



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“PROPUESTA DE CONDUCCIÓN DE AGUA PARA EL
DESARROLLO AGRÍCOLA EN PARCELAS DE 1000
HECTÁREAS EN EL PROYECTO OLMOS TINAJONES”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero en Ingeniería Civil

Autores:

Carolina Estefani Medina Quispe
Lizet Paola Ramírez Peña

Asesor:

Mg. Ing. Juan Alejandro Agreda Barbarán

Trujillo – Perú
2018

PROBACIÓN DE LA TESIS

El (la) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Carolina Stefani Medina Quispe – Lizet Paola Ramírez Peña**, denominada:

“PROPUESTA DE CONDUCCIÓN DE AGUA PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA EN PARCELAS DE 1000 HECTÁREAS EN EL PROYECTO OLMOS TINAJONES”

Mg. Ing. Juan Alejandro Agreda Barbarán
ASESOR

Ing. Wiston Azañedo Medina
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Guillermo Cabanillas Quiroz
JURADO

Ing. Jorge Paredes Estacio
JURADO

DEDICATORIA

Gracias Señor Jesús regalarme una familia maravillosa, por permitirme cumplir con esta meta.

A mis padres que me dieron la vida y han estado siempre en mis fracasos y triunfos, brindándome todo su amor y apoyo incondicional, por todo esto les dedico esta tesis, que sin ti mami no lo hubiese logrado. Gracias.

A mis hermanos, por su comprensión y apoyo a mi persona favorita que siempre ha estado y está a mi lado alentándome, muchas gracias Marco por apoyarme siempre.

Lizet Paola Ramírez Peña

A Dios, quien guía mi camino y me da oportunidades para crecer en mi vida personal y profesional.

A mis padres Eugenio y Carmen por estar a mi lado cuando más los he necesitado, en los buenos y malos momentos, por su apoyo incondicional y el interés para que estudie y me desarrolle en todos los aspectos de mi vida, gracias por mostrarme que con esfuerzo y perseverancia nada es imposible sin importar que tan fácil o difícil sea el camino por recorrer.

A mis hermanos Yuliana y Franklin que son mi motor de vida y mi motivo para ser mejor cada día.

Carolina Estefani Medina Quispe

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirnos alcanzar una meta más, en nuestras vidas.

A nuestro asesor el Mg. Ing. Juan Alejandro Agreda Barbarán, por su valioso tiempo compartido para orientarnos y ayudarnos en el desarrollo de nuestro trabajo de tesis.

A nuestros amigos, con quienes nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, y con contribuyeron con su apoyo incondicional en la realización de este proyecto.

A nuestros profesores de la facultad de ingeniería civil que nos enseñaron tanto de nuestra profesión como de la vida, motivándonos en el alcance de nuestras metas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO

<u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u>	ii
<u>DEDICATORIA</u>	iii
<u>AGRADECIMIENTO</u>	iv
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u>	v
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	xii
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	xiii
<u>RESUMEN</u>	ix
<u>ABSTRACT</u>	x

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación.....	15
1.4. Limitaciones	16
1.5. Objetivos	16
1.5.1. Objetivo general	16
1.5.2. Objetivos específicos	16
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	17
a) Antecedentes	17
b) Bases teóricas.....	19
b.1 CAPÍTULO 1: Diseñar un canal de forma trapezoidal	19
b.1.1. Flujo en un canal.....	19
b.1.2. Diferencia entre canales y tuberías	19
b.1.3. Diseño de canales abiertos.....	20
b.1.3.1. Elementos básicos en el diseño de canales	20
b.2 CAPÍTULO 2: Sistema de aducción de agua o tubería presurizada	30
b.2.1. Pérdida por fricción en tuberías	31
b.2.1.1. Ecuación de Manning.....	31
b.2.1.2. Ecuación de Hazen-Williams.....	31
b.2.2. Diámetro considerado por la tubería.....	32
b.2.3. Diámetro nominal	33
b.2.4. Golpe de ariete y celeridad	33
b.3 CAPÍTULO 3: Estructuras de control de sedimento y almacenamiento	37

b.3.1.	Disipadores de energía	37
b.3.2.	Unidades de acondicionamiento previo y pretratamiento	37
a.	Desarenador	37
b.	Sedimentador.....	38
c.	Análisis de la calidad del agua	39
b.3.3.	Reservorio	40
b.3.4.	Vertedero.....	40
b.3.4.1.	Clasificación	40
b.4	CAPÍTULO 4: Costos de implementación del proyecto	41
c)	Hipótesis.....	42
 CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA.....		42
3.1.	Operacionalización de variables	42
3.2.	Diseño de investigación	43
3.3.	Unidad de estudio	43
3.4.	Población.....	43
3.5.	Muestra (muestreo o selección).....	47
3.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	47
3.7.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	47
 CAPÍTULO 4 RESULTADOS		48
CAPÍTULO 5 DISCUSIÓN		93
 CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES		96
REFERENCIA		97
ANEXOS		99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 01:	Radio mínimo en función al caudal	Pág. 21
Tabla Nº 02:	Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$	Pág. 21
Tabla Nº 03:	Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo del agua	Pág. 22
Tabla Nº 04:	Valores de rugosidad “n” de Manning, propuestos por Horton.	Pág. 24
Tabla Nº 05:	Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes	Pág. 25
Tabla Nº 06:	Taludes apropiados para distintos tipos de material	Pág. 25
Tabla Nº 07:	Pendientes laterales en canales según tipo de suelo	Pág. 26
Tabla Nº 08:	Velocidades máximas recomendadas, en función del material en el cual está alojado el canal	Pág. 26
Tabla Nº 09:	Borde libre en función del caudal	Pág. 27
Tabla Nº 10:	Borde libre en función de la plantilla del canal	Pág. 27
Tabla Nº 11:	Curvas circulares	Pág. 28
Tabla Nº 12:	Radios mínimos de curvas horizontales	Pág. 29
Tabla Nº 13:	Régimen de flujo	Pág. 29
Tabla Nº 14:	Coeficiente de rugosidad de Manning de materiales	Pág. 31
Tabla Nº 15:	Coeficiente de rugosidad (adimensional) para Hazen-Williams de algunos materiales	Pág. 32
Tabla Nº 16:	Valores de K para hallar la celeridad	Pág. 34
Tabla Nº 17:	K en función de L (según Mendiluce)	Pág. 34
Tabla Nº 18:	Coeficiente C en función a la pendiente hidráulica	Pág. 35
Tabla Nº 19:	Fórmulas de Michaud y Allievi para determinar longitud crítica	Pág. 36
Tabla Nº 20:	Coeficientes del vertedero “C”	Pág. 41
Tabla Nº 21:	Turnos o escenarios propuestos para tubería presurizada	Pág. 48
Tabla Nº 22:	Turnos o escenarios propuestos (presión ofertada – presión disponible)	Pág. 49
Tabla Nº 23:	Ecuaciones aplicadas en el software H-Canales	Pág. 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Elementos de una curva	Pág. 22
Figura N° 02: Diseño típica de un canal	Pág. 23
Figura N° 03: Ángulo de divergencia	Pág. 37
Figura N° 04: Departamento de Lambayeque	Pág. 43
Figura N° 05: Ubicación regional del proyecto	Pág. 44
Figura N° 06: Ubicación local del proyecto	Pág. 44
Figura N° 07: Obras de irrigación (obras principales)	Pág. 45
Figura N° 08: Conducción del proyecto Olmos (1000 hectáreas)	Pág. 46
Figura N° 09: Pantalla inicio H-Canales	Pág. 50
Figura N° 10: Elementos geométricos del canal	Pág. 50
Figura N° 11: Tirante normal	Pág. 53
Figura N° 12: Sección de máxima eficiencia	Pág. 53
Figura N° 13: Sección trapezoidal	Pág. 53
Figura N° 14: Resultados canal trapezoidal	Pág. 54
Figura N° 15: Poza disipadora de energía	Pág. 55
Figura N° 16: Selección de la base de datos y del sistema de unidades	Pág. 59
Figura N° 17: Importación de archivo de elevaciones y distribución Parcelaria	Pág. 60
Figura N° 18: Parámetros de diseño para laterales	Pág. 61
Figura N° 19: Parámetros de diseño para bloque	Pág. 61
Figura N° 20: Ingreso de presiones y caudales requeridos con “demand point”	Pág. 61
Figura N° 21: Parámetros de diseño para tubería principal	Pág. 62
Figura N° 22: Parámetros de la fuente de abastecimiento	Pág. 62
Figura N° 23: Diseño de tubería aductora	Pág. 63
Figura N° 24: Turnos o escenarios de riego	Pág. 64
Figura N° 25: Optimización de tubería principal	Pág. 64
Figura N° 26: Reporte hidráulico de los tramos de tubería	Pág. 65
Figura N° 27: Reporte 3D	Pág. 65
Figura N° 28: Vista en planta del vertedero	Pág. 67
Figura N° 29: Vista de perfil del vertedero	Pág. 67
Figura N° 30: Vista en planta del desarenador	Pág. 69
Figura N° 31: Vista de perfil del desarenador	Pág. 69
Figura N° 32: Vista en planta del sedimentador	Pág. 71
Figura N° 33: Vista de perfil del sedimentador	Pág. 71
Figura N° 34: Vista en planta y perfil del reservorio	Pág. 76

RESUMEN

“PROPUESTA DE CONDUCCIÓN DE AGUA PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA EN PARCELAS DE 1000 HECTÁREAS EN EL PROYECTO OLMOS TINAJONES”

La presente tesis profesional que se presenta tiene como objetivo la conducción de agua de uno de los hidrante del proyecto Olmos Tinajones en la región de Lambayeque - Perú. El agua se captará en el hidrante “X” (por motivos de confidencialidad no se indicará el nombre real del hidrante ni de la empresa de estudio) de dicho proyecto cuya presión disponible (o presión ofertada por el proyecto) es de 43.00 m.c.a. (metros de columna de agua) y 0.5 lps por hectárea. Las parcelas ofertadas por el proyecto Olmos Tinajones en promedio tienen una extensión de aproximadamente 1000 ha. El área neta que la empresa agroindustrial adquirió es de 1000 ha. Así mismo dicha empresa ha dividido todo el fundo en tres zonas de riego denominadas; filtrado 1, filtrado 2 y filtrado 3.

Los suelos de estos valles son de alta calidad agrícola, sin embargo, la capacidad de los sistemas de riego es muy limitada, limitación que se acentúa por la carencia de sistemas de regulación en todos estos valles a excepción del valle Chancay – Lambayeque. El desarrollo agrícola apunta hacia la integración de estos valles, complementando con sistemas de regulación y con el desarrollo de sistemas de regadío de alta eficiencia en el aprovechamiento del agua (riego presurizado). Nuestro proyecto consiste en distribuir el agua hasta las losas de filtrado; como lo distribuyen dentro de las parcelas de riego no es materia de estudio de este informe de tesis.

Para este proyecto estamos presentando dos opciones; la primera opción consiste en conducir el agua mediante un canal de concreto de forma trapezoidal desde el punto de entrega de agua (hidrante) hasta el fundo entregando el recuerdo hídrico a cada losa de filtrado, la segunda opción consiste en conducir el agua disponible con tubería de PVC mediante un sistema presurizado, de igual forma se captaría desde el hidrante hasta las losas de filtrado, La opción con canal de concreto llevará compuertas para el control en la distribución de agua, y estructuras que ayuden en el manejo del agua.

La opción con tubería de PVC, será presurizada, se aprovechará la presión disponible que oferta el proyecto Olmos, en el proyecto se tiene varios escenarios en los que nos ha permitido seleccionar la tubería más apropiada, cuidando siempre la eficiencia en la conducción de agua.

Queremos aportar con estos análisis hidráulicos a la mejora en la conducción del agua, y contribuir con el ahorro de agua y mejorar el medio ambiente.

ABSTRACT

“PROPOSAL FOR THE CONDUCTION OF WATER FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN PLOTS OF 1000 HECTARES IN THE OLMOS TINAJONES PROJECT”

The present professional thesis that is presented has the objective of conducting water from one of the hydrants of the Olmos Tinajones project in the region of Lambayeque - Peru. The water will be captured in the "X" hydrant (for reasons of confidentiality, the actual name of the hydrant and the study company) will not be indicated for this project, whose available pressure (or pressure offered by the project) is 43.00 m.c.a. (meters of water column) and 0.5 lps per hectare. The partnerships offered by the Olmos Tinajones project on average have an area of approximately 1000 ha. The net area that the agroindustrial company acquired is 1000 ha. Likewise, the company has divided the entire fund into three so-called irrigation zones; filtered 1, filtered 2 and filtered 3.

The soils of these valleys are of high agricultural quality, however, the capacity of irrigation systems is very limited, a limitation that is accentuated by the lack of regulation systems in all these valleys except for the Chancay - Lambayeque valley. Agricultural development aims at the integration of these valleys, complementing with regulation systems and the development of irrigation systems of high efficiency in the use of water (pressurized irrigation). Our project consists of distributing the water to the filtering slabs; as they distribute it within the irrigation plots is not the subject of study of this thesis report.

For this project we are presenting two options; the first option consists of conducting the water through a concrete channel of trapezoidal form from the point of delivery of water (hydrant) to the bottom delivering the water memory to each slab of filtrate, the second option is to drive the available water with pipe of PVC by means of a pressurized system, of the same form would be captured from the hydrant to the slabs of filtration, the option with concrete channel will bring gates for the control in the distribution of water, and structures that help in the water management.

The option with PVC pipe, will be pressurized, will take advantage of the available pressure offered by the Olmos project, in the project there are several scenarios in which has allowed us to select the most appropriate pipe, always taking care of the efficiency in water conduction.

We want to contribute with these hydraulic analyzes to the improvement in the conduction of the water, and to contribute with the saving of water and to improve the environment.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

“En todos los tiempos, las grandes ciudades han debido preocuparse de su suministro de agua. Incluso las ciudades antiguas se dieron cuenta de que sus suministros locales, pozos profundos, manantiales y arroyos, eran inadecuados para cubrir las modestas demandas sanitarias de entonces, y se vieron obligados a construir acueductos que trajeran el agua de fuentes lejanas”. (FAO, 2010).

“Para algunos, la crisis del agua supone caminar a diario largas distancias para obtener agua potable suficiente, limpia o no, únicamente para salir adelante. Para otros, implica sufrir una desnutrición evitable o padecer enfermedades causadas por las sequías, las inundaciones o por un sistema de saneamiento inadecuado. También hay quienes la viven como una falta de fondos, instituciones o conocimientos para resolver los problemas locales del uso y distribución del agua”. (Serrano Alonso, 2006).

“El agua, pese a ser uno de los recursos naturales más importantes, es a la vez el más escaso y variable en nuestro país. Ello es así especialmente en la costa y sierra, que son paradójicamente las regiones donde se asentaron con predominancia las culturas humanas y se desarrolló la agricultura de riego. Esta escasez y variabilidad se deben a nuestras particulares condiciones geográficas, extremadamente diversas y accidentadas, y a nuestras fluctuantes condiciones climáticas uno de cuyos resultados son los ciclos periódicos de inundaciones y sequías”. (Appaclla y otros, 1993).

“En los países emergentes la actividad económica ha determinado un constante aumento en la demanda por agua de riego, hasta el punto que se está produciendo una escasez relativa de este factor de producción agrícola, en cuanto a su disponibilidad en el lugar y tiempo. Es decir, el agua no es un “bien libre”, sino que un recurso escaso, que tiene un costo social. Es necesario por lo tanto considerarlo a este recurso como un criterio técnico y económico”. (Gurovich, 1999).

“La productividad de las tierras de regadío es aproximadamente tres veces superior a la de las de secano. Más allá de este dato global, existen muchas razones para destacar la función del control de los recursos hídricos en la agricultura. La inversión en la mejora de los regadíos supone una garantía frente a las variaciones pluviométricas y estabiliza la producción agrícola, impulsando la productividad de los

cultivos y permitiendo que los agricultores diversifiquen su actividad. Ello tiene un reflejo en un incremento y una menor volatilidad de los ingresos agrícolas”. (FAO, 2006).

“El sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 65%, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales”. (Ramírez R 2009).

“Los peruanos contemporáneos parecemos menos serios en cuanto al manejo adecuado del recurso hídrico. Sólo cabe recordar que en la última década, luego de discutir más de una decena de proyectos de nueva legislación de aguas, aún seguimos operando sin reglas de juego claras en un contexto de enormes ineficiencias en gestión y en la distribución del recurso”. (Zegarra, 1998).

“El riego en el Perú ha sido y sigue siendo un factor determinante en el incremento de la seguridad alimentaria, el crecimiento agrícola y productivo, y el desarrollo humano en las zonas rurales del país. Los recursos hídricos y la infraestructura hidráulica para riego están distribuidos de manera desigual por el país, lo que crea realidades muy diferentes. El gobierno peruano está llevando a cabo varios programas que tienen como objetivo hacer frente a los desafíos clave del sector riego, incluyendo: el deterioro de la calidad del agua, poca eficiencia de los sistemas de riego y drenaje, marcos institucionales y jurídicos débiles, costes de operación y mantenimiento por encima de la recaudación tarifaria, vulnerabilidad frente a la variabilidad y cambio climático, incluidas condiciones climáticas extremas y retroceso de los glaciares”. (Montenegro, 2016).

El gobierno peruano apuesta por un nuevo proyecto de irrigación: “El proyecto integral Olmos consiste en el trasvase de las aguas del río Huancabamba de la vertiente del Atlántico a la vertiente del pacífico a través del túnel trasandino de 20 km para su aprovechamiento en la irrigación de tierras eriazas en el valle de Olmos y la generación hidroenergética. El proyecto Olmos consiste en el aprovechamiento actual del río Huancabamba y en una siguiente fase de los ríos Tabaconas y Manchara.”

Las empresas agroindustriales ubicadas en la poligonal del proyecto necesitan conducir el agua que el proyecto les oferta para esto se tiene que diseñar eficientemente las aductoras, y reservorios lugar donde se almacenará el agua. (Gobierno Regional de Lambayeque, 2016).

En los años 1989 y 1990 tuvieron lugar varios eventos sobre el tema de manejo del agua en el país. Estos eventos permitieron un provechoso intercambio de ideas sobre la problemática nacional en el uso del agua con fines agrícolas, y ayudaron a tomar conciencia de la capital importancia de mejorar las condiciones técnicas, sociales y organizativas del manejo del recurso hídrico en la agricultura nacional. (Grupo permanente de estudio sobre riego, 1993).

“Los ingenieros que manejan el agua son unos hombres que solamente buscan el lucro de los que tienen mayor cantidad de terreno, con el propósito de regar ellos todo su terreno y dejar al pequeño en escombros. Ellos les dan dinero, les dan lo que ellos piden, el banquete, el regalo. El pequeño no es para esas condiciones porque poco saca de su terreno, no puede alcanzarle para hacer agasajos. ¿Por qué no volvemos a la cosa antigua? Para poder nosotros manejar nuestro cauce y los derechos que debemos pagar, hacerlo al Banco de la Nación y organizar nuevamente esos riegos para facilitar a nosotros los campesinos. Así como hemos hecho anteriormente debemos hacerlo ahora porque somos los que estamos sufriendo las consecuencias”. (Regante de La Achirada, en una asamblea de regantes. Guadalupe, Ica, Febrero de 1988).

“Nosotros mismos hacíamos la limpieza del cauce con nuestras palas, con nuestras lampas, nuestros picos, íbamos nosotros los hombres y las esposas para ayudarnos... y los hacendados para robarnos el agua quebraban La Achirana. Arriba la quebraban y la botaban para el río. Teníamos doble trabajo, pero antes si éramos unidos, porque salíamos en masa a hacer los trabajos. Todo el trabajo que se hacía antes en el cauce de Achirana se publicaba en el periódico, hoy en día se hacen los trabajos y no nos san a conocer donde se ha limpiado, ni qué tipo de trabajo han hecho, para cobrarnos. Antes nosotros con desarenar eran suficiente para regar. Hoy en día hacen ellos el desarene, cobran plata y tenemos que comprar el agua; antes no se compraba, y se regaba...” (Mariano Lengua, 1988).

“Antes había orden porque había un dueño que era el hacendado, ahora hay 100 dueños pequeños y que no se abastecen... En la Quemazón quieren agua todos al mismo tiempo, no puede ser. Debe haber un ordenamiento, en la época de la hacienda cuando no había agua se volteaba el arroz y se sembraban cultivos; ahora no, todos quieren sembrar arroz y así no se puede. El banco es el que tiene la culpa...” (Rodrigo Sánchez, 1988).

Hoy día, la agricultura no está, en muchos casos, en condiciones de competir económicamente por el agua escasa. Las ciudades y las industrias pueden pagar más por el agua, y su tasa de rentabilidad económica por unidad de agua es más alta que la del sector agrícola. (Para los economistas, el agua fluye cuesta arriba, hacia el dinero.) Por primera vez en la historia de muchos países, la agricultura se está viendo obligada a ceder agua en favor de usos más valiosos en las ciudades e industrias. En algunas zonas, quienes riegan deben ahora pagar por el agua que reciben, incluido el costo total de su suministro. En otras partes, la nueva reglamentación exige que los agricultores paguen cuando contaminan ríos, lagos y acuíferos. (Instituto Internacional de Ordenación del Riego, 1992).

No obstante las ingentes inversiones y subvenciones, los indicadores de los resultados del riego no alcanzan los niveles esperados en cuanto al aumento del rendimiento, la superficie regada y la eficiencia técnica en el aprovechamiento del agua. En algunos casos se desperdicia hasta el 60 por ciento del agua captada o bombeada para el riego. Aunque ciertas pérdidas son inevitables, con frecuencia el agua en exceso se vuelve a filtrar en el terreno, provocando anegamiento y salinidad. Una cuarta parte de todas las tierras regadas de los países en desarrollo está afectada por grados variables de salinización. Además, el agua estancada y el drenaje insuficiente del riego elevan la incidencia de las enfermedades de origen hídrico, causando sufrimiento humano y mayores gastos en salud. (FAO, 1990).

La agricultura no sólo es el sector que consume más agua en el mundo en términos de volumen; también representa, en comparación con los otros, un uso de bajo valor, poco eficiente y muy subvencionado. Estos factores están forzando a los gobiernos y a los donantes a reconsiderar las repercusiones económicas, sociales y ambientales de los grandes proyectos de riego financiados y administrados por el sector público. En el pasado, el gasto interno en riego era la principal partida de los presupuestos agrícolas en países de todo el mundo. (R. Bhatia y M. Falkenmark, 1992).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la propuesta de conducción de agua para el desarrollo agrícola en parcelas de 1000 hectáreas en el Proyecto Olmos Tinajones?

