

**DISEÑO DE UNA TRUCHERA PARA CULTIVAR CON AGUAS SERVIDAS
DE LA MICROCUENCA DEL RIO EL BARRANCO, EN EL MUNICIPIO DE
LA FLORIDA, NARIÑO, COLOMBIA**

ANA LILIA MAYA VALENZUELA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA EN PRODUCCIÓN ACUICOLA
PASTO, COLOMBIA
2006**

**DISEÑO DE UNA TRUCHERA PARA CULTIVAR CON AGUAS SERVIDAS DE
LA MICROCUENCA DEL RIO EL BARRANCO, EN EL MUNICIPIO DE
LA FLORIDA, NARIÑO, COLOMBIA**

ANA LILIA MAYA VALENZUELA

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero en Producción Acuícola**

**Presidente
JIMMY GERMAN HIDALGO ESTRELLA
Ingeniero Mecánico**

**Copresidente
GERMAN DANILO CAICEDO CARVAJAL
Zootecnista Esp.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA EN PRODUCCIÓN ACUICOLA
PASTO, COLOMBIA
2006**

**“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de grado, son
responsabilidad exclusiva de su autor”**

**Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del
Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

NOTA DE ACEPTACION

JIMMY GERMAN HIDALGO E.
Presidente

GERMAN DANILO CAICEDO
Copresidente

FRANCISCO JAVIER TORRES M.
Jurado delegado

ROBERTO SALAZAR CANO
Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre 27 de 2006

AGRADECIMIENTOS

Jimmy Germán Hidalgo Estrella.	Ingeniero Mecánico. Profesor de la Universidad de Nariño
German Danilo Caicedo.	Zootecnista Esp. Profesor de la Universidad de Nariño.
Luís Ernesto Medina.	Propietario Finca La Victoria
Carlos Artemio Legarda.	Topógrafo
Sandra Viviana Coral.	Ingeniera Civil
Edy Patricio Ortega.	Ingeniero en Producción Acuícola
Luís Armando Mejía.	Ingeniero en Producción Acuícola. Funcionario IDEAM.

Programa de Ingeniería en Producción Acuícola.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de esta tesis.

DEDICATORIA

A la memoria de mi hija, Ingrid Natalia.

A mi hija, Lizeth Estephania, a mis padres Enrique y Georjina, a mis hermanos Dalid, Geovany, Edith, Jackeline y a mis sobrinos Daniel, Kike y Alexander.

VALENZUELA

A N A

L I L I A

M A Y A

CONTENIDO

pág.

GLOSARIO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION	28
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	29
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	30
3. OBJETIVOS	31
3.1 OBJETIVO GENERAL	31
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	31
4. MARCO TEORICO	32
4.1 SISTEMA FISICO – BIOTICO DEL MUNICIPIO DE LA FLORIDA	32
4.1.1 Climatología	32
4.1.2 Recurso agua en el municipio de La Florida	34
4.1.3 Contaminación de fuentes hídricas por lavado de fique, aguas servidas y el vertimiento de residuos sólidos generados en el municipio de La Florida	35
4.2 ASPECTOS TECNICOS Y BIOTECNICOS PARA LA PRODUCCION DE TRUCHA ARCO IRIS (<i>Oncorhynchus mikiss</i>).	35
4.2.1 Cantidad de agua	35
4.2.2 Calidad del agua	36
4.2.3 Factores físicos, químicos y microbiológicos del agua	37
4.3 FACTORES A SER CONSIDERADOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA PISCIFACTORIA	46

	Pág.	
4.3.1	Explotaciones piscícolas en el municipio de La Florida	48
4.4	TRATAMIENTO DEL AGUA	49
4.4.1	Criterios para la implementación de un sistema de tratamiento del agua	49
4.4.2	Clasificación de los métodos de tratamiento de agua	50
4.4.3	Operaciones, procesos unitarios y sistemas de tratamiento utilizados eliminar para la mayoría de contaminantes en el agua	50
4.4.4	Sistemas de acondicionamiento del agua en producción acuícola	52
4.4.5	Uso de plantas para tratar aguas residuales	53
4.4.6	Contaminantes del agua	53
4.4.7	Eliminación de contaminantes	54
4.4.8	Polución acuática en las piscifactorías	57
4.5	RESEÑA HISTORICA DE LA TRUCHA	58
4.5.1	Clasificación taxonómica	58
4.5.2	Biología de la especie	58
4.5.3	Nutrición y alimentación	59
4.5.4	Formas de alimentación	59
5	DISEÑO METODOLOGICO	61
5.1	LOCALIZACIÓN	61
5.2	RECOLECCION DE LA INFORMACION	61
5.2.1	Información primaria	61
5.2.2	Información secundaria	65
5.3	PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION	65
5.3.1	Disponibilidad del recurso agua	65
5.3.2	Aspectos técnicos	65
5.3.3	Aspecto social	65

		Pág.
5.3.4	Diseño e infraestructura	65
5.3.5	Costos del proyecto	66
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
6.1	ASPECTO SOCIAL	67
6.2	ASPECTOS TECNICOS	67
6.2.1	Recurso agua	67
6.2.2	Análisis del agua	70
6.2.3	Aforo de caudales	74
6.3	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	76
6.4	ANALISIS DE SUELOS	76
6.5	DISEÑO DEL SISTEMA HIDRAULICO	77
6.5.1	Caudal de diseño	77
6.5.2	Caudal de recambio de agua	77
6.5.3	Evaporación	77
6.5.4	Infiltración	78
6.6	INFRAESTRUCTURA PARA EL CULTIVO DE TRUCHA ARCO IRIS	79
6.6.1	Parámetros de diseño de la estación piscícola	79
6.7	BOCATOMA Y ADUCCION	79
6.7.1	Diseño de la rejilla	81
6.7.2	Cálculo de vertederos	86
6.7.3	Cálculo del canal recolector	88
6.7.4	Cálculo de la caja de derivación	89
6.7.5	Aliviadero	96
6.8	DESARENADOR	99

		Pág.
6.8.1	Profundidad del tanque	103
6.8.2	Volumen del tanque	104
6.8.3	Cámara de rebose	106
6.8.4	Cálculo de la tubería de desagüe	106
6.8.5	Estructura de entrada	107
6.8.6	Estructura de salida	109
6.8.7	Sistema de extracción de lodos	111
6.9	CONDUCCION	111
6.10	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	115
6.10.1	Sistema de recolección-drenaje-cámara de lavado	115
6.10.2	Lecho filtrante o de soporte	122
6.11	ESTANQUES	123
6.11.1	Volumen requerido para piletas de alevinaje	125
6.11.2	Volumen requerido para piletas de dedinos	125
6.11.3	Volumen requerido para canaletas de juveniles	125
6.11.4	Volumen requerido para canales de adultos	131
6.12	MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DE LA ESTACIÓN PISCICOLA	133
6.12.1	Diseño fosa septica	133
6.12.2	Filtro biológico	135
6.13	MANEJO TECNICO DE LA PRODUCCION DE TRUCHA ARCO IRIS (Oncorhinchus mikiss)	137
6.13.1	Ficha técnica	137
6.14	PROCESO DE PRODUCCION	137
6.14.1	Elección de la especie	137
6.14.2	Adquisición de alevinos	138

		Pág.
6.14.3	Siembra y aclimatación	138
6.14.4	Densidades de siembra	138
6.15	CICLO DE PRODUCCION	138
6.16	ALIMENTACION Y NUTRICION	140
6.16.1	Manejo de concentrado	141
6.17	PROFILAXIS	141
6.17.1	Disposición de desechos	142
6.18	SACRIFICIO	142
6.19	EVISCERACION	143
6.20	CONSERVACION DEL PESCADO	143
6.21	VENTA DEL PESCADO	143
6.22	ESTUDIO FINANCIERO	143
6.22.1	Tipo de empresa	143
6.22.2	Inversiones	143
6.22.3	Inversión fija no depreciable	143
6.22.4	Inversión fija depreciable	144
6.22.5	Maquinaria y equipo	148
6.22.6	Muebles y enseres	148
6.22.7	Gastos varios	149
6.22.8	Depreciación	149
6.22.9	Gastos administrativos	150
6.22.10	Costos de servicios públicos	150
6.22.11	Costos de producción	150
6.23	EVALUACION FINANCIERA	151
6.23.1	Presupuesto de inversión	151

		Pág.
6.23.2	Determinación de costos directos	152
6.23.3	Costos de operación	152
6.23.4	Entrada de información	153
6.23.5	Producción y precio en la estación piscícola	154
6.23.6	Presupuesto de producción	154
6.23.7	Tasa de interés de oportunidad	154
6.23.8	Flujo neto de caja	155
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157
7.1	CONCLUSIONES	157
7.2	RECOMENDACIONES	158
	BIBLIOGRAFÍA	159
	ANEXOS	160

LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 1.	Infiltración del agua de acuerdo al tipo de suelo	40
Tabla 2.	Tipo de suelo según la infiltración	47
Tabla 3.	Requerimientos nutricionales para el levante de trucha	59
Tabla 4.	Disposición final de las aguas servidas de las viviendas ubicadas en la ribera del río El Barranco	67
Tabla 5.	Análisis de agua del río El Barranco	72
Tabla 6.	Parámetros físicos, químicos, microbiológicos de agua potable, agua óptima para el cultivo de trucha y muestra de agua del río El Barranco	73
Tabla 7.	Grado de calidad de la fuente de agua El Barranco	74
Tabla 8.	Caudales registrados en el río El Barranco	75
Tabla 9.	Velocidad de evaporación	77
Tabla 10.	Velocidad de infiltración en el suelo de la finca La Victoria	78
Tabla 11.	Proceso iterativo para encontrar un valor igual o aproximado al caudal máximo del río El Barranco	87
Tabla 12.	Pérdida de energía en los accesorios	93
Tabla 13.	Condiciones máximas y mínimas para transportar el caudal que fluye por las tuberías	93
Tabla 14.	Proceso iterativo para encontrar el mayor valor de Di	94
Tabla 15.	Pérdida de energía en los accesorios	95
Tabla 16.	Cálculo de pérdidas totales	95
Tabla 17.	Coordenadas del perfil creaguer	97

		pág.
Tabla 18.	Proceso iterativo para encontrar el valor de Y2	98
Tabla 19.	Interpolación para encontrar la viscosidad cinemática	103
Tabla 20.	Cálculos especificaciones tubería de conducción	114
Tabla 21.	Pérdidas en orificios sumergidos en el filtro	118
Tabla 22.	Velocidad de diseño	118
Tabla 23.	Cálculo del diámetro de los orificios en cada módulo	118
Tabla 24.	Pérdidas en los accesorios	119
Tabla 25.	Cálculo del diámetro y pérdidas	120
Tabla 26.	Cálculo de diametro	121
Tabla 27.	Vertedero triangular - alturas de control	122
Tabla 28.	Lecho filtrante	122
Tabla 29.	Pérdidas en el lecho filtrante	122
Tabla 30.	Pérdidas por accesorios en el filtro	123
Tabla 31.	Pérdidas totales en el filtro	123
Tabla 32.	Areas de infiltración en las canaletas de juveniles	131
Tabla 33.	Areas de infiltración en los estanques de adultos	133
Tabla 34.	Pérdidas en filtro biológico	136
Tabla 35.	Pérdidas en la tubería del filtro biológico	136
Tabla 36.	Guia de alimentación para producir una tonelada de trucha	141
Tabla 37.	Presupuesto general para construcción y obras civiles-2006	144
Tabla 38.	Inversión en maquinaria y equipo	148

		Pág.
Tabla 39.	Muebles y enseres	149
Tabla 40	Gastos varios	149
Tabla 41.	Depreciación	150
Tabla 42.	Gastos administrativos	150
Tabla 43.	Servicios	150
Tabla 44.	Costos variables de producción	151
Tabla 45.	Presupuesto de inversión	152
Tabla 46.	Costos directos	152
Tabla 47.	Costos de operación	153
Tabla 48.	Entrada de información	153
Tabla 49.	Producción y precio	154
Tabla 50.	Cálculo de ingresos por ventas	154
Tabla 51.	Presupuesto de producción	155
Tabla 52.	Flujo neto de caja	155

LISTA DE CUADROS

		pág.
Cuadro 1.	Indicadores generales del tipo de suelo en el municipio de la Florida	34
Cuadro 2.	Efecto del oxígeno en los peces a diferentes concentraciones	41
Cuadro 3.	Operaciones y procesos unitarios para tratamiento de aguas	51
Cuadro 4.	Contaminantes del agua y sus efectos potenciales	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Finca La Victoria	63
Figura 2. Localización municipio de La Florida	
Figura 3. Localización finca La Victoria	64
Figura 4. Rio Barranco	
Figura 5. Cultivo de trucha en la vereda El Barranco	
Figura 6. Curva de caudales	75
Figura 7. Plano topográfico y disposición general	80
Figura 8. Planta de captación	82
Figura 9. Corte A-A de la captación	83
Figura 10. Corte B-B de la captación	84
Figura 11. Corte C-C de la captación	85
Figura 12. Tubería de aducción	92
Figura 13. Planta desarenador	100
Figura 14. Perfil desarenador	101
Figura 15. Corte B-B desarenador	102
Figura 16. Perfil conducción	112
Figura 17. Planta filtro dinámico, sección A-A	116
Figura 18. Filtro dinámico sección B-B', C-C', D-D', E-E', F-F'	117
Figura 19. Disposición estructuras de cultivo	124

Figura 20.	Planta de piletas de alevinaje, corte B-B, corte C-C	126
Figura 21.	Planta piletas para dedinos	127
Figura 22.	Corte A-A, corte B-B, corte C-C estructura para piletas de dedinos.	128
Figura 23.	Planta canales para juveniles, perfil canales juveniles	129
Figura 24.	Planta canales para adultos, perfil canales adultos	132
Figura 25.	Sistema de tratamiento: fosa séptica, filtro biológico cortes A-A, B-B, C-C, D-D.	134
Figura 26	Esquema de una unidad productiva de trucha	139

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Formato encuesta disposición de residuos sólidos y líquidos en la rivera del río El Barranco
- Anexo B. Análisis de suelos
- Anexo C. Registros evaporación estación meteorológica San Bernardo
- Anexo D. Tabla guía de alimentación – Purina
- Anexo E. Certificado de deposito a termino
- Anexo F. Plano 1. Plano topográfico y disposición general
- Anexo G. Plano 2. Diseño Bocatoma
- Anexo H. Plano 3. Perfil Bocatoma – aducción
- Anexo I. Plano 4. Desarenador
- Anexo J. Plano 5. Perfil conducción
- Anexo K. Plano 6. Filtro dinámico planta
- Anexo L. Plano 7. Filtro dinámico sección B-B', C-C', D-D', E-E', F-F'
- Anexo M. Plano 8. Piletas de alevinaje y dedinos
- Anexo N. Plano 9. Piletas para juveniles y adultos
- Anexo O. Plano 10. Sistema de tratamiento del agua: Fosa séptica, filtro biológico
- Anexo P. Plano 11. Planta y cubierta – Estructura de apoyo
- Anexo Q. Plano 12. Fachada y corte – Estructura de apoyo

GLOSARIO

ABSORCIÓN: La retención de una sustancia dentro del cuerpo de otra.

ACUICULTURA: Actividad que permite obtener producción por medio del cultivo de organismos acuáticos, bajo condiciones controladas por el hombre, desde la siembra hasta la cosecha y comercialización.

ADSORCIÓN: La adherencia de sólidos disueltos coloidales a la superficie de cuerpos sólidos.

ADUCCIÓN: Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

AFLUENTE: Agua residual que ingresa a un reservorio, o a algún proceso de tratamiento.

AGUAS RESIDUALES: En su acepción más amplia, es el agua suministrada a una población, que habiéndose aprovechado para diversos usos, ha quedado impurificada. Desde el punto de vista de su origen, es una combinación del líquido o desechos arrastrados por el agua de casas, edificios e instituciones, aguas subterráneas, superficiales, de lluvias etc.

COAGULACIÓN: La aglomeración de materia suspendida, coloidal o finamente dividida por la adición al líquido de un coagulante químico, por un proceso biológico o por otros medios.

CONTAMINACIÓN: La adición al agua, de aguas residuales, desechos industriales o cualquier otro material dañino y objetable.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno. Es la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica en un tiempo determinado y a una temperatura específica.

DESINFECCIÓN: Es destruir o evitar el desarrollo de gérmenes nocivos que puedan ser causa de infección, mediante la acción de desinfectantes, como productos químicos, el calor, la luz ultravioleta, y de manera biológica.

EFLUENTE: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

EUTROFICACIÓN: Es la contaminación producida por la presencia de nutrientes (nitrógeno, fosfatos procedentes de abonos agrícolas y aguas residuales) que estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas impidiendo el paso de luz y evitando la oxigenación del agua ocasionando degradaciones anaeróbicas.

EXOFTALMIA: Ojos brotados en los peces, debido a una alta concentración de amonio en el agua.

FILTRACIÓN: Es el proceso de purificación del agua, que consiste en hacerla pasar por un lecho de material granular donde se presenta una retención y sedimentación de sólidos. El proceso más importante que se da en un filtro es el biológico con el crecimiento de organismos que descomponen y asimilan la materia orgánica.

HUMUS: Materia de color pardo oscuro que forma parte de la capa vegetal, que resulta de la transformación de las materias orgánicas.

LODO: Los sólidos depositados por las aguas negras, o desechos industriales, crudos o tratados, acumulados y sedimentados en tanques que contienen más o menos agua para formar una masa semilíquida.

MICROORGANISMOS: Diminutos organismos vegetales o animales, invisibles o apenas visibles a simple vista.

POIQUILOTERMO: Cuando el cuerpo de los peces no tiene capacidad propia para regular su temperatura corporal.

POTABILIZACIÓN: Serie de procesos para que el agua sea apta para el consumo.

PROFILAXIS: Tratamiento preventivo de las enfermedades.

pH: Potencial de hidrogeno en el agua, e indica si el agua es ácida o básica y se expresa en una escala que varía de 0 a 14. Si el pH es 7,0 el agua es neutra por debajo de este valor el agua es ácida y por encima de 7,0 es básica.

TRATAMIENTO: Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas o bacteriológicas para obtener agua potable que cumpla las normas y criterios de calidad establecidos.

RESUMEN

Las fuentes de agua en la actualidad se ven afectadas por varios factores principalmente el deterioro ambiental causado por la acción antrópica que disminuye su cantidad y calidad. El vertimiento de todo tipo de desechos contamina este recurso, alterando sus propiedades y poniendo en riesgo toda actividad derivada de su uso.

Entre los usos que se da a este recurso está la piscicultura que es una actividad que requiere de abundante agua y de muy buena calidad, pero en vista de su deterioro se busca mejorar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, mediante la implementación de sistemas que remuevan los elementos perjudiciales para los cultivos acuícolas.

El río el Barranco es una de las fuentes de agua que se localiza en el municipio de la Florida – Nariño, de esta corriente se derivará un caudal de 17 L/s que se utilizará en el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mikiss*), esta fuente de agua no está exenta de contaminación, se encuentra en deterioro en parámetros como turbidez, por lo tanto para mejorar sus condiciones físicas, químicas y biológicas, se mejorará su calidad en las diferentes estructuras hidráulicas, en la bocatoma y el desarenador se eliminará el material grueso, en un filtro dinámico se removerán sólidos en suspensión y microorganismos perjudiciales al cultivo, de esta manera se brindará un efluente de buena calidad. Una vez salga el agua de las unidades de cultivo, se someterá a un tratamiento previo a su descarga al río El Barranco, que consiste en un filtro biológico, con plantas macrofitas.

El manejo de la producción se hará bajo un estricto control de calidad en el recurso agua, suministrando un efluente confiable para el cultivo, un manejo adecuado de las estructuras que conforman la estación piscícola, una alimentación balanceada, un riguroso seguimiento profiláctico y una adecuada manipulación post-cosecha.

El alimento se suministrará en las cantidades necesarias y de acuerdo a la fase en que se encuentren los peces, el concentrado estará bajo las condiciones requeridas de conservación y de higiene para que no pierda sus propiedades nutricionales.

La cosecha, el procesamiento, el empaclado y la conservación se harán de manera que el producto se pueda ofrecer en las mejores condiciones al exigente mercado de la trucha arco iris.

Al implementar esta estación piscícola en el municipio de La Florida, se hará conocer que el agua mediante un manejo adecuado se puede utilizar no solo para proyectos acuícolas sino para cualquier tipo de proyecto y que puede representar una alternativa económica.

En la evaluación financiera se presenta los costos, la inversión y los ingresos y se hace un análisis del proyecto piscícola, con el costo de oportunidad en el mercado financiero con el objeto de ver la mejor alternativa de inversión.

ABSTRACT

The sources of water at the present time are affected by several factors mainly the environmental deterioration caused by the action antrópica that diminishes their quantity and quality. The vertimiento of all type of waste contaminates this resource, altering its properties and putting in risk all derived activity of its use.

The piscicultura that is an activity that requires of abundant water is among the uses that it is given to this resource and of very good quality, but in view of their deterioration it is looked for to improve their physical, chemical conditions and microbiológicas, by means of the implementation of systems that you/they remove the harmful elements for the cultivations acuícolas.

The river the Ravine is one of the sources of water that it is located in the municipality of the Florida-Nariño, of this current will be derived a flow of 17 L/s that will be used in the cultivation of trout rainbow (*Oncorhynchus mikiss*), this source of water is not exempt of contamination, it is in deterioration in parameters like turbidez, therefore to improve its physical, chemical and biological conditions, he/she will improve its quality in the different hydraulic structures, in the bocatoma and the desarenador the thick material will be eliminated, in a dynamic filter solids will be removed in suspension and harmful microorganisms to the cultivation, this way you will offer an efluente of good quality. Once leave the water of the cultivation units, he/she will undergo a previous treatment to their discharge to the river The Ravine that consists on a biological filter, with plants macrofitas.

The handling of the production will become low a strict control of quality in the resource dilutes, giving a reliable efluente for the cultivation, an appropriate handling of the structures that you/they conform the station piscícola, a balanced feeding, a rigorous pursuit preservative and an appropriate manipulation post-crop.

The food will be given in the necessary quantities and according to the phase in that you/they are the fish, the concentrate will be low the required conditions of conservation and of hygiene so that it doesn't lose its nutritional properties.

The crop, the prosecution, the one packed and the conservation will be made so that the product can offer under the best conditions to the demanding market of the trout rainbow.

When implementing this station piscícola in the municipality of The Florida, it will be made know that the water by means of an appropriate handling you cannot use alone for projects acuícolas but for any project type and that it can represent an economic alternative.

In the financial evaluation it is presented the costs, the investment and the revenues and an analysis of the project piscícola is made, with the opportunity cost in the financial market in order to seeing the best investment alternative.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se busca mejorar la calidad de las aguas servidas del río El Barranco, municipio de la Florida, Nariño, que abastecerán la estación piscícola que se establecerá en la finca La Victoria.

“Independiente del agua cruda, pueden producirse efluentes con la seguridad, claridad y composición química deseadas mediante métodos adecuados, buscando restituir las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua”¹.

Obteniendo mediante procesos de purificación, un agua óptima y de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona se cultivará trucha arco iris que permitirá generar una fuente importante de alimento para satisfacer la creciente demanda de proteína, esto se logra a través de un adecuado manejo de la producción, basado en el conocimiento del proceso biológico y en la existencia de una infraestructura técnica funcional, bien organizada y un buen sistema de comercialización.

Para mejorar la calidad del agua se realizarán los siguientes procesos: eliminación de partículas y material grueso, se eliminan sólidos; para lo anterior se diseñará obras de captación, sedimentación, filtración, luego el agua pasará a las estructuras de cría y engorde como son las piletas de alevinaje y canaletas para ceba. El agua utilizada en el cultivo, a consecuencia de los residuos alimenticios, los medicamentos y la actividad vital de las truchas, generan contaminación por lo tanto se conducirá a un filtro biológico con plantas macrófitas para devolverla en buenas condiciones al río.

¹ FAIR, Maskew; GEYER, John; OKUN, Daniel. Abastecimiento y remoción de aguas residuales: Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Vol. 1. México: Limusa. 1997. p. 80.

1. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

La acuicultura es una actividad derivada del recurso hídrico que genera bienestar social y económico, pero se ve afectada por una serie de problemas, entre ellos los recursos financieros, el difícil acceso a las nuevas tecnologías y sobre todo el impacto ambiental, causado por la deforestación y la contaminación que como consecuencia trae la disminución de la cantidad y calidad del agua.

Por lo tanto se puede precisar que la calidad del agua se ha alterado debido a los elementos y sustancias que son vertidos a las corrientes naturales, de tal manera que este vital líquido se vuelve perjudicial para el bienestar y la salud de los seres vivos, este fenómeno puede anular la acuicultura. Por ende se deben tomar correctivos para que el agua cumpla con los parámetros óptimos para el cultivo de organismos acuáticos.

En el municipio de la Florida – Nariño se cuenta con un potencial hídrico importante, en fuentes como el río el Barranco el cual posee un buen caudal de agua, aunque no conserva las propiedades requeridas para la producción piscícola debido a la descarga de contaminantes que recibe de la población ribereña.

En el presente proyecto se busca dar solución al problema de la contaminación del agua que se utilizará en el cultivo de trucha y poder contar con un efluente de calidad para una buena producción.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mediante la implementación de un sistema de manejo de aguas servidas vertidas al río El Barranco, Municipio de la Florida, se puede mejorar su calidad para establecer una estación de producción de trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mikiss*)?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una truchera para cultivar con aguas servidas del río El Barranco, en el Municipio de la Florida, Nariño, Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Cuantificar y caracterizar física, química y biológicamente el agua proveniente del río El Barranco, que abastecerá la estación piscícola.
- Determinar la cantidad y calidad del agua requerida para el cultivo de trucha en la estación.
- Determinar las propiedades físicas del suelo que se va a utilizar en el establecimiento de la infraestructura.

4. MARCO TEORICO

4.1 SISTEMA FISICO – BIOTICO DEL MUNICIPIO DE LA FLORIDA

El sistema físico biotico del municipio de la florida se presenta de la siguiente manera:

4.1.1 Climatología. El municipio de la Florida no cuenta con una estación meteorológica por lo tanto, para el análisis climatológico se tomaron datos, suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM², en la estación hidrometereológica de San Bernardo, ubicada en el municipio de San Bernardo, Nariño por encontrarse a una altitud similar a la del municipio mencionado. Y se describe a continuación:

- **Temperatura.** La temperatura ambiente del municipio varía entre 11.3°C y 22.5°C, estas variaciones influyen de manera muy significativa en el clima. Los lugares más altos presentan temperaturas bajas como la zona de Chilcal, Catauca, Duarte Bajo y Matituy con temperaturas altas de 18-22.5°C, las variaciones en la temperatura permite que se presenten los diferentes pisos térmicos: cálido, templado, frío y por ende la diversidad de la producción primaria.
- **Vientos.** La velocidad del viento oscila entre cero m/s y 5,1 m/s en los meses de octubre y agosto respectivamente, viajando en dirección sur, estos no ocasionan graves problemas para la comunidad en general, lo mismo que para los cultivos.
- **Nubosidad.** Los registros de máxima y mínima nubosidad son de siete (7,0) octavas, en el mes de abril y cuatro (4,0) octavas en el mes de febrero, respectivamente es decir con cielos parcialmente cubiertos.
- **Brillo solar.** La máxima intensidad de brillo solar ocurre en el mes de enero con 184,9 horas y la mínima en febrero con 44,7 horas, para un total anual de 1187,5 horas.
- **Piso Térmico de la zona de estudio.** La cabecera municipal de la Florida se encuentra dentro del piso térmico templado, por estar ubicada a 2100 msnm Su temperatura oscila entre los 18 y 22°C presenta una humedad relativa baja y una precipitación promedio de 1050 mm/año.

² INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (IDEAM).
Pasto, Colombia: IDEAM, 2004. p. 1.

- **Precipitación.** El municipio de la Florida presenta variaciones muy significativas que van desde los 36.3 a 302.9 mm mensuales en los últimos 24 años, siendo la media mensual de 169,1 mm la distribución se presenta con un periodo de lluvias medias en los meses de enero, febrero, marzo y abril seguido de lluvias altas en los meses de octubre, noviembre y diciembre, y lluvias bajas en los meses de junio, julio, agosto y septiembre; siendo el más lluvioso el mes de noviembre y el más seco el de agosto.
- **Hidrología.** La alcaldía ³ en el Plan de ordenamiento territorial ambiental del municipio de la Florida dice que la caracterización hídrica se identifica por la zonificación de microcuencas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: río Barranco, Chacaguaico, Quebrada Honda, Curiaco y otros tributarios de los ríos Pasto, Salado y Tamajoy. Las Microcuencas mencionadas poseen una muy limitada reserva forestal, tienen ecosistemas frágiles y bosques naturales secundarios intervenidos en sus nacimientos. A pesar de lo anterior existen zonas con una buena oferta hídrica como las Microcuencas del Barranco que tiene una extensión de 4002 Has y Panchindo con 528 Has las cuales abastecen los acueductos de la cabecera municipal y las veredas aledañas al sector debido a la gran capacidad de recarga hídrica de los ecosistemas vegetales presentes en el volcán Galeras que se mantienen en buen estado de conservación. El 50% de las áreas restantes del municipio encuentran serias dificultades en la disponibilidad del recurso hídrico.
- **Suelos.** El mismo autor dice que el deterioro de los suelos en el municipio de la Florida se puede ver como un problema derivado de un conjunto de factores que guardan estrecha relación entre la producción, manejo y conservación de los recursos naturales, originando altos grados y tipos de erosión que incide en pérdida de la capa arable la cual soporta los procesos de producción asociados al minifundio predominante en la zona.

³ LA FLORIDA. ALCALDIA MUNICIPAL. Plan de ordenamiento territorial ambiental. La Florida, Colombia: Alcaldía Municipal, 2000. p. 15.

Cuadro 1. Indicadores generales del tipo de suelo en el Municipio de La Florida.

Fertilidad	De baja a moderada, la cual guarda una estrecha relación entre la producción, manejo y conservación de los recursos naturales. Suelos con afloramiento del subsuelo, formados por cenizas volcánicas de textura gruesa.
Densidad Aparente	Los suelos presentan una densidad menor de 1g/ cc y porosidad menor del 50% alejándose de los niveles óptimos de las plantas. Se exceptúan por su aridez los suelos de taludes.
PH	Son suelos ácidos con alta capacidad Buffer, que tienden a acidificarse a través del tiempo y en consecuencia, pérdida de bases rango en el pH es de 4,0 – 6,0.
Conflicto de uso	El mayor porcentaje de zonas agrológicas y con pendientes mayores del 25%, donde se localizan pastos naturales para explotación ganadera. La degradación por conflicto se cataloga como moderada.
Elementos Menores	La situación se agravó por los bajos contenidos de calcio y magnesio. En los suelos de clima medio y frío se tienen bajos contenidos de azufre debido a los contenidos de materia orgánica del suelo, el fósforo es muy bajo y se lo incrementa por aplicación de fertilizantes. El nitrógeno tiene baja disponibilidad y el potasio es medio alto, no habiendo necesidad de adicionar fertilizantes potásicos para cultivos de diversificación.
Drenaje y pendiente	El drenaje es natural de bueno a moderado. Por ubicarse el municipio a alturas de 1000 a 3370 msnm, los rangos de pendientes se promedian en moderadas, con algunos sectores quebrados y escarpados. Suelos susceptibles a la erosión.

Alcaldía municipal, Op. Cit., p. 23.

4.1.2 Recurso agua en el municipio de La Florida. Según la alcaldía⁴, en el plan de desarrollo ambiental “Salto Social” y el consejo nacional ambiental, formula los lineamientos de política para el manejo del agua haciendo énfasis en la concepción de la gestión ambiental del agua como un proceso dinámico que permite reconocer y diseñar instrumentos jurídicos, económicos, tecnológicos, administrativos y de inversión. Dentro de los objetivos y directrices se destacan las siguientes: ordenar las actividades y el uso del suelo en las cuencas hidrográficas, proteger los auríferos, humedales y otros reservorios, proteger los nacimientos del agua como los páramos y estrellas fluviales. Orientar el uso

⁴ LA FLORIDA. ALCALDIA MUNICIPAL. Plan integral de desarrollo municipal. La Florida, Colombia: Alcaldía Municipal, 1997. p.15.

eficiente, desarrollar el conocimiento y la investigación del recurso, complementar el inventario y la evaluación hídrica Nacional.

Cañizares⁵, en el manual de los recursos naturales renovables menciona que en materia jurídica la principal norma reglamentaria del recurso agua, es el Decreto 1541/78, el cual reglamenta entre otros aspectos: dominio de causas, riberas, usos de agua la declaración de reservas y agotamiento, restricción y limitaciones de dominio, las condiciones para la construcción de obras hidráulicas, la conservación y preservación del agua.

El mismo autor menciona que otros decretos complementarios que son el 2103 de 1983 que reglamenta el código sanitario del Ministerio de Salud o ley de 1979 la cual trata sobre la calidad del agua y su potabilización; y el decreto 1594/84 que establece las normas y criterios de calidad de agua y de los vertimientos; esta normatividad permitirá realizar una buena administración y control.

4.1.3 Contaminación de fuentes hídricas por el lavado de fique, aguas servidas y el vertimiento de residuos sólidos generados en el municipio de la Florida. La Alcaldía ⁶ en el plan de ordenamiento territorial del municipio de la Florida –Nariño. La mayoría de las corrientes hídricas sobre todo en los centros poblados vienen siendo afectadas principalmente por la inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos, como también por las descargas directas de aguas residuales, agrícolas (como el lavado de fique) y domésticas. Los principales focos de contaminación hídrica por el lavado de fique se encuentran localizados en los corregimientos de Robles, Matituy, Tunja, Rodeo; destacándose las veredas Chical, Pucara, Catauca, Chaupiloma, Garcés y Duarte.

4.2 ASPECTOS TECNICOS Y BIOTECNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS

En el cultivo de trucha se tienen en cuenta aspectos biotécnicos y técnicos como la calidad y cantidad del agua, tamaño del proyecto, manejo de la producción, infraestructura para el cultivo, los requerimientos nutricionales y profilaxis, de esta manera se puede tener una excelente producción y obtener un margen de rentabilidad.

4.2.1 Cantidad de agua. Según Arroyo, "lo esencial de todo proyecto piscícola es el agua que alimenta las unidades de cultivo, y en la medida de su caudal disponible se define la capacidad de producción. Por lo tanto, el paso inicial en la ejecución del proyecto es medir el caudal"⁷.

⁵ CAÑIZARES, Jairo. Manual de los recursos naturales renovables. Pasto, Colombia: Corponariño, 1993. p. 53.

⁶LA FLORIDA. ALCALDÍA MUNICIPAL. Op. Cit., p. 23

⁷ ARROYO, Armando. Piscicultura de aguas frías y cálidas. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1989. p. 33.

4.2.2 Calidad del agua. Tebbutt “dice que el agua tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades, y es indispensable que su abastecimiento sea seguro para que una comunidad se establezca permanentemente. Sin embargo los desechos líquidos y sólidos de la comunidad tienen un potencial considerable para contaminar el ambiente y la misma agua”⁸.

El autor mencionado define la contaminación del agua, como la descarga de sustancias al ambiente acuático, que tienen riesgos para la salud humana, daña los recursos vivos y los ecosistemas acuáticos, impide su uso para fines recreativos o interfiere en otros usos legítimos del agua.

Fair, Geyer y Okun⁹ dicen que el agua debe encontrarse libre de organismos patógenos, de sustancias venenosas o fisiológicamente indeseables, por otra parte debe ser atractiva a los sentidos. Los abastecimientos deben ser tomados de la mejor fuente disponible. Si no se puede proteger adecuadamente a la fuente contra la contaminación, entonces el agua se deberá tratar para asegurar su potabilidad.

Metcalf¹⁰ clasifican la contaminación de las aguas de la siguiente manera:

- **Agua residual doméstica.** También llamada sanitaria, procede de las residencias, instalaciones comerciales y públicas.
- **Agua residual industrial.** Predominan vertimientos provenientes de hospitales, hoteles, cervecerías, panaderías entre otras.
- **Infiltración y conexiones incontroladas.** Es el agua que penetra de forma no controlada en la red de alcantarillado procedente del subsuelo, y agua pluvial que es descargada por la red a partir de fuentes tales como bajantes de edificios, drenajes de cimentaciones y alcantarillas pluviales.
- **Agua pluvial.** Es el agua resultante de la escorrentía superficial. Los autores mencionados, aseguran que las características físicas más importantes del agua residual son el contenido de sólidos, que engloba la materia en suspensión, coloidal y disuelta, la sedimentación, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. Las características químicas del agua residual a tener en cuenta son: la materia orgánica, inorgánica y los gases presentes en el agua. Respecto a las características biológicas se debe tener conocimiento de los grupos de microorganismos biológicos presentes en aguas superficiales y residuales, así

⁸TEBBUTT. T.H.Y. Fundamentos de control de la calidad del agua. México: Limusa, 1997. p.13.

⁹ FAIR, GEYER y OKUN, Op. Cit., p. 18.

¹⁰ METCALF, Eddy. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. México : Mc Grw Hill, 1996. p. 65.

como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos, los organismos patógenos y los que son utilizados como indicadores de contaminación.

Fair, Geyer y Okun afirman que “el control de la calidad del agua se da en todas las fases de la administración técnica de las obras hidráulicas de captación de las fuentes abastecedoras, conducción, purificación y distribución, alcanza hasta los puntos a los que se suministra el agua”¹¹.

4.2.3 Factores físicos, químicos y microbiológicos del agua. La calidad del agua a utilizar en acuicultura debe cumplir con las propiedades requeridas para el buen desarrollo de los organismos acuáticos.

- **Factores Físicos.** Estas propiedades del agua pueden ser afectadas por variaciones bruscas externas, fundamentalmente cambios atmosféricos y climáticos, entre estos factores están:
 - **Temperatura.** Rodríguez y Anzola aseguran que la “temperatura rige sobre algunos parámetros físicos, químicos y biológicos, de ahí la necesidad de conocer y evaluar los cambios de temperatura del agua”¹².

Blanco¹³ afirma que la trucha es un animal poiquiloterma, de esta característica biológica se deduce la importancia que tiene la temperatura en la salmonicultura, incidiendo directamente sobre su biología, condicionando la maduración de las gónadas de los reproductores, el tiempo de la incubación de los huevos hasta su eclosión, así como el ritmo mensual de crecimiento de los alevines y adultos, y especialmente el grado de actividad metabólica. Indirectamente la temperatura influye en el agua de cultivo, sobre la concentración de oxígeno y productos metabólicos (amoníaco) disueltos en ella, el tiempo y grado de descomposición de la materia orgánica en el fondo de los estanques. La trucha en condiciones naturales puede vivir en aguas comprendidas entre cero grados y 25 grados centígrados. Sin embargo, los límites entre los cuales su crecimiento y desarrollo es óptimo, corresponden a nueve grados centígrados como límite inferior y a 18 grados centígrados como límite superior. En los límites inferiores de temperatura la actividad de la trucha decrece, presentándose inapetencia y el índice de crecimiento es mínimo, cuando la temperatura sobre pasa los 20 grados centígrados las posibilidades de supervivencia se encuentran significativamente reducidas.

- **Luz.** Rodríguez y Anzola¹⁴ aseguran que los vegetales son productores primarios de materia orgánica por medio del proceso fotosintético, cuando reciben

¹¹ FAIR, GEYER y OKUN. Op. Cit., p. 18.

¹² RODRIGUEZ, Horacio y ANZOLA, Eduardo. Calidad del agua en Acuicultura Continental. En : Fundamentos de Acuicultura Continental. Santa Fe de Bogotá: INPA, 1993. p. 286.

¹³ BLANCO, Maria del Carmen. La trucha, cría industrial. Madrid : Ediciones Mundo, 1984. p. 18.

¹⁴ ANZOLA , Eduardo . Op. Cit., p. 90.

luz solar, de ahí que el gran papel que juega el sol en los procesos biológicos. Cuando la intensidad de luz es muy alta (80 kiloluz) se presenta una marcada disminución de la actividad fotosintética, aparentemente debido a que la radiación ultravioleta afecta los cloroplastos. En algunos casos, como en la incubación de huevos de trucha, hay que mantenerlos a poca luz. Además, sin la luz solar no es posible la fotosíntesis y por consiguiente la producción de oxígeno.

- **Evaporación.** Los mismos autores dicen que la evaporación aumenta la concentración de sales y actúa como regulador de la temperatura del agua, además, junto con la filtración son los causantes de la disminución del volumen de agua en un estanque. La pérdida de agua por evaporación varía considerablemente de una región a otra, de acuerdo con la época del año y la presión barométrica del lugar. Por lo general estos datos se obtienen a partir de registros climatológicos. El viento ejerce un importante papel al causar turbulencia y aumentar de esta manera el área de evaporación, reduciendo la humedad relativa sobre la superficie del agua. Con respecto a la composición química del agua, está relacionada la evaporación con la concentración. A mayor concentración de sales menor evaporación.

- **Turbidez.** Morcillo y Quiñones¹⁵ dicen que la turbiedad es el grado de opacidad producido por partículas de materiales suspendidos en el cuerpo de agua las cuales limitan el paso de luz determinando la transparencia. Los valores van desde cero en aguas puras hasta miles en aguas turbias, la unidad de medida utilizada es (UJT) Unidfad Jackson de Turbiedad. El papel más importante de la turbiedad es que se relaciona con el paso de la luz ya que incide directamente con la productividad y el flujo de energía en el ecosistema.

Blanco¹⁶ dice que las diversas materias en suspensión presentes en las aguas, en función de su concentración, pueden matar directamente a las truchas y en el mejor de los casos dar origen a una mayor susceptibilidad para padecer enfermedades. Se reduce el ritmo de crecimiento, se altera la movilidad natural de los peces en los estanques para captar la comida, y tiene sobre las incubaciones efectos desastrosos.

Rodríguez y Anzola¹⁷ afirman que la turbidez en truchicultura afecta los huevos en incubación al depositarse sobre la superficie de estos impidiendo el intercambio gaseoso a través de la membrana, causándoles un déficit de oxígeno. La turbidez mineral generalmente se presenta después de fuertes aguaceros, o en estanques que se abastecen con agua de cuencas mal conservadas o con procesos de erosión.

¹⁵ MORCILLO, Hernando y QUIÑONEZ, Ramiro. Características físico químicas del agua utilizada en acuicultura. s.n.e, Medellín: 1998. p.1.

¹⁶ BLANCO, Maria Del Carmen. Op. Cit., p. 32.

¹⁷ RODRIGUEZ, y ANZOLA,. Op, Cit., p. 92.

Blanco¹⁸ menciona que cuando el agua es reutilizada hay que tener especial cuidado con la materia en suspensión, que es originada en su mayor parte por los excrementos de los peces o por el concentrado consumido. Estas partículas (materia orgánica) producidas por las deyecciones de los peces no se encuentran en su totalidad en estado sólido, sino en forma de coloides y supracoloides que no se sedimentan.

El mismo autor dice que la importancia de los sólidos suspendidos en las aguas de cultivo se debe, no solamente a las lesiones que su propia constitución física puede originar sobre el epitelio de las branquias de los peces, sino también fundamentalmente a su origen orgánico. Su degradación va a originar la formación de productos tóxicos, como también un consumo extra de oxígeno.

Según Amesquita, “las concentraciones de sólidos en suspensión por encima de 30 mg/l afectan el balance osmótico y el funcionamiento branquial de la trucha”¹⁹.

- **Color.** Rodríguez y Anzola²⁰ dicen que el color del agua está dado por la interacción entre la incidencia de la luz y los diferentes elementos que la componen. El color del agua es alterado por los factores físicos, químicos y biológicos, por ejemplo, la mayoría de los florecimientos de fitoplancton tienden a dar una coloración verde, aguas con alto contenido de hierro, tienden a ser rojizas.

El color más común del agua está dado por el material vegetal en descomposición, el cual produce un color té o café claro muy característico del agua con alto contenido de humus. Además, estas aguas por lo general son ácidas. El color en sí no afecta a los peces, pero sí restringe la penetración de los rayos solares y disminuye de esta manera la productividad del estanque cuando se requiere de ella.

- **Infiltración.** Según Marsá, “La infiltración se define como el proceso de introducir un líquido en los poros o intersticios de un cuerpo sólido”²¹.

Villaneda y Mojica afirman que “la unidad de medida de la infiltración son los mm/día y depende directamente del tipo de suelo como se indica en la siguiente tabla”²².

¹⁸ BLANCO, Maria del Carmen. Op. Cit., p. 92.

¹⁹ AMESQUITA, Jairo. Peces de aguas frías: s.n.e., s.f. p.18.

²⁰ ANZOLA, Eduardo. Op. Cit., p. 92.

²¹ MARSÁ, Francisco. Diccionario planeta de la lengua española. Santa fe de Bogotá: Planeta, 1990. p. 1351.

²² VILLANEDA, Alberto y MOJICA, Hermes. Construcción de estanques para acuicultura. En: Fundamentos de Acuicultura Continental. Santa Fe de Bogotá: INPA, 1993, p. 78.

Tabla 1. Infiltración del agua de acuerdo al tipo de suelo

TIPO DE SUELO	PERDIDA POR INFILTRACION mm/día
Arenoso	25-250
Franco – Arenoso	13-76
Franco	8-20
Franco – Arcilloso	2.5-15
Arcilloso	1.25-10

Ibid., p. 58

▪ **Factores químicos**

- **Oxígeno.** Ferron y Petit, citados por Blanco²³ dicen que el oxígeno disuelto en el agua es para la trucha, como para todos los seres acuáticos, el elemento esencial para la vida. El agua es capaz de absorber oxígeno del aire hasta que su presión parcial esté en equilibrio con la del oxígeno del aire, en la interfase aire- agua. Los salmónidos tienen unas exigencias bastante estrictas frente a este factor, que ya por sí tiene carácter limitante para la práctica industrial de este cultivo.

Rodríguez y Anzola²⁴ aseguran que el nivel de oxígeno disuelto presente en un estanque de acuicultura es el parámetro más importante en la calidad del agua. Si no hay una buena concentración, los organismos pueden ser vulnerables a enfermedades, parásitos, o morir por falta de este elemento. Además se ha comprobado que no aceptan alimento, y se afecta el crecimiento y la tasa de conversión alimenticia. La concentración de oxígeno puede variar de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a) La Temperatura; influye directamente en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.
- b) El fitoplancton libera oxígeno durante el día y lo consume en la noche, liberando dióxido de carbono.
- c) El zooplancton y otros organismos animales consumen oxígeno durante el día y la noche.
- d) La materia orgánica y las poblaciones bacterianas consumen grandes cantidades de oxígeno en el proceso de descomposición.
- e) La producción de oxígeno en los días nublados es menor que la de los días despejados

²³ BLANCO, Maria del Carmen. Op. Cit., p. 22.

²⁴ RODRIGUEZ, Horacio; ANZOLA, Eduardo. Op. Cit., p. 93.

- f) El viento, al crear olas y turbulencia en la superficie del agua, permite el intercambio de oxígeno entre la capa superficial y la columna de agua²⁵.

Según Amesquita²⁶, los rangos de oxígeno y sus efectos en los peces se explican en el cuadro 2.

Cuadro 2. Efecto del oxígeno en los peces a diferentes concentraciones

OXIGENO (ppm)	EFFECTOS
0 - 1.5	Los peces pequeños sobreviven en cortos periodos.
1.5 - 3.0	Letal en exposiciones prolongadas
3.0 - 4.0	Los animales sobreviven, pero crecen lentamente.
4.0 - 5.5	Es considerado crítico para la cria industrial, debido a los bajos rendimientos
5.5 - 7.0	Rango deseable
7.0 - 9.0	Rango óptimo

AMESQUITA, Jairo. Op. Cit., p. 11

- **Ph o Potencial De Hidrógeno.** Blanco²⁷ dice que el valor del pH viene determinado por la concentración de hidrogeniones (H+) del agua (ión cedido al medio por los ácidos y captado por las bases). Se expresa en una escala que varía entre 0 y 14. Si el agua tiene una fuerte concentración en (H+) es de carácter ácido, por el contrario, es de carácter básico cuando la concentración es débil. Si el pH es igual a 7.0 se dice que el agua es neutra. El piscicultor tiene la necesidad no solo de conocer el pH del agua, sino la estabilidad o inestabilidad del mismo. Este es un factor importante, pues los salmónidos, no soportan las variaciones bruscas.

Rodríguez y Anzola²⁸ aseguran que los cambios de pH en un mismo cuerpo de agua están relacionados con la concentración del dióxido de carbono, el cual es fuertemente ácido. Los organismos vegetales demandan dióxido de carbono durante la fotosíntesis, de tal forma que este proceso determina en parte la fluctuación del pH, y es así como se eleva durante el día, y disminuye en la noche.

²⁵ Ibit., pàg. 97.

²⁶ AMESQUITA. Op. Cit., p. 11.

²⁷ BLANCO, María del Carmen. Op. Cit., p. 27.

²⁸ RODRIGUEZ, Horacio y ANZOLA, Eduardo Op. Cit., p. 97.

Daye y Garcide, citados por Blanco afirman que “las lesiones del cristalino y la córnea son habituales en las truchas mantenidas durante un periodo de siete días a un pH de 9.8”²⁹.

Eicher citado por Rodríguez y Anzola³⁰ dicen que demostraron que las truchas expuestas a un pH de 10.2 experimentaban una necrosis de la aleta dorsal y caudal, y se genera ceguera total. Valores por encima o por debajo del pH adecuado, causan cambios en el comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y el crecimiento. Valores de pH cercanos a 5,0 producen mortalidad en un período de 3,0 a 5,0 horas por fallas respiratorias, además causan pérdida de pigmentación e incremento en la secreción de mucus en branquias y epidermis. Cuando se presentan niveles de pH ácidos el ión férrico Fe⁺⁺, presente en el agua, se solubiliza afectando los arcos branquiales y disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia.

- **Dióxido De Carbono (CO₂).** Cárdenas³¹ asegura que el CO₂ se encuentra en equilibrio entre la fase acuática y la atmósfera, además de ser un producto final de la descomposición de la materia orgánica que tiene lugar durante los procesos respiratorios de plantas y animales por el metabolismo de las bacterias. El carbono inorgánico como CO₂ y HCO₃ es la fuente primordial del carbono para la fotosíntesis de las algas y plantas vasculares acuáticas. Esta utilización está balanceada por la producción de CO₂ debido a la respiración de la mayoría de los organismos y las entradas de CO₂ y HCO₃ por medio del agua proveniente de la atmósfera. Las cantidades de carbono inorgánico viables para uso en la fotosíntesis son adecuadas en la mayoría de los lagos y sólo bajo condiciones especiales de “aguas blandas” (con una concentración < 70 ppm) y situaciones altamente productivas, el carbono inorgánico puede ser un factor limitante para la fotosíntesis. Cuando el CO₂ se disuelve en el agua se forma ácido carbónico disminuyendo el valor del pH.

Roberts mencionado por Blanco³² dice que en la mayor parte de las aguas naturales utilizadas en una piscifactoría provenientes de río, el nivel de ácido carbónico no excede de 6,0 mg/L, a estas concentraciones no es tóxico para los peces. Sin embargo estos niveles pueden aumentar considerablemente y mantenerse entre 12 y 18 mg/L en las piscifactorías intensivas con reciclajes de agua al ser el anhídrido carbónico un producto resultante del metabolismo del pez.

²⁹ BLANCO, Maria del Carmen. Op. Cit., p. 29.

³⁰ RODRÍGUEZ y ANZOLA. Op. Cit., p. 98.

³¹ CARDENAS, Gloria Lucia. Guía de Laboratorio: Calidad de agua para Acuicultura II. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 2003. p. 10.

³² BLANCO CACHAFEIRO, Maria del Carmen. Op. Cit., p. 38.

Morcillo y Quiñones³³ dicen que este gas tiene una alta reacción con el agua, produciendo modificaciones como la variación del pH, siendo la respiración y la fotosíntesis responsables de que se consuma dióxido de carbono y se basifique el medio o se produzca dióxido de carbono y se acidifique. El dióxido de carbono es consumido en el período de fotosíntesis. Altas concentraciones de dióxido de carbono pueden ser tolerados por algunos peces pero se debe evitar concentraciones inferiores a 5,0 mg/L. La mayoría de las especies sobreviven en niveles altos de oxígeno 60 mg/L, cuando el oxígeno es bajo es enmascarado por el dióxido de carbono dificultándoles la toma de este a los peces.

- **Alcalinidad total y dureza total.** Rodríguez y Anzola³⁴ dicen que la alcalinidad corresponde a la concentración total de bases en el agua expresada como mg/L de carbonato de calcio equivalente, y está representada por iones de carbonato y bicarbonato. La capacidad amortiguadora del pH en el agua está dada por la presencia de estos iones, lo que quiere decir que si una gran cantidad de carbonato y bicarbonato está presente en el agua, el pH se mantendrá estable. Aguas con alcalinidad alta, ayudan a que se mantenga mayor valor de pH por las mañanas, mientras que aguas con baja alcalinidad facilitan los cambios de pH en un perfil de 24 horas.

Cárdenas³⁵ afirma que la dureza del agua se define como la medida de la capacidad del agua para precipitar el jabón. La dureza se debe a las concentraciones de metales alcalinotérreos originados en depósitos calcáreos. Los iones Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ se combinan fácilmente con los carbonatos y bicarbonatos (dureza temporal) y con los sulfatos, cloruros y otros aniones de ácidos minerales, de lo cual resulta la dureza permanente. La dureza por carbonatos puede ser removida por calentamiento.

