agua utilizada por el cultivo en relación con el agua aplicada; se expresa en porcentaje y varía dependiendo del sistema de riego que se utilice, para este caso se propone un sistema de riego por aspersión con una eficiencia de riego del 76% (Gurovich, 1985)

4.2.6 Demanda bruta. Para el cálculo de la demanda bruta se tuvo en cuenta la demanda neta y la eficiencia de riego.

$$\text{Demanda bruta} = \frac{\text{Diseño predial}}{\text{Eficiencia de riego}}$$

4.2.7 Módulo de riego. Se refiere a la cantidad de agua que requiere una hectárea de cultivo, expresada en forma de caudal.

$$\text{Módulo de riego} = \frac{\text{Requerimiento de riego}}{\text{Coeficiente de tiempo de riego al día}}$$

$$\text{Requerimiento de riego} = \text{Demanda bruta} * \text{Factor de conversión}$$

$$\text{CT} = \frac{\text{Jornada de riego}}{24}$$

Dónde:

CT es el coeficiente de tiempo de riego al día.

Factor de conversión es igual a

$$1\text{mm} = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{Ha}}$$

4.2.8 Caudal de diseño. Para el cálculo del caudal se tuvo en cuenta el módulo de riego y el área a regar.

$$Q \text{ diseño} = \text{Módulo de riego} * \text{Área a regar}$$

4.2.9 Requerimiento de volumen cosecha. Corresponde al requerimiento de riego por el área a regar.

Debido a que la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña a en el momento de cultivar utiliza un relevo de maíz-frijol (el cual es un sistema de rotación en el cual el frijol se siembra después de que el maíz ha alcanzado o está muy próximo a alcanzar su madurez fisiológica), se toman los meses de siembra completos, es decir, sin descanso del suelo.

En las tablas 5 y 6 se muestra el balance hídrico del maíz y del frijol respectivamente.

Tabla 5.
Balance hídrico del maíz

Cultivo	Maíz
Área (Ha)	1.50
Método de riego	Aspersión

PARÁMETROS	UNIDAD	Diciembre			Enero			Febrero			Marzo			Abril						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
Precipitación	(mm)																			
Precipitación (% probabilidad de excedencia)	(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.37	5.35	6.52	19.27	16.49	11.47	17.94				
Precipitación efectiva	(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.01	4.89	14.45	12.37	8.60	13.46				
ETP (Evapotranspiración potencial)	(mm)	23.00	31.00	30.00	32.00	32.00	32.00	34.00	31.00	33.00	33.00	33.00	33.00	31.00	32.00	32.00				
Kc (Coeficiente del cultivo)		0.30	0.30	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15				
Uc (Uso consuntivo)	(mm)	6.90	9.30	34.50	36.80	36.80	36.80	39.10	35.65	37.95	9.90	9.90	37.95	35.65	36.80					
Demanda Neta	(mm)	6.90	9.30	34.50	36.80	36.80	36.80	39.10	35.65	33.94	5.01	0.00	25.58	27.05	23.35					
Eficiencia de riego	%	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76					
Demanda Bruta	(mm)	9.08	12.24	45.39	48.42	48.42	48.42	51.45	46.91	44.65	6.59	0.00	33.66	35.59	30.72					
Req. Riego	m ³ /ha	90.79	122.37	453.95	484.21	484.21	484.21	514.47	469.08	446.55	65.92	0.00	336.61	355.89	307.17					
Jornada de riego	(h)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00					
Módulo de riego	(lps/ha)	0.21	0.28	1.05	1.12	1.12	1.12	1.12	1.19	1.09	1.03	0.15	0.00	0.78	0.82	0.71				
Q diseño (caudal de diseño)	(lps)	0.32	0.42	1.58	1.68	1.68	1.68	1.79	1.63	1.55	0.23	0.00	1.17	1.24	1.07					
Requerimiento volumen maíz cosecha	m ³	136.18	183.55	680.92	726.32	726.32	726.32	771.71	703.62	669.82	98.88	0.00	504.92	533.83	460.76					
Requerimiento volumen acumulado maíz cosecha	m ³	136.18	319.74	1000.66	1726.97	2453.29	3179.61	3951.32	4654.93	5324.75	5423.63	5423.63	5928.55	6462.38	6923.14					

15	Mayo			Junio		Julio			Agosto		Septiembre			Octubre		Noviembre			Diciembre		
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
26.25	2.30	1.40	2.87	1.70	3.85	5.00	5.19	4.85	18.27	21.45	38.00	35.45	27.15	29.95	28.20	11.75	9.65	2.40	0.00	0.10	0.00
19.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	3.89	0.00	13.70	16.09	28.50	26.59	20.36	22.46	21.15	8.81	7.24	0.00	0.00	0.00	0.00
32.00	32.00	33.00	33.00	33.00	34.00	36.00	36.00	38.00	36.00	36.00	36.00	34.00	33.00	32.00	31.00	30.00	31.00	28.00	26.00	27.00	28.00
1.15	1.15	1.15	1.15	0.30	0.30	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	0.30	0.30	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
36.80	36.80	37.95	37.95	9.90	10.20	41.40	41.40	43.70	41.40	41.40	41.40	39.10	9.90	9.60	35.65	34.50	35.65	32.20	29.90	31.05	32.20
17.11	36.80	37.95	37.95	9.90	10.20	37.65	37.51	43.70	27.70	25.31	12.90	12.51	0.00	0.00	14.50	25.69	28.41	32.20	29.90	31.05	32.20
0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
22.52	48.42	49.93	49.93	13.03	13.42	49.54	49.35	57.50	36.44	33.31	16.97	16.46	0.00	0.00	19.08	33.80	37.38	42.37	39.34	40.86	42.37
225.16	484.21	499.34	499.34	130.26	134.21	495.39	493.52	575.00	364.44	333.06	169.74	164.64	0.00	0.00	190.79	337.99	373.85	423.68	393.42	408.55	423.68
12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
0.52	1.12	1.16	1.16	0.30	0.31	1.15	1.14	1.33	0.84	0.77	0.39	0.38	0.00	0.00	0.44	0.78	0.87	0.98	0.91	0.95	0.98
0.78	1.68	1.73	1.73	0.45	0.47	1.72	1.71	2.00	1.27	1.16	0.59	0.57	0.00	0.00	0.66	1.17	1.30	1.47	1.37	1.42	1.47
337.75	726.32	749.01	749.01	195.39	201.32	743.09	740.28	862.50	546.66	499.59	254.61	246.96	0.00	0.00	286.18	506.99	560.77	635.53	590.13	612.83	635.53
7260.89	7987.20	8736.22	9485.23	9680.63	9881.94	10625.03	11365.31	12227.81	12774.47	13274.06	13528.67	13775.63	13775.63	13775.63	14061.81	14568.80	15129.57	15765.10	16355.23	16968.06	17603.59

Fuente Autor del proyecto

Tabla 6.
Balance hídrico del frijol

Cultivo	Frijol
Área (Ha)	1.50
Método de riego	Aspersión

PARÁMETROS	UNIDAD	Diciembre			Enero			Febrero			Marzo			Abril									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14								
Precipitación	(mm)																						
Precipitación (% probabilidad de excedencia)	(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.37	5.35	6.52	19.27	16.49	11.47	17.94							
Precipitación efectiva	(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.01	4.89	14.45	12.37	8.60	13.46							
ETP (Evapotranspiración potencial)	(mm)	23.00	31.00	30.00	32.00	32.00	32.00	34.00	31.00	33.00	33.00	33.00	33.00	31.00	32.00								
Kc (Coeficiente del cultivo)		0.50	0.50	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.90	0.00	0.50	0.50	1.05	1.05	1.05								
Uc (Uso consuntivo)	(mm)	11.50	15.50	31.50	33.60	33.60	33.60	35.70	27.90	0.00	16.50	16.50	34.65	32.55	33.60								
Demanda neta	(mm)	11.50	15.50	31.50	33.60	33.60	33.60	35.70	27.90	0.00	11.61	2.05	22.28	23.95	20.15								
Eficiencia de riego	%	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76								
Demanda Bruta	(mm)	15.13	20.39	41.45	44.21	44.21	44.21	46.97	36.71	0.00	15.28	2.69	29.32	31.51	26.51								
Req. Riego	m ³ /ha	151.32	203.95	414.47	442.11	442.11	442.11	469.74	367.11	0.00	152.76	26.94	293.19	315.10	265.07								
Jornada de riego	(h)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00								
Módulo de riego	(lps/ha)	0.35	0.47	0.96	1.02	1.02	1.02	1.09	0.85	0.00	0.35	0.06	0.68	0.73	0.61								
Q diseño (caudal de diseño)	(lps)	0.53	0.71	1.44	1.54	1.54	1.54	1.63	1.27	0.00	0.53	0.09	1.02	1.09	0.92								
Requerimiento volumen frijol cosecha	m ³	226.97	305.92	621.71	663.16	663.16	663.16	704.61	550.66	0.00	229.14	40.41	439.79	472.65	397.60								
Requerimiento volumen acumulado frijol cosecha	m ³	226.97	532.89	1154.61	1817.76	2480.92	3144.08	3848.68	4399.34	4399.34	4628.49	4668.90	5108.68	5581.33	5978.93								
		Mayo		Junio		Julio		Agosto			Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre						
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		26.25	2.30	1.40	2.87	1.70	3.85	5.00	5.19	4.85	18.27	21.45	38.00	35.45	27.15	29.95	28.20	11.75	9.65	2.40	0.00	0.10	0.00
		19.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	3.89	0.00	13.70	16.09	28.50	26.59	20.36	22.46	21.15	8.81	7.24	0.00	0.00	0.00	0.00
		32.00	32.00	33.00	33.00	33.00	34.00	36.00	36.00	38.00	36.00	36.00	36.00	34.00	33.00	32.00	31.00	30.00	31.00	28.00	26.00	27.00	28.00
		1.05	1.05	0.90	0.00	0.50	0.50	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.90	0.00	0.50	0.50	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.90	0.00
		33.60	33.60	29.70	0.00	16.50	17.00	37.80	37.80	39.90	37.80	37.80	32.40	0.00	16.50	16.00	32.55	31.50	32.55	29.40	27.30	24.30	0.00
		13.91	33.60	29.70	0.00	16.50	17.00	34.05	33.91	39.90	24.10	21.71	3.90	0.00	0.00	11.40	22.69	25.31	29.40	27.30	24.30	0.00	
		0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
		18.31	44.21	39.08	0.00	21.71	22.37	44.80	44.62	52.50	31.71	28.57	5.13	0.00	0.00	15.00	29.85	33.31	38.68	35.92	31.97	0.00	
		183.06	442.11	390.79	0.00	217.11	223.68	448.03	446.15	525.00	317.07	285.69	51.32	0.00	0.00	150.00	298.52	333.06	386.84	359.21	319.74	0.00	
		12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
		0.42	1.02	0.90	0.00	0.50	0.52	1.04	1.03	1.22	0.73	0.66	0.12	0.00	0.00	0.00	0.35	0.69	0.77	0.90	0.83	0.74	0.00
		0.64	1.54	1.36	0.00	0.75	0.78	1.56	1.55	1.82	1.10	0.99	0.18	0.00	0.00	0.00	0.52	1.04	1.16	1.34	1.25	1.11	0.00
		274.59	663.16	586.18	0.00	325.66	335.53	672.04	669.23	787.50	475.61	428.54	76.97	0.00	0.00	225.00	447.78	499.59	580.26	538.82	479.61	0.00	
		6253.52	6916.68	7502.86	7502.86	7828.52	8164.05	8836.09	9505.31	10292.81	10768.42	11196.96	11273.93	11273.93	11273.93	11273.93	11498.93	11946.71	12446.30	13026.56	13565.38	14044.98	14044.98

Fuente Autor del proyecto

4.3 Capacidad de almacenamiento.

Para el cálculo de la capacidad de almacenamiento o volumen total del embalse se consideró la cantidad de agua que se puede captar en la época de invierno y las necesidades de agua del cultivo, teniendo en cuenta el arrastre de sedimentos y las pérdidas de agua que se generan por evaporación e infiltración.

$$\text{Volumen del embalse} = V_u + V_{ev} + V_m + V_i$$

Dónde:

V_{ev} = Volumen de evaporación

V_u = Volumen útil

V_m = Volumen muerto

V_i = Volumen de infiltración

4.3.1 Volumen útil. En el cálculo del volumen útil se realiza el balance hídrico de la cuenca con el fin de conocer el volumen de agua que esta puede aportar teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Coficiente de escorrentía (C). Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se tendrá en cuenta el umbral de escorrentía, el cuál es la cantidad de precipitación a partir de la cual el suelo no es capaz de infiltrar más agua y se genera la escorrentía superficial.

$$C = \frac{[(Pd/Po) - 1] * [(Pd/Po) + 23]}{[(Pd/Po) + 11]^2}$$

Dónde:

C= coeficiente de escorrentía

Po= Umbral de escorrentía

Pd= Precipitación máxima diaria

Esta expresión es válida cuando Pd es mayor que Po, ya que de lo contrario no se supera el valor del umbral, por lo que toda el agua se infiltra o queda retenida. Si Pd es menor que Po el valor del coeficiente de escorrentía es nulo. (Juncosa Rivera, 2015)

El umbral de escorrentía seleccionado para la estimación del coeficiente de escorrentía fue de 10, teniendo en cuenta que las pendientes de la zona son de aproximadamente el 60% y la vegetación es escaza. (Ministerio de fomento, 2016).

La tabla 7 muestra el coeficiente de escorrentía para los meses de enero a diciembre teniendo en cuenta la precipitación máxima en 24 horas presente en cada mes y el umbral de escorrentía seleccionado.

Tabla 7.
Coefficientes de escorrentía con umbrales

Mes	Precipitación en mm Pd	Umbral de escorrentía Po	C
Enero	6.8	10	0.00
Febrero	7.2	10	0.00
Marzo	24	10	0.20
Abril	39.8	10	0.36
Mayo	37.4	10	0.34
Junio	22.7	10	0.18
Julio	20.8	10	0.16
Agosto	27.4	10	0.33
Septiembre	36.2	10	0.28
Octubre	31.4	10	0.33
Noviembre	37	10	0.11
Diciembre	16.9	10	0.11

Nota: Fuente Autor del proyecto

Aporte de agua (m³). Por tratarse de cauces secos en temporada de verano, para hallar el volumen de agua que puede aportar la cuenca se estimarán a partir de la información de lluvias existente en la región, mediante la siguiente ecuación:

$$V = 10 * A * P * C$$

Dónde:

V= Volumen promedio de aportes mensuales en m³

P= Precipitación promedio mensual en mm

A= Superficie de la cuenca en Ha

C= Coeficiente de escorrentía

Consumo (m³). Corresponde al mayor requerimiento de agua de los cultivos de maíz y frijol calculados anteriormente en el balance hídrico. En la tabla 8 se muestra el resumen de los volúmenes correspondientes por decadal de cada cultivo.

Tabla 8.
Volumen requerido de maíz y frijol

MES	Decadal	Requerimiento de volumen de maíz (m3)	Requerimiento de volumen de frijol (m3)
Diciembre	1	136.18	226.97
	2	183.55	305.92
	3	680.92	621.71
Enero	4	726.32	663.16
	5	726.32	663.16
	6	726.32	663.16
Febrero	7	771.71	704.61
	8	703.62	550.66
	9	669.82	0.00
Marzo	10	98.88	229.14
	11	0.00	40.41
	12	504.92	439.79
Abril	13	533.83	472.65
	14	460.76	397.60
	15	337.75	274.59
Mayo	16	726.32	663.16
	17	749.01	586.18
	18	749.01	0.00
Junio	19	195.39	325.66
	20	201.32	335.53
	21	743.09	672.04
Julio	22	740.28	669.23
	23	862.50	787.50
	24	546.66	475.61
Agosto	25	499.59	428.54
	26	254.61	76.97
	27	246.96	0.00
Septiembre	28	0.00	0.00
	29	0.00	0.00
	30	286.18	225.00
Octubre	31	506.99	447.78
	32	560.77	499.59
	33	635.53	580.26
Noviembre	34	590.13	538.82
	35	612.83	479.61
Diciembre	36	635.53	0.00
TOTAL		17603.59	14044.98

Fuente Autor del proyecto

Exceso (m^3) y déficit (m^3). Son las diferencias decadales por mes entre los aportes y los consumos, teniendo en cuenta que cuando el consumo es mayor que los aportes existirá un déficit y si es menor existirá un exceso.

Una vez se tienen los parámetros anteriores se procede a calcular el volumen útil o aprovechable teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Examinar los periodos de excedentes, entonces el volumen aprovechable es igual a la suma de los déficits. Al final del último mes de déficit el embalse se habrá desocupado. (HIMAT, 1984)
- Si se presentan dos periodos de déficit y dos de excedentes, en este caso se calculan las sumas de cada periodo y el volumen se calcula teniendo en cuenta cada periodo de excedente tiene un volumen mayor que el déficit que le sigue, entonces el volumen aprovechable será igual al mayor de los dos déficits. (HIMAT, 1984)
- Si uno de los periodos de excedente tiene un volumen inferior al del déficit siguiente, el volumen útil será igual a la suma de los dos déficits menos el volumen de excedentes intermedio que resultó menor. El volumen útil así obtenidos debe ser mayor que cualquiera de los déficits tomados por separado. (HIMAT, 1984)

En la tabla 9 se muestra el balance hídrico de la cuenca con su respectivo volumen útil.

Tabla 9.
Balance hídrico de la cuenca

Mes	Precipitación mm	C	Área tributaria Ha	Aporte m3	Consumo m3	Exceso m3	Déficit m3
Enero	7.7	0.00	12.96	0	680.92		681
	2.7	0.00	12.96	0	726.32		726
	1.9	0.00	12.96	0	726.32		726
Febrero	3.0	0.00	12.96	0	726.32		726
	4.3	0.00	12.96	0	771.71		772
	5.3	0.00	12.96	0	703.62		704
Marzo	14.6	0.20	12.96	375	669.82		295
	12.2	0.20	12.96	313	98.88	215	
	23.4	0.20	12.96	600	0.00	600	
Abril	28.2	0.36	12.96	1309	504.92	805	
	40.8	0.36	12.96	1896	533.83	1362	
	55.6	0.36	12.96	2580	460.76	2120	
Mayo	43.3	0.34	12.96	1893	337.75	1555	
	39.7	0.34	12.96	1735	726.32	1008	
	59.0	0.34	12.96	2580	749.01	1831	
Junio	26.2	0.18	12.96	619	749.01		130
	21.9	0.18	12.96	518	195.39	323	
	14.0	0.18	12.96	330	201.32	129	
Julio	16.3	0.16	12.96	334	743.09		409
	14.7	0.16	12.96	301	740.28		439
	23.6	0.16	12.96	485	862.50		377
Agosto	35.6	0.33	12.96	1504	546.66	957	
	27.0	0.33	12.96	1143	499.59	644	
	33.9	0.33	12.96	1434	254.61	1179	
Septiembre	46.1	0.28	12.96	1670	246.96	1423	
	59.8	0.28	12.96	2170	0.00	2170	
	58.8	0.28	12.96	2132	0.00	2132	
Octubre	51.5	0.33	12.96	2225	286.18	1939	
	50.4	0.33	12.96	2179	506.99	1672	
	42.7	0.33	12.96	1846	560.77	1285	
Noviembre	54.2	0.11	12.96	743	635.53	108	
	36.6	0.11	12.96	502	590.13		88
	26.2	0.11	12.96	359	612.83		254
Diciembre	16.9	0.11	12.96	231	635.53		404
	8.0	0.11	12.96	110	136.18		26
	5.1	0.11	12.96	70	183.55		114

Volumen útil (m ³)	5516
-----------------------------------	------

Nota: Fuente Autor del proyecto

4.3.2 Volumen de evaporación (m³). Para la estimación del volumen de evaporación se utiliza el tamaño de la superficie del embalse (Tabla 10) el cual se obtiene del levantamiento topográfico y los requisitos de evaporación obtenidos de IDEAM, mediante la fórmula (HIMAT, 1984):

$$V_{ev} = 10 * S * E$$

Dónde:

V_{ev} = Volumen de agua evaporada mensualmente (m³)

S = Superficie del embalse (Ha)

E = Evaporación mensual promedio (mm)

Tabla 10.
Superficie del embalse

COTA	ALTURA DE LA PRESA (m)	ÁREA INUNDADA (m ²)	ÁREA INUNDADA (Ha)
1302	0	330	0.0330
1303	1	458	0.0458
1304	2	637	0.0637
1305	3	809	0.0809
1306	4	943	0.0943
1307	5	1063	0.1063
1308	6	1184	0.1184
1309	7	1331	0.1331
1309.5	7.5	1394	0.1394

Fuente Autor del proyecto

Tabla 11.
Volumen de agua evaporada en el embalse

MES	SUPERFICIE DEL EMBALSE (Ha)	EVAPORACIÓN PROMEDIO (mm)	VOLUMEN DE AGUA EVAPORADA (m ³)
Enero	0.1394	34.2	48
	0.1394	35.4	49
	0.1394	42.5	59
Febrero	0.1394	38.9	54
	0.1394	36.8	51
	0.1394	32.2	45
Marzo	0.1394	40.3	56
	0.1394	39.9	56

Tabla 11. Continuación

	0.1394	38.5	54
	0.1394	35.7	50
Abril	0.1394	32.3	45
	0.1394	33.4	47
	0.1394	32.6	45
Mayo	0.1394	33.7	47
	0.1394	38.9	54
	0.1394	34.7	48
Junio	0.1394	35.7	50
	0.1394	39.1	54
	0.1394	38.3	53
Julio	0.1394	41.0	57
	0.1394	45.0	63
	0.1394	38.6	54
Agosto	0.1394	36.8	51
	0.1394	40.2	56
	0.1394	35.2	49
Septiembre	0.1394	32.8	46
	0.1394	35.1	49
	0.1394	33.8	47
Octubre	0.1394	33.0	46
	0.1394	34.6	48
	0.1394	29.7	41
Noviembre	0.1394	27.4	38
	0.1394	29.7	41
	0.1394	29.6	41
Diciembre	0.1394	29.5	41
	0.1394	35.8	50

Evaporación total			787
--------------------------	--	--	------------

Fuente Autor del proyecto

La tabla 11 muestra el volumen por evaporación, el cual corresponde a la suma de las evaporaciones decadales en el periodo de déficit (datos en rojo) igual a 787 m³.

4.3.3 Volumen de infiltración (m³). El volumen perdido por infiltración se calcula como un porcentaje del volumen existente en el embalse. Los porcentajes comúnmente adoptados se dan en la tabla 12. (HIMAT, 1984)

Tabla 12.
Perdidas por infiltración en embalses

Suelos del embalse	Infiltración mensual
Impermeables	1%
Regular permeabilidad	1.50%
Permeables	2 a 5%

Fuente (HIMAT, 1984)

Para el cálculo de la infiltración se asume un suelo permeable con una infiltración de 5%, para los 12 decadales donde se cuenta con el volumen útil en el embalse.

$$V_i = 10 * 5\% * \text{Volumen útil}$$

4.3.4 Volumen muerto (m³). Para el cálculo del volumen muerto en presas pequeñas se tiene que es entre el 8% y el 12% del volumen útil o según características propias del sitio, en este caso se asume una altura igual a 1 m desde el nivel de fondo (se obtiene de la topografía).

4.3.5 Volumen del embalse (m³). En la tabla 13 se muestra el resumen de los volúmenes calculados y el total que debe almacenar el embalse.

Tabla 13,
Volúmenes de agua en el embalse

VOLUMEN ÚTIL (m ³)	5516
VOLUMEN MUERTO (m ³)	426
VOLUMEN POR EVAPORACIÓN (m ³)	787
VOLUMEN DE FILTRACIÓN (m ³)	331
VOLUMEN TOTAL EN EL EMBALSE (m ³)	7060

Fuente Autor del proyecto

Por medio de la topografía se obtiene el volumen que puede almacenar el vaso en su estado natural, es decir, sin necesidad de excavaciones, y se compara con el que debe almacenar para suplir la necesidad de agua, en este caso a una altura de 7.5 m es capaz de acumular un volumen

de 7664 m³ lo cual indica que no requiere movimientos de tierra para almacenar el volumen de agua total. En la tabla 14 se muestran los datos obtenidos en el cálculo del volumen del vaso.