1.3. Justificación

Justificación teórica

El agua es cada vez es un recurso más escaso en muchos lugares del mundo y en nuestro propio país, es obligación de los profesionales y personas en general tomar conciencia acerca del uso y ayudar a que cada vez se modernice las técnicas de riego como un sistema presurizado por un canal, lo cual reduce costos y brinda muchos beneficios.

Para la elaboración del presente estudio de investigación se utilizarán teorías hidráulicas y estructurales que comprenden al área de ingeniería, las cuales serán elaboradas dentro del marco teórico y conceptual, para la demostración, aprobación de la hipótesis y para realizar un análisis teórico y científico de los aspectos que se necesitan para proponer la implementación de conducir el agua a los reservorios tenemos que hacerlo usando la menor cantidad de recursos económicos, buscar siempre la rentabilidad y funcionalidad en la operación y mantenimiento, es por eso que la presente investigación propone la conducción de agua de riego para parcelas de 1000 hectáreas en el proyecto Olmos Tinajones mediante dos sistemas, por un sistema presurizado y un canal de concreto trapezoidal.

Justificación valorativa

El presente estudio de investigación será de mucha utilidad para el área de hidráulica ya que dará a conocer los cálculos necesarios para conducir agua de un punto a otro con una alta eficiencia en la conducción y su importancia en la agricultura y de esta manera modernizar las técnicas.

Justificación académica

El estudio planteado, ha sido elegido por la relevancia e importancia que representa para la población saber y tener el alcance de los problemas hidráulicos que se presentan, tanto para el correcto funcionamiento como fuentes de traslado de las aguas emanadas por las zonas agrícolas y para toda edificación que se encuentra en el trayecto.

Nos permitirá ampliar nuestros conocimientos, capacidades y habilidades sobre el área de hidráulica ya que actualmente no se cuenta con trabajos de investigación de tesis en la universidad que abarquen éste tema, y que servirá como herramienta o antecedente para otros estudios de investigación y base para publicaciones científicas para los alumnos y futuros Ingenieros civiles.

1.4. Limitaciones

La obtención de la información limitada sobre el diseño y fallas de conducción de agua para fines de riego, es un gran obstáculo. Una de las limitaciones fue recolectar los documentos necesarios y útiles para realizar el presente estudio de investigación, ya que se solicita con demasiada anticipación, y éstas deben de tener la aprobación del área respectiva.

Otra limitación fue la falta de información del consumo real de los cultivos, por lo que no somos personal de operaciones de la empresa, para poder conseguir evidencia directa de la zona de trabajo y evita extraer la data. Por lo que hemos tratado de aplicar estimados, basados en bibliografía de autores o tesis de investigación del área.

Pero, a pesar de los inconvenientes que se presentaron, es muy importante desarrollar la presente investigación de tesis, por el valor que representa para la carrera de ingeniería civil, lo cual permitirá mejorar y comprara los procesos hidráulicos en canales y sistema presurizado, en cuanto a costos y eficiencia.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la propuesta de conducción de agua para el desarrollo agrícola en parcelas de 1000 hectáreas en el proyecto Olmos Tinajones.

1.5.2. Objetivos específicos

Diseñar un canal de forma trapezoidal.

Diseñar el sistema de aducción de agua.

Calcular y diseñar el reservorio.

Predimensionar las estructuras de control de sedimento y almacenamiento.

Determinar los costos de implementación del proyecto para ambas propuestas.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

a) Antecedentes

Para la ejecución de la presente investigación, fue preciso y necesario revisar material bibliográfico de publicaciones, tesis de grado y otras, las cuales tienen relación con el tema en estudio, mencionando las siguientes:

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en que el hombre era cazador y recolector el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando se producían asentamientos humanos de manera continuada estos siempre se producen cerca de lagos y ríos. Cuando no existen lagos y ríos las personas aprovechan los recursos de agua subterráneos que se extrae mediante la construcción de pozos. Cuando la población humana comienza a crecer de manera extensiva, y no existen suficientes recursos disponibles de agua, se necesita buscar otras fuentes diferentes de agua. Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia. Ellos utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su aprovisionamiento. Los romanos construyeron presas para el almacenamiento y retención artificial del agua. (Vargas, 1998).

Históricamente el procedimiento para el diseño ha sido por ensayo y error, es decir, los proyectistas calculan algunas alternativas modificando unas pocas variables (generalmente diámetros), obteniendo así un diseño particular, que generalmente es función de la experiencia de cada proyectista en particular. Sin embargo, tomando en cuenta la gran variedad de componentes del sistema, y si todos ellos se modifican, se podría concluir que hay muchas alternativas de solución que no se toman en cuenta, pudiendo ser alguna de ellas la óptima (la más económica). (Simpson, 1994).

En las últimas décadas, ha cobrado importancia la aplicación de técnicas de optimización al diseño de sistemas de abastecimiento, por una parte debido a que los costos de las tuberías representan el 70% de los costos de tales sistemas (Jung and Karney 2004), y por otra, debido a que los recursos económicos son escasos en los países en vías de desarrollo, lo que obliga a ser eficiente en su inversión.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 65%, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales. (Ramírez R, 2009).

Los conocimientos científicos fundamentales aplicados actualmente a nivel mundial en los diversos sistemas de riego tecnificado, combinados con principios elementales que rigen la conducción del agua, dan origen al riego. Hay que tomar diversos criterios para aplicar cualquier sistema de riego que se desea implantar para producción óptima de los cultivos y uno de los criterios a considerar es cómo afrontar la problemática del agua, el agua actualmente ya es considerado un recurso escaso, que quiere decir esto significa que el agua dulce es escaso. Este problema que se nos presenta en la actualidad es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta. (Díaz Carlos, 2014).

A través de la historia, el hombre ha necesitado de un suministro adecuado de agua para su alimentación, seguridad y bienestar. El agua es una necesidad universal y es el principal factor limitante para la existencia de la vida humana. La destrucción de las cuencas naturales hidrográficas ha causado una crítica escasez de la misma, afectando extensas áreas y poblaciones. Sin embargo, a través de la tecnología conocida como captación ("cosecha") del agua, granjas y comunidades pueden asegurar el abastecimiento del agua para uso doméstico y agrícola. La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la acuicultura y usos domésticos. (Bocek Alex, 2016).

La escasez de este vital líquido obliga a reiterar nuevamente una llamada a la moderación de consumo por parte de la población a nivel mundial, ya que sin su colaboración los esfuerzos técnicos que llevan a cabo de algunas organizaciones resultan insuficientes. Sólo muy poca agua es utilizada para el consumo del hombre, ya que: el 75% es agua de mar y tiene sal, el 2 % es hielo y está en los polos, y sólo el 1 % de toda el agua del planeta es dulce y de este 1% de agua, encontrándose en ríos, lagos y mantos subterráneos. Además el agua tal como se encuentra en la naturaleza, para ser utilizada sin riesgo para el consumo humano requiere ser tratada, para eliminar las partículas y organismos que pueden ser dañinos para la salud. Y finalmente debe ser distribuida a través de tuberías hasta tu casa, para que puedas consumirla sin ningún problema ni riesgo alguno. (Díaz Carlos, 2014).

El desarrollo agrícola que se propone, se basa en la potencialidad del sector Agrícola, la misma que es resultado de las características climatológicas, la capacidad de uso de los suelos, su aptitud para el riego y la tendencia de introducir nuevos cultivos que se explotan en. (Díaz Carlos, 2014).

b) Bases teóricas

b.1 CAPÍTULO 1: Diseñar un canal de forma trapezoidal

Los canales de riego tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el campo donde será aplicado a los cultivos. Son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente pensadas para no provocar daños al ambiente y para que se gaste la menor cantidad de agua posible.

b.1.1 Flujo en un canal

El flujo en un canal se produce, principalmente, por la acción de la fuerza de gravedad y se caracteriza porque expone una superficie libre a la presión atmosférica, siendo el fluido siempre un líquido, por lo general agua.

El movimiento de un líquido a superficie libre se ve afectado por las mismas fuerzas que intervienen en el flujo dentro de un tubo, a saber:

La fuerza de gravedad, como la más importante en el movimiento.

La fuerza de resistencia ocasionada en las fronteras rígidas por la dirección y la naturaleza casi siempre turbulenta de flujo.

La fuerza producida por la presión que se ejerce sobre las fronteras del canal, particularmente en las zonas donde cambia su geometría.

La fuerza debida a la viscosidad del líquido, de poca importancia si el flujo es turbulento.

b.1.2 Diferencia entre canales y tuberías

Son varias las diferencias que pueden establecerse entre el flujo en un canal y en una tubería.

El canal tiene una superficie libre que está en contacto con la atmósfera. En la tubería el líquido está confinado. Es un conducto cerrado. Hay presión ejercida por el fluido sobre el contorno.

La diferencia entre un canal y una tubería no está, pues, en la forma de la sección transversal, sino en el comportamiento hidráulico.

En las tuberías la presión ejercida por el fluido en cada punto está representada gráficamente por la altura que alcanza el líquido en un pequeño tubo (piezómetro) conectado a la tubería.

En los canales por lo general el flujo es agua, en cambio en las tuberías puede tratarse de cualquier fluido (líquido o gaseoso).

El flujo en un conducto cerrado, que pueda tener la forma de una tubería, no es necesariamente un escurrimiento a presión. Tal sería el caso de un túnel o un conducto de desagüe en el que, por estar parcialmente lleno, haya una superficie libre. Al haber contacto con la atmosfera, a través de la superficie libre, el conducto es hidráulicamente un canal.

En lo que respecta a tuberías la forma más común es la circular, pero no es la única. Hay tuberías de diferentes formas: sección cuadrada, rectangular, etc. Otra de las diferencias entre ambos conductos está en la calidad de paredes; es decir en el grado de rugosidad del contorno. Las tuberías suelen ser de acero, hierro fundido, asbesto cemento, policloruro de vinilo, polietileno o poliéster reforzado con fibra de vidrio, materiales cuyos grados de aspereza no son muy diferentes. En cambio los canales pueden tener superficies lisas como las anteriores o muy rugosas como aquellos con revestimiento de albañilería de piedra.

En general se puede decir que los problemas en canales son más complejos que los problemas en tuberías. En una tubería dada la sección transversal es rígida y determinada. Un aumento en el gasto conlleva un aumento en la velocidad.

La sección de una tubería es en el mayor parte de los casos circular. Un canal puede ser de ordinario rectangular, trapecial, semicircular o de forma cualquiera. A pesar de las diferencias que han sido expuestas entre tuberías y canales es posible estudiar en conjunto su funcionamiento hidráulico.

b.1.3 Diseño de canales abiertos

En un proyecto de riego, la parte correspondiente a su concepción, definido por su planteamiento hidráulico, tiene principal importancia, debido a que es allí donde se determinan las estrategias de funcionamiento del sistema de riego (captación, conducción – canal abierto o a presión -, regulación).

b.1.3.1 Elementos básicos en el diseño de canales

Se consideran elementos; topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, ambientales, agrológicos, entre otros.

a) Trazo de canales

Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica:

Fotografías aéreas, imágenes satelitales, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.

Planos topográficos y catastrales.

Estudios geológicos, salinidad, suelos y demás información que pueda conjugarse en el trazo de canales.

b) Radios mínimos en canales

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe escogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo.

Tabla Nº 01: Radio mínimo en función al caudal

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 10 m ³ /s	3 * ancho de la base
De 10 a 14 m ³ /s	4 * ancho de la base
De 14 a 17 m ³ /s	5 * ancho de la base
De 17 a 20 m ³ /s	6 * ancho de la base
De 20 m ³ /s a mayor	7 * ancho de la base
Los radios mínimos deben ser redondeados hasta el próximo metro superior.	

Fuente: "International Institute For Land Reclamation And Improvement" ILRI, Principios y Aplicaciones del Drenaje, Tomo IV, Wageningen The Netherlands 1978.

Tabla Nº 02: Radio mínimo en canales abiertos para Q < 20 m³/s

Capacidad del canal	Radio mínimo
200 m ³ /s	100 m
15 m ³ /s	80 m
10 m ³ /s	60 m
5 m ³ /s	20 m
1 m ³ /s	10 m
0,5 m ³ /s	5 m

Fuente: "International Institute For Land Reclamation And Improvement" ILRI, Principios y Aplicaciones del Drenaje, Tomo IV, Wageningen The Netherlands 1978.

Tabla N° 03: Radio mínimo en canales abiertos en función del espejo del agua

Canal de riego		Canal de drenaje	
Tipo	Radio	Tipo	Radio
Sub – canal	4T	Colector principal	5T
Lateral	3T	Colector	5T
Sub – lateral	3T	Sub – colector	5T
Siendo T el ancho superior del espejo de agua.			

Fuente: Salzgitter Consult GMBH "Planificación de Canales, Zona Piloto Ferreñafe" Tomo II/ 1- Proyecto Tinajones –Chiclayo 1984.

c) Elementos de una curva

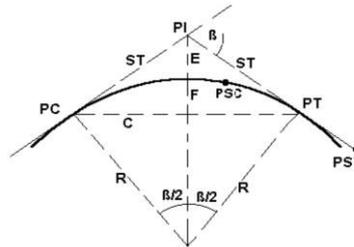


Figura N° 01: Elementos de una curva

- A = Arco, es la longitud de curva medida en cuerdas de 20 m.
- C = Cuerda larga, es la cuerda que sub – tiende la curva desde PC hasta PT.
- β = Angulo de deflexión, formado en el PI.
- E = External, es la distancia de PI a la curva medida en la bisectriz.
- F = Flecha, es la longitud de la perpendicular bajada del punto medio de la curva a la cuerda larga.
- G = Grado, es el ángulo central.
- LC = Longitud de curva que une PC con PT.
- PC = Principio de una curva.
- PI = Punto de inflexión.
- PT = Punto de tangente.
- PSC = Punto sobre curva.
- PST = Punto sobre tangente.
- R = Radio de la curva.
- ST = Sub tangente, distancia del PC al PI.

d) Rasante de un canal

Para el diseño de la rasante se debe tener en cuenta:

La rasante se debe trabajar sobre la base de una copia del perfil longitudinal del trazo.

Tener en cuenta los puntos de captación cuando se trate de un canal de riego y los puntos de confluencia si es un dren u obra de arte.

La pendiente de la rasante de fondo, debe ser en lo posible igual a la pendiente natural promedio del terreno (optimizar el movimiento de tierras), cuando esta no es posible debido a fuertes pendientes, se proyectan caídas o saltos de agua.

Para definir la rasante del fondo se prueba con el caudal especificado y diferentes cajas hidráulicas, chequeando la velocidad obtenida en relación con el tipo de revestimiento a proyectar o si va ser en lecho natural, también se tiene la máxima eficiencia o mínima infiltración.

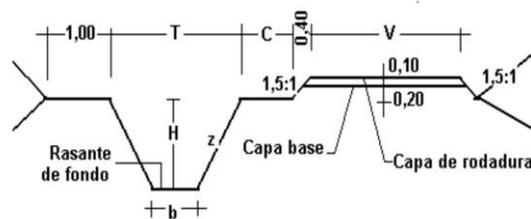


Figura N° 02: Diseño típico de un canal

Donde:

T = Ancho superior del canal.

b = Plantilla.

z = Valor horizontal de la inclinación del talud.

C = Berma del camino, puede ser: 0,5; 0,75; 1,00 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

V = Ancho del camino de vigilancia, puede ser: 3; 4 y 6 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

H = Altura de caja o profundidad de rasante del canal.

e) Sección hidráulica óptima

Determinación de máxima eficiencia hidráulica

Se dice que un canal es de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área y pendiente conduce el mayor caudal posible, ésta condición está referida a un perímetro húmedo mínimo.

f) Diseño de secciones hidráulicas

Se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc.

Rugosidad

Los valores del coeficiente de rugosidad que se usan para el diseño de canales alojados en tierra, están comprendidos entre 0.025 y 0.030 y para canales revestidos están comprendidos entre 0.013 y 0.015.

Tabla N° 04: Valores de rugosidad “n” de Manning, propuestos por Horton.

n	Material
0.014	Tubos de barro para drenaje
0.012	Superficie de cemento pulido
0.015	Tuberías de concreto
0.014	Canales revestidos con concreto
0.020	Superficie de mampostería con cemento
0.012	Acueductos semicirculares, metálicos, lisos
0.025	Acueductos semicirculares, metálicos corrugados
0.025	Canales en tierra, alineados y uniformes
0.033	Canales en roca, lisos y uniformes
0.040	Canales en roca, con salientes y sinuosos
0.0275	Canales dragados en tierra
0.035	Canales con lecho pedregoso y bordos de tierra enhierbados
0.033	Canales con plantilla de tierra y taludes ásperos
0.030	Corrientes naturales limpias, bordos rectos, sin hendiduras ni charcos profundos
0.035	Corrientes naturales, igual al anterior, pero con algo de hierba y piedra
0.055	Corrientes naturales, igual al anterior, pero menos profundas, con secciones pedregosas
0.070	Ríos con tramos lentos, cauce enhierbado o con charcos profundos
0.125	Playas muy enhierbadas

Fuente: Máximo Villon Bejar (1985) “Hidráulica de canales”, editorial Horizonte Latinoamericano S.A, Lima.

Tabla N° 05: Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.

Sección	Área hidráulica (A)	Perímetro mojado (P)	Radio hidráulico (R)	Espejo de agua (T)
 Rectangular	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b
 Trapezoidal	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$(\text{sen} \frac{\theta}{2}) D$ o $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2Ty}{3T + 8y}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Máximo Villon Bejar (1985) "Hidráulica de canales", editorial Horizonte Latinoamericano S.A, Lima.

Talud

Se define la relación de la proyección horizontal y la proyección vertical de las paredes del canal.

Se designa como talud Z, a la proyección horizontal, cuando la vertical es 1.

La inclinación de las paredes laterales depende de la clase de terreno donde está alojado el canal. Mientras más inestable sea el material, menor será el ángulo de inclinación de los taludes, y mayor debe ser Z.

Tabla N° 06: Taludes apropiados para distintos tipos de material

Material	Talud (h : v)
Roca en buenas condiciones	0 (vertical)
Arcillas compactas o conglomeradas	0.75
Arcilla con grava, suelo franco	1
Suelo franco con grava	1.5
Arena y grava y arena bien granulada	2
Arena fina y limo (no plástico)	3

Fuente: Aguirre Pe, Julián, "Hidráulica de canales", Dentro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras – CIDIAT, Merida, Venezuela, 1974.

Tabla N° 07: Pendientes laterales en canales según tipo de suelo

Material	Canales poco profundos	Canales profundos
Roca en buenas condiciones	Vertical	0.25 : 1
Arcillas compactas o conglomerados	0.5 : 1	1 : 1
Limos arcillosos	1 : 1	1.5 : 1
Limos arenosos	1.5 : 1	2 : 1
Arenas sueltas	2 : 1	3 : 1
Concreto	1 : 1	1.5 : 1

Fuente: Aguirre Pe, Julián, "Hidráulica de canales", Dentro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras – CIDIAT, Mérida, Venezuela, 1974.

Rango de velocidades recomendadas

Velocidades mínimas: Que no produzcan sedimentación (depósitos de materiales sólidos en suspensión), valores experimentales indican que este valor mínimo es de 0.30 m/s, velocidades menores, disminuyen la capacidad de conducción del canal.

Velocidades máximas: Que no produzcan erosión en las paredes y fondo del canal, valores que sobrepasan las velocidades máximas permisibles, modifican las rasantes y crean dificultades al funcionamiento de las estructuras que tenga el canal.

Tabla N° 08: Velocidades máximas recomendadas, en función del material en el cual está alojado el canal

Material	Velocidad (m/s)
En tierra	0.90
Mampostería de piedra y concreto	2.00
Revestido de concreto	3.00

Fuente: Krochin Sviatoslav. "Diseño Hidráulico", Ed. MIR, Moscú, 1978.

Borde libre

Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables.

La U.S. BUREAU RECLAMATION recomienda estimar el borde libre con la siguiente fórmula:

$$\text{borde libre} = \sqrt{CY}$$

Borde libre: en pies.

Donde:

C = 1.5 para caudales menores a 20 pies³/seg., y hasta 2.5 para caudales del orden de los 3000 pies³/seg.

Y = Tirante del canal en pies.

La secretaria en recursos hídricos de México, recomienda los siguientes valores en función del caudal:

Tabla N° 09: Borde libre en función del caudal

Caudal m ³ /seg.	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
≤ 0.05	7.5	10.0
0.05 – 0.25	10.00	20.0
0.25 – 0.50	20.0	40.0
0.50 – 1.00	25.0	50.0
> 1.00	30.0	60.0

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N- 7 "Consideraciones Generales sobre Canales Trapezoidales" Lima 1978.

Máximo Villón Béjar, sugiere valores en función de la plantilla del canal:

Tabla N° 10: Borde libre en función de la plantilla del canal

Ancho de la plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8 – 1.5	0.5
1.5 – 3.0	0.6
3.0 – 20.0	1.0

Fuente: Villón Béjar, Máximo; "Hidráulica de canales", Dpto. De Ingeniería Agrícola – Instituto Tecnológico de Costa Rica, Editorial Hozlo, Lima, 1981.

Sobreelevación

Los niveles de agua, cuando se presentan curvas en canales, tienden a variar por efecto de la sobreelevación, con respecto al nivel medio del agua, que la fuerza centrífuga genera en la parte exterior de la curva mientras que en su parte interior aparece una depresión en el nivel del agua. Todo esto apartando los flujos secundarios que se generan por efecto de estas curvas que, con seguridad, generarán perturbaciones hasta una longitud determinada aguas abajo de ellas.

Igualmente no se puede perder de vista la posibilidad de desbordamiento del canal, por falta del adecuado borde libre. Por lo tanto, para los efectos del diseño de canales, es importante en extremo reducir al mínimo el número de curvas o cambios de dirección en el alineamiento del canal.

El cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos propone la siguiente expresión para la estimación aproximada de la sobreelevación del nivel del agua que generan las curvas en canales:

$$\Delta y = C \frac{V^2 \cdot B}{g \cdot R_o}$$

Donde:

Δy = Sobreelevación con respecto a la superficie libre horizontal (m).

C = Es un coeficiente que depende del tipo de régimen de flujo en el canal y la sección transversal del canal.

Tabla N° 11: Curvas circulares

Régimen	Sección transversal	C
Subcrítico	Rectangular, trapezoidal	0,5
Súpercrítico	Rectangular, trapezoidal	1,0

Fuente: E. Blair F. "Manual de procedimientos de pequeños sistemas de riego".