Rodríguez y Anzola³⁶ dicen que los mejores niveles de alcalinidad total y dureza total para acuicultura están entre 20 y 300mg/L respectivamente, si los valores de estos dos parámetros son bajos se pueden aumentar mediante enclavamiento, pero en caso contrario, no existe un método práctico para reducir estos dos parámetros. Durezas por debajo de 10 ppm ocasionan problemas de crecimiento, pérdida de escamas, problemas de aletas y fecundidad en reproductores. La alcalinidad afecta la toxicidad del sulfato de cobre en tratamientos como alguicida (en bajas alcalinidades aumenta la toxicidad de éste para los peces).

- **Amonio.** Amesquita³⁷ dice que el amonio en los ecosistemas acuícolas es un producto del metabolismo de las proteínas de los alimentos y de la descomposición bacteriana de la materia orgánica (lodos de estanques). Los valores

³³ MORCILLO y QUIÑONES. Op. Cit., p. 43.

³⁴ RODRIGUEZ y ANZOLA. Op. Cit., p. 32.

³⁵ CARDENAS. Op. Cit., p.12.

³⁶ RODRIGUEZ y ANZOLA. Op. Cit., p. 100.

³⁷ AMESQUITA. Op. Cit., p. 16.

de amonio deben fluctuar entre 0.01 ppm a 0.1 ppm y pueden ser controlados por aireación, recambio de agua. La toxicidad del amonio en forma no ionizada (NH_3), aumenta con una concentración baja de oxígeno, un pH alto y una temperatura alta. En pH bajos no causa mortalidades.

Según Uribe³⁸, una concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias y en los tejidos vivos, produce lesiones en órganos internos, susceptibilidad a enfermedades, reducción del crecimiento, la sobrevivencia y exoftalmia (ojos brotados).

Morcillo y Quiñones³⁹ dicen que el aumento de pH en una unidad causa un aumento aproximado en 10 veces la producción de amoniaco no ionizado a 28°C. Las concentraciones más altas de amoniaco se presentan después de la muerte del fitoplancton.

- **Nitritos.** Amesquita⁴⁰ afirma que los nitritos son un parámetro de vital importancia por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Se generan en el proceso de transformación del amoniaco a nitratos y su toxicidad depende de la cantidad de cloruros, de la temperatura y de la concentración de oxígeno en el agua.

Según Meade citado por Rodríguez y Anzola⁴¹, los desechos nitrogenados son transformados de amoniaco a nitratos así:



Este proceso se debe a la acción de las bacterias aeróbicas, como Nitrosomonas, que son las responsables del paso de $\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NO}_2$ nitratos, y la bacteria Nitrobacter es la responsable del paso de $\text{NO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{N}$.

Rodríguez y Anzola⁴² aseguran que algunas bacterias pueden convertir NO_3 a nitrógeno, el cual puede salir del agua como un gas disuelto. Estas reacciones se llevan a cabo normalmente en el estanque o por medio de estructuras específicas llamadas biofiltros. La desnitrificación de nitratos a nitrógeno puede llevarse a cabo por una variedad de bacterias, tales como, pseudomonas, achromobacter, bacillus, micrococcus y corynebacterium. Para mejorar la acción de las bacterias hay que suministrarles bastante sustrato, o mayor superficie para su fijación.

³⁸ URIBE MORENO, María Victoria. Cartilla técnico ambiental del subsector piscícola. Medellín: s.n.e. 2005. p. 66.

³⁹ MORCILLO y QUIÑONES. Op, Cit., p.4.

⁴⁰ AMESQUITA. Op. Cit., p. 15.

⁴¹ RODRIGUEZ y ANZOLA . Op. Cit., p. 101.

⁴² Ibid., p.102.

Amesquita⁴³ afirma que en los peces, las concentraciones altas de nitritos causan la enfermedad de la sangre marrón (producida por la oxidación de la hemoglobina a metahemoglobina de color pardo), evitando el transporte de oxígeno a los tejidos, lo cual crea una anemia crónica. Por lo tanto, es necesario mantener la concentración por debajo de 0,1 ppm, valores cercanos a 0,15 ppm causan estrés en las truchas y cuando se acercan a 0.3 ppm, pueden ser letales.

- **Nitratos.** Blanco afirma que “los nitratos tienen escasa toxicidad para los peces, pero en situaciones anaerobias y pobres de oxígeno pueden sufrir un proceso de desnitrificación y dar origen a nitritos”⁴⁴.

- **Fosfatos.** Blanco⁴⁵ dice que en las aguas corrientes puras los fosfatos son poco abundantes, pero pueden ser manifiestos en aquellas que recogen vertidos urbanos por la presencia de polifosfatos, que componen los detergentes o bien en las que arrastran abonos agrícolas no consumidos. Los fosfatos no son tóxicos para los peces aunque éstos se encuentren en altas concentraciones, pero dan origen a una alta proliferación vegetal.

- **Sulfatos.** El mismo autor afirma que estos proceden generalmente de la descomposición de la materia orgánica existente en las aguas, aunque pueden tener un origen mineral. Cifras de 2 hasta 100 mg/L pueden ser tolerantes en salmonicultura.

- **Calcio.** Caicedo⁴⁶ dice que el calcio se presenta en diversas formas como carbonatos, cloruros, fosfatos y se halla en mayor o menor proporción. Es importante para el desarrollo de los peces y ejerce cierta influencia en la movilización de los hidratos de carbono formados en la materia orgánica y que se depositan en el fondo del cuerpo de agua. En aguas excesivamente alcalinas y de pH alto, el calcio ejerce cierto bloqueo sobre el hierro, magnesio, cobre, boro y zinc.

- **Magnesio.** El mismo autor, manifiesta que “el magnesio se encuentra en proporciones variables siendo las aguas ácidas las más pobres. Esto se traduce en la disminución del contenido clorofílico de las plantas y en las alteraciones reproductoras⁴⁷”.

- **Hierro.** Pérez, mencionado por Morcillo y Quiñones dice que “una de las formas en que el hierro está más disponible para el fitoplancton es $\text{Fe}(\text{OH})_3$ formado por la oxidación del hierro por bacterias. El contenido de hierro en aguas es variable

⁴³ BLANCO, María del Carmen. Op. Cit., p.16.

⁴⁴ BLANCO, Maria del Carmen. Op. Cit., p. 36.

⁴⁵ Ibid., p. 36.

⁴⁶ CAICEDO, German. Introducción a la Hidrocultura. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1988. p. 105.

⁴⁷ Ibid., p. 105.

pero los rangos aceptables para la mayoría de especies icticas alcanzan hasta una parte por millón y se consideran valores contaminantes aquellos superiores a tres partes por millón⁴⁸.

Blanco⁴⁹ afirma que el hierro obtura las branquias depositándose en las secreciones mucosas bajo forma de hidróxido de hierro. Con valores de pH entre 6,5 y 7,5, una concentración de 0,9 mg/L tiene un efecto mortal.

Larson y Olson, citado por Blanco⁵⁰ señalan la peligrosidad de las aguas ácidas ricas en hierro, al producirse un precipitado de hidróxido férrico en las branquias de los peces, éstas adquieren como consecuencia un color marrón oscuro y mueren por asfixia.

4.3 FACTORES A SER CONSIDERADOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA PISCIFACTORIA

Los factores a considerar en una piscifactoría son los siguientes:

- **Construcción de obras hidráulicas.** Entre las estructuras hidráulicas estan:
 - **Bocatoma.** Blanco⁵¹ dice que la bocatoma es fundamental para mantener un nivel constante del agua del río represado que asegure el caudal requerido. Su diseño debe cumplir tanto con las condiciones técnicas precisas, como las normas legales.
 - **Desarenador.** López⁵² dice que el desarenador es un tanque construido con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por acción de la gravedad, de esta manera se evita la obstrucción en la tubería. Esta estructura es de gran importancia ya que permite realizar un tratamiento primario al agua.

Salazar⁵³ afirma que, el desarenador debe estar situado lo más cerca posible al sitio de captación, el sitio escogido proporcionará suficiente seguridad a la estructura y no presentará riesgo de inundaciones. El fondo de la estructura estará por encima del nivel freático. Se proyectarán los dispositivos de entrada y salida de tal forma que aseguren una buena distribución de flujo y se reduzcan al mínimo las posibilidades de corto circuito.

⁴⁸MORCILLO y QUIÑÓNEZ. Op. Cit., p. 6.

⁴⁹ BLANCO, María del Carmen. Op. Cit., p. 41.

⁵⁰ BLANCO, María del Carmen. Op. Cit., p. 98.

⁵¹ BLANCO, María del Carmen. Op. Cit., p. 58.

⁵² LÓPEZ, Ricardo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Santa Fé de Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.1995. p. 154.

⁵³ SALAZAR, Roberto. Acueductos. Pasto: Colombia: Universidad de Nariño. 1998. P. 141.

- **Construcción de estanques.** Jiménez y Benítez⁵⁴ afirman que los estanques en acuicultura son embalses artificiales que se deben llenar y vaciar fácilmente según las necesidades, constituyendo un medio favorable para el desarrollo de los organismos que se estén cultivando, en su construcción se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - **Topografía del terreno.** Jiménez y Benítez⁵⁵ aseguran que esta es una característica superficial del terreno, es decir el relieve. Los costos de construcción de un estanque puede reducirse en gran proporción al sacar ventaja de esta característica así: la cantidad de estanques, su forma, superficie y profundidad dependen del relieve. Para que se puedan construir los estanques en un terreno con declive, es preciso que se pueda llevar el agua a un nivel superior de los mismos y que la parte baja se encuentre en un nivel inferior al fondo de los estos para poderlos desocupar, muchos estanques pueden ser construidos en hondonadas o en depresiones con pendientes naturales, cerrando cañones angostos con diques que retengan el agua.
 - **Suelo.** Jiménez y Benítez⁵⁶ dicen que el suelo es la capa superficial de la tierra y dependiendo de su composición, el agua puede o no filtrarse. Los diques y el fondo deben estar compuestos de materiales que reduzcan la filtración al mínimo; los suelos con alto contenido de arcilla son los que mejor se adaptan a este propósito. La mayoría de los suelos estan conformados de diferentes elementos y su denominación va de acuerdo a los elementos principales y secundarios que contienen como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Tipo de suelo según la infiltración

SUELO	PRINCIPAL	SECUNDARIO
Limoso arcilloso	Limo	Arcilla
Arenoso limoso	Arena	Limo
Arcilloso arenoso	Arcilla	Arena

Ibid., p. 52.

- **Suministro de agua.** Jiménez y Benítez⁵⁷ afirman que la cantidad de agua para el llenado de un estanque debe ser suficiente y de buena calidad. Inicialmente se necesita una cantidad para llenarlo, que debe ser igual al volumen requerido del

⁵⁴ JIMÉNEZ, y BENÍTEZ. Op. Cit., p. 51.

⁵⁵ Ibid., p. 51.

⁵⁶ Ibid, p. 52.

⁵⁷ Ibid., p. 57.

estanque. Cuando se ha llenado, se perderá cierta cantidad por filtración en el suelo a través del fondo, los diques y por evaporación.

Para el suministro de agua existen dos sistemas de conducción que son:

- **Canales abiertos.** Sotelo⁵⁸ afirma que estas estructuras se clasifican dentro de los conductos libres que presentan una superficie expuesta a la presión atmosférica. En los canales abiertos el flujo es por gravedad, la sección transversal del canal puede variar a lo largo del recorrido del flujo.

- **Conductos cerrados.** Sotelo⁵⁹ dice que en los conductos a presión, el fluido llena totalmente la sección transversal y escurre con presión diferente a la atmosférica.

En cuanto a las pérdidas de energía. Simón, citado por Sotelo⁶⁰ asegura que en las tuberías hay dos clases de pérdidas de energía del flujo. Pérdidas locales y pérdidas de fricción a lo largo de la tubería, ambas son causadas por la resistencia viscosa del fluido. Las pérdidas locales ocurren cuando se presentan cambios bruscos en la forma geométrica de los conductos, como codos, válvulas, cambios súbitos de diámetros, etc. Las pérdidas de fricción a lo largo del conducto son causadas por la rugosidad de las paredes de la tubería y por el esfuerzo cortante entre las partículas del fluido según se mueven por la tubería a diferentes velocidades.

4.3.1 Explotaciones piscícolas en el municipio de La Florida. En la cabecera municipal se encuentran cuatro estaciones truchícolas con cultivos a nivel artesanal, se hace una cosecha anual (temporada de semana santa), el precio por kilogramo fluctúa entre \$ 9.000 y 10.000. La explotación se realiza de la siguiente manera:

Samuel Córdoba*, tiene con un estanque en el que produce 125 kg/año.

Alvaro Ordoñez*, cuenta con cuatro estanques en los que produce 150 kg de trucha/año.

Mesias Chamorro*, en dos estanques produce 62.5 kg/año.

Silvio Ramos* tiene 3 estanques en los cuales cultiva 125 kg/año.

⁵⁸ SOTELO, Gilberto. Hidráulica General. México: Limusa. 1995. p. 283.

⁵⁹ SOTELO, Gilberto. Op, Cit., p. 284.

⁶⁰ Ibid., 284.

* COMUNICACIÓN PERSONAL.. Córdoba Samuel. Cultivador de trucha. La Florida. 2006

* COMUNICACIÓN PERSONAL.. Ordoñez Alvaro. Cultivador de trucha. La Florida. 2006

* COMUNICACIÓN PERSONAL. Chamorro Mesias. Cultivador de trucha. La Florida. 2006

* COMUNICACIÓN PERSONAL. Ramos Silvio. Cultivador de trucha. La Florida. 2006

4.4 TRATAMIENTO DE AGUA

Helleboe,⁶¹ afirma que el tratamiento del agua es el conjunto de actividades, operaciones y procesos necesarios para convertirla en un producto apto para el consumo, de tal forma que cumpla con las condiciones especificadas por las normas nacionales sobre calidad de agua potable, decreto 475 de 1998. Si el agua no es apta para el consumo debe tratarse con sustancias y métodos físicos, químicos y biológicos en estructuras especiales y mediante procesos controlados, que conforman una planta de tratamiento de agua potable, hasta disminuir o eliminar el agente contaminante.

Salazar⁶² dice que para el tratamiento de aguas residuales se debe considerar los siguientes aspectos. Se procede a dimensionar los caudales máximos durante el periodo de lluvia, el caudal de diseño, caudal medio diario de aguas residuales, caudal máximo horario y caudal máximo de diseño. Se hace la recolección de muestras que pueden ser de tres tipos; muestra simple, compuesta e integrada. Se debe realizar aforos para determinar la velocidad media, el caudal y algunos coeficientes de corrección, los aforos se hacen por medio de nemómetros, vertederos, tubo pilot o por sistema volumétrico. En la selección del tratamiento se realizan los estudios de cobertura, de calidad de la fuente receptora, la selección del sitio de ubicación de los sistemas centralizados y análisis de alternativas.

4.4.1 Criterios para la implementación de un sistema de tratamiento de agua.

Salazar⁶³ afirma que los procedimientos y criterios básicos que deben tenerse en cuenta para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales tanto en el sitio de origen, como en sistemas centralizados son:

- Sistemas de tratamiento en el sitio de origen: antes de diseñarlo, es necesario obtener la siguiente información:
 - a) Cantidad y calidad del agua residual
 - b) Tipo de suelo y permeabilidad
 - c) Temperatura (Media mensual y anual)
 - d) Uso de la tierra
 - e) Zonificación
 - f) Prácticas agrícolas
 - g) Requerimiento de calidad para descargas superficiales y subsuperficiales
 - h) Nivel freático.
 - i) Información de los cuerpos de agua en la zona

⁶¹HILLEBOE, Herman. Manual de tratamiento de aguas. México: Limusa. 1998, p. 19.

⁶²SALAZAR, Roberto. Teoría y Diseño de los Tratamiento de Aguas Residuales. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 2002. p. 55.

⁶³SALAZAR. Op. Cit., p. 71.

Se debe realizar los siguientes estudios.

- a. Inspección visual
- b. Estudio de suelos: humedad, permeabilidad, granulometría, conductividad hidráulica saturada.
- b) Hidrológicos: Precipitación (promedio máximo mensual), evotranspiración y evaporación (promedio mensual)
- c) Revisión de estudios previos hechos en la zona
- d) Vulnerabilidad sísmica
- e) Inundaciones

• Dentro de los sistemas de tratamiento en el origen se pueden citar:

- a. La trampa de grasas
- b. El tanque séptico
- c. Los campos de infiltración
- d. Los filtros intermitentes
- e. Los humedales artificiales sumergidos
- f. Los filtros sumergidos aireados
- g. Las lagunas de oxidación.

4.4.2 Clasificación de los métodos de tratamiento de agua. Metcalf ⁶⁴ afirman que una vez se hayan establecido los objetivos de tratamiento para un proyecto específico, y revisadas las normativas estatales a las que se debe ajustar, el grado de tratamiento necesario puede determinarse comparando las características del agua residual cruda con las exigencias del efluente correspondiente. Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse con procesos químicos, físicos y/o biológicos. Los métodos individuales suelen clasificarse en operaciones físicas unitarias y procesos biológicos unitarios. Los procesos y operaciones unitarias se combinan y complementan para dar lugar a diversos niveles de tratamiento de las aguas. Los términos pretratamiento y tratamiento primario se refieren a las operaciones físicas unitarias; el término secundario se refiere a los procesos químicos o biológicos unitarios y se conoce como tratamiento terciario o avanzado que es la combinación de los tres.

4.4.3 Operaciones, procesos unitarios y sistemas de tratamiento utilizados para eliminar la mayoría de los contaminantes presentes en el agua. Los autores mencionados, dicen que las operaciones y procesos unitarios se indican en el cuadro 3.

⁶⁴ METCALF. Op. Cit., p.141.

Cuadro 3. Operaciones y procesos unitarios para tratamiento de aguas

CONTAMINANTE	OPERACIÓN UNITARIA, PROCESO UNITARIO O SISTEMA DE TRATAMIENTO
Sólidos en suspensión	Desbaste y dilaceración Operación Sedimentación Filtración Flotación Adición de polímeros Coagulación sedimentación
Materia orgánica biodegradable	Sistemas naturales/evacuación al terreno Variantes de fangos activados Película fija/filtros percoladores Película fija/biodiscos Variantes del lagunaje Filtración intermitente en arena Sistemas físicos - químicos
Compuestos orgánicos volátiles	Arrastre por aire Tratamiento de gases Adsorción en carbón
Patógenos	Cloración Hipo cloración Cloración de bromo Ozonación Rayos UV Sistemas naturales
NUTRIENTES	
Nitrógeno	Variantes del sistema de cultivo en suspensión con nitrificación y desnitrificación Arrastre de amoníaco Intercambio iónico Cloración al breakpoint
Fósforo	Adición de sales metálicas Coagulación y sedimentación con cal Eliminación biológica del fósforo
Nitrógeno y Fósforo	Eliminación biológica y química Sistemas naturales Eliminación biológica de nutrientes
Materia orgánica	Absorción en carbón
Refractaria	Ozonación terciaria Sistemas naturales
Metales pesados	Precipitación terciaria Sistemas naturales Precipitación química Intercambio iónico Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno
Sólidos disueltos	Intercambio iónico Osmosis inversa Electro diálisis

Ibid., p. 258.

4.4.4 Sistemas de acondicionamiento del agua en producción acuícola.

Según Weaton⁶⁵, las prácticas actualmente utilizadas en los cultivos de peces dependen principalmente de sistemas de flujo continuo de agua que garantizan la calidad de la misma, los sistemas de cultivo acuático contienen organismos vivientes en este medio. Estos organismos requieren de suministros como comida, y excretan otros materiales, los cuales al disolverse en ella pueden resultar tóxicos si estas concentraciones se aumentan. El proceso de retirar estos materiales en exceso se denomina filtración la cual es un factor cada vez más importante en los cultivos de peces, esta se puede definir como la separación de una mezcla o solución en sus partes componentes. Los componentes resultantes pueden ser puros o soluciones y mezclas compuestas de dos o más constituyentes. Los filtros que más se utilizan son los biológicos, principalmente para la conversión de amoníaco a nitrato. También son muy utilizados los filtros de carbón y de arena para la remoción de materiales orgánicos disueltos.

- **Filtro dinámico.** Galvis y Latorre⁶⁶ dicen que la filtración es reconocida como una tecnología de tratamiento sencilla, confiable y eficiente, produce efluentes de baja turbiedad y libre de impurezas. Los filtros pueden ser lentos y rápidos. La disposición del material filtrante dentro de la unidad requiere atención especial, pues de ella depende el funcionamiento del sistema de tratamiento.

Un sistema de filtración dinámica consiste básicamente de dos o más módulos operados en paralelo con flujo descendente, donde cada unidad es empacada con lechos de grava de tamaños variables en el rango de gruesa en el fondo a fina en la superficie. La grava de menor tamaño origina grandes áreas superficiales dentro del lecho filtrante y por consiguiente valores bajos de carga superficial, favoreciendo el proceso de sedimentación como mecanismo predominante en la remoción de material sólido.

Los mismos autores dicen que en un filtro dinámico, el caudal de diseño, afluente a la unidad, percola verticalmente a través de lechos de grava, para ser colectado en el fondo por un sistema de drenaje que los conduce a la siguiente etapa de tratamiento, en la zona de salida se proyecta un vertedor de rebose cuya cresta se diseñada entre 0,03 y 0,05 m por encima del nivel superficial de grava, lo cual contribuye a mejorar el comportamiento hidráulico del filtro. Guzmán, mencionado por Latorre⁶⁷ dice que al inicio de la carrera de filtración, la unidad opera a tasa constante y progresivamente, la resistencia hidráulica se incrementa hasta alcanzar la cresta de rebose. A partir de ese momento, el filtro grueso dinámico empieza a declinar, distribuyéndose el Qi

⁶⁵ WHEATON, Fredrik. Diseño y Construcción de sistemas. México: AGT. 1993. p. 461.

⁶⁶ GALVIS Gerardo, LATORRE, Jorge. Filtración en múltiples etapas: Tecnología innovativa para el tratamiento de agua. Santiago de Cali: Universidad del Valle. 1999. p. 51.

⁶⁷ Ibid., p. 113.

entre el caudal filtrado, y el caudal de rebose. La capacidad de declinar, origina el nombre de dinámico a la unidad de filtración.

- **Filtros biológicos.** Torres⁶⁸ dice que el objeto fundamental de los filtros biológicos es la transformación del amoniaco en nitritos y nitritos en nitratos que es su forma inocua, el amoniaco es producto del metabolismo de los organismos que se cultivan y del desperdicio de alimentos no consumidos, mediante la actividad bacteriológica. La construcción de un filtro biológico consiste en colocar en un tanque un lecho de piedras que sirve de sustrato para la fijación de las bacterias nitrificadoras.

4.4.5 Uso de plantas para tratar aguas residuales. Según Penagos⁶⁹ En los últimos años se ha venido utilizando métodos para el tratamiento de las aguas residuales con plantas acuáticas, su uso como base de un tratamiento se puede realizar a muy bajo costo, para remover contaminantes. La función que ejecutan estas plantas es asimilar y almacenar contaminantes, transportar oxígeno a las raíces y promover un medio para la actividad bacterial. Los criterios que hay que considerar para la selección de las macrófitas están: adaptabilidad al clima local, altas tasas fotosintéticas, alta capacidad de transporte de oxígeno, tolerancia a concentraciones adversas de contaminantes, capacidad almacenativa de contaminantes, resistencia a plagas y enfermedades, fácil manejo. La remoción de contaminantes por las plantas es de, fósforo del 20% y nitrógeno del 5 - 10. Una vez las plantas hayan alcanzado su máximo crecimiento, o sea su capacidad de asimilación deben ser removidas para dar paso a plantas jóvenes. Las plantas que ya han cumplido su ciclo se utilizan para generar gas, como alimento para animales o se dejan secar al sol para ser convertidas en abono.

4.4.6 Contaminantes del agua. Hilleboe⁷⁰ dice que los principales contaminantes del agua son: nitrógeno, fósforo, organismos patógenos, metales pesados y trazas orgánicas. Los patógenos incluyen bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Los metales pesados incluyen cadmio, cobre, cromo, plomo, mercurio, selenio y zinc. Las trazas orgánicas incluyen compuestos sintéticos muy estables (sobre todo hidrocarburos clorados). Las consideraciones en cuanto a salud, se refieren principalmente a nitrógeno, metales, patógenos o trazas orgánicas, se especifican en el cuadro 4.

⁶⁸ TORRES, Juan. Profilaxis sanitaria en hidrocultura. Pasto: Universidad de Nariño. 1998. p. 118.

⁶⁹ PENAGOS, Guillermo. Sistemas elementales para el manejo de aguas residuales. Medellín: Polo. 1999. P. 158.

⁷⁰ HILLEBOE. Op. Cit., p. 23.

Cuadro 4. Contaminantes del agua y sus efectos potenciales

CONTAMINANTE	EFEECTO POTENCIAL
Nitrógeno	Eutrofización
Fósforo	Eutrofización
Patógenos	Acumulación en el terreno y contaminación de la vida salvaje
Metales	A largo plazo daños en el terreno y son tóxicos para plantas y animales
Elementos trazo	Suministro para plantas y animales en la cadena alimenticia

Ibid., p. 23

4.4.7 Eliminación de contaminantes

- **Nitrógeno.** Rodríguez y Anzola⁷¹ afirman que el nitrógeno puede eliminarse mediante procesos bacterianos de nitrificación/desnitrificación y posterior pérdida de gas a la atmósfera. Estas reacciones se llevan a cabo normalmente en el estanque o por medio de estructuras específicas denominadas biofiltros y filtros biológicos.
- **Nitritos.** Amesquita⁷² dice que para remover el exceso de nitritos en el agua puede usarse Clinoptilolita (clase de arcilla en polvo) en sistemas de filtros, por su alta afinidad en la captura de los iones de amonio, con efectos de la reducción de la carga de nitritos hasta en un 90%. Cuando se presentan concentraciones altas de nitritos es necesario suspender la alimentación y aumentar los recambios del estanque, mientras se normaliza
- **Fósforo.** Hilleboe "afirma que los mecanismos principales para la remoción de fósforo son la captación por parte de las plantas y la retención en el terreno"⁷³.

Salazar" dice que el proceso de remoción del fósforo por precipitación es muy ventajoso debido a que los ortofosfatos son la forma más fácil de remover"⁷⁴.
- **Hierro y Manganeseo.** De acuerdo con Pérez⁷⁵ estos elementos se remueven por aireación, filtración rápida o lenta, sedimentación y coagulación.

⁷¹ RODRIGUEZ y ANZOLA. Op. Cit., p. 102.

⁷² AMESQUITA. Op. Cit., p. 17.

⁷³ HILLEBOE. Op. Cit., p. 25.

⁷⁴ SALAZAR. Op. Cit., p. 39.

⁷⁵ PEREZ, Jorge. Manual de potabilización del agua. 3a Ed. Colombia: s.n.e 1981. p. 387.