Tabla 14,
Volumen del embalse sin movimientos de tierra

Cota	Altura de la presa m	Δh m	Área inundada m ²	Área inundada (Ha)	ΔV Incremento de volumen	Volumen acumulado (m ³)
1302	0	0	330	0.0330	0	0
1303	1	1	458	0.0458	392	426
1304	2	1	637	0.0637	545	1040
1305	3	1	809	0.0809	721	1864
1306	4	1	943	0.0943	875	2875
1307	5	1	1063	0.1063	1003	4028
1308	6	1	1184	0.1184	1123	5343
1309	7	1	1331	0.1331	1257	6791
1309.5	7.5	0.5	1394	0.1394	681	7664

Fuente Autor del proyecto

4.4 Estructuras hidráulicas y sistema de distribución.

Dentro de las estructuras hidráulicas se encuentra el vertedero, el canal de descarga, dissipador de energía y la presa en tierra, para los cuales se tendrán en cuenta parámetros para su cálculo; en el caso del sistema de distribución se utilizará EPANET para el cálculo de presiones y diámetros necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

4.4.1 Diseño de la presa en tierra. Para el cálculo de la altura total de la presa se debe tener en cuenta oleaje y vientos, el borde libre, la carga del vertedero y el asentamiento que ocurre en la presa. El borde libre recomendado para una altura de 6-8 m es de 1.2 m (HIMAT, 1984)

Los asentamientos ocurren en las presas y principalmente en las fundiciones por diferentes causas, entre ellas por empleo de materiales de mala calidad, compactación inadecuada de la presa y la fundación (tabla 15), como normal general en presas pequeñas se puede proporcionar la siguiente altura adicional por asentamientos: (HIMAT, 1984)

Tabla 15.
Altura por asentamientos

Fundación y terraplén	% de la altura total
Materiales no comprensibles	2
Materiales comprensibles	5

Fuente (HIMAT, 1984)

La altura total de la presa se obtiene de sumar la altura correspondiente a la lámina de agua, la altura sobre el vertedero, el borde libre, el oleaje y el asentamiento, teniendo así los siguientes valores:

- Se asume que el embalse será cimentado sobre materiales no comprensibles, proporcionando un posible asentamiento del 2% de la altura total = 0.18 m
- Se asume oleaje y vientos el 1% de la altura total = 0.0938 m
- Altura de la lámina sobre el aliviadero = 0.507 m
- Borde libre recomendado= 1.2 m
- Altura de la lámina de agua= 7.5 m

Teniendo de esta manera una altura total de la presa de 9.5 m.

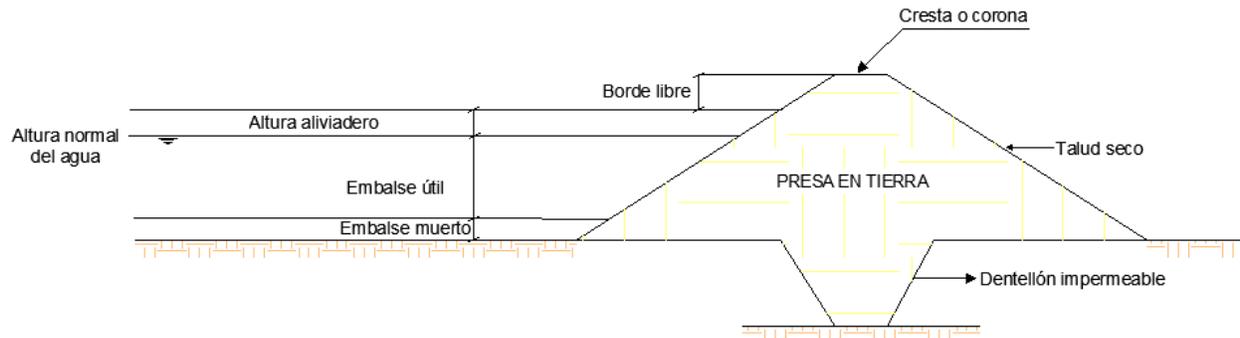


Figura 9. Sección típica de una presa en tierra
Fuente Autor del proyecto

La figura 9 muestra la sección típica de una presa en tierra teniendo en cuenta los el volumen total (altura del Embalse útil, altura del embalse muerto, borde libre, altura del aliviadero)

Cresta o corona. El ancho mínimo que se le da a la corona de presas pequeñas obedece a la seguridad y estabilidad de la presa así como a la facilidad de construcción con los equipos disponibles, el ancho mínimo recomendado de la cresta es de 3.00m (HIMAT, 1984)

Se recomienda proteger el talud aguas arriba con un enrocado hasta un metro por debajo del borde libre para evitar los efectos erosivos producidos por salpicadura de las olas, cambios de nivel, entre otros. El talud aguas abajo o seco se recomienda protegerlo con una cubierta vegetal de 0.20 m sembrada de pasto estrella.

Taludes. La pendiente de los taludes de presas pequeñas depende de la altura total del terraplén, de las características de los materiales y del grado de compactación exigido para su

construcción. Por regla general al talud húmedo se le asigna una pendiente más suave para evitar deslizamientos posibles por estar sometido a la acción del agua. (HIMAT, 1984)

La modelación de la estabilidad de taludes se realizó con el software GEOSTUDIO 2007 Student Edition (producto gratuito para fines educativos), mediante el cual se modelará y estudiará la estabilidad de taludes, las redes de flujo y la filtración.

Para la realización de la modelación en GEOSTUDIO 2007 se requieren de ciertos parámetros del suelo, los cuales se obtienen mediante un estudio geotécnico. Para dicho estudio realizaron dos sondeos en la zona del terraplén, arrojando los siguientes resultados del tipo de suelo presente:

- Sondeo 1: Primera capa de 0.96 m de espesor un tipo de suelo SC (arena arcillosa) y en la segunda capa de 2.04 m de espesor un tipo de suelo GW-GM (Roca ígnea- cuarzo monzonita cohesiva). (perfil stratigráfico figura 10)
- Sondeo 2: Primera capa de 0.39 m de espesor suelo orgánico, segunda capa de 1.05 un tipo de suelo SC (arena arcillosa) y en la tercera capa de 1.56 m de espesor un tipo de suelo GW-GM (Roca ígnea- cuarzo monzonita cohesiva). (perfil stratigráfico figura 11)

Tabla 16.
Perfil estratigráfico sondeo 1

SONDEO SD - 1		CODIGO GEOTEC - C104		PROFUNDIDAD : 3.00 m		LOCALIZACION : SECTOR NORTE DE LA PRESA		SOLICITO : ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ		FECHA : FEBRERO 14/2017						
PERFIL	CAPA	ESPESOR mts.	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS						PROPIEDADES MECANICAS				PENETRACION ESTANDAR		
				FINOS %	γ_s gr/cm ³	P_{60} kg/cm ²	IP %	CLASIFICACION USC	ASCHO	Es kg/cm ²	C kg/cm ²	q_u kg/cm ²	Friccion Grados	NUMERO DE GOLPES		
												6	12	18		
	1	0,96	Arena arcillosa con algunas gravillas poco meteorizadas de calidad aceptable y tamaños menores a 2 cm, embebidas en una matriz areno arcillosa de grano medio, de color en húmedo amarillo crema con vetas naranja, grises y puntos blancos, consistencia media a firme, de mediana plasticidad e índice de expansividad moderado, de buenas a pobres características como suelo de soporte, dependiendo de su contenido de humedad y condiciones de plasticidad	42,98	1,929	0,244	19,02	SC	A-7-6	373,0	0,769	1,539	30,26	6	8	9
										380,0	0,803	1,606	30,15	5	7	10
	2	> 2,04	Roca ignea - Cuarzomonzolita cohesiva, meteorizada, de color blanco crema con vetas naranja y puntos perlados, de consistencia firme y dura, de plasticidad nula e índice de expansividad bajo. De buenas características como suelo de soporte y material de préstamo debido sus características granulométricas y condiciones de plasticidad.	8,15	2,057	0,062	NIP	GW-GM	A-1a	449,8	1,288	2,577	33,49	13	14	14
										466,9	1,540	3,081	33,98	14	15	17
NIVEL TREATICO		NO SE ENCONTRO		CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO: Roca ignea - Cuarzomonzolita cohesiva, de consistencia firme y dura, de buenas características como suelo de soporte												
TIPO DE PERFORACION		MECANICO CON ENSAYOS SPT		OBSERVACIONES: Geológicamente el area se caracteriza por presentar suelos residuales de origen igneo, pertenecientes a la Formación Complejo Igneo Intrusivo Extrusivo (JcI)												



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
ESTUDIO GEOTECNICO RESERVORIO DE AGUAS LLUVIAS
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA



Calle 2 No. 28-35 Ocaña / Colombia
Tel: 317 724 9240 - 316 452 7622
laboratorio@geoteccolombia.com

Fuente GEOTEC

Tabla 17.
Perfil estratigráfico sondeo 2

SONDEO SD - 2		CODIGO GEOTEC - C104		PROFUNDIDAD : 3.00 m		LOCALIZACION : SECTOR SUR DE LA PRESA		SOLICITO : ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ		FECHA : FEBRERO 14/2017						
PERFIL	CAPA	ESPESOR mts.	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS				PROPIEDADES MECANICAS				PENETRACION ESTANDAR				
				FINOS	γ_w gr/cm	F_{200} kg/cm	IP %	CLASIFICACION USC	ASCHO	Es kg/cm	C kg/cm	q_{10} kg/cm	> Fricción grados	NUMERO DE GOLPES		
													6	12	18	
	1	0,39	Suelo organico areno arcilloso, de color cafe oscuro con vetas grises, de pobres características como suelo de soporte, debe retirarse del perfil de cimentacion	-	-	-	-	-	-	321,2	0,556	1,112	26,97	4	4	6
	2	1,05	Arena arcillosa con algunas gravillas poco meteorizadas de calidad aceptable y tamaños menores a 2 cm, embebidas en una matriz areno arcillosa de grano medio, de color en húmedo amarillo crema con vetas naranja, grises y puntos blancos, consistencia media a firme, de mediana plasticidad e índice de expansividad moderado, de buenas a pobres características como suelo de soporte, dependiendo de su contenido de humedad y condiciones de plasticidad	36,03	1,819	0,368	19,93	SC	A-7-6	380,0	0,803	1,606	30,15	7	9	8
	3	> 1,56	Roca ignea - Cuarzomonzolita cohesiva, meteorizada, de color blanco crema con vetas naranja y puntos perlados, de consistencia firme y dura, de plasticidad nula e índice de expansividad bajo. De buenas características como suelo de soporte y material de prestamo debido sus características granulométricas y condiciones de plasticidad.	8,15	2,057	0,062	NIP	GW-GM	A-1a	454,5	1,349	2,698	33,74	12	14	15
										471,0	1,618	3,236	34,19	16	16	17
NIVEL FREATICO		NO SE ENCONTRO		CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO		Roca ignea - Cuarzomonzolita cohesiva, de consistencia firme y dura, de buenas características como suelo de soporte										
TIPO DE PERFORACION		MECANICO CON ENSAYOS SPT		OBSERVACIONES		Geologicamente el area se caracteriza por presentar suelos residuales de origen igneo, pertenecientes a la Formacion Complejo Igneo Intrusivo Estruvalo (Jca)										



PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
ESTUDIO GEOTECNICO RESERVOIRIO DE AGUAS LLUVIAS
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA



GEOTEC - departamento de geotecnia y laboratorio de materiales, encargado del estudio de suelos, recomienda trabajar con las condiciones de resistencia más pobres encontradas (SONDEO 1), las cuales son:

- Peso unitario húmedo (γ_h) = 2.057 gr/cm³
- Cohesión (C) = 1.115 Kg/cm²
- Ángulo de fricción interna = 32.30°
- Permeabilidad = 4.141 x 10⁻⁴

Teniendo en cuenta dichas condiciones se modeló el terraplén con una pendiente para el talud húmedo de 2.5:1 y para el talud seco de 2:1, obteniendo una longitud en el talud húmedo de 23.75 m y en el talud seco de 19 m, teniendo en cuenta el ancho mínimo de cresta recomendado (3m) la longitud total del terraplén es de 45.75 m.

Una vez analizado el terraplén en el software con los parámetros recomendados, se obtiene un factor de seguridad (FS) de 9.717 para el talud húmedo (figura 13) y de 7.774 para el talud seco (figura 14), cumpliendo de esta manera que FS sea mayor o igual a 1.5 para un diseño de talud estable (Braja M., 2001).

En la figura 12 se pueden observar las líneas de flujo y las líneas equipotenciales obtenidas en la modelación; en el centro del terraplén se ubicó una línea de sección de flujo con el fin de conocer el caudal que atraviesa esta zona obteniendo un valor de 0.00052375 m³/sg.

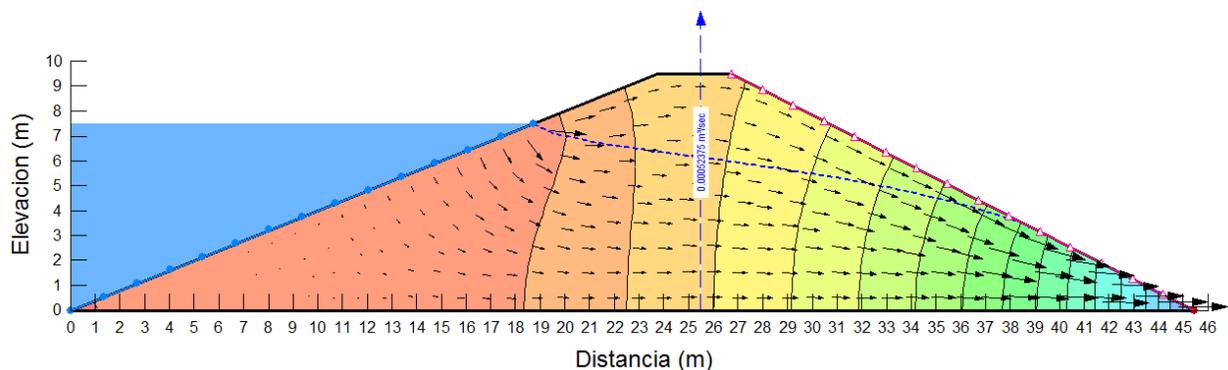


Figura 10. Líneas de flujo y las líneas equipotenciales
Fuente Autor del proyecto

Para evitar las filtraciones y re direccionar las líneas de flujo que pasan por debajo del terraplén, se propone un dentellón en material impermeable; a su vez se propone recubrir el talud húmedo, la base de la presa y el dentellón con una geomembrana con geotextil para dar protección a la estructura en tierra.

Con el fin de proporcionar protección al talud seco, a la corona y al borde libre se propone recubrir este con un pasto de raíces cortas (pasto estrella).

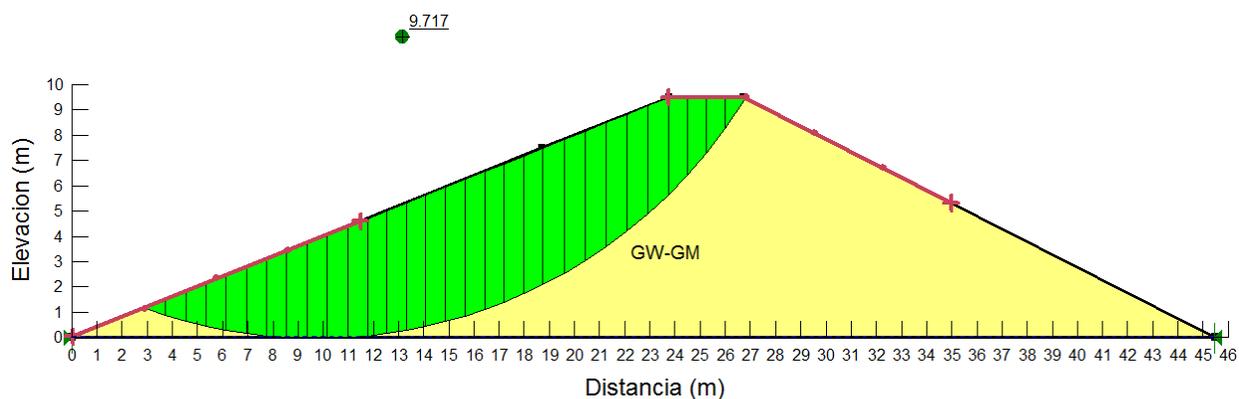


Figura 11. Factor de seguridad del talud húmedo
Fuente Autor del proyecto

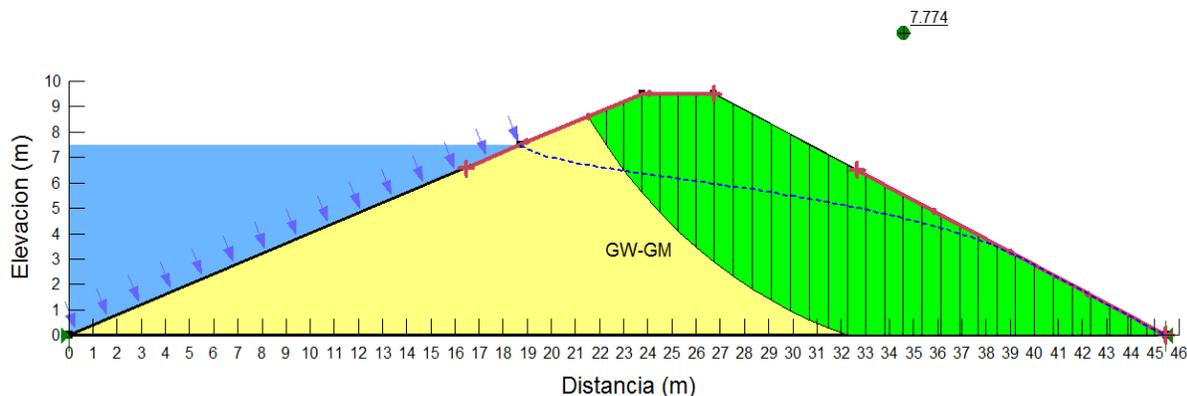


Figura 12. Factor de seguridad del talud seco
Fuente Autor del proyecto

4.4.2 Vertedero. Se plantea un vertedero de pared gruesa en la cota 1309.5, con paredes revestidas en concreto que se conectara al canal de descarga. Se empleó el método de probabilidad de Gumbel para obtener datos de ocurrencia más precisos y el método racional para el cálculo del aporte de la cuenca.

Distribución de Gumbel. El análisis estadístico que se realizó tiene por objeto obtener un dato confiable de precipitación máxima (mm) en 24 horas para un periodo de 22 años (tabla 15), que ha de permitir obtener la lluvia de diseño para cada una de las cuencas, para periodo de retorno de 30 años.

Tabla 18.
Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de 22 años

Año	Datos
1993	37
1994	103
1995	60
1996	75
1997	50.2

Tabla 18. Continuación

1998	87
1999	0.8
2000	88.6
2001	43.5
2002	50.5
2003	54.8
2004	44.7
2005	60
2006	45.2
2007	51.2
2008	69.6
2009	48.1
2010	76.8
2011	80.1
2012	44.4
2013	85.1
2014	121.5
2015	44.5

Fuente Autor del proyecto

Para el cálculo de la precipitación máxima por Gumbel se tienen las siguientes ecuaciones:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[\frac{-x - \beta}{\alpha} - \exp \left(\frac{-x - \beta}{\alpha} \right) \right]$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S$$

$$\beta = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

Dónde:

S= Desviación típica

\bar{x} = Media

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Tabla 19.
Media y desviación típica de la serie

Media	Desviación típica	n
61.809	25.594	22

Fuente Autor del proyecto

Tabla 20.
Distribución de Gumbel

T	Precipitación (mm)	Prob(Pmax<=x)
5	84.81	0.80000
10	102.58	0.90000
15	112.60	0.93333
25	125.02	0.96000
30	129.42	0.96667
50	141.68	0.98000
75	151.36	0.98667
100	158.21	0.99000

Fuente Autor del proyecto

El dato en rojo de la tabla 17 corresponde a la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 30 años. La cual es de 129.42 mm, con este valor calculamos el coeficiente de esorrentía teniendo en cuenta el umbral trabajado (10)

Diseño del vertedero. Para el cálculo de la capacidad del vertedero se utilizó el método racional, cuya forma para caudales instantáneos es:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Dónde:

Q= Caudal a evacuar por el vertedero en m³/s

C= Coeficiente de escorrentía

I= Intensidad máxima de la precipitación en un tiempo igual al tiempo de concentración en mm/hora

A= Superficie de la cuenca en Ha

Cuando no se dispone de información sobre intensidades máximas de la lluvia pero si de precipitación máxima en 24 horas, se podrá estimar la intensidad como un porcentaje de la precipitación, presentada en la Tabla 18, donde el tiempo en horas corresponde al tiempo de concentración. (HIMAT, 1984)

Tabla 21.
Porcentaje de intensidades de precipitación

Tiempo en horas	% P24
24	100
12	70
6	60
5	57
4	51
3	45
2	39
1	30

Fuente (HIMAT, 1984)

El tiempo de concentración para elegir la intensidad máxima se calculó mediante la siguiente ecuación (Sánchez San Román, 2016)

$$T_c = 0.3 * \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Dónde:

T_c= Tiempo de concentración en horas

L= Longitud del cauce en km

S= Pendiente media (m/m)

Tabla 22.
Datos de la cuenca

Área (Ha)	Pendiente Media (%)	Longitud (m)
12.96	12.28	594

Nota: Fuente Autor del proyecto

Tabla 23.
Tiempo de concentración e intensidad

Long. del cauce (Km)	Pendiente media (%)	T _c (horas)	Intensidad (mm/hora)
0.59	12.28	0.30	38.826

Fuente Autor del proyecto

Las tablas 19 y 20 presentan los datos a utilizar en la ecuación del método racional para el cálculo del caudal que debe evacuar el vertedero.

$$Q = \frac{0.75 * 38.826 * 12.96}{360}$$

$$Q = 1.047 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Una vez se tiene el caudal de diseño del vertedero se procede a dimensionarlo, para lo cual se utiliza la fórmula de Francis la cual es la usada para el cálculo de las dimensiones de un vertedero de cresta ancha la cual es:

$$Q = C * b * H^{3/2}$$

Dónde:

Q= Caudal de diseño del vertedero (m³/seg)

C= Coeficiente de entrada del vertedero

b= Longitud de la cresta o ancho del canal de salida (m)

H= Carga del vertedero (m)

Para el diseño del vertedero se debe tener en cuenta que la cresta se debe proyectar a la cota del nivel normal del agua (1309.5), la longitud mínima de cresta aceptada para evitar obstrucciones es de 2 m y que cuando las cargas son mayores de 0.45m el valor de C es 1.45 (HIMAT, 1984). La tabla 21 presenta los resultados obtenidos para el diseño del vertedero.

Tabla 24.
Diseño del vertedero

Caudal de diseño (m ³)	Coeficiente de descarga	Carga del vertedero (m)	Longitud de la cresta (m)
1.047	1.45	0.507	2.00

Fuente Autor del proyecto

Según la carga del vertedero (0.507 m) se puede estimar la longitud de este mediante la expresión:

$$\frac{b}{h} \geq 10$$

Donde b es la longitud del vertedero o ancho de la pared y h es la carga, obteniendo así una longitud mínima de 5.1 metros.

4.4.3 Canal de descarga. El cálculo del canal de descarga se hizo mediante el software libre Hcanales, el cual determina la altura de la lámina de agua, el tipo de flujo y la velocidad, de acuerdo al ancho, la rugosidad, el caudal y la pendiente del canal.