V = Velocidad media en el canal (m/s).

B = Ancho del canal (m).

Ro = Radio de la curva, medido con respecto al eje del canal (m).

Tabla N° 12: Radios mínimos de curvas horizontales

Caudal conducido (m ³ /s)	Radio mínimo recomendable (m)
0,5	5
1	10
5	20
10	60
15	80
20	100

Fuente: E. Blair F. "Manual de procedimientos de pequeños sistemas de riego".

Tabla N° 13: Régimen de flujo

Tipo de régimen	Radio mínimo R _{o min}
Subcrítico	$RO_{\min} = 3 \cdot B$
Súpercrítico	$RO_{\min} = \frac{4 \cdot V^2 \cdot B}{g \cdot y}$

Fuente: E. Blair F. "Manual de procedimientos de pequeños sistemas de riego".

Donde:

V = Velocidad media en el canal (m/s).

B = Ancho del canal (m).

y = Profundidad del flujo (m).

g) **Criterios de espesor de revestimiento**

En el caso particular que se quiera proyectar un revestimiento con geomembranas, se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Para canales pequeños se debe usar geomembrana de PVC y para canales grandes geomembrana de polietileno - HDP.

Los espesores de la geomembrana, varían entre 1 a 1.5 mm.

Si el canal se ubica en zonas en donde puede ser vigilado permanentemente, por lo tanto no puede ser afectada la membrana.

Características y cuidado en las actividades de operación y mantenimiento.

Técnica y cuidados de instalación de la geomembrana.

El grupo social a servir tiene que capacitado para el manejo de dicho tipo de revestimiento.

b.2 CAPÍTULO 2: Sistema de aducción de agua o tubería presurizada

La infraestructura usada para el transporte del agua desde las fuentes a los centros de consumo son las líneas de aducción (también llamadas conductoras). Desde el punto de vista de su funcionamiento hidráulico estas líneas pueden ser por gravedad o por bombeo. En el caso de las aducciones por gravedad su diseño resulta sencillo, puesto que el diámetro mínimo a colocar (desde el punto de vista económico, el diámetro que genere el menor costo de ejecución del proyecto), está definido como el que aproveche al máximo el desnivel existente entre el inicio y el fin de la conducción, esto es, que equipare las pérdidas de carga con el desnivel existente.

Al pensar en implementar un sistema de riego, sea tecnificado o no, existen diversos factores a considerar, tanto hidráulicos como agronómicos. Sin embargo, junto con pensar en cuáles serán los cultivos a regar y cómo estará diseñada la instalación de riego, se debe contar con la información básica de agua disponible, sus características de calidad, presión y caudal. Estos dos últimos datos, no obstante se obtendrán, en términos de requerimientos, al diseñar las instalaciones, también deberán tenerse presentes en todo momento mientras el sistema opere y se esté aplicando riego a los cultivos en cada temporada.

Velocidad: Es la distancia recorrida por el agua en un tiempo determinado, (V en m/s).

Presión: La aplicación de una fuerza sobre una superficie. Así, una misma fuerza puede producir más o menos presión, si la superficie sobre la que se aplica es menor o mayor.

Caudal: Corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (litros, metros cúbicos, etc.), por unidad de tiempo (segundos, minutos, horas, etc.).

Pérdida de carga: Cuando el agua pasa de una situación estática a una dinámica, pierde energía por fricción o rozamiento del agua contra la superficie de la tubería, esto se llama pérdida de carga.

b.2.1 Pérdida por fricción en tuberías

En atención a los componentes de la ecuación de energía, tendremos que la única energía que se puede “perder” por efecto del movimiento del fluido a lo largo de una conducción es la asociada a la altura o carga de presión, pues la elevación (z) es un parámetro que depende de las características topográficas de dicha conducción y la carga de velocidad ($V^2/2g$) depende únicamente de la velocidad del flujo y, por supuesto de las geometría de la conducción en cuestión.

b.2.1.1 Ecuación de Manning

Esta ecuación que en un principio fue dada en forma complicada por Manning y luego simplificada por otros, quedando dicha ecuación de la siguiente manera:

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad media (pies/s).

R = Radio hidráulico (pies).

S = Pendiente de la línea de energía.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla Nº 14: Coeficiente de rugosidad de Manning de materiales

Material	n	Material	n
Plástico (PE, PVC)	0.006 – 0.010	Fundición	0.012 – 0.015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.009	Hormigón	0.012 – 0.017
Acero	0.010 – 0.011	Hormigón revestido con gunita	0.016 – 0.022
Hierro galvanizado	0.015 – 0.017	Revestimiento bituminoso	0.013 – 0.016

Fuente: Máximo Villon Bejar (1985) “Hidráulica de canales”, editorial Horizonte Latinoamericano S.A, Lima.

b.2.1.2 Ecuación de Hazen-Williams

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5°C - 25°C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para

redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero.

$$hf_{[m]} = 10,76 \cdot \left(\frac{Q_{[m^3/s]}^{1,852}}{C} \right) \frac{L_{[m]}}{D_{[m]}^{4,87}}$$

Donde:

- hf = Pérdida de carga (m)
L = Longitud de la tubería (m).
D = Diámetro interno (m).
Q = Caudal (m³/s).

Los valores de los coeficientes “C” se sacan de tabla, según material y años de uso de las tuberías.

Tabla N° 15: Coeficiente de rugosidad (adimensional) para Hazen-Williams de algunos materiales

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130 – 140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130 – 140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140 – 150
Hierro fundido, 10 años de edad	107 – 113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89 – 100	Acero nuevo	140 – 150
Hierro fundido, 30 años de edad	75 – 90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64 – 83	Acero rolado	110
Concreto	120 – 140	Lata	130
Cobre	130 – 140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120 – 140

Fuente: Máximo Villon Bejar (1983) “Manual de hidráulica”, Departamento de Ingeniería Agrícola, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago – Costa Rica.

b.2.2 Diámetro considerado por la tubería

Estableciendo el material para la tubería (lo cual depende de aspectos diferentes al hidráulico), podremos conocer el coeficiente de fricción, con lo cual la única incógnita es el diámetro. El despeje de la ecuación de energía, incluyendo el término de pérdidas por fricción, nos llevará al diámetro requerido para conducir el caudal requerido.

b.2.3 Diámetro nominal

El diámetro calculado previamente es el diámetro mínimo requerido o el diámetro de cálculo para el problema planteado. Pero, desde el punto de vista del diseño, debemos especificar un diámetro nominal correspondiente a las dimensiones de tubería disponibles en el mercado.

Es necesario entonces recurrir a catálogos de fabricantes de tuberías de acero para establecer el diámetro nominal más cercano al diámetro de cálculo obtenido.

b.2.4 Golpe de ariete y celeridad

Golpe de ariete: El fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

Valor de la celeridad: La celeridad (a) es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería, por lo que su ecuación de dimensiones es $L \times T^{-1}$. Su valor se determina a partir de la ecuación de continuidad y depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua.

Una expresión práctica propuesta por **Allievi**, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la siguiente:

$$\alpha = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + \frac{K \cdot D^5}{e \cdot 10^6}}}$$

Donde:

$K =$ Coeficiente función del módulo de elasticidad (e) del material constitutivo de la tubería, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, cuyo valor es:

$$K = \frac{10^{10}}{e}$$

$D =$ Diámetro interior de la tubería.

$e =$ Espesor de la tubería.

Tabla N° 16: Valores de K para hallar la celeridad:

Material	E (kg/m ²)	K1(1E06/E)
Palastros de hierro y acero	2 x 10 ¹⁰	0.5
Fundición	10 ¹⁰	1
Hormigón (sin armar)	2 x 10 ⁹	5
Fibrocemento	1.85 x 10 ⁹	5.5 (5 - 6)
PVC	3 x 10 ⁸	33.3 (20 - 50)
PE baja densidad	2 x 10 ⁷	500
PE alta densidad	9 x 10 ⁷	111.11

Fuente: Máximo Villon Bejar (1983) "Manual de hidráulica", Departamento de Ingeniería Agrícola, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago – Costa Rica.

Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada de bombas, cierre lento y cierre rápido: Se define el tiempo (**T**) como el intervalo entre el inicio y el término de la maniobra, sea cierre o apertura, total o parcial, ya que durante este tiempo se produce la modificación del régimen de movimiento del fluido. Este concepto es aplicable tanto a conducciones por gravedad como a impulsiones.

Mendiluce propone la siguiente expresión para el cálculo del tiempo de parada:

$$T = C + \frac{K \times L \times v}{g \times H_m}$$

Donde:

L = Longitud de la conducción (m).

v = Velocidad de régimen del agua (m/s).

g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².

H_m = Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo.

$$H_m = H_g + h_T = \Delta Z + \frac{P}{\gamma} + h_T$$

C y K = Coeficientes de ajuste empíricos.

Tabla N° 17: K en función de L (según Mendiluce):

Longitud L (m)	K
< 500	2.00
Del orden de 500	1.75
500 < L < 1.500	1.50
Del orden de 1.500	1.25
> 1.500	1.00

Fuente: Máximo Villon Bejar (1983) "Manual de hidráulica", Departamento de Ingeniería Agrícola, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago – Costa Rica.

Tabla N° 18: Coeficiente C en función a la pendiente hidráulica:

Pendiente hidráulica (tanto por uno)	C
0.00	1.00
0.10	1.00
0.20	0.94
0.27	0.75
0.32	0.50
0.37	0.25
0.40	0.00

Fuente: Máximo Villon Bejar (1983) "Manual de hidráulica", Departamento de Ingeniería Agrícola, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago – Costa Rica.

Resultados a obtener:

$$T < \frac{2L}{C}; \text{ Cierre lento}$$

$$T > \frac{2L}{C}; \text{ Cierre rápido}$$

Cálculo de la sobrepresión producida por el golpe de ariete (Fórmulas de Michaud y Allievi): Una vez conocido el valor del tiempo T y determinado el caso en el que nos encontramos (cierre lento o cierre rápido), el cálculo del golpe de ariete se realizará de la forma siguiente:

a. Cierre lento

A finales del siglo XIX, **Michaud** propuso la primera fórmula para valorar el golpe de ariete:

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times v}{g \times T}$$

Donde:

- DH = Sobrepresión debida al golpe de ariete (m.c.a).
- L = Longitud de la tubería (m).
- v = Velocidad de régimen del agua (m/s).
- T = Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s).
- g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².

b. Cierre rápido

Expresión que dedujo **Allievi** en 1904, con la que se calcula el valor máximo del golpe de ariete que puede producirse en una conducción.

$$\Delta H = \frac{a \times v}{g}$$

Longitud crítica (Lc)

Representando gráficamente las ecuaciones de Allievi y de Michaud, se observa que, si la conducción es lo suficientemente larga, las dos rectas se cortan en un punto, denominado **punto crítico**.

La longitud del tramo de tubería regido por la ecuación de Michaud se conoce como longitud crítica (Lc), y su valor se obtiene, lógicamente, igualando las fórmulas de Michaud y Allievi.

$$= \frac{2 \times L \times v}{g \times T} = \frac{a \times v}{g}$$

$$L_c = \frac{\alpha \times T}{2}$$

***Si la pendiente es > 50% calcular siempre con Allievi.

Caracterizar la impulsión (Comparar L con Lc): Basándonos en el concepto de longitud crítica, se tiene que:

- Si $L < L_c$ Se trata de una **impulsión (conducción) corta**, que se correspondería con un **cierre lento**, calculándose el golpe de ariete mediante la fórmula de Michaud.
- Si $L > L_c$ Entonces la **impulsión (conducción) es larga** y el **cierre rápido**, siendo el valor del golpe de ariete el dado por Allievi desde la válvula hasta el punto crítico y por Michaud en el resto.

Tabla Nº 19: Fórmulas de Michaud y Allievi para determinar longitud crítica:

$L < L_c$	Impulsión corta	$\frac{L}{T} > \frac{a}{2}$	Cierre lento	Michaud	$\Delta H = \frac{2 \times L \times v}{g}$
$L > L_c$	Impulsión larga	$\frac{L}{T} < \frac{a}{2}$	Cierre rápido	Allievi	$\Delta H = \frac{a \times v}{g}$

Fuente: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, Catedra de Ingeniería Rural.

b.3 CAPÍTULO 3: Estructuras de control de sedimento y almacenamiento

b.3.1 Disipadores de energía

Cuando el agua fluye a través de estructuras de vertimiento como caídas, presas vertedoras u otro tipo de estructuras de alta velocidad, el agua adquiere una energía cinética, capaz de erosionar el pie de la estructura vertedora y el canal aguas abajo.

No se debe olvidar que las obras de captación una vez ejecutadas, se interponen en la corriente como un obstáculo y por consiguiente van a originar sedimentaciones y a sufrir las consecuencias de la erosión.

b.3.2 Unidades de acondicionamiento previo y pretratamiento

a. Desarenador

Tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenador se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm.

Criterios de diseño

El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.

El número de unidades mínimas en paralelo es 2 para efectos de mantenimiento. En caso de caudales pequeños y turbiedades bajas se podrá contar con una sola unidad que debe contar con un canal de by-pass para efectos de mantenimiento.

El periodo de operación es de 24 horas por día.

Debe existir una transición en la unión del canal o tubería de llegada al desarenador para asegurar la uniformidad de la velocidad en la zona de entrada.

La transición debe tener un ángulo de divergencia suave no mayor de $12^{\circ} 30'$.

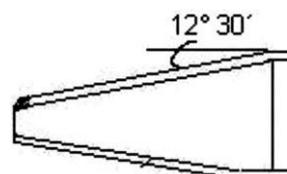


Figura N° 03: Ángulo de divergencia

La velocidad de paso por el vertedero de salida debe ser pequeña para causar menor turbulencia y arrastre de material (Krochin, $V=1$ m/s).

La llegada del flujo de agua a la zona de transición no debe proyectarse en curva pues produce velocidades altas en los lados de la cámara.

La relación largo/ancho debe ser entre 10 y 20.

La sedimentación de arena fina ($d < 0.01$ cm) se efectúa en forma más eficiente en régimen laminar con valores de número de Reynolds menores de uno ($Re < 1.0$).

La sedimentación de arena gruesa se efectúa en régimen de transición con valores de Reynolds entre 1.0 y 1 000.

La sedimentación de grava se efectúa en régimen turbulento con valores de número de Reynolds mayores de 1 000.

b. Sedimentador

Similar objeto al desarenador pero correspondiente a la remoción de partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm.

Criterios de diseño

El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.

El número de unidades mínimas en paralelo es de dos (2) para efectos de mantenimiento.

El periodo de operación es de 24 horas por día.

El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.

La carga superficial será entre los valores de 2 - 10 $m^3/m^2/día$.

La profundidad del sedimentador será entre 1,5 – 2,5 m.

La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3 – 6.

La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 – 20.

El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.

La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.

Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo.

La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.

Se debe efectuar experimentalmente la determinación del volumen máximo que se va a producir.

El caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o inferior a 3 L/s.

Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.

$$\frac{L}{H} = \frac{V_H}{V_S}$$

La sección de la compuerta de la evacuación de lodos (A_2) debe mantener la relación. Donde t es el tiempo de vaciado.

$$A_2 = \frac{A_s * \sqrt{H}}{4850 * t}$$

La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 m a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.

Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 o 1/5 de la altura (H) a partir de la superficie del fondo.

c. Análisis de la calidad del agua de la fuente

Los análisis requeridos para la selección de un sistema de tratamiento deben basarse, como mínimo, en los siguientes parámetros básicos de calidad del agua.

E. Coli, se aceptan como alternativa las bacterias coliformes fecales.

Turbiedad.

En aquellos lugares donde se tenga evidencia de la existencia de sustancias nocivas o metales pesados se deberán exigir los análisis respectivos.

b.3.3 Reservorio

La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente.

Los reservorios cumplen en sistemas de riego una función de almacenamiento que puede ser diurno, nocturno, del turno de riego o estacional. El beneficio mucho depende de la función específica que debe cumplir el reservorio.

Los siguientes tipos de reservorios son distinguidos:

Reservorio de colección (riego).

Cámara de carga/reservorio de compensación (riego por aspersión).

Reservorio nocturno (riego, uso doméstico).

Reservorio de retención (riego, uso doméstico).

Reservorio estacional (riego, uso doméstico).

b.3.4 Vertedero

Es una abertura que se realiza en la pared que puede ser de un depósito o una retención (barrera) colocada en un canal o río, sus objetivos son dos; el primero medir caudal y el segundo permitir el reboce de un líquido contenido en un depósito o la circulación de un líquido que se desplaza en un canal o río.

b.3.4.1 Clasificación

Los vertederos presentan los más diversos comportamientos siendo muchos los factores que sirven de base para su clasificación:

1. Forma
 - a. Simples: rectangulares, triangulares, trapezoidales.
 - b. Compuestos: secciones combinadas como los trapezoidales.
2. Espesor de la pared
 - a. Vertedero de pared delgada: fabricados de placas o madera biselada.
 - b. Vertedero de pared gruesa: con $e \geq 0.66H$.
3. Longitud de la cresta
 - a. Vertederos sin contracciones laterales: $L = B$

b. Vertederos con contracciones: $L < B$

Tabla Nº 20: Coeficientes del vertedero “C”

H_d/h	$h=0.05$	$h=0.10$	$h=0.20$	$h=0.40$	$h=0.60$	$h=0.80$	$h=1.00$	$h=1.50$
0.5	2.316	2.285	2.272	2.266	2.263	2.262	2.262	2.261
1.0	2.082	2.051	2.037	2.030	2.027	2.026	2.025	2.024
2.0	1.964	1.933	1.919	1.912	1.909	1.908	1.907	1.906
10.0	1.870	1.839	1.824	1.817	1.815	1.814	1.813	1.812
∞	1.846	1.815	1.801	1.793	1.791	1.790	1.789	1.788

Fuente: Laboratorio de energía II, Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Energía, Universidad Nacional del Santa, Perú.

$H_d =$ Altura del vertedero en m.

b.4 CAPÍTULO 4: Costos de implementación del proyecto

Para poder establecer los costos del proyecto a realizar, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

Costo: Es una erogación monetaria que se recupera con beneficios, y una cantidad que se da o se paga por una cosa.

Proyecto: Es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver.

Inversión: Gasto o colocación de caudales en aplicaciones productivas. Compra de un activo por un individuo o sociedad.

La viabilidad de un proyecto obedece a estimar las ventajas y desventajas de asignar recursos a su realización, asegurando así la mayor productividad de los recursos.

La evaluación de un proyecto de inversión, cualquiera que esta sea, tiene por objeto conocer su rentabilidad económica y social, de tal manera que asegure resolver una necesidad humana en forma eficiente, segura y rentable.

El estudio de esta investigación pretende contestar el interrogante de cuál de las dos propuestas es más rentable, (sistema presurizado y el canal de concreto trapezoidal).

c) Hipótesis

Con la modelación hidráulica se podrá optimizar la conducción de agua con fines de riego para abastecer a los campos de cultivo del valle de Olmos y así solucionar los problemas de pérdidas de conducción y aumentar la eficiencia.

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

3.1 Operacionalización de variables

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE	Propuesta de conducción de agua.	Sistema de abastecimiento de agua por gravedad es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción del agua desde la captación hasta el reservorio.	Conducción por sistema de gravedad. Conducción por sistema presurizado.	Velocidad. Perdida por fricción. Diámetro de tubería. Caudal. Presión disponible. Presupuesto.
DEPENDIENTE	Para el desarrollo agrícola en parcelas de 1000 hectáreas en el proyecto Olmos Tinajones.	Es el crecimiento de la agricultura libera fuerza laboral para otros sectores.	Desarrollo económico. Desarrollo vial.	Producción agrícola. Incremento en la economía y bienestar de la población afectada.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Diseño de investigación

La investigación a realizar es no experimental – descriptivo, de corte transversal.

No experimental – descriptivo: porque los datos serán tomados tal como ocurre en la realidad, empleando el método analítico.

Corte transversal: porque se está analizado en un periodo exclusivo.

3.3 Unidad de estudio

Lote de terreno de cultivos varios.

3.4 Población

1000 hectárea de terreno en el distrito de Olmos – Tinajones.

3.4.1 Ubicación del área de estudio

Departamento: Lambayeque

Provincia: Lambayeque

Distrito: Olmos

Zona del área de estudio: Olmos – Tinajones



Figura N° 04: Departamento de Lambayeque

Fuente: Gobierno Regional Lambayeque (Proyecto Especial Olmos Tinajones)



Figura N° 05: Ubicación regional del proyecto

Fuente: Gobierno Regional Lambayeque (Proyecto Especial Olmos Tinajones)



Figura N° 06: Ubicación local del proyecto

Fuente: Gobierno Regional Lambayeque (Proyecto Especial Olmos Tinajones)

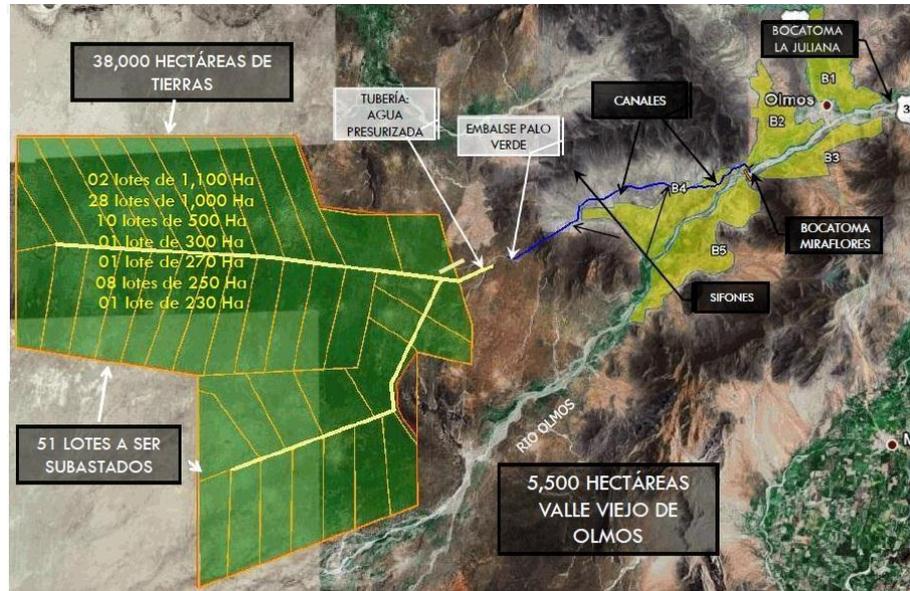


Figura N° 07: Obras de irrigación (obras principales)

Fuente: Gobierno Regional Lambayeque (Proyecto Especial Olmos Tinajones)

3.4.2 Esquema hidráulico del proyecto

Incluye los principales componentes como son: canal de concreto trapezoidal, losa de control de válvulas, tuberías de conducción, obras hidráulicas y de almacenamiento (vertedero, desarenador, sedimentador, reservorio).

