



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA:

“DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN PARA UNA DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DE AGUA DEL CANAL DE RIEGO TILULUM DARQUEA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: Luigui Martín Durán Terán

TUTOR: Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasig. M.Sc

AMBATO - ECUADOR

Enero – 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN PARA UNA DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DE AGUA DEL CANAL DE RIEGO TILULUM DARQUEA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Luigui Martín Durán Terán, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0503992943, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de su autor
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2023



Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasig. M.Sc

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Luigui Martín Durán Terán, con C.I. 0503992943, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema **“DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN PARA UNA DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DE AGUA DEL CANAL DE RIEGO TILULUM DARQUEA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2023



Luigui Martín Durán Terán

C.I. 0503992943

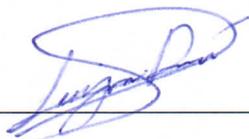
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2023



Luigi Martín Durán Terán

C.I. 0503992943

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Luigui Martín Durán Terán de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: **“DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN PARA UNA DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DE AGUA DEL CANAL DE RIEGO TILULUM DARQUEA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, enero 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, quienes son el pilar de mi vida y el soporte para mi crecimiento personal. A mi madre María Eugenia Terán quien me ha formado y ha sido mi mayor apoyo y por quien he logrado todos mis triunfos.

A mi padre Carlos Durán quien, a pesar de la distancia, él siempre ha sido parte de mi crecimiento apoyando mis aspiraciones, gracias a su apoyo incondicional yo me he podido formar como profesional.

A mis hermanos Alan y María Fernanda Durán quienes son mis aliados y compañeros de vida, son mi ejemplo y mi apoyo en los momentos difíciles.

A mis sobrinos Rapha y Emilio y a mi mascota Koko quienes me dan una sonrisa todos los días.

Luigui Durán

AGRADECIMIENTO

Con gran afecto, agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y a todos los profesionales que me han brindado su ayuda a lo largo de mis estudios.

De manera especial a mi tutor Ing. Lenin Silva quien me ha guiado de la mejor manera y ha sabido tutelar con gran profesionalismo.

Finalmente quiero agradecer a mi familia por todo su apoyo y su fe en mí.

Luigi Durán

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1. Antecedentes investigativos.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Fundamentación Teórica.....	3
1.3.1. Agua Dulce.....	3
1.3.2. Calidad de Agua	3
1.3.3. Agua Cruda.....	4
1.3.4. Contaminante.....	4
1.3.5. Contaminación.....	4
1.3.6. Agua Contaminada	5
1.3.7. Cuerpo de agua.....	6

1.3.8.	Cuerpo hídrico.....	6
1.3.9.	Desechos no peligrosos	6
1.3.10.	Captación de agua superficial.....	6
1.3.11.	Bocatoma.....	7
1.3.12.	Bocatoma lateral por gravedad.....	7
1.3.13.	Ventana de captación.....	8
1.3.14.	Área Hidráulica (Ah).....	8
1.3.15.	Perímetro Mojado (Pm).....	9
1.3.16.	Radio Hidráulico (Rh).....	9
1.3.17.	Pendiente longitudinal del fondo del canal (S).....	9
1.3.18.	Velocidad Media	10
1.3.19.	Fórmula de Chézy.....	10
1.3.20.	Coeficiente de Chézy (C)	10
1.3.21.	Caudal.....	11
1.3.22.	Caudal de Diseño.....	12
1.3.23.	Caudal Máximo Diario (QMD).....	12
1.3.24.	Caudal Máximo Horario (QMH).....	12
1.3.25.	Caudal Medio Diario (Qmd)	13
1.3.26.	Seguridad Alimentaria.....	13
1.3.27.	Bioensayos.....	14
1.3.28.	Coloides.....	16
1.3.29.	Partículas	16
1.3.30.	Metales	17
1.3.31.	Turbiedad.....	17
1.3.32.	Color del Agua	18

1.3.33.	DBO ₅	18
1.3.34.	DQO	18
1.3.35.	Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola. 19	
1.3.36.	Tratamiento Preliminar.....	22
1.3.37.	Tratamiento Primario.....	22
1.3.38.	Rejilla Autolimpiante	23
1.3.39.	Humedal Artificial.....	23
1.3.40.	Periodo de Diseño de una obra de captación.....	28
1.4.	Objetivos.....	28
1.4.1.	Objetivo General	28
1.4.2.	Objetivos Específicos	28
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA		29
2.	Materiales y Métodos.....	29
2.1.	Materiales.....	29
2.1.1.	Estación Total South.....	29
2.1.2.	Trípode	29
2.1.3.	Prisma	29
2.1.4.	Jalón.....	29
2.1.5.	GPS.....	30
2.1.6.	Flexómetro.....	30
2.1.7.	Estacas	30
2.1.8.	Radios Walkie Talkie	30
2.1.9.	Celular	30
2.1.10.	Envase plástico	31

2.1.11.	Envase estéril.....	31
2.1.12.	Cono Inhoff	31
2.1.13.	Papel indicador de pH	31
2.1.14.	Computadora	31
2.1.15.	Impresora.....	31
2.2.	Softwares	32
2.2.1.	Civil 3D.....	32
2.2.2.	Revit	32
2.2.3.	iRIC	32
2.2.4.	Microsoft Excel	33
2.2.5.	Microsoft Word	33
2.3.	Metodología de la investigación.....	34
2.3.1.	Técnicas para la recolección de información	34
2.3.2.	Técnicas para el procesamiento de datos y análisis de los resultados....	34
2.3.3.	Descripción de la zona.....	35
2.3.4.	Fase Preliminar del Proyecto.....	39
2.3.5.	Fase de Evaluación	42
2.3.6.	Fase de Diseño.....	44
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		52
3.	Resultados y Discusión	52
3.1.	Fase de Evaluación	52
3.1.1.	Información Demográfica de la Acequia Tilulum Darquea	52
3.1.2.	Visita Técnica.....	78
3.1.3.	Bioensayo	84
3.1.4.	Análisis Topográfico	86

3.1.5.	Prueba de sedimentación	89
3.1.6.	Determinación de PH	90
3.1.7.	Determinación de velocidad del caudal.....	91
3.1.8.	Determinación del caudal actual	93
3.1.9.	Análisis de Laboratorio	93
3.1.10.	Biodegradabilidad del efluente.....	95
3.2.	Fase de Diseño	96
3.2.1.	Periodo de Diseño de la Obra de Captación.....	96
3.2.2.	Topografía	96
3.2.3.	Compuerta	99
3.2.4.	Rejilla Autolimpiante	100
3.2.5.	Humedal Artificial.....	102
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		110
4.	Conclusiones y Recomendaciones	110
4.1.	Conclusiones.....	110
4.2.	Recomendaciones	111
4.3.	Bibliografía.....	112
CAPÍTULO V.- ANEXOS.....		119
5.	Anexos.....	119
5.1.	Fotografías	119
5.2.	Renders	137
5.3.	Resultados de laboratorio.....	147
5.4.	Planos.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad de Bazin.....	11
Tabla 2. Límites de la Parroquia Quisapincha	38
Tabla 3. Comparación de características entre los tipos de humedales.	47
Tabla 4. Requisitos de calidad de las aguas regeneradas para el riego agrícola.	49
Tabla 5. Conductividad hidráulica	50
Tabla 6. Número de usuarios de la Acequia Tilulum Darquea por óvalo.....	52
Tabla 7. Población de la Parroquia Quisapincha Por Edad y Sexo.....	60
Tabla 8. Características Económicas de la Población de la Parroquia Quisapincha.....	62
Tabla 9. Grupos Étnicos de la Parroquia Pinllo.	64
Tabla 10. Población de la Parroquia Pinllo Por Edades.....	65
Tabla 11. Características Económicas de la Población de la Parroquia Pinllo	66
Tabla 12. Características Económicas de la Población de la Parroquia Augusto N. Martínez	68
Tabla 13. Grupos Étnicos de la Parroquia Augusto N. Martínez.....	69
Tabla 14. Características Económicas de la Población de la Parroquia Augusto N. Martínez.	70
Tabla 15. Población de la Parroquia Atahualpa Por Edad y Sexo	73
Tabla 16. Grupos Étnicos de la Parroquia Atahualpa.	73
Tabla 17. Características Económicas de la Población de la Parroquia Atahualpa	74

Tabla 18. Población de la Parroquia Izamba Por Edad.	75
Tabla 19. Grupos Étnicos de la Parroquia Izamba	77
Tabla 20. Características Económicas de la Población de la Parroquia Izamba.	78
Tabla 21. Resultados Bioensayo	84
Tabla 22. Resultados prueba de sedimentación.	89
Tabla 23. Resultados de Laboratorio	94
Tabla 24. Selección del humedal	103
Tabla 25. Características de macrófitas	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Bocatoma lateral por gravedad	7
Figura 2. Ubicación ventana de captación	8
Figura 3. Sección transversal del canal	8
Figura 4. Datos para obtener pendiente de la línea de agua.....	9
Figura 5. Proceso del bioensayo.....	15
Figura 6. Humedal de flujo superficial.	26
Figura 7. Humedal sub superficial de flujo horizontal.....	27
Figura 8. Humedal sub superficial de flujo vertical.....	27
Figura 9. Ubicación de la provincia de Tungurahua	36
Figura 10. Ubicación del cantón Ambato	37
Figura 11. Ubicación de la parroquia Quisapincha.....	39
Figura 12. Papel indicador de pH.....	41
Figura 13. Compuerta.....	46
Figura 14. Primer tramo Acequia Tilulum Darquea.	55
Figura 15. Segundo tramo Acequia Tilulum Darquea	56
Figura 16. Tercer tramo Acequia Tilulum Darquea.....	57
Figura 17. Canal principal dentro del Cantón Ambato	58
Figura 18. Parroquias beneficiadas por la Acequia Tilulum Darquea.	58
Figura 19. Parroquia Rural San Antonio de Quisapincha	59

Figura 20. Parroquia Urbana Ficoa - Atocha	62
Figura 21. Parroquia Rural San Bartolomé de Pinllo.....	64
Figura 22. Parroquia Rural Augusto Nicolás Martínez.....	67
Figura 23. Parroquia Rural Atahualpa	72
Figura 24. Parroquia Rural Izamba	75
Figura 25. Visita Técnica	81
Figura 26. Estado de la bocatoma.	82
Figura 27. Sólidos flotantes en la entrada de la bocatoma.	82
Figura 28. Animales muertos en la entrada de la bocatoma.	83
Figura 29. Estado de rejilla y canal de excedente	83
Figura 30. Bioensayo	84
Figura 31. Levantamiento topográfico.....	86
Figura 32. Realización de simulación de flujo de agua en iRIC del río Ambato.....	87
Figura 33. Simulación de concentraciones de sólidos en el río Ambato	88
Figura 34. Simulación de flujo de agua en el río Ambato.	89
Figura 35. Prueba de sedimentación	90
Figura 36. Prueba de pH.....	91
Figura 37. Área de corte.....	96
Figura 38. Área de corte (vista en alzado)	97
Figura 39. Simulación de concentraciones de sólidos con topografía modificada	98

Figura 40. Simulación de flujo de agua con topografía modificada	99
Figura 41. Diseño Compuerta	100
Figura 42. Modelo de Rejilla Autolimpiante.	101
Figura 43. Recolección de sólidos en la rejilla autolimpiante.	102

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1). Área Hidráulica.....	9
Ecuación (2). Perímetro Mojado.....	9
Ecuación (3). Radio Hidráulico.....	9
Ecuación (4). Pendiente longitudinal del fondo del canal.....	10
Ecuación (5). Fórmula de Chézy.....	10
Ecuación (6). Coeficiente de Chézy.....	11
Ecuación (7). Caudal.....	12
Ecuación (8). Crecimiento relativo de la radícula.....	16
Ecuación (9). Biodegradabilidad del efluente.....	44
Ecuación (10). Altura de corte.....	45
Ecuación (11). Volumen de corte.....	45
Ecuación (12). Ecuación de Francis.....	46
Ecuación (13). Superficie del humedal.....	48
Ecuación (14). Ley de Darcy.....	49
Ecuación (15). Ancho humedal.....	51
Ecuación (16). Longitud humedal.....	51

RESUMEN

Debido que la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea presenta evidentes problemas en la captación de agua para su uso en riego, se tenía la hipótesis que dicha agua no cumplía con los estándares nacionales según el libro VI del TULSMA.

Se realizó una evaluación de la obra actual en la que consta de una visita técnica con el docente tutor, un levantamiento topográfico, un bioensayo con el uso del agua captado y un análisis de laboratorio físico-químico y microbiológico del agua.

Se evaluó el flujo del agua y la acumulación de sólidos mediante los datos topográficos, se estudió el impacto que tiene el agua captada en los productos agrícolas mediante el bioensayo y se comparó los análisis de laboratorio con la tabla 3 del libro VI del TULSMA.

Se determinó que defectos tenía la actual bocatoma y se diseñó una remodelación de la obra en lo que consta de: un corte en el terreno para un flujo más regular en el río Ambato y para evitar la acumulación de sólidos en la zona de captación de la acequia, la implementación de una rejilla autolimpiante para la recolección de sólidos que ingresen en el canal, el diseño de la bocatoma como ventana de captación para toma adecuada del caudal correspondiente, la ubicación de la compuerta y el diseño de un humedal para la purificación del efluente.

Palabras claves: Levantamiento topográfico, Bioensayo, Bocatoma, Compuerta, Humedal, Rejilla autolimpiante, Canal de riego, Ventana de captación y Caudal.

ABSTRACT

Due to the collection work of the Tilulum Darquea Acequia presents obvious problems in the collection of water for use in irrigation, it was hypothesized that said water did not meet national standards according to book VI of the TULSMA.

An evaluation of the current work was carried out, consisting of a technical visit with the tutor teacher, a topographical survey, a bioassay with the use of the collected water, and a physical-chemical and microbiological laboratory analysis of the water.

The flow of water and the accumulation of solids were evaluated through topographic data, the impact of the water captured on agricultural products was studied through the bioassay, and the laboratory analyzes were compared with Table 3 of Book VI of the TULSMA.

It was determined what defects the current intake had and a remodeling of the work was designed, which consists of: a cut in the land for a more regular flow in the Ambato River and to avoid the accumulation of solids in the catchment area of the ditch, the implementation of a self-cleaning grid for the collection of solids that enter the channel, the design of the intake as a collection window for adequate intake of the corresponding flow, the location of the gate and the design of a wetland for the purification of the effluent.

Keywords: Topographic survey, Bioassay, Inlet, Gate, Wetland, Self-cleaning grid, Irrigation channel, Catchment window and Flow.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes investigativos

1.1. Antecedentes

El agua es una de las principales materias primas para la ganadería y sobre todo para la agricultura, puesto que sin agua no hay vida, y la vida se refleja en todo aquello que nace y crece en estos sectores y que termina en cada hogar como alimento.

En el mundo dos de los mayores problemas es la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza, para dar solución a estos problemas se ha determinado la importancia en la gestión del recurso hídrico en el ámbito agrícola, lo que incluye la gestión del agua utilizada en la producción agrícola, la producción ganadera y la pesca. [1]

En una revisión de la historia, desde los años sesenta, los alimentos y su producción ha mantenido la marcha del crecimiento demográfico mundial, proveyendo mayor cantidad de alimentos por cápita a un precio cada vez más bajo, todo esto a costa de los recursos hídricos. Para finales del siglo veinte, la agricultura era el mayor consumidor del agua que se utiliza en todo el mundo con un setenta por ciento, y la FAO estima que este consumo aumentara un catorce por ciento para el año 2030. [2]

El artículo 12 de la Constitución de la República del Ecuador indica que el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. [3]

En el sector rural del cantón Ambato son aproximadamente 26.619 individuos que se benefician de la principal micro cuenca que abarca el cantón llamado Río Ambato, para el uso en la agricultura, silvicultura, caza y pesca. El Río Ambato recorre por un profundo barranco que en sectores sobrepasa los 3000 m de altura.

En el curso del Río Ambato se presentan niveles de contaminación provenientes principalmente de la descarga de aguas servidas domésticas sin tratamiento, y de aguas

residuales provenientes de procesos industriales, así como de la disposición clandestina de residuos sólidos en sus orillas y cauces, esto se traduce en el peligro eminente de problemas de salud de los usuarios, la mala calidad de los cultivos y en el tiempo de vida de limitado de este río. [4]

1.2. Justificación

La presente propuesta trata del diseño y posible reestructuración de la obra de captación del canal de riego de la Acequia Tilulum Darquea perteneciente a las parroquias: San Antonio de Quisapincha, Atocha Ficoa, San Bartolomé de Pinillo, Augusto Nicolas Martínez, Atahualpa e Izamba del cantón de Ambato, pues su importancia radica en el uso del agua ya que Ambato se caracteriza por ser una zona agrícola. La economía de 1011 usuarios depende de la continuidad de la vida útil de la acequia y la calidad del agua que recibe cada uno de los 44 óvalos existentes.

En el extremo inicial de la acequia Tilulum Darquea, existe una captación de agua que obtiene el caudal del río Ambato y que no cuenta con las condiciones adecuadas, puesto que es una bocatoma rudimentaria. Dicha obra cuenta con puertas con marcos de acero totalmente oxidadas y tablas rotas que no cumplen su función.

La zona aledaña de la obra de captación se encuentra repleta de maleza y su ambiente está repleto de moscos que se reúnen por la peste de la basura que se acumula en la bocatoma del río, esta basura entra al canal y recorre los 22,5 km de los 25 km que inicialmente tenía la acequia.

Al realizar el diseño y posible reestructuración de la obra de captación, se asegura que el caudal sea el adecuado y que las condiciones y características del agua entrante sea lo apropiado para las necesidades de los usuarios, dándole a la comunidad una obra moderna acorde a los requisitos existentes en la actualidad.

Con este nuevo diseño y posible reestructuración de la obra de captación, los beneficiarios de la acequia obtendrán un tratamiento de agua óptimo para el riego libre de contaminantes mediante un tratamiento que dependerá del estudio de caso y los resultados de un análisis

de la calidad de agua, dicho análisis será comparado con el libro VI del TULSMA. Con lo indicado anteriormente se busca mejorar los estándares de calidad y cantidad de caudales de regadío en Ambato.

1.3. Fundamentación Teórica

Para todos los organismos, el agua es un componente fundamental y es un recurso que da sustento al desarrollo y mantenimiento de la vida sobre el planeta, es decir, sin agua no existe vida. El agua es un recurso muy escaso, tan solo el 0.003% del agua de todo el planeta se estima que corresponde a agua dulce y es utilizable para el consumo humano. El resto de este recurso se encuentra en mares salados, glaciales o en canales bajo el suelo, siendo muy complicado su extracción o uso.

En una obra de captación la estructura utilizada depende en primer lugar del tipo de fuente que abastezca el canal que posteriormente será utilizado. Las bocatomas son en general la estructura utilizada para la captación de aguas superficiales, mientras que los pozos hacen mayor énfasis para la captación de aguas subterráneas. [5]

1.3.1. Agua Dulce

Se denomina agua dulce cuando la cantidad de sales es insignificante en comparación al volumen total de agua, los valores son inferiores a 0,5 UPS (unidad práctica de salinidad que representa la cantidad de gramos de sales disueltas por kg de agua). [6]

1.3.2. Calidad de Agua

No existe una definición clara y precisa de calidad de agua debido a la complejidad de su determinación y a la cantidad de variables que puedan determinar este aspecto. Sin embargo, existe tres aspectos que pueden ayudar a determinar la calidad de agua de manera cualitativa y cuantitativa.

El primer aspecto sería el físico, con la determinación de características como turbiedad, sólidos totales, color, olor, etc.

El segundo aspecto es el químico, con la determinación sus propiedades como pH, acidez, etc.

Y el último sería biológico y se determina bajo bioensayos y determina el grado de afectación de una sustancia química en organismos vivos.

Una vez tenido uno o varios de estos aspectos, se determina si el agua es apta o no para un determinado uso dependiendo de su nivel de contaminación. [7]

1.3.3. Agua Cruda

Se denomina agua cruda a aquella que se encuentra en el ambiente como en la lluvia, ríos, océanos, etc., y que no ha recibido algún tipo de tratamiento o modificaciones. [7]

1.3.4. Contaminante

Se trata de cualquier elemento, sustancia química o biológica, energía, radioactividad, sonido o ruido o todo aquello que afecte al medio ambiente de manera particular a sus elementos como agua, aire, suelo, flora o fauna, seres vivos o a la interrelación que existe. [6]

En el agua los contaminantes ingresan en los ríos como resultado del crecimiento poblacional y de las actividades humanas, dando como resultado que muchos países en pleno desarrollo no cuenten con la tecnología y recursos para financiar obras para el tratado de aguas residuales. [8]

1.3.5. Contaminación

Es la presencia de uno o más contaminantes o la combinación de ellos dentro del medio ambiente, con tiempo y concentración tal que causen condiciones negativas para cualquier ser vivo. [6]

El incremento de la contaminación no solo afecta a la biodiversidad, sino que también provoca la degradación en la calidad de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua. Estos servicios cumplen una variedad de beneficios en el ecosistema como la

purificación del agua, la captura y almacenamiento de carbono, la protección natural contra inundaciones y el abastecimiento de agua para otros usos como pesca y recreación. [8]

1.3.6. Agua Contaminada

Según el estudio por la (ARCA, 2016) se analiza la falta de cumplimiento de los criterios de calidad de agua para el riego agrícola con un promedio del 53,25% con una tendencia creciente. Concluyendo que el Ecuador indica que tiene fuentes de agua restringidas para el uso y/o aprovechamiento de las actividades agrícolas.

El Plan Nacional de Riego y Drenaje (2012-2016) recogió resultados de estudios sobre la problemática de calidad de agua en cuatro importantes cuencas (Mira, Esmeraldas, Guayas y Pastaza) que representan una mala calidad bacteriológica las cuales supusieron restricciones en su uso.

Los problemas mayores de calidad de agua para el consumo humano tanto rural y urbano son debido a actividades industriales o extractivas a una gran escala. Dentro del Ecuador las zonas que mayor presentan actividades industriales son: Quito, Guayaquil, Cuenca, Riobamba, Ambato, Latacunga y Esmeraldas los cuales presentan graves problemas de contaminación del recurso hídrico que se utiliza para el riego.

Las consecuencias de las poblaciones que no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas negras, industrias y el sector agrícola que usan agroquímicos, los cambios de uso de suelo, la disminución de cobertura forestal y mal manejo de suelo, son los que provocan que bajo las cuencas de los ríos se reciba agua contaminada utilizada principalmente para el riego. [9]

En el Plan Nacional de Riego y Drenaje (2012-2016) como principio orientador tenemos al Objetivo 5: Garantizar la Calidad y Cantidad de Agua para el Riego Considerando a las Presentes y Futuras Generaciones.

Las graves problemáticas de la contaminación de fuentes y recursos de agua, principalmente en las cuencas bajas, es importante que se instituyan mecanismos para que

conjunto con la entidad rectora del agua, pueda garantizar el uso de agua en buenas condiciones en los sistemas de riego. Esta problemática se debe tomar más en cuenta, caso contrario esta seguirá ocasionando consecuencias de salud hacia el consumidor humano y suelos. Concluyendo que esta situación debe resolverse mediante especificaciones normadas.

En el Plan Nacional de Riego y Drenaje (2012-2016), objetivo 5, incluirá aspectos que consideren el desarrollo de un inventario de sistemas de riego y se realizará una evaluación de calidad de agua en cada uno de los sistemas y en base a los resultados, se buscara alternativas para afrontar a las problemáticas de la contaminación detectadas y finalmente se mantendrá un monitoreo periódico de calidad de agua usada en la irrigación. [9]

1.3.7. Cuerpo de agua

Es toda masa de agua como son los ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas, zonas marinas, etc. [6]

1.3.8. Cuerpo hídrico

Son cuerpos de agua que se encuentran en la superficie o en fuentes subterráneas como quebradas, acequias, lagunas, etc. [6]

1.3.9. Desechos no peligrosos

Elementos sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tiene utilidad alguna para las actividades que lo produce. Proviene de la actividad humana como labores domésticos, comerciales e industriales, suelen clasificarse según su origen ya sean agropecuarios, forestales, mineros, industriales y urbanos. Todo desecho puede ser recuperado y reciclado a excepción de los desechos mineros por sus características y composición. [6]

1.3.10. Captación de agua superficial

El término “bocatoma” es usado generalmente para las obras de captación, derivación o toma en ríos. Por medio de la estructura de captación de agua se puede derivar el caudal de diseño que usualmente corresponde al caudal máximo diario. [10]

Para que la obra de captación funcione adecuadamente debe estar ubicado en una zona con suelo con gran estabilidad y resistencia a la erosión, preferentemente en un sector recto del cauce. De ser necesario que la captación se encuentre en una curva, se debe colocar la obra en la zona exterior de la curva, en este caso se debe implementar muros de contención aguas arriba y agua debajo de la bocatoma como medidas de protección de la estructura.

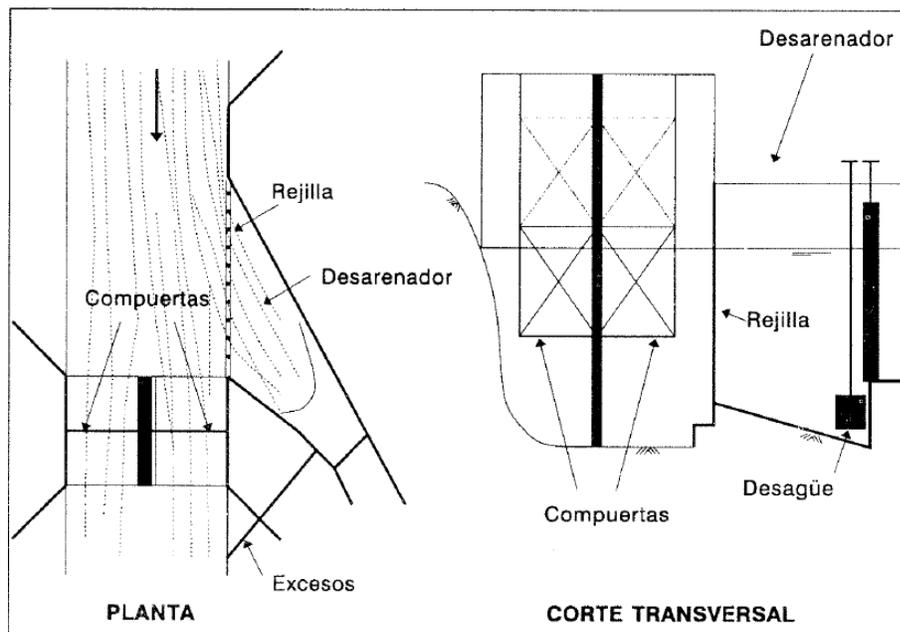
1.3.11. Bocatoma

Es una estructura hidráulica que permite la captación de agua superficial de una fuente como un río o cauce y la conduce a un sistema de acueducto. [11]

1.3.12. Bocatoma lateral por gravedad

Dependiendo de las condiciones hidráulicas y topográficas, la captación de agua en ríos profundos se puede realizar mediante gravedad, con la colocación de compuertas y rejilla. Tiene la ventaja que el tratamiento primario de desarenador se puede hacer de manera inmediata. [12]

Figura 1. Bocatoma lateral por gravedad



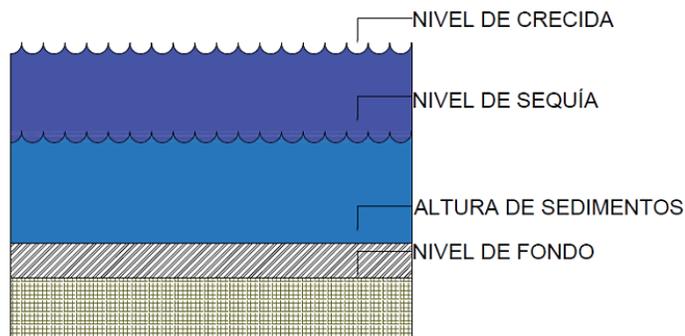
Fuente: [6]

1.3.13. Ventana de captación

Es el espacio por donde ingresa el agua, se trata de uno o más vanos que trabajan hidráulicamente para la entrada de agua al canal. La altura del azud permite una entrada de caudal permanente. La ventana suele llevar compuerta si se lo necesita y en ocasiones se coloca una rejilla para evitar el ingreso de cuerpos extraños. [13]

Se recomienda dejar la ventana a mínimo 40 cm de diferencia con el nivel de fondo para evitar la entrada de sedimentos. También se debe colocar entre el nivel de sedimentos hasta el nivel de sequía.