- **Fluoruros.** Pérez afirma que “la eliminación de este elemento se hace por intercambio iónico con huesos calcinados o alúmina activada”⁷⁶.
- **Patógenos.** Penagos⁷⁷ dice que los microorganismos patógenos poseen diversas propiedades que los distinguen de los contaminantes químicos. No están en solución, sino que se presentan en forma de partículas. Pueden estar en suspensión libre o aglomerados en las materias suspendidas en el agua. La desinfección con rayos ultravioletas asegura protección contra el riesgo de infecciones de origen hídrico (la viruela, la hepatitis infecciosa, la fiebre amarilla, la poliomielitis y diferentes enfermedades gastrointestinales). La eficacia de la desinfección está estrechamente ligada a la calidad del agua que va a ser tratada. Por tanto debe usarse sólo en casos muy particulares. Además debe considerarse que el tratamiento no tenga efecto residual. Por otra parte, no generar ningún subproducto.
- **Virus.** Tebbutt⁷⁸ afirma que los virus son la forma más simple de organismo; su tamaño varía entre 0.01 a 0.3µm y consisten esencialmente de ácido nucleico y proteína. Todos son pacíficos tanto en lo que concierne al organismo huésped como a la enfermedad que producen. Las enfermedades virales humanas incluyen la viruela, la hepatitis infecciosa, la fiebre amarilla, la poliomielitis y diferentes enfermedades gastrointestinales. Por su incapacidad para crecer fuera de un huésped adecuado, los virus se encuentran en la frontera entre la materia viviente y las sustancias químicas inanimadas. Para identificación y enumeración de los virus se requieren aparatos y técnicas especiales. Los efluentes de agua residual normalmente contienen grandes cantidades de virus, que también están presentes en la mayoría de aguas superficiales sujetas a contaminación. Por su tamaño, la remoción de virus por procesos convencionales de tratamiento de agua no es segura, aunque los procesos normales de desinfección generalmente los dejan inactivos.
- **Bacterias.** Borrero “afirma que el declive de la población de coliformes se hace a través de la sedimentación, filtración y absorción, y que la luz del sol ha demostrado tener un efecto letal sobre ellos”⁷⁹.
- **Metales.** Borrero⁸⁰ dice que los metales pesados son contaminantes medioambientales comunes que se producen con actividades industriales, comerciales y domésticas, y aunque las normas obligan a las industrias que vierten estos productos a alcanzar niveles altos de pretratamiento, la presencia

⁷⁶ PEREZ. Op. Cit., p. 387.

⁷⁷ PENAGOS. Op. Cit., p. 4.

⁷⁸ TEBBUTT. Op. Cit., p. 45.

⁷⁹ BORRERO, Eduardo. Tratamiento de aguas. México: Limusa. 1998. p. 22.

⁸⁰ Ibid., 24

o no en el agua residual depende de la eficiencia del sistema de control de los vertidos industriales.

- **Trazas Orgánicas.** Borrero dice que “un compuesto puede desaparecer de la solución acuosa a través de varios mecanismos. Entre estos están: las alternativas biológicas, químicas, fotoquímicas y los procesos fisicoquímicos como absorción, sedimentación y evaporación”⁸¹.
- **Remoción de CO₂.** Rodríguez y Anzola dicen “que el gas carbónico puede removerse del agua mediante aplicación de hidróxido de calcio Ca (OH)₂, se aplica a razón de 1,68 mg/L por cada mg/L de CO₂ a eliminar. Su aplicación debe efectuarse con cuidado debido a que incrementa el pH en el agua”⁸².

Blanco, afirma “que la neutralización del CO₂ o de la acidez, se realiza, con las soluciones de carbonatos y bicarbonatos de todos los metales alcalinos y alcalinotérreos existentes en el agua, pues son sustancias tampón responsables del pH. La alcalinidad se mide por la riqueza en bicarbonatos”⁸³.

- **Disminución de la turbidez.** Rodríguez y Anzola⁸⁴ afirman que la turbidez se puede controlar por varios métodos. El más usual es la aplicación de alumbre (sulfato de aluminio), el cual permite que las partículas de arcilla se floculen y se precipiten al fondo. Se recomienda aplicar alumbre a razón de 35 – 40 mg/L. Cuando se aplica este compuesto hay que tener en cuenta que se produce una reacción ácida que disminuye el pH y afecta la alcalinidad, por consiguiente en alcalinidades menores de 20 mg/L es necesario encalar. Otro método es aplicar paja seca a razón de 2000 – 4000 kg/Ha. Este tratamiento es demorado en mostrar resultados y puede durar varias semanas.
- **Control de pH.** Rodríguez y Anzola⁸⁵ dicen que para disminuir el pH se aplican fertilizantes a base de amonio, cuyo efecto se presenta debido a que el ión amonio es nitrificado a nitrato, liberando el ión hidrógeno, que permite una disminución de pH. En pH muy altos, hay que tener especial precaución debido a que un porcentaje del ión amonio es transformado en amonio no ionizado que es altamente tóxico para los organismos en cultivo.
- **Oxígeno Disuelto.** Rodríguez y Anzola⁸⁶ aseguran que por lo general, cuando el CO₂ es alto, el nivel de oxígeno es muy bajo y la aplicación de hidróxido de calcio eliminará la materia orgánica y la producción de CO₂. Se recomienda

⁸¹ BORRERO, Eduardo. Op. Cit., p. 26.

⁸² RODRIGUEZ y ANZOLA. Op. Cit., p.104,

⁸³ BLANCO. Op. Cit., p.38.

⁸⁴ RODRIGUEZ y ANZOLA. Op., Cit. P. 105.

⁸⁵ Ibid., p. 105.

⁸⁶ Ibid., p. 105.

aplicar 1,68 mg/L de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por cada mg/L de CO_2 a eliminar. Los métodos más efectivos son la aireación mediante sistemas mecánicos bien sea aireador de paleta o propela. Esto sin embargo demanda costos de energía.

4.4.8 Polución acuática derivada de las piscifactorías. Respecto a la contaminación en las estaciones piscícolas, Blanco⁸⁷ dice que la polución producida por los peces está relacionada con la intensidad del cultivo así como la organización y manejo general de la explotación, la contaminación se da a través del alimento consumido que es transformado y eliminado al medio en forma de heces, orina y productos de excreción branquial, de acuerdo al tipo de cultivo Intensivo, semiintensivo y extensivo será la cantidad de excremento eliminado. También hay contaminación por el alimento distribuido que no ha sido consumido y queda incorporado al agua de cultivo.

El mismo autor dice que las deyecciones de las truchas no se encuentran en su totalidad en estado sólido, sino que una cantidad de ellas se encuentra en forma de coloides y supracoloides. También afirma que los estanques construidos en tierra son menos polucionantes de los ríos en cuanto a materia en suspensión, debido a que los sólidos se acumulan en el fondo donde sufren el proceso de descomposición, incorporándose así al sustrato.

Sobre la descarga del agua de una estación piscícola industrial a un río, Drumond⁸⁸ afirma que los efluentes aguas abajo incrementan la turbidez, hay una disminución de la cantidad de oxígeno disuelto, también puede originar el aumento de la temperatura. Además estos efluentes pueden resultar muy tóxicos para los seres vivos, tanto plantas como animales, debido a la presencia de amoníaco, dióxido de carbono, nitrógeno como nitritos o nitratos, y fosfatos. También pueden contaminar el medio ambiente acuático por liberación de microorganismos.

Teniendo en cuenta que la naturaleza busca su equilibrio, Seoanez⁸⁹ dice que el agua contaminada tiende a auto purificarse en sus aspectos físico, químico y microbiológico. La naturaleza por medio de una serie de reacciones de los factores bióticos y abióticos (disoluciones y transformaciones de los productos oxidables y putrescibles) hacen que el agua vuelva a su equilibrio ecológico, si el agua está lo suficientemente aireada durante las transformaciones de la materia orgánica ante la presencia de oxígeno disuelto que se genera por el movimiento natural del agua al pasar por cascadas o al chocar con las piedras y otros obstáculos, el agua en curso vuelve a la normalidad. Los iones presentes, complejos o no evolucionan en un tramo del río posterior al vertido, la DBO

⁸⁷ BLANCO, María del Carmen. Op. Cit., p. 96.

⁸⁸ DRUMMOND. Op. Cit., p. 109.

⁸⁹ SEOANEZ Mariano. Aguas residuales urbanas tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. 2a. Ed. España: Mundi – Prensa, 1999. p. 75.

disminuye lentamente a límites normales, las sales y la materia en suspensión disminuyen su concentración.

4.5 RESEÑA HISTORICA DE LA TRUCHA

La especie a cultivar en la estación piscícola, es la trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Amesquita⁹⁰ dice que la trucha Arco Iris es originaria de la costa este de los Estados Unidos, donde habita tanto en quebradas como en ríos. Su introducción y posterior cultivo se han extendido a muchos países en donde sus características la han convertido en un renglón importante dentro del sector acuícola. Llegó a Europa hacia el año 1.880, y a Colombia en el año de 1939, con amplia distribución en el territorio nacional, especialmente hacia las zonas frías como Cundinamarca, Antioquia, el viejo Caldas, Santander y la zona de Nariño. Esta especie ha demostrado muy buena adaptabilidad a las calidades de agua y temperaturas en algunas regiones del país y, actualmente, en Colombia existen más de 72 granjas industriales. Antioquia, Cundinamarca, Risaralda, Cauca y Santander son las zonas de mayor desarrollo, en cuanto a tecnología y volúmenes de producción.

4.5.1 Clasificación Taxonómica. Erazo⁹¹ clasifica la trucha Arco Iris de la siguiente manera:

Phylum	:	Cordata
Subphylum	:	Vertebrata
Clase	:	Osteichthyes
Subclase	:	Actinopterygii
Suborden	:	Teleostea
Orden	:	Clupeiforme
Familia	:	Salmonidae
Subfamilia	:	Salmonidae
Genero	:	Oncorhynchus
Especie	:	Mykiss
Nombre científico	:	Oncorhynchus mykiss
Nombre común	:	Trucha arco iris

4.5.2 Biología de la especie. Según Uribe⁹², la biología de la especie es la siguiente:

- Rango de peso en adultos: 1.000 a 3.000 Kg.

⁹⁰ AMESQUITA. Op. Cit., p. 9.

⁹¹ ERAZO. Eduardo, Piscicultura. Medellín: s.n.e. 1993. P. 22

⁹² URIBE, María Victoria. Op. Cit., p. 66.

- Edad de madurez sexual: machos (15 - 24 meses), hembras (10 a 20 meses)
- Número de desoves: Anual
- Temperatura de reproducción y levante: Rango óptimo 9,0 a 12,0 °C
- Temperatura óptima de engorde: 13,0 a 18,0 °C
- Número de huevos/hembra/desove/kilogramo de peso: mayor a 1000 huevos hasta un promedio de 1.500, dependiendo de la edad.
- Proporción en reproducción: 3,0 hembras por un macho
- Vida útil de los reproductores: 2,0 a 5,0 años
- Tipo de incubación: externa
- Tiempo de incubación: 28 a 32 días a una temperatura de 10 °C.
- Tiempo de cultivo en engorde: de 7,0 a 9,0 meses
- Tamaño comercial: 250 a 350 gramos.

4.5.3 Nutrición y alimentación. Stevenson⁹³ dice que en la dieta de la trucha debe incluir grasas, proteínas e hidratos de carbono, así como vitaminas y pequeñas cantidades de ciertos metales y minerales. La trucha arco iris es carnívora y necesita entre 40 y 50% de proteína en su dieta, así como las grasas constituyen un papel importante que es la de formar una reserva de alimento que puede ser utilizada cuando lo necesite. Las vitaminas deben estar presentes en la dieta, las hidrosolubles y las liposolubles, como también los minerales entre ellos el calcio, potasio, magnesio, sodio, flúor e iodo. En la tabla 3 se indican los requerimientos nutricionales para levante de trucha.

Tabla 3. Requerimientos nutricionales para el levante de trucha

NUTRIENTES	PORCENTAJE (%)
Proteínas	45 – 50
Grasa mínima	6.5
Fibra máxima	5,0
Humedad máxima	12
Ceniza máxima	10

PURINA. Guía de alimentación para truchas. s.n.e., s.f. p.1

4.5.4 Formas de Alimentación. Amesquita⁹⁴ afirma que la alimentación depende directamente del manejo, la edad y hábitos de la especie. La alimentación con productos extruidos es una forma de disminuir las perdidas de alimento en el fondo del estanque gracias a las características del producto, entre las que se encuentran la mayor estabilidad de granos en el agua, la forma y el tiempo en que

⁹³ RODRIGUEZ y ANZOLA. Op. Cit. , p. 57

⁹⁴ AMESQUITA. Op. Cit. p. 55.

se hunden los mismos y la digestibilidad de las materias primas, que disminuyen los volúmenes de heces dentro de los estanques.

Drumond⁹⁵ dice que, experimentalmente se ha comprobado que la temperatura óptima para el metabolismo de la trucha arco iris es de 18° C, es decir, que a esa temperatura la trucha consigue un aprovechamiento máximo del pienso, desde el punto de vista del piscicultor y, por tanto, una máxima conversión del alimento, tanto en términos de tiempo como peso.

⁹⁵ DRUMMOND, Stephen. Cría de la trucha. Zaragoza: Acribia, 1988. p. 180.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 LOCALIZACION

El presente estudio se realizó en la finca La Victoria (Figura 1), vereda El Barranco, Municipio de la Florida. Según el Plan de ordenamiento territorial (POT), se localiza en las siguientes coordenadas geográficas: 1° 18' de latitud, al norte de Ecuador y a 17° 24' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. El municipio de la Florida se encuentra en la Región Andino Amazónica del Departamento de Nariño al sur de Colombia; al norte de las faldas del Volcán Galeras entre el río Guaitara al norte y el río Pasto al sur. Limita al norte con el municipio de El Tambo, al sur con el municipio de Consacá, al occidente con el municipio de Sandoná, al oriente con los municipios de Pasto. El municipio de La Florida posee una extensión superficial de 139 Km² dista de la Capital del Departamento de Nariño, San Juan de Pasto, 30 kilómetros (Figuras 2 y 3)

5.2 RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN

5.2.1 Información primaria. Esta información se recolecta directamente en el sitio donde se desarrollará el proyecto, en la finca La Victoria, tomando muestras de agua del río El Barranco, para realizar un análisis físico, químico y microbiológico, para este proceso se utilizó botellas previamente esterilizadas para su recolección y análisis en el laboratorio.

La evaporación es un factor a tener en cuenta ya que este fenómeno afecta la temperatura del agua, la humedad relativa y en verano disminuye el caudal de agua. El municipio de la Florida no cuenta con una estación meteorológica que suministre este parámetro, por lo tanto la evaporación para el presente estudio, esta dada por la estación meteorológica San Bernardo, recomendada por el Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM), ubicada en el municipio de San Bernardo- Nariño, se toma como referencia la altitud que es de 2.305 msnm respecto al municipio de la Florida que está a 2100 msnm

Para definir la clase textural del suelo se tomo una muestra que se llevó al laboratorio de mecánica de suelos para determinar cuantitativamente los porcentajes de grava, arena, limo y arcilla. Para estos estudios se contó con la participación de profesionales en sus respectivas áreas.

Se realizó un levantamiento topográfico de la finca La Victoria, utilizando la brújula para buscar el norte magnético y así tener la ubicación del lote, este levantamiento se hizo por taquimetría donde se miden las distancias horizontales y diferencias de

Figura 1. Finca La Victoria

Figura 2. Localización Municipio de La Florida

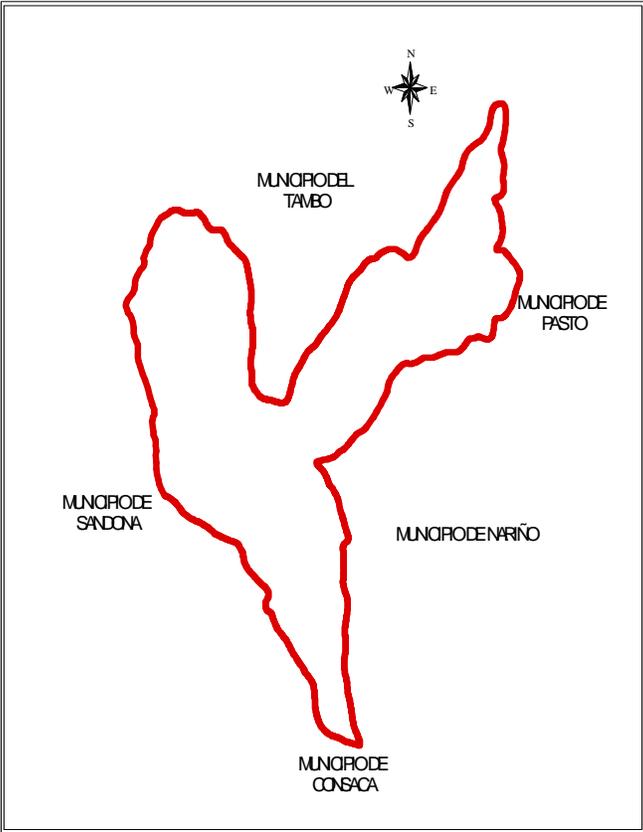
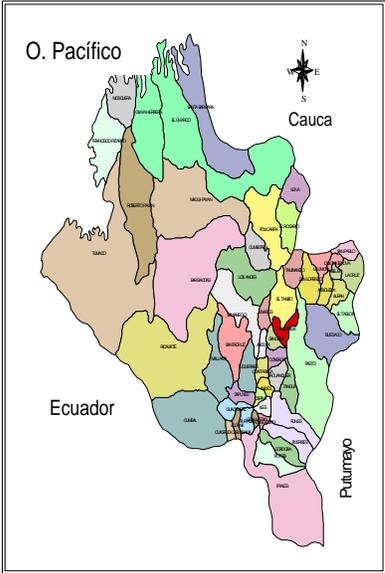
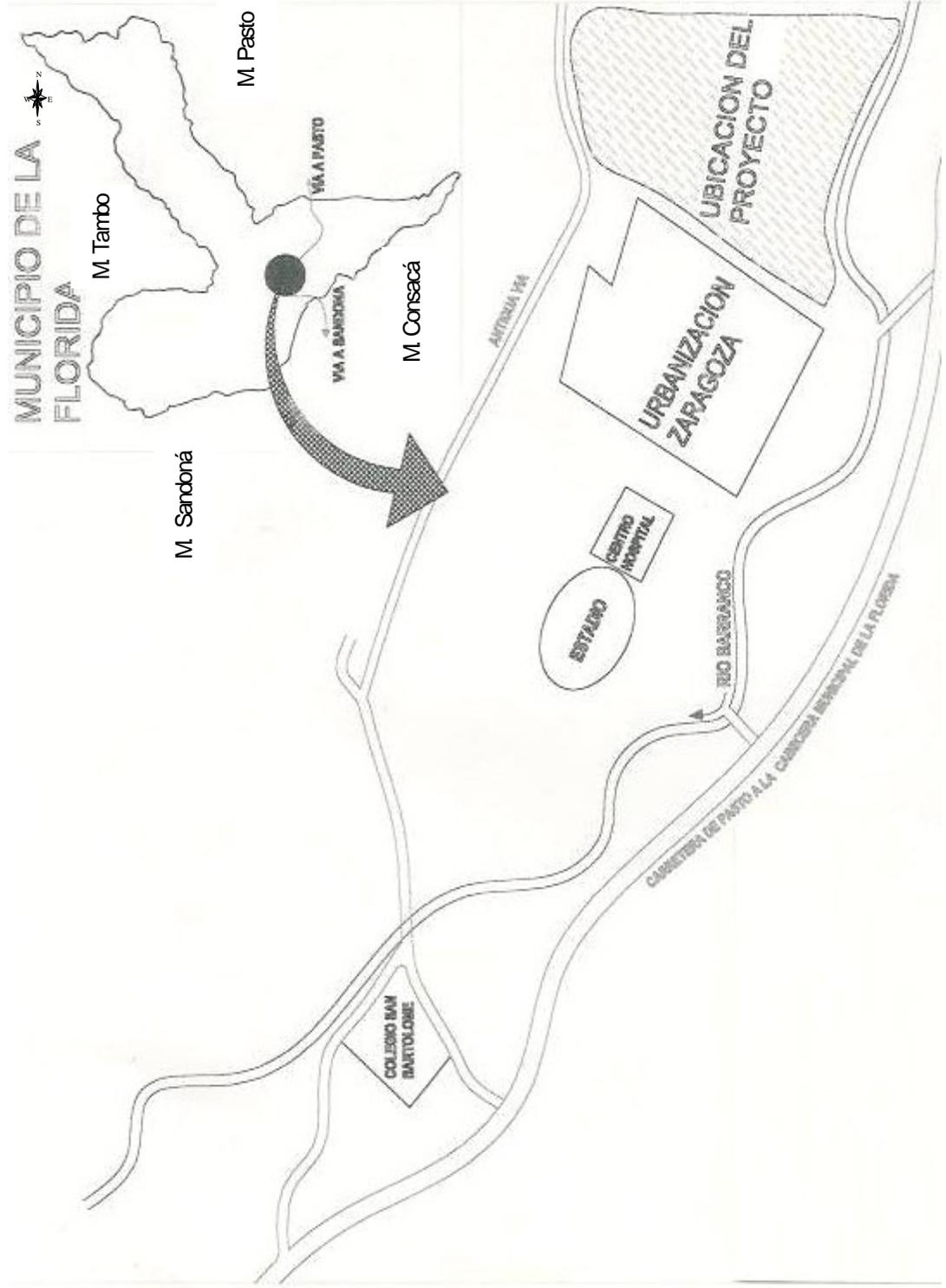


Figura 3. Localización Finca La Victoria



Nivel a fin de ubicar las estructuras hidráulicas, de apoyo y conducir el agua por gravedad.

La recolección de datos a cerca del manejo de las aguas residuales se hizo mediante la aplicación de una encuesta a personas que tienen sus viviendas en la rivera del río El Barranco, tomando el 100% de las casas con el objeto de conocer el manejo que le dan a los residuos sólidos y líquidos para lo cual se elaboró un formato (Anexo A) compuesto por la identificación de la zona y siete preguntas con sus respectivas opciones de respuesta.

5.2.2 Información secundaria. Para obtener este tipo de información, se hizo una revisión bibliográfica, basada en estudios realizados en la zona, en el municipio de la Florida, como el P.O.T. y el E.O.T; libros especializados en acuicultura, diseño de obras hidráulicas, tratamientos de agua, entre otros.

5.3 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Una vez recopilada la información se procesó y analizó los datos con el fin de realizar los respectivos cálculos y diseños para el proyecto, como también para establecer el tipo de cultivo y sus requerimientos. Para ello se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

5.3.1 Disponibilidad del recurso agua. El agua es el elemento fundamental, en cantidad y calidad para la producción piscícola, para este proyecto se analizó el caudal del río mediante aforos, con el método del flotador que consiste en la medición de velocidad y sección de la corriente para conocer la calidad del agua se analizaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el desarrollo del proyecto.

5.3.2 Aspecto técnico. Se describe el manejo que se dará a la producción en los siguientes aspectos: elección de la especie a cultivar, densidades de siembra, ciclo de producción, alimentación, porcentaje de alimento, ración, programa de alimentación, manejo de caudales de agua, profilaxis, sacrificio, evisceración, conservación de la trucha, venta del pescado. Manteniendo todos los cánones sanitarios para cada evento.

5.3.3 Aspecto social. Para la realización de este proyecto se tuvo en cuenta el impacto social del lugar donde se pretende establecer la estación piscícola, con el fin de conocer los factores que puedan impactar de manera positiva y negativa en el desarrollo del mismo.

5.3.4 Diseño e infraestructura. El diseño de la estación piscícola estará dado por la cantidad de peces a producir, es decir para obtener doce (12) toneladas de trucha anual que es lo estimado para mantener la oferta, la demanda y lucros dentro de la producción. Estas estructuras son: bocatoma, desarenador, piletas,

canaletas, filtro dinamico, fosa septica, filtro biológico con buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y estructuras de apoyo.

5.3.5 Costos del proyecto. Es el valor económico que se necesita para llevar a cabo el proyecto teniendo en cuenta que esta empresa es comercial respecto a las que se encuentran en La Florida que son de tipo artesanal.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 ASPECTO SOCIAL

La Finca la Victoria tiene fácil acceso por la vía circunvalar al volcán Galeras, que se encuentra pavimentada y en excelentes condiciones, en la finca se puede contar con los servicios básicos de agua, electricidad y telefonía, estos aspectos permiten que el proyecto pueda desarrollarse y tener un buen funcionamiento.

6.2 ASPECTOS TECNICOS

Para llevar a cabo el proyecto, se hicieron estudios técnicos de los elementos agua y suelo a los que se realizó su respectivo análisis.

6.2.1 Recurso Agua. Para conocer la calidad del agua del río El Barranco (Figura 4), se hizo un recorrido aproximado de 10 kilómetros aguas arriba de donde se construirá la bocatoma (cota 2245.78 msnm), para observar el tipo de contaminantes que se vierten a la fuente, obteniendo los siguientes datos (Tabla 4)

TABLA 4. Disposición final de las aguas servidas de las viviendas ubicadas en la ribera del río El Barranco.

CASA Nº	NOMBRE JEFE DEL HOGAR	NÚMERO DE HABITANTES	MANEJO DE RESIDUOS COCINA Y BAÑO	OTRO
1	Ignacio Portillo	Esporádico 2	Pozo séptico	
2	Camilo Ramos	Esporádico 2	Pozo séptico	
3	Ulpiano Ramos	4	Pozo séptico	
4	Edgar Ramos	Esporádico 3	Pozo séptico	
5	Orfa Córdoba	5	Pozo séptico	
6	Olmedo Eduardo Arturo	6	Pozo séptico	
7	Edmundo Córdoba	3	Pozo séptico	
8	Samuel Córdoba	2	Pozo séptico	
9	Cesar Salas	4	Pozo séptico	
10	Yolanda Córdoba	Esporádico 1	Al río Barranco	
11	Álvaro Ordóñez	4	Al río Barranco.	E. Piscícola 4 estanques
12	Eber Martínez	3	Pozo séptico	
13	Rubén Salas	2	Pozo séptico	
14	Sergio Ordóñez	7	Pozo séptico	
15	Laureano Gelpud B.	Esporádico 2	Pozo séptico	
16	Javier España	5	Pozo séptico	
17	Enrique Gómez	4	Pozo séptico	

Figura 4. Río El Barranco

CASA N.	JEFE DEL HOGAR	NÚMERO DE HABITANTES	MANEJO DE RESIDUOS COSINA Y BAÑO	OTRO
18	Mariela Portilla	3	Pozo séptico	
19	Idelfonso Portilla	Esporádico 2	Pozo séptico	
20	Julia Villareal	2	Letrina	
21	Alirio Figueroa	5	Pozo séptico	
22	Reinerio Bastidas	9	Pozo séptico	
23	Emiliano Gómez	8	Pozo séptico	
24	Gonzalo Bastidas	3	Pozo séptico	
25	Miguel Ángel Escobar	5	Pozo séptico	Trampa de grasas
26	Piedad Valencia	5	Pozo séptico	
27	Leonor Valencia	4	Pozo séptico	
28	Armando Ramos	Esporádico 3	Pozo séptico	
29	Javier Villota	Esporádico 2	Pozo séptico	

Todas las aguas del lavado de ropa se vierten al río El Barranco

Los resultados obtenidos, de las veintinueve (29) viviendas, ubicadas en la ribera del río, 26 cuentan con pozos sépticos, una familia tiene una letrina, y otra adicional al pozo séptico tiene una trampa de grasas.