Se propone un canal rectangular en concreto con un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.014 (Ven Te Chow, Hidraulica de canales abiertos, 1994), una pendiente del 1% y una velocidad permisible máxima de 3 m/seg.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m3/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
 Area hidráulica (A): m2
 Espejo de agua (T): m
 Número de Froude (F):
 Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energía específica (E): m-Kg/Kg

Ingresar el valor del caudal Q 11:23 p. m. 04/02/2017

Figura 13. Cálculo de las propiedades hidráulicas del canal de descarga.
 Fuente Autor del proyecto

Para las propiedades tomadas en el canal de concreto (Figura 15), se tiene una altura de lámina de agua (y_n) de 0.23m y una velocidad de 2.31 m/s, la cual no excede la máxima permitida por el material, lo cual indica que no existirá socavación. El cálculo del borde libre para la altura de lámina de agua de 0.23 m mediante la siguiente ecuación: (Ven Te Chow, Hidraulica de canales abiertos, 1994)

$$F = \sqrt{C * y}$$

Dónde:

F= Borde libre en pies

y= Profundidad en pies del agua en el canal

C= Coeficiente que varía desde 1.5 hasta 2.5 dependiendo de la capacidad del canal (Ven Te Chow, Hidraulica de canales abiertos, 1994).

Tomando la altura del flujo ($y=0.23\text{m}$) y un coeficiente (C) de 2.5 se tiene un borde libre para el canal de descarga de 0.5 m.

Se plantea iniciar el canal de descarga con una altura igual a la del vertedero (2 m) e ir disminuyéndola hasta la altura calculada (0.73m), con el fin de tener en cuenta que la lámina de agua al inicio del canal (0.507 m) es mayor que la lámina de agua calculada para el canal de descarga (0.23m).

4.4.4 Disipador de energía. La pendiente longitudinal con la que se dimensiona el canal de descarga, en la mayoría de los casos no es suficiente para vencer la diferencia de niveles entre el

vertedero y el punto de entrega al cauce natural, por lo cual es necesario diseñar una estructura para llegar al nivel correcto y gastar de esta manera la energía potencial. (HIMAT, 1984)

Se propone el diseño de un disipador de energía en caída inclinada (Figura 16), debido a que el régimen de flujo que se tiene en el canal de descarga es supercrítico ($Fr=1.5539$). Este tipo de estructuras se pueden utilizar para caídas de hasta de 7 u 8 m, para caudales hasta de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ y para un extenso rango de profundidades del agua (RAS 2000, 2016). Se propone realizar dos caídas con las mismas características en la rampa, el pozo amortiguador, canal de entrada y canal de salida de tal forma que la altura de descarga no supere las permitidas. En el diseño de una caída se pueden distinguir los siguientes elementos:

Transición de entrada. Une por medio de un estrechamiento progresivo la sección del canal superior con la sección de control. (Villón Bejár, 2003)

Sección de control. Es la sección correspondiente al punto donde se inicia la caída, cercano a este punto se presentan las condiciones críticas. (Villón Bejár, 2003)

Caída en sí. La cual es de sección rectangular y puede ser vertical o inclinada. (Villón Bejár, 2003)

Poza o colchón amortiguador. Es de sección rectangular, siendo su función la de absorber la energía cinética del agua al pie de la caída. (Villón Bejár, 2003)

Transición de salida. Une la poza de disipación con el canal aguas abajo. (Villón Bejár, 2003)

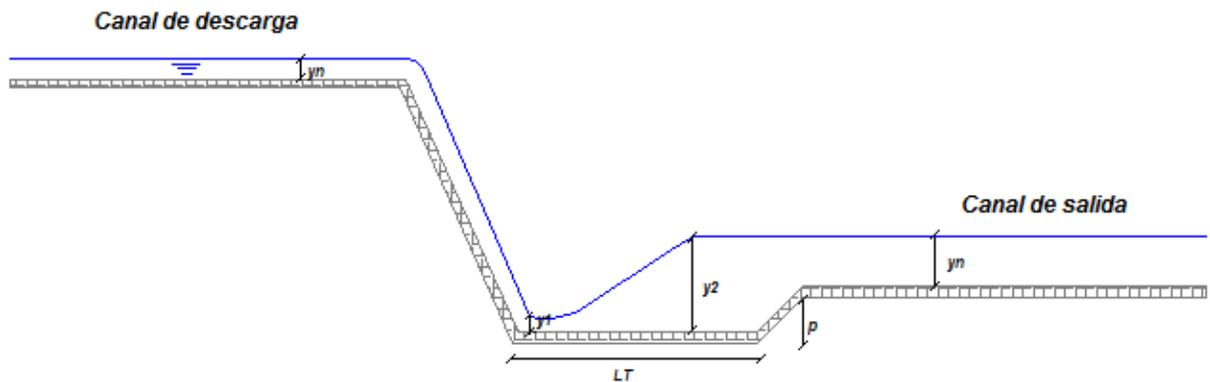


Figura 14. Perfil de un dissipador de caída inclinada.
Fuente Autor del proyecto

En el diseño de la caída inclinada se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

Rampa inclinada. Para el diseño del dissipador se tomó una pendiente 2:1 en la rampa de caída y de 1.5:1 en la rampa de salida del tanque de amortiguación. La rampa continuará con la misma base que el canal de descarga (2m), con un borde libre de 0.5m.

Colchón amortiguador. Se plantea un colchón rectangular para lo cual se debe cumplir que $4.5 < Fr < 15$.

Gasto Unitario (q). Con los valores del caudal de diseño y la longitud de cresta, se obtiene el gasto unitario por metro de longitud de cresta con la relación siguiente (SAGARPA, 2014):

$$q = \frac{Q}{L}$$

Dónde:

q = gasto unitario (m^2/s)

Q = caudal de diseño (m^3/s)

L = longitud de la cresta (m)

Profundidad del agua en el punto de impacto aguas abajo de la caída (y_1). Se obtiene con la siguiente ecuación (SAGARPA, 2014):

$$y_1 = \frac{q}{v}$$

Dónde:

q = gasto unitario (m^2/s)

y_1 = Tirante antes del salto hidráulico (m)

v = velocidad (m/s)

Número de Froude (Fr). Se calcula mediante la ecuación (RAS 2000, 2016):

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g * y_1}}$$

Dónde:

Fr = Número de Froude (adimensional).

v = Velocidad media de flujo (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

y_1 = Profundidad hidráulica antes del salto hidráulico (m).

Tirante después del salto hidráulico (m). Mediante el número de Froude se elige la relación y_1/y_2 para un resalto hidráulico en un canal rectangular obtenido de la gráfica del libro Ven Te Chow página 387.

$$\frac{y_1}{y_2} = 18.9$$

Longitud del tanque amortiguador (LT). La longitud del tanque amortiguador se obtiene aplicando la siguiente relación (SAGARPA, 2014):

$$LT = 5 * (y_2 - y_1)$$

Dónde:

LT= Longitud del tanque amortiguador (m).

y_1 = Tirante antes del salto hidráulico (m).

y_2 = Tirante después del salto hidráulico (m).

Profundidad del tanque amortiguador (p). Para determinar la profundidad del colchón se utiliza la siguiente ecuación.

$$p = 1.15 * (y_2 - y_n)$$

Dónde:

p= Profundidad del tanque amortiguador (m).

y_1 = Tirante antes del salto hidráulico (m).

y_n = Tirante normal (m).

Tabla 25.
Parámetros del disipador de energía.

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de diseño (Q)	m ³ /s	1.047
Elevación de inicio	m.s.n.m	1309.38
Elevación de salida	m.s.n.m	1305.19
Longitud de cresta (L)	m	2.00
Gasto unitario (q)	m ² /s	0.52
Tirante antes del salto hidráulico (y1)	m	0.053
Número de Froude (Fr)	Adimensional	13.86
Relación y1/y2	-	18.9
Tirante después del salto hidráulico (y2)	m	1.00
Longitud del tanque amortiguador (LT)	m	4.74
Tirante normal (yn)	m	0.23
Profundidad del tanque amortiguador (p)	m	0.90

Fuente Autor del proyecto

4.4.5 Sistema de distribución. La obra de toma, la conducción y la distribución se plantea en tubería de PVC de distintos diámetros, según el diseño hidráulico respectivo.

Obra de toma. Se plantea una obra de toma dentro del embalse a través de una columna de PVC de 4" perforada con orificios de 1/2" que permitan controlar el flujo a la conducción, con una carga mínima de 50 cm por encima del orificio, que se conectará a una caja circular (tubería reforzada de 18 pulgadas en concreto) de la cual saldrá una tubería de 6" RDE de 26 por debajo del terraplén a la cual se conectará la línea de conducción. En estas condiciones los máximos caudales se presentaran cuando el embalse esté totalmente lleno. La estructura de toma deberá instalarse a una elevación igual a la del embalse muerto, es decir, 1 m de la cota de fondo. Cota obra de toma: 1303 m

La determinación del caudal mínimo que pasa por el área efectiva del orificio se calculó mediante la ecuación:

$$Q = C * A * \sqrt{2 * h * g}$$

Dónde:

Q= Caudal en m³/s

C= Coeficiente de descarga

A= Área del orificio en m²

h= Carga sobre en orificio en m (altura de la superficie del agua hasta el centro del orificio)

El coeficiente de descarga varia con la carga y el diámetro, para en este caso su valor es de 0.6174 según Medaugh y Jonhson. (Giraldo Ramirez, 2016)

$$Q = 0.6174 * 0.000127 * \sqrt{2 * 0.5 * 9.81}$$

$$Q = 0.245 \text{ l/s}$$

Como mínimo se deben tener 8 perforaciones en una altura de 50 cm, pero el tubo se dejará como un colador (el caudal captado podrá ser regulado con la caja de válvulas), ya que la captación del agua variará con la altura y en caso de ser necesario, tener una rápida evacuación del embalse ante algún tipo de emergencia.

Sistema de distribución. La conducción se calculó con el software libre EPANET 2.0, el cual permite modelar redes hidráulicas de tuberías a partir de sus características físicas (cotas, consumo, diámetro, longitud), con el fin de obtener la presión en los nodos y los caudales en las tuberías.

Para la modelación de la red se utilizó una rugosidad de PVC de 0.015, un RDE de 26 a lo largo de la conducción, y de 21 en los puntos de entrega a los predios debido a las altas presiones obtenidas. Con el fin de prever posibles daños en la tubería y en los aspersores debido a las altas presiones ocasionadas por la diferencia de altura en los puntos finales donde se encuentran los cultivos, se propone instalar una válvula de rotura de carga en el tramo 7-8. (Figura 17)

El caudal de diseño para la conducción se obtiene del balance hídrico realizado para los cultivos de maíz y frijol, teniendo en cuenta que los diseños se han realizado con el cultivo que requiere mayor volumen de agua para su desarrollo (maíz), el caudal de diseño elegido es de 1.995 lps, a su vez se planea distribuir el agua en dos predios, cada uno con un área neta de riego de 0.75 Ha, para un total de 1.5 Ha.

Los resultados obtenidos se presentan en las figuras 18 y 19, las cuales presentan la presión, la velocidad, cota y altura Piezométrica de cada tubería.

Debido a que en el punto más bajo (nodo 5) se encuentra una cañada, se propone recubrir en concreto el tramo de tubería 5-6 (figura 17) de 12m de longitud.

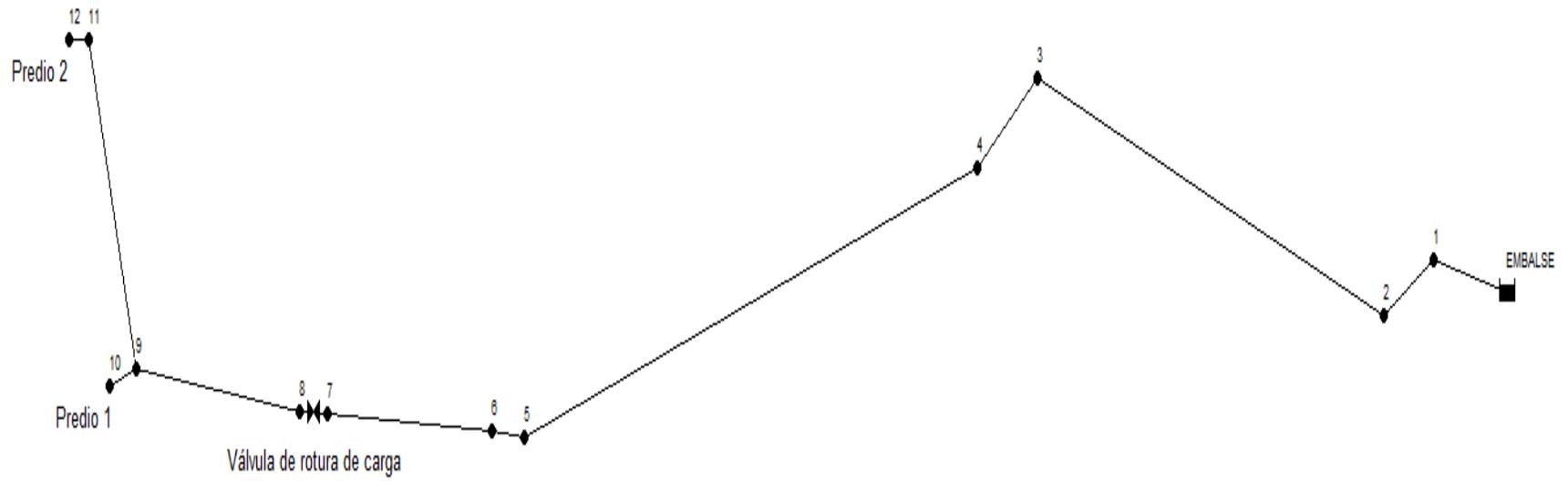


Figura 15. Conducción y red de distribución.
Fuente Autor del proyecto

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 1	1300	0	0.00	1303.00	3.00
Conexión 2	1299	0	0.00	1302.95	3.95
Conexión 3	1289	0	0.00	1301.00	12.00
Conexión 4	1275.859	0	0.00	1300.55	24.69
Conexión 5	1228.813	0	0.00	1297.98	69.17
Conexión 6	1228.813	0	0.00	1297.81	69.00
Conexión 9	1243.813	0	0.00	1275.98	32.17
Conexión 11	1240.813	0	0.00	1275.70	34.89
Conexión 12	1240.813	0.998	1.00	1275.62	34.81
Conexión 10	1243.813	0.998	1.00	1275.82	32.01
Conexión 8	1236.313	0	0.00	1276.89	40.58
Conexión 7	1236.313	0	0.00	1296.89	60.58
Embalse EMBALSE	1303	No Disponible	-2.00	1303.00	0.00

Figura 16. Informe nudos con válvula de rotura- Epanet
Fuente Autor del proyecto

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	35	155.06	2.00	0.11
Tubería 2	21.158	81.16	2.00	0.39
Tubería 3	138.006	55.36	2.00	0.83
Tubería 4	32.323	55.36	2.00	0.83
Tubería 5	182.059	55.36	2.00	0.83
Tubería 6	12	55.36	2.00	0.83
Tubería 10	67.582	55.36	1.00	0.41
Tubería 9	12	43.42	1.00	0.67
Tubería 11	6	43.42	1.00	0.67
Tubería 7	65.01	55.36	2.00	0.83
Tubería 8	65.01	55.36	2.00	0.83
Válvula válvula	No Disponible	55.36	1.99	0.83

Figura 17. Informe líneas con válvula de rotura- Epanet
Fuente Autor del proyecto

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 1	1300	0	0.00	1303.00	3.00
Conexión 2	1299	0	0.00	1302.95	3.95
Conexión 3	1289	0	0.00	1301.00	12.00
Conexión 4	1275.859	0	0.00	1300.55	24.69
Conexión 5	1228.813	0	0.00	1297.98	69.17
Conexión 6	1228.813	0	0.00	1297.81	69.00
Conexión 9	1243.813	0	0.00	1295.98	52.17
Conexión 11	1240.813	0	0.00	1295.71	54.89
Conexión 12	1240.813	0.998	1.00	1295.63	54.81
Conexión 10	1243.813	0.998	1.00	1295.82	52.01
Conexión 8	1236.313	0	0.00	1296.90	60.58
Conexión 7	1236.313	0	0.00	1296.90	60.58
Embalse EMBALSE	1303	No Disponible	-2.00	1303.00	0.00

Figura 18. Informe nudos sin válvula de rotura de presión.

Fuente Autor del proyecto

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	35	155.06	2.00	0.11
Tubería 2	21.158	81.16	2.00	0.39
Tubería 3	138.006	55.36	2.00	0.83
Tubería 4	32.323	55.36	2.00	0.83
Tubería 5	182.059	55.36	2.00	0.83
Tubería 6	12	55.36	2.00	0.83
Tubería 10	67.582	55.36	1.00	0.41
Tubería 9	12	43.42	1.00	0.67
Tubería 11	6	43.42	1.00	0.67
Tubería 7	65.01	55.36	2.00	0.83
Tubería 8	65.01	55.36	2.00	0.83
Válvula válvula	No Disponible	55.36	2.00	0.83

Figura 19. Informe líneas sin válvula de rotura de presión.

Fuente Autor del proyecto

Sobrepresión. El cálculo de las sobrepresiones o golpe de ariete en la tubería, se estimó asumiendo que el sistema no tiene la válvula de rotura de carga con el fin de conocer si el RDE elegido soporta las presiones existentes, llegado al caso que la válvula llegara a fallar.

El cálculo del golpe de ariete (Tabla 24) se estimó mediante la siguiente ecuación (PAVCO, 2014):

$$P = \frac{a * v}{g}$$

Dónde:

P= Sobre presión máxima en metros de columna de agua

a= Velocidad de la onda (m/s)

V= Cambio de velocidad del agua (m/s)

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + (K/E) * (RDE - 2)}}$$

Dónde:

K= Módulo de compresión del agua $2.06 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$

E= Módulo de elasticidad de la tubería $2.81 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$

RDE= Relación diámetro exterior/espesor mínimo.

Tabla 26.
Cálculo sobrepresión sin válvula de rotura de carga

Nudo inicial	Nudo final	Tubería	Long. del tramo (m)	Material tubería	Diam. Nominal (pulg.)	Diam. Interno (mm)	RDE	Caudal de diseño (lps)	Presión estática sin VRP (mca)	e (mm)	Velocidad (m/s)	a	Sobrepresión (mca)	Presión total (mca)
Embalse	1	1	35.000	PVC	6	155.06	26	2.00	3	6.47	0.11	329.31	3.69	6.69
	1	2	21.158	PVC	3	81.16	26	2.00	3.95	3.42	0.39	329.31	13.09	17.04
	2	3	138.006	PVC	2	55.36	26	2.00	12	2.32	0.83	329.31	27.86	39.86
	3	4	32.323	PVC	2	55.36	26	2.00	24.69	2.32	0.83	329.31	27.86	52.55
	4	5	182.059	PVC	2	55.36	26	2.00	69.17	2.32	0.83	329.31	27.86	97.03
	5	6	12.000	PVC	2	55.36	26	2.00	69	2.32	0.83	329.31	27.86	96.86
	6	7	65.010	PVC	2	55.36	26	2.00	60.58	2.32	0.83	329.31	27.86	88.44
	8	9	65.010	PVC	2	55.36	26	2.00	60.58	2.32	0.83	329.31	27.86	88.44
	9	10	12.000	PVC	1 1/2"	43.42	21	2.00	52.01	2.29	0.67	367.52	25.10	77.11
	9	11	67.582	PVC	2	55.36	26	1.00	54.89	2.32	0.41	329.31	13.76	68.65
	11	12	6.000	PVC	1 1/2"	43.42	21	1.00	54.81	2.29	0.67	367.52	25.10	79.91

Fuente Autor del proyecto

Tabla 27.
Verificación de presión admisible por RDE sin válvula de rotura

Tubería	RDE	Presión total (mca)	Presión máx. por RDE (mca)	Verificación
1	26	6.69	112	CUMPLE
2	26	17.04	112	CUMPLE
3	26	39.86	112	CUMPLE
4	26	52.55	112	CUMPLE
5	26	97.03	112	CUMPLE
6	26	96.86	112	CUMPLE
7	26	88.44	112	CUMPLE
8	26	88.44	112	CUMPLE
9	21	77.11	140	CUMPLE
10	26	68.65	112	CUMPLE
11	21	79.91	140	CUMPLE

Fuente Autor del proyecto

Al calcular la sobrepresión se puede observar que las presiones obtenidas (Tabla 25) no superan las admisibles por el RDE seleccionado, lo cual indica que la tubería no sufrirá daños por las presiones del sistema si en algún momento la válvula de rotura llegara a fallar.

En la figura 22 se puede observar la variación de presión a lo largo de la conducción después de la válvula de rotura.

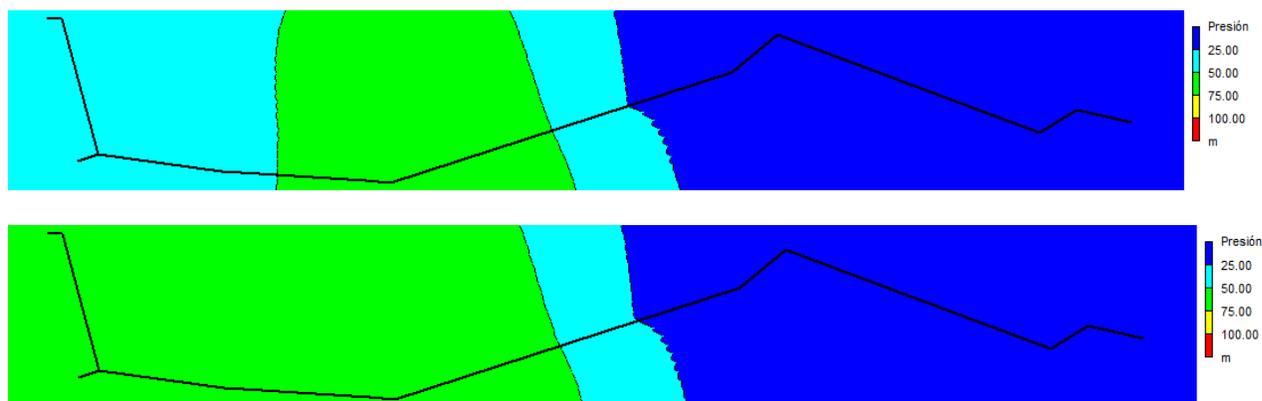


Figura 20. Grafico comparativo de presiones con válvula y sin válvula respectivamente
Fuente Autor del proyecto

4.5 Diseño intrapredial.

Se realizó el diseño del riego intrapredial para los cultivos de frijol y maíz para un área igual a 0.75 ha, teniendo en cuenta que la textura del suelo presente es Arcillo Arenoso (Estudio de suelos de la zona a cultivar Apéndice C). Dicho diseño de riego comprende el diseño agronómico e hidráulico, para los cuales se requiere tener en cuenta algunos parámetros y propiedades físicas.

4.5.1 Diseño agronómico. En el diseño agronómico se deben tener en cuenta:

Capacidad de campo. Es la capacidad que tiene el suelo de retener agua después de una lluvia o un riego, depende del tipo de suelo en el que se vaya a cultivar. Para un tipo de suelo arcillo arenoso se tienen unos límites entre el 27% y 35% (Orson & Vaughn, 1975)

Punto de marchitez permanente. Es el contenido de agua retenido firmemente por el suelo tal que la planta ya no puede absorber el agua alcanzando así un punto de marchitez permanente. Para un tipo de suelo arcillo arenoso se tienen unos límites entre 13% y 17% (Orson & Vaughn, 1975)

Infiltración. Se refiere a la velocidad de entrada del agua al suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, generalmente se expresa en cm/hr o cm/min. Para un tipo de suelo con alto contenido de arcilla se tienen unos límites entre 0.25 y 1.75 cm/hora. (Cisneros, 2003)

Densidad aparente. La densidad aparente de un suelo es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo los poros que contenga. Para un tipo de suelo arcillo arenoso se tienen unos límites entre 1.25 y 1.35 gr/cm³ (Orson & Vaughn, 1975)

Profundidad radicular. La planta absorbe el agua por medio de las raíces, las cuales penetran el suelo y se extienden para aumentar su capacidad de absorción de agua, por lo cual es necesario conocer la profundidad (Tabla 28) de éstas para los cultivos trabajados y así calcular la cantidad de agua que cada uno necesita. (FAO, 2006)

Tabla 28.
Profundidad radicular para el frijol y el maíz.