Figura 2. Ubicación ventana de captación

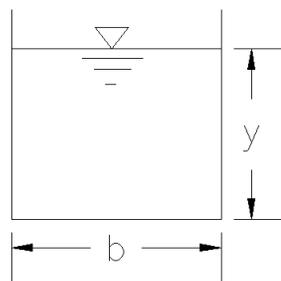


Fuente: Autor

1.3.14. Área Hidráulica (A_h)

Es el área de la sección transversal donde ocupa el agua en el canal. [14]

Figura 3. Sección transversal del canal



Fuente: Autor

$$Ah = b * y$$

Ecuación (1). Área Hidráulica

Donde:

b: base del canal

y: tirante de agua

1.3.15. Perímetro Mojado (Pm)

Es la distancia total que existe en el canal donde hay contacto entre la pared y el líquido, no se incluye la superficie libre. [14]

$$Pm = b + 2y$$

Ecuación (4). Perímetro Mojado

1.3.16. Radio Hidráulico (Rh)

Es la relación que existe entre área hidráulica y perímetro mojado. [14]

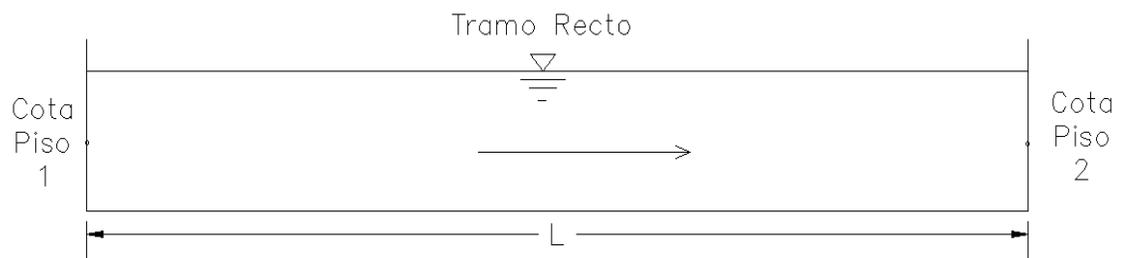
$$Rh = \frac{Ah}{Pm}$$

Ecuación (7). Radio Hidráulico

1.3.17. Pendiente longitudinal del fondo del canal (S)

Es la diferencia de altura que existe entre dos cotas tomadas en la base del canal (Cota Piso), se mide horizontalmente en el sentido del flujo del agua. [14]

Figura 4. Datos para obtener pendiente de la línea de agua.



Fuente: Autor

$$S = \frac{Cota_1 - Cota_2}{L}$$

Ecuación (10). Pendiente longitudinal del fondo del canal

Donde:

Cota 1: Elevación de cota de piso 1

Cota 2: Elevación de cota de piso 2

L: Longitud del tramo recto.

1.3.18. Velocidad Media

Es la velocidad promedio del río o canal y se mide con la fórmula de Chézy. Dicha velocidad se usa para el diseño de la obra de captación.

1.3.19. Fórmula de Chézy

Es una fórmula propuesta desde 1769 por el ingeniero francés Antoine de Chézy, es la primera fórmula por fricción que se conoce en la hidráulica y permite la obtención de la velocidad media de un canal abierto. [14]

$$V = C\sqrt{Rh * S}$$

Ecuación (13). Fórmula de Chézy

Donde:

V: Velocidad Media

C: Coeficiente de Chézy

Rh: Radio Hidráulico

S: Pendiente Longitudinal del fondo del canal

1.3.20. Coeficiente de Chézy (C)

Existe varias formas de obtener este coeficiente, uno de los más famosos es de Manning, pero por otra parte Henry Bazin dio una respuesta apta para todo canal abierto y con un

coeficiente para cada tipo de suelo o cobertura con su respectivo coeficiente de rugosidad y lo resolvió de una manera más sencilla con la siguiente ecuación: [14]

$$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{Rh}}} \quad \text{Ecuación (16). Coeficiente de Chézy}$$

Donde:

m: Coeficiente de Rugosidad de Bazin

Rh: Radio Hidráulico

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad de Bazin

Coeficiente de Rugosidad Bazin		
Categoría	Descripción	m
1	Planchas metálicas, cemento o madera con contorno muy liso, perfectamente ejecutado.	0,06
2	Concreto bien acabado con contornos lisos	0,16
3	Concreto sin pulir o piedra bien terminada	0,46
4	Canal de tierra con irregularidades sin vegetación	0,85
5	Canal de tierra con irregularidades con vegetación	1,30
6	Canal de tierra con vegetación muy erosionado e irregular	1,75

Fuente: [14]

1.3.21. Caudal

El caudal es uno de las principales características de un río o canal pues este valor nos indica mucho sobre las propiedades y características del flujo, es por ello se ha buscado distintas formas o métodos para determinar el caudal a lo largo de la historia.

Para la determinación de caudal existe dos métodos que son métodos directos y métodos indirectos. Dentro de los métodos directos están la determinación de caudal por el método área velocidad, dilución con trazadores, molinete; por otra parte, los métodos indirectos se subdividen en altura piezométrica, área-pendiente.

Los métodos directos se fundamentan en los principios de la ecuación de continuidad por lo que son considerados métodos sección-velocidad.

$$Q = \int V dA = V * A \quad \text{Ecuación (19). Caudal}$$

Donde:

Q: Caudal en m³/s

V: Velocidad media del agua en m/s

A: Área de la sección transversal del cauce en m².

Para mayor exactitud en la determinación del caudal, se requiere de datos igualmente precisos como la sección transversal del cauce y la determinación de la velocidad media del agua. Dentro de un canal se aprecia distintas formas en la sección transversal y por ende se ve afectado con la determinación de la velocidad media por la rugosidad de las paredes y fondo del cauce. [15]

1.3.22. Caudal de Diseño

Volumen de Agua medida en un periodo de tiempo establecido estimado para el diseño de la obra civil. [11]

El caudal de diseño es otorgado por Consejo Nacional de Recursos Hídricos Agencia Ambato, quien mediante un informe establece que el caudal que la Acequia Tilulum Darquea tiene permitido recoger es de 600 l/s, mismo informe que no ha sido actualizado desde el 2006 pero es el único documento que puede establecer este dato. [16]

1.3.23. Caudal Máximo Diario (QMD)

Caudal máximo durante 24 horas con datos obtenidos durante un año. [11]

1.3.24. Caudal Máximo Horario (QMH)

Caudal máximo durante una hora con datos obtenidos durante un año. [11]

1.3.25. Caudal Medio Diario (Qmd)

Caudal promedio durante 24 horas con datos obtenidos durante un año. [11]

En el informe emitido por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos Agencia Ambato indica que en los meses desde octubre hasta enero existe un periodo de estiaje dando un caudal promedio de 500 l/s y que en los otros meses las lluvias aportan un gran caudal de 640,42 l/s sobrepasando el caudal permitido, valor que es designado en el mismo informe de 600l/s. [16]

1.3.26. Seguridad Alimentaria

Se tiene seguridad alimentaria cuando existe acceso físico y económico constante a alimentos que presenten condiciones óptimas y saludables para satisfacer las necesidades de la población.

El Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador CONGOPE: “Seguridad Alimentaria: Responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Provinciales” tiene como objetivo contribuir a los Gobiernos Autónomos Provinciales con opiniones sobre las políticas públicas territoriales que guíen el desempeño y el cumplimiento de los desafíos elaborados por el Gobierno Nacional en los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir.

Para la política pública nacional la Seguridad Alimentaria es un tema de importancia que debe ser considerado por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, dado q compone el aspecto central del desarrollo humano en territorio. Según las estadísticas de la FAO en los años 1961 y 2009, Ecuador perdió 7 puntos de autosuficiencia alimentaria al bajar del 99,2 a 92,4%, con una tendencia cada vez mayor y creciente hacia la baja.

Uno de los factores que afectan la seguridad alimentaria es la escasez de agua, la contaminación atmosférica, degradación de suelos, cambio climático, problemas de gobernanza y la exclusión.

En la seguridad alimentaria en el Ecuador se consideran dimensiones propuestas por la FAO una de ellas la disponibilidad de la distribución de los factores de producción de alimentos como: la tierra, agua de riego y comercialización.

El acceso agua de riego, Los datos según el Censo Agropecuario de 2001, las UPA (Unidad de Producción Agropecuaria) con menos de 50 ha (cerca de 95% de unidades agropecuarias) utilizaban el 49% del agua para riego disponible, mientras que las UPA de más de 200 ha ocupaban casi el 30%, a pesar de que representan menos del 1% de las propiedades.

Según el CNRH (El Consejo Nacional de Recursos) el 86% de usuarios de la población indígena y campesina cuenta con un sistema comunal de riego. A pesar de ello, solo el 22% tiene área regada y únicamente el 13% acceden del caudal, en tanto que el sector privado, que representa el 1% de las UPAs concentra el 67% del caudal. [17]

1.3.27. Bioensayos.

Se basa en la estimulación del crecimiento de las células de bulbos al ser rehidratados, y se aprecia mayormente en la elongación de las raíces de la planta. Cuando el agua que es usada para la hidratación presenta elementos tóxicos se inhibe la división celular de los meristemas radiculares lo que conlleva a que el tamaño de la planta y principalmente de su raíz se encoge significativamente. [18]

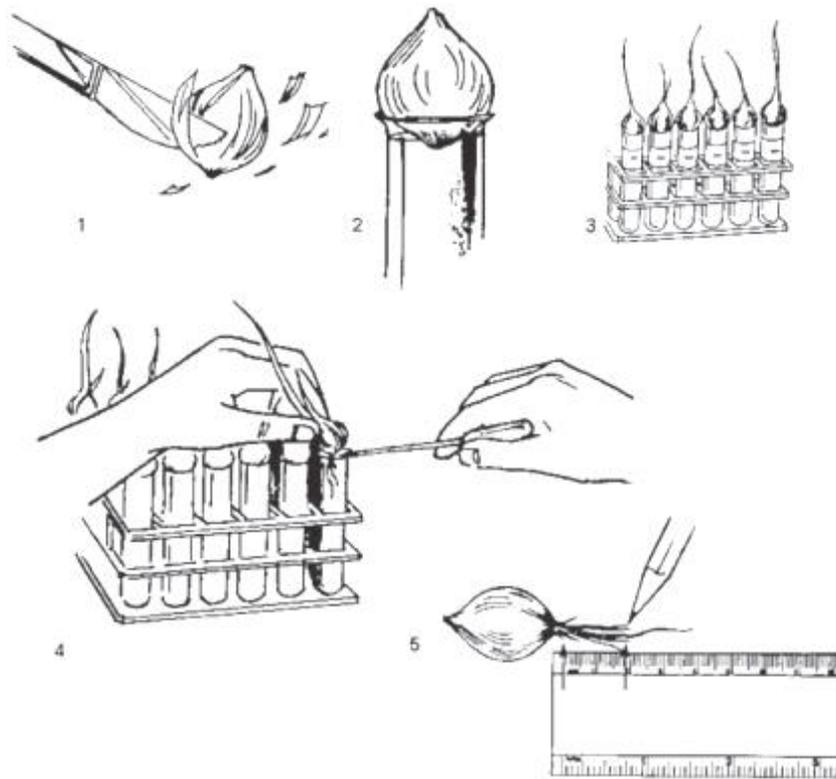
Los bioensayos se han usado desde hace mucho tiempo como indicadores del grado de contaminación en el agua, mediante este proceso se puede determinar el grado de afectación a alimentos que son sembrados con el agua contaminada por sustancias químicas.

Para la realización de este ensayo se debe manejar determinadas especies de vegetales, condiciones ambientales, materiales y métodos que ya se han definido con el objetivo de tener resultados precisos y confiables.

La determinación del grado de toxicidad del agua mediante bioensayos y su posterior búsqueda de fuentes permitirá emitir criterios más técnicos a cerca de las condiciones actuales y sus posibles soluciones.

El bioensayo se basa en la comparación del crecimiento de las raíces de bulbos, para ello se debe realizar la comparativa con agua pura y agua del canal de riego, si existe diferencia entre ambas muestras se determina que el agua donde se presentó el menor crecimiento de raíces existe contaminación en dicha agua o fuente. [19]

Figura 5. Proceso del bioensayo



Fuente: [18]

Para determinar si existe una diferencia entre el crecimiento promedio de las raíces de las semillas se toma como valor clave el crecimiento relativo de la radícula (CRR) que se presenta en la siguiente fórmula:

$$CRR(\%) = \frac{\text{Longitud promedio de la radícula con la muestra de agua problema}}{\text{Longitud promedio de la radícula en agua purificada}} * 100$$

Ecuación (22). Crecimiento relativo de la radícula

Dicho valor dará una primera idea del nivel de contaminación en el agua del canal de riego Tilulum Darquea y su efecto en los productos agrícolas que son cosechados a lo largo de todo el canal y que usan el agua para el riego de sus cultivos.

1.3.28. Coloides

Son mezclas de sustancias ubicadas entre soluciones y suspensiones, se caracterizan por que el tamaño de partículas se encuentra en el rango de 10 a 100 nanómetros.

Dentro del campo del tratamiento de aguas, uno de los problemas más difíciles de resolver es la presencia de partículas coloidales, por su naturaleza se puede complicar o simplificar la problemática.

La dificultad que se encuentra en la remoción de coloides se da principalmente a dos razones que son: a) su tamaño (menor a 1 micra) lo que hace imposible que funcione en un proceso de sedimentación y b) presencia de cargas eléctricas en su superficie. [20]

1.3.29. Partículas

Son sólidos de proporciones suficientemente grandes para lograr eliminarlos mediante un proceso de filtración. [21]

1.3.29.1. Partícula Discreta

Son aquellas partículas que mantienen sus características físicas como su forma, tamaño y densidad, durante la caída. [22]

1.3.29.2. Sedimentos

Se denomina sedimentos a partículas originarios de rocas o suelos que son arrastradas por fuertes escorrentías de aguas y por la fuerza de los vientos. Tras el traslado de este material, finalmente se deposita a lo largo de los cauces ya sea de ríos, lagos o lagunas.

En el caso de mares suele depositarse en las en niveles bajos de la cuenca, sobre todo en las planicies, lo que origina acumulaciones de esta y su levantamiento. La estructura y característica final del sedimento depende directamente del cuerpo de agua que lo recibe. [23]

1.3.30. Metales

En Ecuador y en el mundo la presencia de metales en el agua se da como resultado de erupciones volcánicas o disposición de rocas volcánicas y por fuentes antrópicas debido al comportamiento humano en procesos domésticos, agrícolas, industrial, petroleros o mineros.

Los metales también es parte de la naturaleza, aunque en concentraciones bajas. En los ríos los metales se presentan en condiciones de neutralidad o alcalinidad y se asocian con por la aparición de sedimentos en el agua.

Al hablar de efectos tóxicos por metales se debe tomar en cuenta de la concentración de y la biodisponibilidad de dicho metal. Por lo tanto, es de suma importancia conocer la presencia, distribución y biodisponibilidad de los metales que posiblemente consumamos en productos agrícolas día a día. La exposición crónica a metales afecta al cuerpo humano llevándolo a sufrir enfermedades como hepatonefrotoxicidad (intoxicación de hígado y riñón) y neurotoxicidad (afectación al sistema nervioso).

Es necesario determinar el contaminante y analizar su distribución, pues así se puede tomar las medidas adecuadas para la prevención de los riesgos que se tiene con la presencia de estos contaminantes. [8]

1.3.31. Turbiedad

Presencia de material sin disolver en el agua, lo que reduce la transparencia del líquido. [24]

Existen varias causas para que exista turbiedad entre ellas tenemos la erosión natural de las cuencas por lo que se observa el desprendimiento de sedimentos, y la contaminación causada por el hombre ya sea por factores domésticos, industriales, agrícolas, etc. [7]

1.3.32. Color del Agua

Es una característica física que está ligada a la turbiedad, pero puede verse afectado por otros factores externos como el suelo y la contaminación.

El color en el agua se clasifica en color aparente que se presenta cuando existe alta turbiedad y existe cantidad apreciable de material suspendido y color verdadero que se presenta en aguas sin turbiedad.

El color del agua es importante por nos da una primera impresión del estado en que se encuentra, esta característica física se mide en laboratorio con un colorímetro. [7]

1.3.33. DBO₅

Es la demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días, su valor es un representativo de la contaminación existente en el agua, y se obtiene mediante un análisis de laboratorio.

El reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo elaborado el 25 de mayo del 2020 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización de agua indica que, el DBO₅ posterior a un tratamiento debe ser menor o igual a 10 mg/l para aguas que son utilizadas para riego agrícola. [25]

1.3.34. DQO

Es la demanda química de oxígeno, también es un valor indicativo de la contaminación presente en el agua, y su valor se obtiene mediante un análisis de laboratorio.

El DBO posterior a un tratamiento debe ser menor a 30 mg/l para aguas utilizadas en riego agrícola. [26]

1.3.35. Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan en la TABLA 4 del LIBRO VI DE LA CALIDAD AMBIENTAL mismos criterios o parámetros se verán a continuación:

1.3.35.1. Aceites y Grasas

Son triglicéridos o ésteres de la glicerina, con ácidos grasos de larga cadena de hidrocarburos que varían su longitud. En temperatura ambiente este se solidifica y se conoce como grasa, mientras que a mayor temperatura se encuentra como líquido y se lo denomina aceite. [27]

Dentro de un canal de riego es necesario la ausencia de grasas y aceites que formen película visible. [6]

1.3.35.2. Arsénico

Es un elemento que se encuentra en la corteza terrestre, su distribución por el medio ambiente se da por procesos naturales o actividades antrópicas y se encuentra tanto de forma orgánica como inorgánica. La concentración de aguas subterráneas por sales de As inorgánico (Así) se denomina hidroarsenismo regional endémico y ha desencadenado que más de 100 millones de personas en el mundo tengan contacto con concentraciones elevadas de Así, provocando afecciones en la piel y enfermedades gástricas. [28]

El Arsénico inorgánico es un contaminante cancerígeno y genotóxico (toxicidad genética) según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, por ellos su presencia debe ser tan baja como sea razonablemente posible para ser considerado de baja preocupación desde una vista médica.

La principal vía de exposición de As en los humanos es el consumo de alimentos o de agua contaminada. [8]

Se espera que dentro de un canal de riego el nivel de Arsénico sea máximo de 0.1 mg/L. [6]

1.3.35.3. Coliformes Fecales (NMP)

La presencia de bacterias coliformes en agua es un indicativo de contaminación de aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Se encuentran mayormente en la capa superficial del agua o en sólidos ya sedimentados. Se considera que esta contaminación es uno de los principales riesgos sanitarios, puesto que comúnmente se presenta junto a otros microorganismos patógenos que pueden generar enfermedades. Por dicha razón se ha denotado la importancia de un control microbiológico como medida sanitaria básica para mantener salud pública adecuada. [29]

La presencia máxima de coliformes fecales NMP (número más probable) dentro de un canal de riego es de 1000NMP/100ml. [6]

1.3.35.4. Níquel

A largo plazo los metales pesados pueden causar problemas de salud en los humanos ya que son bioacumulables, tóxicos y hasta cancerígenos, sin importar su concentración. El níquel es el metal más abundante en el mundo. Se encuentra en cuerpos hídricos debido a la presencia de aguas residuales industriales, lo que ocasiona un deterioro del medio ambiente a gran escala, modificando la vida de los ecosistemas allí presente. [30]

La máxima cantidad de Níquel que debería existir en un canal de riego es de 0.2mg/L. [6]

1.3.35.5. Nitratos

La presencia de nitratos en agua es el resultado de la oxidación del nitrógeno, que proviene mayormente de desechos fecales, de la ganadería y de agricultura. [30]

1.3.35.6. Nitritos

Comúnmente se presentan en pequeñas concentraciones en las aguas superficiales y se da gracias a la presencia de fertilizantes, excretas de animales, desechos urbanos, desechos industriales y aditivos alimentarios. [30]

1.3.35.7. PH

Es un indicativo del nivel de acidez o alcalinidad. Es esencial para determinar si el agua es idónea o no para el uso en el riego.

El pH tiene una escala de 0 al 14, una medida inferior a 7.0 indica que el agua es ácida, si la medida es mayor a 7.0 nos encontramos con soluciones bases o alcalinas, y si la medida es 7.0 se considera con un pH neutro.

La normativa de la Unión Europea (Normativa 98/83/EU) indica que el agua debe tener un pH entre 6.5 y 9.5 para considerarla potable. Sin embargo, no toda agua de riego es potable, en este sentido nos referimos a agua pura la cual debe tener un pH lo más cercano a 7.0 y estar dentro del rango de 6.0 y 8.5. [31]

1.3.35.8. Sulfatos

Su origen se puede dar porque el agua atraviesa terrenos ricos en yesos, o por contaminación con aguas residuales industriales. Los sulfatos no representan gran peligro a la salud humana, sin embargo, que los niveles sean mayores a 300mg/L pueden causar trastornos gastrointestinales en los niños. [32]

1.3.35.9. Sólidos Totales Disueltos

También conocido como TDS, es una medida de la materia en una muestra de agua, partículas inferiores a 2 micrones por lo que no son removidos por un filtro tradicional. Al hablar de TDS, nos referimos a la suma de todos los metales, minerales y sales disueltas en el agua. [33]

1.3.35.10. Tensoactivos

Son agentes de tensión superficial, los cuales reducen dicha tensión entre líquido y líquido o sólido y líquido. Está conformado por compuestos químicos que son utilizados por sus características y propiedades ligadas a la detergencia, resistencia a la dureza del agua, solubilidad, dispersión, emulsión y humectación. [34]

1.3.36. Tratamiento Preliminar

Se trata de un proceso para la remoción de sólidos gruesos, flotantes y grasas, además de procesos de compensación y ajustes de pH. [6]

1.3.37. Tratamiento Primario

Conjunto de operaciones físicas que tienen el objetivo de reducir sólidos sedimentables y flotantes presente en el agua, como: cribado, desarenado, sedimentación y manejo y disposición final de sólidos generados en este proceso. [6]

1.3.37.1. Sedimentación

Se refiere al proceso de remoción por gravedad de partículas que se encuentren suspendidas en el agua. Para que este proceso se dé, es necesario que el peso específico de la partícula sea mayor que del agua.

La sedimentación es un fenómeno físico y su uso para la clarificación del agua constituye como uno de los procesos utilizados para su tratamiento. El objetivo de este proceso es la obtención de un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. [22]

1.3.37.1.1. Sólidos sedimentables

Se determina sólido sedimentable a la fracción de un sólido que se encuentra en un fluido y se divide por acción de la gravedad, durante un periodo determinado. [21]

1.3.37.1.2. Sedimentación Simple

La sedimentación simple es el proceso de depósito de partículas discretas. Los desarenadores, sedimentadores y pre sedimentadores presentan esta forma de sedimentación con el mismo tipo de partículas, en los pre sedimentadores previamente a la coagulación en plantas de filtración rápida y en los sedimentadores previamente a la filtración lenta. [22]

1.3.38. Rejilla Autolimpiante

Es un equipo de tratamiento de agua primario que permite filtrar el líquido de sólidos mediante un tamiz de acero inoxidable con diámetro de 1 a 5 mm que elimina los desechos automáticamente. Su diseño es compacto y funcional, realiza un filtrado por gravedad reduciendo costos de instalación y operación, no necesita de bombas adicionales. Su instalación y funcionamiento son muy sencillos por lo que no necesita de mucha capacitación.

Los sólidos removidos son depositados en contenedores y la el tamiz es barrido continuamente de manera automática. [35]

Las rejillas automáticas tienen un periodo de vida de por lo menos 25 años.

1.3.39. Humedal Artificial

Es un sistema que intenta imitar a un humedal natural físicamente y el proceso físico químico y biológico que realizan, el objetivo de la construcción de uno es mejorar la calidad de agua mediante la interacción entre plantas, agua, animales, microorganismos, suelo, aire y energía solar.

El funcionamiento de un humedal artificial se basa en tres principios que son: la actividad bioquímica de los microorganismos, la incorporación de oxígeno al agua mediante procesos físico químicos de las plantas con la ayuda de energía solar y la presencia de un filtro natural que es el lecho inerte de las raíces que sirve como filtro. [36]

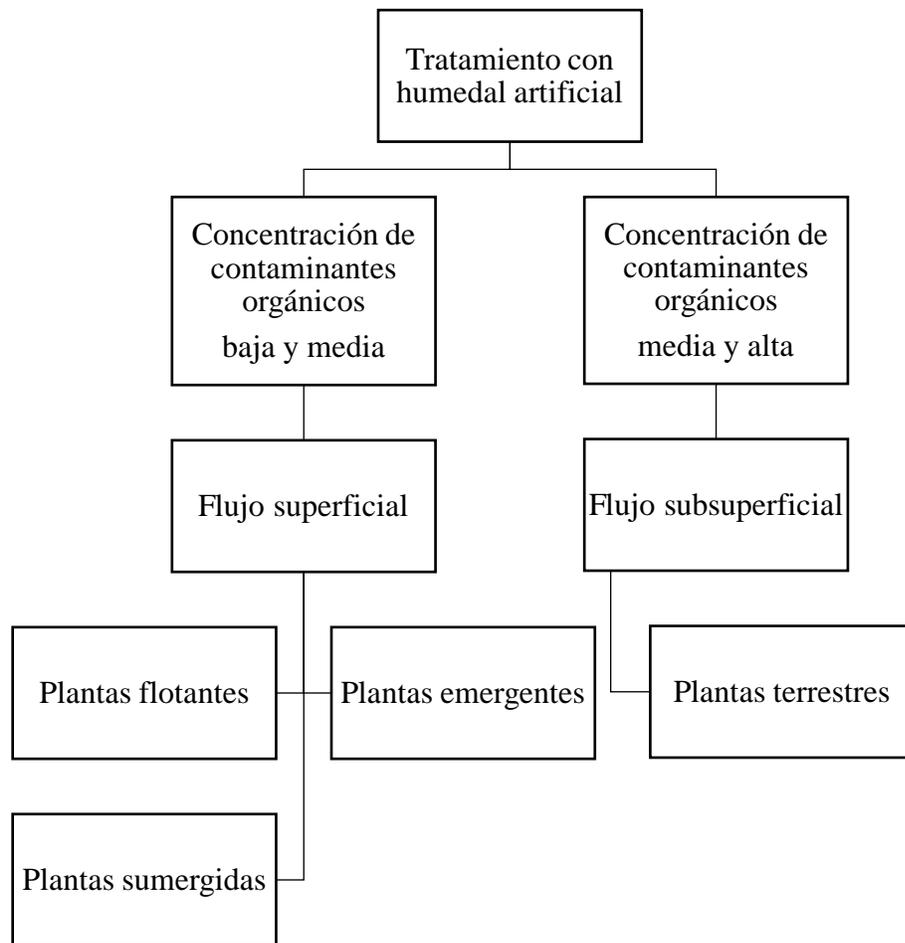
Un humedal artificial es una ecotecnología que reduce material disuelto y suspendido en agua residual y biodegrada material orgánico hasta mineralizarlos mediante procesos de biotransformación y mineralización. Se compone de material vegetal como plantas vasculares terrestres o acuáticas que además de sus propiedades biológicas, también funciona como material filtrante que se apoya de un soporte constituido por material granular pétreo. [37]

Las características que se deben tomar en cuenta antes de la construcción de un humedal artificial son que la temperatura ambiente recomendable este entre 12 a 38 °C, el agua

debe tener un pH neutro, el valor de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y de DQO (Demanda Química de Oxígeno) son unos de los parámetros más importantes en la caracterización (medición del grado de contaminación) del agua, dichos valores serán reducidos en un 75 a 90 por ciento con la implementación del humedal. También es necesario determinar la biodegradabilidad del efluente que es la relación entre la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno. Este índice indica si es factible o no la construcción de un humedal artificial. [38]

Los sistemas de Humedales Artificiales se dividen en flujo Subsuperficial o flujo Superficial y su implementación se basa en la concentración de contaminantes orgánicos como se muestra en la figura a continuación:

Diagrama 1. Humedal Artificial según concentración de contaminantes orgánicos.