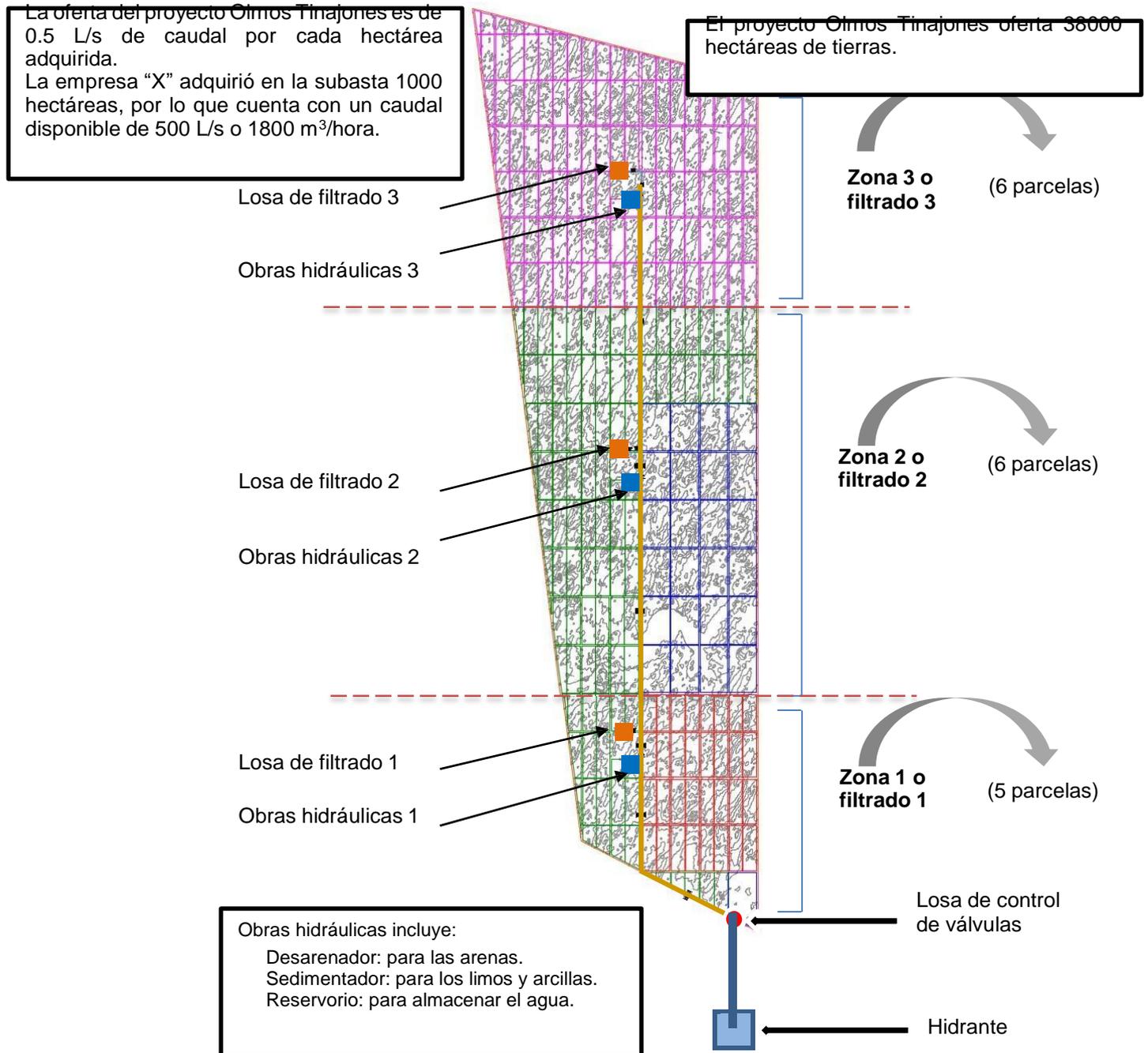


Figura N° 08: Conducción del proyecto Olmos (1000 hectáreas)

Fuente: Elaboración propia

3.5 Muestra (muestreo o selección)

El proyecto Olmos Tinajones oferto 38000 hectáreas (figura N° 08) a las empresas agroexportadoras, por lo que para el estudio de investigación se tomó un lote con un área de 1000 hectáreas.

3.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos y manejo de la información con las que se ha desarrollado la investigación se presenta a continuación:

Observación directa: para el desarrollo de la investigación se empleara la técnica de recolección de datos, donde se captara los hechos, fenómeno o situaciones que se presente.

Software como: AutoCAD 2D, AutoCAD Civil 3D, IRRICAD y H-Canales; también se aplicó hojas de cálculo (Microsoft Excel 2010).

3.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para llevar a cabo el diseño de los diámetros de las tuberías se dividirán en 03 tramos, cada uno de los cuales estará formado por la porción de línea comprendida entre dos tramos consecutivos (de la zona de filtrado 1 a la 3).

La información requerida para la elaboración del proyecto, es la siguiente:

Topografía: Se obtienen planos con la información planimétrica y altimétrica, y la correspondiente a cercos, caminos, construcciones, localización de la fuente de abastecimiento, drenes o desagües, líneas eléctricas, etc.

Planos: Estos deben tener escalas de acuerdo con las superficies que representan.

Google Earth y Google Maps: Estas nuevas herramientas son un punto de entrada sencillo y carente de barreras para el procesamiento y consulta de información geográfica por parte del gran público, que por el dinamismo y versatilidad incorporados en sus programas, hacen parecer estáticos y obsoletos a los principales proveedores de plataformas SIG comerciales.

AutoCAD 2D: Ayuda a crear dibujos en 2D de forma más rápida y con mayor precisión.

AutoCAD Civil 3D: Es una herramienta que ayuda a obtener en tiempo real una interacción entre un diseño 2D y una vista en 3D.

IRRICAD: Permite el diseño de sistemas de riego o abastecimiento de agua a presión.

H-CANALES: Permite el diseño de canales y estructuras hidráulicas.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

1. DESARROLLO DE LOS ESCENARIOS PROPUESTOS

Toda la información fue proporcionada por la empresa agroindustrial (por motivos de confidencialidad no mencionaremos su nombre).

El proyecto Olmos – Tinajones oferta 0.50 lps, la empresa agroindustrial adquiere un total de 1000 ha. Por ende el caudal disponible u ofertado es de 1800 m³/hr. La empresa agroindustrial quiso aprovechar el recurso hídrico desde el primer día que tomaron posición del fundo, ellos desean conducir en su totalidad del agua ofertada y distribuirla en las losas de filtrado y los reservorios, y la idea de la empresa fue siempre tener agua disponible en cualquiera de los puntos de distribución, es decir en un momento disponer del recurso hídrico en las losas, y en otro momento contar dicho recurso en los reservorios, es por ello que se optó por repartir el agua en los diversos puntos del proyecto de riego y es así que se tienen obtuvieron 6 escenarios de distribución del agua.

Tabla N° 21: Turnos o escenarios propuestos para tubería presurizada

ESCENARIO	CAUDAL (m ³ /hr)						CAUDAL TOTAL OFERTADO (m ³ /hr)
	Reservorio 1	Losa 1	Reservorio 2	Losa 2	Reservorio 3	Losa 3	
TURNO O ESCENARIO 1		600 m ³ /hr		600 m ³ /hr		600 m ³ /hr	1800
TURNO O ESCENARIO 2		900 m ³ /hr		900 m ³ /hr			1800
TURNO O ESCENARIO 3				900 m ³ /hr		900 m ³ /hr	1800
TURNO O ESCENARIO 4	600 m ³ /hr		600 m ³ /hr		600 m ³ /hr		1800
TURNO O ESCENARIO 5	900 m ³ /hr		900 m ³ /hr				1800
TURNO O ESCENARIO 6			900 m ³ /hr		900 m ³ /hr		1800

Fuente: Elaboración propia

Nota: El caudal de 1800 m³/hr es lo ofertado por el proyecto Olmos - Tinajones, el cual está en función a la cantidad de área adquirida en la subasta de las tierras.

Tabla Nº 22: Turnos o escenarios propuestos (presión ofertada – presión disponible)

ESCENARIO	Q TOTAL (m ³ /hr)	C	HF	VELOCIDAD	PRESIÓN OFERTADA (m.c.a)	PRESIÓN DISPONIBLE (m.c.a)		
			(m)	(m/s)		Losa 1	Losa 2	Losa 3
TURNO O ESCENARIO 1	1800	135	17.23	1.41	43	Losa 1 27.27	Losa 2 31.14	Losa 3 25.77
TURNO O ESCENARIO 2	1800	135	15.72	1.41	43	Losa 1 27.28	Losa 2 31.80	Losa 3 ---
TURNO O ESCENARIO 3	1800	135	24.61	1.41	43	Losa 1 ---	Losa 2 26.28	Losa 3 18.39
TURNO O ESCENARIO 4	1800	135	15.25	1.41	43	Reservorio 1 32.30	Reservorio 2 32.90	Reservorio 3 27.75
TURNO O ESCENARIO 5	1800	135	11.22	1.41	43	Reservorio 1 31.78	Reservorio 2 34.07	Reservorio 3 ---
TURNO O ESCENARIO 6	1800	135	20.68	1.41	43	Reservorio 1 ---	Reservorio 2 28.87	Reservorio 3 20.68

Fuente: Elaboración propia

Nota: Por la experiencia en campo, se recomienda trabajar con C=135; con el tiempo los sedimentos precipitan en la tubería y el diámetro interno disminuye, por ello se recomienda usar dicha C=135.

2. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CANAL (Software H-CANALES 3.0)

Para el desarrollo del diseño geométrico y estructuras hidráulicas del canal de forma trapezoidal se utilizó el software **HCANALES** versión **3.0**.



Figura N° 09: Pantalla inicio H-CANALES

El sistema permite resolver el diseño de canales y estructuras hidráulicas, las cuales son:

- Calcular el tirante normal.
- Calcular el tirante crítico.
- Calcular el resalto hidráulico.
- Calcular la curva de remanso.
- Calcular pendiente, ancho de solera, coeficiente de rugosidad, diámetros de tuberías.

Pasos:

1. Definir qué tipo de sección transversal se va desarrollar, para el trabajo de investigación será de forma trapezoidal:

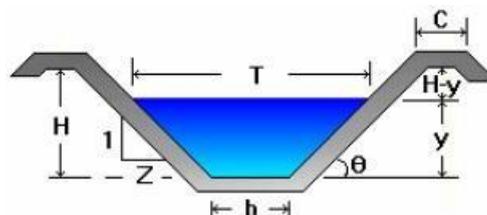


Figura N° 10: Elementos geométricos del canal

2. Los elementos geométricos de una sección transversal trapezoidal, se muestra en la figura N° 10, con ella se establece la nomenclatura que se utiliza en HCANALES.

Donde:

- y** = Tirante de agua, es la profundidad máxima del agua del canal.
b = Ancho de solera; plantilla o solera, es el ancho de la base del canal.
T = Espejo de agua, es el ancho de la superficie del agua.
C = Ancho de la corona del borde.
H = Profundidad total del canal o altura del borde.
H – y = Borde libre.
Θ = Ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal.
Z = Talud, indica la inclinación de las paredes del canal, representa la proyección horizontal cuando la vertical es 1.

La relación entre **Θ** y **Z** es:

$$Z = \text{ctg } \Theta \quad (1)$$

- A** = Área hidráulica, es el área transversal ocupada por el líquido.
p = Perímetro mojado, es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el agua.
R = Radio hidráulico, se obtiene de la siguiente relación:

$$R = \frac{A}{p} \quad (2)$$

- ȳ** = Profundidad media, se obtiene de la siguiente relación:

$$\bar{y} = \frac{A}{T} \quad (3)$$

3. Las ecuaciones generales que se utilizan en el software son:

(4)	Ecuación de continuidad	$Q = vA$	Donde: Q = caudal, en m ³ /s. v = velocidad, en m/s. A = área hidráulica, en m ² .
(5)	Ecuación de la energía	$ET = z + y + \frac{v^2}{2g}$	Donde: ET = carga de energía total, en m-kg/kg. z = carga de posición, en m-kg/kg. $\frac{v^2}{2g}$ = carga de velocidad, en m-kg/kg.
(6)	Energía específica	$E = y + \frac{v^2}{2g}$	Donde: E = energía específica.
(7)	Ecuación de Manning	$V = \frac{1.49R^{2/3}S^{1/2}}{n}$	Donde: v = velocidad media, en m/s. R = radio hidráulico, en m.

			S = pendiente de la línea de energía, en m/m. n = coeficiente de rugosidad.
(8)	Ecuación de Manning y continuidad	Esta ecuación es la más utilizada para el cálculo de tirante normal: $Q = \frac{1.49}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$	Donde: Q = caudal, en m ³ /s. A = área hidráulica, en m ² . R = radio hidráulico, en m. S = pendiente de la línea de energía, en m/m. n = coeficiente de rugosidad.
(9)	Ecuación general del flujo crítico	Ecuación general, utilizada para calcular el tirante crítico: $\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c}$	Donde: Q = caudal, en m ³ /s. g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s ² . A _c = área hidráulica crítica, en m ² . T _c = espejo de agua crítico, en m.
(10)	Número de Froude	$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{T}}}$	Donde: Fr = número de Froude, adimensional. v = velocidad media, en m/s. g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s ² . A = área hidráulica, en m ² . T = espejo de agua, en m.
(11)	Fuerza específica	$F = \frac{Q^2}{gA} + y_G A$	Donde: F = fuerza específica. Q = caudal, en m ³ /s. g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s ² . A = área hidráulica, en m ² . y _G = profundidad hasta llegar al centro de gravedad de la sección transversal, en m.
(12)	Ecuación dinámica del flujo gradualmente variado	$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_e}{1 - \frac{Q^2 T}{gA^3}}$	Donde: dy/dx = variación del tirante y, con la distancia x. S _o = pendiente del fondo del canal. S _e = pendiente de la línea de energía. Q = caudal, en m ³ /s. T = espejo de agua, en m. A = área hidráulica, en m ² . g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s ² .

Tabla N° 23: Ecuaciones aplicadas en el software H-Canales.

- Tirante normal**, submenú del tirante normal: Cuando mediante el mouse o las teclas de flechas, se selecciona del menú principal la opción del tirante normal, se obtiene un submenú, como se muestra en la figura N° 11.



Figura N° 11: Tirante normal

- Sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica**, una sección es de máxima eficiencia hidráulica, cuando para la misma área, pendiente y calidad de las paredes, deja pasar un caudal máximo.
 El diseño de este tipo de sección se recomienda solo para canales revestidos porque para canales en tierra, por lo general dan velocidades erosivas.

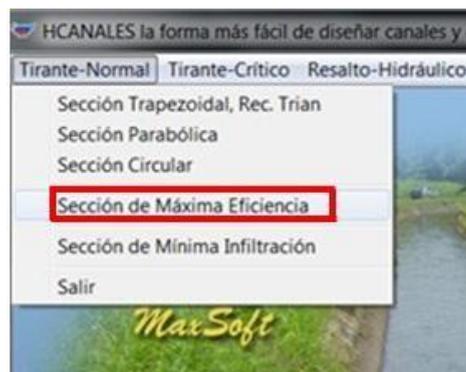


Figura N° 12: Sección de máxima eficiencia

- Para una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica, se cumple:

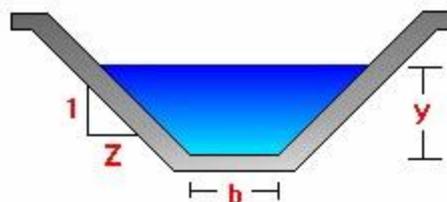


Figura N° 13: Sección trapezoidal

Relación b/y:

$$\frac{b}{y} = 2(\sqrt{1+z^2} - z) \quad (13)$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{b}{2} \quad (14)$$

Utilizando las ecuaciones (8), (13) y (14); se obtiene los valores de **y**, **b**.

7. Uso de HCANALES, resultados:

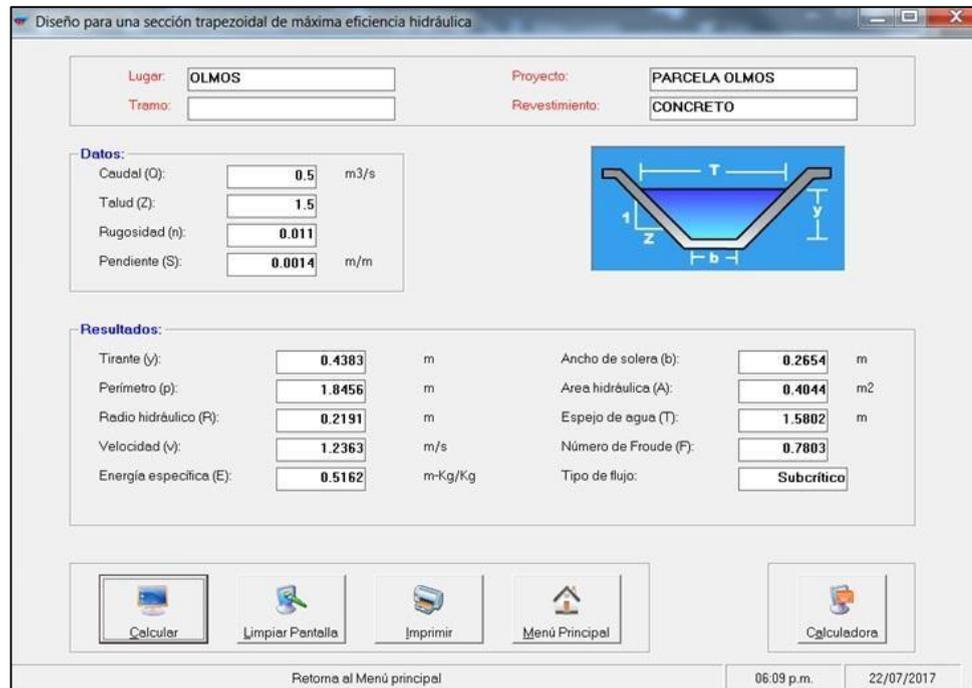


Figura N° 14: Resultados canal trapezoidal

2. CÁLCULO DE LA POZA DISIPADORA DE ENERGÍA

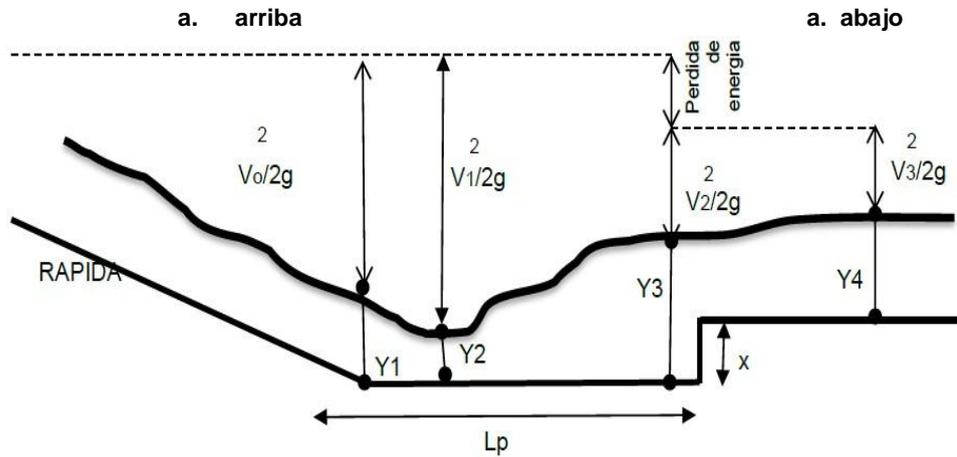


Figura N° 15: Poza disipadora de energía

Datos:

Caudal (Q)
Talud (Z)
Plantilla (b)
Tirante (Y)
Lámina T
Velocidad (V)
Cota rasante
Desnivel Z

Pie poza Y1	Aguas abajo Y4	
0.5		m ³ /s
1.50	1.50	
0.27	0.27	m
0.44	0.44	m
1.59	1.59	m
1.80	1.23	m/s
64.00	64.10	m.s.n.m
-0.10		

Cálculos:

1. Cálculo del ancho de la poza (según USBR)

$$B = \frac{18.78 \sqrt{Q}}{10.11 + Q}$$

B (definido)

2. Cálculo del caudal unitario

$$q = \frac{Q}{B} + 0.0015$$

3. Cálculo del tirante crítico

$$Y_c = \left(\frac{q^2}{9.81} \right)^{\frac{1}{3}}$$

4. Supuestos:

Y2 =
Prof. Poza x

1.25	m
1.50	m
0.335	m ³ /s-m
0.23	m
0.10	m
0.10	m

Verificación de niveles de energía:

5. Donde ocurre Y1 la energía total es:
ET1

$$= V + T + \left(\frac{V^2}{2 \times 9.81} \right)$$

64.61	m.s.n.m
-------	---------

6. Donde ocurre Y4 la energía total es:
ET4

$$= V + T + \left(\frac{V^2}{2 \times 9.81} \right)$$

64.62	m.s.n.m
-------	---------

7. Donde ocurre Y2 la energía totales ET2 = ETT1
V2:

$$= (2 \times 9.81 \times (ET1 - \text{Cota rasante} - Y2))^{0.5}$$

Y2 Calculado:

$$= \frac{B}{(B_{\text{definido}} \times V2)}$$

2.82	m
------	---

0.12	m
------	---

Condiciones para darse por aceptado el diseño

8. Y2 supuesto semejante a Y2 calculado
Y3:

$$= \frac{0.45 \times q}{(Y2_{\text{calculado}})^{0.5}}$$

0.44	m
------	---

Cálculo de profundidad de poza disipadora

9. $X = Y - Y3$

0.00	Ok
------	----

Cálculo de longitud de la poza disipadora

10. $Lp = 5 \times (Y3 - Y2_{\text{calculado}})$
Tomamos

1.60	m
------	---

2.50	m
------	---

3. CÁLCULO DE SOBREELEVACIÓN

Datos:

Coefficiente del tipo de régimen de flujo en el canal y la sección transversal del canal. ©	1.000	
Velocidad media en el canal. (V)	1.236	m/s
Ancho del canal. (B)	1.580	m
Radio de la curva, medido con respecto al eje del canal (Ro)	0.219	m
Profundidad del flujo. (y)	0.438	m

Cálculos:

1. Sobreelevación con respecto a la superficie libre horizontal	$\Delta y = C \frac{V^2 \cdot B}{g \cdot R_o}$	1.12	m
2. Régimen de flujo			
Subcrítico:	$R_{O_{\min}} = 3 \cdot B$	4.74	
Súpercrítico:	$R_{O_{\min}} = \frac{4 \cdot V^2 \cdot B}{g \cdot y}$	2.25	

4. DISEÑO DEL SISTEMA PRESURIZADO (Software IRRICAD)



IRRICAD es un paquete de diseño asistido por ordenador, basado en gráficos, diseñado para el diseño de sistemas de riego presurizado o de suministro de agua. **IRRICAD** es mucho más que un paquete de dibujo porque combina las ventajas del dibujo CAD con las poderosas técnicas de dimensionamiento de tuberías hidráulicas y análisis de redes, y también proporciona una selección automática de accesorios de tuberías, generando así una lista completa de materiales.