Cultivo	Profundidad radicular máxima (m)
Frijol	0.5 - 0.7
Maíz	0.8 - 1.2

Fuente Autor del proyecto

Criterio de riego (CR). Señala el porcentaje tolerable de disminución del agua aprovechable del suelo (HA). En general, se sugiere un valor de cincuenta por ciento (CR = 0.5) asignándose valores de CR del treinta por ciento (CR = 0.3) para cultivos sensibles a un déficit de agua y valores de CR del sesenta por ciento (CR= 0.6) para cultivos que soportan de mejor manera un estrés hídrico (Tabla 27). (Universidad de la Concepción, 2012)

Tabla 29.
Criterios de riego (CR) para diferentes cultivos.

Cultivo	CR
Ají	0.50
Ajo	0.50
Alcachofa	0.50
Alfalfa	0.65
Arveja	0.50
Brócoli	0.50
Cebolla	0.50
Colifor	0.50
Damascos	0.65
Duraznos	0.65
Espárragos	0.50
Empastadas	0.65
Frijol	0.50
Frutilla	0.50
Habas	0.60
Lechuga	0.40
Maíz	0.65
Manzanos	0.65
Melón	0.50
Menta	0.35
Papas	0.30
Perales y ciruelos	0.65
Pimiento	0.50
Repollo	0.50
Sandía	0.50
Trigo invierno	0.65
Trigo primavera	0.65
Vid	0.65
Zanahoria	0.50
Zapallo	0.50

Fuente (Universidad de la Concepción, 2012)

Altura de agua aprovechable del cultivo (HA). Para calcular la lámina neta de un suelo, en términos de una altura de agua, se puede utilizar la siguiente expresión (Bustamante, 1996):

$$HA = \frac{CC - PMP}{100} * \frac{Dap}{D_{H2O}} * P$$

Dónde:

H.A. = Altura de agua neta para el cultivo (mm).

CC = Capacidad de Campo.

PMP = Punto de Marchitez Permanente.

Dap = Densidad aparente del suelo (gr/cm^3).

$D_{\text{H}_2\text{O}}$ = Densidad del agua. Se asume normalmente un valor de $1.0 \text{ gr}/\text{cm}^3$

P = Profundidad del cultivo (mm).

Al multiplicar la altura de agua aprovechable del cultivo por el Criterio de riego, se obtiene la altura de agua neta, con la cual se procede a realizar el cálculo de la frecuencia de riego.

Frecuencia de riego (FR). Se refiere al intervalo de riego máximo, es decir, cada cuantos días debería regarse para no perjudicar el rendimiento del cultivo, para determinarlo se requiere de la altura de agua aprovechable y la evapotranspiración del mes crítico, o sea aquel mes que en que se presenta mayor demanda de agua, está dado por la ecuación (Valverde, 2007):

$$FR = \frac{H_n}{E_{To \max}}$$

Dónde:

FR= Frecuencia máxima de riego (días).

H_n = Altura del agua neta (mm).

$E_{To \max}$ = Evapotranspiración potencial máxima (mm/día).

Teniendo la frecuencia máxima de riego, se asume una frecuencia para el diseño el cual debe ser menor a la máxima, para este caso se asume una frecuencia de riego de 2 días la cual es

la usada en la Universidad y con esta se calcula nuevamente la lámina de agua neta para este tiempo de riego.

Altura de agua bruta del cultivo (HB). Se calcula con la altura de agua neta para la frecuencia asumida del cultivo, dividida entre la eficiencia de aplicación. La eficiencia de aplicación utilizada para un riego por aspersión es de 75%. La ecuación que determina la altura de agua bruta es (Castro, 2009):

$$HB = \frac{Hn}{Ea}$$

Dónde:

Hn= Altura de agua neta para una frecuencia de riego de 2 días.

Ea = Eficiencia de aplicación.

Sistema de riego. Se propone un sistema de riego por aspersión, el cual consiste en la aplicación del agua al terreno en forma de finas gotas por medio de aspersores, a una intensidad menor que la velocidad de infiltración del suelo, para ello se necesita presión, la cual puede ser proporcionada por una motobomba o por la diferencia de altura existente entre el sitio de toma y el área por regar. El agua captada es conducida por medio de tubería hasta llegar a los aspersores, los cuales se encargan de distribuir el agua en gotas finas. (Valverde, 2007)

Selección del aspersor. La elección del tipo de aspersor a emplear en un sistema de riego por aspersión está sujeta a varios factores:

- Velocidad básica de infiltración. La intensidad de precipitación del aspersor, expresada en mm/hora, no debe superar la velocidad básica de infiltración del suelo, para evitar escorrentía. (Anten & Willet, 2000)
- Tamaño de las parcelas. En parcelas grandes se puede aplicar aspersores con un diámetro mojado grande, mientras que en parcelas pequeñas se deben aplicar aspersores con diámetros mojados pequeños que pueden adecuarse más fácilmente al área de la zona. Además se puede aplicar aspersores sectoriales que son ajustables para que irrigen solo el sector deseado de un círculo completo. (Anten & Willet, 2000)
- Tipo de cultivo. Si la parcela será dedicada a hortalizas con rotaciones muy estrechas, será conveniente un aspersor con un diámetro pequeño (micro aspersores) para poder ajustar el riego a las necesidades de cada parte de la parcela. (Anten & Willet, 2000)
- Presiones de trabajo disponibles. Para estas condiciones se quieren aspersores que puedan trabajar en un rango largo, desde presiones de 1 atm hasta 43 atm. (Anten & Willet, 2000)
- Tipo de aspersor. Existe una gama larga de modelos de aspersores adaptados a diferentes condiciones del terreno, cultivos, características del sistema, etc. Sin embargo, no todos los tipos se adaptan igualmente a las condiciones específicas del riego presurizado con los desniveles naturales del terreno. Para hacer una selección entre los modelos presentes en el mercado se debe tener en cuenta el material de confección, ya que existen aspersores de bronce y de plástico. Aunque el bronce es más duradero, las marcas

conocidas (VYR, Naan, RainBird, Nelson, Senninger etc.) tienen aspersores de plástico de alta calidad que también resisten un gran número de horas de funcionamiento.

Aspersores de bronce requieren por lo general una presión mínima de 2 a 2,5 Bar (20 a 25 metros de carga de agua), lo que limita su aplicación para sistemas presurizadas por gravedad que no cuentan con presiones suficientes, mientras que los aspersores de plástico son más ligeros y pueden funcionar aún con 14 m de carga de agua. (Anten & Willet, 2000)

En el caso de la universidad se cuenta con presiones que superan los 20 mca, por lo cual se propone utilizar un aspersor tipo RAIN BIRD 30IBH (SBN-3), boquilla de bronce y diámetro interior recto de 5.16 mm, presión 3.0 bares y diámetro de cobertura de 30.6 m.

Separación entre aspersores y laterales. La distancia entre los aspersores depende del diámetro de humedecimiento del aspersor. Para humedecer el suelo uniformemente, se requiere un traslape (Figura 23) entre los círculos húmedos de cada posición de aspersor. Sin un traslape suficiente, el riego no humedece el suelo de forma uniforme y el crecimiento de las plantas será desigual. (FONCODES, 2014)

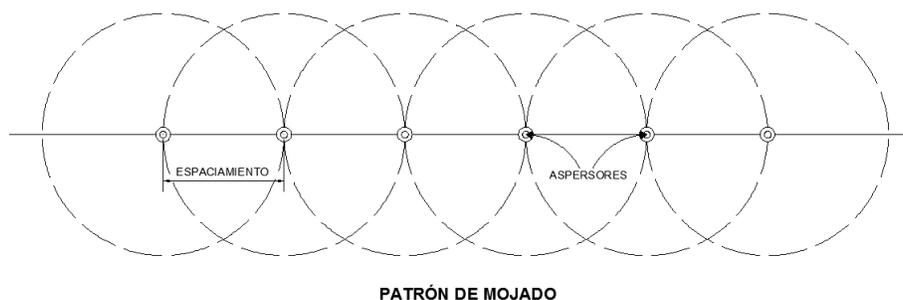


Figura 21. Patrón de mojado con traslape
Fuente Autor del proyecto

La separación entre aspersores y laterales corresponde a un porcentaje del área mojada, dichos porcentajes se puede estimar teniendo en cuenta la velocidad del viento que se presenta en la zona. Según las velocidades del viento que se presentan en Ocaña la separación entre aspersores sería del 40% del diámetro mojado y para los laterales de 60% del diámetro mojado, entonces para el diámetro húmedo de 30.6 m tenemos:

$$E_A = 0.5 * 30.6 = 15.3\text{m}$$

$$E_L = 0.65 * 30.6 = 19.89\text{m}$$

Dónde:

E_A = Separación entre aspersores.

E_L = Separación entre laterales.

Teniendo en cuenta las separaciones obtenidas se asumirá un espaciamiento entre aspersores de 15 m y 21 m entre laterales.

Intensidad de aplicación. Se debe tener en cuenta que la intensidad de aplicación del aspersor no supere la velocidad de infiltración básica del suelo, con el fin de que no se genere escorrentía superficial, la intensidad de aplicación se determina por (El regante, 2006):

$$I_a = \frac{3600 * Q_{asp}}{E_A * E_L}$$

Dónde:

I_a = Intensidad de aplicación del aspersor (mm/h)

Q_{asp} = Caudal del aspersor (l/seg)

E_a = Espaciamiento entre aspersores (m)

E_l = Espaciamiento entre laterales (m)

Tiempo de riego. El tiempo de riego se calcula mediante la siguiente expresión

(Bustamante, 1996):

$$T_r = \frac{HB}{I_a}$$

Dónde:

T_r : Tiempo de riego diario del aspersor (horas)

HB : Altura de lámina de agua bruta (mm)

I_a : Intensidad de aplicación (mm/h)

Número de aspersores. El número promedio de aspersores en el sistema se puede determinar mediante la fórmula (Zúñiga Martínez, 2004):

$$N_a = \frac{Q_s}{Q_{asp}}$$

Dónde:

N_a = Número de aspersores

Q_s = Caudal del sector

Q_{asp} = Caudal de aspersor

Altura de operación del aspersor. La altura del elevador depende del tipo de cultivo y del desarrollo en su período vegetativo, este debe estar por encima del cultivo y se puede ajustar cuando sea necesario (crecimiento del cultivo) (FONCODES, 2014).

Los diámetros mojados que ofrece la marca elegida para el diseño (Rain Bird), están calculados con una altura del vástago de 30"/76 cm, este diámetro variará dependiendo del desarrollo de la planta, pues a medida de su crecimiento la altura del vástago debe ir aumentando, para efectos del cálculo del riego intrapredial se utiliza la altura y diámetros ofrecidos por esta empresa.

Teniendo en cuenta los cálculos realizados se propone un sistema semifijo, el cual contará con una línea de distribución fijas (líneas principales y laterales) y aspersores móviles, según el diseño el máximo de aspersores en funcionamiento simultáneo es de dos (2) con un tiempo de riego entre turnos de 1.71 horas; teniendo en cuenta que la cultura de riego (frecuencia de riego) que utiliza la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña es de dos días, se procede a diseñar el sistema de riego intrapredial según esta frecuencia.

Según el resultado de los parámetros mencionados anteriormente, la distribución de riego quedará de la siguiente manera, en el primer día (lunes) de riego se tendrá una cobertura de aproximadamente 0.75 Ha del área total del cultivo (1.5 Ha), el segundo día (martes) se irrigará el área faltante (0.75 Ha), para así comenzar en el tercer día (miércoles) nuevamente el ciclo de riego, teniendo así una frecuencia de riego de 2 días.

Las tablas 28 y 29 presentan los resultados obtenidos en el diseño del sistema agronómico.

Tabla 30.
Programación de riego para el cultivo de Frijol

CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO	VERIFICACIÓN	UNIDAD	VALOR
Cultivos			-	Frijol
Área Neta de Riego			Ha	0.75
Módulo de Riego			Lps/Ha	1.33
Caudal de diseño			Lps	1.00
Jornada de Operación (Balance Hidrico)			Horas/día	12.00
Volumen maximo disponible de agua en un dia (Balance Hidrico) (Vmax)			m ³	43.20
Criterio de riego			-	0.5
Profundidad Radicular Efectiva			m	0.5
Sistema de Riego				Aspersión
Eficiencia de Aplicación			%	75
Eto Max			mm/día	3.8
Textura del Suelo				Arcillo arenoso
Infiltración Básica (VIB)			mm/hora	17.5
Densidad Aparente			g/cm ³	1.25
Capacidad de Campo			%	27
Punto de Marchitez Permanente			%	15
Altura almacenable del suelo			mm	75
Altura de agua neta			mm	37.5
Frecuencia de Riego (Máxima) (FRmax)			días	9.87
Frecuencia de Riego (Asumida) (FRasum)	FRasum<= FRmax	CUMPLE	días	2
Lamina neta para frecuencia de riego asumida			mm	7.6
Altura de agua bruta			mm	10.13
Caudal del Aspersor			Lps	0.5
Presion de Operación del Emisor			mca	30
Diámetro Humedo			m	30.6
Número de aspersores			und	2.00
Caudal total de aspersores			Lps	1.00
Volumen utilizado por el sistema de aspersion en un dia			m ³	43.20
Jornada de Operación para compensar el volumen faltante			Horas/día	12.00
Volumen total de los aspersores con el tiempo adicional (V')	V=Vmax	CUMPLE	m ³	43.20
Espaciamiento entre laterales			m	21
Espaciamiento entre Aspersores			m	15
Intensidad de aplicación (Ia)	Ia <= VIB	CUMPLE	mm/h	5.71
Tiempo de Riego por 1 aspersor (TRasp)			hora	1.77
Tiempo que necesita el suelo para filtrar la altura de agua aprovechable del cultivo (Ta)	Ta<=TRasp	CUMPLE	Hora	0.58
Número de Tumos por Día			-	6.00
Área a Regar por Día			m ²	3780.00
Días de riego			Días	2.0
Número de aspersores por lateral			Und	2
Número de laterales			Und	1

Fuente Autor del proyecto

Tabla 31.
Programación de riego para el cultivo de Maíz

CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO	VERIFICACIÓN	UNIDAD	VALOR
Cultivos			-	Maíz
Área Neta de Riego			Ha	0.75
Módulo de Riego			Lps/Ha	1.33
Caudal de diseño			Lps	1.00
Jomada de Operación (Balance Hidrico)			Horas/día	12.00
Volumen maximo disponible de agua en un dia (Balance Hidrico) (Vmax)			m ³	43.20
Criterio de riego			-	0.65
Profundidad Radicular Efectiva			m	0.8
Sistema de Riego			-	Aspersión
Eficiencia de Aplicación			%	75
Eto Max			mm/día	3.8
Textura del Suelo			-	Arcillo arenoso
Infiltración Básica (VIB)			mm/hora	17.5
Densidad Aparente			g/cm ³	1.25
Capacidad de Campo			%	27
Punto de Marchitez Permanente			%	15
Altura almacenable del suelo			mm	120
Altura de agua neta			mm	78
Frecuencia de Riego (Máxima) (FRmax)			días	20.53
Frecuencia de Riego (Asumida) (FRasum)	FRasum<= FRmax	CUMPLE	días	2
Lamina neta para frecuencia de riego asumida			mm	7.6
Altura de agua bruta			mm	10.13
Caudal del Aspersor			lps	0.5
Presion de Operación del Emisor			mca	30
Diámetro Humedo			m	30.6
Número de aspersores			und	2.00
Caudal total de aspersores			lps	1.00
Volumen utilizado por el sistema de aspersion en un dia			m ³	43.2
Jomada de Operación para compensar el volumen faltante			Horas/día	12.00
Volumen total de los aspersores con el tiempo adicional (V')	V'=Vmax	CUMPLE	m ³	43.20
Espaciamiento entre laterales			m	21
Espaciamiento entre Aspersores			m	15
Intensidad de aplicación (Ia)	Ia <= VIB	CUMPLE	mm/h	5.71
Tiempo de Riego por 1 aspersor (TRasp)			hora	1.77
Tiempo que necesita el suelo para filtrar la altura de agua aprovechable del cultivo (Ta)	Ta<=TRasp	CUMPLE	hora	0.58
Número de Turnos por Dia			-	6.00
Área a Regar por Dia			m ²	3780
Días de riego			Días	2.0
Número de aspersores por lateral			und	2
Número de laterales			und	1

Fuente Autor del proyecto

4.5.2 Diseño hidráulico. Para el diseño hidráulica de la tubería principal se utilizó un diámetro de 1 ½” RDE de 26, con el fin de minimizar las pérdidas por fricción, mientras que en los laterales se utilizó un diámetro de ¾” RDE de 26.

Red predial. Se calcularon las pérdidas totales por cada punto de salida del aspersor (pérdidas por fricción y pérdidas menores) para conocer la presión en cada uno, con el fin de verificar que la presión obtenida es suficiente para la correcta operación del aspersor.

El cálculo de las perdidas por fricción se realizó mediante la ecuación Hazen William la cual se representa por la siguiente expresión:

$$hf = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.871}}$$

Dónde:

hf= Pérdidas por Fricción (m)

Q= Caudal (m³/s)

L= Longitud (m)

C= Coeficiente de Hazen William para PVC (150)

D= Diámetro interno (m)

En los laterales se debe tener en cuenta el factor de Christiansen para calcular las pérdidas de presión en tuberías con salidas múltiples, así como también que las pérdidas no deben exceder el 20% de la presión que soporta el aspersor por criterio de uniformidad de reparto (Tarjuelo, 1991).

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

Dónde:

m = Exponente de la velocidad en la fórmula de pérdidas de presión (Hazen-William = 1,85)

N = Número de salidas en la línea (aspersores)

El cálculo de las pérdidas menores se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$hl = k * \frac{Q^2}{2 * g * A^2}$$

Dónde:

hl= Perdidas menores (m)

k= Coeficiente de pérdida

Q= Caudal (m³/s)

A= Área (m²)

La red intrapredial predial se calculó para los dos predios obteniendo los siguientes resultados (Tablas 30-31-32-33):

Tabla 32.
Red intrapredial Línea principal - predio 1

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	C	Q (Lps)	Perdidas por fricción (m)	Perdidas por accesorios (m)	Pérdidas totales	Presión (mca)	Cotas	
									Terreno	Piezométrica
1-2	43.3	12	150	1	0.15	0.07	0.22	31.80	1243.8	1275.60
2-3	43.3	10.5	150	1	0.13	0.07	0.20	32.31	1243.1	1275.41
2-4	43.3	31.5	150	1	0.38	0.07	0.45	33.20	1241.75	1274.95
2-5	43.3	52.5	150	1	0.64	0.07	0.71	33.85	1240.40	1274.25
2-6	43.3	73.5	150	1	0.89	0.07	0.96	34.08	1239.20	1273.28
2-7	43.3	94.5	150	1	1.15	0.07	1.22	34.17	1237.90	1272.07
2-8	43.3	115.5	150	1	1.40	0.07	1.47	34.00	1236.60	1270.60

Fuente Autor del proyecto

Tabla 33.
Red intrapredial Ramales- predio 1

RAMAL	Diámetro (mm)	Longitud (m)	C	Q (Lps)	Número de salidas	factor de Christiansen	Perdidas por fricción (m)	Perdidas por accesorios (m)	Pérdidas totales	Presión (mca)	Cotas	
											Terreno	Piezométrica
1	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.21	0.54	31.77	1243.1	1274.87
	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.03	0.36	31.41	1242.8	1274.21
2	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.21	0.54	32.67	1241.7	1274.37
	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.03	0.36	32.31	1241.7	1274.01
3	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.21	0.54	33.85	1240.5	1274.35
	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.03	0.36	33.49	1240.4	1273.89
4	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.21	0.54	33.55	1239.1	1272.65
	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.03	0.36	33.19	1239.3	1272.49
5	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.14	1237.9	1270.04
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.03	1.02	31.12	1237.5	1268.62
6	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.21	0.54	33.46	1236.6	1270.06
	23.4	7.5	150	0.5	2	0.66	0.33	0.03	0.36	33.10	1236.8	1269.90
7	23.4	22.5	150	1	2	0.66	2.38	0.07	2.44	32.25	1236	1268.25
	23.4	37.5	150	0.5	2	0.66	1.66	0.03	1.69	30.57	1235.4	1265.97

Fuente Autor del proyecto

Tabla 34.
Red intrapredial Línea principal - predio 2

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	C	Q (Lps)	Perdidas por fricción (m)	Perdidas por accesorios (m)	Pérdidas totales	Presión (mca)	Cotas	
									Terreno	Piezométrica
1-2	43.3	6	150	1	0.07	0.07	0.14	34.90	1240.58	1275.48
2-3	43.3	10.5	150	1	0.13	0.07	0.20	34.98	1240.30	1275.28
2-4	43.3	31.5	150	1	0.38	0.07	0.45	34.93	1239.90	1274.83
2-5	43.3	52.5	150	1	0.64	0.07	0.71	34.72	1239.40	1274.12
2-6	43.3	73.5	150	1	0.89	0.07	0.96	34.26	1238.90	1273.16
2-7	43.3	94.5	150	1	1.15	0.07	1.22	32.94	1239.00	1271.94

Fuente Autor del proyecto

Tabla 35.
Red intrapredial Ramales- predio 2

RAMAL	Diámetro (mm)	Longitud (m)	C	Q (Lps)	Número de salidas	factor de Christiansen	Perdidas por fricción (m)	Perdidas por accesorios (m)	Pérdidas totales	Presión (mca)	Cotas	
											Terreno	Piezométrica
1	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.87	1240.1	1272.97
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.67	1239.9	1271.57
2	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.95	1239.7	1272.65
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.75	1239.3	1271.05
3	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.90	1239.25	1272.15
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.70	1238.85	1270.55
4	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.69	1238.81	1271.50
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.49	1238.45	1269.94
5	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.23	1238.82	1271.05
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.03	1238.56	1269.59
6	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.23	1239.18	1271.41
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.03	1239.55	1270.58
7	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.69	1239.12	1271.81
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.49	1239.48	1270.97
8	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.90	1239.6	1272.50
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.70	1239.92	1271.62
9	23.4	7.5	150	1	2	0.66	1.20	0.83	2.03	32.95	1240.1	1273.05
	23.4	22.5	150	0.5	2	0.66	1.00	0.21	1.20	31.75	1240.52	1272.27

Fuente Autor del proyecto

4.6 Presupuesto de inversión.

La elaboración del presupuesto y los análisis de precios unitarios del proyecto, se realizaron mediante hojas de cálculo en Excel, estimando sus costos con apoyo del construprecios. En la tabla 34 se muestra el costo directo del proyecto, en el caso de llevar a cabo su realización se deberá agregar el costo indirecto (AIU-Administración, Imprevistos, Utilidad). (Ver análisis de precios unitarios en el apéndice D)