Fuente: [37]

Los humedales artificiales se clasifican por tipo plantas o tipo de flujo como a continuación se muestra:

1.3.39.1. Basados en macrófitas de hojas flotantes

Contiene especies de plantas como: rosa de venus, lirio, lilas de agua y la ninfa que sus raíces se fijan en los sedimentos sumergidos profundamente, el nivel de agua es de 0,5 a 3 metros. [36]

1.3.39.2. Basados en macrófitas flotantes

Posee plantas que flotan libremente cuya función es eliminar nitrógeno y sólidos en suspensión. La planta más común usada en este tipo de humedal es el jacinto de agua. [36]

1.3.39.3. Basados en macrófitas sumergidas

Presentan helechos, musgos, carófitas o angiospermas y se caracterizan por ser aéreos, flotantes o sumergidos que mediante el proceso de la fotosíntesis presenta un alto contenido de oxígeno disuelto. [36]

1.3.39.4. Basados en macrófitas enraizadas emergentes

Se caracteriza por tener plantas perennes y estar ubicados en suelos sumergidos con órganos reproductores aéreos, habitan en suelos saturados con una profundidad de agua igual o menor a 0,5 metros. [36]

Otra clasificación está basada en el régimen del flujo de agua como se muestra a continuación:

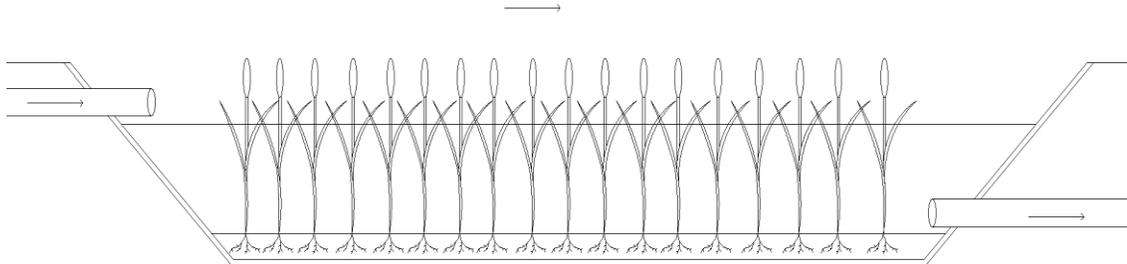
1.3.39.5. Humedal de flujo superficial

Se caracteriza porque el agua está en contacto a la atmósfera y fluye a través de los tallos de las plantas que se encuentran parcialmente sumergidas y que funciona como barrera natural para su filtración. [36]

Consiste en estanques o canales, con alguna barrera superficial que evite la filtración y que soporte la vegetación, contiene agua a baja profundidad entre 30 y 40 cm y presenta

baja velocidad, cuyo es regulado por los tallos existentes. El tratamiento ocurre cuando el agua recorre los tallos y las raíces de la vegetación. [39]

Figura 6. Humedal de flujo superficial.



Fuente: Autor

1.3.39.6. Humedal de flujo sub superficial

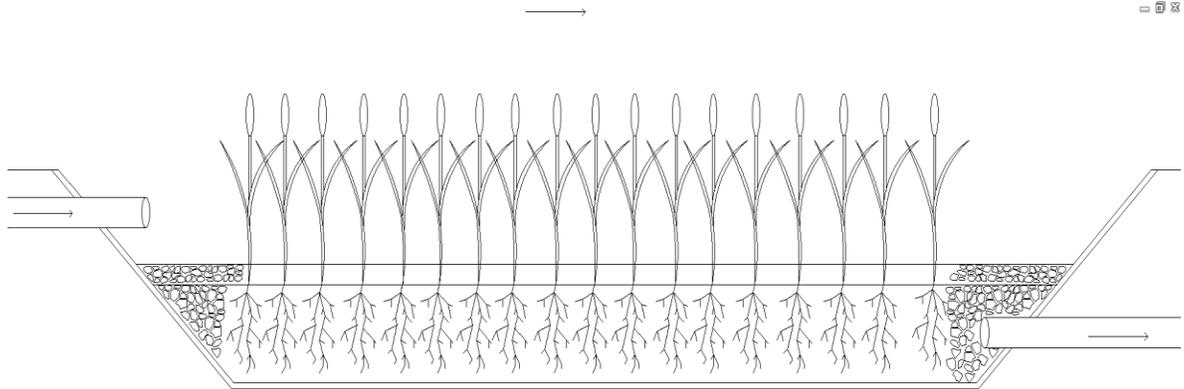
Se caracteriza porque el agua fluye a través de un medio granular subterráneo compuesto por grava y arena a una altura aproximada de 0,6 metros. [36]

Consiste en un medio poroso donde se posan las plantas que por medio de sus raíces realizan el proceso de depuración del agua. Dentro de esta clase de humedal se divide en dos tipos, de flujo horizontal o de flujo vertical. [39]

- Humedal sub superficial de flujo horizontal

Se basa en una cama de tierra, arena o grava, recubierta por una membrana impermeable para evitar la filtración, con plantas macrófitas acuáticas. El flujo de agua es continuo y se capta mediante una tubería colocada en la parte superior y se recoge el agua purificada en la parte inferior opuesta por rebalse. El agua es tratada según continúa por el flujo por medio del sistema poroso a una altura de entre 0,45 a 1 m. Su recorrido es a gravedad y necesita pendiente de entre 0,5 a 1%. El sistema de recogida es un tubo de drenaje cribado, rodeado de grava de entre 50 a 100 mm. Las plantas se colocan sobre grava fina de entre 3 a 32mm. [39]

Figura 7. Humedal sub superficial de flujo horizontal.

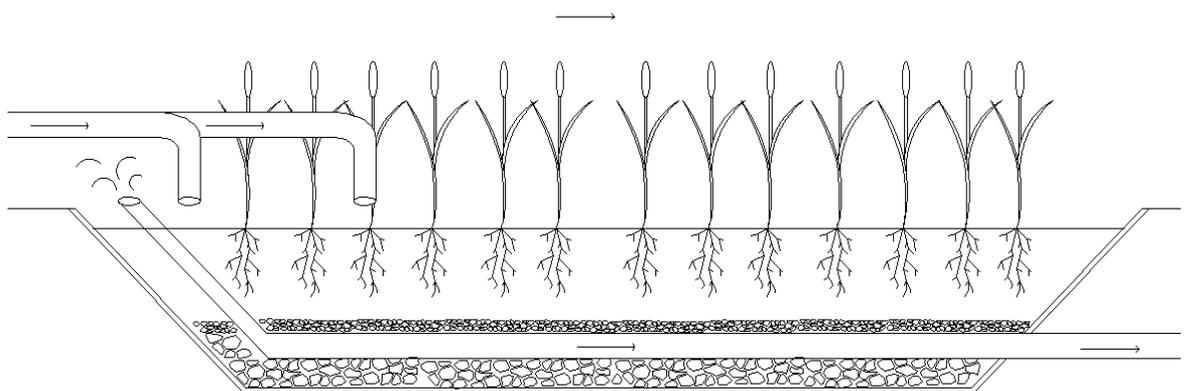


Fuente: Autor

- **Humedal sub superficial de flujo horizontal**

Recibe el agua a través de un sistema de tuberías de aplicación de agua y se filtra por medio de arena o grava. El agua se recoge en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. El agua es aplicada de forma intermitente, para que mediante el reposo se mejore las condiciones de filtración. Las plantas se colocan en un medio granular que se encuentra junto a un sistema de aeración para su mejor funcionamiento. Se constituye de varias capas, las más finas en la parte superior y más gruesas abajo. [39]

Figura 8. Humedal sub superficial de flujo vertical.



Fuente: Autor

1.3.39.7. Humedal Híbridos

Es la combinación de los tipos de humedales con el fin de mejorar las características y propiedades. [36]

1.3.40. Periodo de Diseño de una obra de captación

Es el periodo de tiempo de la vida útil de una estructura, equipos y materiales que conformen una obra civil que equilibran el punto entre la inversión inicial y el lucro de la misma. Como cada tiempo es distinto se unifica y se toma como referencia el periodo de diseño de la obra de captación. [36]

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una obra de captación apropiada en el canal de riego acequia Tilulum Darquea del cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Levantar información demográfica de los beneficiarios del proyecto a realizar.
- Calcular y diseñar la bocatoma del canal de riego Acequia Tilulum Darquea.
- Proponer un tratamiento para el caudal de agua captado en el caso que su calidad no cumpla con la legislación ambiental vigente.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

Para la realización del presente trabajo de titulación fueron necesarios materiales de procedencia propia o procedentes de la compañía de topografía contratada, todos los materiales usados se verán a continuación:

2.1.1. Estación Total South

Equipo de la marca South, modelo N7, posee una pantalla de 3,5 pulgadas con una resolución de 640*480 cuadros, Wifi, bluetooth, su rango máximo con el uso de prisma es de 5000m con una precisión de $\pm 2+2$ ppm, su tiempo de medición es de 0,1 segundos, su peso aproximado es de 5,6 kg. Para su uso se necesitó dos baterías, trípode y dos prismas y dos jalones que incluyen con la estación.

2.1.2. Trípode

Equipo de la marca South, permite la colocación, asegurar y nivelación de la estación total en cualquier tipo de terreno, posee tres patas regulables de aluminio con punta de acero para su mayor agarre y seguridad.

2.1.3. Prisma

Permite el rebote del láser proveniente de la estación total para que el equipo mida o tome las coordenadas correspondientes, el prisma se coloca encima del jalón para poder colocarlo sobre todos los puntos importantes a tomar de la topografía.

2.1.4. Jalón

Accesorio de forma de un cilindro largo, con altura ajustable que permite colocar el prisma en su parte superior, posee un nivel también llamado ojo de pollo que sirve para que cada punto tomado se lo haga con la mayor precisión posible.

2.1.5. GPS

GPS de marca Spectra Precision Mobile Mapper 50 permite a recolectar datos SIG, posee un sistema operativo Android el mismo que al parecerse a un smartphone es práctico y fácil de usar, su memoria es de 16GB y su pantalla táctil es de 13.4 cm. En este caso se utilizó para tomar las coordenadas de dos puntos que se pasaran a la estación como inicio del proyecto del levantamiento topográfico.

2.1.6. Flexómetro

Herramienta de medición, con cinta de acero graduada en centímetros y pulgadas, la cual se utiliza para determinar la elevación de la estación total con relación a la superficie del suelo, de igual manera se comprueba la elevación del jalón con el prisma, midiendo desde la base del jalón hasta el punto medio del prisma, dicho proceso se realiza para garantizar que el levantamiento topográfico se realice con mayor precisión.

2.1.7. Estacas

Pedazo de madera alargado con un extremo afilado que se incrusta en la tierra, su objetivo es que sea un punto permanente en la realización del levantamiento topográfico.

2.1.8. Radios Walkie Talkie

Permite la conexión en campo de la persona que está dirigiendo la estación total y la persona que mueve y maneja el prisma.

2.1.9. Celular

Dispositivo portátil marca Xiaomi modelo Redmi Note 9 Pro, utilizado para tomar fotos de toda la evidencia del proceso realizado en campo. Este dispositivo cuenta con dos cámaras en la parte posterior, una cámara de 64 mega pixeles y otra gran angular de 32 mega pixeles.

2.1.10. Envase plástico

Envase plástico PE con capacidad de 6 litros, en lo que se lleva la muestra de agua al laboratorio y realizar los análisis fisio-químicos.

2.1.11. Envase estéril

Envase estéril, comúnmente usado para muestra de orina, con capacidad de 100 mililitros, utilizado para llevar muestra de agua al laboratorio y realizar los análisis microbiológicos.

2.1.12. Cono Inhoff

Envase plástico transparente en forma de cono invertido con capacidad de 1000 ml de agua o líquido con escala para la determinación de volumen. Permite la visualización y determinación de sólidos sedimentables que existe en un determinado volumen a través del tiempo.

2.1.13. Papel indicador de pH

Es una herramienta que permite la medición de concentración de iones de hidrógeno en las soluciones, se trata de un papel desechable con indicadores que reaccionan cambiando de tonalidad dependiendo el nivel de pH como se indica en el gráfico (4), las tonalidades se comparan en una tabla y se obtiene los resultados.

2.1.14. Computadora

Computadora portátil marca Dell, modelo Inspiron 15 5000 Series con las siguientes características: CORE i7 de octava generación, disco sólido de 480gb, disco duro de 1 tb, 12gb de RAM, pantalla táctil de 14". Este equipo permite la realización de planos, diseños 3D y todo el proceso de tesis de grado.

2.1.15. Impresora

Impresora marca Epson modelo L555, utilizado para llevar información variada como apuntes, informes, resultados, anotaciones, oficios, avances, etc.

2.2. Softwares

Para el presente trabajo de titulación se ha necesitado de un conjunto de programas de computación para la correcta planificación, organización, evaluación y ejecución de todo el proyecto. A continuación, se presenta una lista de todos los programas utilizados y una pequeña explicación de su uso:

2.2.1. Civil 3D

Civil 3D 2019 versión estudiante, la licencia es gratuita otorgada por la Universidad Técnica de Ambato y la empresa creadora del software Autodesk.

Civil 3D es un software que permite realizar, analizar y modelar superficie, convertir información en curvas de nivel y editar esta información para usarlo en distintos campos de la ingeniería o llevar la información a otros programas.

Este programa es usado para obtener curvas de nivel de la obra de captación existente, de esta forma llevarlo a otro programa para su evaluación y diseño de su reestructuración.

2.2.2. Revit

Revit 2019 versión estudiante, la licencia es gratuita otorgada por la Universidad Técnica de Ambato y la empresa creadora del software Autodesk.

Revit es un software que permite el modelado en 3D de estructuras de todo tipo, permite llevar un orden y listado de su amplio catálogo de materiales y objetos. Además de poder editar cada categoría, objeto y material a nuestra conveniencia.

Este programa es usado para realizar un modelado en 3D de la obra de captación en su estado actual y su posible reestructuración.

2.2.3. iRIC

iRIC es un software gratuito para el modelado y simulación del cauce del río, dentro de esta aplicación viene incorporado varios programas cada uno con distintas herramientas

de los cuales debemos elegir al que se adapte más a nuestras necesidades. Mediante el ingreso de datos topográficos el programa se encarga de generar curvas de nivel, a este mismo se le incluye un cuerpo hídrico y se le añade datos técnicos de este como caudal, velocidad, temperatura, entre otros, según el requerimiento. Posteriormente podremos visualizar una simulación en 2D o 3D.

Este programa es usado para obtener una simulación del flujo de agua y una simulación de la acumulación de sólidos.

2.2.4. Microsoft Excel

Microsoft Excel 2016, programa original y parte de Microsoft Office 365 cuya licencia venia incluida con la compra de la computadora.

Este programa es una herramienta para facilitar cálculo mediante comandos que permite que las operaciones se realicen de una manera rápida, programada y ordenada, se presenta en un formato de rejillas con filas y columnas a llenar.

El software es utilizado para el cálculo de la parte estructural de la obra y de la planificación y orden de los datos obtenidos.

2.2.5. Microsoft Word

Microsoft Word 2016, programa original y parte de Microsoft Office 365 cuya licencia venia incluida con la compra de la computadora.

Este programa es un procesador de texto, el cual permite la redacción de información ya sea de manera de texto, formulas, cuadros o gráficos.

El software es utilizado para la redacción de toda la información recopilada, la formulación y recopilación de datos y sobre todo para el avance del proyecto de tesis de una manera secuencial.

2.3. Metodología de la investigación

En esta investigación la metodología empleada está basado en el método científico Descriptivo – Observacional, pues se busca especificar las propiedades y características de la obra de captación en la actualidad y efectuar mediciones sobre ella.

El método permite obtener y ordenar de manera sistemática todos los datos obtenidos con la objetividad y capacidad de ser viable y verificable.

2.3.1. Técnicas para la recolección de información

2.3.1.1. Técnica documental

Este proceso se basa en la obtención, recopilación e interpretación de información de fuentes confiables como libros, revistas, documentos en internet, manuales, etc.

2.3.1.2. Técnica de observación

Este proceso se basa en visita a campo y la inspección detallada de la obra de captación.

2.3.2. Técnicas para el procesamiento de datos y análisis de los resultados

2.3.2.1. Trabajo de campo

Dentro de los trabajos en campo está: la visita a campo para su correspondiente inspección, el levantamiento topográfico de la obra de captación y la extracción de muestras para su análisis en laboratorio.

2.3.2.2. Trabajo de oficina

Dentro de los trabajos en oficina tenemos: Compilación de información, análisis de datos, realización del diseño, planos y realización de renders.

2.3.3. Descripción de la zona

2.3.3.1. Tungurahua

Tungurahua limita al norte con la provincia de Cotopaxi, al sur con la provincia de Chimborazo, al este con las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago; y, al oeste con la provincia de Bolívar. La capital provincial es Ambato. Se divide en nueve cantones Ambato, Baños de Agua Santa, Cevallos, Mocha, Patate, Santiago de Quero, San Pedro de Pelileo, Santiago de Píllaro y San Miguel de Tisaleo, y 43 parroquias rurales.

La provincia de Tungurahua es reconocida por su intensa producción agrícola, cuenta con un fuerte mercado interno, con alta densidad poblacional tanto en centros urbanos grandes e intermedios como en el ámbito rural. Una provincia por la que circula buena parte de la producción nacional y que contribuye un eje de intercambio de productos agrícolas entre la Costa, la Sierra y la Amazonía. Cuenta con condiciones favorables para la agricultura, su principal gestión se basa en el agua para riego, destacando un buen aporte natural, es decir que las condiciones de ubicación geográfica, suelo y variedad de climas.

Hay que señalar que no toda la provincia necesita de agua para riego, ya que el territorio se encuentra ubicado entre las cordilleras Occidental y Oriental de los Andes y entre dos regiones naturales muy diferentes, Zona Interandina o Sierra y Zona Oriental o Amazónica.

La provincia forma parte de la cuenca del río Pastaza, que a su vez es parte de la cuenca del río Amazonas. La zona interandina de la provincia, según la división hidrográfica de la SENAGUA contiene a 4 sub cuencas: río Ambato, río Cutuchi, río Patate y Drenajes Menores al río Chambo.

El agua en las zonas altas de las sub cuencas está considerada como apta para cualquier uso, mientras va descendiendo el agua por los cauces de los ríos a las partes medias y bajas de las sub cuencas se va contaminando, especialmente por las descargas sanitarias de los poblados que cruzan, como ejemplos de acequias que sufren contaminación a lo largo de

su trayecto, aunque tomen agua de buena calidad en su origen tenemos a la acequia Tilulum Darquea.

Según el último censo agropecuario un total de 32.600 ha. son regadas por diferentes sistemas, siendo el más usado el sistema por gravedad que suma el 95% de las hectáreas regadas. En cuanto a la dotación de agua para riego, en todas las sub cuencas los sistemas de riego tendrían una dotación inferior a un tercio de litro por hectárea, hay que señalar que existen acequias pequeñas que cuentan con menos de una décima parte de un litro por hectárea. Este tipo de sistemas trabaja con eficiencias muy bajas, entre el 15 y 30 %. [40]

Figura 9. Ubicación de la provincia de Tungurahua



Fuente: Autor

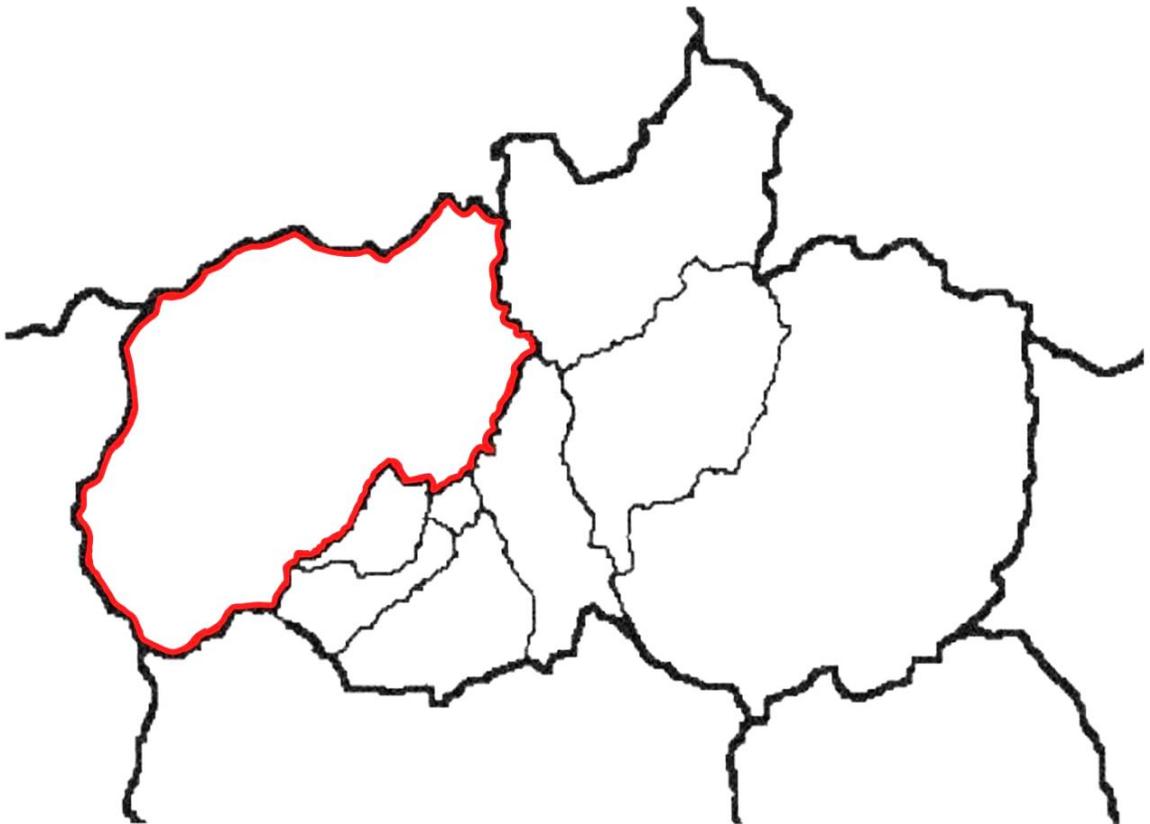
2.3.3.2. Cantón Ambato

El Cantón Ambato está situado en el centro de la región interandina y cuenta con una topografía muy irregular: volcanes, montes, planicies, valles muy pródigos para la actividad agrícola.

Ambato tiene un clima templado seco. La temperatura media anual es de 12,5°C, siendo noviembre el mes con la temperatura máxima diaria más alta de 24,9°C. Cuenta con 178.538 habitantes en el área urbana y 151.318 habitantes en el área rural, actúa como el principal centro comercial y de servicios de la provincia de Tungurahua.

Las principales actividades económicas en la zona rural están relacionadas con la agricultura, ganadería y artesanía. [41]

Figura 10. Ubicación del cantón Ambato



Fuente: Autor

2.3.3.3. Parroquia San Antonio de Quisapincha.

La Parroquia San Antonio de Quisapincha es la parroquia más antigua de Tungurahua, parroquia rural ubicada al noroccidente de la provincia.

Tabla 2. Límites de la Parroquia Quisapincha

Límites	
Norte	Con la provincia de Cotopaxi y la parroquia Ambatillo;
Sur	Las parroquias Pasa, San Fernando y el Río Alajua
Este	La ciudad de Ambato
Oeste	La provincia de Cotopaxi

Fuente: [42]

Superficie: 119.9 km²

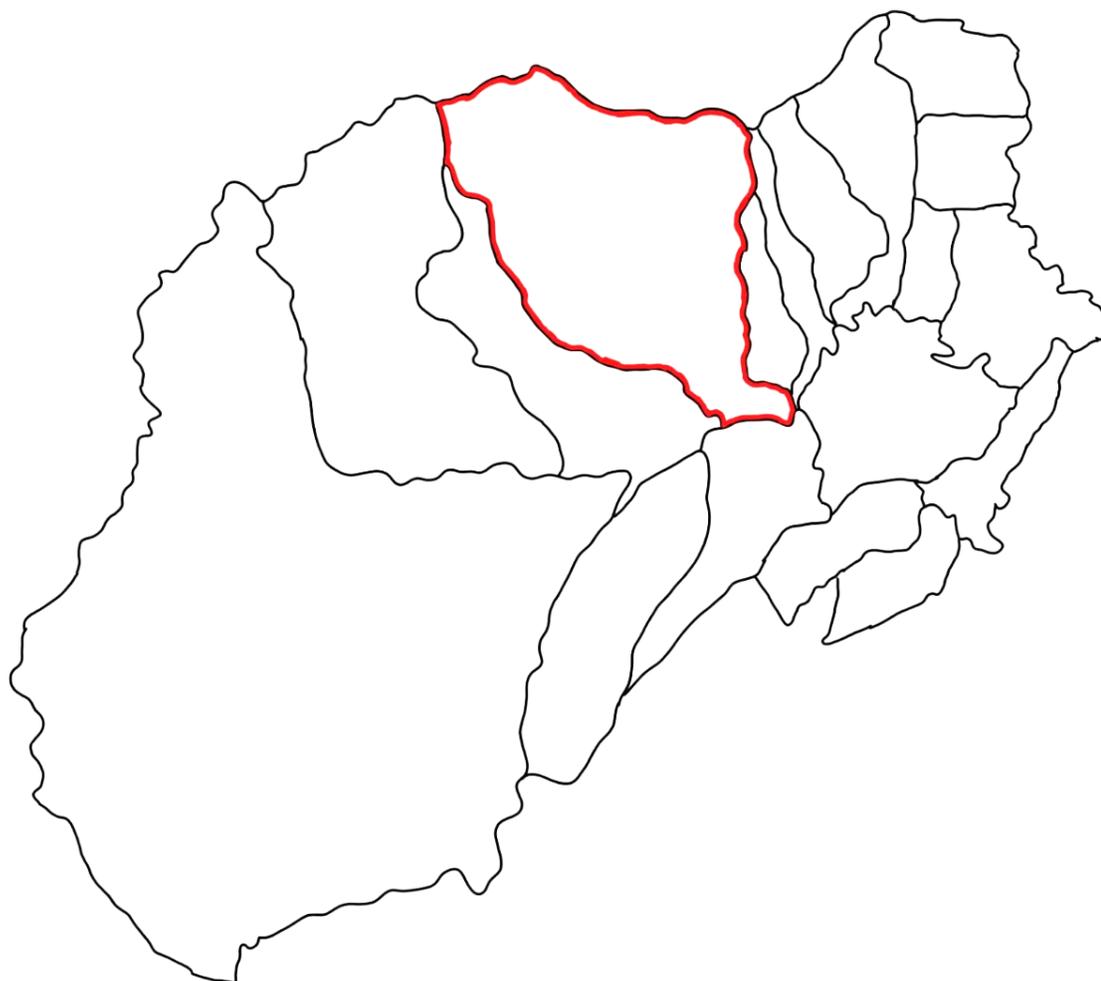
Altura Promedio: 3000 msnm

La obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea se encuentra al sur de la parroquia Quisapincha limitando con Santa Rosa, a 30 metros de la vía Aguaján.

La acequia toma agua del río Ambato que cuenta con un caudal máximo de 16.01 m³/s y un caudal mínimo de 1.32 m³/s, lo cual garantiza un ingreso permanente de caudal para el canal de riego.

El río Ambato se origina por la unión del río Colorado con el río Blando en la cordillera Occidental, tiene una longitud de 59,8 km y durante su trayectoria se ve afectado por la contaminación de descargas de la población y por parte del sector industrial. [43]

Figura 11. Ubicación de la parroquia Quisapincha



Fuente: Autor

2.3.4. Fase Preliminar del Proyecto

Se basa en la obtención y recopilación de todos los datos, mismos que son necesarios para el desarrollo del proyecto, cuenta con los siguientes pasos:

2.3.4.1. Levantamiento de Información Demográfica de los Usuarios de la Acequia Tilulum Darquea

Se realizó una investigación de los usuarios de la Acequia Tilulum Darquea, obteniendo la información demográfica de las parroquias por donde pasa el canal de riego con el fin de conocer el impacto que tiene el presente proyecto.

2.3.4.2. Visita Técnica

Con el objetivo de realizar una primera inspección y realizar in situ un análisis la verificación de la obra de captación y determinar si esta presenta inconvenientes ya sean de diseño, higiene, mantenimiento y de practicidad.

2.3.4.3. Realización de Bioensayo

Para la realización del bioensayo se ha tomado a 6 cebollas de apariencia y tamaño uniforme como bioindicadores, puesto que son productos que son cultivados y comercializados a lo largo de todo el sector que se beneficia del agua de riego de la Acequia Tilulum Darquea, además de cumplir con el ensayo con su velocidad de crecimiento y ramificación.