Los pozos sépticos son sistemas de pretratamiento del agua residual en el sitio, su función es separar los sólidos de la parte líquida. Los sólidos se acumulan en el fondo del taque, la espuma compuesta por grasa se ubica en la superficie y el líquido clarificado sale por tubería.

La trampa de grasa tiene la función de retener grasas y jabones presentes en las aguas provenientes de la cocina y lavaderos, en esta caja la grasa se solidifica y flota en la superficie donde se extrae periódicamente y se entierra.

La letrina es un sistema de disposición de excretas que no requiere de agua para su operación, su función es recibir la materia fecal, almacenarla y descomponerla anaerobicamente.

Los sistemas aplicados en las casas de habitación de la rivera del río indican que en su gran mayoría se está haciendo un adecuado manejo de los residuos sólidos y líquidos, contribuyendo a dar solución a los problemas que afectan al medio ambiente, de esta manera se aporta a la protección de la fuente de agua El Barranco.

Según la encuesta el agua producto del lavado de la ropa se desecha al río, pero como se mencionó anteriormente el componente de los detergentes son los fosfatos que no son tóxicos para los peces.

En el resultado de la encuesta se observa que en la rívera del río hay una estación piscícola de trucha (Figura 5), este criadero se localiza a aproximadamente 3.5 kilómetros aguas arriba de donde se ubicará la bocatoma (ver plano general), este cultivo es a escala artesanal y el agua utilizada se descarga directamente al río.

El agua descargada de una piscifactoría al río altera las características físicas, químicas y biológicas, dependiendo del tipo de cultivo (intensivo, semintensivo, extensivo) y las prácticas de manejo, esta explotación cuenta con una producción aproximada de 150 kg de trucha anual. Es decir que produce una polución de 0.75 kilogramos de materia en suspensión /año.

Anteriormente se mencionó que el agua en su cause natural inmediatamente después de recibir una descarga de polucionantes tiende a autopurificarse buscando su equilibrio ecológico, a través de la oxigenación producida por el choque del agua en las piedras y obstáculos que encuentra en el lecho del río, sedimentación en zonas de remanso, procesos de nitrificación - desnitrificación bacteriana, entre otros.

En el recorrido por la rívera del río se encontró plantaciones de fique, en los límites de algunos predios y en la ríbera del río, según los propietarios de este cultivo, se vende el producto a mayoristas y el proceso no se realiza en el sector donde se pretende ubicar la estación piscícola. Como se mencionó anteriormente los mayores productores de fique se encuentran en las zonas de los corregimientos de Robles, Matituy, Tunja, Rodeo; principalmente las veredas Chilcal, Pucara, Catauca, Chaupiloma, Garcés y Duarte. Esto determina que las aguas del río El Barranco no se encuentran contaminadas por los productos del proceso de lavado de fique.

Por otra parte en la vía límite de la Florida y el municipio del Tambo se encuentra la planta experimental de criogenina líquido que se extrae del fique, del cual se busca sacar diferentes productos como látex, base para medicamentos, entre otros.

6.2.2 Análisis de agua. Se realizó un análisis físico químico y microbiológico del agua mediante pruebas de laboratorio. Obteniendo como resultado los siguientes parámetros (Tabla 5).

Figura 5. Cultivo de trucha vereda El Baranco

Tabla 5. Análisis de agua del río El barranco

PARAMETRO	RESULTADOS
Oxígeno	5,8
Ph	7,53
Color UPC	6,9
Turbiedad UNT	12,5
Alcalinidad mg/L	32,4
Acidez mg/L	8,0
Dureza total mg/L	46,8
Cloruros mg/L	7,95
Calcio mg/L	24,4
Magnesio mg/L	22,4
Hierro mg/L	0,43
Fosfatos mg/L	0,22
Sulfatos mg/L	72,6
Amonio mg/L	0,03
Nitratos mg/L	3,8
Nitritos mg/L	0,03
DBO ₅	3,2
DQO	4,3
Sólidos totales mg/L	167
Sólidos disueltos mg/L	151
Sólidos suspendidos mg/L	16
Sólidos sedimentables ml/L-h	ND
UFC Coliformes totales/100ml	128
UFC Coliformes fecales/100ml	18

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Caracterización de aguas para uso pecuario. Pasto, Colombia: Laboratorio de química, 2003. p.1.

En la tabla 6 se hace una comparación del agua potable (decreto 475/98) con los parámetros óptimos para el cultivo de trucha dados por Blanco y el resultado del análisis del agua del río el Barranco.

Tabla 6. Parámetros físicos-químicos-microbiológicos de agua potable, agua óptima para cultivo de trucha y muestra de agua del río El Barranco.

CARACTERÍSTICAS	DECRETO 475/98 *	BLANCO**	MUESTRA RIO EL BARRANCO
Microbiológicas			
UFC Coliformes/Totales/100	0.0		128.00
UFC Coliformes Fecales/100 ml	0.0		18.00
Organolépticas y físicas			
PH	6.5 – 9.0	6.0 – 9.0	7.5
Turbiedad UNT	5.0		12.5
Color verdadero UC	15.0		6.9
Sustancias flotantes (mg/l)	Ausentes	< 30	16.00
Sólidos sedimentables mg/l/h	-		No detectable
Químicas			
Nitratos mg/l	10.00	0 – 10	3.80
Nitritos (mg/l)	0.1	0.1	0.03
Cloruros (mg/l)	250.00	<20	7.95
Alcalinidad (mg/l)	100.00	8 – 400	32.40
Acidez (mg/l)	50.00	40 - 80	8.00
Dureza total (mg/l)	160.00		46.80
Calcio (mg/l)	60.00		24.40
Magnesio (mg/l)	35.00		22.40
Hierro (mg/l)	0.30	0.90	0.43
Fosfatos (mg/l)	0.20		0.22
Sulfatos (mg/l)	250.00	2,0 – 100.0	72.60

*COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Decreto 475/98 de 1998 Santa fé de Bogotá: Min Salud.1998. p. 1.

** BLANCO. Op. Cit., p. 56.

En la tabla se aprecia que para la turbiedad, el autor mencionado no presenta un parámetro que sea un indicativo de comparación con el resultado del análisis de agua del río el Barranco, por lo tanto se toma como indicador el parámetro dado por el decreto 475/98 expedido por los Ministerios de Salud y de Desarrollo económico (la misma tabla contiene los parámetros de RAS-2000), que es de 5,0 UNT (Unidades nefelométricas de Turbidez). Se toma este parámetro ya que la trucha es un pez exigente en aguas limpias, libres de turbidez, debido a que ésta les puede ocasionar lesiones en el epitelio branquial; en el estanque impide el

paso de la luz incidiendo en su productividad, como también impide que los peces capten el alimento, de esta manera se reduce el crecimiento y se vuelven susceptibles a las enfermedades.

Para catalogar la calidad de la fuente El Barranco, se toma las normas RAS 2000 que asocia a ciertos parámetros el grado de calidad de agua y el tipo de tratamiento recomendado:

Tabla 7. Grado de calidad de la fuente El Barranco

PARAMETRO	ACEPTABLE	REGULAR	MUESTRA
DBO₅			
Promedio mensual	1.5	1.5 – 2.5	
Máximo diario mg/l	1.0 – 3.0	3.0 – 4.0	3.2
Coliformes fecales			
Promedio mensual	0.0 – 50.0	50.0 – 500.0	128
Oxígeno disuelto	> 4	4	5.3
Ph promedio	6.0 – 8.5	5.0 – 9.0	7.53
Turbiedad (UNT)	<2.0 < 10	2.0 – 4.0	12.5
Color verdadero	< 10.0	10.0 – 20.0	6.9
Gusto y olor	Inofensivo	Inofensivo	
Cloruros (mg/L – Cl)	< 50.0	50.0 – 150.0	0.02

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO. Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS). Santa fé de Bogotá, 2000. P.10.

Con base en los datos de la tabla anterior, se puede catalogar la fuente El Barranco como regular, para lo cual se realizará un proceso de filtración, como correctivo para el control de la turbidez (12.5 UNT). El tratamiento del agua se realizará mediante un filtro dinámico (FD).

Herrera da como límite de coliformes en piscicultura de 100 bacterias por centímetro cúbico. Los demás parámetros físicos y químicos se encuentran dentro del rango óptimo para el cultivo de trucha.

6.2.3 Aforo de caudales. Los aforos se realizaron semanalmente en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio agosto y septiembre (Tabla 8). Los resultados se obtuvieron por medio de siguiente fórmula.

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal m³/seg.

V = Velocidad M/seg.

A = Área

A (área de la sección transversal), es la profundidad promedio tomada en el ancho del río.

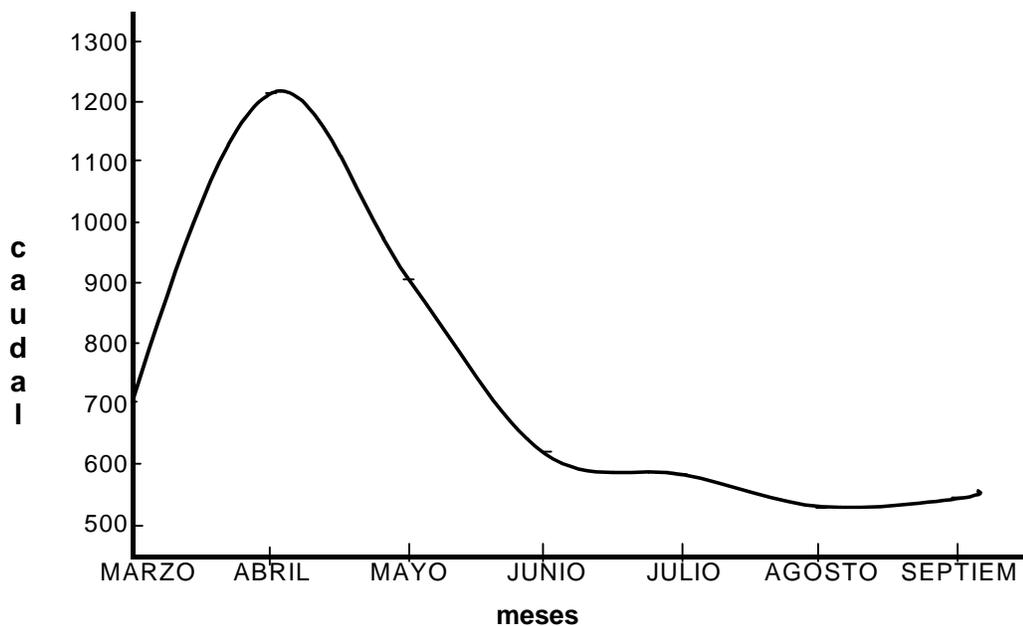
V (velocidad media), está dada por el espacio recorrido por el flotador, en metros, dividido sobre el tiempo de recorrido, en segundos.

Tabla 8. Caudales registrados en el río El Barranco, 2004.

MES	CAUDAL L/seg.
Marzo	706
Abril	1214
Mayo	912
Junio	623
Julio	580
Agosto	528
Septiembre	541
TOTAL PROMEDIO	729.14

De acuerdo al presente trabajo se puede apreciar en la tabla 8, que los caudales de agua en los meses de abril (1214 L/s) y mayo (912 L/s) son los más altos, en el mes de agosto (528 L/s) y septiembre (541 L/s) el caudal disminuye, pero en octubre tiende a subir el nivel de las aguas, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) este mes es lluvioso con relación al régimen bimodal que tiene esta región.

Figura 6. Curva de caudales registrados en el río El Barranco.



El río El Barranco posee un caudal promedio de 729.14 L/seg, del cual se tomará 17 L/seg. Para la producción de trucha este caudal representa el 2.33% del caudal total.

6.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

EL levantamiento topográfico se realizó por radiación y taquimetría, para la bocatoma, se localizó un punto georeferenciado con un GPS, en el que se obtuvieron las siguientes coordenadas y cota:

Este : 66500
Norte : 63500
Cota : 2245.78

El levantamiento del lote donde se construirá la estación piscícola, también se realizó por radiación y taquimetría. Se obtuvo un área total de 24.033,145 m² (2.4 Has)

Para el levantamiento topográfico del sistema de conducción, se tomo como punto de partida la cota de 2245,78 msnm.

6.4 ANALISIS DE SUELOS

Para el análisis del tipo suelo de la finca la Victoria se llevó una muestra al laboratorio de la Universidad de Nariño y también se realizó una prueba de campo para determinar la infiltración.

- **Tipo de suelo.** En el presente trabajo para conocer el tipo de suelo se hizo una calicata de 1,0 m de ancho por 1,0 metro de longitud y 2,0 metros de profundidad donde se pueden apreciar dos horizontes el primero a 0.70 m, constituido por tierra negra y otro de 1.30 m constituido por tierra amarilla, se tomó una muestra de cada horizonte y se analizaron en el laboratorio, obteniendo como resultado el siguiente:

HORIZONTE A

Arenas	73.4 %
Arcillas	5.6 %
Limos	21.0 %

HORIZONTE B

Arenas	88.4 %
Arcillas	1.0 %
Limos	10.6 %

Lo que significa que para el horizonte A la textura del suelo es Franco Arenoso (F_ Ar), y para el horizonte B la textura es Arenoso Limoso (A – L).

De acuerdo al resultado del análisis realizado en el laboratorio, el tipo textural de suelo encontrado en la finca la Victoria es franco arenoso lo que dificulta la construcción de estanques en tierra, por presentar una moderada permeabilidad. (Ver anexo B) Por lo tanto se tomarán los respectivos correctivos, para disminuir la permeabilidad mediante la aplicación de arcilla.

6.5 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRAULICO

Para diseñar el sistema hidráulico se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

6.5.1 Caudal de diseño. El caudal de diseño requerido para la estación piscícola está determinado por tres factores que son: el caudal de recambio requerido para la trucha, la evaporación y la infiltración.

6.5.2 Caudal de recambio de agua. Tomando la fórmula de Leger, mencionado por Blanco para el recambio de agua de acuerdo a la necesidades de oxígeno es de 1,0 L /Kg./min. Para producir una tonelada de carne de trucha el caudal es de 16,97 L/s.

6.5.3 Evaporación. La evaporación para el presente estudio es la siguiente (tabla 9). (Anexo C).

Tabla 9. Velocidad de evaporación

MES	VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN (mm)
Enero	108.6
Febrero	103.1
Marzo	103.2
Abril	101.0
Mayo	98.7
Junio	104.9
Julio	113.6
Agosto	119.4
Septiembre	128.3
Octubre	128.6
Noviembre	109.7
Diciembre	99.7
TOTAL	1318.8

6.5.4 Infiltración. Para conocer la infiltración en el área a construir la estación piscícola, se realizó una prueba que consiste en una calicata de 0.4m de ancho x 0.4m longitud x 0.4m de profundidad, se llenó con agua y se permitió que toda el agua se infiltrara para que el suelo quede saturado, luego se volvió a llenar de agua y se colocó dentro del hueco, una cinta métrica para medir la infiltración, obteniendo como resultado el siguiente:

Tabla 10. Velocidad de infiltración en el suelo de la finca La Victoria

TIEMPO DE INFILTRACION EN MINUTOS	DISTANCIA EN CENTIMETROS	VELOCIDAD DE DESCENSO Cm / min.
2.5	1	0.4
5.40	2	0.4
8.30	3	0.4
12.00	4	0.3
15.13	5	0.33
18.48	6	0.33
22.42	7	0.31
26.54	8	0.30
31.00	9	0.29
35.52	10	0.28
40.10	11	0.27
45.53	12	0.26
52.10	13	0.25
59.46	14	0.24
TOTAL PROMEDIO		0.30

Por medio de este estudio se encontró que el valor promedio de la velocidad de infiltración es 0,30 cm./ minuto que equivale a 72 mm/día, correspondiendo a un suelo franco arenoso y posee una infiltración moderadamente permeable.

De acuerdo a los resultados obtenidos se corregirá la permeabilidad que se presenta en el suelo, recubriendo los estanques con arcilla ya que se diseñarán estanques tipo canaleta en tierra.

Una vez corregido este parámetro físico, se tomarán las pérdidas por infiltración de un suelo arcilloso, que corresponde a 10 mm/día. Dado por Villaneda y Mojica. Este valor se multiplica por el área total de infiltración de los estanques.

$10 \text{ mm/día} * 199,32 \text{ m}^2 = 1993,2$ haciendo la conversión a L/s se obtiene un valor de 0,023 L/s.

El área de infiltración de las canaletas se obtiene calculando el área unitaria de cada pared del estanque, la sumatoria de todas estas más el número de canaletas, da el área total.

El caudal de recambio para el cultivo de trucha en estudio es de: 16.97 L/s.

El caudal de reposición por pérdida en la evaporación es de 0.0083 L/s.

El caudal de reposición por pérdida por infiltración es de 0.023 L/s.

El caudal de diseño requerido para sostener una población permanente de trucha es de 17 L/s.

6.6 INFRAESTRUCTURA PARA EL CULTIVO DE TRUCHA ARCO IRIS

La infraestructura para el cultivo de trucha consta de: Bocatoma, desarenador, filtro dinámico, piletas para alevinaje y dedinaje, canaletas para juveniles y adultos y un filtro biológico con buchón de agua. Además se contará con una estructura de apoyo que consiste en una planta física con el objeto de maximizar la eficiencia en el proceso productivo y de comercialización. Consta de: Oficina, bodega, sala de evisceración, cuarto frío, sala de ventas, alcoba, cocina - comedor y una unidad sanitaria. (Figura. 7).

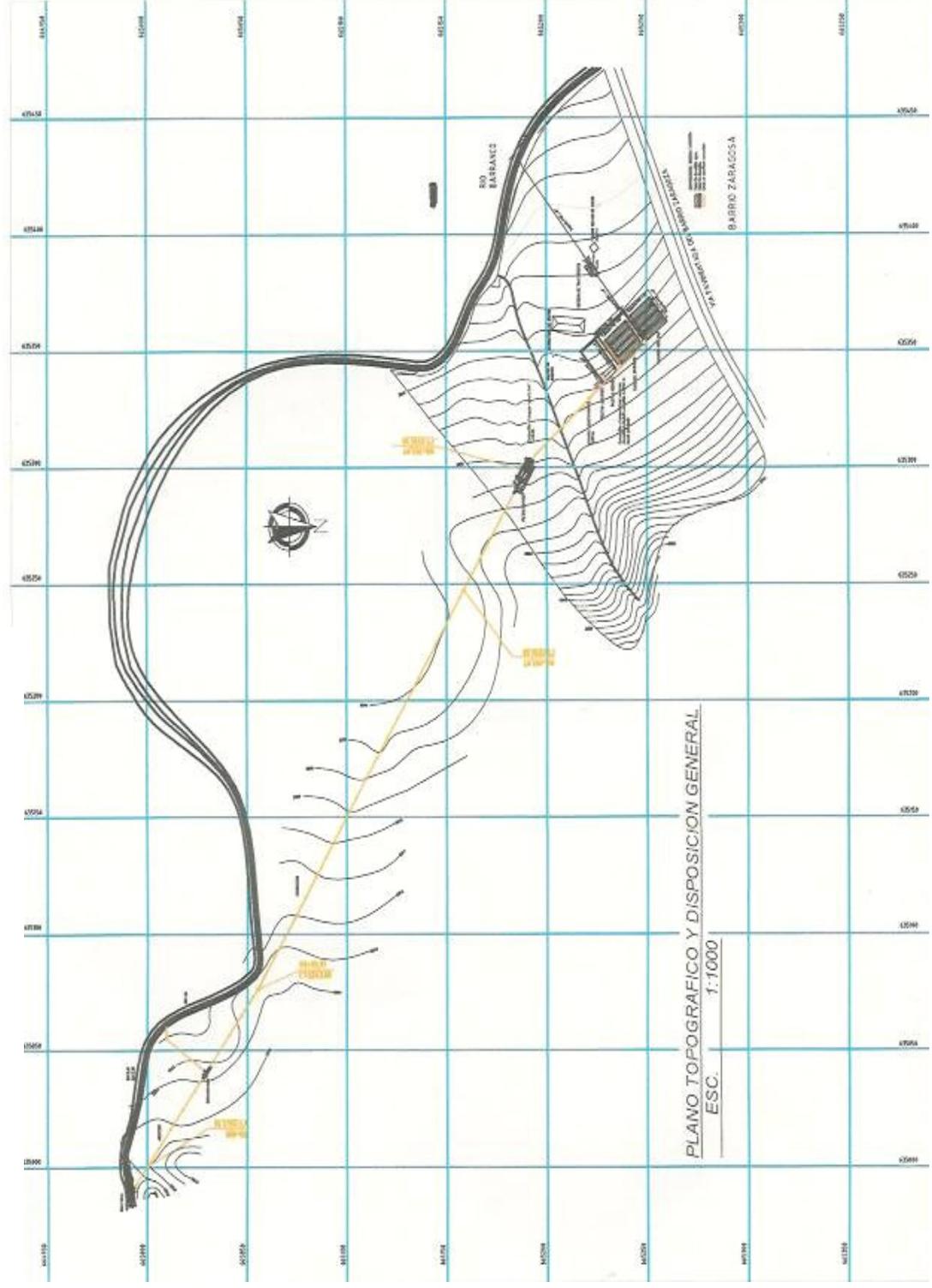
6.6.1 Parámetros de diseño de la estación piscícola.

Ancho del río:	3.5 m
Pendiente :	Suave
Fondo del río:	2245,6 msnm
Nivel mínimo:	2245,85 msnm
Nivel máximo:	2246 msnm
Caudal mínimo:	528 L/seg
Caudal medio:	766 L/seg
Caudal máximo:	1214 L/seg
Caudal de diseño.	17L/seg

6.7 BOCATOMA Y ADUCCIÓN

La bocatoma es una estructura diseñada para derivar un caudal de la fuente, específicamente el caudal de diseño calculado.

Figura 7. Plano topográfico y disposición general



Para el presente estudio se diseñará una bocatoma de fondo, teniendo en cuenta que los niveles máximos y mínimos oscilan entre 0,4m y 0,25m.

La obra de captación se localiza en un tramo recto de la fuente y tiene las siguientes características: consta de una rejilla, un canal que conducirá el agua por gravedad a la cámara de derivación y a la línea de aducción como un orificio sumergido, el caudal de excesos será evacuado a través de tubería. (Figuras. 8,9,10 y 11).

- **Criterios de diseño.** Se tienen en cuenta los siguientes datos.

Q _{máx} Río	=	1214,00 L/seg.
Q _{mín} Río	=	528,00 L/seg
Q _{medio} Río	=	729,14 L/seg
Q _{diseño} (Q _d)	=	17,00 L/seg
Ancho Río	=	3,5 m
Distancia entre muros	=	2,5 m
Pendiente	=	suave

6.7.1 Diseño de la rejilla. Para el cálculo de la rejilla se toma dos veces el caudal de diseño (34 L/s). La rejilla se diseñará con barrotes en dirección al flujo, se adoptan barrotes de un diámetro de 1/2 pulg., considerando una separación entre ellos de 2 cm.