Tabla 36.
Presupuesto total- costo directo

ITEM	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	Nivelación y replanteo	ml	1260.398	\$2,689.32	\$3,389,607
1.2	Acceso al sitio	HM	13	\$140,060.00	\$1,820,780
1.3	Desmante y limpieza manual	Jornal	9	\$64,432.87	\$579,896
1.4	Descapote con máquina	m ²	287	\$4,201.80	\$1,205,917
2	OBRA DE TOMA				
2.1	Excavación manual sin clasificar	m ³	12	\$35,000.00	\$420,000
2.2	Relleno en material de excavación	m ³	8	\$16,108.22	\$128,866
2.3	Obra de captación, tubo perforado y caja	Und	1	\$1,096,548.95	\$1,096,549
2.4	Suministro e instalación de tubería 6" RDE 26	ml	51.75	\$96,259.71	\$4,981,440
3	PRESA				
3.1	Conformación terraplén en tierra con material del vaso	m ³	2370	\$10,295.19	\$24,404,547
3.2	Conformación terraplén con material de préstamo	m ³	1016	\$12,049.08	\$12,240,904
3.3	Compactacion manual con cilindro	m ²	3386	\$3,013.65	\$10,205,412
3.4	Geotextil y geo membrana talud húmedo	m ²	540	\$16,078.71	\$8,682,504
3.5	Caja de válvulas 0,8*1*1	Und	1	\$701,596.96	\$701,597
3.6	Suministro e instalación de tubería para limpieza(corte) 4"	ml	6	\$51,075.12	\$306,451
3.7	Válvula para limpieza 4" incluye accesorios	Und	1	\$589,808.33	\$589,808
3.8	Reduccion 6x4 HF Junta rapida	Und	1	\$215,409.39	\$215,409
3.9	Acomodación en talud húmedo con sacos de suelo cemento proporción 1:5	m ²	295.7	\$26,000.00	\$7,688,695
3.10	Siembra de pastos talud seco	m ²	355	\$2,205.49	\$782,950
4	ALIVIADERO				
4.1	Preliminares				
4.1.1	Excavación a máquina buldozer	m ³	51.00	\$4,201.80	\$214,292
4.1.2	Excavación a máquina retroexcavadora	m ³	119.00	\$3,697.68	\$440,024
4.2	Vertedero				
4.2.1	Concreto simple 3000 PSI	m ³	7.8	\$418,077.01	\$3,261,001
4.2.2	Acero de refuerzo	Kg	624	\$4,443.74	\$2,772,894
4.3	Canal de descarga				
4.3.1	Concreto simple 3000 PSI	m ³	23.52	\$418,077.01	\$9,833,171
4.3.2	Acero de refuerzo	Kg	1881.6	\$4,443.74	\$8,361,342
4.4	Descarga				
4.4.1	Disipador de energía				
4.4.1.1	Excavación manual sin clasificar	m ³	81.6	\$35,000.00	\$2,856,000
4.4.1.2	Relleno con material granular	m ³	16.32	\$40,374.21	\$658,907
4.4.1.3	Retiro de escombros	m ³	65.28	\$22,336.46	\$1,458,124
4.4.1.4	Suministro e Instalación de Tubería de 4" sanitaria	ml	8	\$39,129.22	\$313,034
4.4.1.5	Concreto Reforzado de 3500 psi	m ³	33.5	\$1,037,676.07	\$34,762,148
4.4.1.6	Ciclopeo	m ³	12.4	\$325,771.99	\$4,039,573

Tabla 36. Continuación

5	LÍNEA DE CONDUCCIÓN				
5.1	Preliminares				
5.1.1	Excavación manual sin clasificar	m³	180.3444	\$35,000.00	\$6,312,054
5.1.2	Relleno en material de excavación	m³	171.32718	\$16,108.22	\$2,759,776
5.2	Suministro e instalación de tubería				
5.2.1	Tubería de 3" RDE de 26	ml	21.158	\$32,662.76	\$691,079
5.2.2	Tubería de 2" RDE de 26	ml	561.99	\$17,913.43	\$10,067,171
5.2.3	Tubería de 1 1/2" RDE de 21	ml	18	\$19,105.61	\$343,901
5.2.4	Concreto simple 3000 psi para atraques	m³	5.8	\$418,077.01	\$2,424,847
5.3	Válvulas				
5.3.1	Suministro e instalación de válvula de corte 3" Incluye caja	Und	2	\$1,483,260.98	\$2,966,522
5.3.2	Suministro e instalación de ventosas 3/4" Incluye caja	Und	3	\$1,122,178.10	\$3,366,534
5.3.3	Suministro e instalación de ventosas 1" Incluye caja	Und	1	\$1,201,530.15	\$1,201,530
5.3.4	Suministro e instalación de purga de 2" Incluye caja	Und	1	\$1,267,773.84	\$1,267,774
5.3.5	Suministro e instalación de válvula de rotura de carga de 2" Incluye caja	Und	1	\$4,770,890.12	\$4,770,890
6	OBRA Y EQUIPO PREDIAL				
6.1	Suministro e instalación de tubería				
6.1.1	Tubería principal 1 1/2" RDE 26 incluye accesorios	ml	210	\$19,959.56	\$4,191,507
6.1.2	Ramales 3/4" RDE 26 incluye accesorios	ml	337.5	\$8,736.69	\$2,948,633
6.1.3	Caja derivadora	Und	2	\$998,351.85	\$1,996,704
				COSTO DIRECTO	\$193,720,763

Fuente Autor del proyecto

5. Conclusiones

El sitio seleccionado tiene una topografía que permite un embalse de capacidad suficiente para satisfacer la necesidad de riego para 1.5 Ha de cultivo. El tipo de suelo presente en el vaso se identifica como GW-GM (gravas areno limosas de plasticidad nula) con características adecuadas para la conformación y compactación de la presa en tierra desde el punto de vista de estabilidad, pero su condición de material granular lo hace vulnerable a la filtración a pesar de sus condiciones de bien gradada, lo que lleva a utilizar una geomembrana apoyada en un geotextil colocada en el talud húmedo, en la base del talud húmedo y en el dentellón, finalizando con una recubierta del mismo material del terraplén para mejorar sus condiciones de impermeabilidad.

Se realizó el balance hídrico de los cultivos de maíz y frijol, para de conocer la necesidad de agua de este durante su periodo de desarrollo, el cual va desde la siembra hasta la cosecha. Con el fin de asegurar las cosechas, se tomó el mayor requerimiento de volumen obtenido entre los dos cultivos, dando como resultado que el volumen a almacenar corresponde a los requerimientos del maíz.

Debido a que la estimación del área a irrigar se realiza mediante un método iterativo que depende del volumen de agua requerido por el cultivo y la capacidad de almacenamiento del embalse (agua disponible), se determinó la capacidad máxima de este teniendo en cuenta el levantamiento topográfico, la cantidad de agua que aporta la cuenca en época de invierno y la altura máxima de la presa.

Una vez se conoció el volumen máximo que puede almacenar el embalse y el requerimiento de agua del cultivo, se procedió a realizar el ajuste del área, obteniendo que el área máxima a irrigar con las condiciones presentes es de 1.5 Ha.

Las estructuras hidráulicas y el sistema de distribución cumplen un papel muy importante dentro de este tipo de sistemas ya que son las encargadas de controlar y distribuir el agua de forma adecuada. Los excedentes de agua que no serán almacenados en el reservorio serán devueltos al cauce natural de la cañada, considerando que estos no pueden tener contacto con el terraplén pues podrían afectar su estabilidad y funcionamiento, por lo que se realizó el diseño un canal de descarga revestido en concreto con dissipador de energía que haga una entrega del agua en forma controlada hacia su curso natural, controlando la socavación y erosión por caídas bruscas.

Se realizó la programación de riego para los cultivos de maíz y frijol, teniendo en cuenta el tipo de suelo presente en la zona a cultivar, ya que este es el que indica que capacidad de retención tendrá en la zona radicular, obteniendo así la frecuencia e intervalos de riego, pues estos deben garantizar que la planta tenga la suficiente agua para su desarrollo, pero sin exceder la cantidad necesaria, debido a que podría generar daño en la planta y a su vez se presentaría una escorrentía superficial ya que el suelo no sería capaz de filtrar toda el agua aplicada (saturación del suelo).

Se elaboró el presupuesto de inversión y los análisis de precios unitarios del proyecto para estimar el costo de la obra, el cual permitirá su evaluación para viabilizarlo económicamente con relación a su beneficio.

6. Recomendaciones

Se deben realizar inspecciones con una frecuencia mínima de 8 veces por año principalmente en época de invierno, cuando ocurran precipitaciones extraordinarias en toda la cuenca que obliguen a trabajar el aliviadero a plena capacidad y cuando se presenten llenados rápidos por acción de las primeras lluvias del invierno.

Cada vez que ocurra vertido de excedentes de escorrentía en la época de lluvias principalmente, se deberá remover toda la tierra, troncos, ramas y desperdicios vegetales que se estén acumulando en cualquiera de las partes del aliviadero.

Se deben evitar pastos u otras plantas con las raíces profundas en el talud húmedo, porque con el tiempo se formarán colchones de raíces que pueden afectar la seguridad de la presa, por lo tanto deben retirarse.

Se deberá revestir el talud húmedo desde la corona hasta la línea del nivel máximo de aguas con material vegetal de raíces poco profundas como el pasto estrella. Dado a que el material utilizado es de mala calidad como suelo agrícola, se deberá abonar para su revegetación.

Para el mantenimiento la obra de toma se deberá efectúa en época seca cuando el embalse alcanza sus niveles más bajos. Pero se puede hacer retiro de sedimentos con la válvula de limpieza con niveles altos de la lámina de agua, o cuando entra el invierno donde se recomienda

abrir la purga de limpieza para tratar de eliminar el material de arrastre que pueda traer la escorrentía por efecto de las lluvias.

Para el mantenimiento de la línea de conducción y la red de distribución se debe realizar primero que todo, una inspección periódica que permita identificar daños o funcionamientos deficientes de sus elementos de control y operación.

Se recomienda mejorar las condiciones de vegetación en la cuenca con el fin de mitigar la erosión que es causada por agentes climáticos cuando se ara gran parte del área tributaria, ya que en las condiciones actuales se tendrán grandes depósitos de sedimento en el vaso.

Debido a la erosión que presenta el área tributaria se recomienda la realización de gaviones de dimensiones aproximadas de 2m x 2m x 1m que funcionen como pre-desarenadores en la entrada del vaso y que brinden protección a los taludes, teniendo en cuenta que el terreno de fundación deberá ser nivelado, suprimiéndose las depresiones o salientes.

Con el fin de evitar infiltraciones debajo del terraplén se recomienda realizar un dentellón de material impermeable (arcilla o altos contenidos de arcilla) de aproximadamente 1.9 m de altura por 2 m de ancho, con el fin de re direccionar las líneas de flujo hacia puntos más alejados del talud seco.

Cuando la tubería esté expuesta al sol, deberá protegerse con un material opaco, manteniendo una adecuada ventilación.

Durante el llenado de la Tubería, la velocidad no debe ser mayor de 0.3 m/seg hasta que todo el aire salga y la presión llegue a su valor nominal.

En el caso de tubería acampanada, la instalación debe llevarse a cabo, limpiando cuidadosamente con un trapo limpio humedecido en limpiador las superficies que van a conectarse, posteriormente aplicar generosamente lubricante al exterior del extremo del tubo por lo menos en un largo igual a la campana, de igual forma aplicar en el interior de la campana del otro tubo.

Tener en cuenta las recomendaciones para la construcción del terraplén presentes en el estudio de suelos. (Apéndice B)

Referencias

- Anten, M., & Willet, H. (2000). *www.academia.edu*. Obtenido de http://www.academia.edu/3883882/Diseno_de_Pequeños_Sistemas_de_Riego_por_Aspersion_en_Ladera
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*.
- Ballén Suárez, J. A., Galarza García, M. Á., & Ortiz Mosquera, R. O. (junio de 2006). Recuperado el septiembre de 2016, de <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>
- Braja M., D. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. (Séneca, Trad.) México.
- Bustamante, J. (1996). *Manual de obras menores de riego*. Chile.
- Castro, C. M. (2009). Obtenido de <https://elknol.wordpress.com/article/lamina-bruta-lb-de-aplicacion-de-agua-y-li29ptfum49sf-26/>
- Cisneros, A. R. (2003). *Apuntes de riego y drenaje*.
- El regante. (2006). Obtenido de <http://galeon.com/elregante/aspensor.html>
- FAO. (2006). Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s03.pdf>
- FAO. (2006). *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- FAO. (2016). *Evolución del desarrollo del riego*. Obtenido de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/Profile_segments/COL-IrrDr_fra.stm
- Fattorelli, S., & Fernández, P. C. (2011). *Diseño hidrológico*.
- Fernández Cirelli, A., Holzapfel, E., del Callejo, I., & Billib, M. (2009). *Manejo sostenible del agua para riego en Sudamérica*. Obtenido de <http://www.iww.uni-hannover.de/de->

- de/Forschung/Laufende_Forschungsprojekte/_KASWARM/pdf/MANEJO%20SOSTE
NIBLE%20DEL%20AGUA%20PARA%20RIEGO%20EN%20SUDAMERICA.pdf
- FONCODES. (Diciembre de 2014). Obtenido de
<http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/130.pdf>
- Franco Rueda, A. F. (febrero de 2014). *Propuesta para dar buen uso al suelo en la UFPSO sede algodonal*. Obtenido de [file:///C:/Users/DELL/Downloads/25702%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/25702%20(1).pdf)
- Giraldo Ramirez, A. (2016). Obtenido de
http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/conceptosbasicosmfluidos/chorros_libres/corros_libres.htm
- Gurovich, L. A. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. Costa Rica.
- HIMAT. (1984). *Diseño de presas de tierra para pequeños almacenamientos*. Bogota.
- Howell, T. A. (2001). *Mejora de la eficiencia del uso del agua en la agricultura de regadío*. Obtenido de
<https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=2182&content=PDF>
- Juncosa Rivera, R. (2015). Obtenido de
http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf
- La Opinión. (13 de octubre de 2015). *La Opinión*. Obtenido de
<http://www.laopinion.com.co/ocana/en-ocana-sequia-afecta-10-mil-hectareas-100077#ATHS>
- Maderey Rascón, L. E. (2005). *Principios de hidrogeografía estudio del ciclo hidrológico*.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería- Costa Rica. (2010). Obtenido de
http://www.academia.edu/293647/Manual_de_Construcci%C3%B3n_de_Reservorios_de_Agua_de_Lluvia

Ministerio de fomento. (2016). Obtenido de file:///C:/Users/DELL/Desktop/formatos%20tesis/Instruccion_5.2_IC_revisado_ORDEN FOM_298_2016.pdf

Moreira, S. (2012). *Manejo sostenible del agua y su utilización en diferentes sistemas de riego*. Obtenido de <http://docplayer.es/7007509-Manejo-sostenible-del-agua-y-su-utilizacion-en-diferentes-sistemas-de-riego.html>

Navarro Caro, L. (2009). *Desarrollo, ejecución y presentación del proyecto de investigación*. Venezuela: Melvin.

Orson, I., & Vaughn, H. (1975). *Principios y aplicaciones del riego*. Reverté.

PAVCO. (2014). Obtenido de file:///C:/Users/DELL/Downloads/Manual%20CONSTRUCCION.pdf

RAS 2000. (2016). Obtenido de http://minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_D.pdf

SAGARPA. (5 de NOVIEMBRE de 2014). Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/FICHA%20TECNICA_DISIPADORES%20DE%20ENERG%C3%8DA.pdf

Sánchez San Román, F. J. (2016). Obtenido de http://hidrologia.usal.es/temas/Hid_sup_3.pdf

Tarjuelo, J. M. (1991). *El riego por aspersión: Diseño y mantenimiento*.

Universidad de la Concepción. (2012). Obtenido de <http://docplayer.es/15043366-Boletin-tecnico-n-1-necesidades-de-agua-de-los-cultivos.html>

Valverde, J. C. (2007). *Riego y drenaje*.

van Veenhuizen, R. (2000). *Revisión de Bases Técnicas*. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai128s/ai128s02.pdf>

Ven Te Chow. (1994). *Hidraulica de canales abiertos*. McGRAW-HILL.

Ven Te Chow. (1994). *Hidraulica de canales abiertos*. McGRAW-HILL.

Villalobos, F. J., Mateos, L., Orgaz, F., & Fereres, E. (2009). *Fitotecnia bases y tecnologías de la producción agrícola* (Vol. II).

Villón Bejár, M. (2003). *Diseño de estructuras hidráulicas*.

Zúñiga Martínez, É. (2004). *Diseño y evaluación del riego a presión*. Costa rica.

Apéndices

Apéndice A. Información climatológica IDEAM

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES TOTALES DECADEALES DE BRILLO SOLAR (Horas)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			ESTACION : 16055100 UFPSO
LATITUD:0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1993	1		53.2		44.0	31.9	74.6	57.6		52.8	54.6	49.7	40.9	459.3
			72.0	52.2	40.7	39.6	46.1	62.1	62.9	43.1	54.4	55.9	40.0	569.0
			43.7	41.3	38.7	43.4	47.2		57.2	44.1	48.7	47.5	98.5	510.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1994	1	52.5	61.4	54.4	35.6	37.2	52.1	51.8	55.2	44.1	44.6	35.9	54.6	579.4
		60.8	50.1	30.8	32.0	33.8	53.2	86.4	58.4	47.2	36.3	45.8	55.1	589.9
		59.0	36.7	31.0	39.8	50.0	63.9	69.5		28.2	47.2	39.0	46.7	511.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1995	1	76.1	58.7	49.2	43.2	44.6	36.2	72.8	45.7	63.1	50.4	41.6	45.6	627.2
		57.9	83.5	40.3	13.8	36.3	42.7	52.8	43.9	59.6	36.3	35.8	40.8	543.7
		67.1	18.7	33.6	25.3	46.4	58.2	44.6	65.4	47.3	59.1	54.1	67.3	587.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1996	1	76.0	48.2	21.5	43.6	32.4	51.8	55.0	40.9	36.4	42.3	40.7	36.5	525.3
		61.2	54.2	40.2	45.8	29.8	39.4	55.3	53.0	41.6	35.4	33.2	51.2	540.3
		50.4	34.2	48.5	33.9	43.9	21.9	66.5	53.6	40.2	57.1	42.5	49.1	541.8
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1997	1	60.1	26.8	80.6	31.5	50.6	43.8	68.1	65.8		36.3	18.8	65.4	547.8
		53.3	56.1	26.3	32.6	58.1	48.0	53.1	58.1		30.4	40.0	70.1	526.1
		63.8	32.6	62.0	43.2	36.1	37.0	66.9	66.2		67.1	48.0	79.9	602.8
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1998	1	78.7	28.8	45.4	31.0	30.2	50.5	44.8	51.0	40.7	21.6	46.6	33.0	502.3
		64.8	62.4	49.9	28.0	38.7	41.3	50.3	45.9	29.3	39.7	35.3	43.7	529.3
		73.6	45.0	23.7	33.8	38.4	45.3	58.6	43.9	33.3	32.8	33.5	42.6	504.5
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1999	1	41.8	30.4			31.3	36.1	52.1	48.9	46.1	30.9	48.9	35.1	401.6
		51.6	17.0	35.0		45.9	26.0	66.5	58.3	43.0	42.9	40.5	25.7	452.4
		38.7	16.8	35.9		67.7	32.2	62.4	41.1	22.5	59.4	43.2	58.2	478.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2000	1	49.0	61.0	51.7	40.4	36.2	45.4	67.7	50.3	32.2	46.0	41.2	49.0	570.1
		53.5	59.8	56.9	34.5	41.7	50.7	67.6	76.0	43.2	37.7	40.6	65.1	627.3
		58.6	17.0	30.2	38.4	46.6	62.7	50.2	61.0	34.6	40.5	55.3	56.9	552.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2001	1	75.7	77.3	34.9	53.0	24.1	52.0	65.5	71.0	42.0	45.2	46.0	42.9	629.6
		60.9	76.8	48.0	28.6	35.0	57.9	56.0	73.3	41.8	28.5	33.2	19.7	559.7
		90.3	20.9	33.3	40.3	42.5	68.4	63.9	72.4	40.4	44.1	37.1	38.9	592.5
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2002	1	56.9	37.6	46.5	40.4	61.6	37.5	65.8	63.8	36.8	52.2	39.4	52.5	591.0
		61.8	70.2	26.8	38.1	51.0	57.0	62.3	64.6	31.5	34.4	45.5	44.2	587.4
		76.0	45.2	39.5	29.5	45.0	85.4	78.2	52.9	47.8	43.1	58.3	78.5	679.4
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2003	1	77.6	72.0	56.5	53.3	31.5	47.3	60.0		48.1	26.6	25.6	32.0	530.5
		62.6	47.8	26.7	42.2	43.5	42.1	53.5		33.4	30.2	28.6	43.7	454.3
		60.7	34.5	41.7	24.6	55.9	58.8	70.4	59.8	29.5	44.7	28.3	28.3	537.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2004	1		78.6	38.1	36.2	37.1	52.9	47.4	53.8	37.0	23.1	34.6	37.2	476.0
			61.4	69.7	24.1	30.3	59.4	53.3	59.2	31.4	30.8	33.5	20.9	474.0
			38.2	41.8	36.3	46.7	65.7	45.0	51.5	24.0	50.3	32.5	59.1	491.1

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES TOTALES DECADEALES DE BRILLO SOLAR (Horas)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			
ESTACION : 16055100 UFPSO			
LATITUD:0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
2005	1	44.6	29.5	44.6	31.7	33.4	38.4	59.2	54.7	55.9	51.5	33.2	31.7	508.4
		32.5	31.2	63.5	37.3	23.7	46.2	41.1	36.9	46.2	53.2	24.6	47.2	483.6
		54.5	43.7	57.6	41.1	58.6	42.5	81.9	49.0	25.5	45.3	33.2	67.8	600.7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2006	1	36.9	54.3	30.8	29.7		31.7	63.8	59.5	41.1	27.7	35.7	38.1	449.3
		75.3	77.4	35.0	25.2		44.6	46.2	42.6	44.9	41.6	24.1	33.2	490.1
		58.3	55.5	47.9		68.8	55.8	63.8		41.6	31.1	34.8	51.4	509.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2007	1	59.3	82.9	14.6	29.7	33.3	40.8	65.2	43.5	42.6	36.2	36.1	54.3	538.5
		53.2	59.3	31.0	28.8	36.5	75.7	62.0	38.2	32.5	35.7	53.4	25.8	532.1
		58.5	54.0	48.1	29.6	28.7	63.6	53.6	50.1	31.6	48.7	50.2	49.5	566.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2008	1	59.5	47.4	45.1	53.0	28.1	33.9	31.5	51.3	53.1	38.6	36.6	48.4	526.5
		49.6	43.3	44.8	44.2	34.3	58.5	49.3	42.5	38.6	49.6	32.3	55.1	542.1
		65.8	47.4	43.4	29.8	29.9	41.8	63.6	44.3	51.2	61.9	19.2	59.4	557.7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2009	1	63.6	44.8	26.3	46.0	33.8	53.8	62.7	54.7	60.5	51.6	43.2	66.5	607.5
		53.0	60.9	18.5	48.6	42.9	37.9	78.1	54.4	41.6	32.5	39.6	65.7	573.7
		51.2	34.9	23.8	47.2	57.2	32.7	75.0	68.7	53.5	55.3	49.7	70.1	619.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2010	1	81.3	72.7	32.6	33.3	42.1	49.9	40.8	40.5	44.9	51.0	40.5	24.5	554.1
		83.9	47.3	37.1	32.9	41.9	36.8	46.3	26.6	42.8	45.0	28.5	22.0	491.1
		72.1	31.8	59.5	41.0	35.4	50.6	55.0	47.4	42.4	49.4	32.5	54.9	572.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2011	1	46.6	60.7	16.1	42.3	34.3	34.6	41.5	60.9	64.7	31.9	29.1		462.7
		73.8	44.7	34.7	19.4	27.0	51.2	52.3	48.8	42.4		18.0	29.9	442.2
		74.3	27.9	27.4	27.9	47.3	40.2	66.5	54.7	39.2	44.7	35.7	61.8	547.6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2012	1	37.8	51.8	58.3	23.9	35.5	80.6	63.2	47.3	62.8	50.5	56.1	60.2	628.0
		33.5	68.7	22.3	21.3	42.8	37.5	64.6	62.1	56.7	31.9	35.1	54.2	530.7
		57.0	59.8	31.4	38.0	58.4	50.2	63.4	71.3	46.3	57.2	47.5	53.6	634.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2014	1		62.3	44.8		43.9	54.7	81.9	55.6					343.2
			65.5	50.0	51.8	33.6	61.3	71.8	60.1					394.1
			31.7	65.3	35.4	52.3	69.2	84.1	56.1					394.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2015	1		43.6	56.6	17.2	54.5	52.3	42.4	55.1	42.4				364.1
			37.2	62.2	31.3	15.5	43.2	62.1	32.1	56.9	42.0			382.5
			50.4		59.2	54.8	44.2		71.1	61.0				340.7