Los bulbos de cebolla son lavadas previamente y colocadas en agua durante dos horas con el objetivo de prepararlos para el bioensayo y eliminar toda impureza que se pueda presentar como desinfectantes o suciedad.

3 bulbos de cebolla y 3 de lechuga se colocan en agua obtenida a altura media de los primeros 10 metros del canal de riego, los otros bulbos se colocan en agua purificada durante 7 días, se obtiene el largo de las raíces promedio de cada conjunto y se calcula el crecimiento relativo de la radícula (CRR) con la Fórmula (8).

2.3.4.4. Levantamiento topográfico

Permite tener una mejor comprensión del estado actual de la obra de captación, su ubicación y falencias en su diseño. Mediante un levantamiento topográfico se obtiene curvas de nivel que posteriormente serán procesadas para la obtención de renders, mismos que permiten visualizar en tres dimensiones la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea.

2.3.4.5. Prueba de sedimentación

Con la ayuda de un cono de Inhoff colocamos tres muestras de agua de 1000 ml obtenidas a altura media de los primeros 2 metros de la entrada de agua de la bocatoma, cada muestra

se deja reposar en una hora y al finalizar se determina los sólidos sedimentables que existe en cada muestra, al finalizar se obtiene un promedio de las tres muestras.

2.3.4.6. Toma de muestras

Usando envases plásticos de 100ml y 6000ml de capacidad se dispone a enviar muestras de agua obtenidas a altura media de la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea, mismas que están destinadas a ser analizadas en el laboratorio químico de la empresa municipal EMAPA y realizar allí análisis fisio-químicos y microbiológicos.

2.3.4.7. Determinación de PH

Primeramente, se obtiene una muestra pequeña de agua que se haya tomado a altura media de la entrada de la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea, dicha muestra se lo coloca en tiras de papel de colores con químicos especiales que dependiendo de la tonalidad que se muestre cada parte de la tira habrá un rango en la escala de 0 a 14 de pH.

Figura 12. Papel indicador de pH



. Fuente: [31]

2.3.4.8. Determinación de velocidad del caudal

Con la información topográfica previamente obtenida, se extrae los siguientes valores:

- Longitud de un tramo recto.
- Cota piso tramo inicial
- Cota piso tramo final
- Base del canal
- Tirante de agua

Seguidamente obtenemos la pendiente longitudinal del fondo del canal con la Ecuación (4), el área hidráulica con la Ecuación (1), el perímetro mojado con la Ecuación (2) y el radio hidráulico con la Ecuación (3). Se determina el coeficiente de rugosidad de Bazin que se encuentra en la Tabla (1), para posteriormente obtener el coeficiente de Chézy con la Ecuación (6) y finalmente la velocidad media del caudal con la Ecuación (5).

2.3.4.9. Determinación de caudal actual

Con el área hidráulica obtenida en la Ecuación (1) y la velocidad media obtenida en la Ecuación (5) podemos obtener el caudal medio con la Ecuación (7).

2.3.5. Fase de Evaluación

En esta fase se realizó un conjunto de procedimientos para determinar el estado actual de la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea. Los resultados obtenidos servirán para dar una solución viable y para que el diseño permita una distribución eficiente de agua.

2.3.5.1. Visita Técnica

Se analizó los documentos sobre la construcción de la obra de captación y realizó una observación profunda in situ para determinar la condición física actual de la bocatoma y poder detallar cada elemento visto con sus problemas o virtudes.

2.3.5.2. Bioensayo

Se determinó la afectación que tiene el agua en los cultivos mediante la comparación del crecimiento de las raíces. Esta es una comparación cualitativa y da una primera impresión de las condiciones actuales del agua presente en la Acequia Tilulum Darquea.

2.3.5.3. Análisis Topográfico

Con el uso del software iRIC, se determinó el impacto que tiene la topografía actual en el flujo del agua y la acumulación de sólidos mediante la simulación que proporciona este programa. También se pudo realizar un modelado en 3D para la mejor comprensión de las condiciones actuales de la bocatoma y la visualización de una posible solución mediante renders.

2.3.5.4. Prueba de sedimentación

Se realizó una prueba de sedimentación mediante el ensayo de Inhoff con tres pruebas, se calculó el volumen de sedimentos acumulados en un litro de agua, valor que permite determinar sólidos de finos que ingresan al canal de riego.

2.3.5.5. Análisis de Laboratorio

Las muestras llevadas al laboratorio de la Empresa Municipal de Agua Potable Ambato fueron evaluadas y comparadas con el LIBRO VI DE LA CALIDAD AMBIENTAL.

2.3.5.6. Determinación de PH

Se obtuvo una muestra de agua obtenida en la entrada de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea y se procedió a realizar una prueba de pH con el papel especializado. Los resultados de esta prueba ayudan a determinar el nivel de acidez en el canal de riego y dicho valor indicará si existe o no un problema en la construcción de una obra a futuro.

2.3.5.7. Cálculo de Velocidad de Caudal y Caudal

Se determinó la velocidad del caudal y el caudal para comprobar que se cumpla la disposición de caudal que el último informe del Consejo Nacional de Recursos Hídricos Agencia Ambato dictado en el 2006, dado el caso de incumplimiento se debe realizar

ajustes para que el caudal de entrada sea el permitido por la ahora autoridad encargada Senagua.

2.3.5.8. Biodegradabilidad del efluente

Se determinó el tipo de tratamiento más adecuado para la depuración del agua de la Acequia Tilulum Darquea, calculando la relación entre DBO y DQO, este valor indica si el agua es contaminada por factores industriales o domésticos.

$$\text{Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

Ecuación (25).
Biodegradabilidad del efluente

Donde:

DBO₅: Demanda Biológica de Oxígeno durante 5 días.

DQO: Demanda Química de Oxígeno

Si:

$$DBO_5 / DQO > 0.2 \rightarrow \text{Es biodegradable}$$

$$DBO_5 / DQO < 0.2 \rightarrow \text{No es biodegradable}$$

Cuando el resultado no es biodegradable es necesario procesos químicos, pero para el presente estudio se evidenció que es necesario un proceso natural como el humedal artificial.

2.3.6. Fase de Diseño

Se realizó un diseño para que la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea pueda tener una distribución eficiente de agua para riego, a continuación, se enlista todos los procedimientos que se realizó para obtener el diseño adecuado:

2.3.6.1. Topografía

Se calculó el volumen de corte que se requiere para que el flujo de agua no dirija los sólidos flotantes o sedimentos a la entrada de la bocatoma.

Altura de corte:

$$hc = cota\ inicial - cota\ final \qquad \text{Ecuación (28). Altura de corte.}$$

Volumen de corte:

$$Vc = \frac{Ac * hc}{2} \qquad \text{Ecuación (31). Volumen de corte.}$$

Donde:

hc: altura de corte

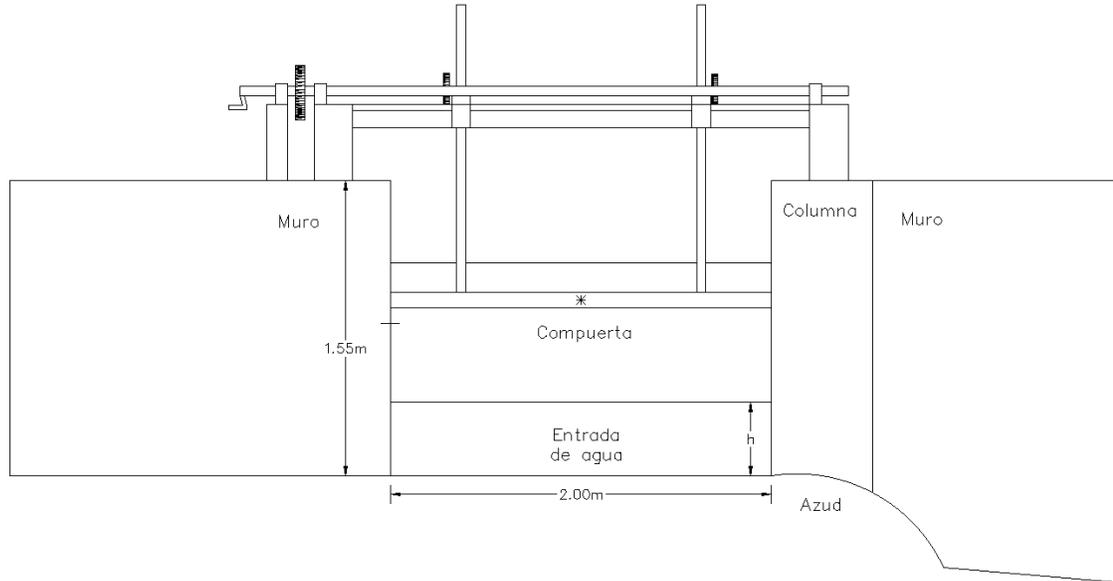
Ac: Área de corte

Datos obtenidos en el levantamiento topográfico.

Luego de editar la topografía digitalmente se verificó mediante simulación en el software iRIC si existe una mejora en el flujo y en la acumulación de sólidos en la entrada de la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea.

2.3.6.2. Compuerta

Figura 13. Compuerta



Fuente: Autor

Se determinó la altura ideal h de la compuerta para la entrada de caudal que tiene permitido la Acequia Tilulum Darquea.

Dado a las características que tiene la compuerta de esta bocatoma, el cálculo de la altura se lo realiza con la ecuación de Francis, que es la misma que se aplica para el diseño de la ventana de captación.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} * H^{\frac{3}{2}} * Le$$

Ecuación (34). Ecuación de Francis

Donde:

Q: Caudal de diseño

g: gravedad

H: altura de la ubicación de compuerta

Le: longitud efectiva o ancho del canal

Despejando H tenemos:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2(9.81m/s^2)} * H^{\frac{3}{2}} * Le$$

$$Q = 1.84 * H^{\frac{3}{2}} * Le$$

$$H^{\frac{3}{2}} = \frac{Q}{1.84 * Le}$$

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 * Le} \right)^{\frac{2}{3}}$$

2.3.6.3. Rejilla Autolimpiante

Se determinó cual es la mejor adquisición de la rejilla autolimpiante teniendo en cuenta las condiciones del lugar y las características que ofrecen en los catálogos disponibles.

2.3.6.4. Humedal Artificial

El primer paso que se realizó para el diseño del humedal artificial fue la selección del tipo de humedal, tomando en cuenta las características y eligiendo al que solucione los problemas de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea y que se adapte a las condiciones del sector.

Tabla 3. Comparación de características entre los tipos de humedales.

Características	Superficie libre	Subsuperficial Horizontal	Subsuperficial Vertical
Construcción	Facilidad constructiva	Rigurosidad constructiva	Alta rigurosidad constructiva

Temperatura	Necesita temperatura media y alta	Necesita temperatura media y baja	Necesita temperatura media y baja
Costo	Bajo costo	Mediano costo	Alto costo
Valor como ecosistema	Alto valor para la vida salvaje, el agua es accesible.	Menor valor, el agua es inaccesible	Menor valor, el agua es inaccesible
Área	Ocupa la mayor área	Ocupa menor área	Ocupa la menor área
Profundidad	De 0.3 a 0.4 m	De 0.3 a 0.9 m	De 0.5 a 0.8 m
Mantenimiento	Bajo mantenimiento	Mantenimiento periódico	Mantenimiento periódico

Fuente: [36]

Después de determinar que el tipo de humedal más adecuado es de flujo sub superficial horizontal. Joan García Serrano y Angélica Corzo Hernández brinda una forma fácil y rápida de diseñar un humedal artificial de flujo sub superficial horizontal plasmado en la “Guía Práctica de Diseño, Construcción y Exploración de Sistemas de Humedales de Flujo Sub superficial” como se muestra a continuación. [44]

- Dimensionamiento biológico

$$k_A = \frac{Q}{S} \ln \left[\frac{C_0}{C_1} \right]$$

Ecuación (37). Superficie del humedal

Donde:

k_A : constante cinética (m/d)

Q: caudal de diseño

S: dimensionamiento biológico

C₀: límite DBO presente

C₁: límite DBO esperado

Tabla 4. Requisitos de calidad de las aguas regeneradas para el riego agrícola.

Tratamiento indicativo	Requisito de calidad DBO ₅ (mg/l)
Tratamiento secundario, filtración y desinfección.	≤ 10

Fuente: [25]

- Dimensionamiento Hidráulico

El dimensionamiento hidráulico se trata de las dimensiones geométricas del humedal tanto como ancho y longitud, para lo cual se aplica la Ley de Darcy ya que esta ecuación rige el flujo de agua bajo condiciones de porosidad.

$$Q = k_s * A_s * S_s$$

Ecuación (40). Ley de Darcy

Donde:

Q: 1.2 * Q diseño

k_s: la conductividad hidráulica del medio (m³/m² * día)

A_s: sección del humedal

S_s: pendiente terreno

Notas:

El caudal de diseño será aumentado un 20% para asegurar que el humedal artificial absorba los excesos que puede tener debido a varios factores como lluvia o crecidas.

La conductividad hidráulica puede verse afectado por la acumulación de sólidos por lo cual se recomienda uso de un coeficiente de seguridad (C_{seg}) igual o mayor a 7

Despejando la sección del humedal y agregando el coeficiente de seguridad, la ecuación de la Ley de Darcy queda así:

$$A_s = \frac{Q}{\frac{K_s}{C_{seg}} * S}$$

Tabla 5. Conductividad hidráulica

Tipo de sustrato	Tamaño efectivo	Porosidad	Conductividad hidráulica
	D ₁₀ (mm)	(%)	K _s (m ³ /m ² *d)
Arenas graduadas	2	28-32	100-1000
Arenas gravosas	8	30-35	500-5000
Gravas finas	16	35-38	1000-10000
Gravas medianas	32	36-40	10000-50000
Rocas pequeñas	128	38-45	50000-250000

Fuente: [44]

Se determinó la profundidad del humedal y se calculó el ancho:

$$W = \frac{A_s}{h}$$

Ecuación (43). Ancho humedal

Donde:

W: ancho del humedal

h: profundidad del humedal

A_s: sección del humedal

Posteriormente se determinó la longitud del sistema:

$$L = \frac{S}{W}$$

Ecuación (46). Longitud humedal

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. Resultados y Discusión

3.1. Fase de Evaluación

3.1.1. Información Demográfica de la Acequia Tilulum Darquea

Previamente a centrarse a la obra de captación es de importancia obtener la información acerca de todo el canal de riego con el fin de conocer el contexto de sus beneficiarios, por ello a continuación se detalla la información demográfica de la Acequia Tilulum Darquea:

La Acequia Tilulum Darquea cubre un área de riego de 390,01 hectáreas distribuidas en 6 parroquias del cantón Ambato, con 1011 beneficiarios a lo largo de los 22 km de todo el canal. El canal cuenta con 44 óvalos que distribuyen el agua con caudales parciales en sub canales. [16]

Tabla 6. Número de usuarios de la Acequia Tilulum Darquea por óvalo.

Nombre de Óvalo	Número de Beneficiarios
Acosta	29
Alban	16
Albornoz	1
Alcantarilla	5
Atahualpa	133
Castillo Martínez	158
Castillo Pinlo	18
Darquea	12

El Tunel	42
Escalera 1	10
Escalera 2	3
Ferrocarril	4
Frutillar	52
Galarza	3
Inapisi 1	3
Inapisi 2	2
Jalupana 2	9
Juana/Oro	27
La Huerta	2
Lomon	42
Lomon 2	1
Lozada	69
Macasto	39
Morejones	18
Naranjo	78
Naranjo	2
Padilla	1

Pisque	12
Pisque 1	12
Ponchoa	29
Proaño	4
Ramos	44
Recreo	2
Rodriguez	27
Rumihuayco	11
Santa Elena	43
Santana	2
Shaguanlli	1
Shahuanlli	1
Urbina	3
Villacis	13
Villacrés	19
Yuragashpa	4
Zumbana	5
Total	1011

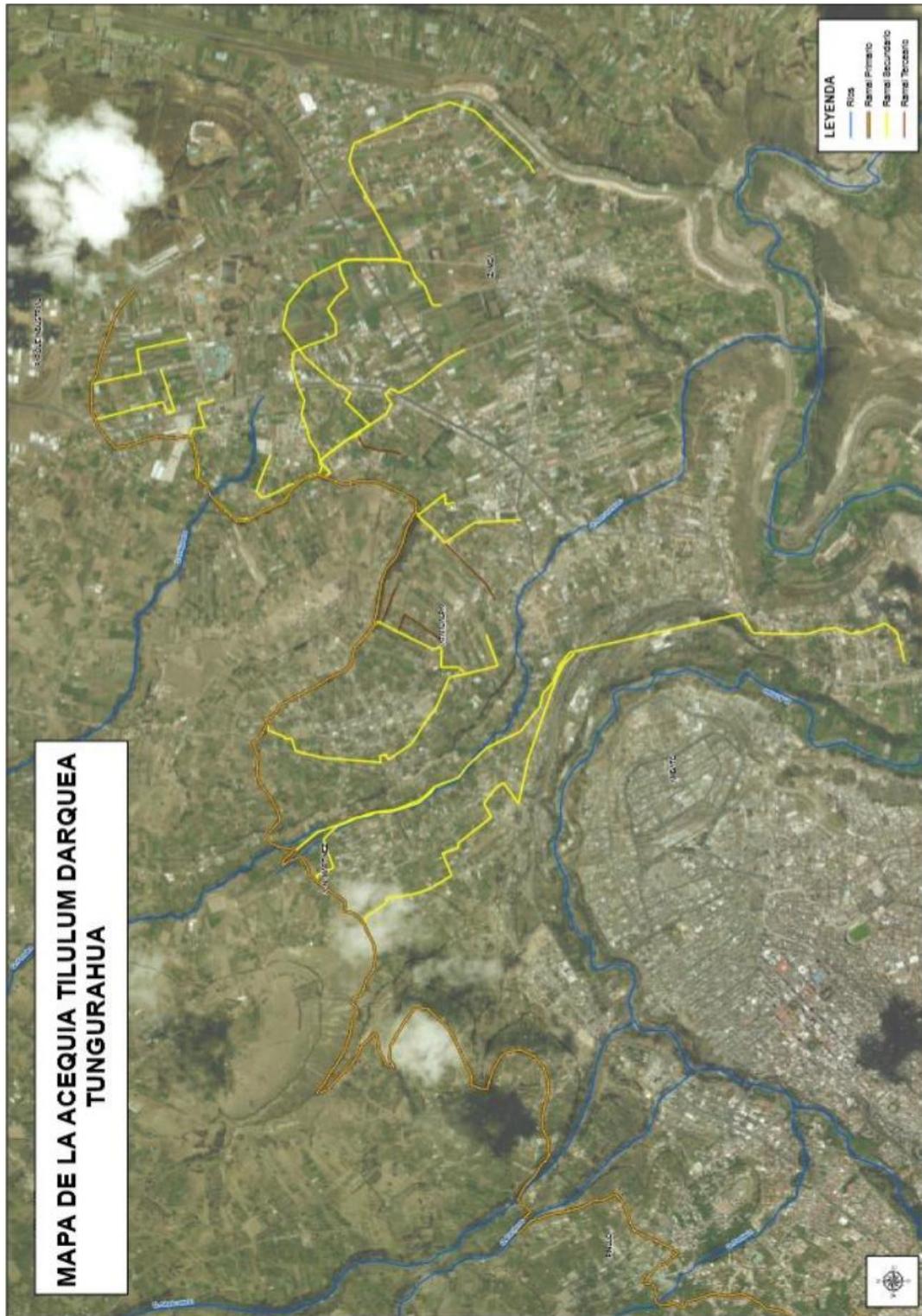
Fuente: [16]

Figura 14. Primer tramo Acequia Tilulum Darquea.



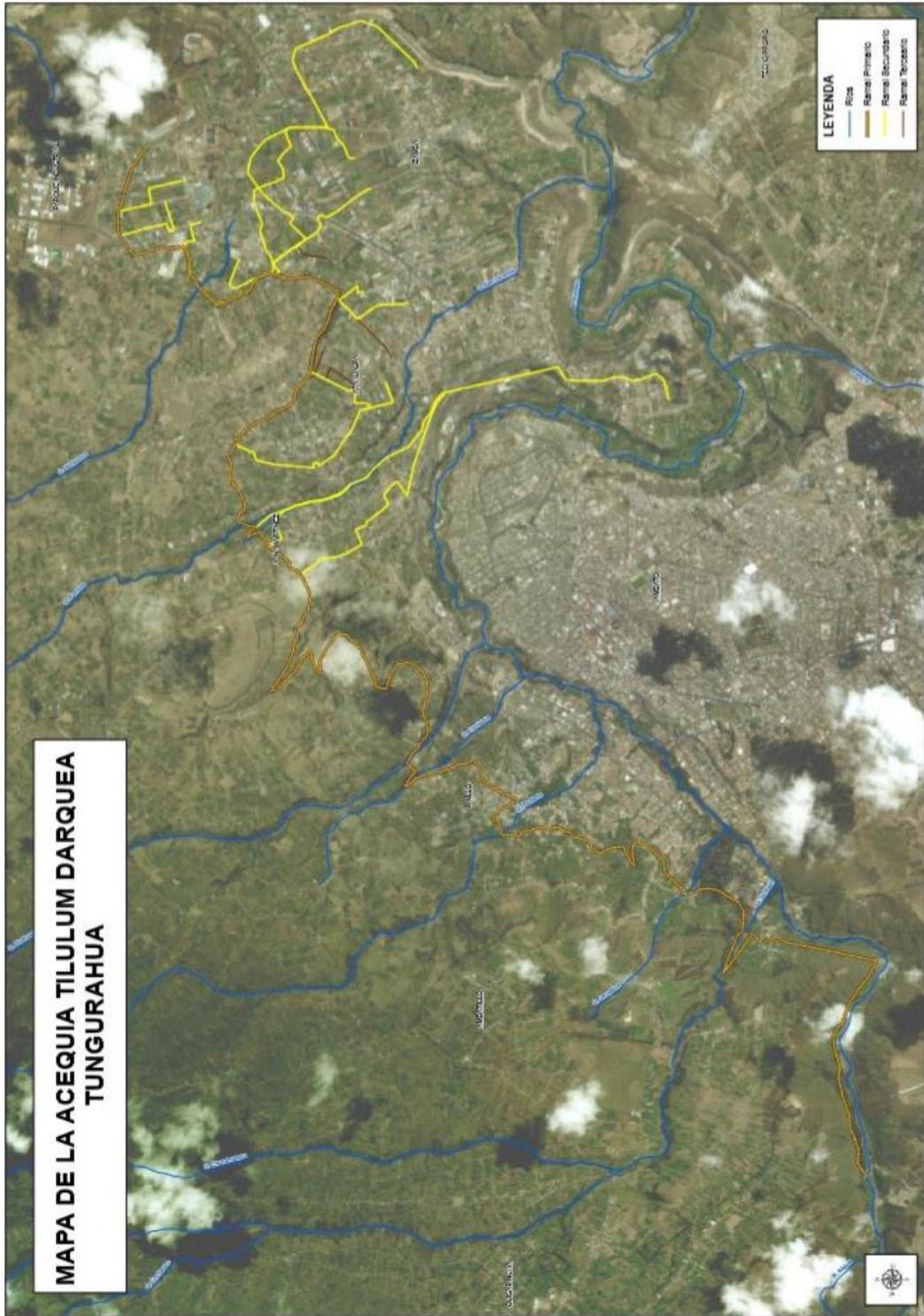
Fuente: [16]

Figura 15. Segundo tramo Acequia Tilulum Darquea



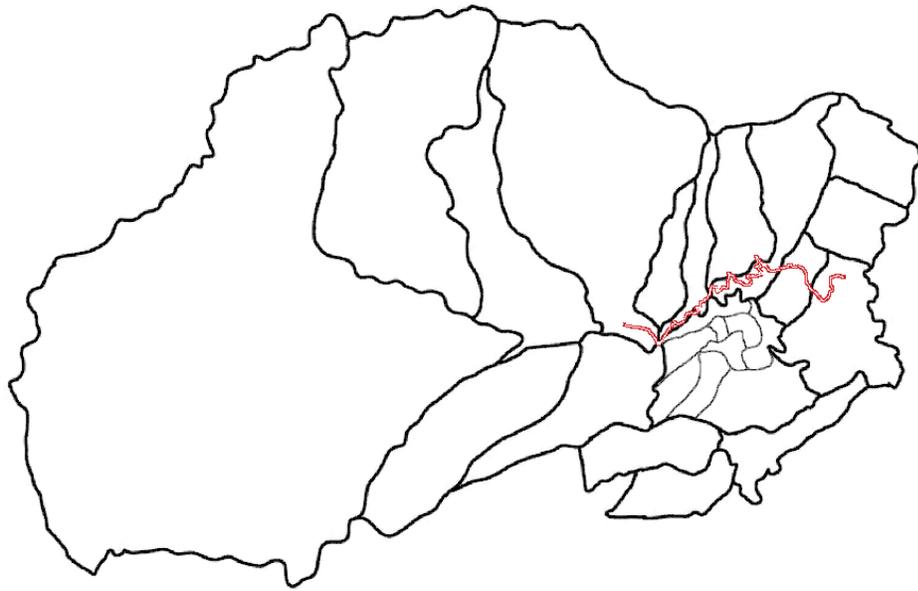
Fuente: [16]

Figura 16. Tercer tramo Acequia Tilulum Darquea



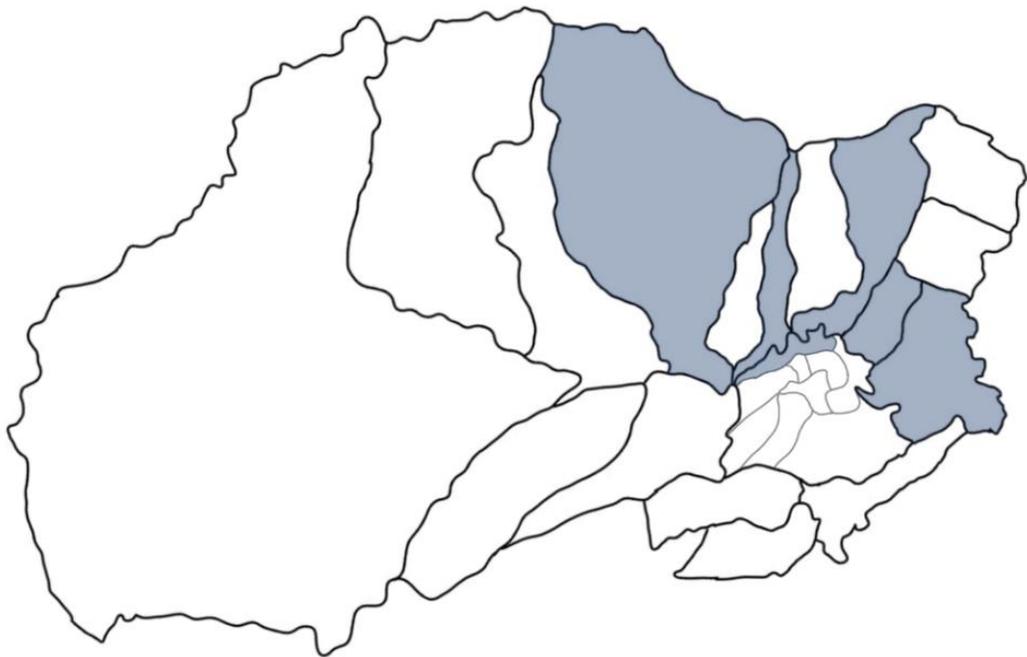
Fuente: [16]

Figura 17. Canal principal dentro del Cantón Ambato



Fuente: Autor

Figura 18. Parroquias beneficiadas por la Acequia Tilulum Darquea.