- **Longitud de la rejilla (L).** Se asume una longitud de 1,0 m

$$L = 1,0 \text{ m}$$

- **Ancho de la rejilla.** Se calcula mediante la expresión:

$$B = \frac{Q_d}{(e \cdot C \cdot L \cdot (\text{Raiz } 2 \cdot g \cdot E))}$$

Donde:

B	=	ancho de la rejilla
Q _d	=	Caudal de diseño
e	=	Porcentaje útil de la rejilla
e	=	$a/(a+t)$
a	=	espaciamiento entre barrotes
a	=	0,02 m (valor asumido)

t (diámetro de barras)	=	0,0125 m (varilla de 1/2")
e	=	$0,02/(a + 0,0125)$
e	=	0,615
C	=	Coef. de descarga.(valor para rejilla horizontal)

Figura 8. Planta de captación

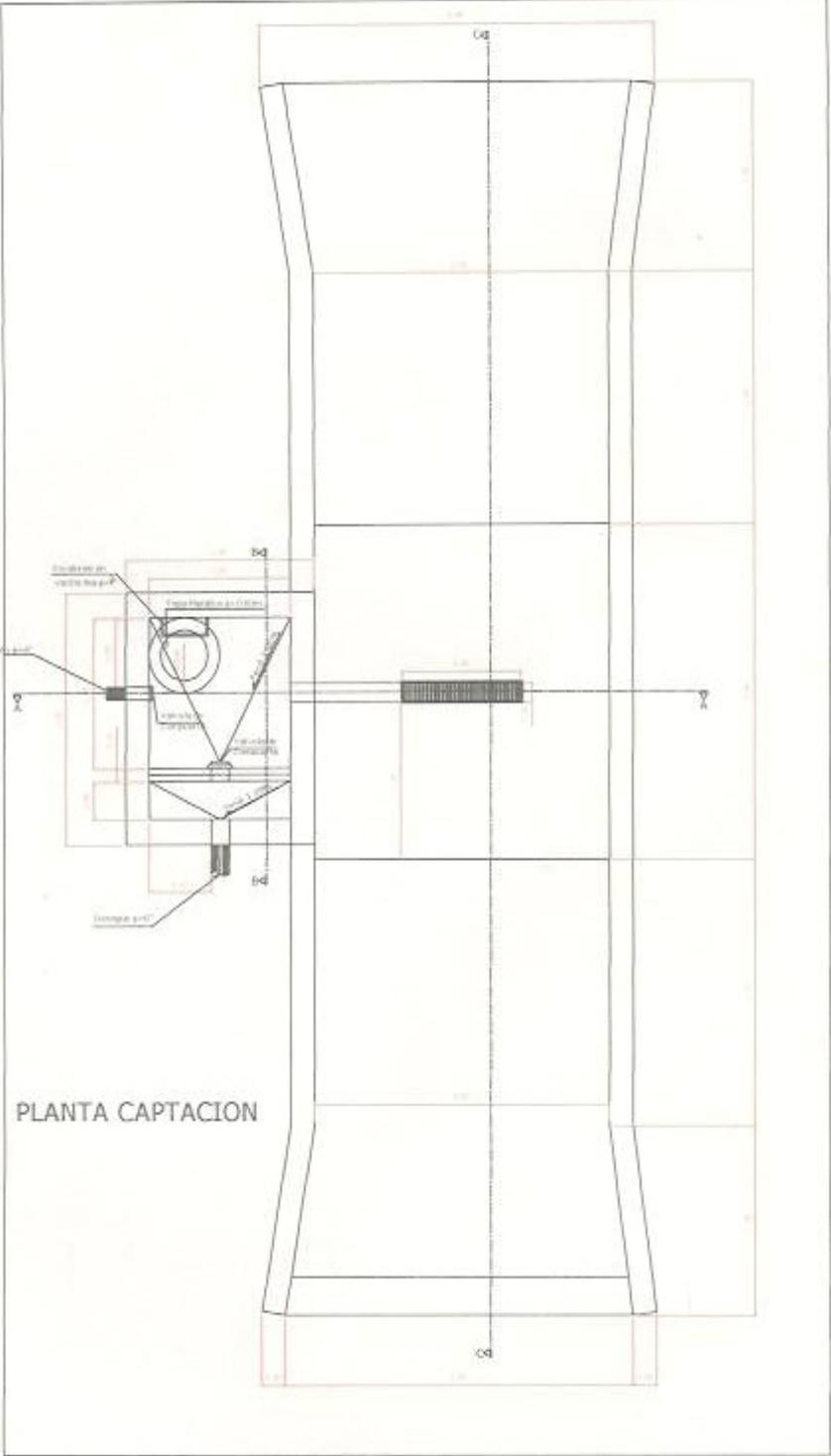


Figura 9. Corte A-A de la captación

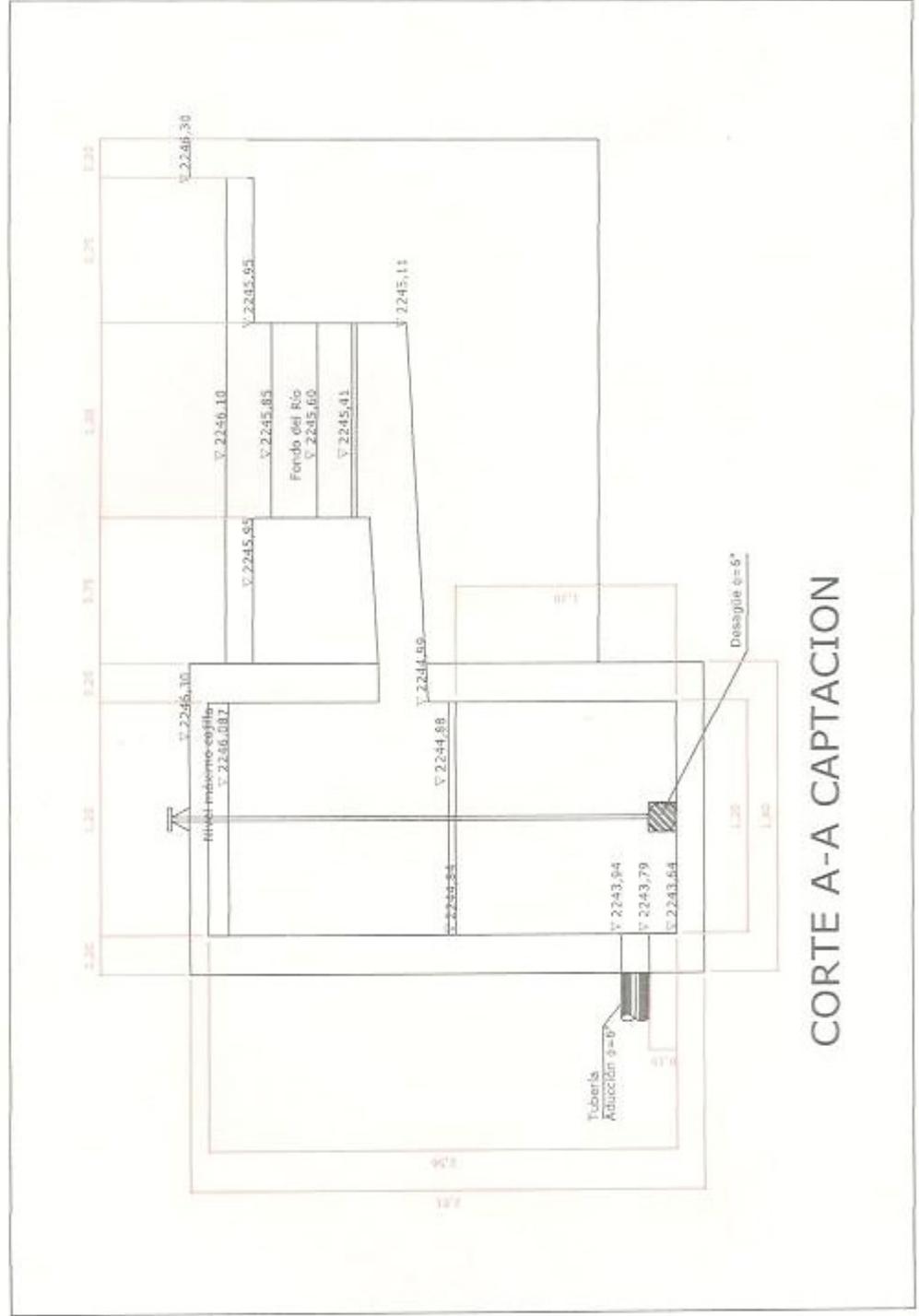
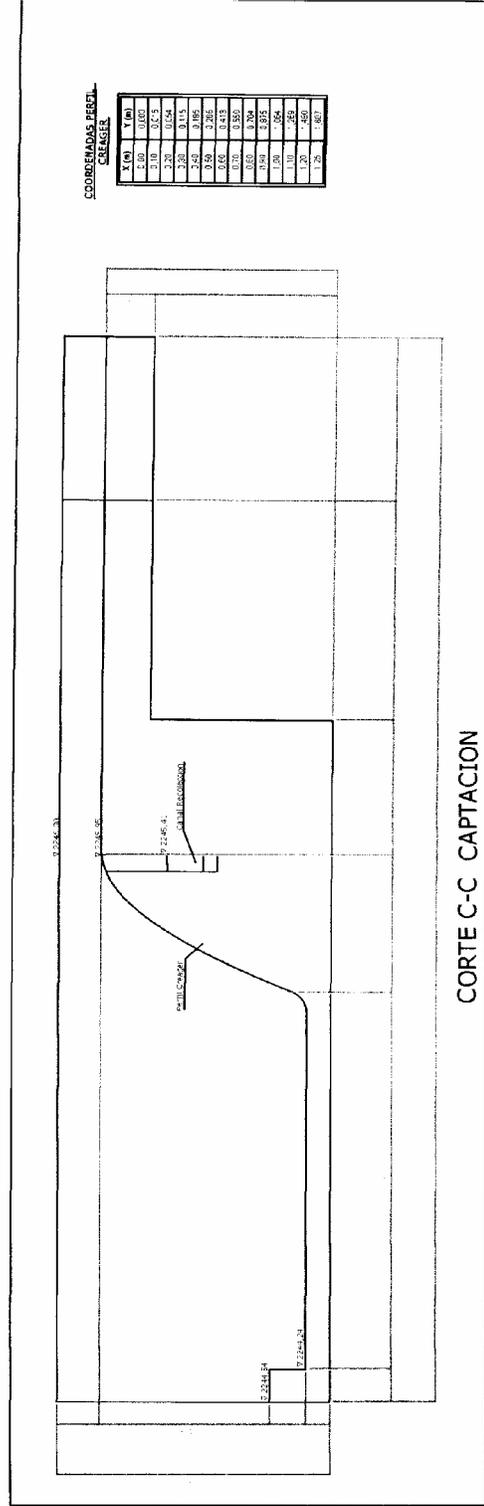


Figura 11. Corte C_C de la captación.



$$C = 0,500$$

$$g = 9,81 \text{ m/seg}$$

Se toma la fórmula de la energía específica a la entrada de la reja

$$E = \text{Energía Específica}$$

$$E = (Q_{\text{mín}}/K \cdot L)^{2/3}$$

$$K = \text{Constante para vertedero.}$$

$$K = 1,84$$

$$E = (0,528/1,84 \cdot 1,00)^{2/3}$$

$$E = 0,44 \text{ m}$$

Con los datos anteriores se calcula el ancho de la reja.

$$B = \text{Ancho}$$

$$B = Q_d / (e \cdot C \cdot L \cdot (2 \cdot g \cdot E)^{0.5})$$

$$B = 0,034 / (0,615 \cdot 0,50 \cdot 1,00 \text{ raíz } 19,6 \cdot 0,44)^{2/3}$$

$$B = 0,038 \text{ m}$$

De acuerdo a los cálculos, el valor obtenido es muy pequeño por lo tanto se adopta un ancho de 0,15.

$$B = 0,15 \text{ m}$$

- **Calculo del número de barrotes y el espaciamiento entre ellos.** Se tiene en cuenta los siguientes datos.

$$N = \text{Número de barrotes}$$

$$N = L / (a+t)$$

$$N = 1,00 / (0,02+0,0125)$$

$$N = 31 \text{ barrotes}$$

Espaciamiento centro a centro entre barrotes (ec):

$$ec = 0,02+0,125 = 0,0325$$

son 31 barras separadas @ 0.0325 m
y los extremos se espaciaron $0,01+0,0125/2 = 0,0163 \text{ m}$

6.7.2 Calculo de vertederos. Se tiene en cuenta los siguientes aspectos.

- **Cálculo del vertedero de rebose.** Se aplica la siguiente fórmula

$$Q \text{ medio} = K \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Se despeja H que es la altura de rebose y va encima de la rejilla

$$\begin{aligned}
 H &= \text{Altura del vertedero de rebose} \\
 H &= (Q_{\text{medio}}/(K \cdot L))^{2/3} \\
 H &= (0,72914/(1,84 \cdot 1,00))^{2/3} \\
 H &= 0,540 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- **Calculo del vertedero de crecida.** Mediante este cálculo se determina la altura de los muros de protección de la bocatoma y se prevé efectos de las posibles inundaciones aguas arriba y se emplea la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 Q_c &= K \cdot (m-L) \cdot h^{3/2} + K \cdot L \cdot (H+h)^{3/2} \\
 Q_c &= Q_{\text{máx Río}} \\
 Q_c &= 1,21 \text{ m}^3/\text{seg} \\
 m &= \text{Distancia entre muros} \\
 m &= 2,5\text{m} \\
 L &= \text{Longitud vertedero.} \\
 L &= 1,00 \text{ m} \\
 K &= \text{Constante} \\
 K &= 1,84
 \end{aligned}$$

$$Q_c = 2,76 \cdot h^{3/2} + 1,84 \cdot (0,54 + h)^{3/2}$$

Por medio de un proceso iterativo se adopta un valor de h de tal manera que el Qc calculado es aproximadamente igual al valor de Q máx del río:

Tabla 11. Proceso iterativo para calcular un valor o igual o aproximado al caudal máximo del río El Barranco

h (m)	Qc (m3/seg)
0,100	1,03
0,110	1,06
0,120	1,10
0,130	1,14
0,140	1,18
0,150	1,21

- **Cálculo del nivel mínimo.** Se calcula en base al caudal mínimo del río.

$$\begin{aligned} H_{\text{mín}} &= (Q_{\text{mín}}/(K*L))^{2/3} \\ H_{\text{mín}} &= (0,528/1.84*1,00)^{2/3} \\ H_{\text{mín}} &= 0,44 \text{ m} \end{aligned}$$

6.7.3 Calculo del canal recolector. Se ubica debajo de la reja de la bocatoma, su función es recibir el agua que penetra a través de la rejilla.

El canal se diseñará para condiciones de flujo subcritico.

- **Calculo de la profundidad crítica Yc y la velocidad crítica Vc.**

$$\begin{aligned} Y_c &= (Qd^2/g*B^2)^{1/3} \\ Qd &= 0,017 \text{ m}^3/\text{seg} \\ g &= 9,810 \text{ m}/\text{seg}^2 \\ B &= 0,150 \text{ m} \\ Y_c &= (0.034^2/9,81*0.15^2)^{1/3} \\ Y_c &= 0,174 \text{ m} \end{aligned}$$

- Velocidad crítica

$$\begin{aligned} V_c &= (g*Y_c)^{1/2} \\ V_c &= (9,81*0,174)^{1/2} \\ V_c &= 1,131 \text{ m}/\text{seg} \end{aligned}$$

- **Cálculo de la altura del agua al final del canal recolector.**

$$\begin{aligned} HL &= \text{altura de agua al final del canal.} \\ HL &= 1,1*Y_c \\ HL &= 1,1*0,174 \\ HL &= 0,191 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Cálculo de la altura del agua al inicio del canal recolector (Ho).**

$$H_o = \text{altura de agua al inicio del canal}$$

Se aplica la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} H_o &= (2*Y_c^3/HI + (HL-L*S/3)^2)^{0,5} - (2/3)*L*S \\ S &= \text{Pendiente del canal escogida} \\ S &= 6,00\% \text{ (Valor adoptado para garantizar condiciones de autolimpieza)} \\ L &= \text{Longitud del canal.} \\ L &= 2,5*0,5+1*0,5+0,2 \\ L &= 1,95 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_o = (2 \cdot 0.174^3 / 0.191 + (0.191 - 1.95 \cdot 0.06 / 3)^2)^{0.5} - (2/3) \cdot 1.95 \cdot 0.06$$

$$H_o = 0.201 \text{ m}$$

- Velocidad al inicio del canal colector (VI)

$$V_i = Q_d / (H_L \cdot B)$$

$$V_i = 0.034 / (0.191 \cdot 0.15)$$

$$V_i = 1.187 \text{ m/seg}$$

La velocidad al inicio del canal colector debe ser menor que la velocidad crítica.

$$1.187 < 1.31$$

$$V_i < V_c$$

Cumple con el régimen subcrítico.

6.7.4 Cálculo de la caja de derivación. Se efectúan los diseños de: cálculo de la cámara de recolección, cálculo del vertedero de excesos, cálculo del diámetro del desagüe y cálculo del diámetro del tubo de salida al desarenador.

- **Cálculo de la cámara de recolección.** Se hace el cálculo para velocidades entre 0,3 m/seg y 3,0 m/seg.

$$X_s = \text{Distancia horizontal del flujo}$$

$$X_s = 0.36 \cdot V_i^{2/3} + 0.60 \cdot H_i^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 \cdot 1.187^{2/3} + 0.60 \cdot 0.191^{4/7}$$

$$X_s = 0.64 \text{ m}$$

$$L_{\text{mín}} = \text{longitud mínima de la cajilla.}$$

$$L_{\text{mín}} = X_s + k$$

$$k = \text{margen de seguridad}$$

$$k = 0.21 \text{ m}$$

$$L_{\text{mín}} = 0.64 + 0.21$$

$$L_{\text{mín}} = 0.85 \text{ m}$$

$$L_{\text{Adoptado}} = 1.20 \text{ m (criterio de maniobrabilidad),}$$

Respecto a la altura de la cámara de recolección se adopta las siguientes medidas:

$$H_t = \text{altura caja de derivación.}$$

$$H_t = H_1 + H_2$$

$$H_1 = \text{caída vertical}$$

$$H_1 = 0.15 \text{ m}$$

$$H_2 = \text{margen para sedimentación y colocación de tubería de salida.}$$

$$H_2 = 0.50 \text{ m}$$

$$H_t = 0.15 + 0.50$$

$$H_t = 0,65 \text{ m}$$

- **Cálculo del vertedero de excesos.** La altura del caudal de excesos será,

$$H = (Q_{\text{excesos}} / (K \cdot L))^{2/3}$$

$$H = \text{Altura de la lámina de agua.}$$

$$Q_{\text{excesos}} = \text{Caudal de excesos}$$

$$Q_{\text{excesos}} = 2 \cdot Q_{\text{diseño}} - 1 \cdot Q_{\text{diseño}}$$

$$Q_{\text{excesos}} = 2 \cdot 0,17 - 0,017$$

$$Q_{\text{excesos}} = 0,017 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$K = 1,84 \text{ (Francis)}$$

$$L = \text{Longitud de la caja de derivación}$$

$$L = 1,20 \text{ m}$$

$$H = 0,017 / (1,84 \cdot 1,20)^{2/3}$$

$$H = 0,039 \text{ m}$$

- **Calculo del diámetro del desagüe.** El diámetro de desagüe será.

$$A = \text{Área de la tubería de desagüe.}$$

$$A = Q_{\text{entrada}} / (C \cdot \text{raiz}(2 \cdot g \cdot h))$$

$$Q_{\text{entrada}} = Q_{\text{salida}}$$

$$Q_{\text{entrada}} = 0,017 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$C = \text{Coeficiente de descarga}$$

$$C = 0,61 \text{ para orificios circulares.}$$

$$g = 9,81 \text{ m}/\text{seg}^2$$

$$h = \text{diferencia de nivel entre el N.A.Máx caja y piso.}$$

Para el cálculo de h, es necesario determinar las pérdidas de energía (Ht):

$$H_t = \text{Pérdida de energía}$$

$$H_t = 1,5 \cdot V^2 / 2 \cdot g$$

$$V = \text{Velocidad}$$

$$V = Q_d / (C \cdot e \cdot B \cdot L)$$

$$C = \text{Coeficiente.}$$

$$C = 0,9$$

$$e = 0,615$$

$$B = 0,15 \text{ m}$$

$$L = 1,00 \text{ m}$$

$$V = 0,034 / (0,9 \cdot 0,615 \cdot 0,15 \cdot 1,00)$$

$$V = 0,41 \text{ m}/\text{seg}$$

$$H_t = 1,5 \cdot 0,41^2 / 2 \cdot 9,81$$

$$H_t = 0,013 \text{ m}$$

Nivel de aguas máximo en la caja de derivación:

Cota nivel máximo río	=	2246,100	msnm
Cota nivel máximo cámara	=	2246,087	msnm
Cota nivel piso	=	2244,442	msnm

$$h = 2246,087\text{m} - 2244,442\text{m}$$
$$h = 1,645 \text{ m}$$

Retomando la fórmula para el área de desagüe:

$$A = Q_{\text{entrada}} / C \text{ Raiz} 2g * h$$
$$A = 0,034 / 0,61 \text{ Raiz } 2 * 9,81 * 1,64$$
$$A = 0,01 \text{ m}^2$$
$$\phi = \text{Diámetro de la tubería.}$$
$$\phi = 4,40''$$
$$\phi \text{ adoptado} = 6,0''$$

• **Caculo del diámetro del tubo de salida al desarenador.** La topografía del terreno es uniforme y define las características de diseño para la aducción. Se considera para este caso dos tipos de condiciones: la primera se refiere a condiciones mínimas, para la cual se asume que se presentará un nivel de aguas mínimas, tubo lleno y escurrimiento libre. Para la segunda condición se presenta el caso de tubo a presión (Figura 12).

Condiciones mínimas:

Qd	=	0,017	m ³ /seg
H	=	N.A.mín cajilla - N.A. desarenador.	
N.A.mín cajilla	=	2244,89	m.s.n.m.
N.A. desarenador	=	2243,61	m.s.n.m.
L	=	60,00	m

Con base en la formula de Manning para escurrimiento libre se tiene:

$$V = (1/n) * (R^{2/3}) * (S^{1/2})$$
$$n = \text{Coeficiente de rugosidad}$$
$$n = 0,009$$
$$R = \text{Radio Hidráulico.}$$
$$R = \phi / 4$$
$$h_s = \text{Pérdidas por accesorios.}$$
$$h_s = \sum k * V^2 / 2 * g$$

Figura 12. Tubería de aducción

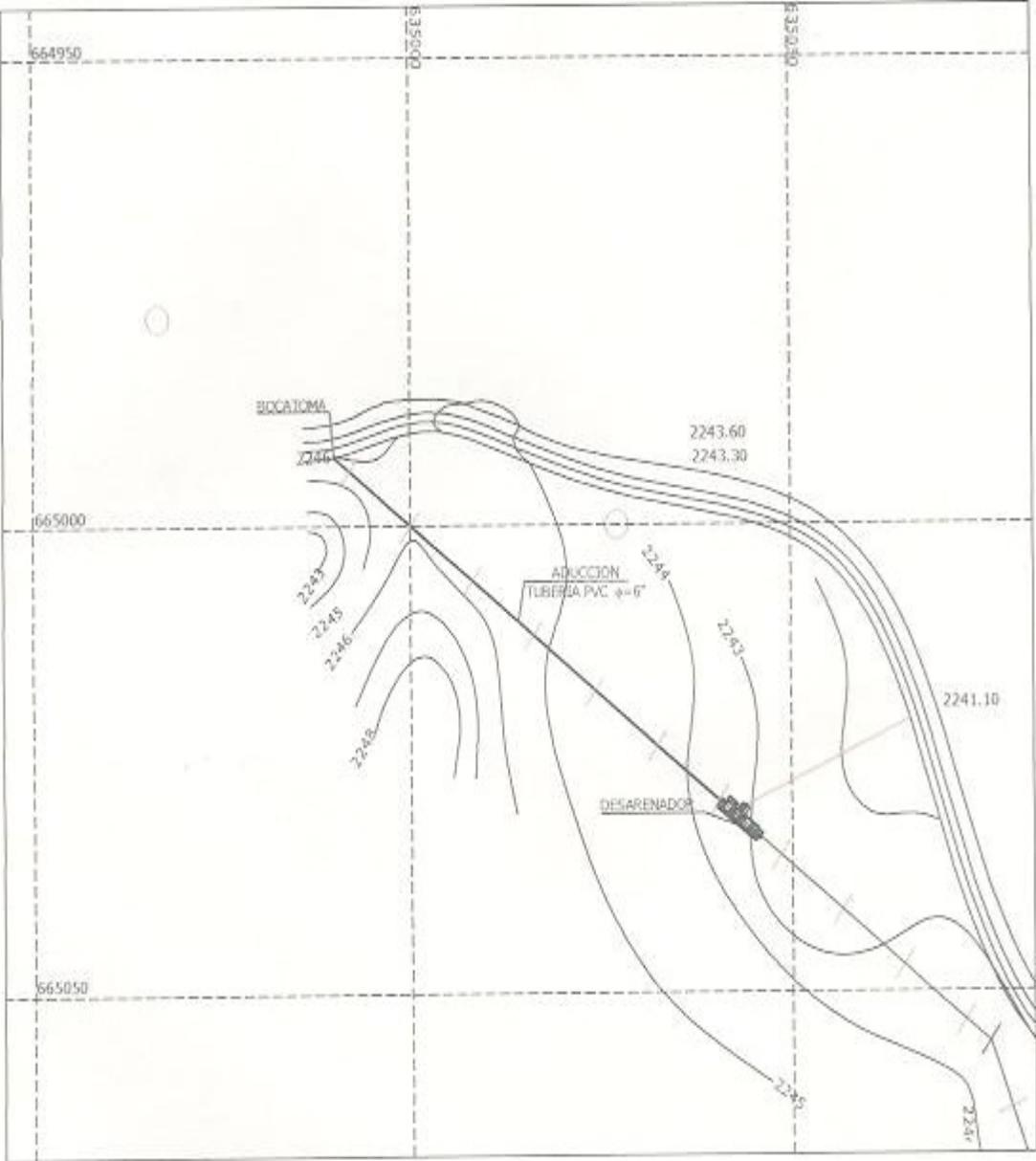


Tabla 12. Pérdida de energía en los accesorios

Cantidad	Accesorio	K
1	Entrada de corriente	0,500
1	Válvula de compuerta	0,190
2	Codo de 22 1/2" x	0,116
1	Entrada tipo borda	1,000
$\Sigma k =$		1,806

- g = 9,81 m/seg
Ht = Pérdidas totales
Ht = $h_o + S \cdot L$
h_o = altura del nivel de aguas a la salida de la caja de derivación

Tabla 13. Condiciones máximas y mínimas para transportar el caudal que fluye por las tuberías

ϕ		S	V	∇ salida caja derivación	Hi	Hs
(pulg)	(m)	%	(m/s)	(msnm)	(m)	(m)
4	0,10	4,77	2,10	2246,47	-1,58	0,19
6	0,15	0,55	0,93	2243,94	0,95	0,09

Se adopta el último diámetro ya que hi es mayor que hs.

Condiciones máximas (tubo a presión):

- H1 = diferencia de altura entre cajilla y desarenador.
H1 = A - B
A = Cota nivel aguas máximo caja
A = Nivel aguas máximo captación - pérdidas en rejilla y canal.
B = Cota clave a la entrada del desarenador.
B = Cota clave tubería a la salida de la caja - S * L.

$$\begin{aligned}
A &= 2246,09 \text{ msnm.} \\
B &= 2243,61 \text{ msnm.} \\
H1 &= 2246,09-2243,61 \\
H1 &= 2,48 \text{ m.} \\
H &= \text{Pérdida} \\
H &= j*L/100 \\
L &= 60,00 \text{ m} \\
j &= \text{Pérdida de carga} \\
j &= 100*H/L \\
j &= 100*2.48/60 \\
j &= 4,13 \text{ m}
\end{aligned}$$

Se realiza un proceso iterativo en el cual se establecen diferentes valores de D_i , j_i y V_i , de tal manera que $j_i < j$ (para el mayor valor de D_i):

$$\begin{aligned}
j_i &= (10,64*Q_d^{1,85})/(C^{1,85}*D^{4,87}) \\
Q_d &= 0,017 \text{ m}^3/\text{seg} \\
C &= 150,0
\end{aligned}$$

Tabla 14. Proceso iterativo para calcular el mayor valor de D_i .