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES TOTALES DECADEALES DE EVAPORACION (mms)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			ESTACION : 16055100 UFPSO
LATITUD:0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VRANUAL
1993	1	32.0	42.8	50.7	38.2	29.2	37.2	35.6	41.0	37.0	33.4	31.3	23.3	431.7
		31.8	49.1	50.0	26.0	33.8	36.9	48.6	41.9	37.7	32.7	33.5	29.3	451.3
		45.8	35.8	39.6	38.9	36.0	38.9	46.5	36.8	36.0	37.3	33.2	54.3	479.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1994	1	36.1	45.3	40.6	40.9	35.5	36.3	36.4	46.7	36.7	38.6	19.6	37.0	449.7
		42.5	40.2	34.0	39.9	41.1	39.8	47.4	42.3	40.3	34.4	29.4	33.0	464.3
		45.3	31.4	36.9	34.7	33.2	48.6	53.5	47.3	33.1	37.0	30.6	33.8	465.4
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1995	1	43.6	41.6	53.5	42.3	34.6	25.7	53.3	27.2	37.4	37.2	25.8	29.9	452.1
		39.2	54.2	46.4	35.0	39.7	36.1	34.6	28.6	26.9	18.9	25.5	30.0	415.1
		48.7	29.0	50.1	34.2	36.7	41.3	30.9	38.6	42.4	34.3	30.3	38.3	454.8
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1996	1	42.6	38.5	33.0	32.6	27.4	42.5	28.7	29.4	36.1	32.0	28.9	26.7	398.4
		36.0	38.5	39.1	34.6	25.6	26.2	32.5	28.7	38.3	30.9	26.3	34.7	391.4
		40.4	32.7	44.2	25.5	30.7	24.0	45.4	34.4	50.1	38.3	30.3	34.3	430.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1997	1	33.0	36.4	57.4	42.7	41.4	40.9	34.6	52.4		35.6	31.4	37.9	443.7
		36.9	48.2	34.8	41.8	45.5	45.4	44.5	48.6		36.6	20.5	42.1	444.9
		42.7	38.8	49.9	36.4	39.8	37.4	43.4	51.8		42.1	30.5	46.2	459.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1998	1				40.1		38.1	44.9	38.9	31.4	26.5	39.9	32.7	292.5
					38.7		33.1	39.7	41.9	29.6	40.3	31.2	31.7	286.2
					38.0		52.0	37.0	42.3	32.5	33.1	29.7	34.6	299.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1999	1	33.0												33.0
		40.1												40.1
		40.0												40.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2000	1	29.7	39.3	44.0	44.0	35.3	31.8	35.2	40.8	29.1	37.6	28.9	29.2	424.9
		30.3	38.2	47.8	31.4	42.3	41.3	47.4	52.6	34.3	32.1	27.3	35.3	460.3
		44.1	20.0		42.4	41.8	37.4	43.0	56.3	31.1	30.1	32.2	30.3	408.7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2001	1	36.2	45.2	28.2	36.4	30.0	32.4	33.1	44.5	36.3	35.4	29.8	26.9	414.4
		29.0	43.1	41.3	36.4	23.9	43.1	46.4	40.6	35.4	31.9	28.4	21.3	420.8
		48.0	34.0	30.8	40.9	43.0	33.9	50.3	43.4	29.4	38.8	30.5	23.8	446.8
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2002	1	33.6	41.8	44.9	28.2	28.6	33.8	48.5	47.7	47.3	38.1	38.1	33.0	463.6
		41.8	42.4	39.0	32.1	38.3	39.4	44.1	54.3	28.5	36.5	33.0	35.9	465.3
		51.5	36.5	43.7	27.2	37.2	59.5	61.0	32.9	38.7	27.5	38.9	48.6	503.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2003	1	43.1	53.1	58.1	30.4	40.4	30.5	36.0	37.1	32.3	30.8	32.5	27.6	451.9
		48.5	48.0	48.9	19.7	31.6	30.3	46.6	37.2	34.6	31.2	33.3	32.0	441.9
		48.3	27.6	41.2	36.0	40.4	39.9	50.9	47.9	35.7	32.8	29.7	27.7	458.1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2004	1	35.6	54.0	46.5	39.2	34.3	36.8	41.6	44.7		26.6	33.1	29.9	422.3
		32.2	49.2	58.9	33.9	20.9	44.3	40.9	39.6	25.3	32.1	29.3	23.0	429.6
		45.7	28.8	49.2	33.0	42.0	43.9	39.3	30.1	30.0	36.3	27.2	34.0	439.5

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES TOTALES DECADALES DE EVAPORACION (mms)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			
LATITUD:0814 N		TIPO EST CO	ESTACION : 16055100 UFPSO
LONGITUD: 7319 W		DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA
		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
2005	1	34.9	34.9	43.4	31.3	26.7	36.1	40.0	37.8	38.2	45.8	31.8	25.1	426.0
		29.6	30.0	49.0	39.2	29.1	38.3	33.9	32.5	37.8	37.2	28.5	31.4	416.5
		38.4	36.0	49.9	37.1	41.2	36.1	51.1	34.5	29.4	31.5	27.2	37.6	450.0
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2006	1	15.7	25.6	23.0	28.7			47.8	41.7	38.1	36.9	33.3	29.2	320.0
		35.9	38.9	40.7	34.5	44.0		34.8	39.5	41.9	41.6		27.7	379.5
		36.6	38.2	33.7	27.6	46.0	35.5	52.5	34.1	37.5	35.3		37.5	414.5
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2007	1	36.1	33.1	38.5	21.7	26.3	24.9	32.1	39.6				38.7	291.0
		35.0	42.7	31.8	24.6	24.0	39.3	40.6				21.8	27.5	287.3
		43.6		31.3	32.2		50.4	26.5	27.4	30.1	28.9	28.2	39.3	337.9
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2008	1	37.3	36.5	40.5	38.3	32.9	34.2	26.8	36.5	40.3	23.3	31.6	28.4	406.6
		37.1	36.3	36.0	38.0	27.8	39.6	37.5	34.4		41.3	24.7	29.5	382.2
		46.0		40.0	25.1	22.2	40.1	48.5	41.7	40.9	39.7	20.5	26.4	391.1
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2009	1	32.5	32.8	33.2	36.4	26.6	36.6	39.4	40.4	38.9	31.3	21.6	36.2	405.9
		30.8	33.9	28.7	38.0	36.6	24.1	51.8	38.2	36.7	33.9	23.6	26.3	402.6
		35.7		33.6	35.4	37.2	26.9	51.0	42.7		40.2	31.1		333.8
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2010	1		46.7	29.7	33.3	40.1	32.2	30.8	33.4	39.7	37.0	40.6	20.9	384.4
		45.5		43.6	28.1	40.6	30.9	36.6	20.1	37.9	31.9	19.1	17.2	351.5
		47.3	23.2	45.4	36.6	27.3	36.0	34.9	46.0	37.5	27.6	30.9	29.1	421.8
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2011	1	26.1	22.2	26.0	33.6	31.4	28.6	30.4	27.7	32.8	28.6	23.7	25.6	336.7
		28.0	27.2		24.9	29.9	39.8	36.7	37.6	38.3			27.0	289.4
		35.8	27.1		28.2	33.1	27.4	39.0	39.8	28.6	29.1	24.6	35.6	348.3
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2012	1		40.5	28.9	30.1		45.9	47.2	27.4	21.4	37.7	33.6	38.1	350.8
			38.7	31.6	23.9	36.6	26.8	43.9	40.7	38.1	26.5	25.7	29.8	362.3
		31.5	40.8	32.1	38.2	40.1	38.1	47.8	44.4	33.3	42.8	30.7	33.1	452.9
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2013	1		31.2	44.3	40.9	29.0			31.8		31.8	18.5		227.5
			25.5	31.2	35.6	43.6					28.2	35.5		199.6
		38.3	36.3		30.7				35.0			26.1		166.4
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2014	1			34.8	39.4	27.5	38.6	43.6	42.2	30.5	31.2	32.5	15.6	335.9
			24.4	35.9	41.6	32.3	25.7	49.4	41.3	29.9		23.5	25.0	329.0
			26.2	39.5	15.0	34.8	34.2	44.1	38.5		37.3	30.9		300.5
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2015	1		36.7	46.7		42.2	31.0		40.9	30.1	33.8	18.0		279.4
		21.6	23.6	29.1	13.6	20.5	33.3	22.9	32.8	31.6	28.2			257.2
		38.0	37.7	39.9	40.6	36.9		47.4	38.4		26.5			305.4

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES MEDIOS DECADALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			ESTACION : 16055100 UFPSO
LATITUD:0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1993	1	85	81	78	82	87	79	82	79	82	84	84	85	82
		85	80	77	84	85	83	80	80	86	82	85	84	83
		82	80	83	84	86	81	80	82	84	84	85	79	83
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1994	1	82	80	82	85	86	84	86	87	83	83	87	85	84
		79	81	82	86	89	83	77	84	84	86	88	88	84
		79	85	84	86	86	82	80	83	88	87	87	87	85
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1995	1	84	81	81	83	86	88	86	86	84	86	86	85	85
		84	79	82	87	86	87	84	88	84	87	87	87	85
		83	82	84	88	84	86	87	84	85	87	85	86	85
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1996	1	83	82	84	84	84	85	82	83	87	87	85	88	85
		80	83	83	81	86	84	85	86	85	88	88	87	85
		83	83	86	83	84	83	81	84	85	86	85	86	84
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1997	1	87	83	79	81	82	85	75	76	79	85		81	81
		85	82	82	83	83	85	78	78	79	83		82	82
		83	82	80	84	84	83	78	76	85	82		80	82
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1998	1	80	87	82	84	85	84	82	81	86	86	88	87	84
		81	82	80	85	81	85	83	84	86	87	90	89	84
		81	73	86	85	83	79	86	83	86	90	90	88	84
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1999	1	90	92	89	87	88	86	82	85	87	88	87	89	88
		90	92	90	82	86	86	83	85	88	87	90	90	87
		90	91	87	85	86	85	84	87	88	86	87	88	87
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2000	1	89	85	89	87	86	85	84	85	87	88	89	89	87
		87	88	86	86	85	85	83	82	86	88	90	88	86
		85	90	86	84	86	86	82	82	85	89	87	87	86
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2001	1	87	84	85	82	88	86	78	78	85	88	87	89	85
		88	86	85	86	88	84	82	75	87	88	88	89	86
		86	85	86	85	86	82	84	86	88	87	89	87	86
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2002	1	87	87	85	85	82	87	76	81	84	85	87	85	84
		86	85	84	81	82	85	80	75	87	87	88	86	84
		81	83	84	89	86	73	78	82	85	87	86	85	83
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2003	1	85	81	80	88	87	88	85	85	85	88	90	90	86
		83	82	84	88	82	89	85	86	87	88	89	88	86
		80	87	84	87	85	85	83	87	87	88	91	91	86
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2004	1	86	84	86	83	87	86	87	81	86	87	89	90	86
		87	86	81	88	88	84	85	82	86	88	91	91	86
		87	88	81	87	88	82	86	86	87	89	89	89	87

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES MEDIOS DECADALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			ESTACION : 16055100 UFPSO
LATITUD:0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
2005	1	89			84	84	87	83	82	84	87	88	95	86
		92		77	84		85	84	86	85	86	91	93	86
		88	82	78	83	84	84	81	87	88	90	94	94	86
2006	1	96	85	85	88	91			79	77	79	84	88	85
			85	86	87	89			73	78	83	84	88	84
		90	86	88	89	91			77	77	83	83	87	85
2007	1	90	77	74	85	86	90	82	91	93	92	93	93	87
		90	74	76	84	84	86	83	92	91	90	93	91	86
		86	71	82	87	89	86	88	93	92	93	91	89	87
2008	1	91	87	76	79	83	86	82	84	84	85	84	85	84
		88	87	79	77	82	82	81	82	84	81	86	84	83
		90	77	78	81	83	79	83	83	83	83	87	85	83
2009	1	84	84	83	80	82	81	81	82	80		84	83	82
		85	82	83	79	79	83	84	82	79	83	83	83	82
		83	80		79	81	79	81	82	78	84	84	83	81
2010	1	85	83	83	85	82	87	82	82	85	81	85	88	84
		86	82	84	84	86	86	81	83	87	83	84	87	84
		84	85	82	84	88	80	82	83	83	85	87	86	84
2011	1	87	84	88	83	82	85	84	78	78	83	83	87	84
		83	85	87	85	87	82	83	79	82	84	84	88	84
		84	85	86	86	88	83	77	82	82	82	84	82	83
2012	1	85	81	75	83	82	73	75	80	78	77	79	80	79
		82	78	79	83	78	77	75	78	75	82	82	81	79
		82	74	79	80	79	80	72	77	78	81	82	81	79
2013	1	74	81	73	74	78			70	81	80	84	82	78
		81	76	80	76	77			79	78	82	82	79	79
		77	78	75	78				81	78		81	77	78
2014	1		75	75	76	82	79	63	77	77	81	81	85	77
			75	75	75	84	70	62	72	76	84	83	84	76
			77	77	79	80	72	62	76	80	81	79	77	76
2015	1		77	76	78	76	76	72	70	72	78	84		76
			81	78	79	81	72	70	75	72	81	81		77
			81	76	76	76	68	71	75	74	84			76

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES TOTALES DECADALES DE PRECIPITACION (mms)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			ESTACION : 16055100 UFPSO
LATITUD: 0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1993	1	.0	10.0	29.0	10.0	45.0	2.0	3.0	14.0	30.0	8.0	13.0	.0	164.0
		8.0	.0	37.0	34.0	10.0	21.0	27.0	39.0	65.0	11.0	7.0	.0	259.0
		.0	1.0	28.0	68.0	53.0	8.0	.0	2.0	45.0	27.7	26.0	.0	258.7
1994	1	.0	.0	4.4	.0	39.0	2.0	14.0	40.4	36.6	27.3	111.7	.0	275.4
		.0	46.5	7.2	8.3	89.0	1.8	1.8	22.0	42.7	45.1	43.5	.0	307.9
		2.7	33.8	11.7	257.6	110.0	1.0	33.0	26.5	79.7	41.4	50.7	6.3	654.4
1995	1	.0	.0	8.2	34.6	3.5	34.0	17.0	34.0	39.0	45.6	1.0	.0	216.9
		3.7	.0	13.1	58.0	46.8	69.0	26.0	62.0	87.0	104.9	4.0	2.0	476.5
		.0	.6	41.0	56.9	144.3	44.0	72.0	20.0	113.8	54.9	49.0	1.0	597.5
1996	1	.0	1.0	38.0	35.0	20.0	108.0	92.0	25.0	64.5	105.0	4.9	11.7	505.1
		.0	.0	.0	8.0	45.0	7.0	6.0	29.0	25.5	108.3	19.2	17.2	265.2
		1.0	.0	9.0	72.0	39.0	52.0	38.0	18.5	77.5	25.9	44.4	.4	377.7
1997	1	9.0	.0	.0	.0	.3	34.6	.0	1.9	62.0	41.6	49.5	.0	198.9
		1.2	.2	13.3	51.2	30.2	1.0	3.6	5.4	46.0	15.8	67.7	.0	235.6
		.5	.0	2.1	40.4	60.8	3.9	13.0	15.8	48.8	.4	2.3	.0	188.0
1998	1	21.4	33.3	106.6	44.0	62.6	38.2	20.1	2.5	83.0	84.0	4.9	35.1	535.7
		.0	.0	.0	33.1	24.0	22.9	23.4	77.1	86.5	18.2	14.8	6.8	306.8
		1.8	.4	3.7	9.9	38.6	10.7	47.1	43.8	31.9	47.0	7.4	.0	242.3
1999	1	.0												0.0
		.8												0.8
		.6												0.6
2000	1	23.4	.2	.5	9.9	20.3	22.0	.0	28.3	199.7	69.3	15.5	12.5	401.6
		4.7	.6	.0	13.2	46.4	7.8	11.9	3.2	36.3	37.0	33.6	.7	195.4
		.3	14.6	1.9	5.5	74.8	15.4	21.1	1.7	161.0	33.6	.4	70.2	400.5
2001	1	.0	.0	23.1	.0	48.0	3.6	4.6	.0	20.5	36.4	48.6	.5	185.3
		.0	.0	18.1	21.3	79.6	8.2	12.0	.0	58.3	40.1	18.6	36.1	292.3
		3.5	.0	13.6	.3	19.9	4.6	40.0	28.7	68.1	53.2	6.3	7.0	245.2
2002	1	.0	4.0	.6	116.3	1.5	33.6	22.9	2.1	45.5	41.5	13.2	.0	281.2
		.0	.0	11.6	23.2	3.4	15.7	.7	.0	104.1	5.0	6.1	14.2	184.0
		.0	.0	28.5	7.1	43.0	.0	1.0	16.9	56.1	64.7	.0	.0	217.3
2003	1	.8	.0	3.5	8.7	7.8	27.9	8.9	47.0	86.0	98.1	70.3	20.0	379.0
		.0	.0	23.1	129.1	4.2	49.3	24.5	20.9	57.4	43.3	10.0	.0	361.8
		.0	5.5	83.4	60.7	33.0	22.6	8.4	68.0	45.2	87.5	44.7	2.5	461.5
2004	1	.0	.0	.0	53.9	12.7	2.6	10.9	8.1	33.2	112.8	68.6	17.9	320.7
		.0	.0	.0	57.0	34.0	13.2	11.6	13.5	60.0	69.8	32.8	17.7	309.6
		.0	12.7	.0	84.5	32.6	.0	26.8	17.6	44.0	39.7	16.7	.0	274.6

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES TOTALES DECADALES DE PRECIPITACION (mms)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			ESTACION : 16055100 UFPSO
LATITUD:0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGDONAL

AÑO	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
2005	1	2.0	2.0	.0	54.3	106.7	38.4	12.5	19.1	19.4	61.1	21.9	19.0	356.4
		31.8	16.4	20.7	31.4	32.4	55.0	4.1	13.5	5.7	58.4	92.5	3.1	365.0
		2.5	.0	28.9	26.1	9.9	30.0	.0	28.2	80.6	86.1	23.1	.8	316.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2006	1	70.4	1.1	13.4	40.2	115.1	86.4	.0	.0	33.1	57.6	2.0	.4	419.7
		3.8	.0	1.0	59.4	67.3	.2	6.4	13.7	110.0	39.8	117.6	1.3	420.5
		4.8	.0	76.3	26.0	6.1	3.4	32.1	54.5	1.8	62.3	76.0	.0	343.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2007	1	.0	.0	3.3	59.1	106.5	37.1	1.8	32.4	30.4	68.9	72.2	5.9	417.6
		.0	.0	1.5	61.9	58.6	.5	24.7	67.9	83.4	109.5	21.5	3.0	432.5
		3.4	.0	13.5	3.0	103.8	.4	51.1	52.3	26.2	37.1	2.5	.0	293.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2008	1	.0	.3	.6	15.2	6.9	11.2	43.5	25.5	18.2	80.8	125.6	21.6	349.4
		.0	.0	15.9	.9	32.2	11.0	32.5	27.1	90.5	33.2	50.0	.4	293.7
		.0	.0	39.5	75.4	77.1	7.4	11.7	72.7	77.3	28.7	42.7	1.0	433.5
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2009	1	.3	2.9	15.5	13.4	47.4	12.6	1.6	6.1	22.4	16.5	136.4	.0	275.1
		.0	.2	5.6	9.5	67.0	17.1	.7	20.7	39.5	28.3	66.1	.0	254.7
		15.0	1.0	5.9	56.9	16.7	30.3	18.2	31.4	30.8	40.2	.0	7.6	254.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2010	1	.0	1.2	50.5	15.3	70.8	20.7	48.0	67.5	70.2	35.6	72.7	56.6	509.1
		.0	.0	41.0	59.9	13.3	61.2	27.0	60.3	42.9	32.0	49.2	31.8	418.6
		.2	32.8	6.3	23.9	196.7	26.3	40.1	44.3	42.9	29.8	116.4	4.9	564.6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2011	1	25.9	7.4	4.7	17.2	62.6	34.0	36.5	99.9	28.9	60.4	55.4	25.1	458.0
		.0	2.5	31.2	29.2	45.0	74.5	12.4	32.0	70.2	37.2	9.3	1.3	344.8
		.0	3.8	22.2	136.8	77.9	2.7	31.8	30.3	21.6	16.1	19.2	.0	362.4
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2012	1	8.1	.0	.9	38.0	28.5	.0	1.8	108.0	24.3	26.7	8.0	12.2	256.5
		1.2	.0	7.1	110.2	2.6	24.0	10.1	20.0	31.0	76.0	68.8	10.1	361.1
		4.6	.0	21.5	71.7	47.4	11.8	8.7	28.6	55.2	63.9	5.6	.0	319.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2013	1	.0	.0	.0	.0	55.3			141.2		6.1	38.4		241.0
		.0	3.6	15.1	28.6	19.5			62.8		30.5	.0		160.1
		.0	8.5	.5	18.7				45.1			15.1		87.9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2014	1		.0	18.2	55.3	74.2	.0	.3	34.3	2.6	41.3	187.9	98.9	513.0
			11.6	1.5	26.3	46.5	.3	1.2	1.7	36.5	101.0	37.3	14.9	278.8
			1.0	70.4	99.8	15.2	4.8	.8	29.7	88.1	26.7	1.4		337.9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2015	1		3.6	.5	.0	18.2	1.1	2.5	44.9	17.8	7.4	70.8		166.8
			3.7	12.5	4.7	44.4	76.2	.0	40.3	2.9	78.2	64.6		327.5
			.0	1.4	6.3	21.4	40.0		1.6	69.3	39.0	29.7		208.7

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION EN 24 HORAS (mms)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/09			
LATITUD: 0814 N		TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER
LONGITUD: 7319 W		ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGODONAL
		ESTACION : 16055100 UNIV FCO P SANTAND	
		FECHA-INSTALACION 1991-DIC	
		FECHA-SUSPENSION	

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1993	2	1	8.0	10.0	37.0	24.0	24.0	8.0	15.0	22.0	16.0	20.0	10.0	.0	37.0
1994	2	1	2.3	27.0	6.0	103.0	56.0	2.0	33.0	28.4	34.9	26.9	48.0	6.0	103.0
1995	2	1	3.7	.6	29.0	48.5	50.0	44.0	24.0	25.0	60.0	33.0	48.0	2.0	60.0
1996	2	1	1.0	1.0	38.0	32.0	26.0	44.0	75.0	12.0	27.1	68.7	18.0	11.0	75.0
1997	2	1	9.0	.2	11.4	41.4	31.8	20.4	9.4	15.6	30.5	15.2	50.2	.0	50.2
1998	2	1	16.4	14.4	87.0	26.0	25.6	26.6	31.0	37.0	43.0	29.9	14.8	13.6	87.0
1999	2	1	.8												0.8
2000	1	1	21.3	11.9	1.8	9.6	59.9	12.7	12.4	14.6	88.6	22.4	25.2	70.2	88.6
2001	1	1	3.5	.0	10.4	9.8	43.5	8.2	29.4	12.0	30.0	30.5	34.2	22.6	43.5
2002	1	1	.0	2.5	25.5	47.4	17.1	15.6	22.9	9.5	50.5	21.5	6.8	13.8	50.5
2003	1	1	.8	5.0	43.3	51.1	15.8	22.6	15.5	28.2	48.7	54.8	30.0	10.0	54.8
2004	1	1	.0	12.7	.0	35.5	29.9	13.2	18.2	13.5	25.1	44.7	29.8	14.2	44.7
2005	1	1	16.3	10.0	21.3	31.9	60.0	51.8	10.0	19.0	22.1	43.5	35.0	15.7	60.0
2006	1	1	30.1	1.1	26.2	29.2	32.5	43.2	18.5		32.6	21.6	45.2	.8	45.2
2007	1	1	3.4	.0	5.2	41.1	35.4	19.4	16.2	24.3	42.9	51.2	42.8	4.1	51.2
2008	1	1	.0	.3	29.2	59.4	27.0	10.4	22.0	33.4	31.7	32.1	69.6	9.7	69.6
2009	1	1	9.6	1.9	8.8	32.7	48.1	19.7	9.0	14.5	25.1	17.3	41.1	3.1	48.1
2010	1	1	.2	24.8	35.7	35.9	76.8	29.7	21.5	27.4	19.1	28.1	28.9	22.3	76.8
2011	1	1	14.3	4.8	30.4	80.1	24.7	68.2	26.5	42.2	24.2	38.4	18.8	11.2	80.1
2012	1	1	6.6	.0	7.9	34.2	28.6	13.6	4.6	44.4	43.6	26.5	41.2	10.1	44.4
2013	1	1	.0	8.5	12.0	22.6	36.5			85.1		18.3	17.8		85.1
2014	1	1		11.6	58.0	58.7	39.2	3.0	.9	22.0	25.8	23.4	121.5	97.1	121.5
2015	1	1	1.5	10.1	3.6	22.2	34.5	1.1	21.5	44.5	38.2	23.7			44.5