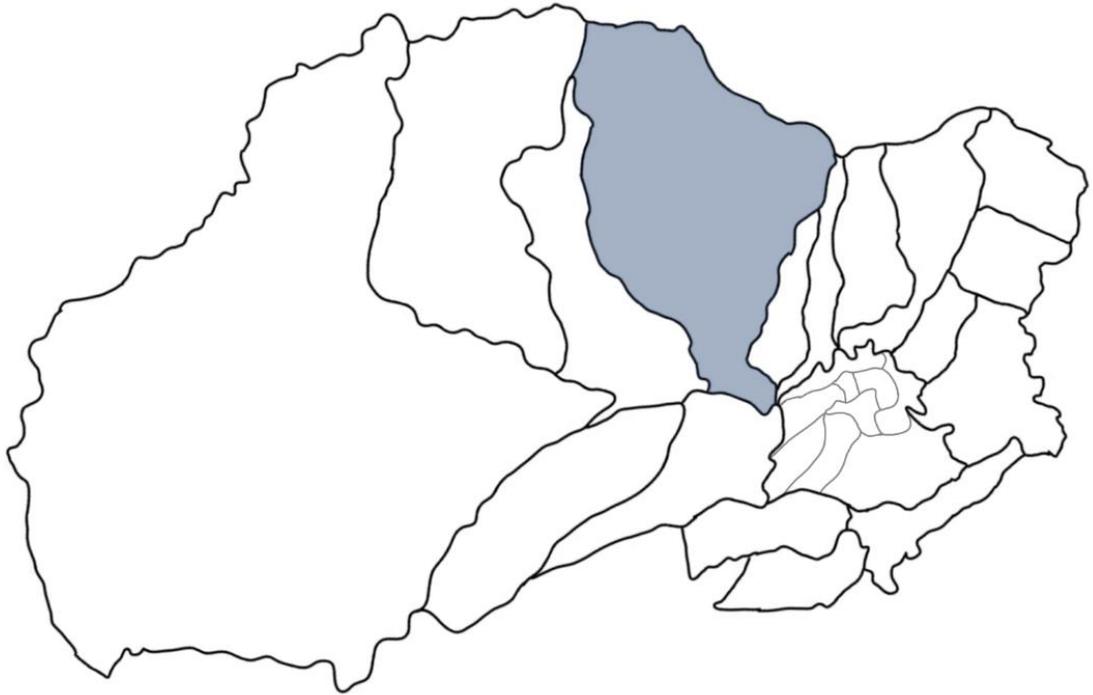


Fuente: Autor.

A continuación, se desglosa la información demográfica por cada parroquia beneficiada:

3.1.1.1. Parroquia San Antonio de Quisapincha

Figura 19. Parroquia Rural San Antonio de Quisapincha



Fuente: Autor.

Ubicada al Sur Occidente de la provincia de Tungurahua, con una superficie de 122,15 km² limita al norte con la provincia de Cotopaxi, al sur con las parroquias de Pasa y Santa Rosa, al este con las parroquias de Ambatillo, Pinllo y la ciudad de Ambato y al oeste con la parroquia San Fernando. Su temperatura promedio es de 12 °C, la parroquia se divide en 18 comunidades y 12 barrios.

Existe gran producción del recurso hídrico gracias a sus páramos que cubren al riego, la industria y otras actividades, el abastecimiento se lo realiza gracias al sistema de agua potable y por la presencia de acequias que atraviesan la parroquia.

Cuenta con una población de 13001 habitantes según el último censo del 2010, de lo cual el 52,04 % son mujeres y 47,85 % hombres. [42]

Tabla 7. Población de la Parroquia Quisapincha Por Edad y Sexo

EDAD (años)	HOMBRES	MUEJERES	TOTAL
0 - 1	124	123	247
1 - 4	570	642	1212
5 - 9	825	797	1622
10 - 14	842	797	1639
15 - 19	751	746	1497
20 - 24	526	607	1133
25 - 29	422	478	900
30 - 34	341	389	730
35 - 39	271	358	629
40 - 44	256	324	580
45 - 49	269	300	569
50 - 54	222	281	503
55 - 59	209	248	457
60 - 64	181	189	370
65 - 69	164	181	345
70 - 74	96	113	209
75 -79	80	100	180

80 - 84	49	56	105
85 - 89	26	23	49
90 - 94	11	9	20
95 - 99	-	2	2
100 o más	-	3	3
TOTAL	6235	6766	13001

Fuente: [42]

En la parroquia Quisapincha el 70,86% representa a la población indígena y el 26,90% se consideran mestizos y el 2,24% se divide en personas negras, mulatas, montubios, afroamericanos, blancos y otros, por lo que son considerados como un grupo minoritario.

Con relación a la educación existe 9 instituciones educativas donde estudian 4583 personas, el índice de alfabetismo es del 97,72 %, pero solamente el 3,35% de su población tiene un título universitario.

La parroquia Quisapincha cuenta con un centro de salud Tipo A con capacidad de 2000 a 10000 pacientes por año. Entre las enfermedades más comunes en esta parroquia esta las infecciones respiratorias con 79%, diarreas agudas con 11% y las enfermedades de transmisión sexual cubre un 9%, el 1% restante se divide en enfermedades como hipertensión arterial, diabetes, obesidad y enfermedades pulmonares entre otras.

La población económicamente activa en la parroquia Quisapincha es del 48,53%, siendo un 21,46 % mujeres y un 27,07% hombres, sin embargo, el porcentaje de pobreza es del 85,5%. [42]

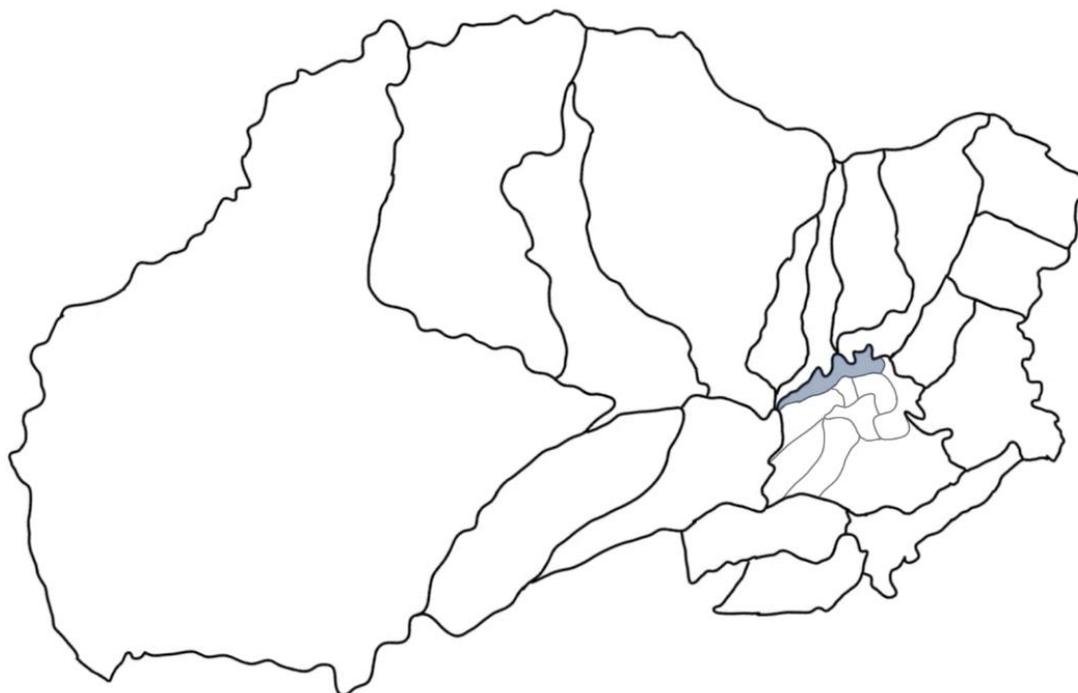
Tabla 8. Características Económicas de la Población de la Parroquia Quisapincha

OCUPACIÓN	POBLACIÓN
Comercio	322
Agricultura	3189
Manufactura	1634
Sector Público	215
Asalariada en Agricultura	321

Fuente: [42]

3.1.1.2. Parroquia Atocha Ficoa

Figura 20. Parroquia Urbana Ficoa - Atocha



Fuente: Autor

Se encuentra cerca del centro de la ciudad, dentro del sector urbano. Su población es de 9481 según el último censo en el 2010, mayormente mestiza. La temperatura promedio es de 15 °C.

Dentro de la parroquia urbana Atocha Ficoa existen asentamientos humanos de diferentes pueblos y nacionalidades Kichwas del Ecuador como son Chibuleo, Quisapincha, Pilahuin, Tomableas.

Su población económicamente activa es del 24,6%, mayormente por hombres y dedicados en su mayoría al comercio de productos de todo tipo al mayoreo o menudeo.

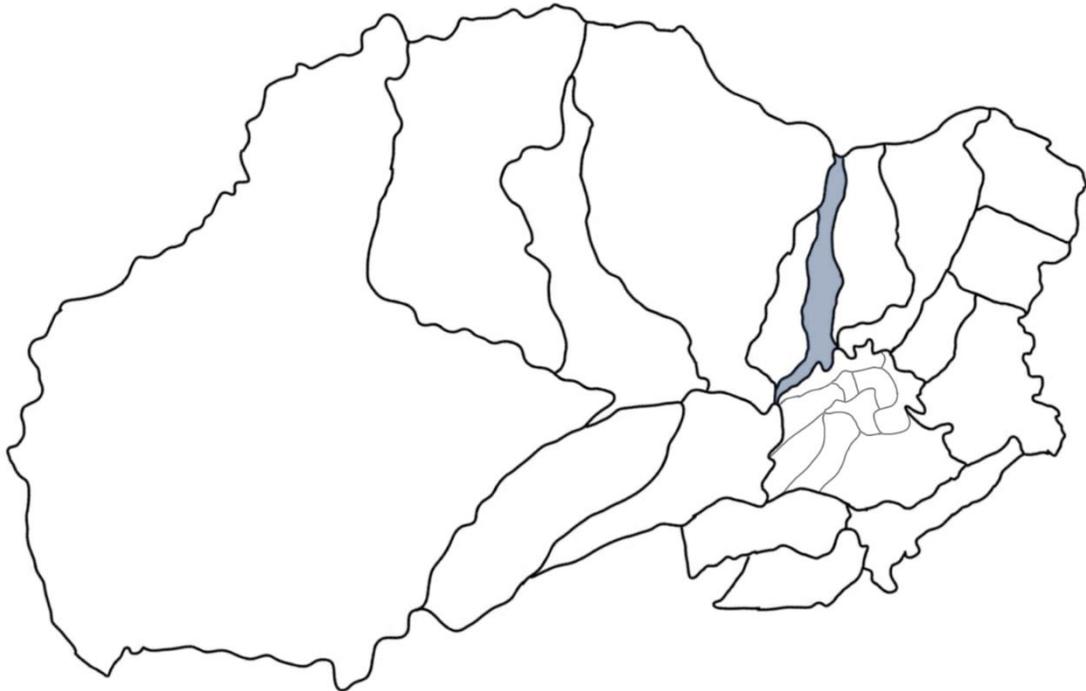
Los habitantes de la parroquia Atocha Ficoa hablan el idioma español, sin embargo, la población indígena presente también habla en quechua. En cuestiones religiosas, se observa un alto índice de personas católicas, por lo que existe varias iglesias de esta religión, pero también existe una minoría de otras religiones como la Evangélica.

Existe una gran cantidad de instituciones educativas como universidades, institutos, jardín de infantes, centros infantiles, escuelas, colegios, y demás de carácter público y privado.

Dentro de la parroquia Atocha Ficoa se encuentra el hospital del IESS, clínicas privadas y centros de salud públicos. Las enfermedades más comunes en esta parroquia son la gripe, resfriados, parasitosis y el cáncer. [45]

3.1.1.3. Parroquia San Bartolomé de Pinllo

Figura 21. Parroquia Rural San Bartolomé de Pinllo



Fuente: Autor

Se encuentra en el cantón Ambato, en la zona Norte, con una superficie de 12,5 km² y la temperatura promedio es entre 13 a 15 °C.

Su población es de 9094 habitantes según el último censo del 2010, 48,79% hombres y 51,21% mujeres, de los cuales se sabe que el 91,95% tienen orientaciones religiosas, siendo un 80,4% católicos, 11,3% evangélicos, el porcentaje restante se divide en otras religiones. [46]

Tabla 9. Grupos Étnicos de la Parroquia Pinllo.

GRUPO ÉTNICO	PORCENTAJE
Indígena	21,41%

Afroecuatoriano	1,34%
Montubio	0,14%
Mestizo	73,28%
Blanco	3,74%
Otro	0,09%

Fuente: [46]

Tabla 10. Población de la Parroquia Pinllo Por Edades.

EDAD (años)	HABITANTES	PORCENTAJE
0 – 19	3597	39,55%
20 – 64	4798	52,76%
65 o más	699	7,69%
TOTAL	9094	100,00%

Fuente: [46]

Con relación a la educación existe 5 instituciones educativas, 4 de ellas son públicas, poseen una población estudiantil de 915 estudiantes lo que representa 33,28% de la población de edad estudiantil de la parroquia, es decir, no cuenta con la capacidad adecuado lo que conlleva a que los habitantes busquen instituciones educativas en otras parroquias. El índice de analfabetismo es de 6,08% lo que es igual a 676 personas.

La parroquia San Bartolomé de Pinllo cuenta con servicios de salud gratuitos y privados, que abastecen la demanda de la población existente. [46]

Tabla 11. Características Económicas de la Población de la Parroquia Pinllo

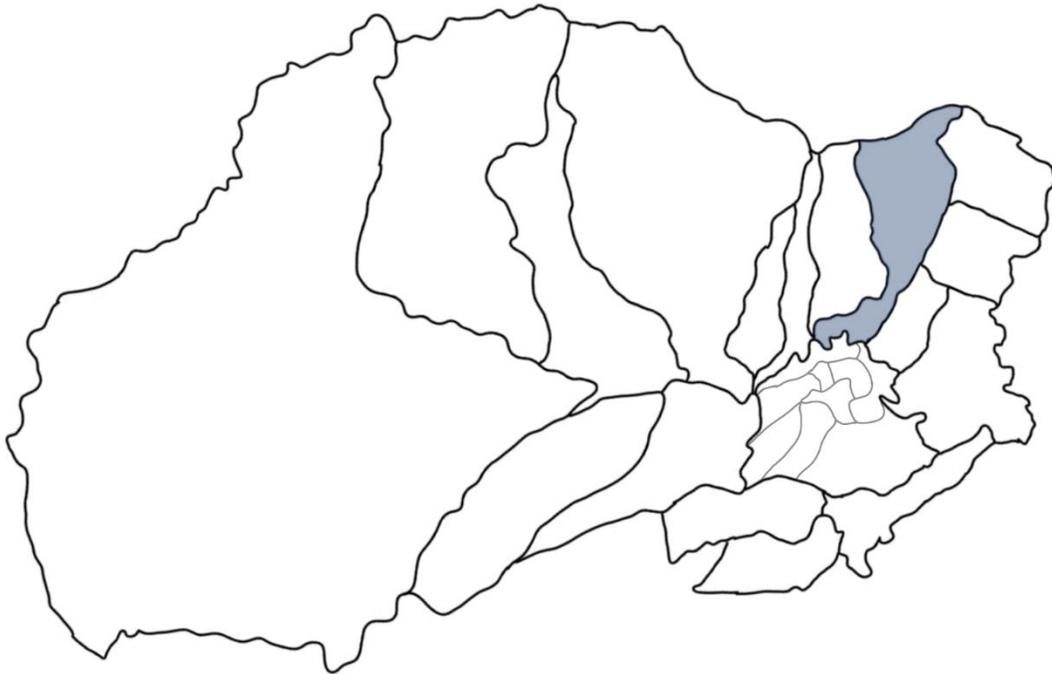
OCUPACIÓN	PORCENTAJE
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	17,0%
Explotación de minas y canteras	0,2%
Industrias manufactureras	23,9%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	0,2%
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	0,5%
Construcción	8,0%
Comercio	15,5%
Transporte y almacenamiento	3,5%
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	3,0%
Información y comunicación	1,2%
Actividades financieras y de seguros	0,7%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	2,6%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	0,8%
Administración pública y defensa	2,3%
Enseñanza	4,9%
Actividades de la atención de la salud humana	2,4%
Artes, entretenimiento y recreación	0,3%

Otras actividades de servicios	3,1%
Actividades de los hogares como empleadores	3,0%
No declarado	5,0%
Trabajador nuevo	1,8%
TOTAL	100,0%

Fuente: [46]

3.1.1.4. Parroquia Augusto Nicolas Martínez

Figura 22. Parroquia Rural Augusto Nicolás Martínez.



Fuente: Autor

Ubicada al Norte del cantón Ambato, cuenta con una superficie de 38,38 km² que limita al norte y al oeste con la provincia de Cotopaxi, al sur con la parroquia de San Bartolomé de Pinillo, al este con la parroquia Atocha – Ficoa.

Cuenta con una población de 9065 habitantes según el último censo del 2010, de lo cual el 48,37% son hombres y 51,63% mujeres. [47]

Tabla 12. Características Económicas de la Población de la Parroquia Augusto N. Martínez

EDAD (años)	HOMBRES	MUEJERES	TOTAL
0 - 1	68	57	125
1 - 4	293	295	588
5 - 9	393	404	797
10 - 14	406	406	812
15 - 19	413	458	871
20 - 24	361	324	685
25 - 29	274	314	588
30 - 34	250	283	533
35 - 39	242	246	488
40 - 44	222	232	454
45 - 49	206	237	443
50 - 54	146	210	356

55 - 59	175	184	359
60 - 64	136	160	296
65 - 69	110	139	249
70 - 74	100	108	208
75 - 79	85	77	162
80 - 84	51	63	114
85 - 89	21	20	41
90 - 94	9	9	18
95 - 99	-	3	3
100 o más	1	-	1
TOTAL	3962	4229	8191

Fuente: [47]

Tabla 13. Grupos Étnicos de la Parroquia Augusto N. Martínez.

GRUPO ÉTNICO	PORCENTAJE
Indígena	22,24%
Afroecuatoriano	1,16%
Mulato	0,02%
Montubio	0,66%

Mestizo	71,64%
Blanco	3,8%
Otro	0,07%

Fuente: [47]

Con relación a la educación existe 5 instituciones educativas entre públicas y privadas y el nivel de analfabetismo es del 5,45 % y el 8,47 % tiene un título universitario.

La parroquia Augusto Nicolás Martínez dispone de tres centros de salud públicos. El porcentaje de personas discapacitadas es del 13,07.

Tabla 14. Características Económicas de la Población de la Parroquia Augusto N. Martínez.

OCUPACIÓN	PORCENTAJE
Agricultura	30,48%
Ganadería	0,0%
Artesano	3,77%
Construcción	7,53%
Comercio	9,93%
Empleo Público	4,79%
Empleo Privado	17,47%
Otro	21,23%
Agricultura, Artesano	0,34%

Agricultura, Comercio	0,34%
Agricultura, Construcción	0,34%
Agricultura, Ganadería	2,40%
Agricultura, otro	0,68%
Empleado privado, otro	0,34%
Ganadería, otro	0,34%
TOTAL	100,0%

Fuente: [47]

La Acequia Tilulum Darquea atraviesa por 7,52 km por la parroquia Augusto Nicolás Martínez, los usuarios de la acequia usan el agua para riego. [47]

3.1.1.5. Parroquia Atahualpa

Figura 23. Parroquia Rural Atahualpa



Fuente: Autor

Ubicada al noroccidente del cantón Ambato, con una superficie de 9,60 km² que limita al norte con la parroquia Unamuncho, al sur con la parroquia urbana Ambato, al este con la parroquia Izamba y al oeste con la parroquia Augusto Nicolás Martínez. Su temperatura promedio es de 13 °C.

La parroquia Atahualpa ocupa el 64% de su suelo para cultivos. La Acequia Tilulum Darquea recorre 40 hectáreas en esta parroquia y distribuye el agua para riego a los barrios de La Esperanza, Barrios Central, Barrio Chizalata, Barrio El Rosal, Barrio San Vicente, Barrio Corazón de Jesús y El Pisque.

Posee una población de 12910 habitantes según el último censo del 2010, el 45,2 % corresponde a hombres y 54,8 % a mujeres. [48]

Tabla 15. Población de la Parroquia Atahualpa Por Edad y Sexo

EDAD (años)	HOMBRES	MUEJERES	TOTAL
0 - 1	115	123	247
1 - 9	1216	1245	2461
10 - 14	752	769	1521
15 - 29	1684	1815	2872
30 - 49	1425	1546	2971
50 - 64	681	694	1375
65 o más	411	425	646
TOTAL	6284	6626	12910

Fuente: [48]

Con relación a la educación existe 10 instituciones educativas entre públicas y privadas, no existe registro de analfabetismo.

La parroquia Atahualpa cuenta con un centro de salud público que cubre toda la parroquia, las enfermedades más comunes atendidas son parasitosis y afectaciones respiratorias.

Tabla 16. Grupos Étnicos de la Parroquia Atahualpa.

GRUPO ÉTNICO	PORCENTAJE
Indígena	4,05%
Afro ecuatoriano	1,47%

Negro	0,09%
Mulato	0,63%
Montubio	0,42%
Mestizo	89,79%
Blanco	3,40%
Otro	0,15%
TOTAL	100,00%

Fuente: [48]

Tabla 17. Características Económicas de la Población de la Parroquia Atahualpa

OCUPACIÓN	PORCENTAJE
Actividad agrícola	10,9%
Actividad pecuaria	9,4%
Actividades de construcción	2,1%
Comercio	27,3%
Artesanía	19,1%
Empleados en el sector público	14,5%
Empleados en el sector privado	16,7%
TOTAL	100,0%

Fuente: [48]

3.1.1.6. Parroquia Izamba

Figura 24. Parroquia Rural Izamba



Fuente: Autor

Ubicado al noroeste del cantón Ambato, con una superficie de 27,2 km² que limita con la parroquia Unamuncho, río Ambato, Atahualpa y el río Culapachán. La Temperatura promedio es de 13 °C.

Su población es de 15918 habitantes según el último censo del 2010, el 48,83 % corresponde a hombres y 51,17 % a mujeres. [49]

Tabla 18. Población de la Parroquia Izamba Por Edad.

EDAD (años)	PORCENTAJE
0 - 4	9,0%
5 - 9	10,0%

10 - 14	10,0%
15 - 19	10,0%
20 - 24	9,0%
25 - 29	8,0%
30 - 34	8,0%
35 - 39	7,0%
40 - 44	6,0%
45 - 49	5,0%
50 - 54	4,0%
55 - 59	3,0%
60 - 64	3,0%
65 - 69	2,0%
70 - 74	1,0%
75 - 79	1,0%
80 o más	1,0%
TOTAL	100,0 %

Fuente: [49]

Con relación a la educación la parroquia Izamba cuenta con una gran cantidad de instituciones educativas y se observa un crecimiento en las creaciones de escuelas y

colegios dentro de esta parroquia de carácter público y privado. El porcentaje de analfabetismo en la parroquia Izamba es del 6,25 %.

La parroquia Izamba cuenta con un subcentro de salud y otros centros de salud de carácter privado, sin embargo, se observa que no se abastece la demanda de esta parroquia. Las enfermedades más comunes son: infecciones de transmisión sexual, infecciones respiratorias, diarreas agudas, obesidad, hipertensión arterial, infecciones de vías urinarias, varicela, dermatitis, escabiosis. [49]

Tabla 19. Grupos Étnicos de la Parroquia Izamba

GRUPO ÉTNICO	PORCENTAJE
Indígena	1,98%
Afroecuatoriano	0,95%
Montubio	0,76%
Mulato	0,43%
Mestizo	93,13%
Blanco	2,62%
Negro	0,02%
Otro	0,10%
TOTAL	100,00%

Fuente: [49]

El índice de pobreza alcanza el 50,5 % de la población, la población económicamente activa es del 52,8 %, de lo cual el 52 % corresponde a hombres y 48 % a mujeres.

Tabla 20. Características Económicas de la Población de la Parroquia Izamba.

OCUPACIÓN	PORCENTAJE
Actividad agrícola	22,1%
Actividad pecuaria	23,7%
Actividades de construcción	9,8%
Comercio	15,1%
Artesanía	3,4%
Empleados en el sector público	13,5%
Empleados en el sector privado	12,5%
TOTAL	100,0%

Fuente: [49]

La Acequia Tilulum Darquea abastece con su canal principal y secundarios a la zona centro de la parroquia, específicamente a los sectores: El Pisque Bajo, Yacunay, San Isidro, Cañabona, Pisacha, y algunos barrios como Ycumpamba, Palalá y San Isidro. [49]

3.1.2. Visita Técnica

El 17 de marzo del 2022 se realizó una primera visita técnica a la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea, en la que se observó:

- Que la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea se construyó sin estudios previo.
- Que no existe planos ni ningún archivo que evidencie su construcción se haya realizado bajo criterio técnico.

- Que la Acequia tiene una bocatoma rudimentaria que se deriva del río Ambato por el margen izquierdo.
- Que la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea tiene una compuerta de estado regular, pero que se evidencia presencia de óxido y hongos especialmente en las partes móviles debido a la falta de mantenimiento que se ha realizado los últimos 5 años.
- Que la compuerta de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea se encuentra atrancada puesto a que sus partes móviles se encuentran atoradas por la presencia de óxido y falta de engrasantes.
- Que en los 5 metros antes y después de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea se observa una gran cantidad de basura, ya sea en las orillas del río Ambato, la superficie del agua o en la profundidad del río.
- Que se percibe un olor fétido dentro de un radio aproximado de 10 metros de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea, lo que da indicios que exista presencia de materiales volátiles disueltos en el agua con origen mayormente biológico.
- Que el color del agua en la entrada de la bocatoma de la Acequia es apariencia opaca, de color marrón, que da indicio de gran cantidad de partículas flotantes de diferentes orígenes.
- Que existe gran cantidad de vegetación alrededor de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea, lo que limita el acceso y trabajabilidad del aguatero de la acequia.
- Que se evidencia presencia de roedores alrededor de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea y que su presencia es un eminente peligro para la salud de los consumidores de los productos cosechados con el agua de la acequia, debido a la gran cantidad de enfermedades y desaseo que estos animales representan.
- Que se evidencia una mayor concentración de sólidos en la entrada de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea y se ha llegado a observar en la visita técnica la presencia de animales muertos (Perros), troncos de gran dimensión, llantas, botellas de productos de

limpieza, empaques de alimentos, entre otros; lo que evidencia que el diseño y la funcionalidad de la bocatoma no es lo adecuado para que el agua que capta sea usada para riego.

- Que existe una gran cantidad de insectos voladores a los alrededores de la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea, indicando que su acumulación es debido a la presencia de materia orgánica en descomposición dentro del agua captada y son atraídos por el olor fétido que se emana en esta zona.

- Que el caudal captado por la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea no es el que indica que debe ser tomado según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos en el 2006 de 600 l/s según su último informe.

- Que el río Ambato tiene un caudal lo suficientemente amplio para abastecer de la Acequia Tilulum Darquea sin importar la fecha en que se encuentre.

- Que la obra de captación no cuenta con ninguna obra adicional que facilite el acceso y mantenimiento de la obra en sí, por lo que se evidencia la colocación de dos troncos como puente improvisado que usa el aguatero de la acequia para cruzar el canal.

- Que el aguatero de la Acequia Tilulum Darquea no cuenta con herramientas dignas y útiles que le permita realizar cualquier tipo de mantenimiento en todo el canal y que se evidencia la utilización de un tronco de madera que usa para retirar los materiales sólidos que se posan en la entrada de la obra de captación.

- Que el aguatero de la Acequia Tilulum Darquea tiene tres rutas diferentes por lo que el retiro de material sólido acumulado en la entrada de la bocatoma lo realiza manualmente una o dos veces a la semana, dejando que los días que no pasa por esta zona se acumule y pase gran cantidad de sólidos.

- Que la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea no cuenta con rejilla y que no existe forma que se impida el paso de materiales sólidos de distintos tamaños, siendo los sólidos de gran tamaño los que imponen un riesgo eminente ya se obstruyen el las cuevas que se encuentra a un kilómetro y medio de distancia de la bocatoma y produciendo así

un desbordamiento del agua, misma que se acumula en los terrenos aledaños, dañando su producción de cultivos o viviendas; este incidente ya se ha presentado por varias veces durante los últimos cinco años.

- Que existe un canal para la eliminación de agua excedente en la Acequia Tilulum Darquea, pero se encuentra a un kilómetro de distancia de la obra de captación y que comúnmente permanece cerrado por compuertas que únicamente se las pueden abrir manualmente; el agua es devuelto al río Ambato.

- Que existe una rejilla a un kilómetro de la obra de captación, pero se encuentra en mal estado con separación entre varillas de 20 cm aproximadamente, incompleto en algunos espacios, por lo que no ayuda en nada en el paso de material sólido de gran tamaño.

Figura 25. Visita Técnica



Fuente: Autor

Figura 26. Estado de la bocatoma.



Fuente: Autor

Figura 27. Sólidos flotantes en la entrada de la bocatoma.