Los sistemas se pueden diseñar para cubrir la gama completa de:

Sistemas presurizados por gravedad.

Características principales:

Fácil de preparar, dibujos de diseño de alta calidad a sus especificaciones.

Automático dimensionado de tuberías y el análisis de los sistemas de la línea principal y la zona de bucle y la ramificación.

Selección de accesorios y automática generación de lista de materiales.

Módulo de información integral para la prestación de concepción y cálculo de informes.

Instalación trazado flexible para preparar los planos de diseño.

Importación sin fisuras de los archivos de imágenes y archivos de AutoCAD, incluyendo la red de elevación.

Representación gráfica de la operación del sistema.

Fácil entrada y la subdivisión de grandes bloques de las zonas de regadío.

Conversión automática de elementos de dibujo a los componentes hidráulicos.

Método avanzado para el cálculo y el uso de los datos de elevación en los cálculos hidráulicos.

Representación visual de errores en los datos importados.

Etiquetado y rápida generación de leyendas automática.

Ventajas:

Un enfoque de sistemas integrados que le ahorra tiempo y dinero.

Un análisis rápido de los sistemas hidráulicos complejos que facilita los cambios de diseño más rápidas.

Una amplia gama de opciones de diseño.

Presentaciones de calidad pueden ser preparadas con un mínimo esfuerzo.

El aumento de imagen de la empresa una mayor productividad y,

Un mecanismo de respuesta rápida a las necesidades cambiantes de sus clientes.

Procedimiento de diseño del sistema de aducción en IRRICAD:

La parcela de 1000 hectáreas en el proyecto Olmos – Tinajones se dividirá en 3 secciones, para las cuales se realizó el siguiente procedimiento de diseño:

Se siguieron los siguientes pasos para el diseño:

1. Ingresar detalles de diseño

Según el diseño agronómico y el proyecto tipo se tienen los siguientes datos:

Caudal de conducción:	1800 m ³ /h.
Presión requerida:	26.00 m.c.a
Presión disponible:	40.00 m.c.a

Fuente: Información proporcionada por la empresa "X".

Dentro de la plataforma de IRRICAD se ejecutó el comando Archivo/Nuevo para iniciar con un diseño nuevo. En configuración/aducción se eligió diseño específico y se seleccionó una base de datos, para este caso IRRICAD.mdb (Figura N° 16), que contiene las características de diferentes emisores, tuberías, válvulas y diversos accesorios que se utilizaron en el diseño.

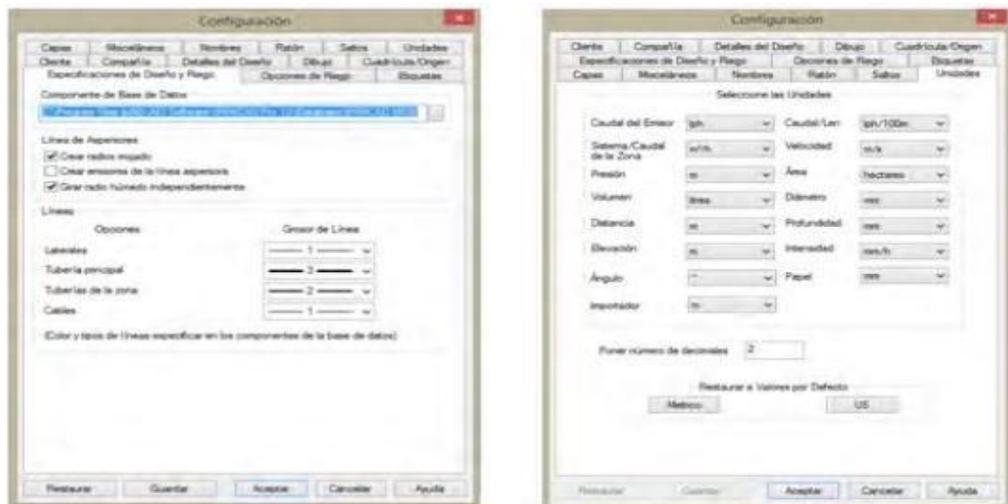


Figura N° 16: Selección de la base de datos y del sistema de unidades

2. Ingresar información de fondo

La topografía se puede crear desde IRRICAD o importarse en un formato aceptado por el programa. Un archivo DXF (versión 2000) existente que contenga datos de elevación, otro archivo DXF (versión 2000) con información de campo (detalle, trazos de tubería, etc.), se puede importar en IRRICAD así como archivos DWG, VCD, GCD, SHP y MIF.

IRRICAD al igual que la topografía puede importar o crear el área de riego mediante sus herramientas, se puede ingresar en polígonos a nivel bloques de riego o como un solo polígono que contenga la totalidad del área y dividirse dentro del programa. Para el diseño del proyecto tipo se utilizó un archivo DXF para importar las curvas de nivel y el área a nivel bloques de riego como se muestra en la figura N° 17.

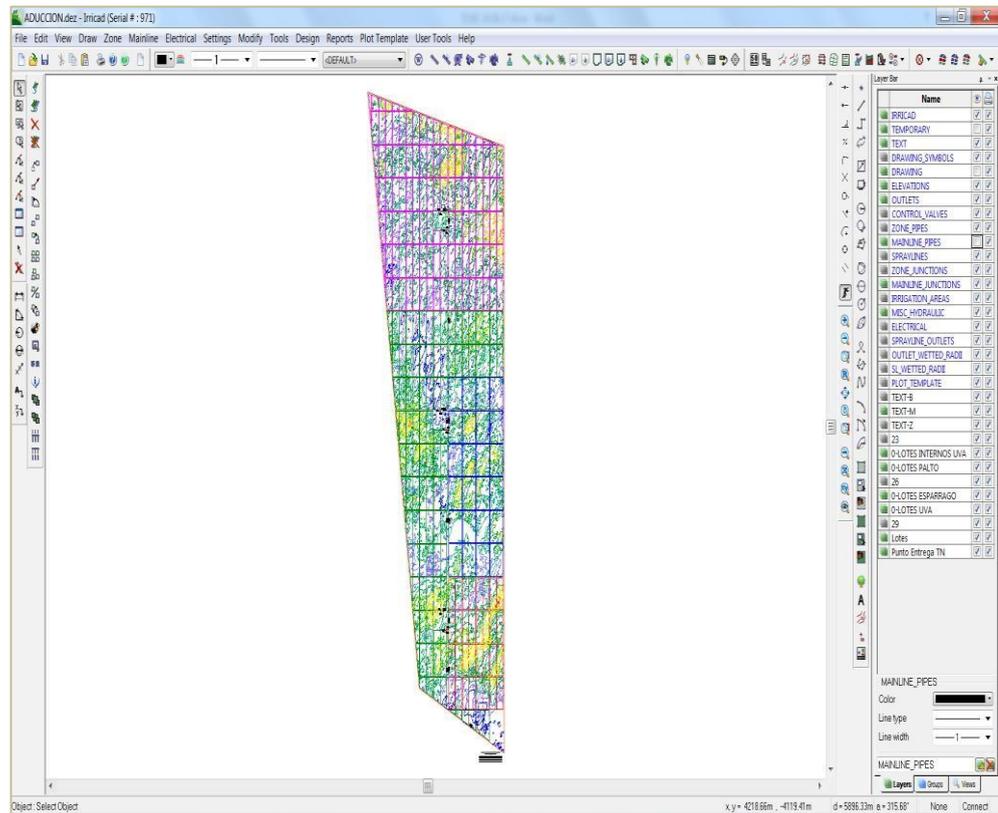


Figura N° 17: Importación de archivo de elevaciones y distribución parcelaria

Se ingresó la información a la plataforma de IRRICAD desde un archivo creado en AUTOCAD 2016 (software original) en formato DXF con los siguientes contenidos: curvas de nivel, bloques de riego y ubicación de la fuente de abastecimiento.

3. Estructura del Sistema de aducción

El programa diseña el sistema de aducción de acuerdo a parámetros: hidráulicos y económicos, ubicación y abastecimiento de la fuente. Para el diseño de la aductora se trazó manualmente dentro el software IRRICAD la tubería, en la opción "presión de entrada" se dejó la que el programa proporciona según la base de datos, posteriormente se analizó considerando tuberías paralelas en ciertos tramos para reducir la velocidad y garantizar la presión requerida de los sistemas de campo.

El programa seleccionó la tubería automáticamente de acuerdo a los parámetros hidráulicos del diseño. En caso de que el usuario requiera utilizar un diámetro específico este se debe indicar.

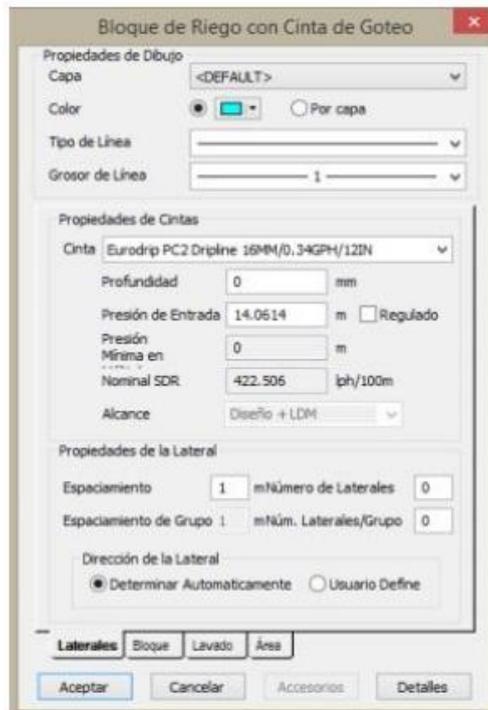


Figura N° 18: Parámetros de diseño para laterales.

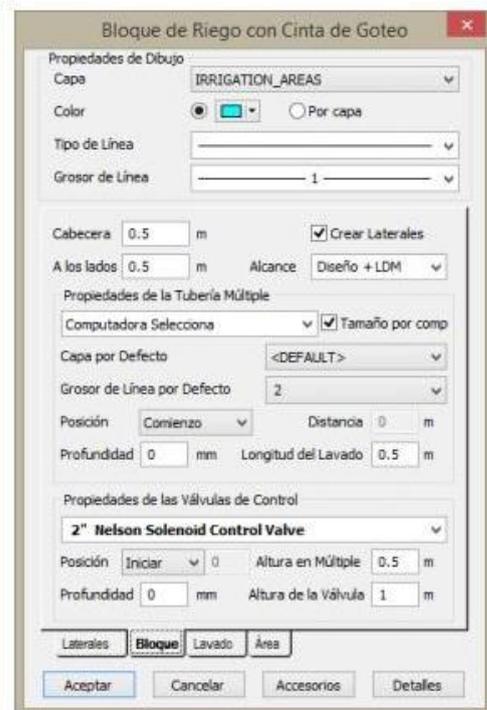


Figura N° 19: Parámetros de diseño para bloque.

El ingreso de la presión requerida y caudal requerido se hizo de manera manual con el objeto llamado “demand point”, en las 3 zonas de riego.

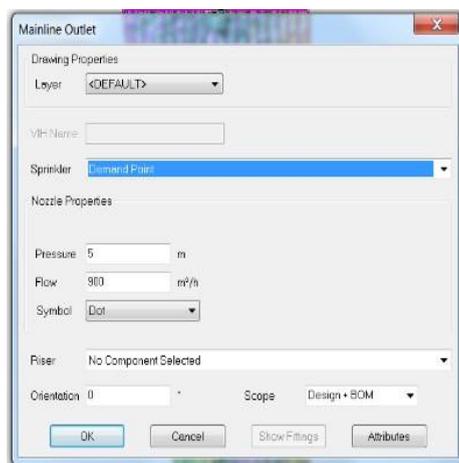


Figura N° 20: Ingreso de presiones y caudales requeridos con “demand point”

Finalizado el dibujo de todas las zonas de riego con sus componentes, se dibujó la tubería principal. Se utilizó la herramienta principal/tubería para trazar la tubería

principal y se indicó que se escogieran automáticamente los materiales de la base de datos seleccionada (Figura N° 20), las bifurcaciones que presento la tubería, se unieron mediante la herramienta principal/unión.

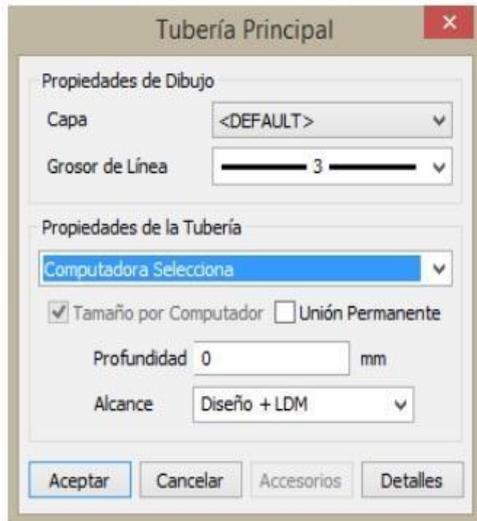


Figura N° 21: Parámetros de diseño para tubería principal

Al finalizar el trazo de la tubería principal se utilizó la herramienta principal/fuente de agua y se ingresó la ubicación de la fuente de abastecimiento.

IRRICAD tiene la opción de diseñar la fuente de abastecimiento adecuada para el proyecto en caso de no contar con una ya establecida, dado que en este caso ya existe se agregaron sus características (Figura N° 22).

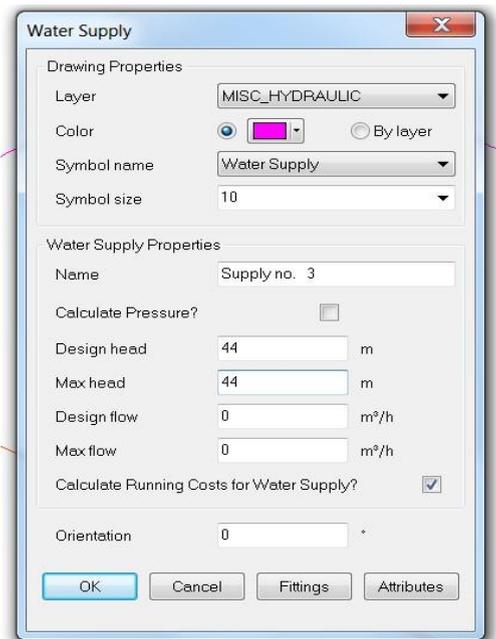


Figura N° 22: Parámetros de la fuente de abastecimiento

4. Gestión y diseño

Se fijó una velocidad máxima permisible de 1.8 m/s para determinar el diámetro de la tubería secundaria y principal y mediante la herramienta diseño/análisis LP (Figura N° 23) se realizó el diseño automático de diámetros.

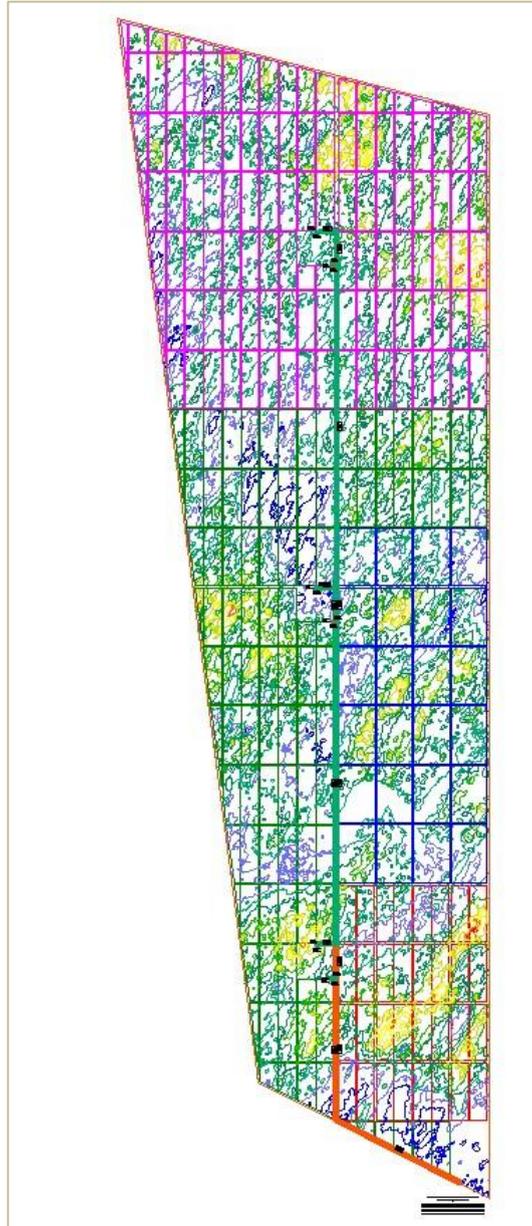


Figura N° 23: Diseño de tubería aductora

5. Se asignaron los límites permisibles de velocidad de flujo de agua en las tuberías. Se realizó el análisis y diseño hidráulico de la tubería secundaria. Posteriormente se verificó la presión de llegada a cada zona. De manera gráfica se asignaron los turnos o escenarios del sistema. Finalizadas las acciones anteriores se analizó el funcionamiento hidráulico de la tubería principal.

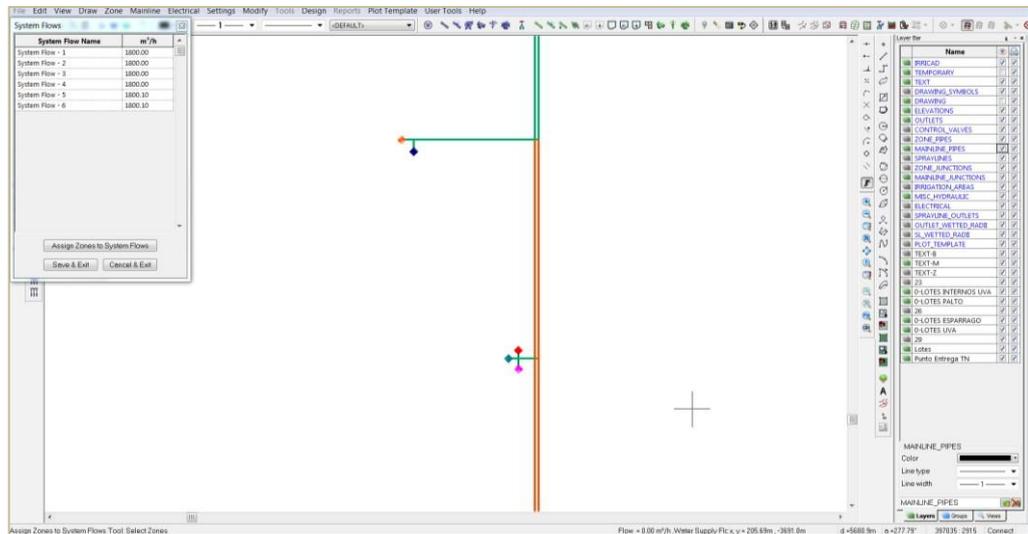


Figura N° 24: Turnos o escenarios de riego

Se asignaron los turnos o escenarios del sistema para cada bloque, con la herramienta diseño/ asignar turnados a zonas, el volumen máximo de gasto por bloque fue 1.8 m/s el cual es el disponible (Figura N° 24).

6. Se revisaron los resultados hidráulicos del diseño, velocidad y presión, se verificaron que se encontrarán dentro del rango permisible y requerido por el sistema.

El siguiente paso fue diseñar los diámetros de la tubería principal automáticamente seleccionando la herramienta diseño/análisis LP principal (Figura N° 25).