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/11			ESTACION: 16055100 UNIV FCO P SANTAND
LATITUD: 0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGODONAL

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VRANUAL
1993	2	1	28.8	28.8	30.0	28.6	28.0	30.2	30.8	31.0	30.0	28.2	27.2	29.4	31.0
1994	2	1	28.2	28.8	29.8	30.8	28.8	30.2	30.8	30.0	30.0	29.4	27.4	27.4	30.8
1995	2	1	28.8	30.0	30.0	30.0	29.0	28.2	29.2	28.8	29.0				30.0
1997	1	1							32.5	31.5	30.0	31.0		30.5	32.5
1998	2	1	31.5	31.0	31.5	30.4	30.5	30.0	30.5	30.5	28.5	29.5	28.0	27.8	31.5
1999	1	1	29.5	27.5	29.5	31.5	31.0	28.6	31.0	29.0	29.5	28.2	27.5	26.5	31.5
2000	1	1	28.5	27.5	28.5	29.8	29.0	30.0	31.0	32.0	29.2	28.5	29.0	29.0	32.0
2001	1	1	28.4	31.0	30.4	31.2	30.2	31.4	32.0	32.8	30.0	29.5	28.0	29.0	32.8
2002	1	1	30.5	29.5	29.5	30.0	32.5	32.0	33.0	33.2	30.2	29.5	29.5		33.2
2004	1	1				29.8	29.2	30.4	30.0	30.8	29.0	28.6	27.6	27.4	30.8
2005	1	1	27.2	29.8	30.4	29.6	29.0	29.0	31.8	31.4	31.4	28.2	27.2	27.8	31.8
2006	1	1	28.6	28.8	29.2	28.8	29.2	30.2	31.0	30.8	30.2	29.8	27.6	28.8	31.0
2007	1	1	30.8	31.8	29.8	29.4	29.4	29.6	30.4	28.2	28.4	28.8	29.2	27.0	31.8
2008	1	1	27.2	28.8	29.2	30.0	28.4	29.0	29.2	29.0	29.0	28.8	27.0	26.6	30.0
2009	1	1	27.2	27.6	27.6	28.8	28.4	29.2	31.2	30.4	31.2	29.2	27.4	29.2	31.2
2010	1	1	32.6	31.2	30.4	30.4	30.4	30.0	28.2	29.4	29.2	29.2	27.6	28.8	32.6
2011	1	1	27.4	27.4	28.6	28.4	29.6	29.8	29.2	29.0	28.4	28.0	28.6	28.6	29.8
2012	1	1	26.2	28.0	29.8	28.2	28.8	30.4	30.4	28.8	28.8	28.2	28.0	29.6	30.4
2013	1	1	28.4	29.4	30.0	31.0	29.6								31.0
2014	1	1		30.2	29.4	29.6	28.4	30.2	32.6	30.0	29.6	29.8	28.2	27.4	32.6
2015	1	1	28.0	29.8	28.6	29.8	29.8	30.6	30.8	30.2	30.4	30.0	27.8		30.8

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES			
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
VALORES MINIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)			
FECHA DE PROCESO : 2014/06/11			
ESTACION: 16055100 UNIV FCO P SANTAND			
LATITUD: 0814 N	TIPO EST CO	DPTO NORTE SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991-DIC
LONGITUD: 7319 W	ENTIDAD 01 IDEAM	MUNICIPIO OCAÑA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION: 1150 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES	CORRIENTE ALGODONAL

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1993	2	1	10.4		9.2	10.0	11.4	14.0	10.6	13.0	11.4	11.4	12.8	9.2	9.2
1994	2	1	9.0	11.0	12.6	11.8	14.4	13.6	10.0	11.0	11.8	10.0	10.0	10.8	9.0
1995	2	1	9.0	9.8	10.0	11.8	12.0	12.0	13.0	13.8	14.0	15.0	13.0	13.0	9.0
1996	2	1	10.4	12.2	12.6	13.8	15.6	14.2	13.8	14.0	15.0	15.2	12.0	12.0	10.4
1997	1	1	11.2	12.8	10.0	12.6	15.0	9.6	7.6	10.0	10.9	11.4		12.2	7.6
1998	2	1	11.0	13.6	13.2	16.8	16.0	13.2	14.0	13.8	14.2	13.0	12.6	13.0	11.0
1999	1	1	9.6	13.6	11.0	10.2	13.6	14.0	13.2	13.8	14.0	14.0	10.0	12.0	9.6
2000	1	1	10.0	10.0	10.8	13.0	13.8	13.8	12.4	11.0	13.8	14.0	12.2	8.0	8.0
2001	1	1	9.0	9.6	10.0	13.2	13.8	13.0	12.0	11.8	13.0	13.0	13.0	11.6	9.0
2002	1	1	9.8	10.0	10.8	11.4	14.8	13.8	13.0	10.6	11.4	13.6	13.0	11.2	9.8
2003	1	1	10.6	10.8	10.8	12.4	14.0	13.4	13.2	13.8	11.0	13.6	14.0	13.0	10.6
2004	1	1	9.2	9.0	13.6	13.6	16.0	12.0	13.8	12.8	14.8	15.0	15.0	9.0	9.0
2005	1	1	10.0	10.0	11.8	15.0	15.0	14.8	12.8	13.8	14.8	14.0	13.6	9.2	9.2
2006	1	1	10.2	10.2	12.2	13.8	13.6	12.8	13.6	13.0	14.2	14.2	14.8	14.2	10.2
2007	1	1	13.0	12.6	13.2	15.8	16.0	15.0	13.6	15.0	14.0	15.4	12.8	11.4	11.4
2008	1	1	8.6	9.2	10.6	11.6	12.6	14.2	13.6	13.8	12.2	14.4	14.0	12.2	8.6
2009	1	1	12.8	13.3	14.4	13.2	14.0	13.4							12.8
2010	1	1									14.8	12.2	11.4	11.2	11.2
2011	1	1	9.8	14.0	11.4	15.8	14.6	14.8	13.6	13.8	13.8	12.6	11.4	12.6	9.8
2012	1	1	10.8	11.2	11.8	15.0	13.4	12.2	12.6	13.8	13.6	13.4	12.4	10.6	10.6
2013	1	1	10.2	10.8	13.4	14.6	15.0								10.2
2015	1	1					15.2	14.0	12.2	14.0	14.2	14.4	16.0		12.2

Apéndice B. Estudio de suelos (sitio reservorio)

Ver archivo adjunto CD

Apéndice C. Estudio de suelos (Zona cultivos)

Ver archivo adjunto CD

Apéndice D. Fotos del sitio del reservorio y de los predios del cultivo.



Predio de cultivo



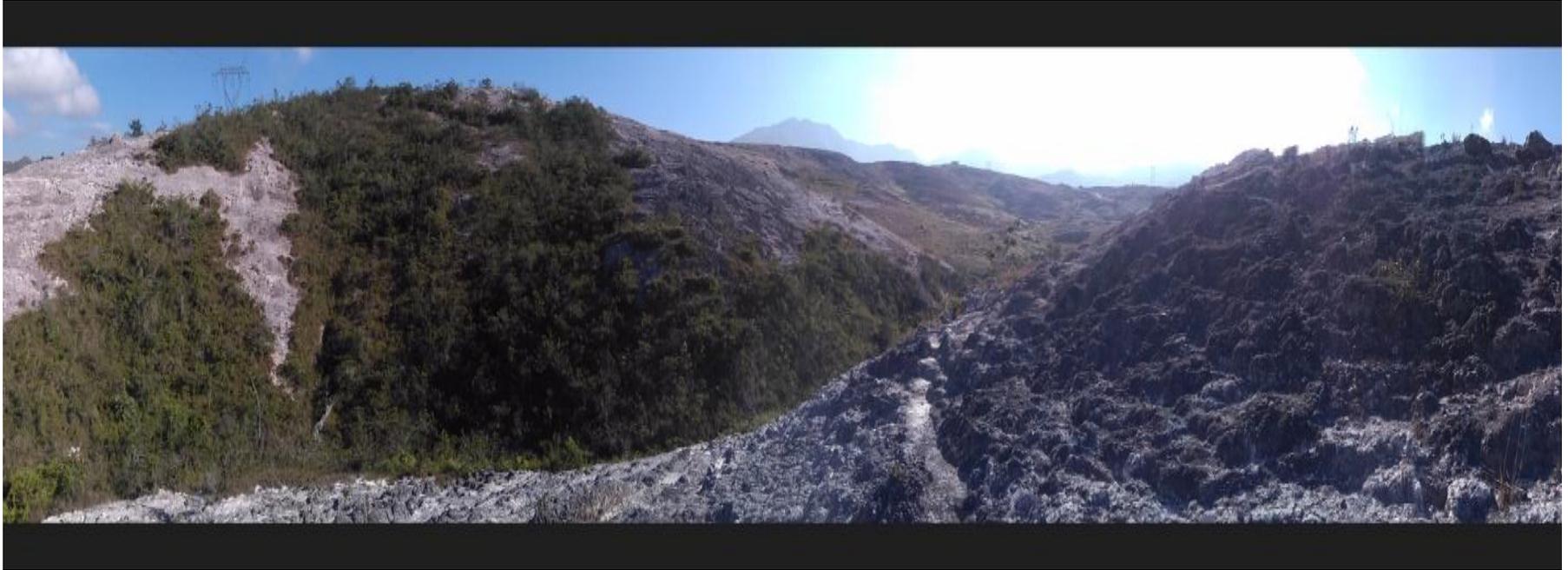
Ubicación para vaso



Ubicación para terraplén



Vegetación presente en el sitio del reservorio



Panorámica de la cuenca

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	1.2	UNIDAD:	HM
Acceso al sitio		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Bulldozer Sobre Orugas	Hm	\$ 140,060	1.000	\$ 140,060	\$ 140,060
Sub-Total					\$ 140,060

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Sub-Total					

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

Total Costo Directo**\$ 140,060**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	1.4	UNIDAD:	m³
Descapote con máquina		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Bulldozer Sobre Orugas	Hm	\$ 140,060	0.030	\$ 4,202	\$ 4,202
Sub-Total					\$ 4,202

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Sub-Total					

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

Total Costo Directo**\$ 4,202**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	3.1	UNIDAD:	m³
Conformación terraplén en tierra con material del vaso		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Bulldozer Sobre Orugas	Hm	\$ 140,060	0.050	\$ 7,003	\$ 7,003
Retroexcavadora-Cargador (Pajarita)	Hm	\$ 112,051	0.025	\$ 2,801	\$ 2,801
Sub-Total					\$ 9,804

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Sub-Total					

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 0*1	\$ 33,533	1.83	\$ 61,365	0.008	\$ 491	\$ 491
Sub-Total						\$ 491

Total Costo Directo**\$10,295.19**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	3.5	UNIDAD:	Und
Caja de válvulas 0,8*1*1		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor	%		10%		\$ 7,671
Formaleta general	Du		30.000	\$ 207	\$ 6,210
Sub-Total					\$ 13,881

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Concreto simple 3000 PSI	m3	\$ 418,077	0.74	5%	\$ 324,846
Acero de refuerzo	kg	\$ 4,444	50.00	5%	\$ 233,296
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"	Kg	\$ 4,500	1	5%	\$ 4,725
Varios (5% Materiales)	GL	\$ 28,143			\$ 28,143
Sub-Total					\$ 591,011

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Concreto, Acero, etc	1.000	4	4	\$ 5,000	\$ 20,000	\$ 20,000
Sub-Total					\$ 20,000	

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	0.500	\$ 76,706	\$ 76,706
Sub-Total					\$ 76,706	

Total Costo Directo**\$ 701,597**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	3.6	UNIDAD:	ml
Suministro e instalación de tubería para limpieza(corte) 4"		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			5%		\$ 358
Sub-Total					\$ 358

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Tubo Presión Con Campana 4" RDE 26	ml	\$ 35,493	1.00	5%	\$ 37,267
Varios Tubería	Gl	\$ 8,791	0.56		\$4,923
Accesorios	GL	\$ 1,030	0.55		\$567
Lubricante Tubería Unión Mecánica (500gr)	gr	\$ 45	17	5%	\$ 811
Sub-Total					\$ 43,568

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	0.047	\$7,150	\$ 7,150
Sub-Total						\$ 7,150

Total Costo Directo**\$ 51,075**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	3.8	UNIDAD:	Und
Reduccion 6x4 HF Junta rapida		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total					

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Reduccion 6x4 HF Junta rapida	Und	\$ 197,000	1.00		\$ 197,000
Sub-Total					\$ 197,000

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Oficial especializado	\$ 67,065	1.83	\$ 122,729	0.150	\$ 18,409	\$ 18,409
Sub-Total						\$ 18,409

Total Costo Directo**\$ 215,409**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	3.9	UNIDAD:	m²
Acomodación en talud húmedo con sacos de suelo cemento proporción 1:5		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			5%		\$ 286
Sub-Total					\$ 286

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Sacos llenos de suelo cemento	Und	\$ 5,000	4.00		\$ 20,000
Sub-Total					\$ 20,000

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	0.037	\$ 5,714	\$ 5,714
Sub-Total						\$ 5,714

Total Costo Directo**\$ 26,000**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	3.10	UNIDAD:	m²
Siembra de pastos talud seco		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			5%		\$ 46
Sub-Total					\$ 46

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
PASTO ESTRELLA	m2	\$ 580	1.00	5%	\$ 609
ABONO GALLINAZA	m2	\$ 600	1.00	5%	\$ 630
Sub-Total					\$ 1,239

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 0*1	\$ 33,533	1.83	\$ 61,365	0.015	\$ 920	\$ 920
Sub-Total						\$ 920

Total Costo Directo**\$ 2,205**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.3.1	UNIDAD:	m ³
Concreto simple 3000 PSI		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Mezcladora	Dm	\$ 75,000	0.33	\$ 24,750	\$ 24,750
Herramienta menor	%		10%		\$ 4,219
Sub-Total					\$ 28,969

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Cemento	kg	\$ 600	375	5%	\$ 236,250
Arena	m ³	\$ 35,000	0.56	5%	\$ 20,580
Triturado 3/4"	m ³	\$ 100,000	0.84	5%	\$ 88,200
Agua	Lts	\$ 10	180	5%	\$ 1,890
Sub-Total					\$ 346,920

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*4	\$ 184,429	1.83	\$ 337,506	0.125	\$42,188	\$ 42,188
Sub-Total						\$ 42,188

Total Costo Directo**\$ 418,077**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.3.2	UNIDAD:	Kg
Acero de refuerzo		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			10%		\$ 31
Sub-Total					\$ 31

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Acero fy=4200Mpa	Kg	\$ 3,800	1.00	5%	\$ 3,990
Alambre Negro N°18	Kg	\$ 4,100	0.027	5%	\$ 116
Sub-Total					\$ 4,106

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 0*1	\$ 33,533	1.83	\$ 61,365	0.005	\$ 307	\$ 307
Sub-Total						\$ 307

Total Costo Directo**\$ 4,444**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.4.1.1	UNIDAD:	m³
Excavación manual sin clasificar		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor	%		10%		\$ 3,182
Sub-Total					\$ 3,182

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Sub-Total					

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 0*1	\$ 33,533	1.83	\$ 61,365	0.519	\$ 31,818	\$ 31,818
Sub-Total						\$ 31,818

Total Costo Directo**\$ 35,000**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.4.1.2	UNIDAD:	m ³
Relleno con material granular		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor	%		5%		\$ 356
Apisonador (canguro)	Dm	\$ 100,000	0.05	\$ 5,000	\$ 5,000
Sub-Total					\$ 5,356

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Material granular	m ³	\$ 22,500	1	5%	\$ 23,625
Sub-Total					\$ 23,625

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Volqueta 5 m ³	1.000	4.5	4.5	\$ 950	\$ 4,275	\$ 4,275
Sub-Total						\$ 4,275

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 0*1	\$ 33,533	1.83	\$ 61,365	0.12	\$ 7,118	\$ 7,118
Sub-Total						\$ 7,118

Total Costo Directo**\$ 40,374**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.4.1.3	UNIDAD:	m³
Retiro de escombros		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total					

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Sub-Total					

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Volqueta 5 m3	1.000	4.5	4.5	\$ 3,600	\$ 16,200	\$ 16,200
Sub-Total						\$ 16,200

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 0*2	\$ 67,065	1.83	\$ 122,729	0.050	\$ 6,136	\$ 6,136
Sub-Total						\$ 6,136

Total Costo Directo**\$ 22,336**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.4.1.4	UNIDAD:	ml
Suministro e Instalación de Tubería de 4" sanitaria		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			5%		\$ 327
Sub-Total					\$ 327

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Tubo sanitaria 4"	ml	\$ 27,676	1	5%	\$ 29,059
Unión soldada 4"	Und	\$ 8,300	0.33		\$ 2,767
Soldadura líquida 1/32	Galón	\$ 21,000	0.02	5%	\$ 441
Sub-Total					\$ 32,267

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Sub-Total						

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Oficial	\$ 50,299	1.83	\$ 92,047	0.07	\$ 6,535	\$ 6,535
Sub-Total						\$ 6,535

Total Costo Directo**\$39,129.22**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.4.1.5	UNIDAD:	m³
Concreto Reforzado de 3500 psi		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			10%		\$ 22,594
Mezcladora	Dia	\$ 75,000	0.25	\$ 18,750	\$ 18,750
Vibrador (Gas/Elec)	Dia	\$ 58,660	0.10	\$ 5,866	\$ 5,866
Paral metalico 4m	Dia	\$ 162	20	\$ 3,240	\$ 3,240
Cercha metalica	Dia	\$ 67	74	\$ 4,958	\$ 4,958
Tablero de madera 1.40*0.7mts-und	Dia	\$ 145	93	\$ 13,485	\$ 13,485
Formaleta	Du	\$ 3,680	10.87	\$ 40,000	\$ 40,000
Sub-Total					\$ 108,893

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Cemento	kg	\$ 600	420	5%	\$ 264,600
Arena	m3	\$ 35,000	0.67	5%	\$ 24,623
Grava	m3	\$ 100,000	1	5%	\$ 70,350
Agua	Lts	\$ 10	250	5%	\$ 2,625
Acero fy=4200Mpa	Kg	\$ 3,800	80	5%	\$ 319,200
Alambre negro N°18	Kg	\$ 4,100	2.1	5%	\$ 9,041
Sub-Total					\$ 690,438

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Cemento, Arena, Grava, Acero, etc	1.000	4	4	\$ 3,100	\$ 12,400	\$ 12,400
Sub-Total					\$ 12,400	

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*5	\$ 234,728	1.83	\$ 429,552	0.53	\$ 225,945	\$ 225,945
Sub-Total					\$ 225,945	

Total Costo Directo**\$ 1,037,676**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	4.4.1.6	UNIDAD:	m³
Ciclopeo		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			10%		\$ 5,523
Mezcladora	Dia	\$ 75,000	0.12	\$ 9,000	\$ 9,000
Sub-Total					\$ 14,523

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Cemento	kg	\$ 600	260	5%	\$ 163,800
Arena	m3	\$ 35,000	0.63	5%	\$ 23,153
Agregado petreo para concreto hidraulico	m3	\$ 53,000	0.84	5%	\$ 46,746
Agua	Lts	\$ 10	185	5%	\$ 1,943
Piedra rajoneada	m3	\$ 19,000	0.4	5%	\$ 7,980
Sub-Total					\$ 243,621

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Cemento, Arena, Piedra, etc	1.000	4	4	\$ 3,100	\$ 12,400	\$ 12,400
Sub-Total						\$ 12,400

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*4	\$ 201,196	1.83	\$ 368,188	0.150	\$ 55,228	\$ 55,228
Sub-Total						\$ 55,228

Total Costo Directo**\$ 325,772**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	5.2.1	UNIDAD:	ml
Tubería de 3" RDE de 26		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			5%		\$ 307
Sub-Total					\$ 307

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Tubo Presión Con Campana 3" RDE 26	ml	\$ 21,490	1	5%	\$ 22,564
Varios Tubería	Gl	\$ 8,791	0.2		\$ 1,758
Accesorios	GL	\$ 1,030	0.55		\$ 567
Lubricante Tubería Unión Mecánica (500gr)	gr	\$ 45	17	5%	\$ 811
Sub-Total					\$ 25,699

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Tubería, accesorios, etc	0.100	4	0.4	\$ 1,300	\$ 520	\$ 520
Sub-Total						\$ 520

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	0.040	\$ 6,136	\$ 6,136
Sub-Total						\$ 6,136

Total Costo Directo**\$ 32,663**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	5.2.2	UNIDAD:	ml
Tubería de 2" RDE de 26		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			5%		\$ 199
Sub-Total					\$ 199

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Tubo Presión Con Campana 2" RDE 26	ml	\$ 9,769	1	5%	\$ 10,257
Varios Tubería	Gl	\$ 8,791	0.19		\$1,670
Accesorios	GL	\$ 1,030	0.5		\$515
Lubricante Tubería Unión Mecánica (500gr)	gr	\$ 45	16	5%	\$ 763
Sub-Total					\$ 13,205

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Tubería, accesorios, etc	0.100	4	0.4	\$ 1,300	\$ 520	\$ 520
Sub-Total						\$ 520

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	0.026	\$ 3,989	\$ 3,989
Sub-Total						\$ 3,989

Total Costo Directo**\$ 17,913**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	5.2.3	UNIDAD:	ml
Tubería de 1 1/2" RDE de 21		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor			5%		\$ 153
Sub-Total					\$ 153

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Tubo Presión extremo liso 1 1/2" RDE 21	ml	\$ 12,908	1.00	5%	\$ 13,553
Unión soldada 1 1/2"	Und	\$ 2,874	0.33		\$958
Accesorios	GL	\$ 1,030	0.40		\$412
Soldadura líquida 1/32	Galón	\$ 21,000	0.02	5%	\$441
Sub-Total					\$ 15,364

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Tubería, accesorios, etc	0.100	4	0.4	\$ 1,300	\$ 520	\$ 520
Sub-Total						\$ 520

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	0.020	\$ 3,068	\$ 3,068
Sub-Total						\$ 3,068

Total Costo Directo**\$ 19,106**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:	PROYECTO:		
ANDREA KARINA QUINTERO	Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña		
DESCRIPCION DEL ÍTEM: 5.3.1	UNIDAD:	Und	
Suministro e instalación de válvula de corte 3" Incluye caja	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA		

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor	%		10%		\$ 30,682
Formaleta general	Du		30.000	\$ 207	\$ 6,210
Sub-Total					\$ 36,892

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Concreto simple 3000 PSI	m ³	\$ 418,077	0.74	5%	\$ 324,846
Acero de refuerzo	kg	\$ 4,444	50.00	5%	\$ 233,296
Valvula compuerta elastica garra de tigre HF de 3"	Und	\$ 500,000	1		\$ 500,000
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"	Kg	\$ 4,500	0.1	5%	\$ 473
Varios (5% Materiales)	GL	\$52,931			\$ 52,931
Sub-Total					\$ 1,111,545

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Valvula, Concreto, Acero, etc	1.000	4	4	\$ 7,000	\$ 28,000	\$ 28,000
Sub-Total						\$ 28,000

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	2.000	\$ 306,823	\$ 306,823
Sub-Total						\$ 306,823

Total Costo Directo**\$ 1,483,261**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	5.3.3	UNIDAD:	Und
Suministro e instalación de ventosas 1" Incluye caja		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor	%		10%		\$ 26,080
Formaleta general	Du		30	\$ 207	\$ 6,210
Sub-Total					\$ 32,290

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Concreto simple 3000 PSI	m3	\$ 418,077	0.74	5%	\$ 324,846
Acero de refuerzo	kg	\$ 4,444	50	5%	\$ 233,296
Collarin de 3 a 1"	Und	\$ 40,000	1		\$ 40,000
Válvula ventosa doble acción HF de 1"	Und	\$ 207,000	1		\$ 207,000
Valvula de bola roscada de 1"	Und	\$ 32,900	1		\$ 32,900
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"	Kg	\$ 4,500	0.1	5%	\$ 473
Varios (5% Materiales)	GL	\$ 41,926			\$ 41,926
Sub-Total					\$ 880,440