Fuente: Autor

Figura 28. Animales muertos en la entrada de la bocatoma.



Fuente: Autor

Figura 29. Estado de rejilla y canal de excedente



Fuente: Autor

3.1.3. Bioensayo

Figura 30. Bioensayo



Fuente: Autor

Tabla 21. Resultados Bioensayo

Agua	Muestra	Longitud de la raíz (cm)
Acequia Tilulum Darquea	Muestra 1	10.5
	Muestra 2	11
	Muestra 3	5.5
Purificada	Muestra 4	2
	Muestra 5	0.5
	Muestra 6	2.5

Fuente: Autor

Longitud promedio de la radícula en agua purificada:

$$\text{long promedio raíz en agua purificada} = \frac{10.5\text{cm} + 11\text{cm} + 5.5\text{cm}}{3}$$

$$\text{long promedio raíz en agua purificada} = 9\text{cm}$$

Longitud promedio de la radícula con la muestra de agua problema:

$$\text{long promedio raíz en agua problema} = \frac{2.5\text{cm} + 0.5\text{cm} + 2\text{cm}}{3}$$

$$\text{long promedio raíz en agua problema} = 1.67\text{cm}$$

Crecimiento relativo de la radícula (CRR):

$$CRR(\%) = \frac{\text{Longitud promedio de la radícula con la muestra de agua problema}}{\text{Longitud promedio de la radícula en agua purificada}} * 100$$

$$CRR(\%) = \frac{1.67\text{cm}}{9\text{cm}} * 100$$

$$CRR(\%) = 18.55\%$$

Las cebollas expuestas al agua problema obtuvieron un crecimiento de su radícula de apenas un 18.55% de lo que se espera o en comparación a cebollas expuestas a agua purificada.

El bioensayo demostró que existe una diferencia considerable en el crecimiento de las raíces de la cebolla con el uso de agua del canal de la Acequia Tilulum Darquea comparado con agua purificada, dando como resultado raíces mucho más largas en las cebollas estudiadas con agua purificada, lo que se traduce en la existencia de componentes que limitan la estimulación en el crecimiento de los cultivos y la falta de nutrientes en el agua de la Acequia Tilulum Darquea. Recordando que el agua captada es principalmente usada para riego agrícola, se denota que el bioensayo demostró cualitativamente la contaminación que existe en dicha agua y su impacto en los cultivos.

3.1.4. Análisis Topográfico

Figura 31. Levantamiento topográfico.

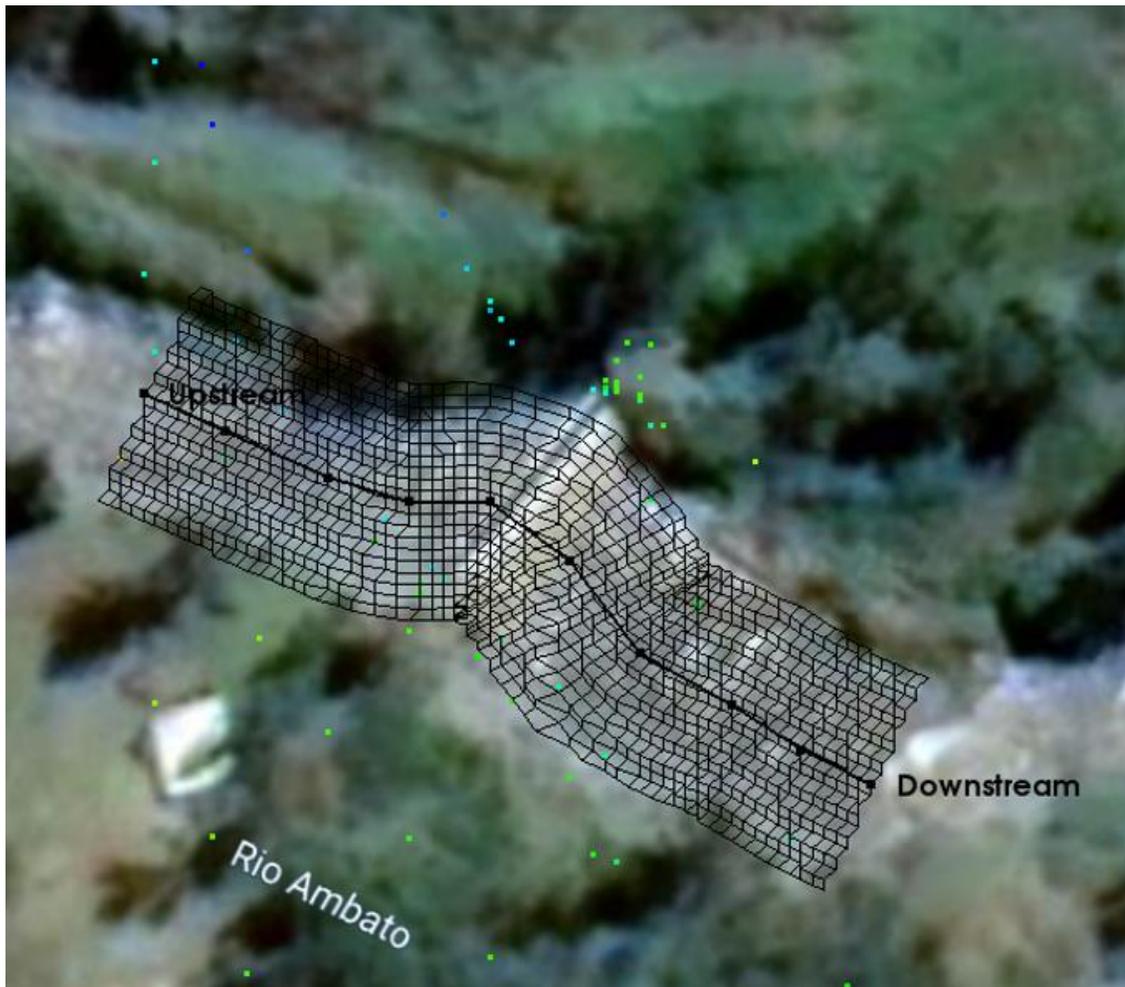


Fuente: Autor

Mediante el uso del software iRIC se ha realizado una simulación del flujo del agua y de la acumulación de sólidos con el fin de determinar si la topografía es un factor por la que la acumulación de la basura en la entrada de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea es extrema y de la misma forma saber que se debe cambiar para que exista un flujo más regular y que los sólidos no se acumulen o ingresen en la obra de captación.

En la simulación de concentraciones de sólidos se aprecia que existe una gama de colores en donde rojo indica que existe mayor concentración, el color cambia a verde donde existe una acumulación aceptable o regular mientras que el color azul indica que no existe presencia de sólidos en ese espacio o región.

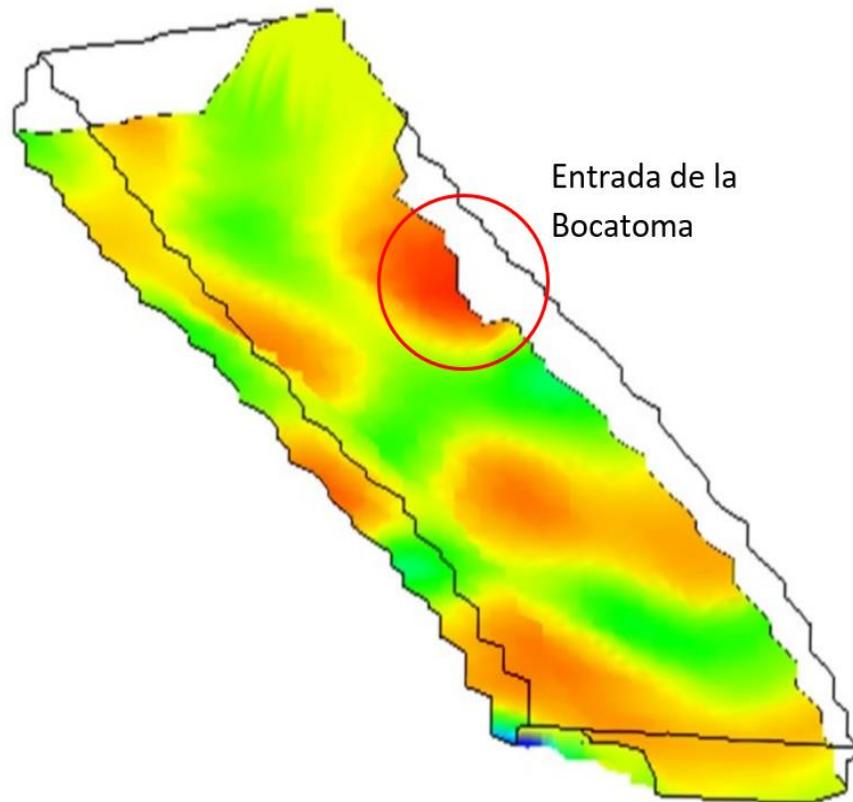
Figura 32. Realización de simulación de flujo de agua en iRIC del río Ambato



Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la Figura 22 se observa que la mayor cantidad de sólidos que se acumula en el río Ambato es justamente en la entrada de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea, lo que indica que la topografía no es la adecuada para que el flujo de estos sólidos se disperse de forma regular y que en esta zona existe la posibilidad que la acumulación de sólidos obstruyan la entrada de agua por completo.

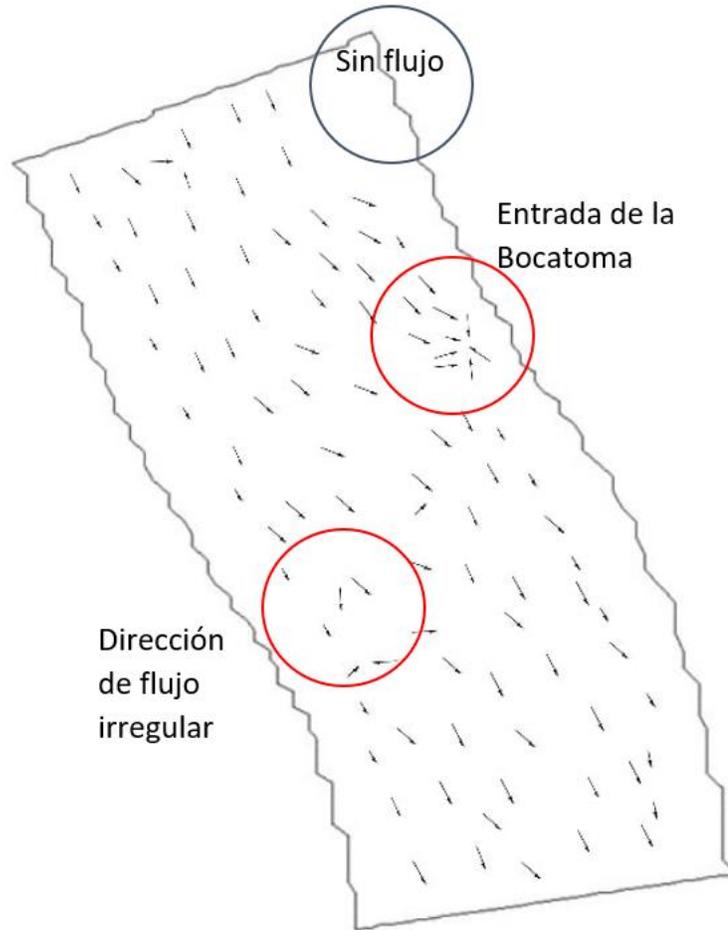
Figura 33. Simulación de concentraciones de sólidos en el río Ambato



Fuente: Autor

Por otra parte, en la simulación de flujo de agua que se aprecia en la Figura 23 nos indica que en la zona con círculo azul no existe flujo de agua, por lo que podría ser un indicio de la problemática y que debido a su topografía el flujo no es regular y que se debe realizar un cambio en dicha zona, y que en la zona con círculo rojo el flujo no es uniforme y que justamente la zona con mayor irregularidad es en la entrada de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea, misma razón por lo que existe concentración de sólidos en esta parte.

Figura 34. Simulación de flujo de agua en el río Ambato.



Fuente: Autor

3.1.5. Prueba de sedimentación

Tabla 22. Resultados prueba de sedimentación.

Número de prueba	Resultado de sedimentos (ml)
Prueba 1	1.1
Prueba 2	0.9
Prueba 3	1

Fuente: Autor

Las tres muestras de agua muestran un promedio de un mililitro en el ensayo de una hora muestra de un litro.

Figura 35. Prueba de sedimentación



Fuente: Autor

Este valor puede variar debido a factores externos como precipitaciones, flora y fauna presente, entre otros factores, pero la cantidad de sedimentos observada en este estudio es aceptable y esperada al ser un canal de riego.

3.1.6. Determinación de PH

El estudio realizado indica que el nivel de pH es de 7 siendo un valor neutro y adecuado para su uso.

Figura 36. Prueba de pH.



Fuente: Autor

3.1.7. Determinación de velocidad del caudal

Datos obtenidos en el levantamiento topográfico:

Cota 1: 2623.479m

Cota 2: 2623.463m

L: 100m

b: 2m

y: 0.8m

Cálculos:

- Área Hidráulica

$$Ah = b * y$$

$$Ah = 2m * 0.8m$$

$$Ah = 1.6m^2$$

- Perímetro Mojado

$$Pm = b + 2y$$

$$Pm = 2m + 2(0.8m)$$

$$Pm = 3.6m$$

- Radio Hidráulico

$$Rh = \frac{Ah}{Pm}$$

$$Rh = \frac{1.6m^2}{3.6m}$$

$$Rh = 0.445m$$

- Pendiente longitudinal del fondo del canal

$$S = \frac{Cota_1 - Cota_2}{L}$$

$$S = \frac{2623.479m - 2623.463m}{100m}$$

$$S = 0.00016 \frac{m}{m}$$

- Coeficiente de Chézy

$$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{Rh}}}$$

Donde m es igual a 0,46 según el coeficiente de rugosidad de Bazin a concreto sin pulir o piedra bien terminada.

$$C = \frac{87}{1s + \frac{0.46s}{\sqrt{0.445m}}}$$

$$C = 51.49 \frac{m^{\frac{1}{2}}}{s}$$

- Velocidad media

$$V = C\sqrt{Rh * S}$$

$$V = 51.49 \frac{m^{\frac{1}{2}}}{s} \sqrt{0.445m * 0.00016 \frac{m}{m}}$$

$$V = 0.4345 \frac{m}{s}$$

3.1.8. Determinación del caudal actual

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.4345 \frac{m}{s} * 1.6m^2$$

$$Q = 0.6952 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 695.2 \frac{lt}{s}$$

Capacidad mayor a la concedida.

3.1.9. Análisis de Laboratorio

Los resultados del informe del análisis físico químicos y microbiológicos del agua tomada en el río Ambato son:

Tabla 23. Resultados de Laboratorio

PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITE SEGÚN LA NORMA: Tabla 4. Criterios de calidad de aguas para riego agrícolas. TULSMA LIBRO VI.	RESULTADOS
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia	0.3
Arsénico	mg/L	0.10	0.11
Coliformes Fecales	nmp/100ml	1000	>8000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	-	45
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	-	109
Detergentes	mg/L	-	0.570
Niquel	mg/L	0.20	<0.016
Nitratos	mg/L	-	5.3
Nitrito	mg/L	0.50	<0.035
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	2000	186
Sulfato	mg/L	250	<5

Fuente: [50]

Los resultados de laboratorio indica que existe 0.3mg/l de aceites y grasas, 0.01mg/l de arsénico y 7000mg/l de coliformes fecales por encima de lo permitido según la norma ecuatoriana Libro VI de la Calidad Ambiental, Tabla 4.

Por otra parte, los resultados de DBO₅ y DQO han sido comparado con normativa internacional como es el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo elaborado el 25 de mayo del 2020 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización de agua, demostrando que los valores indican alto índice de contaminación no apto para uso en el canal de riego.

Estos resultados son alarmantes, ya que indican el incumplimiento de la normativa ecuatoriana, siendo la presencia de arsénico y la baja calidad sanitaria con el exceso de coliformes fecales un riesgo para salud alimentaria para todo el cantón de Ambato.

Por ende, es de suma importancia la implementación de una planta de tratamiento que de manera verificada permita la reducción de los valores elevados en el análisis de laboratorio, tal es el caso de los humedales artificiales, que retienen metales pesados y posee características y propiedades convenientes a las necesidades de este proyecto, así cumpla la normativa vigente y garantice la funcionalidad del canal de riego, tal como lo indica en la “Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial” [44].

3.1.10. Biodegradabilidad del efluente

$$\text{Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

$$\text{Biodegradabilidad} = \frac{45}{109}$$

$$\text{Biodegradabilidad} = 0.412$$

$$DBO_5 / DQO > 0.2 \rightarrow \text{Es biodegradable}$$

$$0.412 > 0.2 \rightarrow \text{Es biodegradable}$$

Este resultado indica que se puede implementar un humedal artificial para solucionar los problemas de contaminación que existe en el canal de riego Acequia Tilulum Darquea.

3.2. Fase de Diseño

3.2.1. Periodo de Diseño de la Obra de Captación.

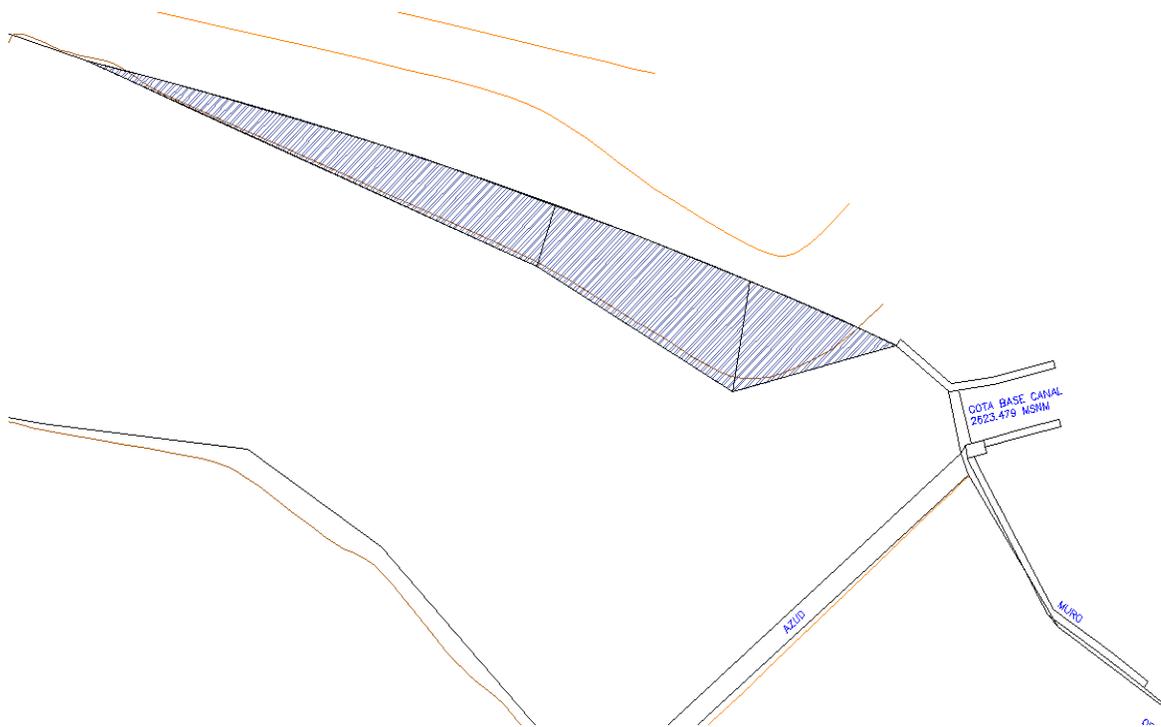
Se determinó que la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea tendrá un periodo de diseño de 25 años, teniendo en cuenta las renovaciones que tendrá, la vida útil de sus nuevos componentes y el mantenimiento que se realizará a la obra antigua.

3.2.2. Topografía

Cálculo de área de corte.

Área de corte: 77.89m^2

Figura 37. Área de corte



Fuente: Autor

Altura de corte:

$$hc = cota\ inicial - cota\ final$$

$$hc = 2624.950m - 2623.479m$$

$$hc = 1.471m$$

Corte:

Figura 38. Área de corte (vista en alzado)



Fuente: Autor

Volumen de corte:

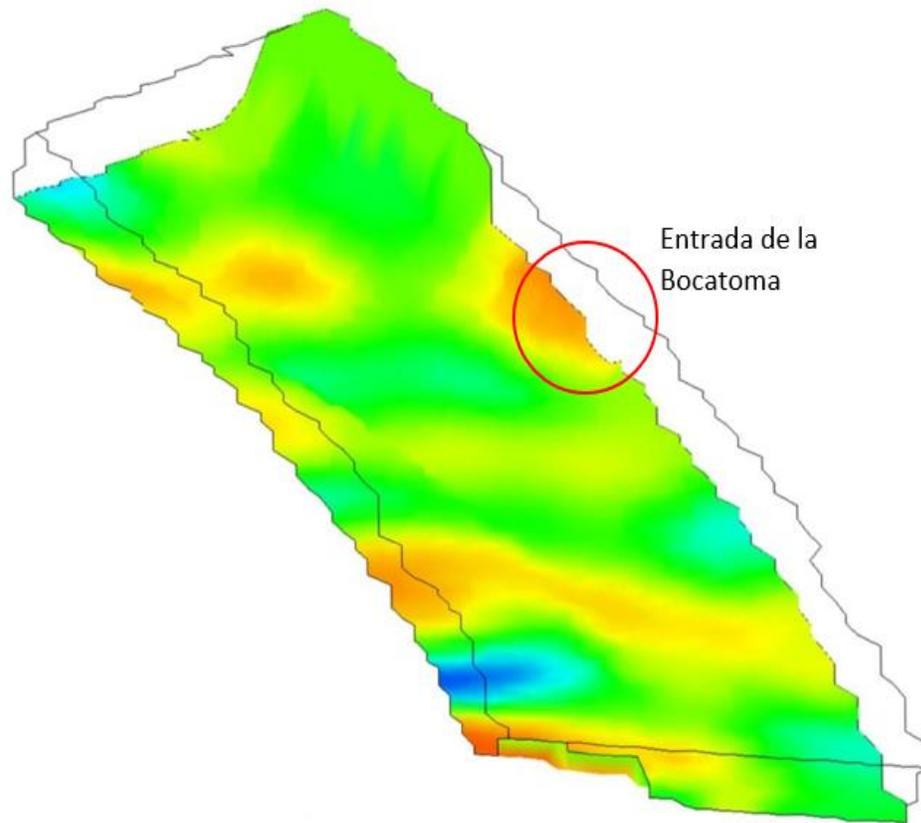
$$Vc = \frac{Ac * hc}{2}$$

$$Vc = \frac{77.89m^2 * 1.471m}{2}$$

$$Vc = 114.58m^3$$

Con este valor se procedió a modificar la topografía digitalmente en AutoCAD Civil 3D en donde se puede observar el cambio en las curvas de nivel, mismas que sirvieron para determinar si existe un cambio positivo en el flujo del agua y la concentración de sólidos en la entrada de la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea como se muestra a continuación:

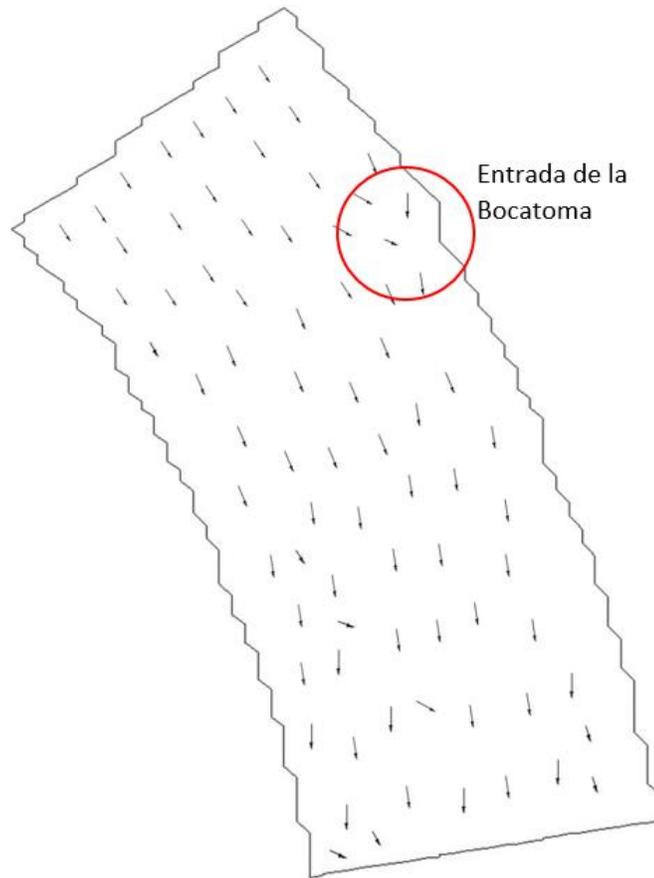
Figura 39. Simulación de concentraciones de sólidos con topografía modificada



Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la Figura 28 se observa que con la topografía modificada la acumulación de sólidos disminuye considerablemente, especialmente en la entrada de la Bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea.

Figura 40. Simulación de flujo de agua con topografía modificada



Fuente: Autor

Por otra parte, en la simulación de flujo de agua con la topografía modificada que se aprecia en la Figura 29, se observa un flujo mucho más regular, lo que da como resultado menor turbiedad y que el agua entre con mayor tranquilidad a la bocatoma de la Acequia Tilulum Darquea, de esta manera se evita el ingreso de contaminantes, pues estos seguirán en línea casi recta la ruta del río Ambato y no la del canal.

3.2.3. Compuerta

Cálculo de altura de compuerta:

$$H = \left(\frac{Q_1}{1.84 * Le} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left(\frac{0.6 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 2m} \right)^{\frac{2}{3}}$$

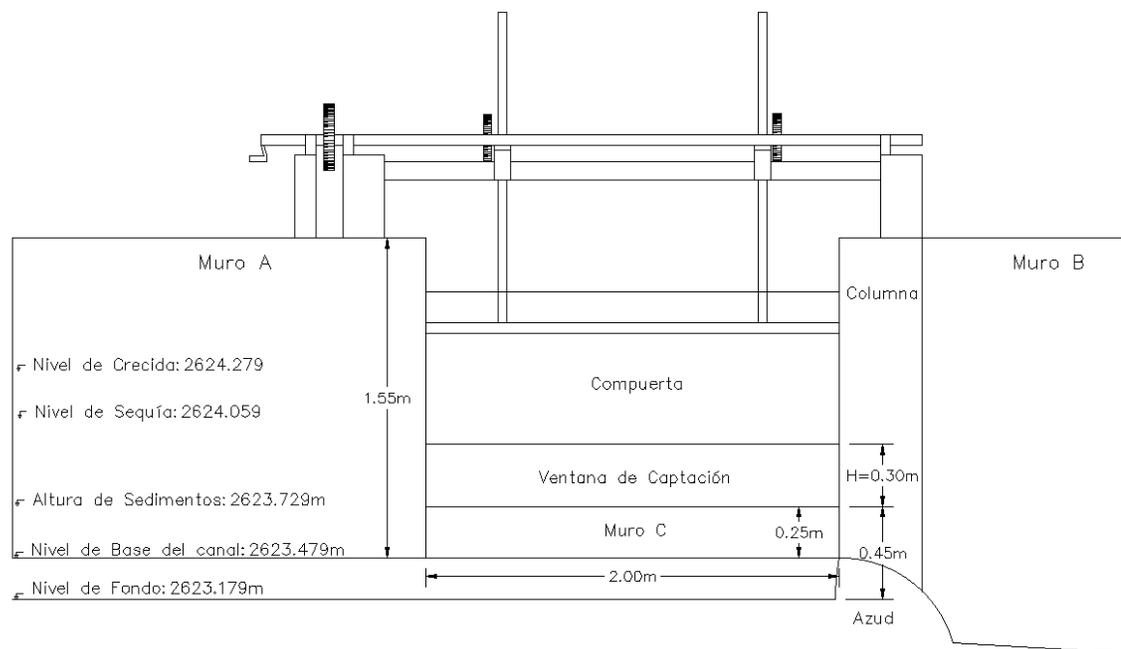
$$H = (0.163)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0.298$$

$H = 0.30m$ para facilidad en la colocación de la compuerta

De la misma manera se tomó la decisión de construir un muro (Muro C) de 25cm de alto que evita la entrada de sedimentos y que cumple con la altura de entre 40 y 60 centímetros desde el nivel fondo, dando 45cm de altura total.