D_i (plg)	D_i (m)	J_i (m)
1,50	0,04	434,81
2,00	0,05	107,12
4,00	0,10	3,66
6,00	0,15	0,51

0.51 cumple con las dos condiciones máxima y mínima.

$$\begin{aligned}
H_{fi} &= \text{Pérdidas por la tubería} \\
H_{fi} &= j_i*L/100 \\
H_{fi} &= 0,51*60/100 \\
H_{fi} &= 0,31 \text{ m} \\
H_{vi} &= \text{Pérdidas por accesorios.} \\
H_{vi} &= \sum k v_i^2 / 2g \\
V_i &= Q_d/A \\
V_i &= 0,93 \text{ m/seg}
\end{aligned}$$

Tabla 15. Pérdida de energía en los accesorios

Cantidad	Accesorio	K
1	Entrada de corriente	0,500
1	Válvula de compuerta	0,190
2	Codo de 22 1/2" x	0,116
1	Entrada tipo borda	1,000
$\Sigma k =$		1,806

$$\begin{aligned}
 H_{vi} &= 0,080 \text{ m} \\
 m &= \text{Suma de pérdidas} \\
 m &= H_{fi} + H_{vi} \\
 m &= 0,31 + 0,080 \\
 m &= 0,385 \text{ m} \\
 m &< H_1 \\
 0,385 &< 2,49 \quad \text{ok}
 \end{aligned}$$

• **Altura de sumergencia (hs).**

$$\begin{aligned}
 h_s &= \frac{(1,69 \cdot V_i^2)}{(2 \cdot g)} \\
 h_s &= \frac{(1,69 \cdot 0,93^2)}{2 \cdot 9,81} \\
 h_s &= 0,075 \text{ m}
 \end{aligned}$$

• **Caudal de excesos.**

$$\begin{aligned}
 H_1 &= \text{N.A. Máx Cajilla - N.A. Desarenador.} \\
 H_1 &= 2246,09 - 2243,61 \\
 H_1 &= 2,49 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Se supone un caudal mayor que el caudal de diseño y se calculan las pérdidas totales (m), las cuales se comparan con el valor de cabeza de presión a perder disponible (H1). Si $m < H_1$, el caudal supuesto es correcto.

$$L = 60 \text{ m}$$

Tabla 16. Cálculo de pérdidas totales

Q	D (m)	Ji	Hfi
0,0455	0,1524	0,031	1,886

$$\begin{aligned}
m &= H_{fi} + H_{vi} \\
H_{vi} &= \text{Pérdidas por accesorios.} \\
H_{vi} &= \sum K v_i^2 / 2g \\
v_i &= 2,494 \text{ m/seg} \\
H_{vi} &= 0,573 \\
m &= 1.886 + 0.573 \\
m &= 2,46 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{\text{excesos}} &= Q_{\text{asumido}} - Q_{\text{diseño}} \\
Q_{\text{excesos}} &= 0.0455 - 0.017 \\
Q_{\text{excesos}} &= 0,02850203 \text{ m}^3/\text{seg}
\end{aligned}$$

6.7.5 Aliviadero (perfil creager). El procedimiento para este cálculo es:

$$\begin{aligned}
Q_{\text{máx}} &= 1,21 \text{ m}^3/\text{seg} \\
L &= \text{Distancia entre muros.} \\
L &= 2,50 \text{ m} \\
H &= 1,25 \text{ m}
\end{aligned}$$

- Altura del agua sobre la cresta: se considera un vertedero de cresta ancha.

$$\begin{aligned}
H_d &= (Q_{\text{máx}} / (K * L))^{2/3} \\
H_d &= \text{Altura de la lámina de agua sobre el vertedero.} \\
K &= 1,84 \\
H_d &= (1,21 / (1,84 * 2,50))^{2/3} \\
H_d &= 0,41 \text{ m} \\
1,25 / 0,41 & > 1,33
\end{aligned}$$

Se considera el efecto de la velocidad como despreciable.

$$\begin{aligned}
V &= Q_{\text{máx}} / A \\
A &= L * H_d \\
A &= 2,5 * 0,41 \\
A &= 1,03 \text{ m}^2 \\
V &= 1,21 / 1,03 \\
V &= 1,18 \text{ m/seg} \\
V &= \text{Velocidad en condiciones actuales.} \\
Y_c &= ((Q_{\text{máx}}^2) / (g * L^2))^{1/3} \\
Y_c &= \text{Altura crítica} \\
g &= 9,81 \text{ m/seg} \\
Y_c &= ((1,21^2) / (9,81 * 2,50^2))^{1/3} \\
Y_c &= 0,29 \text{ m} \\
V_c &= \text{Raiz}(g * Y_c) \\
V_c &= \text{Raiz}(9,81 * 0,29) \\
V_c &= 1,68 \text{ m/seg}
\end{aligned}$$

Se clasifica el flujo como subcrítico, ya que $V < V_c$. $1,18 < 1,68$

- **Coordenadas del perfil creaguer.** Los datos X, Y se calculan así y se indican en la tabla 17

$$\begin{aligned} X^{1,85} &= 2 \cdot (H_d^{0,85}) \cdot Y \\ Y &= 1,064 \cdot X^{1,85} \end{aligned}$$

Tabla 17. Coordenadas del perfil creaguer.

X	Y
0,00	0,000
0,10	0,015
0,20	0,054
0,30	0,115
0,40	0,195
0,50	0,295
0,60	0,413
0,70	0,550
0,80	0,704
0,90	0,875
1,00	1,064
1,10	1,269
1,20	1,490
1,25	1,607

- **Velocidad al pie de la presa.**

$$\begin{aligned} V_1 &= \text{raíz}(2 \cdot g \cdot (z - 0,50 \cdot h_d)) \\ g &= 9,81 \text{ m/seg} \\ z &= H + h_d \\ z &= 1,25 + 0,41 \\ z &= 1,66 \text{ m} \\ V_1 &= \text{raíz}(2 \cdot 9,81 \cdot (1,66 - 0,50 \cdot 0,41)) \\ V_1 &= 5,34 \text{ m/seg} \end{aligned}$$

- **Altura del agua al pie de la presa.**

$$Y1 = Q_{\text{máx}} / (V1 * L)$$

$$Y1 = 1,21 / (5,34 * 2,50)$$

$$Y1 = 0,091 \text{ m}$$

- **Número de Fraude.**

$$F1 = V1 * \text{Raiz}(g * Y1)$$

$$F1 = 5,34 * \text{Raiz}(9,81 * 0,091)$$

$$F1 = 5,05$$

- **Altura máxima del resalto en el pozo.**

$$2,667 * F1^2 * (1 + (h/Y1)/(Y2/Y1)) = (Y2/Y1 - h/Y1)^3$$

Con base en las tablas de Foster y skrinde, las cuales correlacionan el valor del número de Froude con la relación $h/Y1$, se obtiene que:

$$h/Y1 = 2,286$$

$$h = 0,208 \text{ m}$$

Por medio de un proceso iterativo con la ecuación de altura máxima del resalto en el pozo, se encuentra el valor de $Y2$ proceso que se indica en la tabla 18.

Tabla 18. Proceso iterativo para calcular el valor de $Y2$.

$Y2$	$2,667 * F1^2 * (1 + (h/Y1)/(Y2/Y1)) =$	$(Y2/Y1 - h/Y1)^3$
0,600	91,40	80,47
0,590	91,80	74,47
0,580	92,21	68,78
0,570	92,64	63,38
0,566	92,82	61,24

Altura de $Y3$:

$$Y3 = (2 * Y2 + h) / 3$$

$$Y3 = 0,446 \text{ m}$$

$$h < Y3 < Y2$$

- **Longitud del pozo de amortiguación.**

$$\begin{aligned} x &= 5 \cdot (h + Y_3) \\ x &= 5 \cdot (0.208 + 0.446) \\ x &= 3.27 \text{ m} \end{aligned}$$

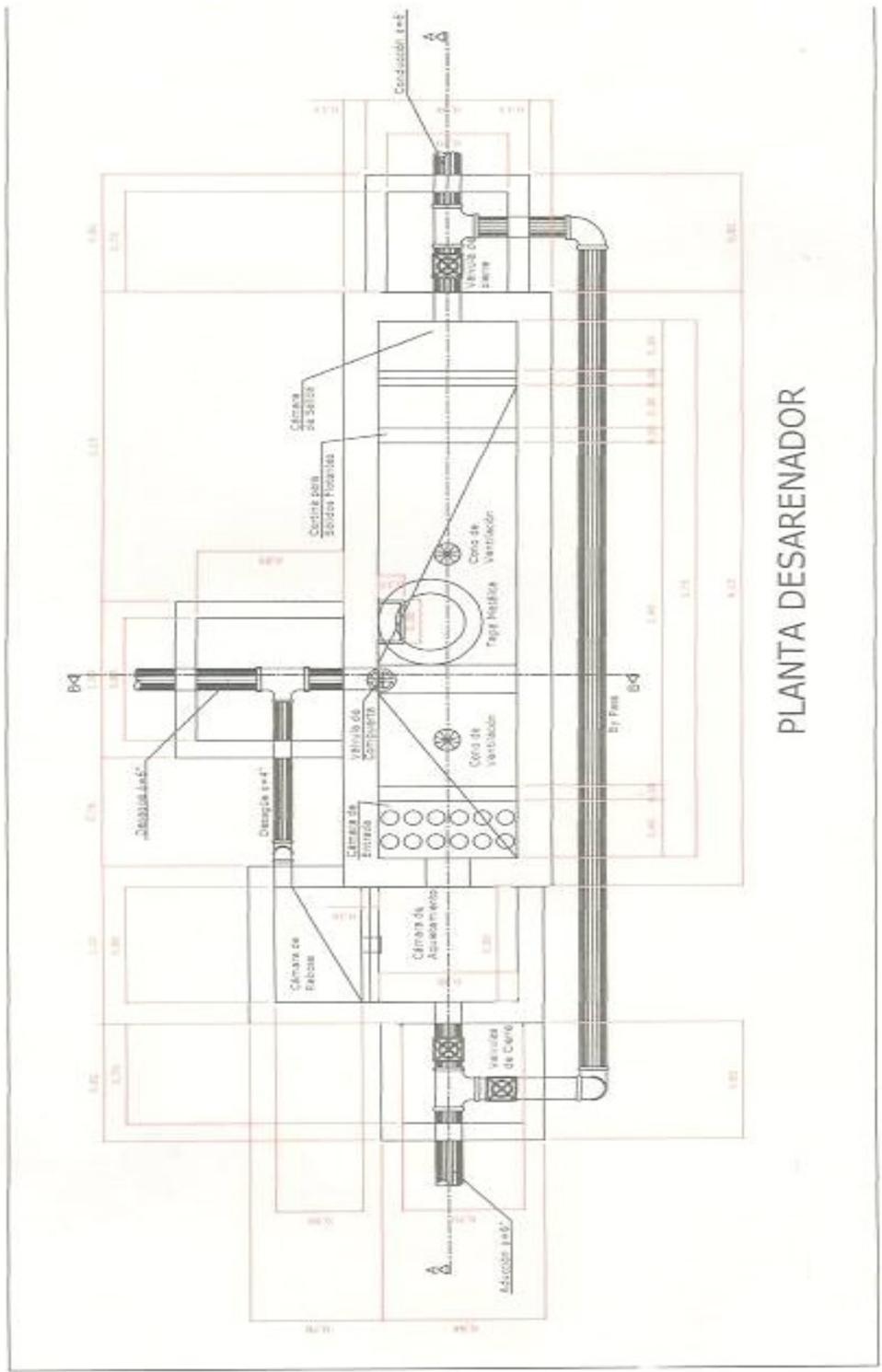
6.8 DESARENADOR

El objetivo del desarenador es sedimentar arenas, barros, limos y está constituido de siguiente manera: (Figura 13, 14, 15)

- **Zona I: Cámara de quietamiento.** Permite disipar la energía de la velocidad del agua de la tubería de llegada. El paso del agua a la siguiente zona se hará por medio de una placa de concreto sumergida, lateralmente se encuentra una cámara de rebose que permite llevar el caudal sobrante al río.
- **Zona II: Entrada al desarenador.** Constituida por una zona con líneas de flujo que desciende rápidamente de manera que se sedimente el material más grueso inicialmente. Esta zona cuenta con una pantalla de entrada para cumplir con este objetivo.
- **Zona III: Zona de sedimentación.** Es la zona donde se sedimentan todas las partículas restantes por acción de la gravedad.
- **Zona IV: Salida del desarenador.** Consta de una pantalla sumergida, un vertedero de salida y un canal de recolección. Esta zona estará totalmente tapada para evitar la contaminación exterior por agentes naturales o animales. El acceso al interior se hace por medio de una entrada circular, cubierta por una tapa metálica, además tiene dos conos de ventilación protegidos para evitar la entrada de insectos o animales mayores.
- **Zona V: Almacenamiento de lodos.** Es una zona ubicada en el fondo del tanque, tiene pendientes longitudinales y transversales dirigidas hacia la tubería de lavado que permiten evacuar el material sedimentado durante el proceso. Cuando se haga el lavado del tanque, el agua se conducirá por un by pass desde la cámara de quietamiento hasta la cámara de salida al desarenador.
- **Criterios de diseño.** Para diseñar el desarenador se tienen en cuenta los siguientes datos.

$$\begin{aligned} Q &= 0.017 \text{ m}^3/\text{seg.} \\ \phi &= \text{Diámetro de partículas por remover.} \\ \phi &= 0.136 \text{ mm.} \\ T &= \text{Temperatura del agua.} \end{aligned}$$

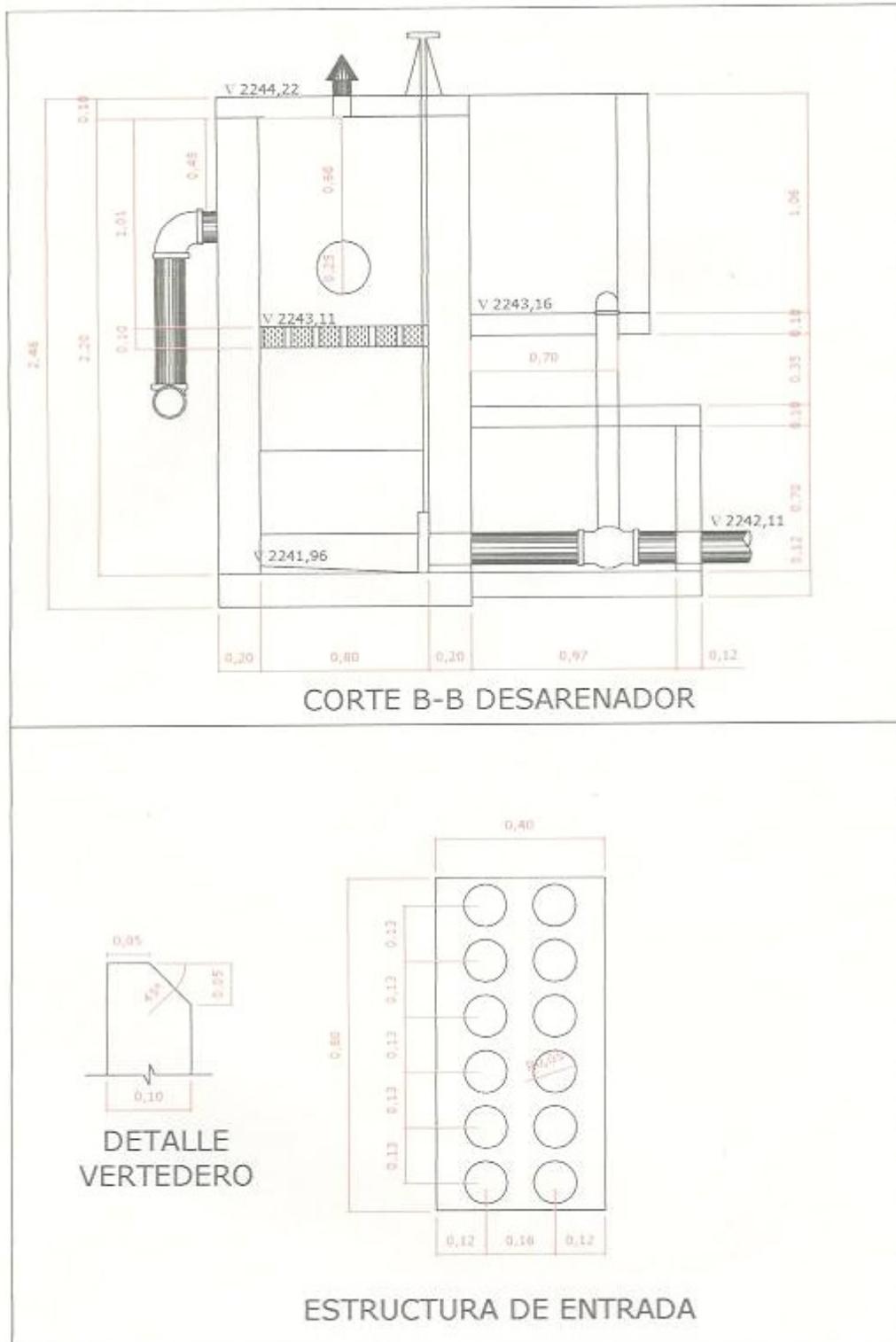
Figura 13. Planta desarenador



PLANTA DESARENADOR

Figura 14. Perfil desarenador.

Figura 15. Corte B-B desarenador



G	=	gravedad
ρ_s	=	Peso específico de las partículas
ρ	=	Peso específico del fluido
μ	=	Viscosidad cinemática del fluido
T	=	16,5 °C
Remoción	=	75,0%

- **Velocidad de sedimentación de la partícula (Vs).** Se utiliza la siguiente fórmula (RAS B.4.3. 2000)

Vs	=	$g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot \phi^2 / 18 \cdot \mu$
g	=	981,00 cm2/seg
ρ_s	=	2,65 gr/cm3
ρ	=	1,00 gr/cm3
ϕ	=	0,0136 cm
μ	=	0,01121 cm2/seg

El valor de la viscosidad cinemática, corresponde a un valor interpolado de:

Tabla 19. Interpolación para encontrar la viscosidad cinemática.

T (°C)	μ (cm2/seg)
0,00	0,01792
2,00	0,01673
4,00	0,01567
5,00	0,01519
10,00	0,01308
15,00	0,01146
20,00	0,01007

Vs	=	$g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot \phi^2 / 18 \cdot \mu$
Vs	=	$9,81(2,65-1,00) \cdot 0,0136^2 / 18 \cdot 0,01121$
Vs	=	1,48 cm/seg

6.8.1 Profundidad del tanque. La profundidad del desarenador (H), según las normas RAS 2000 Art. B. 4.4.6.3, deberá estar comprendida entre:

$0,75 < H < 1,5$
 $H = 1,10$ m Adoptado.

- **Tiempo Teórico Tt.** Es el tiempo que demora la partícula en un líquido en reposo, en tocar el fondo del depósito.

$$\begin{aligned} Tt &= H/Vs \\ Tt &= (1.10 \cdot 100)/1,48 \\ Tt &= 74,14 \text{ seg} \end{aligned}$$

- **Periodo de retención.** (a/t), relación que determina periodo de retención y % de partículas a remover. Para este caso se tiene en cuenta que el % de remoción es del 75% y habrá depósitos con buenos deflectores.

$$a/t = 1,66$$

Tiempo de retención de la partícula en el tanque (a).

$$\begin{aligned} a &= Tt \cdot a/t \\ a &= 74,14 \cdot 1,66 \\ a &= 123,07 \text{ seg} \\ &= 2,05 \text{ min.} \end{aligned}$$

6.8.2 Volumen del Tanque. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} Vol &= a \cdot Q \\ Vol &= 123,07 \cdot 0,017 \\ Vol &= 2,09 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **Área superficial del desarenador.** Se aplica la siguiente fórmula

$$\begin{aligned} As &= Vol/h \\ As &= 2,09/1,10 \\ As &= 1,90 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Se compara el valor anterior del As con el del As mínimo.

$$\begin{aligned} As \text{ mín} &= Q/Vs \\ As \text{ mín} &= 0,017/0,0148 \\ As \text{ mín} &= 1,15 \text{ m}^2 \\ 1,15 &< 1,9 \text{ Cumple con la norma} \\ As \text{ mín} &< As \end{aligned}$$

Según el artículo B.4.4.6.4. RAS2000, se recomienda una relación de longitud útil a profundidad efectiva L/h de 10 a 1,0:

- **Longitud del desarenador (L).**

$$\begin{aligned}L/h &= 10,00 \\L &= 10 * 1 \\L &= 11,0 \text{ m}\end{aligned}$$

- **Ancho del desarenador (B).**

$$\begin{aligned}B &= As/L \\B &= 1,90/11,00 \\B &= 0,17 \text{ m}\end{aligned}$$

El valor anterior es muy bajo para maniobrar, razón por la cual se adopta otro ancho B:

$$B = 0,80 \text{ m}$$

- **Longitud del desarenador (L).**

$$\begin{aligned}L &= As/B \\L &= 1,90/0,80 \\L &= 2,38 \text{ m} \\L &= 2,40 \text{ m}\end{aligned}$$

Se tiene en cuenta que la relación longitud-ancho se estima entre 3,0 y 6,0. Por lo tanto se adopta:

$$L/B = 3,0$$

Según el artículo B.4.4.6.5. numeral 2, de la RAS 2000, especifica que la máxima velocidad horizontal (V_h) en un sistema con tratamiento posterior de agua es de: 0,0250 m/seg.

$$\begin{aligned}V_h &= 0,250 \text{ m/seg} \\V_h &= Q/(B*L) \\V_h &= 0,017/(0,80*2,40) \\V_h &= 0,009 \text{ m/seg}\end{aligned}$$

Según el artículo B.4.4.6.3. de la RAS 2000, se revisará que la relación entre la velocidad horizontal y la velocidad de sedimentación sea inferior a 20:

$$\begin{aligned}V_h/V_s &= 0,009/(1,48/100) \\V_h/V_s &= 0,59 < 20 \text{ cumple}\end{aligned}$$

- **Carga superficial máxima.** Se revisa que la carga superficial (Cs) máxima sea menor de 1000 m³/m²/día:

$$\begin{aligned} Cs &= Q \cdot 86400 / As \\ Cs &= 0,017 \cdot 86400 / 1,90 \\ Cs &= 772,25 \text{ cumple} \end{aligned}$$

6.8.3 Cámara de rebose. Antes de la entrada al desarenador, el agua llega a una cámara provista de un rebosadero de pared delgada, tiene la función de evacuar hacia el desagüe los excesos de agua captada, por la variación de nivel sobre el muro estabilizador de la bocatoma.

- **Altura de la lámina de agua en el vertedero (H).**

$$\begin{aligned} H &= (Q_{\text{excesos}} / (K \cdot L))^{2/3} \\ Q_{\text{excesos}} &= 0,029 \text{ m}^3/\text{seg} \text{ despejando } Q \\ K &= 1,84 \\ L &= \text{Longitud de la cámara de quietamiento.} \\ L &= 0,80 \text{ m (adoptado)} \\ H &= (0,029 / (1,84 \cdot 0,80))^{2/3} \\ H &= 0,07 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Velocidad de paso por el vertedero (V).**

$$\begin{aligned} V &= Q_{\text{excesos}} / A \\ Q_{\text{excesos}} &= 0,03 \text{ m}^3/\text{seg} \\ A &= H \cdot L \\ A &= 0,06 \text{ m}^2 \\ V &= 0,03 / 0,06 \\ V &= 0,49 \text{ m/seg} \end{aligned}$$

- Alcance horizontal máximo Ahm.

$$\begin{aligned} Ahm &= 0,36 \cdot V^{2/3} + 0,60 \cdot H^{4/7} \\ Ahm &= 0,36 \cdot 0,49^{2/3} + 0,60 \cdot 0,07^{4/7} \\ Ahm &= 0,36 \text{ m} \\ Ahm &= 0,50 \text{ m (valor adoptado)} \end{aligned}$$

6.8.4 Cálculo del diámetro de la tubería de desagüe.

$$\begin{aligned} Q_{\text{excesos}} &= (1/n) \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\ Q_{\text{excesos}} &= 0,03 \text{ m}^3/\text{seg} \\ n &= 0,009 \\ S &= \text{Pendiente adoptada} \\ S &= 10,00\% \end{aligned}$$

- **Cálculo del diámetro de la tubería de excesos.**

$$D = (Q_{\text{excesos}} \cdot n \cdot 4^{5/3} / (\pi \cdot S^{1/2}))^{3/8}$$

$$D = (0.03 \cdot 0.009 \cdot 4^{5/3} / (\pi \cdot 0.01^{1/2}))^{3/8}$$

$$D = 0,107 \text{ m}$$

$$D = 4''$$

- Tubería de entrada:

Se calcula mediante la expresión:

$$Q_{\text{diseño}} = V \cdot A$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal de diseño}$$

$$A = \text{Área}$$

Se asume una velocidad (V), de 0,40 m/s

Se calcula el diámetro:

$$\phi = \text{Raíz}(4 \cdot 0,017 / 3,1416 \cdot 0,40)$$

$$\phi = 0,23 \text{ m}$$

$$\phi = 9,06 \text{ pg}$$

$$\phi = 10,00 \text{ pg}$$

$$A = \pi D^2 / 4$$

$$A = 3,1416 \cdot (0,23)^2 / 4$$

$$\text{Área tubería} = 0,05 \text{ m}^2$$

- Pérdidas (h):

Se calculan mediante la siguiente formula:

$$Q_{\text{diseño}} = C \cdot A \cdot \text{raíz}(2 \cdot g \cdot h)$$

$$C = 0,61 \text{ (por contracción de la vena líquida)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/seg}$$

$$h = (1 / (2 \cdot g)) \cdot (Q_{\text{diseño}} / C \cdot A)^2$$

$$h = (1 / (2 \cdot 9.81)) \cdot (0,017 / 0,61 \cdot 0,05)^2$$

$$h = 0,016 \text{ m}$$

6.8.5 Estructura de entrada. Para obtener una buena distribución del flujo, se toma como estructura de entrada una canaleta con orificios. El número y tamaño de los orificios se calcula para obtener una velocidad de entrada no mayor de 0,30 m/s.

- **Área de los orificios.**

$$A = Q_{\text{diseño}}/V$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0,017 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V = 0,30 \text{ m}/\text{seg}$$

$$A = 0,017/0,30$$

$$A = 0,057 \text{ m}^2$$

Se considera la contracción de la vena líquida.

$$\text{Contracción} = (\text{Area Chorro})/(\text{Area real})$$

$$\text{Contracción} = 0,61$$

$$\text{Area Real} = 0,057/0,61$$

$$\text{Area Real} = 0,093 \text{ m}^2$$

- **Número de orificios.** Se adopta orificios de diámetro $D=4"$:

$$D \text{ orificio} = 4"$$

$$\text{Area} = 0,25 \cdot 3,1416 \cdot (4 \cdot 0,0254)^2$$

$$\text{Area} = 0,0081 \text{ m}^2$$

$$n = (\text{Area Real})/(\text{Area Orificios})$$

$$n = 0,093/0,0081$$

$$n = 12 \text{ orificios.}$$

- **Distribución de los orificios.** Se efectuará en dos filas:

$$f \text{ (número de filas)} = 2,00$$

$$L = \text{ancho del desarenador.}$$

$$L = 0,80 \text{ m}$$

$$n = \text{número de orificios por fila.}$$

$$n = 6,00 \text{ orificios}$$

$$a1 = \text{Espaciamiento.}$$

$$t = \text{Diámetro}$$

$$t = 0,10 \text{ m}$$

El espaciamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$a1 = (L/n) - t$$

$$a1 = (0,80/6,00) - 0,10$$

$$a1 = 0,032 \text{ m}$$

Se calcula la separación centro a centro

$$(a1+t) = 0,032 + 0,10$$

$$(a1+t) = 0,133 \text{ m}$$

Separación en los extremos

$$(a1+t)/2 = (0,032+0,10)/2$$

$$(a_1+t)/2 = 0,067 \text{ m}$$

Se adopta un ancho de canaleta.

$$\begin{aligned} B \text{ canaleta} &= 0,4 \text{ m} \\ a_2 &= \text{Separación} \\ a_2 &= B_{\text{canaleta}}/2 - D \text{ orificio} \\ a_2 &= 0,4/2 - 0,10 \\ a_2 &= 0,10 \text{ m} \\ a_2 + t &= 0,10 + 0,10 \\ a_2 + t &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Separación centro a centro

$$\begin{aligned} (a_2 + t)/2 &= (0,10+0,10)/2 \\ (a_2 + t)/2 &= 0,10 \text{ m} \end{aligned}$$

Separación en los extremos

$$\begin{aligned} (a_1+t)/2 &= (0,032+0,10)/2 \\ (a_1+t)/2 &= 0,067 \text{ m} \end{aligned}$$

Pérdida de carga por los orificios.

$$\begin{aligned} Q &= C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \\ C &= \text{Coeficiente de descarga.} \\ C &= 0,61 \\ g &= 9,81 \text{ m/seg}^2 \\ A &= (n \cdot \phi \cdot \pi \cdot t^2)/4 \\ A &= 2 \cdot 6 \cdot \pi \cdot (0,10^2)/4 \\ A &= 0,097 \text{ m}^2 \\ h &= (1/(2 \cdot g)) \cdot (Q/C \cdot A)^2 \\ h &= (1/(2 \cdot 9,81)) \cdot (0,017/(0,61 \cdot 0,097))^2 \\ h &= 0,0042 \text{ m} \end{aligned}$$

La pérdida en los orificios es muy baja, debido a las bajas velocidades.