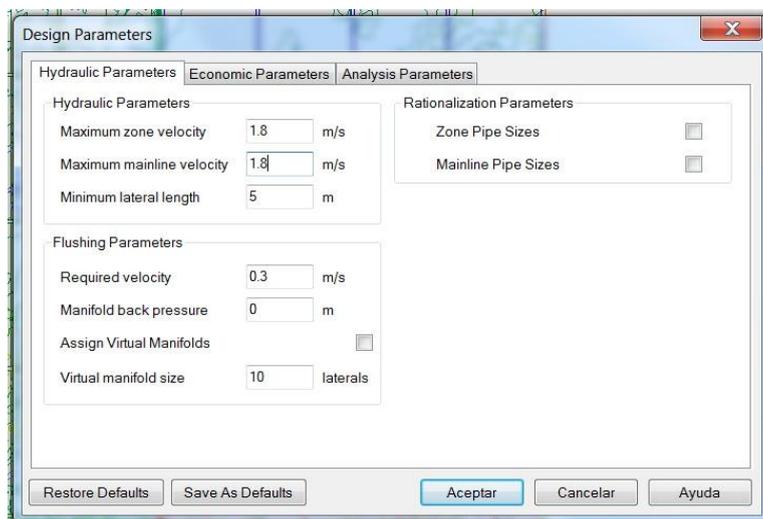


Figura N° 25: Optimización de tubería principal

7. Imprimir planos e informes del diseño

ESTRUCTURAS DE CONTROL DE SEDIMENTO Y ALMACENAMIENTO

5. CÁLCULO DE LA CAIDA VERTICAL (VERTEDERO)

Datos:

Caudal de conducción (Q)	0.50	m ³ /s
Ancho de la cresta de descarga (B)	1.00	m
Altura de la caída vertical (H)	1.00	m
Profundidad de llegada (P)	1.50	m
Cota altitudinal de la rasante final del canal superior	73.65	m

Cálculos por tanteo:

Aplicando las fórmulas de caída vertical (criterios de diseño):

1. Tirante normal (Y)	1.914	m
2. Coeficiente del vertedero (C)	1.813	
3. $Le = B - 0.2 (h)$	0.304	m
4. Altura de caída: $h = \left(\frac{Q}{C \times Le}\right)^{2/3}$	0.414	
5. $q = \frac{Q}{Le}$	1.64	
6. Número de caída: $D = \frac{q^2}{g \times H^3}$	0.2750	
7. Longitud de caída: $Ld = 4.30 \times D^{0.27} \times H$	3.03	
8. Tirante crítico: $Y_c = \left(\frac{Q^2}{g}\right)^{1/3}$	0.233	m
9. $V_c = \frac{Q}{Le \times Y_c}$	7.04	
10. Altura del primer bloque de impacto = 0.8 (Yc)	0.19	
11. Distancia del desnivel al bloque de impacto = Ld + 0.8 (Yc)	3.22	
12. Longitud total mínima de la poza = Ld + 2.55 (Yc)	3.63	
13. Ancho y separación de los bloques de impacto = 0.4 (Yc)	0.09	
14. Altura del sardinel transversal = 0.4 (Yc)	0.09	
15. Tirante mínimo posterior bloque de impacto = 2.15 (Yc)	0.50	
16. $\theta = \arcsin \left(\frac{H}{Y_c + 1.5}\right)^{0.5}$	63.85	°

Vista de planta y de perfil del vertedero:

PLANTA

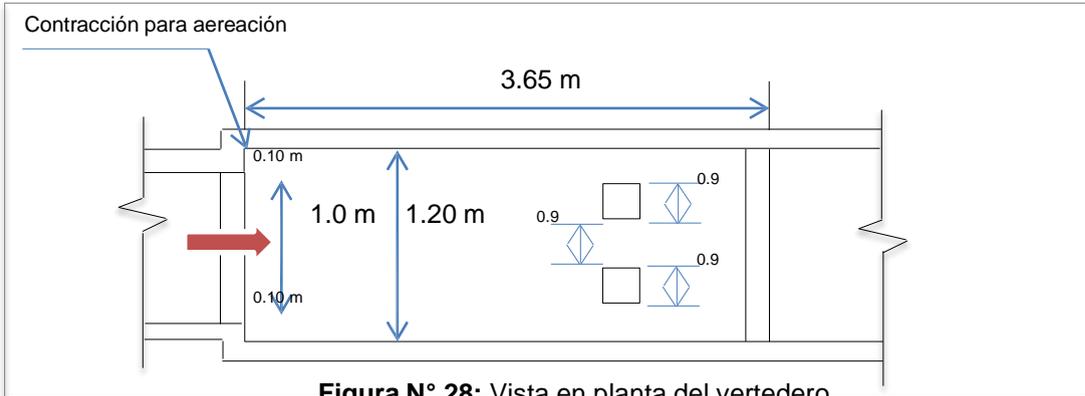


Figura N° 28: Vista en planta del vertedero

Fuente: Elaboración propia

PERFIL

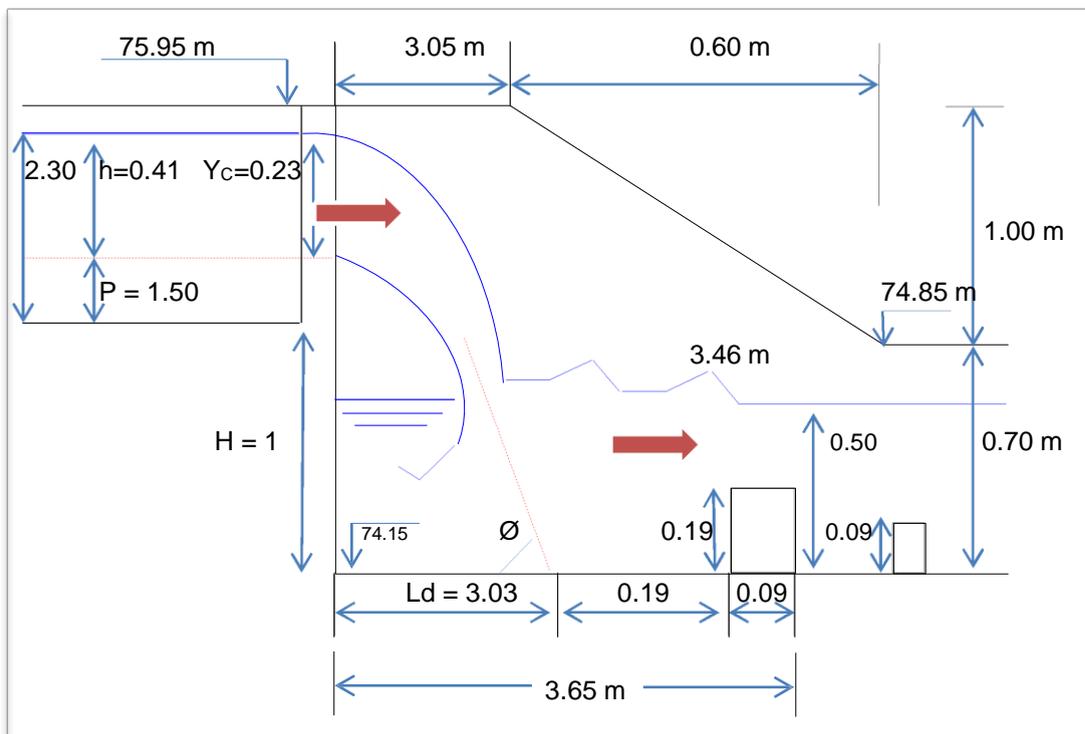


Figura N° 29: Vista de perfil del vertedero

Fuente: Elaboración propia

6. CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE UN DESARENADOR

Caudal de diseño		m ³ /hr
Factor de conversión	900.00	
Caudal de diseño	3.60	lps
Nº de desarenadores	2.50	unid
Caudal de diseño por desarenador	2	lps
	125.00	

Datos:

Caudal de conducción (Q)		
Caudal de diseño: 1800 m ³ /hr / 2 unidades = 900 m ³ /hr		
Factor de conversión: 3.6		
Caudal de diseño: 900 m ³ /hr / 3.6 = 250 lps		
Caudal de diseño por desarenador: 250 lps / 2 unidades	125.00	l/s
Altura del canal de ingreso (h)	0.20	m
Tirante del agua en el canal de ingreso (Y)	0.44	m
Ancho de sección del canal de ingreso (b)	0.40	m
Ángulo de divergencia de transición (β)	16.16	°
Velocidad longitudinal en el desarenador (V)	0.20	m/s
Diámetro mínimo de las partículas a decantar (Ø)	0.30	mm
Ancho de desarenador en relación altura de agua (B)	2H	
Coefficiente de seguridad (C) (varía entre 1.5 y 2)	2	

Cálculos:

1. La altura de aguas (H) en el desarenador depende de la velocidad (V), el caudal (Q) y el ancho (B) del desarenador: luego usando la ecuación de continuidad:

$$Q = V \times B \times H ; \text{ se tiene } H =$$

2. Ancho del desarenador; resulta B =
3. La velocidad de decantación para el diámetro de la partícula definida según el dato experimental de Arkhangeiski es W =
4. Según la ecuación de Stokes y tomando la expresión de Sokolov para el componente normal de turbulencia (u = 0.152W), resulta la ecuación siguiente para la longitud del desarenador (L)

$$L = \frac{1.18 \times C \times h \times V}{W}$$

0.56	m
1.15	m
3.24	cm/s
8.15	cm/s

Vista de planta y de perfil de desarenador:

PLANTA

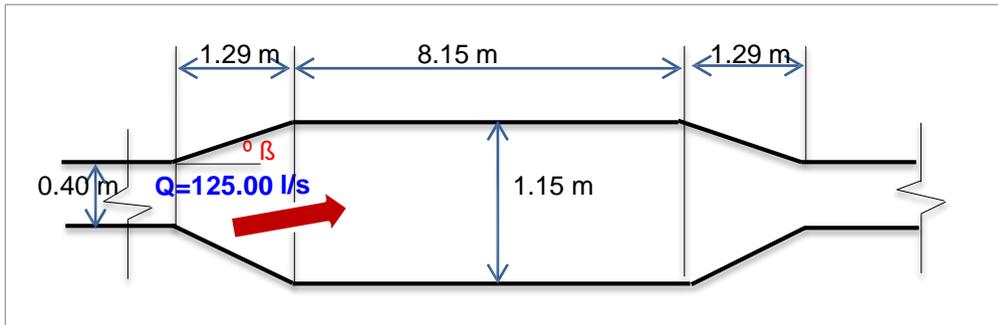


Figura N° 30: Vista en planta del desarenador

Fuente: Elaboración propia

PERFIL

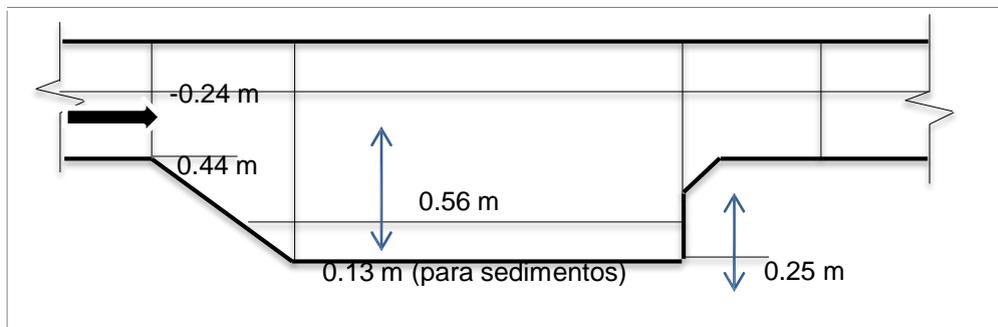


Figura N° 31: Vista de perfil del desarenador

Fuente: Elaboración propia

7. CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE UN SEDIMENTADOR

Datos:

- Caudal de diseño (Q)
- Caudal de diseño: 1800 m³/hr / 2 unidades = 900 m³/hr
- Factor de conversión: 3.6
- Caudal de diseño: 900 m³/hr / 3.6 = 250 lps
- Caudal de diseño por desarenador: 250 lps / 2 unidades
- Velocidad de sedimentación (Vs)
- Base del sedimentador (B)
- Distancia entre la entrada y la pantalla difusora (L1)
- Profundidad (H)

0.125	m ³ /s
0.0005	m/s
3.00	m
5.00	m
2.50	m

Cálculos:

- Se determina el área superficial de la unidad (As)

$$As = \frac{Q}{Vs}$$

250.00	m ²
--------	----------------

- Se asume un ancho del sedimentador y se determina la longitud de la zona de sedimentación

$$L2 = \frac{As}{B}$$

83.33	m
-------	---

- Se asume la distancia de separación entre la entrada y la pantalla difusora (L1)

5.00	m
------	---

- Calculamos la longitud total de la unidad

$$L = L1 + L2$$

88.33	m
-------	---

Verificamos con la relación

$$3 < \frac{L}{B} < 6 \quad \rightarrow \quad \frac{L}{B} = \frac{88.33}{3.00} =$$

29.44	CUMPLE
-------	--------

- Se asume la profundidad H

Verificamos con la relación

$$L \quad \quad \quad L \quad 88.33$$

2.50	m
35.33	

$$5 < \frac{L}{H} < 20 \quad \rightarrow \quad \frac{L}{H} = \frac{88.33}{2.50} =$$

1.67	CUMPLE
------	--------

- Calculamos la velocidad horizontal

$$100 \times Q$$

$$V_H = \frac{100 \times Q}{B \times H}$$

1.39	m/s
------	-----

- Se determina el periodo de retención

$$\frac{As \times H}{Q}$$

$$T_0 = \frac{As \times H}{3600 \times Q}$$

10.83	min
-------	-----

- Con una pendiente de 10% en el fondo de la unidad se tiene como altura máxima

3.00	m
2.50	
0.10	
10.83	
5.00	
83.33	
88.33	

Dimensiones:

- Base (B)
- Profundidad (H)
- Pendiente (S)
- Altura máxima (H')
- Longitud (L)

m

m

%

m

m

m

m

Vista de planta del sedimentador:

PLANTA

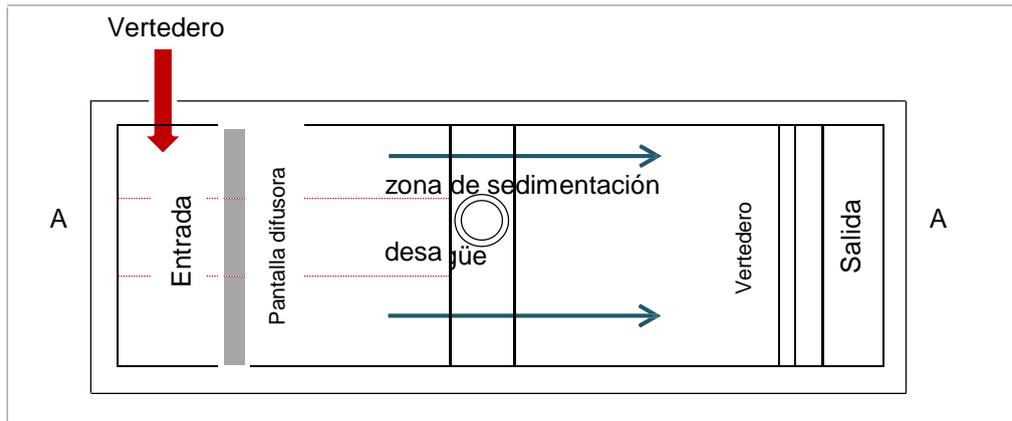


Figura N° 32: Vista en planta del sedimentador

Fuente: Elaboración propia

PERFIL

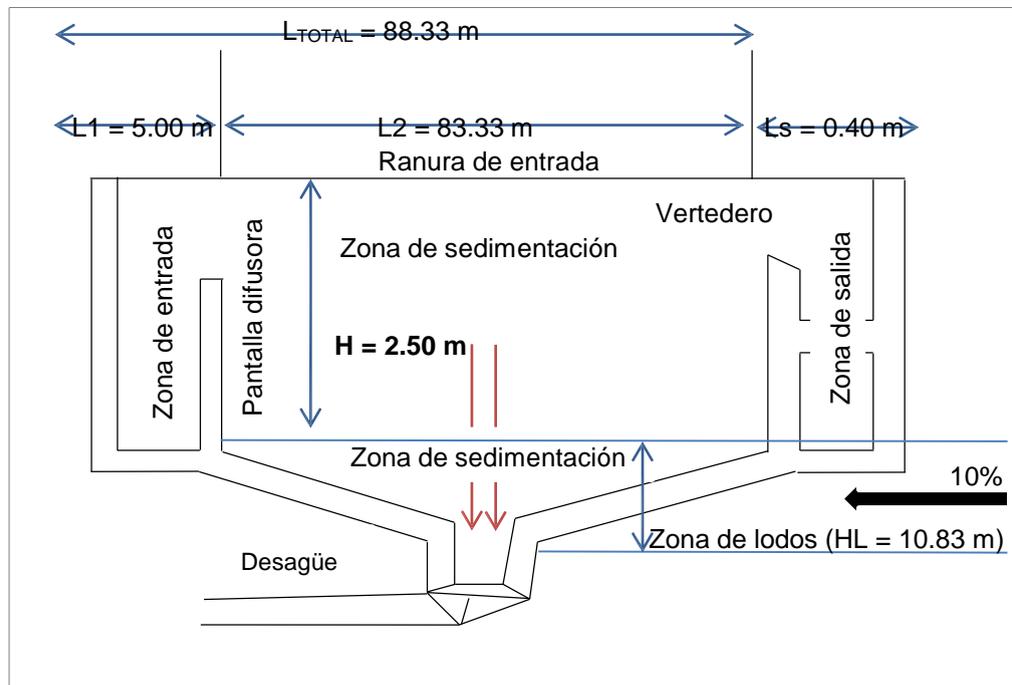


Figura N° 33: Vista de perfil del sedimentador

Fuente: Elaboración propia

8. CÁLCULO DE GOLPE DE ARIETE Y CELERIDAD (Método de Mendiluce y Allievi)

Datos:

Módulo de elasticidad de la tubería E kg/cm²
Coeficiente K1 = 1E06/E

$$= \frac{1000000}{30,000}$$

Diámetro exterior de la tubería

Espesor de la tubería

Caudal

Velocidad del agua

$$= \frac{\left(\frac{500}{1000}\right)}{\left(\frac{(630 - 2) \cdot 7.7^2}{1000}\right)^{\frac{1}{4}}}$$

3.1415

Altura manométrica del grupo de bombeo

Longitud de la impulsión

Pendiente hidráulica

$$= \frac{100 \cdot 40}{1581}$$

30,000	
33.33	mm
630	mm
7.7	l/s
500	
1.69	m/s
40	m.c.a
1581	m
2.53	%

Cálculos:

6. Cálculo del coeficiente C

11. Cálculo del coeficiente K

12. Cálculo del tiempo de parada T (ecuación de Mendiluce)

$$T = C + \frac{K \times L \times v}{g \times H_m}$$

13. Cálculo de la celeridad "a" con la fórmula de Allievi o se calculan las tablas para calcular la sobrepresión.

$$\alpha = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + \dots}}$$

14. Cálculo de la longitud crítica "Lc"

$$\frac{\alpha \cdot L}{2}$$

15. Caracterizar la impulsión (Comparar L con Lc)

16. Cálculo de sobrepresión y subpresión

Sobrepresión al pie de la impulsión (H)

Sobrepresión al pie de la impulsión (-H)

Si hay depresión, vacío a restar de Pat.

1.00	
1	
7.81	s
190.22	m/s
742.81	m
Impulsión larga	
32.77	m
-32.77	m
Tubería en presión	mmHg

Usar tubería PVC

Clase 5 (enterrada)

9. CÁLCULO DE RESERVORIO

a. Volumen del agua

Datos:

Largo de reservorio (L)	140.00	m
Ancho de reservorio (A)	22.50	m
Ángulo de la pendiente del talud (α)	30	°
Profundidad del agua (p)	4.50	m
Altura del borde libre (s)	0.50	m

Cálculos:

1. Área superior del reservorio $= L \times A$	3,150.00	m ²
2. Profundidad del reservorio (h) $= p + s$	5.00	m
3. Ancho del talud interno (a'') $= \frac{h}{\text{sen}(\alpha)}$	10.00	m
4. Largo del fondo del reservorio (l) $= L - (2 \times \frac{h}{\text{tang}(\alpha)})$	122.68	m
5. Ancho del fondo del reservorio (a) $= A - (2 \times \frac{h}{\text{tang}(\alpha)})$	5.18	m
6. Área del fondo del reservorio (b) $= l \times a$	635.42	m ²
7. Largo del espejo de agua (l') $= L - (2 \times \frac{s}{\text{tang}(\alpha)})$	138.27	m
8. Ancho de espejo de agua (a') $= A - (2 \times \frac{s}{\text{tang}(\alpha)})$	20.77	m
9. Área del espejo de agua (B) $= l' \times a'$	2,871.54	m ²
10. Volumen de agua (va) $= (\frac{p}{3}) \times (B + b + \sqrt{B + b})$	7,286.62	m ³
11. Área de la sección transversal del reservorio (ast) $= (\frac{a' + a}{2}) \times p$	58.38	m ²

Caudal demandado (m ³ /hr)	900	Información cliente
Tiempo de riego (hr)	8	Información cliente
Volumen diario (m ³) (1800 x 8)	7,200	
Número de días de almacenamiento	1	
Volumen total (m ³) (14400 x 1)	7,200	

b. Con profundidad inicial adicional

Datos:

Largo de la profundidad inicial adicional (l'')	0.00	m
Profundidad inicial adicional (p'')	0.00	m

Cálculos:

12. Área superior del fondo adicional (as) $= l'' \times p''$	0.00	m
13. Largo del fondo del fondo adicional (lf) $= l'' - (2 \times \frac{p''}{\text{tang}(\alpha)})$	0.00	m
14. Ancho del fondo del fondo adicional (af) $= a - (2 \times \frac{p''}{\text{tang}(\alpha)})$	5.18	m
15. Área del fondo del fondo adicional $= lf \times af$	0.00	m
16. Volumen del fondo adicional (vf) $= (\frac{p''}{3}) \times (as + af + \sqrt{as \times af})$	0.00	m ²
17. Largo del terraplén (lt) $= l \times l''$	122.68	m
18. Volumen del terraplén (vt) $= \frac{a \times p'' \times lt}{2}$	0.00	m
19. Volumen de agua con profundidad inicial adicional $= va + vf + vt$	7286.62	m ²

c. Volumen de excavación

Datos:

Ancho de la corona (ac)	2.00	m
Profundidad de excavación (pe)	1.80	m

Cálculos:

20. Altura de relleno (ar) $= h - pe$	3.20	m
21. Ancho del talud externo (at)	5.54	m

	$= \frac{ar}{\text{tang}(\alpha)}$	
22. Largo total del reservorio (lt)	$= L + (2 \times ac) + (2 \times at)$	155.09 m
23. Ancho total del reservorio (at)	$= A + (2 \times ac) + (2 \times at)$	37.59 m
24. Volumen de excavación (ve)	$= \left(\frac{ar}{3}\right) \times (as + af + \sqrt{as + af})$	3,120.11 m ³
25. Volumen de relleno (talud superior largo) (t1)	$= \left(\frac{ar}{3}\right) \times (B1 + b1 + \sqrt{B1 + b1})$	3,287.25 m ³
26. Volumen de relleno (talud superior ancho)(t2)	$= \left(\frac{ar}{3}\right) \times (B2 + b2 + \sqrt{B2 + b2})$	753.34 m ³
27. Volumen de relleno (vr)	$= (2 \times t1) + (2 \times B2)$	7,558.11 m ³
28. Volumen de eliminación (ve)	$= ve - vr$	-4,438.00 m ³
B1 = lt x (ac + (2 x at))		20.29.31
b1 = ac x (L + (2 x ac))		288.00
B2 = at x (ac + (2 x at))		491.81
b2 = ac x (A + (2 x ac))		53.00

d. Geomembrana

Datos:

Borde superior (corona) (bs) 0.90 m

Cálculos:

29. Área de la geomembrana

$$= b + (2 \times (L \times bs)) + (2 \times (A \times bs))$$

$$+ (2 \times at \times \left(\frac{L+1}{2}\right)) + (2 \times at \times \left(\frac{A+a}{2}\right))$$

3,831.50 m²

e. Datos obtenidos

Volumen de agua	7,286.62 m ³
Área de geomembrana	3,831.51 m ²
Volumen de excavación	3,120.11 m ³
Volumen de relleno	7,558.11 m ³
Eliminación de material excedente	-4,438.00 m ³