Figura 41. Diseño Compuerta



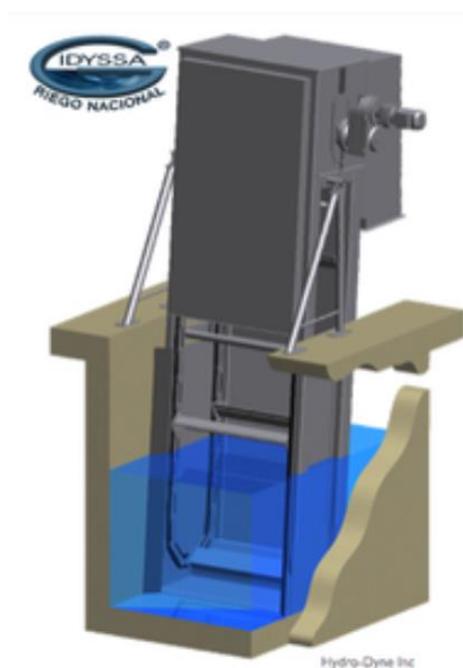
Fuente: Autor

3.2.4. Rejilla Autolimpiante

Se seleccionó la Rejilla o Criba Automática de Múltiples Rastrillos de la empresa colombiana Riego Nacional HydroDyne.

Fabricadas de acero inoxidable, su ancho varía según el proyecto, sin embargo, cuentan con modelos de 2 metros de ancho y 3 metros de alto en stock ideal para este proyecto, su material reduce el desgaste y los costos de operación y mantenimiento. La rejilla multi rastrillo es ideal para la eliminación de sólidos de hasta 45cm de diámetro, garantizando siempre la limpieza automática de la rejilla. La rejilla puede fabricarse con espaciamientos desde 5 mm a 300mm, para lo cual se eligió un 25 mm para un espaciamiento común en este tipo de obras y para garantizar que objetos de mayor diámetro no ingresen al canal. El equipo cuenta con capacidad de carga de hasta 11,800 kg, no necesita de personal con experiencia para su manejo. En caso de corte de electricidad la rejilla sigue funcionando como una rejilla común hasta que vuelva a funcionar el motor que hace circular la basura hasta el depósito. [51]

Figura 42. Modelo de Rejilla Autolimpiante.



Autor: [51]

Figura 43. Recolección de sólidos en la rejilla autolimpiante.



Autor: [51]

3.2.5. Humedal Artificial

3.2.5.1. Selección del tipo de humedal Artificial

Las condiciones actuales de la obra de captación son:

- No cuenta con mano de obra calificada
- Temperatura promedio 12°C
- Recursos económicos escasos
- Amplia área disponible
- No presenta limitación en la profundidad
- Cuenta con personal para mantenimiento uno o dos veces a la semana.
- Problemas con presencia de roedores e insectos.

Tabla 24. Selección del humedal

Características	Superficie libre	Subsuperficial Horizontal	Subsuperficial Vertical
Construcción	X	X	
Temperatura		X	X
Costo	X	X	
Valor como ecosistema		X	X
Área	X	X	
Profundidad		X	
Mantenimiento	X		
TOTAL	4	6	2

Autor: Autor

Se selecciona al humedal con flujo sub superficial horizontal ya que posee la mayor cantidad de características favorables para satisfacer las necesidades del canal de riego y fines del proyecto.

3.2.5.2. Diseño humedal artificial con flujo sub superficial horizontal

- Superficie del humedal

$$k_A = \frac{Q}{S} \ln \left[\frac{C_0}{C_1} \right]$$

Donde:

k_A : 0,08 m/d [44]

Q : $0.6 \text{ m}^3/\text{s} * 1.2$

C_0 : 45 mg/l [50]

C_1 : 10 mg/l [25]

$$Q = 1.6 \text{ l/s} * 1.2$$

$$Q = 0.79 \text{ l/s}$$

$$Q = 68.26 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$S = \frac{68.26 \text{ m}^3/\text{día}}{0.8 \text{ m/día}} \ln \left[\frac{45 \text{ g/m}^3}{10 \text{ g/m}^3} \right]$$

$$S = 1283.35 \text{ m}^2$$

- Sección del humedal

$$A_s = \frac{Q}{\frac{K_s}{C_{seg}} * Ss}$$

Donde:

Q : $0.6 \text{ m}^3/\text{s} * 1.2$

Ss : 0.01 m/m (pendiente requerida)

K_s : $3000 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d}$ (Arena 5mm) [44]

C_{seg} : 7 [44]

$$Q = 1.6 \text{ l/s} * 1.2$$

$$Q = 0.79 \text{ l/s}$$

$$Q = 68.26 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$A_s = \frac{68.26 \text{ m}^3/\text{día}}{\frac{3000 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}}{7} * 0.01\text{m/m}}$$

$$A_s = 16.927\text{m}^2$$

- Ancho del humedal

$$W = \frac{A_s}{h}$$

Donde:

$$A_s: 16.927 \text{ m}^2$$

h: 0.5m (selección del autor)

$$W = \frac{16.927 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}}$$

$$W = 33.854 \text{ m}$$

$W = 34\text{m}$ Para facilidad constructiva

- Longitud del humedal

$$L = \frac{S}{W}$$

Donde:

$$S: 1283.35 \text{ m}^2$$

W: 34 m

$$L = \frac{1283.35 \text{ m}^2}{34 \text{ m}}$$

$$L = 37.75m$$

$L = 38 m$ Para facilidad constructiva

Se decidió dividir el área total en 2 humedales los cuales tienen longitudes de 38 m para ambos casos y un ancho de 17 para cada humedal, con el fin de que, si uno de los dos humedales este en mantenimiento o se tapone por cualquier factor, dos seguirán funcionando y así se garantice el continuo flujo de agua.

Los humedales deben tener separaciones de 2 metros entre ellos, evitando la conexión entre estos y que exista un camino para la circulación del personal que realice el mantenimiento.

3.2.5.3. Selección de macrófitas

Existe gran variedad de macrófitas que pueden implementarse en el humedal, sin embargo, su selección se debe basar en los objetivos que se quiere conseguir como un sistema de purificación de agua, por ello se ha tomado en cuenta las características de cada planta para su selección.

Se determinó que el humedal estará basado en macrófitas enraizadas emergentes, pues este tipo de macrófitas son comunes en zonas andinas y su durabilidad es alta, debido a que las plantas son perennes, resistentes a cambios climáticos y que se encuentra fácilmente a un bajo costo.

La selección de macrófitas se basó en las condiciones actuales de la zona donde se implante el humedal artificial y las especies de plantas que sean endémicas del lugar. En dicha investigación se encontró que la planta conocida como totora cuyo nombre científico es *Schoenoplectus californicus* se encuentra en la zona y ah servido para otros humedales en lugares cercanos, con dicha información se realizó un estudio para determinar si cumple con las necesidades de este proyecto:

Tabla 25. Características de macrófitas

Característica de la macrófita	Características de la zona	Cumplimiento
Crecen en profundidades entre 5 cm hasta 3 m	Humedal con profundidad de 0.5m	Cumple
Aguantan temperatura de entre 5 a 27 °C	La temperatura promedio es de 12 °C	Cumple
Elimina coliformes fecales	Presencia excesiva de coliformes fecales	Cumple
Elimina metales pesados	Presencia de metales pesados	Cumple
pH óptimo de 5.5 a 9	pH de 7	Cumple
Disminuye el DQO en un 75 a 90 por ciento.	DQO actual de 109 mg/l Requiere como máximo un DQO de 30mg/l	Cumple

Fuente: Autor y [52]

Con los anteriores resultados se tomó la decisión de ocupar *Schoenoplectus californicus* o también conocida como totora como macrófita del humedal. Cada planta necesita un espacio de 1 metro cuadrado para su correcto crecimiento y de 30 cm a 40 cm entre cada planta para evitar que se enreden entre ellas. En total se necesita 26 plantas de ancho y 27 de largo, es decir, un total de 702 totoras distribuidas en los dos humedales.

3.2.5.4. Obras Complementarias

- Limpieza y desbroce

Es necesario realizar la limpieza y desbroce del área, esto debido a que la zona aledaña a la obra de captación está repleta de maleza y suciedad, lo que produce que exista un mal olor y acumulación de insectos.

La cantidad de arbustos limita el paso a la bocatoma y llega a alcanzar el nivel del río Ambato y en este mismo lugar se aloja basura.

- Tubería Bye Pass

Tiene la función de eliminar el excedente de agua en caso de crecida, devolviendo esta cantidad de agua al río Ambato.

Debe colocarse antes de la rejilla autolimpiante, así en el peor escenario, si es que la rejilla se obstruye y deja de funcionar por alguna falla en su sistema eléctrico, el bye pass se activará y evitará que el nivel de agua suba e inunde los terrenos de las propiedades vecinas o el humedal artificial.

Dicha tubería debe ser de un diámetro de 200 mm como mínimo y de material PVC para su correcto funcionamiento, y se activará mecánicamente cuando el nivel de agua en el canal suba más de 1.1m (Nivel máximo para la saturación del humedal) mediante la implementación de una válvula check.

- Puente

Recordando que actualmente el encargado del mantenimiento de la Acequia Tilulum Darquea usa dos troncos para cruzar el canal y poder realizar sus labores en la compuerta, es imprescindible la implementación de un puente, ya sea de hormigón o acera y que cuente con la seguridad requerida para el caso como barandas.

- Sistema eléctrico

Es necesario conectar la rejilla autolimpiante al sistema eléctrico para que funcione su sistema de recolección de sólidos, dicha conexión se puede realizar a postes que se encuentran en un camino cercano no más de 30 metros de la obra de captación.

- Mantenimiento de la obra existente

Actualmente la Acequia Tilulum Darquea cuenta con una compuerta que puede ser funcional, pero necesita de un mantenimiento para que sus partes móviles funcionen adecuadamente. También es necesario una limpieza profunda de la obra actual, dicha acción era comúnmente realizada por lo menos una vez por años, sin embargo, se ha dejado de realizar a partir de la pandemia del 2020.

- Señalética

Es indispensable que exista señalética que indique de manera preventiva los objetos que existe a pocos pasos y sus riesgos, por ejemplo:

La existencia de una rejilla autolimpiante y su riesgo eléctrico.

La existencia de un humedal artificial y su riesgo de daño a las plantas.

La existencia del canal y el riesgo de caer a él.

La existencia del río y el riesgo de caer a él.

También es necesario señalética que indique el camino de ida y vuelta hacia la obra de captación.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se concluye que, debido al gran crecimiento poblacional, la contaminación del río Ambato afecta directamente a la distribución eficiente de agua en el canal de riego Acequia Tilulum Darquea, perjudicando a la producción agrícola de todo el cantón Ambato.
- Se realizó el levantamiento topográfico de la obra de captación de la Acequia Tilulum Darquea, de lo cual se pudo verificar el impacto que tiene la topografía actual en el flujo de agua y la acumulación de sólidos en la entrada de la bocatoma, además se determinó la solución con la modificación de la topografía para un flujo más regular.
- Se realizó el diseño hidráulico para la captación justa y correspondiente de agua como indica el último informe del Consejo Nacional de Recursos Hídricos Agencia Ambato de un caudal permanente de 600 l/s.
- Se determinó que el mejor tratamiento de agua que se puede aplicar para el mejoramiento de la calidad de agua en base a las legislaciones ambientales vigentes es la implementación de un sistema de humedal artificial de flujo sub superficial horizontal con un área de 1292 m² dividido en dos humedales.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable realizar mantenimiento del humedal artificial una vez cada mes en el que conste de la limpieza de tuberías y eliminación de sedimentos que se acumulen en la entrada de esta obra con la finalidad de dar mayor tiempo de vida a la obra.
- Se recomienda complementar el correcto funcionamiento del canal de riego con otras obras como el embaulamiento del canal en las zonas urbanas para evitar que el agua sea contaminada en estos sectores y que el agua pueda llegar con las mismas condiciones de calidad en su último kilómetro.
- En caso de la colocación de una rejilla autolimpiante se recomienda colocar y quitar el contenedor de sólidos por lo menos una vez a la semana y que dicho contenedor sea de mínimo 0.5 m³ de capacidad.
- En el caso de ejecutarse el 100% de este proyecto es recomendable realizar un nuevo análisis de laboratorio del agua, tomada la muestra posterior al tratamiento, con la finalidad de comparar y evaluar la eficacia de la nueva obra.

4.3. Bibliografía

- [1] G. R. Mawira Chitima, «Gestión del agua para uso agrícola, Ampliación de escala de los resultados en la gestión del agua para uso agrícola,» Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola , Roma , 2016.
- [2] Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación, «El Agua y la Agricultura,» de Cumbre Mundial Sobre La Alimentación, 2002.
- [3] CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, Dictamen 001-14-DRC-CC, Quito, Pichincha: LexisFinder, 2008.
- [4] GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPALIDAD DE AMBATO, «"Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial para el Cantón Ambato -PDOT-Ambato",» Secretaría del Consejo Municipal, Ambato , 2016.
- [5] E. C. Valdez, Abastecimiento de agua potable, Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1994.
- [6] Ministerio del Ambiente, Libro VI de la Calidad Ambiental, Quito: Lexis, Inteligencia Jurídica, 2015.
- [7] C. A. S. Ramírez, Calidad del Agua, Evaluación y Diagnóstico, Medellín : Ediciones de la U , 2011.
- [8] A. D. Cock, N. D. Troyer, M. A. F. Eurie, I. G. Arevalo, W. V. Echelpoel, L. Jacxsens, S. Luca, G. D. Laing, F. Tack y L. D. G. y. P. L. M. Goethals., «From Mangrove to Fork: Metal Presence in the Guayas Estuary (Ecuador) and Commercial Mangrove Crabs,» Foods, 1880. <https://doi.org/>, Guayaquil , 2021.
- [9] SENPLADES, «"PLAN NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE 2012- 2026,» vol. vol. 342, nº 342, p. 6, 2016.

- [10] M. M. A. C. Londoño, «Captaciones de Aguas Superficiales,» Uniagraria , Colombia , 2010.
- [11] D. M. Herrera, «DISEÑO DE BOCATOMA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN PARA GARANTIZAR EL CAUDAL DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE LA MESA, CUNDINAMARCA.,» Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería , Bogotá, 2020.
- [12] R. A. L. Cualla, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.
- [13] I. A. R. Felices, «La Bocatoma, una Estructura Clave en un Proyecto de Aprrovechamiento Hidráulico,» Universidad Nacional de Ingeniería, Piura, 2013.
- [14] M. J. M. J. Terán, I. V. H. G. Pacheco, I. D. L. Laez, I. O. Z. Arreola, I. A. O. Cedano, D. E. C. González y D. R. R. López, Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales, Xalapa: Creative Commons México.
- [15] E. J. M. Rodríguez y G. P. R. Ayala, Calculo de la Velocidad Media y el Caudal con Base a la Velocidad Superficial del Agua en Pequeñas Corrientes., Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Tecnología, Ingeniería Civil , 2016.
- [16] Consejo Nacional de Recursos Hídrico Agencia Ambato , «Informe Acequia Tilulum Darquea,» Ambato , 2006.
- [17] Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE), «Seguridad alimentaria: Responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales,» vol. vol. 2, nº 1546, 2015.

- [18] G. C. Morales, Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas, Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones, México : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua , 2004.
- [19] B. R. Contero y I. O. Felicita., «Utilización de Bioensayos Para la Determinación de Contaminación de Agua de Riego en la Cuenca del Río Granobles.,» LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida , vol. 1, n° 4, pp. 38-42, 2006.
- [20] F. Ramirez, «El Agua Potable,» 25 enero 2022. [En línea]. Available: <http://www.elaguapotable.com/coloides.pdf>. [Último acceso: 29 enero 2022].
- [21] Organización Panamericana de la Salud , «Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores,» UNATSABAR, OPS/CEPIS/05.158, Lima , 2005.
- [22] I. V. M. Yactayo, Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida, Manual I: Teoría, Tomo I, SEDIMENTACIÓN, Capítulo 7, Lima : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS/PUB/04.109, 2004.
- [23] J. A. M. Á. Manuel García Flores, Capítulo 7 del Manual de Ingeniería de los Ríos "Origen y Propiedades de los Sedimento", México: Instituto de Ingeniería de la UNAM, 1995.
- [24] LA GUÍA METAS, «Medición de Turbidez en la Calidad del Agua,» Metas & Metrólogos Asociados , Jalisco, 2010.
- [25] Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, «Reglamento(UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea de 25 de mayo de 2020 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua (Texto pertinente a efectos del EEE),» Diario Oficial de la Unión Europea, 2020.

- [26] J. S. A. y. L. P. Cámara, «La reutilización de las aguas residuales. Acondicionamiento y uso,» Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2000.
- [27] C. J. O. S. E. S. B. Carlos Alberto Bravo Herrera, «PROPUESTA DE UN TRATAMIENTO PARA ACEITES Y GRASAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA MICROEMPRESA “PRODUCTOS VERDES” LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA, UNAN - MANAGUA, MARZO - JULIO 2016,» Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua., Managua, 2016.
- [28] L. S. L. d. R. C. G. I. M. M. R. A. R. Daniel Bueno, «PRESENCIA DE ARSÉNICO Y COLIFORMES EN AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TECUALA, NAYARIT, MÉXICO,» Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Tecuala, 2012.
- [29] L. V. S. V. L. D. Lina Ramos, «Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de Santa Marta,» Instituto de Investigaciones Tropicales, Universidad del Magdalena, Santa Marta , 2008.
- [30] R. Rodríguez, «Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat,» Universidad Politécnica de Catalunya , Barcelona , 2001.
- [31] Maher , «Maher electrónica,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.maherelectronica.com/que-es-el-ph-del-agua/>. [Último acceso: 11 abril 2022].
- [32] I. Aguilera Rodríguez, R. M. Pérez Silva y A. Marañón Reyes, «DETERMINACIÓN DE SULFATO POR EL MÉTODO TURBIDIMÉTRICO EN AGUAS Y DETERMINACIÓN DE SULFATO POR EL MÉTODO TURBIDIMÉTRICO EN AGUAS Y,» Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2010.

- [33] W. A. S. y. J. Bauder, «Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales,» Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales.
- [34] D. L. B. Romero, «Efectos de los tensoactivos en el medio ambiente,» Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial , 2019.
- [35] Pásticos B&R, «Plásticos B&R. All Rights Reserved.,» 2021. [En línea]. Available: [https://www.plasticosbyr.com.co/Rejillas-autom%C3%A1ticas-para-aguas-residuales/#:~:text=Las%20rejillas%20Autolimpiantes%20de%20PI%C3%A1sticos,de%20Aguas%20Residuales%20\(PTAR\)..](https://www.plasticosbyr.com.co/Rejillas-autom%C3%A1ticas-para-aguas-residuales/#:~:text=Las%20rejillas%20Autolimpiantes%20de%20PI%C3%A1sticos,de%20Aguas%20Residuales%20(PTAR)..) [Último acceso: 10 Junio 2022].
- [36] B. R. A. Gonzalez, «Propuesta de un Sistema de Riego Usando un Humedal Artificial para el Tratamiento de Aguas Servidas Provenientes del Sector las Amazonas, Puerto Ordaz, Estado Bolívar,» Universidad Católica Andrés Bello , Guayana , 2019.
- [37] V. M. L. Pabello y S. AburtoCastañeda, «Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón,» Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, Coyoacán, 2014.
- [38] A. H. Muñoz, A. H. Lehmann y P. G. Martínez, «Manual de Depuración Uralita, Sistema Para Depuración de Aguas Residuales en Núcleos de Hasta 20000 Habitantes,» International Thompson Editores Spain , Madrid, 2004.
- [39] L. A. P. López, «“Diseño y Construcción de un Prototipo de Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial para el Tratamiento de aguas Residuales Domesticas”,» Universidad Técnica Federido Santa María , Valparaíso , 2018.
- [40] G. P. d. Tungurahua, «Plan Provincial de Riego de Tungurahua 2014-2029,» Dirección de recursos hídricos y gestión ambiental , Ambato , 2014.

- [41] GAD Municipal de Ambato, «Memoria Técnica – Desarrollo de la Propuesta, Consultoría para “Actualizar, complementar y sistematizar los Estudios Técnicos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua”,» Centro Latinoamericano de Estudios Políticos , Ambato, 2013.
- [42] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Quisapincha, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Quisapincha,» Edición Especial N° 261 - Registro Oficial , Ambato , 2020.
- [43] E. X. C. Parra, «ANÁLISIS INTEGRAL DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO AMBATO, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE INDICADORES BIOLÓGICOS, COMPLEMENTADAS CON VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS, PARA LAGENERACIÓN DE PROPUESTAS DE GESTIÓN.,» Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental , Quito , 2017.
- [44] J. G. Serrano y A. C. Hernández, «Depuración con Humedales Construidos, Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial,» Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad, Politécnica de Catalunya, Catalunya, 2008.
- [45] T. V. L. LLuglla, «Registro de las Preparaciones Culinarias Tradicionales en Base a las Manifestaciones Culturales de Atocha - Ficoa Para la Salvaguardia de su Patrimnio, Ambato 2017,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública , Riobamba, 2017.
- [46] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Bartolomé de Pinllo, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural San Bartolomé de Pinllo,» Global Constructora Cía. LTDA, Ambato, 2015.

- [47] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial "Augusto Nicolás Martínez", «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia "Augusto Nicolás Martínez",» Equipo Consultor - Actualización del PDOT, Ambato, 2015.
- [48] Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural Atahualpa, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Atahualpa 2015 - 2019,» Equipo Técnico del Gobierno Autónomo Descentralizado de Atahualpa, Ambato, 2015.
- [49] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Izamba, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Izamba,» Ambato, 2015.
- [50] Laboratorio de Control de Calidad de la EP-EMAPA-A, «Informe de resultados análisis físicos químicos y microbiológicos,» Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con Acreditación, Ambato , 2022.
- [51] HydroDyne, «Riego Nacional, Sistemas,» 2021. [En línea]. Available: <http://www.riegonacional.com/rejillas-automaticas-multi-rastrillos.html> . [Último acceso: 15 agosto 2022].
- [52] M. J. P. Carvajal, D. A. G. Bonilla y M. R. M. Cepeda, «Planta de totora en humedal artificial de flujo subsuperficia,» Revista Caribeña de Ciencias Sociales, ISSN 2254-7630, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba , 2020.

CAPÍTULO V.- ANEXOS

5. Anexos

5.1. Fotografías

Fotografía N°1. Acumulación de sólidos en la entrada de la bocatoma



Fotografía N°2. Remoción de sólidos por parte del aguatero de la acequia.



Fotografía N°3. Desplazamiento de sólidos, continúan en el río Ambato.



Fotografía N°4. Obstáculos de gran tamaño que obstruyen la obra de captación.



Fotografía N°5. Vegetación que obstruye la obra de captación.



Fotografía N°6. Contaminación del río Ambato con llantas de autos.



Fotografía N°7. Contaminación del río Ambato con plásticos.



Fotografía N°8. Contaminación del río Ambato con escombros de construcción.



Fotografía N°9. Contaminación del río Ambato con residuos domésticos.



Fotografía N°10. Rejilla en mal estado, acumulación de vegetación.



Fotografía N°11. Evidencia 1 del levantamiento topográfico.



Fotografía N°12. Evidencia 2 del levantamiento topográfico.



Fotografía N°13. Evidencia 3 del levantamiento topográfico.



Fotografía N°14. Acumulación de vegetación en la entrada de la bocatoma.



Fotografía N°15. Toma de muestra para prueba de sedimentación.



Fotografía N°16. Comprobación de captación de 1000ml para la prueba de sedimentación.



Fotografía N°17. Prueba de sedimentación 1.



Fotografía N°18. Prueba de sedimentación 2.



Fotografía N°19. Prueba de sedimentación 3.



Fotografía N°20. Toma de muestra para laboratorio.



Fotografía N°21. Muestra para laboratorio, envase de 6L.



Fotografía N°22. Muestra para laboratorio, envase de 0.1L.



Fotografía N°23. Cantidad de partículas flotantes en muestra.



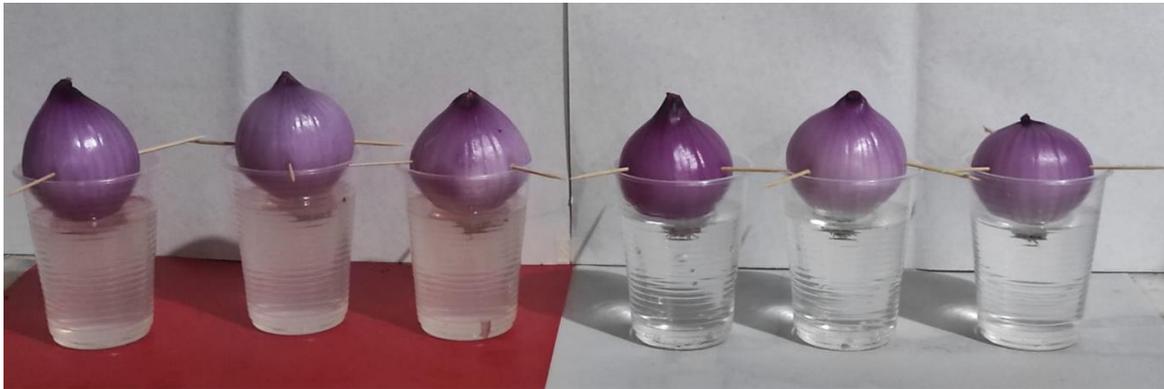
Fotografía N°24. Comparación color entre agua purificada y agua de la Acequia Tilulum Darquea.



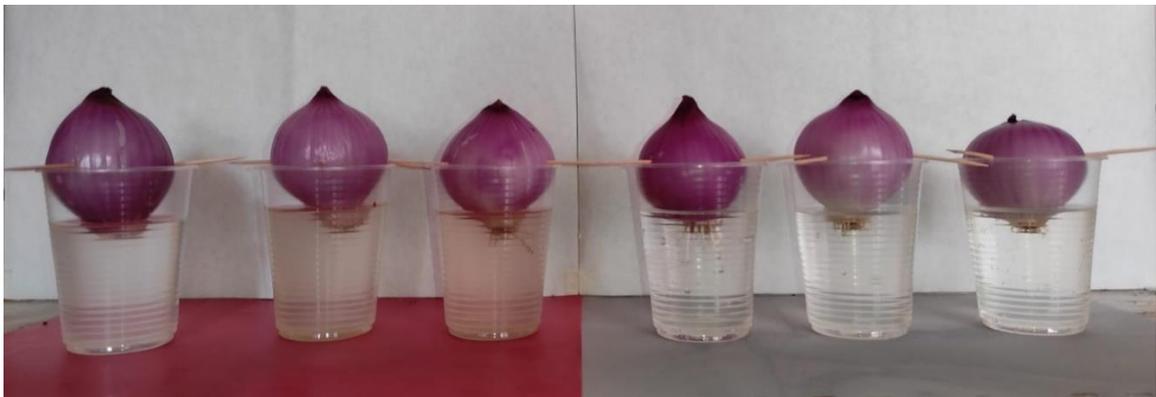
Fotografía N°25. Selección de cebollas para el bioensayo.



Fotografía N°26. Bioensayo, día 0.



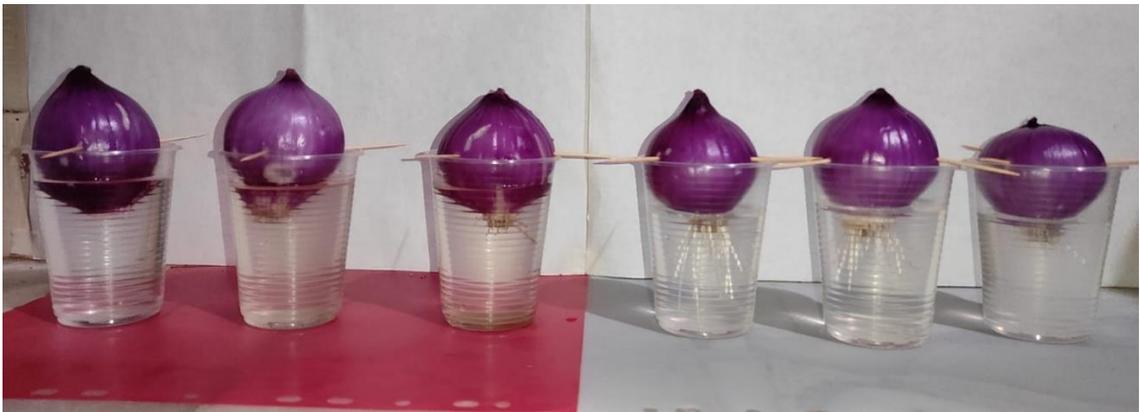
Fotografía N°27. Bioensayo, día 1.