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Valvula, Concreto, Acero, etc	1.000	4	4	\$ 7,000	\$ 28,000	\$ 28,000
Sub-Total						\$ 28,000

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	1.700	\$ 260,800	\$ 260,800
Sub-Total						\$ 260,800

Total Costo Directo**\$ 1,201,530**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	5.3.4	UNIDAD:	Und
Suministro e instalación de purga de 2" Incluye caja		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor	%		10%		\$ 29,915
Formaleta general	Du		30	\$ 207	\$ 6,210
Sub-Total					\$ 36,125

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Concreto simple 3000 PSI	m3	\$ 418,077	0.74	5%	\$ 324,846
Acero de refuerzo	kg	\$ 4,444	50	5%	\$ 233,296
Tee de 2" PVC Union Mecanica	Und	\$ 177,026	1		\$ 177,026
Adaptador macho de 2"	Und	\$ 6,392	2		\$ 12,784
Valvula de bola roscada de 2" HF	Und	\$ 113,000	1		\$ 113,000
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"	Kg	\$ 4,500	0.1	5%	\$ 473
Varios (5% Materiales)	GL	\$ 43,071			\$ 43,071
Sub-Total					\$ 904,496

III. TRANSPORTES

Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Valvula, Concreto, Acero, etc	1.000	4	4	\$ 7,000	\$ 28,000	\$ 28,000
Sub-Total						\$ 28,000

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	1.950	\$ 299,153	\$ 299,153
Sub-Total						\$ 299,153

Total Costo Directo**\$ 1,267,774**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ESTUDIANTE:		PROYECTO:	
ANDREA KARINA QUINTERO		Diseño de un sistema de riego con reservorio como alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	
DESCRIPCION DEL ÍTEM:	6.1.1	UNIDAD:	ml
Tubería principal 1 1/2" RDE 26 incluye accesorios		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Herramienta menor	%		5%		\$ 153
Sub-Total					\$ 153

II. MATERIALES

Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Desperdicio	Valor Parcial
Tubo Presión extremo liso 1 1/2" RDE 26	ml	\$ 9,083	1.00		\$ 9,083
Unión universal 1 1/2"	Und	\$ 32,097	0.18		\$5,808
Tee 1 1/2"	Und	\$ 10,268	0.09		\$929
Bujes 1 1/2" a 3/4"	Und	\$ 3,976	0.10		\$398
Sub-Total					\$ 16,218

III. TRANSPORTES

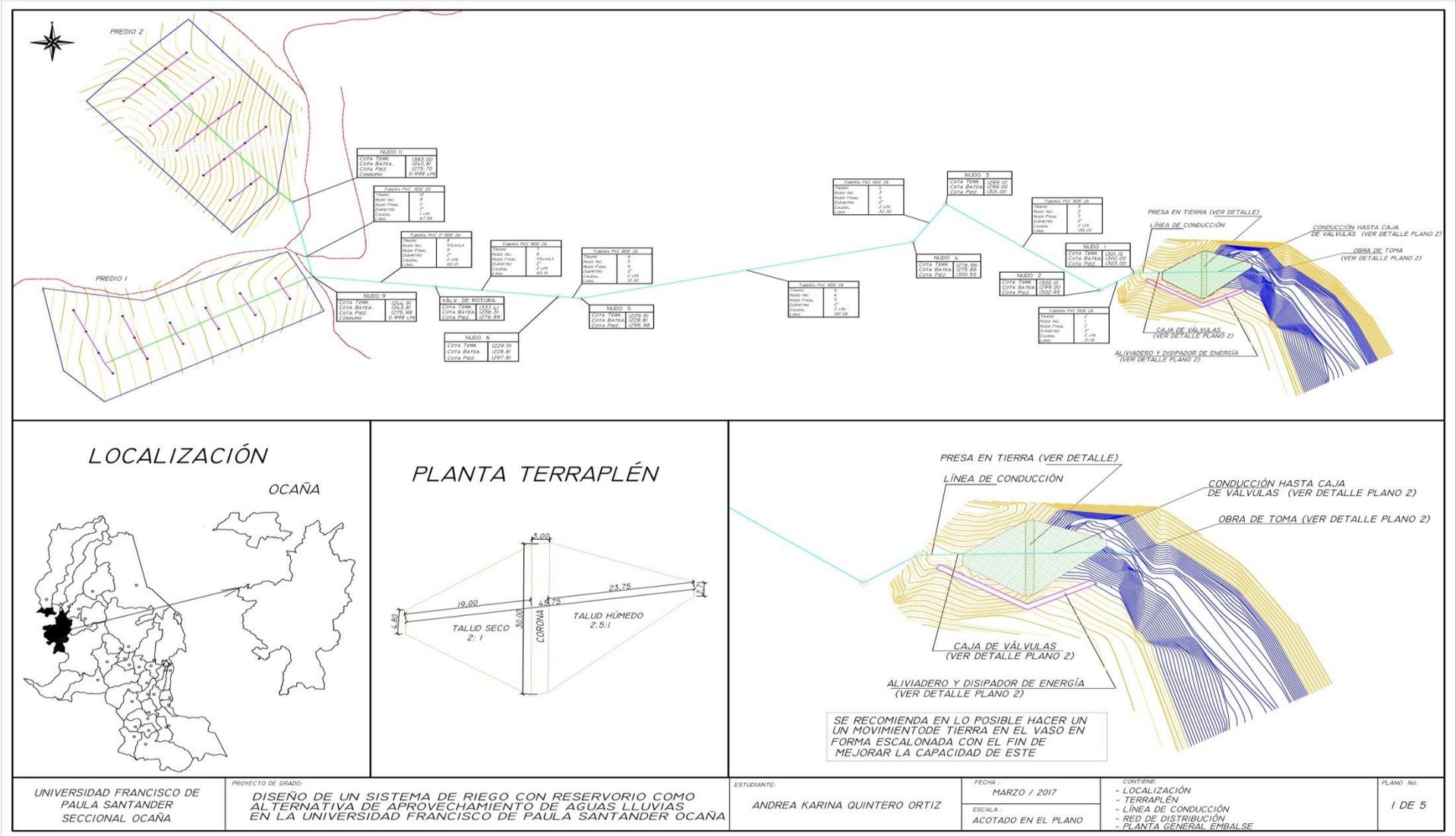
Material	Vol., peso o cant.	Distancia	m ³ -km	Tarifa	Valor Unit.	Valor Parcial
Tubería, accesorios, etc	0.100	4	0.4	\$ 1,300	\$ 520	\$ 520
Sub-Total						\$ 520

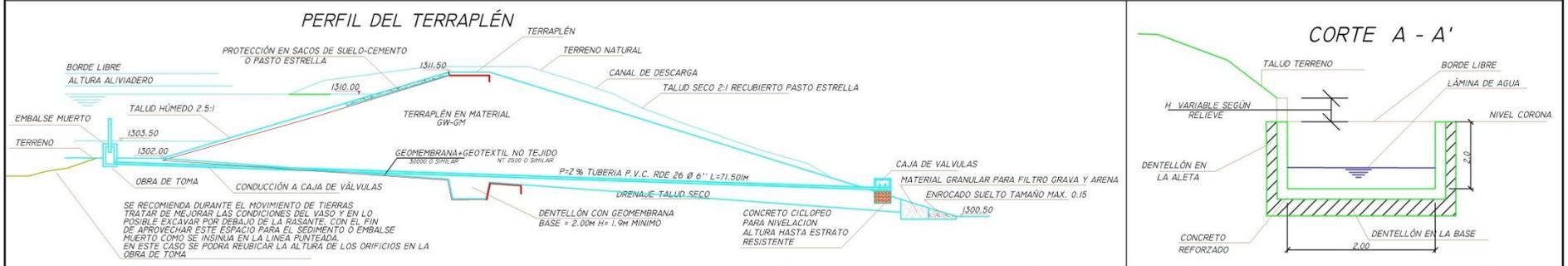
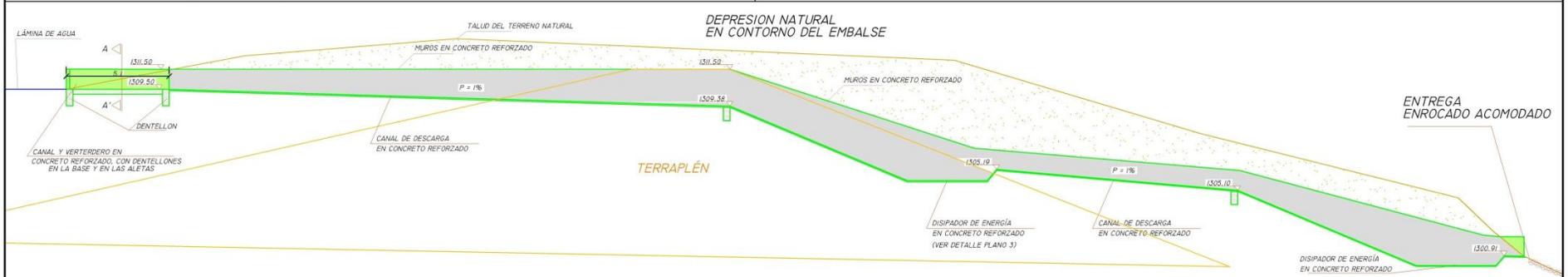
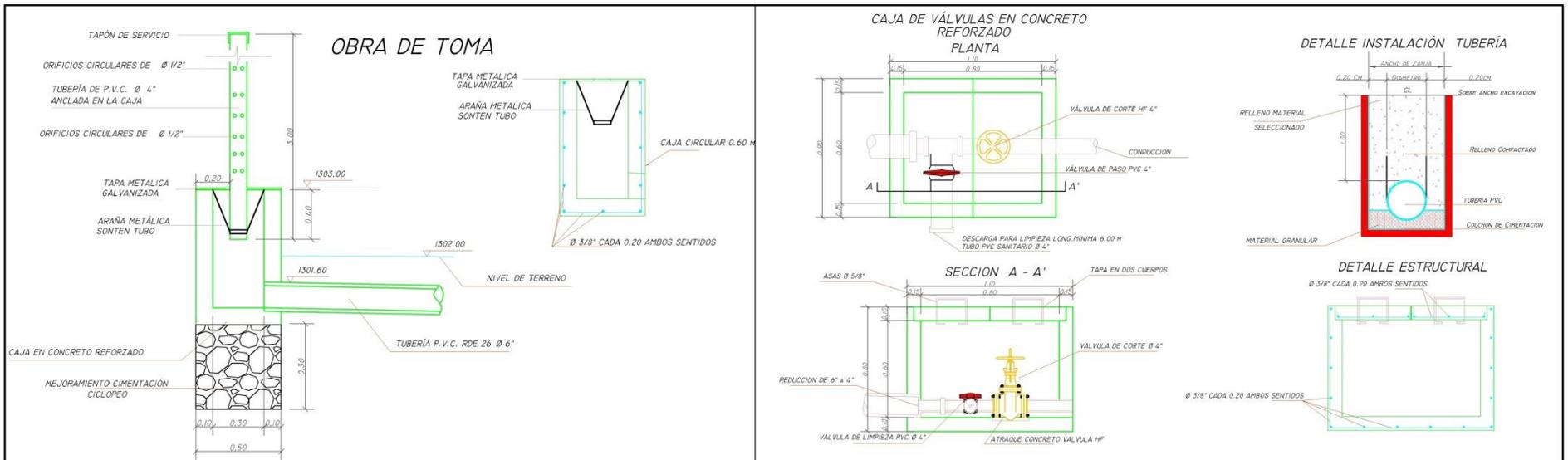
IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unit.	Valor Parcial
Cuadrilla 1*1	\$ 83,831	1.83	\$ 153,412	0.020	\$ 3,068	\$ 3,068
Sub-Total						\$ 3,068

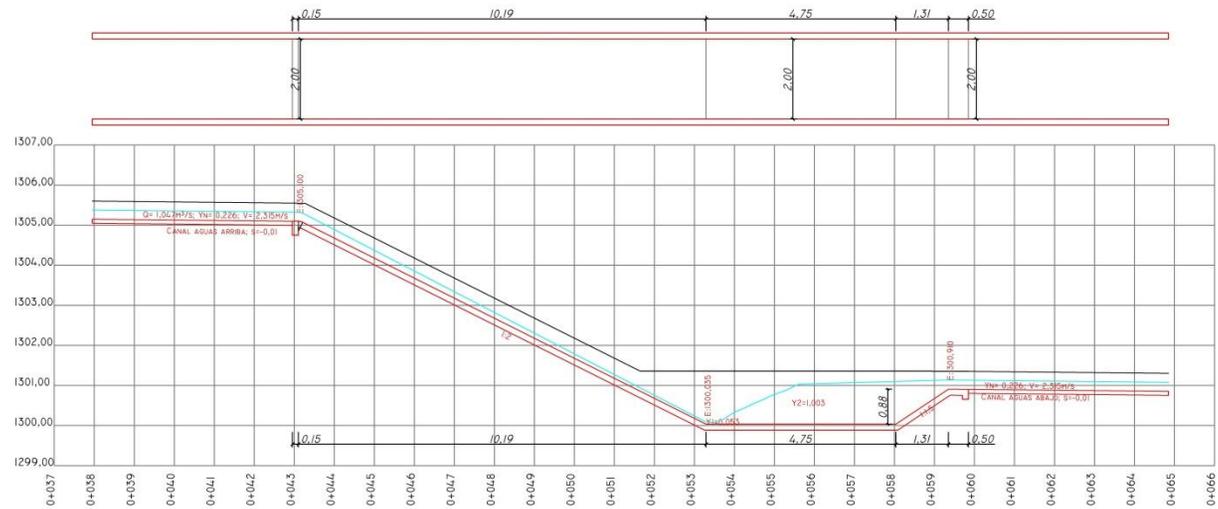
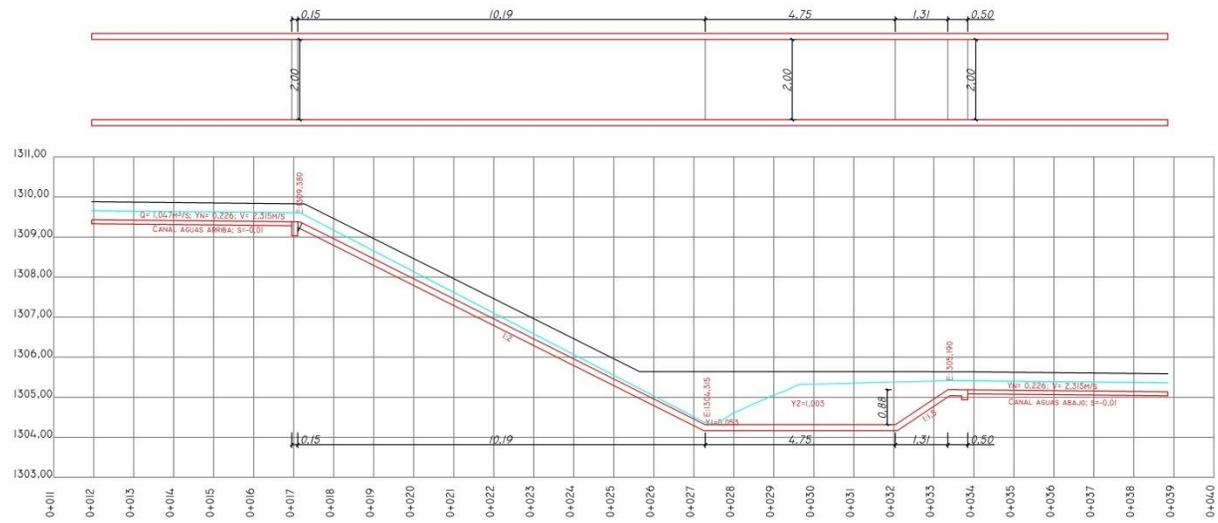
Total Costo Directo**\$ 19,960**

Apéndice F. Planos





<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA</p>	<p>PROYECTO DE GRADO: DISÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO CON RESERVORIO COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</p>	<p>ESTUDIANTE: ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ</p>	<p>FECHA: MARZO / 2017</p> <p>ESCALA: ACOTADO EN EL PLANO</p>	<p>CONTIENE: - VERTEDERO Y CANAL DESCARGA - ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - DISIPADOR DE ENERGÍA</p>	<p>PLANO No. 2 DE 5</p>
---	--	--	---	--	------------------------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA

PROYECTO DE GRADO:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO CON RESERVOIRIO COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

ESTUDIANTE:

ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ

FECHA: MARZO / 2017

ESCALA: ACOTADO EN EL PLANO

CONTIENE:

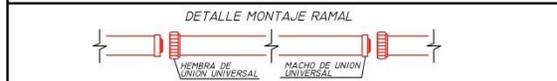
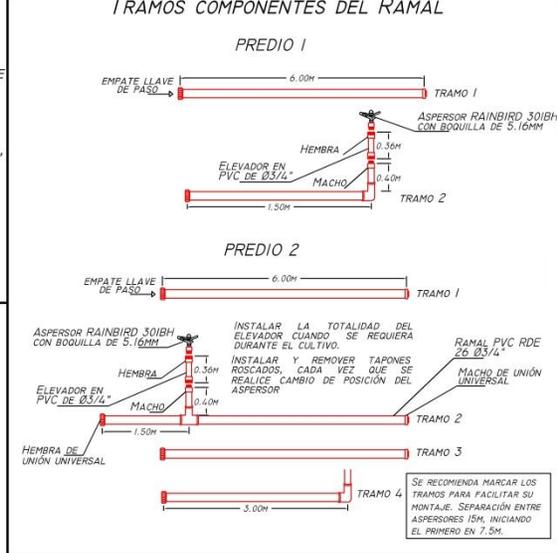
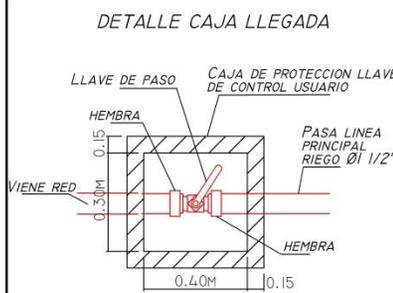
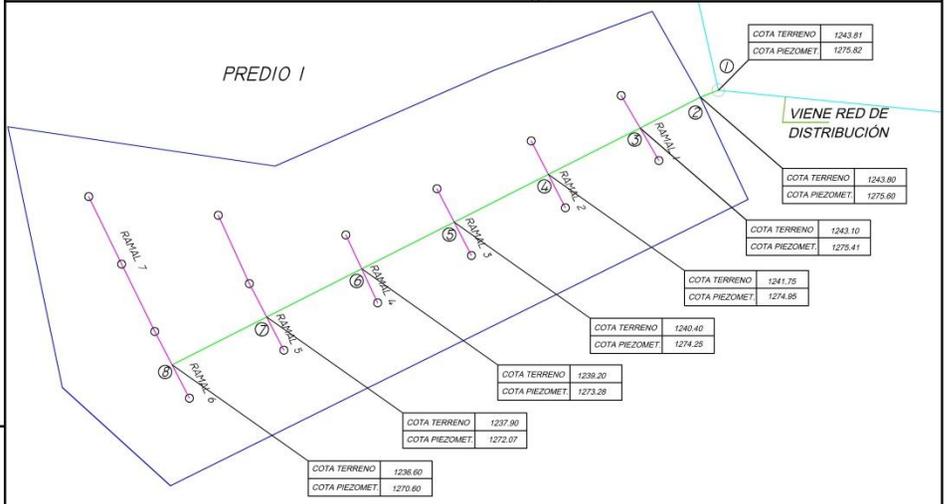
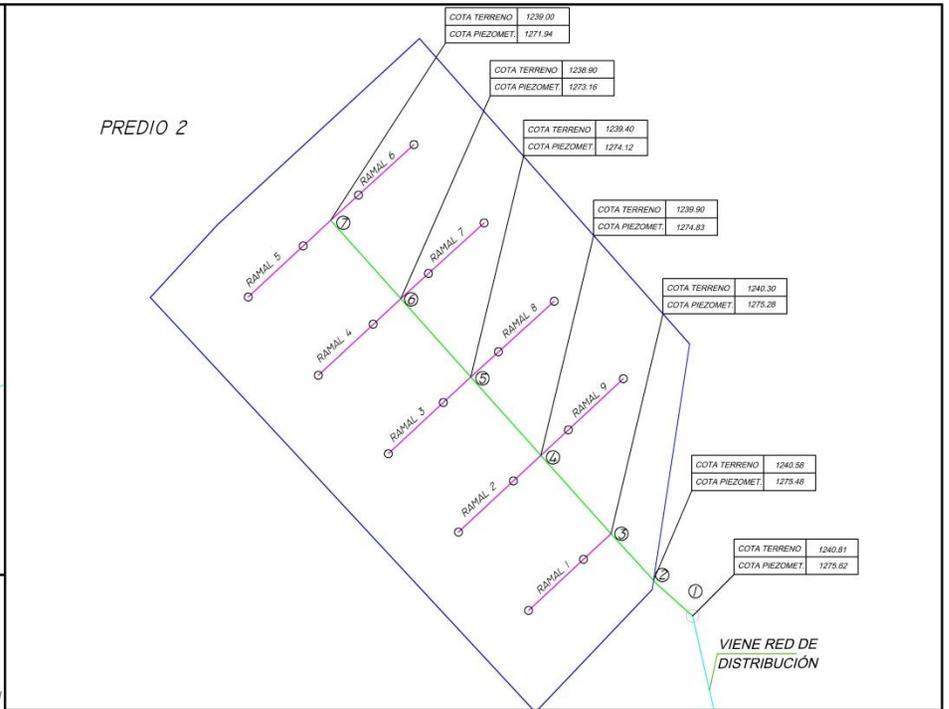
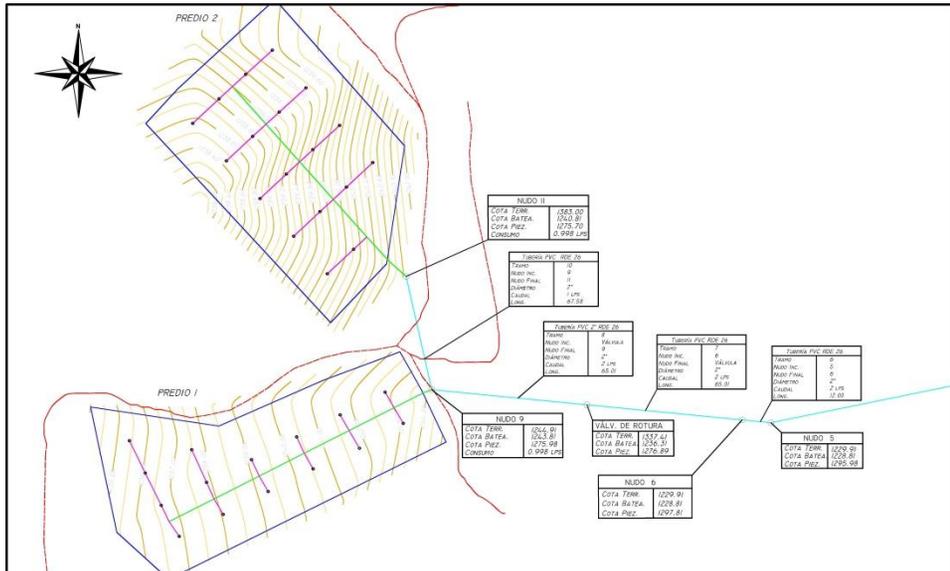
PERFIL DISIPADOR DE ENERGÍA

PLANO No.

3 DE 5



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA	PROYECTO DE GRADO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO CON RESERVORIO COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA	ESTUDIANTE: ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ	FECHA: MARZO / 2017 ESCALA: ACOTADO EN EL PLANO	CONTIENE: LOCALIZACIÓN DISEÑO DEL RIEGO	PLANO No. 4 DE 5
--	--	---	--	--	---------------------



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA

PROYECTO DE GRADO:
DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO CON RESERVOIRIO COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

ESTUDIANTE:
 ANDREA KARINA QUINTERO ORTIZ

FECHA:
 MARZO / 2017

CONTIENE:
 LOCALIZACIÓN DISEÑO DE RIEGO DETALLES

PLANO No.
 5 DE 5