Vista de planta de reservorio:

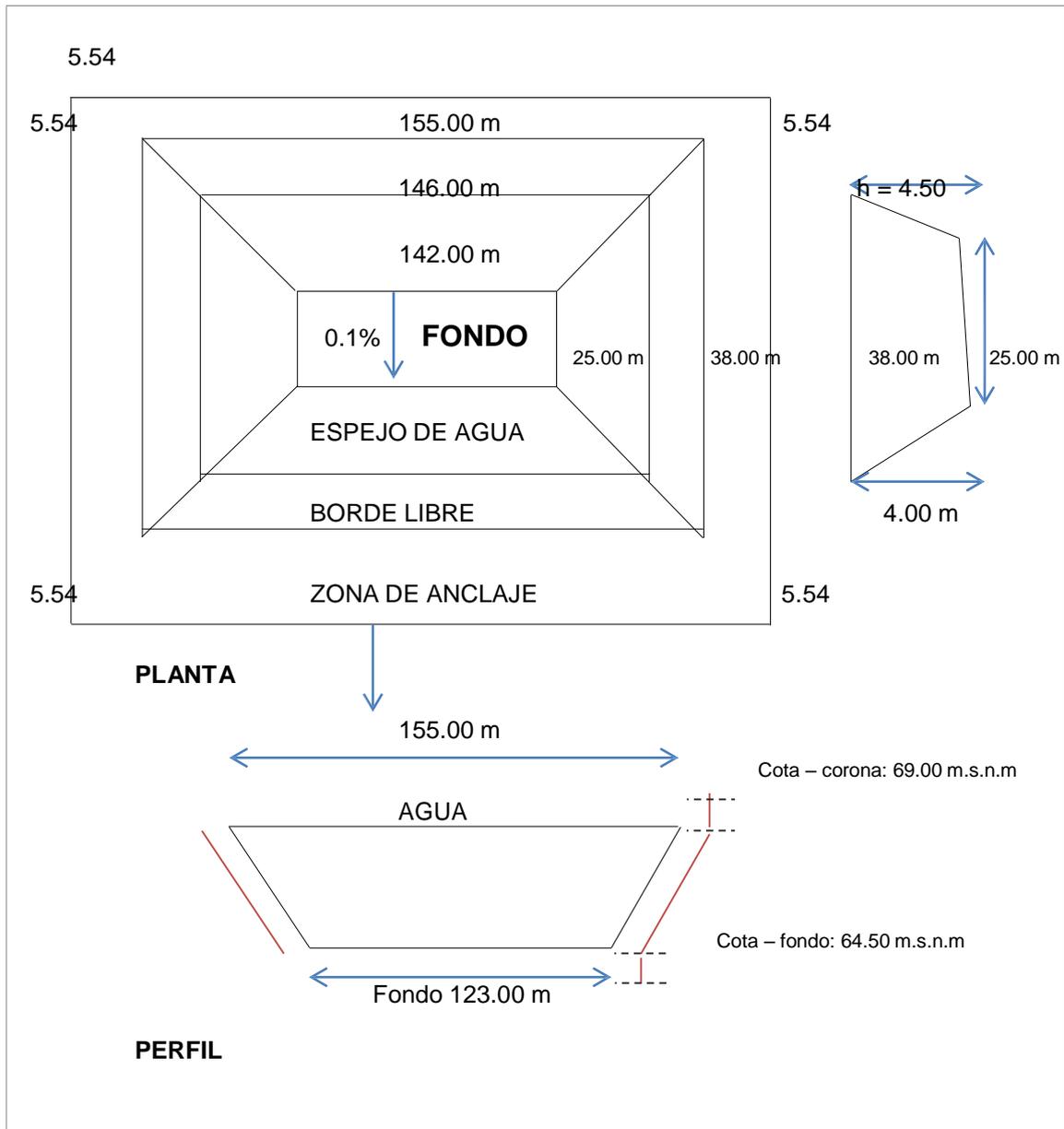


Figura N° 34: Vista en planta y perfil del reservorio

Fuente: Elaboración propia

10. PRESUPUESTO (COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL)

El objetivo es identificar los criterios necesarios para tomar las decisiones referentes a la ejecución del proyecto, por lo que se evalúa desde la perspectiva económica para determinar la factibilidad del proyecto.

a. CANAL

T.C (\$.)	3.25
-----------	------

Nº partida	Especificaciones	Metrados		Costos S/.	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
01.00	Poza disipadora				3,879.30
01.01	Limpieza del terreno manual	m ²	12.80	0.85	10.88
01.02	Trazo, nivelación y replanteo	m ²	12.80	1.76	22.53
01.03	Excavación manual	m ³	25.60	16.78	429.57
01.04	Eliminación de material excedente	m ³	25.60	8.58	219.65
01.05	Soleado E=4", concreto f'c=100 kg/cm ²	m ²	1.36	26.40	35.90
01.06	Concreto f'c=210 kg/cm ²	m ³	1.92	351.80	675.46
01.07	Encofrado y desencofrado	m ²	54.40	26.12	1,420.93
01.08	Acero corrugado Fy=4200 kg/cm ² , grado 60°	kg	173.91	4.92	855.64
01.09	Compuerta metálica tipo tarjeta	unid	1.00	208.75	208.75
02.00	Obras de conducción (canal de concreto)				4'140,229.32
02.01	Eliminación de vegetación nociva en el canal	m	5,850.00	0.73	4,270.50
02.02	Limpieza del terreno manual	m	5,850.00	0.87	5,089.50
02.03	Trazo y replanteo inicial	m	5,850.00	1.24	7,254.00
02.04	Trazo y replanteo final	m	5,850.00	0.87	5,089.50
02.05	Excavación masiva con excavadora	m ³	210,287.54	2.20	462,632.59
02.06	Nivelación, refine y apisonado manual	m	5,850.00	1.08	6,318.00
02.07	Mejoramiento de suelo con material propio	m ³	5,850.10	13.62	79,678.36
02.08	Relleno y compactación con material	m ³	839.15	12.51	10,497.77
02.09	Eliminación de material excedente	m ³	209,448.09	8.58	1'797,064.61
02.10	Concreto f'c=175 kg/cm ²	m ³	1,773.16	351.80	623,796.28
02.11	Encofrado y desencofrado	m ²	37,604.95	26.12	982,241.35
02.12	Junta elastomérica E=1", Esp=0.15 m, en canales	m	17,424.40	8.97	156,296.87
Fuente: Elaboración propia					

03.00	Tomas laterales				7,117.87
03.01	Limpieza del terreno manual	m ²	5.00	0.85	4.25
03.02	Trazo, nivelación y replanteo	m ²	5.00	1.76	8.80
03.03	Excavación manual para toma lateral	m ³	5.00	16.78	83.90
03.04	Eliminación de material excedente	m ³	5.00	8.58	42.90
03.05	Concreto f'c=175 kg/cm ²	m ³	0.15	351.80	52.77
03.06	Encofrado y desencofrado	m ²	15.00	26.12	391.80
03.07	Tarrajeo interior con impermeabilizante m, 1:1, 1.5 cm	m ²	5.00	15.60	78.00
03.08	Compuerta metálica tipo tarjeta.	unid	5.00	1,291.09	6,455.45
Total partida (S/.)					4'151,226.49

Costo directo	4'151,226.49
G.G y Utilidad	83,024.53
Subtotal	4'234,251.02
I.G.V (18%)	762,165.18
Total presupuesto (S/.)	4'996,416.20

Total presupuesto (\$.)	1'537,358.83
--------------------------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

***Metrados:

02.09	Eliminación de material excedente	m ³	209,448.09	8.58	1'797,064.61
-------	--	----------------	------------	------	--------------

Estación	Área de corte (Sq.M.)	Volumen de corte (Cu.M.)	Cum. Corte Vol. (Cu.M.)
0+000.00	0.97	0	0
0+020.00	1	19.69	19.69
0+040.00	1.02	20.19	39.88
0+060.00	1.05	20.69	60.57
0+080.00	1.07	21.19	81.76
0+100.00	1.1	21.71	103.47
0+120.00	1.12	22.22	125.69
0+140.00	1.15	22.75	148.44
0+160.00	1.18	23.28	171.72
0+180.00	1.2	23.82	195.53
0+200.00	1.23	24.36	219.89
0+220.00	1.26	24.93	244.82
0+240.00	1.3	25.57	270.39
0+260.00	1.33	26.26	296.65
0+280.00	1.37	26.96	323.61
0+300.00	1.4	27.66	351.27
0+320.00	1.43	28.35	379.62
0+340.00	1.47	29.02	408.64
0+360.00	1.5	29.7	438.34
0+380.00	1.54	30.42	468.76
0+400.00	1.58	31.24	500
0+420.00	1.73	33.12	533.12
0+440.00	2.39	41.17	574.29
0+460.00	3.08	54.74	629.03
0+480.00	3.81	68.97	698.01
0+500.00	4.57	83.88	781.88
0+520.00	5.37	99.44	881.33
0+540.00	6.2	115.68	997
0+560.00	7.05	132.53	1,129.53
0+580.00	7.93	149.89	1,279.42
0+600.00	8.87	168.08	1,447.50
0+620.00	10.92	197.9	1,645.40
0+640.00	20.02	309.34	1,954.74
0+660.00	24.52	445.4	2,400.13
0+680.00	22.65	471.74	2,871.87
0+700.00	14.04	366.88	3,238.75
0+720.00	8.68	227.17	3,465.92
0+740.00	5.54	142.22	3,608.13

0+760.00	2.65	81.89	3,690.02
0+780.00	2.25	49.03	3,739.06
0+790.00	2.27	22.63	3,761.69
0+800.00	2.29	22.82	3,784.50
0+820.00	2.33	46.18	3,830.69
0+840.00	2.37	46.99	3,877.68
0+860.00	2.45	48.24	3,925.92
0+880.00	2.52	49.71	3,975.62
0+900.00	5.45	79.73	4,055.35
0+920.00	6.17	116.23	4,171.58
0+940.00	7.96	141.31	4,312.89
0+960.00	11.56	195.26	4,508.16
0+980.00	12.19	237.57	4,745.73
1+000.00	12.25	244.45	4,990.18
1+020.00	12.31	245.61	5,235.80
1+040.00	12.37	246.77	5,482.57
1+060.00	12.43	247.94	5,730.51
1+080.00	12.48	249.1	5,979.61
1+100.00	12.57	250.55	6,230.16
1+120.00	22.34	349.09	6,579.24
1+140.00	26.56	488.93	7,068.17
1+160.00	29.71	562.68	7,630.86
1+180.00	32.81	625.24	8,256.09
1+200.00	36.73	695.42	8,951.52
1+220.00	41.03	777.64	9,729.15
1+240.00	44.53	855.63	10,584.79
1+260.00	44.69	892.2	11,476.98
1+280.00	49.58	942.7	12,419.68
1+300.00	58.48	1,080.59	13,500.27
1+320.00	66.8	1,252.74	14,753.01
1+340.00	67.03	1,338.22	16,091.24
1+360.00	67.15	1,341.72	17,432.96
1+380.00	67.27	1,344.11	18,777.07
1+400.00	67.38	1,346.47	20,123.54
1+420.00	66.65	1,340.28	21,463.82
1+440.00	66.29	1,329.35	22,793.17
1+460.00	61.11	1,273.96	24,067.12
1+480.00	46.34	1,074.43	25,141.56
1+500.00	46.11	924.5	26,066.05
1+520.00	45.86	919.72	26,985.78
1+540.00	45.93	917.84	27,903.62
1+560.00	45.94	918.67	28,822.30
1+580.00	43.17	891.11	29,713.40
1+600.00	38.49	816.58	30,529.98
1+620.00	32.42	709.1	31,239.08

1+640.00	28.38	608.03	31,847.12
1+660.00	28.43	568.11	32,415.23
1+680.00	28.45	568.76	32,983.99
1+700.00	29.65	580.96	33,564.95
1+720.00	34.01	636.56	34,201.51
1+740.00	32.44	664.47	34,865.97
1+760.00	28.88	613.17	35,479.14
1+780.00	29.67	585.5	36,064.65
1+800.00	29.61	592.86	36,657.50
1+820.00	34.96	645.75	37,303.25
1+840.00	39.8	747.62	38,050.87
1+860.00	46.45	862.56	38,913.43
1+880.00	48.31	947.6	39,861.03
1+900.00	70.16	1,184.67	41,045.71
1+920.00	70.54	1,406.99	42,452.70
1+940.00	70.27	1,408.10	43,860.80
1+960.00	70.77	1,410.41	45,271.21
1+980.00	70.85	1,416.20	46,687.41
2+000.00	71.02	1,418.70	48,106.12
2+020.00	71.09	1,421.12	49,527.24
2+040.00	71.27	1,423.67	50,950.91
2+060.00	64.45	1,357.27	52,308.18
2+080.00	63.15	1,276.05	53,584.23
2+100.00	62.75	1,259.06	54,843.29
2+120.00	59.44	1,221.94	56,065.22
2+140.00	53.67	1,131.13	57,196.35
2+160.00	51.84	1,055.16	58,251.51
2+180.00	48.08	999.22	59,250.73
2+200.00	42.74	908.16	60,158.89
2+220.00	34.04	767.75	60,926.64
2+240.00	30.91	649.51	61,576.15
2+260.00	30.85	617.59	62,193.74
2+280.00	31.18	620.24	62,813.98
2+300.00	22.99	541.63	63,355.61
2+320.00	16.3	392.89	63,748.50
2+340.00	17.77	340.71	64,089.21
2+360.00	19.43	371.97	64,461.18
2+380.00	21.15	405.79	64,866.97
2+400.00	22.92	440.74	65,307.71
2+420.00	25.05	479.76	65,787.47
2+440.00	27.79	528.43	66,315.91
2+460.00	30.74	585.31	66,901.22
2+480.00	31.7	624.38	67,525.60
2+500.00	31.83	635.28	68,160.88
2+520.00	32.04	638.67	68,799.55

2+540.00	32.17	642.04	69,441.60
2+560.00	32.28	644.5	70,086.10
2+580.00	32.34	646.24	70,732.33
2+600.00	32.58	649.22	71,381.56
2+620.00	41.04	736.21	72,117.77
2+640.00	48.54	895.82	73,013.59
2+660.00	50.82	993.61	74,007.21
2+680.00	51.76	1,025.79	75,033.00
2+700.00	51.58	1,033.35	76,066.35
2+720.00	51.83	1,034.01	77,100.37
2+740.00	52.01	1,038.31	78,138.68
2+760.00	44.73	967.37	79,106.05
2+780.00	37.29	820.23	79,926.28
2+800.00	33.43	707.25	80,633.53
2+820.00	33.19	666.23	81,299.76
2+840.00	30.82	640.09	81,939.85
2+860.00	21.44	522.6	82,462.45
2+880.00	22.57	440.11	82,902.56
2+900.00	19.67	422.43	83,324.99
2+920.00	17.46	371.34	83,696.33
2+940.00	16.06	335.2	84,031.53
2+960.00	18.16	342.19	84,373.72
2+980.00	18.46	366.21	84,739.93
3+000.00	18.53	369.88	85,109.80
3+020.00	18.6	371.26	85,481.06
3+040.00	18.68	372.76	85,853.82
3+060.00	18.75	374.3	86,228.11
3+080.00	18.82	375.71	86,603.82
3+100.00	18.89	377.03	86,980.86
3+120.00	22.96	418.45	87,399.31
3+140.00	29.07	520.24	87,919.55
3+160.00	22.53	515.91	88,435.47
3+180.00	19.16	416.87	88,852.34
3+200.00	23.28	424.41	89,276.75
3+220.00	26.45	497.28	89,774.03
3+240.00	29.01	554.59	90,328.62
3+260.00	27.71	567.2	90,895.82
3+280.00	25.58	532.9	91,428.72
3+300.00	22.36	479.41	91,908.13
3+320.00	22.66	450.22	92,358.34
3+340.00	25.78	484.45	92,842.80
3+360.00	28.16	539.4	93,382.20
3+380.00	31.77	599.3	93,981.50
3+400.00	36.15	679.27	94,660.78
3+420.00	53.8	899.57	95,560.35

3+440.00	56	1,098.02	96,658.37
3+460.00	53.38	1,093.84	97,752.20
3+480.00	53.89	1,072.73	98,824.93
3+500.00	80.53	1,344.18	100,169.11
3+520.00	58.94	1,394.73	101,563.84
3+540.00	41.21	1,001.58	102,565.41
3+560.00	35.71	769.26	103,334.68
3+580.00	33.42	691.32	104,026.00
3+600.00	29.43	628.49	104,654.48
3+620.00	20.71	501.34	105,155.82
3+640.00	20.77	414.76	105,570.58
3+660.00	20.84	416.12	105,986.70
3+680.00	20.91	417.55	106,404.25
3+700.00	20.98	418.97	106,823.22
3+720.00	21.06	420.4	107,243.62
3+740.00	21.13	421.84	107,665.47
3+760.00	21.2	423.28	108,088.74
3+780.00	20.26	414.61	108,503.35
3+800.00	21.15	414.08	108,917.44
3+820.00	25.92	470.65	109,388.09
3+840.00	36.2	621.15	110,009.24
3+860.00	24.51	607.04	110,616.28
3+880.00	24.54	490.47	111,106.76
3+900.00	32.29	568.25	111,675.01
3+920.00	37.43	697.12	112,372.13
3+940.00	38.43	758.57	113,130.70
3+960.00	38.61	770.4	113,901.10
3+980.00	38.56	771.75	114,672.85
4+000.00	38.92	774.86	115,447.70
4+020.00	34.58	735	116,182.71
4+040.00	22.21	567.92	116,750.63
4+060.00	22.32	445.31	117,195.94
4+080.00	39.13	614.44	117,810.37
4+100.00	39.77	788.91	118,599.29
4+120.00	56	957.69	119,556.98
4+140.00	52.46	1,084.59	120,641.58
4+160.00	46.11	985.67	121,627.24
4+180.00	44.77	908.86	122,536.10
4+200.00	39.68	844.53	123,380.63
4+220.00	39.57	792.52	124,173.15
4+240.00	39.72	792.95	124,966.10
4+260.00	39.85	795.68	125,761.78
4+280.00	35.07	749.12	126,510.90
4+300.00	36.96	720.3	127,231.20
4+320.00	40.2	771.6	128,002.79

4+340.00	40.48	806.71	128,809.50
4+360.00	40.57	810.42	129,619.92
4+380.00	31.02	715.84	130,335.76
4+400.00	24.93	559.45	130,895.21
4+420.00	25.8	507.3	131,402.52
4+440.00	25.92	517.26	131,919.78
4+460.00	40.61	665.3	132,585.09
4+480.00	41	816.11	133,401.20
4+500.00	41.35	823.53	134,224.73
4+520.00	41.06	824.12	135,048.85
4+540.00	41.19	822.5	135,871.34
4+560.00	47.88	890.66	136,762.00
4+580.00	55.26	1,031.41	137,793.41
4+600.00	62.57	1,178.35	138,971.76
4+620.00	62.79	1,253.59	140,225.36
4+640.00	62.9	1,256.89	141,482.25
4+660.00	63.02	1,259.21	142,741.46
4+680.00	63.14	1,261.54	144,003.00
4+700.00	63.25	1,263.86	145,266.86
4+720.00	60.83	1,240.82	146,507.68
4+740.00	55.48	1,163.08	147,670.76
4+760.00	63.58	1,190.62	148,861.39
4+780.00	63.72	1,273.03	150,134.41
4+800.00	61.76	1,254.74	151,389.16
4+820.00	44.5	1,062.55	152,451.71
4+840.00	40.91	854.08	153,305.79
4+860.00	40.89	817.96	154,123.75
4+880.00	42.23	831.2	154,954.95
4+900.00	42.9	851.36	155,806.31
4+920.00	43.37	862.7	156,669.01
4+940.00	43.33	866.99	157,536.00
4+960.00	54.93	982.59	158,518.59
4+980.00	59.08	1,140.08	159,658.67
5+000.00	64.79	1,238.77	160,897.43
5+020.00	65.09	1,298.81	162,196.24
5+040.00	64.41	1,295.00	163,491.24
5+060.00	62.12	1,265.39	164,756.63
5+080.00	65.41	1,275.39	166,032.01
5+100.00	65.58	1,309.99	167,342.01
5+120.00	65.44	1,310.22	168,652.23
5+140.00	65.84	1,312.74	169,964.97
5+160.00	65.96	1,317.93	171,282.90
5+180.00	66.07	1,320.30	172,603.20
5+200.00	65.87	1,319.45	173,922.65
5+220.00	56.86	1,227.27	175,149.92

5+240.00	50.78	1,076.39	176,226.31
5+260.00	44.74	955.27	177,181.58
5+280.00	44.94	896.85	178,078.44
5+300.00	45.2	901.4	178,979.84
5+320.00	45.31	905.12	179,884.96
5+340.00	45.29	906.01	180,790.97
5+360.00	48.62	939.06	181,730.02
5+380.00	52.73	1,013.44	182,743.47
5+400.00	50.31	1,030.35	183,773.82
5+420.00	46.73	970.41	184,744.23
5+440.00	45.6	923.36	185,667.59
5+460.00	45.7	913.07	186,580.65
5+480.00	45.8	915.07	187,495.72
5+500.00	45.9	917.08	188,412.80
5+520.00	46	919.09	189,331.89
5+540.00	46.11	921.1	190,252.99
5+560.00	46.21	923.11	191,176.10
5+580.00	46.31	925.13	192,101.22
5+600.00	46.41	927.14	193,028.36
5+620.00	46.52	929.26	193,957.62
5+640.00	46.82	933.33	194,890.95
5+660.00	50.46	972.72	195,863.68
5+680.00	60.08	1,105.33	196,969.00
5+700.00	66.12	1,262.01	198,231.01
5+720.00	70.62	1,367.48	199,598.49
5+740.00	94.27	1,648.89	201,247.38
5+760.00	95.91	1,901.73	203,149.11
5+780.00	92.48	1,883.89	205,032.99
5+790.00	80.26	865.62	205,898.61
5+800.00	69.8	752.64	206,651.25
5+810.00	69.84	698.2	207,349.45
5+820.00	69.93	698.85	208,048.31
5+840.00	70.05	1,399.79	209,448.09
5+852.00	69.86	839.45	210,287.54

Fuente: Elaboración propia

b. SISTEMA PRESURIZADO (ADUCTORA)