Fotografía N°28. Bioensayo, día 2.



Fotografía N°29. Bioensayo, día 3.



Fotografía N°30. Bioensayo, día 4.



Fotografía N°31. Bioensayo, día 5.



Fotografía N°32. Bioensayo, día 6.



Fotografía N°33. Bioensayo, día 7.



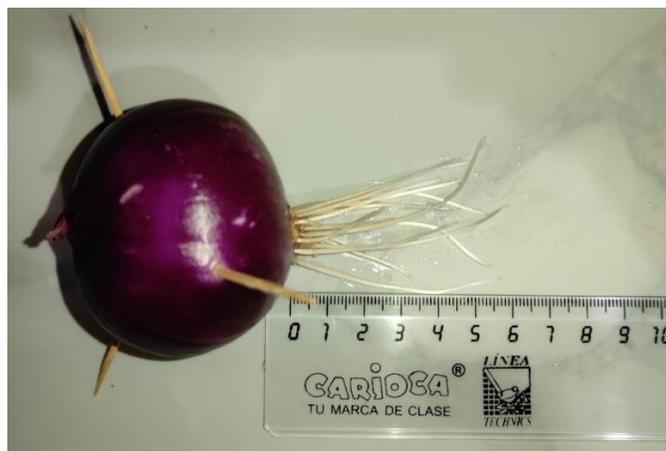
Fotografía N°34. Medición radícula, muestra 1.



Fotografía N°35. Medición radícula, muestra 2.



Fotografía N°36. Medición radícula, muestra 3.



Fotografía N°37. Medición radícula, muestra 4.



Fotografía N°38. Medición radícula, muestra 5.



Fotografía N°39. Medición radícula, muestra 6.



5.2. Renders

Render 1. Estado Actual 1



Render 2. Estado Actual 2



Render 3. Estado Actual 3



Render 4. Estado Actual 4



Render 5. Estado Actual 5



Render 6. Estado Actual 6



Render 7. Estado Actual 7



Render 8. Estado Actual 8



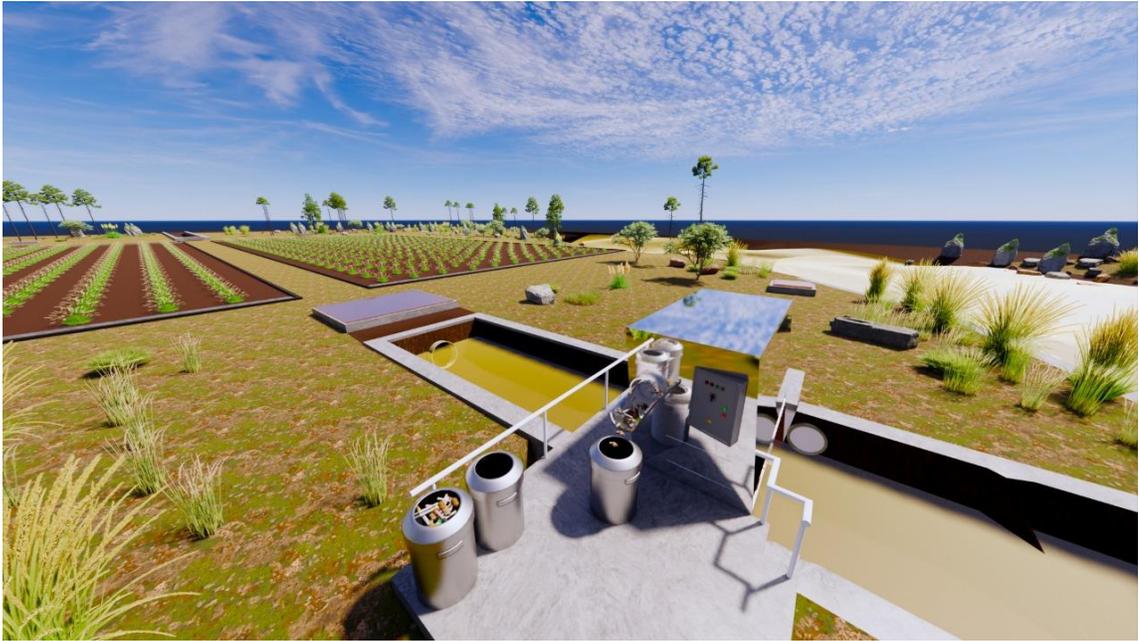
Render 9. Estado Actual 9



Render 10. Propuesta 1



Render 11. Propuesta 2



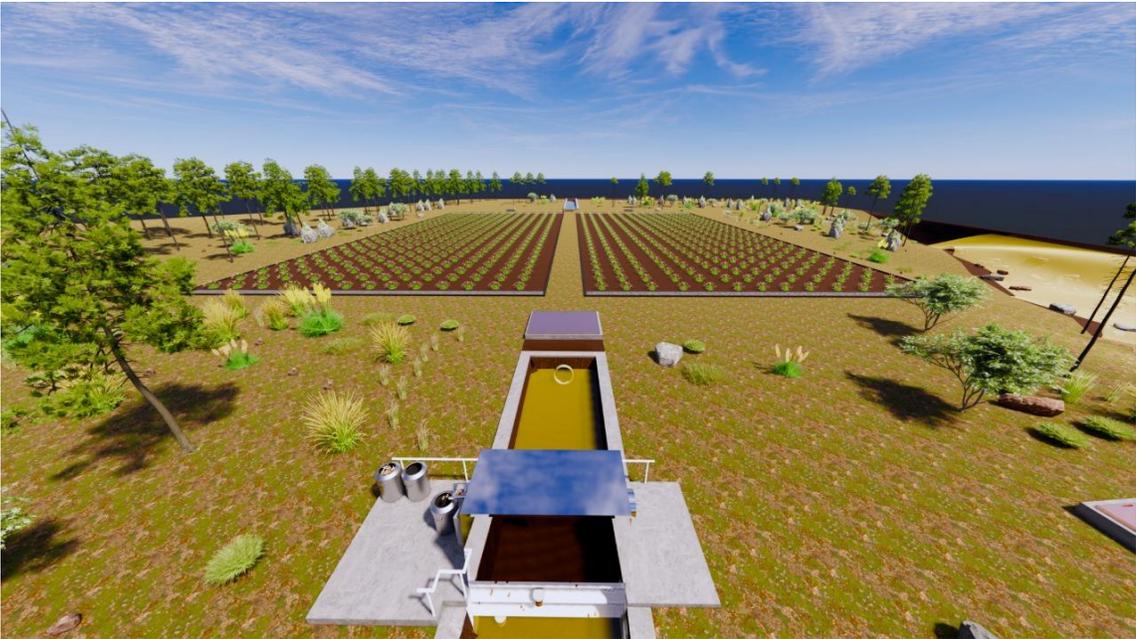
Render 12. Propuesta 3



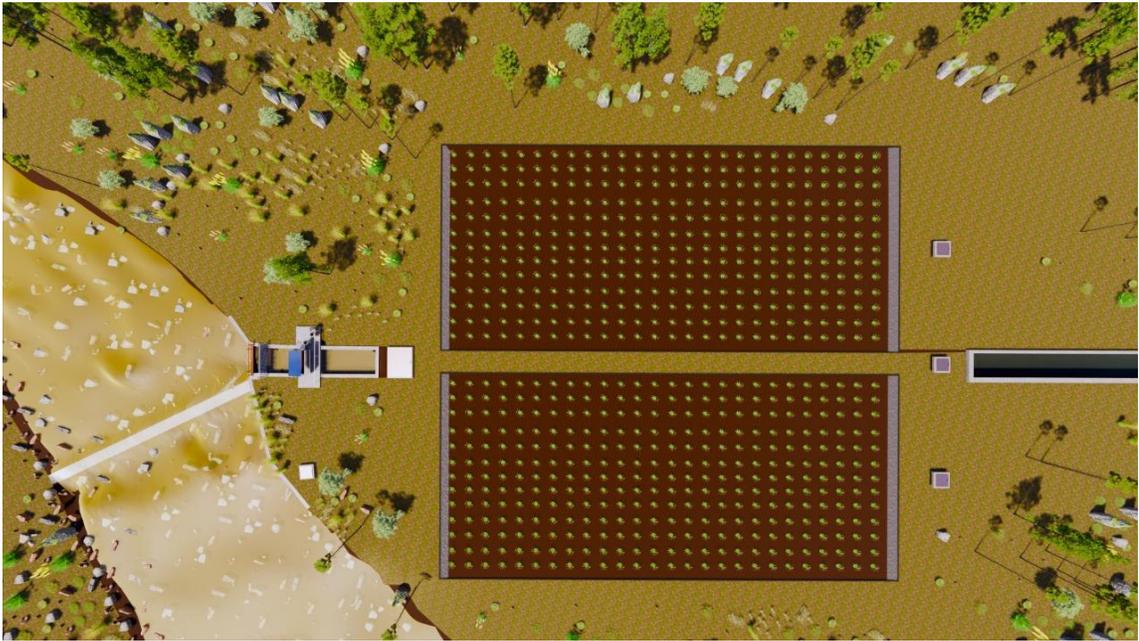
Render 13. Propuesta 4



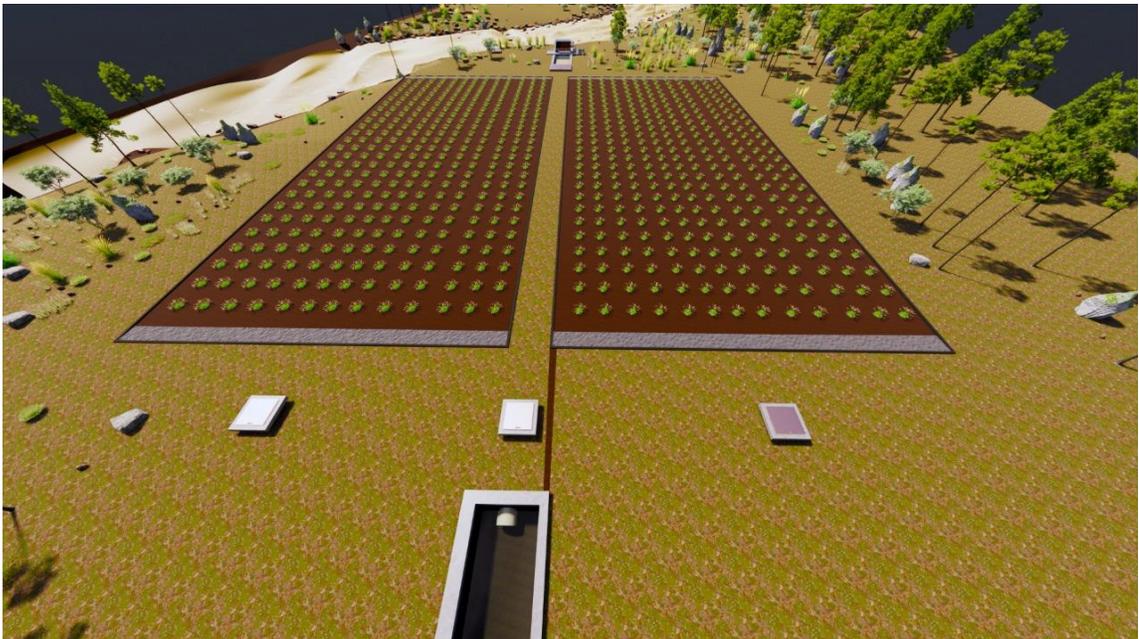
Render 14. Propuesta 5



Render 15. Propuesta 6



Render 16. Propuesta 7



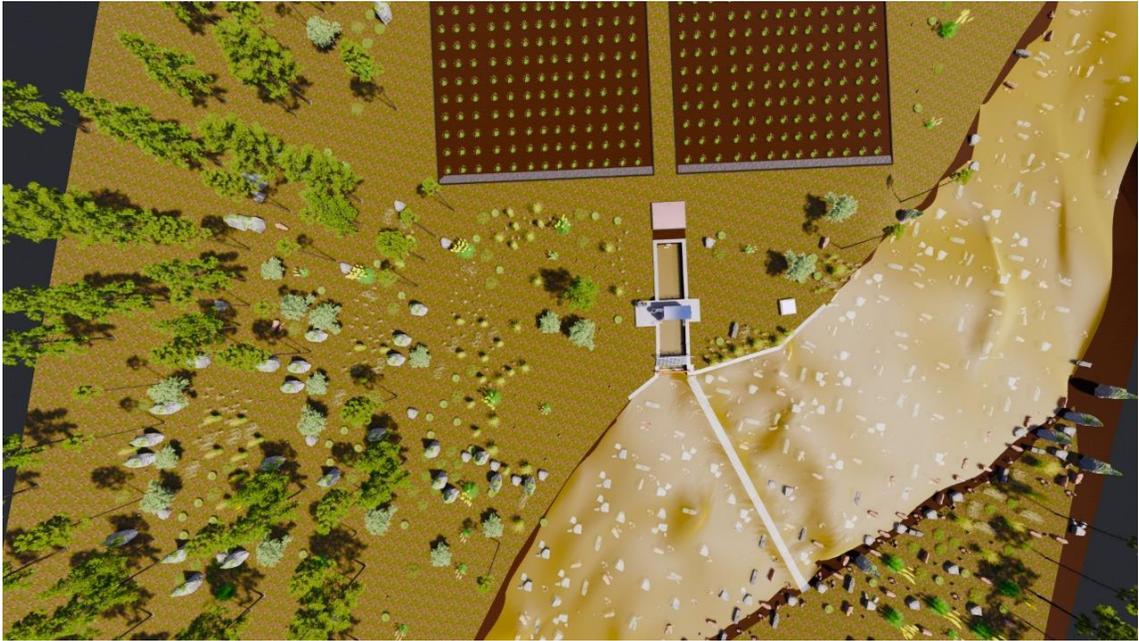
Render 17. Propuesta 8



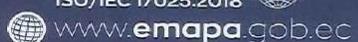
Render 18. Propuesta 9



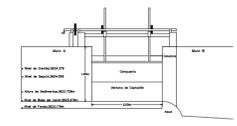
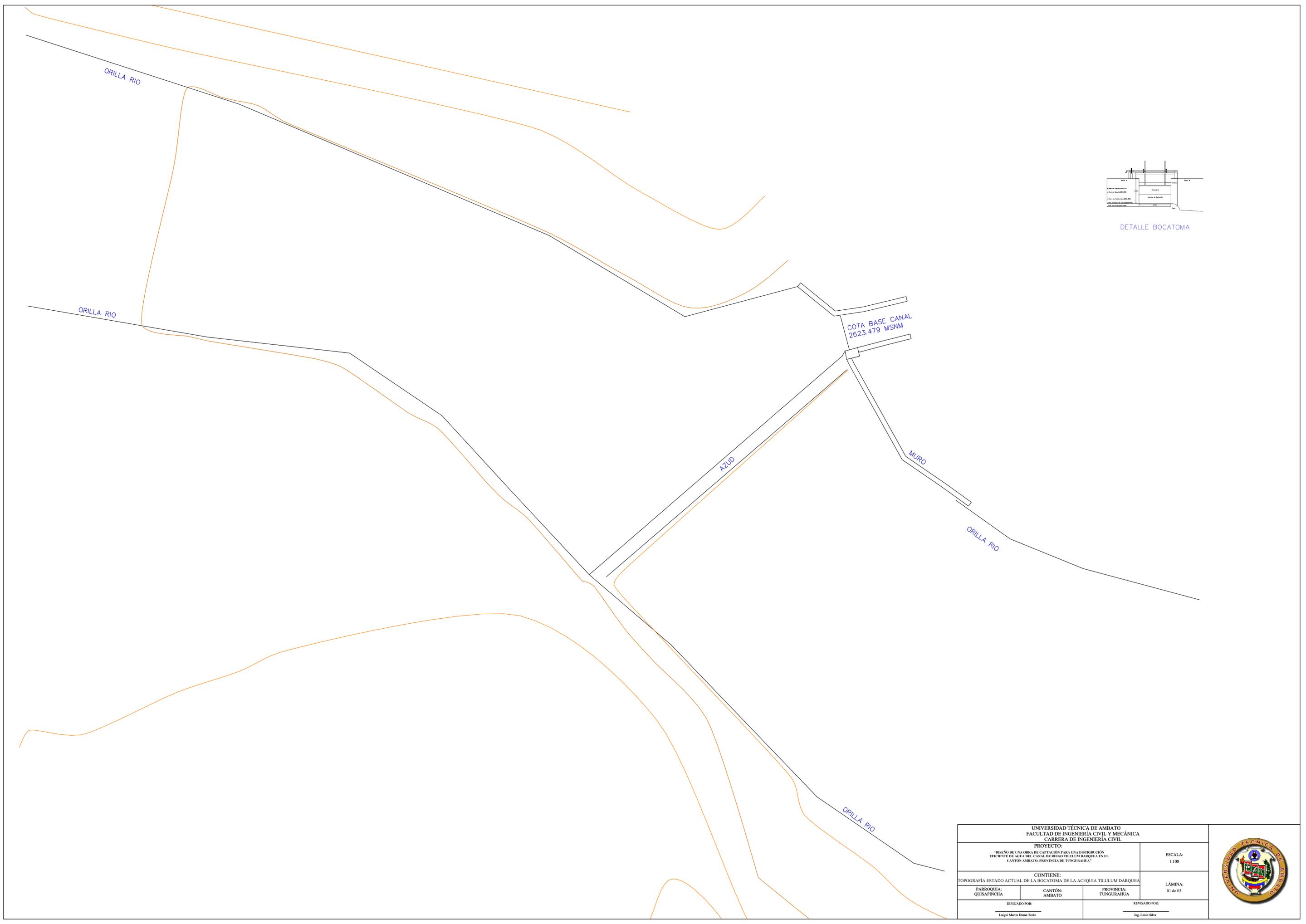
Render 19. Propuesta 10



5.3. Resultados de laboratorio

	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 14-001					
	17025-RG-CC-71-10						
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD							
DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE		DATOS GENERALES					
CLIENTE: LUIGUI MARTIN DURAN TERAN		CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: 22080980					
DIRECCIÓN: AMBATO. ATOCHA - FICOA. LIMONES Y MANDARINAS		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2022-08-22; 08h39min					
PERSONA DE CONTACTO: LUIGUI MARTIN DURAN TERAN TELÉFONO DE CONTACTO: 0983125300		FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 2022-08-22 FECHA DE FIN DE ANÁLISIS: 2022-08-29					
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: SECTOR LOS MOLINOS DE TILULUM DARQUEA VÍA AGUAJAN		FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 2022-08-29					
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA: RÍO AMBATO		CONDICIONES AMBIENTALES: Humedad (%): 62 Temperatura (°C): 15,0					
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: 2022-08-22; 07h45min							
TIPO DE TOMA DE MUESTRA (Puntual/compuesta): PUNTUAL							
TIPO DE MUESTRA (MATRIZ): AGUA NATURAL							
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA: LUIGUI MARTIN DURAN TERAN							
ANÁLISIS REALIZADOS							
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **	Norma de referencia: TABLA 4. PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO. TULSMA. LIBRO VI. ANEXO 1 (2015) **			RESULTADOS
				Grado de Restricción			
				Ninguno	Ligero Moderado	Severo	
ACEITES Y GRASAS *	mg/L	HACH 10300	Ausencia	-	-	-	0,3
ARSENICO *	µg/L	HACH 2800000	100	-	-	-	110
COLIFORMES FECALES *	nmp/100mL	Standard Methods-9221-C	1 000	-	-	-	> 8 000
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅) *	mg/L	Standard Methods-5210-D	-	-	-	-	45
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) *	mg/L	HACH 8000	-	-	-	-	109
DETERGENTES *	mg/L	HACH 8028	-	-	-	-	0,570
NIQUEL (CO L)*	mg/L	HACH-8150	0,2	-	-	-	< 0,016
NITRATO*	mg/L	HACH-8039	-	-	-	-	5,3
NITRITO *	mg/L	HACH-8507	0,5	-	-	-	< 0,035
SOL.TOT. DISUELTOS	mg/L	Standard Methods-2540-C	-	450	450 - 2 000	> 2 000	186
SULFATO *	mg/L	HACH-8051	250	-	-	-	< 5
* Ensayos fuera del alcance de acreditación del SAE. ** Los límites permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe están fuera del alcance de acreditación							
PARÁMETRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO				
Sólidos Totales Disueltos	(75 a 4048) mg/L	8%	17025-PR-CC-25-XX; Método de referencia: Standard Methods 2540 C. Ed. 23. 2017				
NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO, EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE, POR LO TANTO LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO SE RECIBIÓ. NO SE PERMITE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGO TIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (C/R GAR 04) NO SE DEBE REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.							
OBSERVACIONES: NINGUNA							
PROFESIONALES RESPONSABLES:							
 Ing. Lorena C. Vargas V. ANALISTA DE LABORATORIO			Firmado electrónicamente por: LORENA CAROLINA VARGAS VELASTEGUI			Firmado electrónicamente por: VERONICA SORAYA CASHABAMBA PADILLA	
			Ing. Verónica S. Cashabamba P. RESPONSABLE TÉCNICO				
Acreditación ISO/IEC 17025:2018			Laboratorio de Control de Calidad, EP-EMAPA-A, Hermenegildo Noboa y Manuelita Sáenz - Ambato		Telf.: 032 585 991 - Ext. 101 E-mail: labcalidad@emapa.gob.ec		
			PAG 1 DE 1				

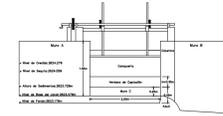
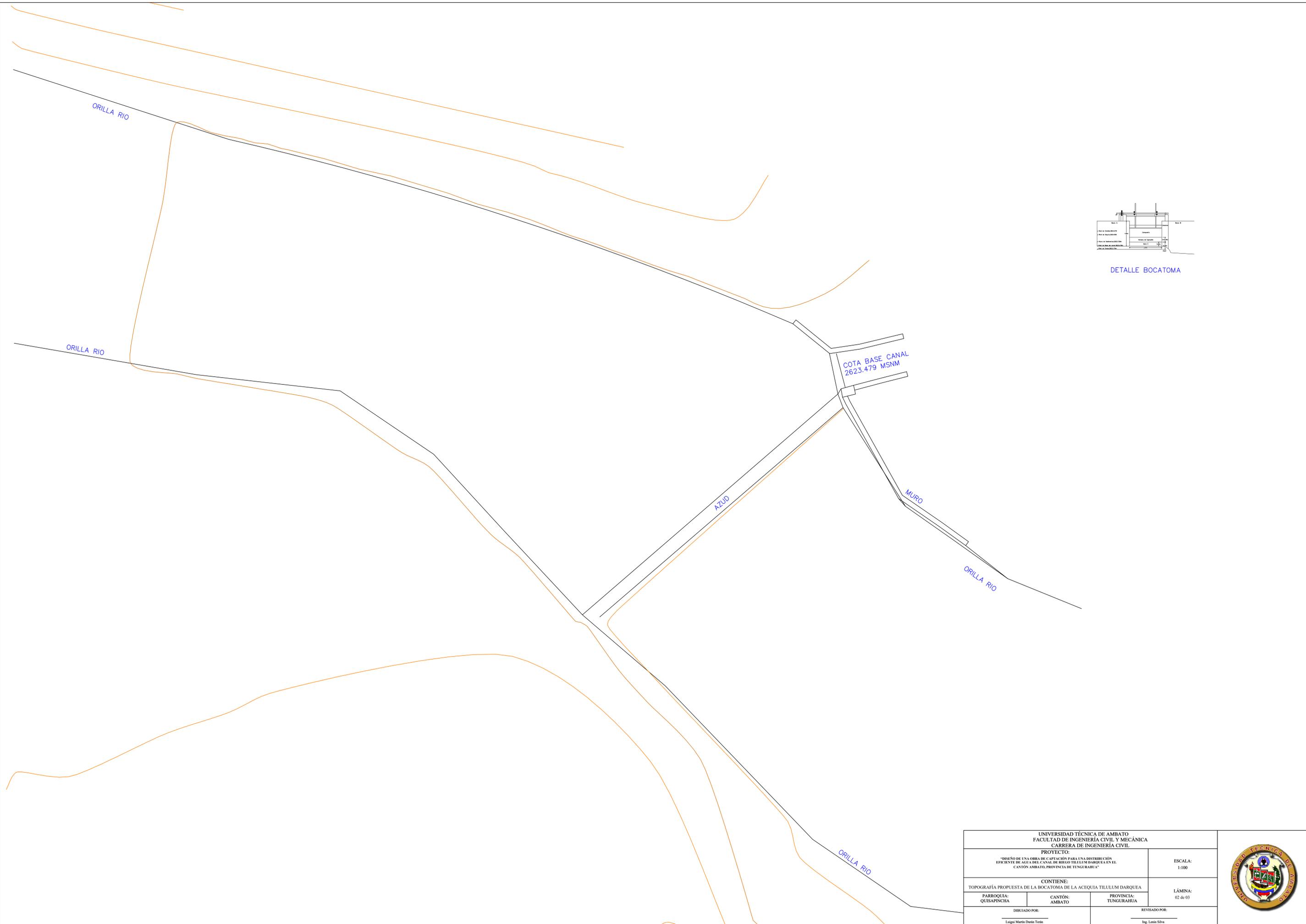
5.4. Planos



DETALLE BOCATOMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: "DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN PARA UNA DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DE AGUA DEL CANAL DE RIEGO TILULUM DARQUEA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			ESCALA: 1:100
CONTIENE: TOPOGRAFÍA ESTADO ACTUAL DE LA BOCATOMA DE LA ACEQUIA TILULUM DARQUEA			
PARROQUIA: QUISAPINCHA	CANTÓN: AMBATO	PROVINCIA: TUNGURAHUA	LÁMINA: 01 de 03
DIBUJADO POR: Luigi Martín Darío Testa		REVISADO POR: Ing. Leticia Silva	

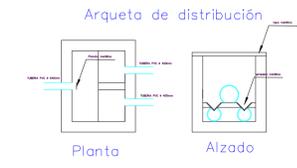
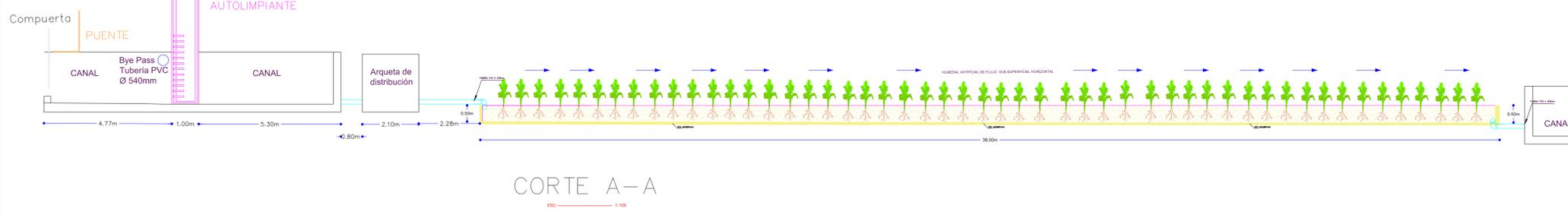




DETALLE BOCATOMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: "DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN PARA UNA DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DE AGUA DEL CANAL DE RIEGO TILULUM DARQUEA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			ESCALA: 1:100
CONTIENE: TOPOGRAFÍA PROPUESTA DE LA BOCATOMA DE LA ACEQUIA TILULUM DARQUEA			
PARROQUIA: QUISPINCHA	CANTÓN: AMBATO	PROVINCIA: TUNGURAHUA	LÁMINA: 02 de 03
DIBUJADO POR: Luigi Martín Durán Terán		REVISADO POR: Ing. Lenin Silva	





CORTE A-A
ESCALA: 1:100

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO: "DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN PARA UNA DISTRIBUCIÓN EFICIENTE DE AGUA DEL CANAL DE REGO TILLEM DARQUEA EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
CONTIENE: PROPUESTA DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUB SUPERFICIAL HORIZONTAL			
PARROQUIA: QUISAPINCHA	CANTÓN: AMBATO	PROVINCIA: TUNGURAHUA	ESCALA: 1:100
DIBUJADO POR: Luis Martín Durán Terán			LÁMINA: 03 de 03
REVISADO POR: Ing. Lenin Silva			