T.C (\$.)	3.25
------------------	------

Nº partida	Especificaciones	Metrados		Costos S/.	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
01.00	Obras preliminares				3,339.43
01.01	Trazo, nivelación y replanteo	m	5,575.00	0.60	3,339.43
02.00	Movimiento de tierras				409,946.21
02.01	Excavación con maquinaria terreno normal (tubería 630mm)	m ³	10,035.00	8.67	86,959.85
02.02	Excavación con maquinaria terreno normal (tubería 500mm)	m ³	3,100.50	8.67	26,867.86
02.03	Refine y nivelación en terreno normal	m	7,642.00	1.29	9,830.23
02.04	Relleno con material de préstamo a 0.10 m, sobre la tubería	m ³	764.20	6.04	4,614.60
02.05	Relleno comp., zanja terreno normal 630 mm	m	5,575.00	12.98	72,340.84
02.06	Relleno comp., zanja terreno normal 500 mm	m	2,067.00	12.98	26,821.26
02.07	Eliminación de material carg./volquete 10 m ³ , D=5 km (630 mm)	m ³	10,035.00	9.09	91,255.78
02.08	Eliminación de material carg./volquete 10 m ³ , D=5 km (500 mm)	m ³	10,035.00	9.09	91,255.78
03.00	Suministro e instalación de tuberías				1'049,794.35
03.01	Suministro e instalación de tubería PVC PN5 UF DN 630 mm	m	5,575.00	92.11	513,519.94
03.02	Prueba hidráulica desinf., tubería PVC UF DN 630 mm	m	5,575.00	2.04	11,377.24
03.03	Suministro e instalación de tubería PVC PN5 UF DN 500 mm	m	5,575.00	92.11	513,519.94
03.04	Prueba hidráulica desinf., tubería PVC UF DN 500 mm	m	5,575.00	2.04	11,377.24
04.00	Suministro e instalación de accesorios				1'465,392.25
04.01	Codo FE clase 16, D=630 x 60°	unid	1.00	1,628.59	1,628.59
04.02	Losas de interconexión	unid	3.00	258.74	776.23
04.03	Dados de concreto armado incluido instalación	unid	1.00	196.05	196.05
04.04	Accesorios de fierro***	unid	3.00	365,175.00	1'095,525.00
Total partida (S/.)					2'928,472.24

Costo directo	2'928,472.24
G.G y Utilidad	58,569.44
Subtotal	2'987,041.69
I.G.V (18%)	537,667.50
Total presupuesto (S/.)	3'524,709.19

Total presupuesto (\$.)	1'084,525.90
--------------------------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

Sistema presurizado (aductora):

04.04	Accesorios de fierro***	unidad	3.00	365,175.00	1'095,525.00
-------	-------------------------	--------	------	-------------------	--------------

T.C (\$.)	3.25
------------------	------

N°	ACCESORIOS DE FIERROS	UNIDAD	PRECIO UNIDAD (\$.)	MONTO TOTAL (\$.)
1	HIDRANTE			
1.1	Fe ganzo 24"	1	1500.00	1500
1.2	Fe carrete 24"	1	1200.00	1200
1.3	Fe curva 90° x 24"	1	600.00	600
1.4	Fe manifolds 24"	1	2000.00	2000
1.5	Fe ganzo 20"	2	1200.00	2400
1.6	Fe buje bibrado 20" x 630 mm	2	400.00	800
1.7	Válvulas aire 2"	8	100.00	800
1.8	Válvulas de alivio 6"	2	1200.00	2400
1.9	Fe set manifolds 16"	2	1070.00	2140
1.10	Fe curva 117° x 24"	2	600.00	1200
1.11	Válvula reguladora 16"	2	2000.00	4000
2	LOSA INTERCONEXIÓN A R1			
2.1	Fe manifolds 20"	2	1200.00	2400
2.2	Fe ganzo 20"	4	1500.00	6000
2.3	Fe ganzo 12"	2	800.00	1600
2.4	Válvula mariposa 12"	2	1200.00	2400
2.5	Válvula mariposa 20"	3	2400.00	7200
2.6	Válvulas aire 2"	8	100.00	800
2.7	Válvula limitadora de caudal 12"	2	1200.00	2400
3	LOSA INTERCONEXIÓN A LOSA 1			
3.1	Fe manifolds 20"	2	1600.00	3200
3.2	Fe ganzo 20"	2	1200.00	2400
3.3	Fe ganzo 18"	2	1000.00	2000
3.4	Válvula mariposa 12"	2	1200.00	2400
3.5	Válvula mariposa 20"	1	2400.00	2400
3.6	Válvula mariposa 18"	2	2200.00	4400
3.7	Válvulas aire 2"	8	100.00	800
3.8	Válvula limitadora de caudal 12"	2	1200.00	2400
4	LOSA INTERCONEXIÓN A R2			
4.1	Fe manifolds 16"	2	960.00	1920
4.2	Fe ganzo 16"	4	900.00	3600
4.3	Fe ganzo 12"	2	800.00	1600
4.4	Válvula mariposa 12"	2	1200.00	2400
4.5	Válvula mariposa 16"	3	1800.00	5400
4.6	Válvulas aire 2"	8	100.00	800
4.7	Válvula limitadora de caudal 12"	2	1200.00	2400
5	LOSA INTERCONEXIÓN A LOSA 2			
5.1	Fe manifolds 16"	2	960.00	1920
5.2	Fe ganzo 16"	3	900.00	2700

5.3	Fe ganzo 12"	2	800.00	1600
5.4	Válvula mariposa 12"	2	1200.00	2400
5.5	Válvula mariposa 16"	2	1800.00	3600
5.6	Válvulas aire 2"	8	100.00	800
5.7	Válvula limitadora de caudal 12"	2	1200.00	2400
6	LOSA INTERCONEXIÓN A R3			
6.1	Fe manifolds 16"	1	960.00	960
6.2	Fe ganzo 16"	2	900.00	1800
6.3	Fe ganzo 12"	2	800.00	1600
6.4	Válvula mariposa 12"	2	800.00	1600
6.5	Válvula mariposa 16"	2	1800.00	3600
6.6	Válvulas aire 2"	4	100.00	400
6.7	Válvula limitadora de caudal 12"	2	1200.00	2400
7	LOSA INTERCONEXIÓN A LOSA 3			
7.1	Fe manifolds 16"	1	960.00	960
7.2	Fe ganzo 16"	2	900.00	1800
7.3	Válvula mariposa 12"	1	800.00	800
7.4	Válvulas aire 2"	8	150.00	1200
7.5	Válvula limitadora de caudal 12"	2	1200.00	2400
			Monto total (\$/.)	112,500.00
			Monto total (S/.)	365,175.00

Fuente: Elaboración propia

c. OBRAS HIDRÁULICAS (DESARENADOR, SEDIMENTADOR, RESERVORIO)

Desarenador:

T.C (\$.)	3.25
------------------	------

Nº partida	Especificaciones	Metrados		Costos S/.	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
01.00	Trabajos provisionales				
01.01	Limpieza y desbronce del canal	m ²	423.20	0.94	398.76
01.02	Trazo y replanteo	m ²	423.20	3.92	1,660.42
01.03	Excavación masiva con excavadora	m ³	1294.80	1.37	1,776.97
01.04	Eliminación de material excedente manual	m ³	1294.80	6.94	8,983.43
01.05	Concreto f'c=175 kg/cm ²	m ³	147.60	200.19	29,547.49
01.06	Encofrado y desencofrado	m ²	960.00	63.19	60,666.69
01.07	Acero Fy=4200 kg/cm ²	kg	4579.00	4.92	22,522.92
01.08	Suministro y colocación de compuerta	unid	6.00	1,291.09	7,746.56
01.09	Tarrajeo con impermeabilizante	m ²	1120.00	89.63	100,386.43
Total partida (S/.)					233,689.67

Costo directo	233,689.67
G.G y Utilidad	4,673.79
Subtotal	238,363.46
I.G.V (18%)	42,905.42
Total presupuesto (S/.)	281,268.89

Total presupuesto (\$.)	86,544.27
--------------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

Sedimentador:

T.C (\$.)	3.25
------------------	------

Nº partida	Especificaciones	Metrados		Costos S/.	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
01.00	Trabajos provisionales				
01.01	Trazo, nivelación y replanteo	m ²	1248.00	2.37	2,961.72
01.02	Conformación y compactación de dique con tractor Oruga	m ³	989.60	3.06	3,031.92
01.03	Mampostería en talud de entrada	m ³	154.60	251.50	38,881.49
01.04	Entrada de sedimentador con tubería Rib Loc 500 mm	ml	55.80	376.45	21,005.99
01.05	Concreto simple f'c=175 kg/cm ² , vertedero de salida	m ³	26.70	142.45	3,803.51
01.06	Revestimiento con geomembrana PE 1.0 mm espesor talud de salida	m ²	210.00	10.15	2,131.04
01.07	Colocación de talud de arena	m ³	368.00	7.58	2,790.75
01.08	Colocación de bases de arena	m ³	326.80	6.58	2,149.02
Total partida (S/.)					76,755.44

Costo directo	76,755.44
G.G y Utilidad	1,535.11
Subtotal	78,290.55
I.G.V (18%)	14,092.30
Total presupuesto (S/.)	92,382.85

Total presupuesto (\$.)	28,425.49
--------------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

Reservorio:

T.C (\$.)	3.25
------------------	------

Nº partida	Especificaciones	Metrados		Costos S/.	
		Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
01.01	Trazo, nivelación y replanteo	m	17,675.00	5.81	102,743.43
01.02	Conformación y compactación de dique con tractor Oruga	m ³	55,640.00	2.21	122,874.57
01.03	Excavación masiva de bases tomas flotantes rectangular de 2.6 m x 2.6 m x 1 m	m ³	219.80	1.14	251.38
01.04	Suministro e instalación de tomas flotantes	u	4.00	2,760.96	11,043.84
01.05	Excavación zanja para tuberías PVC 400 mm de 0.8 m x 2.6 m x 19 m	m ³	19.00	1.61	30.66
01.06	Instalación de tuberías PVC DN 500 mm C-5	m	822.00	11.40	9,373.44
01.07	Concreto simple f'c=175 kg/cm ² , bases tomas flotantes	m ³	4.20	216.53	909.42
01.08	Compactación manual rápida taludes	m ²	9,416.00	5.32	50,113.99
01.09	Revestimiento con geomembrana PE 1.0 mm espesor	m ²	9,416.00	18.42	173,463.27
Total partida (S/.)					470,804.00

Costo directo	470,804.00
G.G y Utilidad	9,416.08
Subtotal	480,220.08
I.G.V (18%)	86,439.61
Total presupuesto (S/.)	566,659.69

Total presupuesto (\$.)	174,356.83
--------------------------------	-------------------

Fuente: Elaboración propia

Resumen del presupuesto (comparación de costos):

a) Monto total del canal:

Nº	Descripción	Unid	Cantidad	Sub total	Total
01	Canal	unid	01	4'996,416.20	4'996,416.20
02	Desarenador	unid	02	281,268.89	562,537.78
03	Sedimentador	unid	02	92,382.85	184,765.70
04	Reservorio	unid	02	566,659.69	1'133,319.38

Total presupuesto (S/.)	6'877,039.06
--------------------------------	---------------------

Total presupuesto (\$.)	2'116,012.02
--------------------------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

b) Monto total del sistema presurizado:

Nº	Descripción	Unid	Cantidad	Sub total	Total
01	Aductora	unid	01	3'524,709.19	3'524,709.19
02	Desarenador	unid	02	281,268.89	562,537.78
03	Sedimentador	unid	02	92,382.85	184,765.70
04	Reservorio	unid	02	566,659.69	1'133,319.38

Total presupuesto (S/.)	5'405,332.05
--------------------------------	---------------------

Total presupuesto (\$.)	1'663,179.09
--------------------------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5 DISCUSIÓN

5.1. Canal trapezoidal vs. Sistema presurizado

Para el desarrollo de la tesis se propuso dos sistemas de conducción (el canal abierto y la conducción por tuberías), con un área de estudio de 1000 ha y un caudal ofertado por proyecto Olmos - Tinajones (1800 m³/hora) para satisfacer la demanda del transporte de agua, las irrigaciones y los almacenamientos, de lo cual se ha determinado:

Con la modelación hidráulica se demuestra que la conducción mediante tuberías (sistema presurizado) es más eficiente que por medio de un canal, ya que en las tuberías al cerrar una válvula se mantiene el sistema hermético sin fugas (perdidas de conducción), pero en los canales se debe de tomar en cuenta un posible rebosamiento. En el sistema presurizado incluye elementos mecánicos que pueden aumentar o disminuir la energía de flujo (bombas, turbinas, etc), mientras que en los canales no utiliza estos elementos.

Los canales como se encuentra expuestos a temperatura ambiente y al clima (donde existen horas de sol y poca humedad), esto puede afectar haciendo que el agua que transita sea evaporada, lo que influencia en una menor entrega de la cantidad de agua al cliente. Esto representa un alto costo de agua en momentos en que la tendencia mundial es a optimizar los recursos hídricos.

El canal puede enfrentar serios obstáculos en el terreno: valles, rocas, etc., esto implica soluciones más costosas y sofisticadas, en el caso de las tuberías tienen una versatilidad en el diseño y todo tipo de accesorios.

Las arenas que llegan al canal por la escorrentía y el viento adicional al material vegetal (como hojas de árboles, follaje, etc.) tiene impacto en la limpieza y mantenimiento perdiendo capacidad de riego; las tuberías no sufren este fenómeno.

El robo de agua por parte de la población que está cerca del canal bien sea para consumo o para riego artesanal, por lo que es mucho más fácil extraer agua de un canal que de una tubería.

Los mantenimientos en los canales son más altos, por daños de compuertas debido a basuras arrojadas al canal, sedimentación por (arenas - limos), presencia de algas, la distribución de las semillas transportada por los canales, la propagación de cultivos indeseables.

Los accidentes de personas y animales van en aumento por el incremento de la población, pues cada vez están más cerca de grandes canales.

De acuerdo al análisis de inversión inicial de ambas propuesta el sistema presurizado es más favorable no solo por costos; sino también por los beneficios que brinda a la población, al propietario y al medio ambiente.

CONCLUSIONES

Se diseñó un canal de forma trapezoidal, el revestimiento no tiene ninguna función estructural, solo impermeabiliza el canal para que la pérdida por filtración sea pequeña. El canal de derivación se obtuvo aplicando el software de H-Canales, el cual nos proporcionó los siguientes datos (ancho solera: 0.30 m, tirante: 0.44 m, espejo de agua: 1.502 m), un tramo de 106.00 m hasta antes de llegar a los desarenadores. Se realizó el cálculo de disipadores de energía para ayudar en los tramos de pendiente fuerte con velocidades de flujo muy altas, lo cual genera pérdidas hidráulicas.

Se diseñó el sistema de aducción de agua, cuya longitud es de 58.52 ml, con una velocidad máxima de 1.8 mps, con una presión disponible en el sistema de 26.28 m.c.a.; la presión del sistema según lo indicado por el cliente es de 26 m.c.a., por ende concluimos que con el diseño presurizado le garantizamos al cliente que va a poder operar su instalación de bombas, cuando desee utilizar el agua directamente del proyecto Olmos Tinajones y no del agua almacenada en los reservorios.

Se realizó el cálculo y diseño del reservorio, sus dimensiones de fondo son 142.00 m de largo x 25.00 m de ancho, profundidad del agua 4.50. Se implementó dos reservorios, cada uno cuenta con una capacidad de 7,286.62 m³, de forma cuadrada de tierra revestido con geomembrana con un área de 3,831.51 m², cuyo funcionamiento sería inicialmente con agua del canal, se ira abasteciendo según la demanda de cultivo en cada zona de riego.

Se predimensionó las estructuras de control de sedimento como son: 2 desarenadores (una cámara de sedimentación de 8.15 m de largo x 1.15 m de ancho x 0.25 m de alto y una transición de entrada y salida de 1.29 m, compuerta de limpia de 0.25 m x 0.25 m), 2 sedimentadores (3.00 m de base de profundidad, 0.10% pendiente, pantalla difusora 1 es 5.00 m y la pantalla difusora 2 es 83.33 m, con una longitud de 88.33 m) y para el buen funcionamiento del sistema un vertedero (transición de 1.00 m ancho x 3.63 m largo x 1.00 m altura).

Se determinó los costos de implementación del proyecto para ambas propuestas. El canal asciende a S/. 6'877,039.06 nuevos soles, mientras que por el sistema de riego del sistema presurizado asciende a S/. 5'405,332.05 nuevos soles, lo cual contempla: desarenador, sedimentador, reservorio, obras preliminares, accesorios, etc.

RECOMENDACIONES

IRRICAD es un programa de cómputo, desarrollado con el propósito de ofrecer al diseñador de sistemas de riego y conducciones de agua, ya sea aducción o impulsión; una herramienta que permita obtener diferentes alternativas de solución para un mínimo costo de proyecto en un lapso de tiempo corto.

El programa H-CANALES es una herramienta fundamental y de gran ayuda en el diseño de secciones hidráulicas, por la rapidez con que se obtiene los resultados.

Se recomienda que la operación y el mantenimiento se establezca debe ser sistemática y minucioso, las reparaciones deben ser ejecutadas a tiempo y deben ser de buena calidad. Las reparaciones que se efectúen deben establecer el rendimiento original tanto en capacidad como en función y asegurar su trabajo duradero.

Encomendar la función de operación y mantenimiento a personas capacitadas que aseguren un trabajo planificado y eficiente del sistema de riego.

La Ley N° 28585 “Ley de Creación del Programa de Riego Tecnificado” y su reglamento D.S N° 004-2006-AG, declara de necesidad pública llevar a cabo el reemplazo progresivo de los sistemas de riego tradicionales en el sector agrícola en general; por lo que es necesario implementar manuales de operación y mantenimiento en sistemas de aducción como una forma de ayuda al agricultor grande o pequeño.

Debe instalarse todos los componentes de un sistema de riego presurizado, ya que la falta de alguna instalación o disposición, impide el buen funcionamiento del sistema.

Que las entidades involucradas acerca del buen uso y control del agua en riego deben brindar mayor información a los agricultores y personas interesadas en el tema; ya que se encuentra muy limitada, mediante las leyes y normativas que la regulan y poder acceder de manera libre.

Se recomienda usar los softwares por la rapidez de los resultados.

Aplicar la hidráulica y la mecánica de fluidos para el diseño de los sistemas de flujo a superficies libres en canal y conducciones de agua mediante tuberías.

Para el diseño de un canal a nivel parcelario, el cual tiene que ser un dato de partida, que se puede calcular con base al módulo de riego (l.p.s/ Ha), la superficie que se va a regar (Ha) y el caudal que resulte de las pérdidas por infiltración durante la conducción.

Lo que caracteriza mayormente el problema del riego en la actualidad, es una anarquía generalizada. Esto es lo que preocupa fundamentalmente a los regantes campesinos. Sus pensamientos en torno al riego van en el sentido de establecer un orden y una regulación colectiva.

REFERENCIAS

1. Afshar A. and Madadgar, S. (2011) "Forced water main design; mixed ant colony optimization". International journal of optimization in civil engineering, 1, 24-71, Publisher: building & housing research center, school of civil engineering, University of science and technology, Teheran, Iran.
2. Alex Bocek (2016) "Introducción a la captación del agua" – Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. Pág. 2 – 11, Auburn University, Alabama 36849 - 5419 USA.
3. Appaclla y otros (1993) "Las políticas de riego en el Perú". En gestión del agua y crisis institucional, un análisis multidisciplinario del riego en el Perú. Lima, 1993. ITDG y SNV, Perú.
4. Arturo Rocha Felices (2007) "Hidráulica de tuberías y canales", Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Perú.
5. Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2010) "Manual: Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico" – Dirección de estudios de proyectos hidráulicos multisectoriales, Perú.
6. Autoridad Nacional del Agua (2010), "Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico". Perú.
7. E. Blair F. (1960) "Manual de procedimientos de pequeños sistemas de riego". Dirección de obras hidráulicas. Venezuela.
8. Formiga K., Chaudhry F., y Viera, M. (2006) "Otimização multiobjetivo de sistema de abastecimento de água rural". Paper presented at the VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua, Brasil.
9. Fuentes Yagüe José Luis, (2003) "Técnicas de Riego". Ediciones grupo mundi-prensa. 4^o edición. España.
10. Gilberto Sotelo Ávila (2002) "Hidráulica de canales", Universidad Nacional Autónoma de México, División de ingeniería civil, topografía y geodesia, Departamento de Hidráulica. México.
11. Grupo permanente de estudio sobre riego (GPER) (1993), Lima, Perú.
12. Gurovich, Luis. A. (1999) "Riego superficial tecnificado". 2^o edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Edit. Grupo Omega, S.A. de C.V. Chile.
13. Has Willet (1998) "Las funciones de reservorios en sistemas de riego, tipología y criterios de diseño", PRONAMACHCS Cajamarca, Perú.

14. Jung Bong Seog y Karney Bryan W. (2004) "Fluid transients and pipeline optimization using GA and PSO: the diameter connection". Urban water journal, 1:2, 167-176, London, United Kingdom.
15. Manuel Agustín Lux Monroy (2010), "Medidores de flujo en canales abiertos", Facultad de Ingeniería, Guatemala.
16. Martin Q. (1990) "Linear water supply pipeline capacity expansion model". Journal of hydraulic engineering, 116:5, 675-691. ASCE. USA.
17. Máximo Villon Bejar (1983) "Manual de hidráulica", Departamento de Ingeniería Agrícola, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago – Costa Rica.
18. Máximo Villon Bejar (1985) "Hidráulica de canales", editorial Horizonte Latinoamericano S.A, Lima.
19. Máximo Villon Bejar (2003) "HCANALES- La forma más fácil de diseñar canales (versión 2.1)", Perú.
20. Miguel A. García y Avelino de Benito Muñoz (1997) "Sistema de riego: aspersión y goteo". Editorial Trillas. México. pp. 220.
21. Ministerio de Agricultura y Riego, "Manual del cálculo de eficiencia para sistema de riego", Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego - DGIAR. Perú.
22. Organización Panamericana de la Salud (2005), "Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores". Perú.
23. Pedro Rodríguez Ruíz (2008) "Hidráulica de canales". México.
24. Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI) (2014) – Operación y manteniendo del sistema de riego por aspersión en laderas, Perú.
25. Simpson A., Dandy G., and Murphy L. (1994) "Genetic algorithms compared to other techniques for pipe optimization". Journal of water resources planning and management, 120:4, 423-443. ASCE. USA.

ANEXOS

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA



Imagen N° 1: Toma flotante en reservorio



Imagen N° 2: Ingreso de reservorio – vertederos



Imagen N° 3: ingreso de desarenadores