- **Altura de la canaleta.**

$$\begin{aligned} h &= (1/2) \cdot H \\ h &= (1/2) \cdot 1,10 \\ h &= 0,55 \text{ m} \end{aligned}$$

6.8.6 Estructura de Salida. La salida del desarenador se hará a través de un vertedero de pared delgada. Altura de la lámina de agua en el vertedero:

$$\begin{aligned} h &= (Q_{\text{diseño}}/(K \cdot L))^{2/3} \\ K &= 1,84 \\ h \text{ vertedero} &= (0,017/(1,84 \cdot 0,80))^{2/3} \\ h \text{ vertedero} &= 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

El vertedero estará ubicado a 0,30 m de la cortina para sólidos flotantes.

Altura de sumergencia h_s :

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

$$g = 9,81$$

De la fórmula anterior se despeja h .

$$h_s = \frac{(1/2 \cdot 9.81) \cdot (0,017/0,61 \cdot 0,0081)^2}{2}$$

$$h_s = 0,60 \text{ m}$$

$$h_s \text{ mín} = \frac{\sum k \cdot V^2}{2 \cdot g} + \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$h_s \text{ mín} = \frac{(\sum k + 1) \cdot V^2}{2 \cdot g}$$

$$k = 0,50 \text{ para entrada corriente.}$$

$$V = Q_{\text{diseño}}/A$$

$$V = 2,10 \text{ m/seg}$$

$$h_s \text{ mín} = \frac{(0,5+1) \cdot 2.10^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$h_s \text{ mín} = 0,34 \text{ m}$$

$$h_s > h_s \text{ mín}$$

- **Longitud de la canaleta de salida.**

$$X = 0,36 \cdot V^{2/3} + 0,60 \cdot h_{\text{vertedero}}^{4/7}$$

$$V = Q/A_s$$

$$A_s = h_{\text{vertedero}} \cdot L$$

$$A_s = 0,041 \text{ m}^2$$

$$V = 0,42 \text{ m/seg}$$

$$X = 0,31 \text{ m}$$

$$X = 0,35 \text{ m valor adoptado}$$

Espacio libre entre el vertedero y la pared del desarenador

Se prevé este espacio libre para evitar turbulencia. Se obtiene con base en el Caudal y en la Velocidad de Arrastre (V_a).

$$V_a = 161 \cdot \phi^{1/2}$$

$$\phi = 0,014 \text{ cm}$$

$$V_a = 18,78 \text{ cm/seg}$$

$$V_a = 0,19 \text{ m/seg}$$

$$\text{Area Libre} = Q_{\text{diseño}}/V_a$$

$$\text{Area Libre} = 0,091 \text{ m}^2$$

$$\text{Area Libre} = (\text{Ancho desarenador}) \cdot (\text{Longitud libre})$$

$$\text{Longitud Libre} = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{Longitud Libre} = 0,15 \text{ m adoptado}$$

La longitud total del desarenador incluye las siguientes dimensiones: longitud de la canaleta de entrada, ancho de muro, longitud útil del desarenador, ancho de muro, longitud de la canaleta de salida, ancho de muro, longitud libre entre la canaleta de salida y la pared del desarenador.

Canaleta de entrada	=	0,40 m
Ancho de muro	=	0,15 m
Longitud útil desarenador	=	2,40 m
Ancho de muro	=	0,15 m
Longitud canaleta salida	=	0,35 m
Ancho de muro	=	0,15 m
Longitud libre entre canaleta de salida y pared del desarenador	=	0,15 m
Σ	=	3,75 m

6.8.7 Sistema de extracción de lodos.

Peso sedimento	=	Concentración * Qdiseño
Concentración	=	2000,00 mg/lt
Peso sedimento	=	2937,60 kg/día
Gravedad especifica	=	2650,00 kg/m ³
Volumen lodos	=	Peso especifico/Gravedad especifica
Volumen lodos	=	1,11 m ³
Altura media de lodos	=	Volumen lodos/ Area sedimentación
Área Sedimentación	=	Bdesarenador * Ldesarenador
Área Sedimentación	=	3,00 m ²
Altura media de lodos	=	0,37 m
Altura media de lodos	=	0,40 m (adoptado)

Distancia punto de entrada.

$$L/3 = 1,25 \text{ m}$$

Distancia punto de salida al vertedero de salida.

$$2*L/3 = 2,50 \text{ m}$$

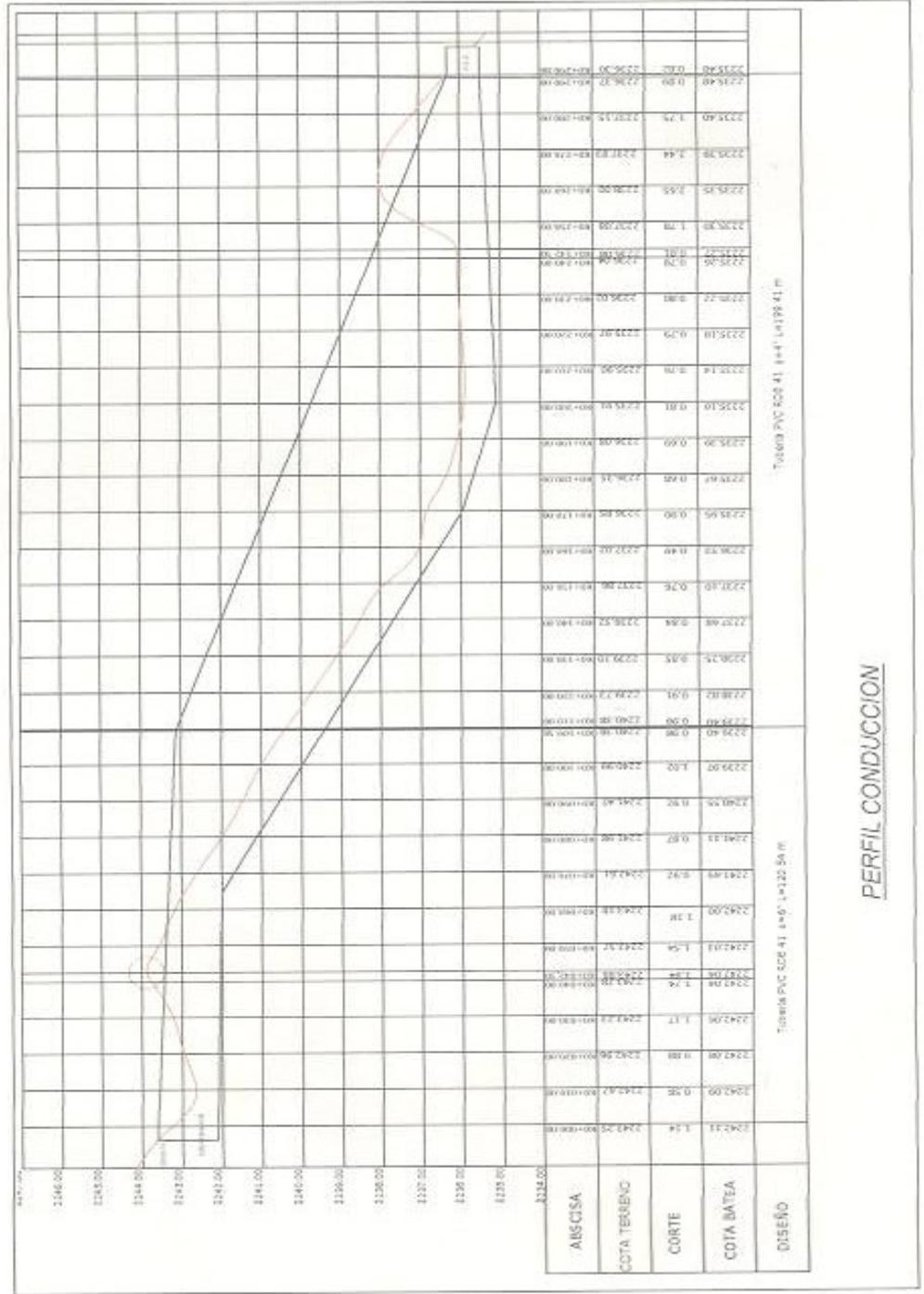
Se adopta una pendiente transversal para facilitar el proceso de limpieza.

P	=	5,00%
P long. 1	=	Altura media de lodos/(L/3)
P long. 1	=	32,00%
P long. 2	=	Altura media de lodos/(2*L/3)
P long. 2	=	16,00%

6.9 CONDUCCIÓN

El tipo de conducción es a presión, para el diseño se tubo en cuenta la relación con la línea piezométrica y la topografía de la zona, obteniendo así un esquema determinado. (Figura 16).

Figura 16. Perfil conducción



PERFIL CONDUCCION

La tubería a utilizar es en P.V.C RD 41. Dadas las condiciones del terreno, no se requiere de válvulas.

- **Parámetros de diseño.** Se tienen en cuenta los siguientes aspectos

Caudal de diseño	=	0,017 L/seg.
Material	=	PVC
Coef. Rugosidad	=	150
RDE	=	41
Presión de Trabajo	=	7,03 kg/cm ²
▽ Agua Desarenador	=	2243,610 msnm.
▽ Agua Filtro	=	2235,965 msnm.
Cabeza de Presión mínima Filtro	=	hm
hm	=	2,5 m.
Cabeza de Presión Estática (Lv)	=	▽ Salida Desarenador-(▽ Agua Filtro+hm)
Cabeza de Presión Estática (Lv)	=	2243,610-(2235,965 + 2,5)
Cabeza de Presión Estática (Lv)	=	5,145 m
Long. Horizontal (Lh)	=	290,86 m
Lt	=	Long incluyendo pérd. por accesorios (5%)
Lt		

Para determinar el diámetro de la tubería se utiliza la fórmula de William - Hazen

Q	=	$0.2785 \cdot C \cdot (D^{2.63}) \cdot (J^{0.54})$
C	=	Coeficiente de rugosidad.
C	=	150
D	=	Diámetro de la tubería.
J	=	Pérdida de carga. (m/m)
J	=	Lv/Lh
J	=	5,145/290,86
J	=	0,018 m/m
D	=	$(Q / (0.2785 \cdot C \cdot J^{0.54}))^{1/2.63}$
D	=	$(0,017 / (0,2785 \cdot 150 \cdot 0,018^{0,54}))^{1/2,63}$
D	=	0,118 m
D	=	4,63 Pulg.

Para realizar el consumo de la cabeza disponible, se hará una combinación de diámetros.

Para el ϕ RDE 41	=	4,28" se tiene que j es:
j	=	$(Q / (0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63}))^{1/0,54}$
j	=	$(0,017 / (0,2785 \cdot 150 \cdot (0,4.28 \cdot 0.0254)^{2,63}))^{1/0,54}$
j (4")	=	0,026 m/m

Para el ϕ RDE 41 = 6,301"

Se tiene que j es.

$$j = (Q / (0,2785 * C * D^{2,63}))^{(1/0,54)}$$

$$j = (0,017 / (0,2785 * 150 * (06.301 * 0.0254)^{2,63}))^{(1/0,54)}$$

$$j(6") = 0,0040 \text{ m/m}$$

Se determinará la longitud de la tubería de $\phi = 4"$

$$L(4") * j(4") + (LT - L(4")) * j(6") = L_v$$

L_v = Cabeza estática de presión.

$$L(4") = (L_v - L_t * j(6")) / (j(4") - j(6"))$$

$$L(4") = (5,145 - 305,40 * (0,0040)) / (0,026) - (0,0040)$$

$$L(4") = 181,23 \text{ m}$$

La longitud de la tubería de $\phi = 6"$

$$L(6") = L_h - L(4")$$

$$L(6") = 290,86 - 181,23$$

$$L(6") = 109,63 \text{ m}$$

Comprobación de pérdida de carga.

$$H(4") = 0,026 * 181,23$$

$$H(4") = 4,71 \text{ m}$$

$$H(6") = 0,004 * 109,63$$

$$H(6") = 0,43 \text{ m}$$

$$\Sigma = 5,145 \text{ m}$$

Tabla 20. Cálculos de especificaciones para la tubería de conducción

Tramo	Longitud (m)	Longitud de Tubería (m)	Caudal (m3/seg)	Diámetro (pg)	Velocidad (m/seg)	
					Inicial	Final
1 a 2	109,63	120,59	0,017	6,301	0,845	
2 a 3	181,23	199,35	0,017	4,28	1,831	

Tramo	Pérdidas		∇ Piezométrica		∇ Roja	
	Unitaria (m/m)	Total (m)	Inicial	Final	Inicial	Final
1 a 2	0,004	0,48	2243,61	2243,13	2242,45	2239,61
2 a 3	0,026	5,18	2243,13	2237,95	2239,61	2236,30

Tramo	Presión	
	Inicial	Final
1 a 2	1,16	3,52
2 a 3	3,52	1,65

En el cálculo de la tubería de conducción se tienen en cuenta: longitud de la tubería, caudal, diámetro, velocidad, pérdidas, cota piezométrica, cota roja y presión.

6.10 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

El sistema de tratamiento de agua seleccionado para este proyecto, es un filtro dinámico. (Figuras 17, 18).

Q_D Bocatoma	= 17L/seg
M3/hora	= 61,20
Area de filtración m ²	= 9,87
Velocidad de Filtración V_f (m/h)	= 6,2
Velocidad superficial de Lavado	
V_s (m/s) V_s (m/h)	= 0,3

• Lecho

Ancho (m)	L (m)	A_L
2,83	3,48	9,905 m ²
2,83	3,50	

Velocidad de lavado	= 20 m/h según RAS 2000 C.3.5.2.3 = 17
Caudal total de lavado	= 35,39 L/seg
Número de tubos laterales	= 4
Q lateral (q_L)	= 4,25 L/seg
R_D asumido	= 0,0015

6.10.1 Sistema de recolección-drenaje-cámara de lavado. Consiste en un sistema ubicado debajo del lecho filtrante, compuesto por tubería, con un colector principal con varios colectores secundarios, que tienen orificios uniformemente distribuidos a lo largo del tubo, este sistema cumple la función de coleccionar el agua filtrada.

• Número de orificios (n)

$A_o = \pi \cdot d_o^2 / 4$	
d	= 0,009525
A_o	= 7,13 E-0,5 m ²

Figura 18. Filtro dinámico, secciones B-B, C-C, D-D, E-E, F-F

- **Número de orificios por lateral**

$$n = R_D \cdot A_L / A_o$$

$$n = 134,09$$

$$\text{Se adoptan } n = 34$$

- **Diámetro lateral**

$$d_L = \sqrt{2 \cdot n \cdot d}$$

$$d_L = 7,85 \text{ cm} = 3,09 \text{ pulg}$$

$$\text{Se adopta } d_L = 4 \text{ pulg.}$$

$$\text{Área (tubo L)} = 0,0081 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad del tubo} = 0,35 \text{ m/seg}$$

$$\text{Número de tubos para cada módulo } 2,0$$

- **Diámetro de la tubería principal**

$$d_p = 8,0 \text{ pulg}$$

$$\text{Area (tubo p)} = 0,0324 \text{ m}^2$$

$$V \text{ (tubo p)} = 0,26 \text{ m/seg}$$

Tabla 21. Perdidas orificios sumergidos filtro

Perdidas(orificio sumergido)			hfs	por seguridad
Perdidas(entrada)	2	1	0,011	0,055m
Perdidas (valvula)	2	1,400		
Sumatoria-K		2,400		

Tabla 22. Velocidad de diseño

Velocidad de diseño(m/s)	Vel (canal-regilla) (m/s)
0,3	0,15

Tabla 23. Calculo del diametro de los orificios para cada modulo

Qd(de lavado)	c(orificio sumergido)	h(asumda)m	A(m2)	D(m)	D(pulg)	D"aprox
0,035	0,410	0,800	0,022	0,167	7	8"

- **Vertedero de Excesos**

Q excesos	=	0,054941 m ³ /sg
L asumido	=	0,5 M
H	=	0,153 M
V	=	0,719208 m/sg

- **Alcance horizontal máximo**

Xs (m)	=	0,494
Xs seguridad (m)	=	0,6
D (pulgadas)	=	16,464
D comercial (pulg)	=	14
A (m ²)	=	0,099
C	=	0,61
H (m)	=	0,042

- **Tuberia aduccion (filtro-desarenador)**

Cota salida filtro(m) 500,61 M
 Cota Desarenador(nivel de agua) = 494,5

Tabla 24. Perdidas por accesorios

k entrada	0,5	m	Rugosidad	1,5E-06	m
k valvula compuerta	0,38	m	Temperatura del agua	18	° C
Codos 2	0,08	m	Viscosidad	1E-06	
Salida Desarenador	1	m	Coef. Perdidas Ac.	1,96	
Sumatoria de K	1,96	m	Caudal diseño	17,00	LPS
			Cabeza a perder	6,11	m
			Longitud	95	m
			L(D1)	96,49	
			I(D2)	0,41	

Tabla 25. Calculo de diámetro y pérdidas

Φ''	VEL	Σ Km	Re	f asumido	F		Hf	Hm	Ht
					calculado				
6	0,932	0,58	136042,2	0,01328	0,01735	0,00	0,03	0,03	
6	0,932	0,58	136042,2	0,01735	0,01683	0,00	0,03	0,03	
6	0,932	0,58	136042,2	0,01683	0,01689	0,00	0,03	0,03	
6	0,932	0,58	136042,2	0,01689	0,01689	0,00	0,03	0,03	
6	0,932	0,58	136042,2	0,01689	0,01689	0,00	0,03	0,03	
4	2,097	1,38	204063,3	0,01315	0,01587	3,38	0,31	3,69	
4	2,097	1,38	204063,3	0,01587	0,01554	3,31	0,31	3,62	
4	2,097	1,38	204063,3	0,01554	0,01558	3,32	0,31	3,62	
4	2,097	1,38	204063,3	0,01558	0,01558	3,31	0,31	3,62	
4	2,097	1,38	204063,3	0,01558	0,01558	3,32	0,31	3,62	

PVC BIAxIAL RDE 40 (Presión de trabajo = 70,3 m.)

se tiene que excavar 30 cmt
 Perdidas Totales = 0,31m

$$\begin{aligned}
 H_o &= \sum K_i * V^2/2g &= & 0,44 \text{ M} & \text{Aprox} \\
 h_s &= H_o + V^2/2g &= & 0,66 \text{ M} & 3,66 \text{ m} & \text{Por seguridad} = 1,04
 \end{aligned}$$

• **Canaleta de salida**

$$\begin{aligned}
 Q_D &= &= & 0,0170 \text{ M}^3/\text{sg} \\
 V &= &= & 0,3 \text{ M}/\text{sg} \\
 H(\text{lamina de Agua}) &= &= & 0,02 \text{ M} \\
 X_s &= &= & 0,23 \text{ M} \\
 \text{Por seguridad se Adopta} & & & 0,4 \text{ M} \\
 D(\text{adoptado}) &= &= & 8 \text{ Pulg} \\
 H_s &= &= & 0,038 \text{ M} \\
 H_s \text{ mínimo} &= &= & 0,007 \text{ M} \\
 H_s > H_s \text{ min} & & & \text{Cumple} \\
 H_s \text{ por seguridad} &= &= & 0,3 \text{ M}
 \end{aligned}$$

Por recomendación del Fime $A < 10 \text{ m}^2$ entonces se diseñan 2,0 módulos

• **Modulo 1**

$$\begin{aligned}
 Q_1 \text{ } 1/2 Q_D &= &= & 8,50 \\
 \text{M}^3/\text{hora} &= &= & 30,60 \\
 \text{A. de filtración } \text{m}^2 &= &= & 4,94 \\
 \text{Velocidad de Filtración } V_f \text{ (m/h)} &= &= & 6,2 \\
 \text{Velocidad superficial de Lavado } = V_s \text{ (m/s)} &= &= & 0,3 \\
 V_s \text{ (m/h)} &= &= & 1080
 \end{aligned}$$

- **Lecho**

Ancho(m)	L(m)
1,417	3,48
1,82	3,50
$A_L =$	6,37

- **Modulo 2**

Q_1 1/2QD	=	8,50
M3/hora	=	30,60
A. de filtración m2	=	4,94
Velocidad de Filtración V_f (m/h)	=	6,2
Velocidad superficial de Lavado = V_s (m/s)	=	0,3
V_s (m/h)	=	1080

- **Lecho**

Ancho (m)	L(m)
1,42	3,48
1,40	3,50
$A_L =$	4,9

Caudal de Lavado = 0,03539 m3/s

QMD	Qmd	QMH
20,32	15,24	28,47

CH(capta) 21,5392

Tabla 26. Calculo de diametro

V	s	D	d(PUL)	Q	A
0,39	0,01	0,05	2	0,0008	0,002
0,51	0,01	0,08	3	0,0023	0,005
0,62	0,01	0,10	4	0,0050	0,008
0,82	0,01	0,15	6	0,0149	0,018
0,99	0,01	0,20	8	0,0320	0,032
1,15	0,01	0,25	10	0,0581	0,051
1,29	0,01	0,30	12	0,0944	0,073
1,43	0,01	0,36	14	0,1425	0,099
1,57	0,01	0,41	16	0,2034	0,130

Tabla 27. Vertedero triangular (alturas de control)

C	>45°	H	Q
		0,1900	
1,136		6	0,021
		0,1746	
1,136		6	0,017
h(cm)	Lt/seg		
4	0,4		
5	0,8		
6	1,2		Altura de control
7	1,8		17,47cm
8	2,5		
9	3,3		
10	4,3		
11	5,6		
12	6,9		
13	8,5		
14	11		
15	12		
16	14		
17	16		

6.10.2 Lecho filtrante y de soporte. Es el elemento más importante, compuesto por tres capas de grava ordenadas de la siguiente manera:

Tabla 28. Lecho filtrante

	Diámetro material(pul)	d(cm)	Espesor capa
#4		0,6	20
1/2"		1,27	20
1"		2,54	20

Tabla 29. Perdidas en el lecho filtrante

hf en el lecho filtrante	0,0582	hm(en el múltiple colector)	0,03567826	n(pvc sanitaria)	r(radio hidráulico)	s(calculado)
	0,0130	hp(en el conducto principal)	0,00034507	0,009	0,0508	0,000295776
	0,0032	h1(en el conducto lateral)	0,03533319	n(pvc drenaje)	r(radio hidráulico)	s(calculado)
	0,0744			0,02	0,0254	0,058888654

Ha (perdidas por accesorios)

Válvula tee 0,00189 0,0006653
 Válvula de compuerta 0,19

Tabla 30. Perdidas por accesorios

Perdidas por accesorios			Perdidas por tubería		
Accesorio	CANT	Km.	Rugosidad	1,5E-06	m
Codo 90	2	1,6	Temperatura del agua	18	° C
Tee	4	1,2	Viscosidad	1E-06	
Reducción	2	0,4	Caudal diseño	17,00	LPS
Salida	2	2	Longitud	7,28	m
	ΣKm	5,2			
Perdidas A	0,0728				

Tabla 31. Perdidas totales en el filtro

φ"	VELOCIDAD	Re	f asumido	F calculado	Hf=Ht
8	0,524	102031,633	0,0010	0,0259	0,0130
8	0,524	102031,633	0,0259	0,0172	0,0086
8	0,524	102031,633	0,0172	0,0180	0,0091
8	0,524	102031,633	0,0180	0,0179	0,0090
8	0,524	102031,633	0,0179	0,0180	0,0090

Perdidas totales en el filtro = 0,1183 m

6.11 ESTANQUES

Se discrimina el volumen de los estanques para cuatro fases de vida de los peces: alevinos, dedinos, juveniles y adultos (Figura 19). Para las dos primeras fases se requieren de 4 piletas, estas estructuras serán en mampostería, y para las dos fases restantes se requerirá de 8,0 estanques en tierra tipo canaleta, para evitar las zonas muertas y que el flujo de agua acelere la velocidad de la corriente permitiendo la auto limpieza de la unidad. La entrada de agua a las canaletas se hará a través de vertederos y la salida será por un canal de recolección del cual se dirigirá el agua por tubería a una fosa séptica y a un filtro biológico

Figura 19. Disposición estructuras de cultivo

6.11.1 Volumen requerido para piletas de alevinaje. El volumen de agua que se requiere para almacenar 5300 alevinos es de $1,6 \text{ m}^3$. Se diseñan 2 unidades, con el objeto de hacer siembras continuas. (Figura 20)

Vtotal	=	3,2
N	=	Número de unidades
N	=	2,00 unidades
Volumen por pileta	=	1,60 m ³

• **Dimensiones.**

Ancho	=	1,00 m
Longitud	=	3,20 m
H inicio útil	=	0,50 m
Pendiente	=	0,02 m/m
H final útil	=	0,56 m
Volumen útil Pileta	=	1,70 m ³

Se incluye a la altura útil de la pileta de alevinaje un borde libre = 0.25 m

6.11.2 Volumen requerido para piletas de dedinos. El volumen requerido para sembrar 4770 dedinos, es de 7.6 m^3 , para esta fase se necesitan 2 piletas. (Figuras 21 y 22).

Volumen Total	=	15,20
N	=	Número de unidades
N	=	2,00 unidades

Volumen por pileta	=	7,60 m ³
--------------------	---	---------------------

• **Dimensiones.**

Ancho	=	1,50 m
Longitud	=	6,00 m
H inicio útil	=	0,80 m
Pendiente	=	0,02 m/m
H final útil	=	0,92 m
Volumen útil pileta	=	7,74 m ³

Se incluye a la altura útil de la pileta un borde libre:

Borde libre	=	0,25 m
-------------	---	--------

6.11.3 Volumen requerido para canaletas de juveniles. En esta fase se sembrarán 4436 animales que se dividirán en cuatro canaletas. El volumen para cada unidad de cultivo es de 19.12 m^3 . (Figura 23) Para un volumen total de $76,48 \text{ m}^3$.

Figura 20. Planta de piletas de alevinos

Figura 21. Planta piletas para dedinos

Figura 22. Corte A-A, corte B-B, corte C-C estructura para piletas de dedinos

Figura 23. Planta canales para juveniles, perfil canales juveniles

Volumen Total = 76,48 m³
 N = Número de unidades
 N = 4,00 Unidades

Volumen canaleta = 19,12 m³

El volumen a calcular se hace de manera geométrica:

$V = (A1+A2+(A1*A2)^{0.5})*(Prom./3)$

• **Área de la superficie de la canaleta.**

A1 = Area Superficie.
 A1 = $b1 * l1$
 B = Ancho
 B1 = 2,50 m
 L = Longitud
 l1 = 13,56 m
 A1 = 33,90 m²

• **Área del fondo de la canaleta.**

A2 = Área fondo.
 A2 = $b2 * l2$
 b2 = 0,9
 l2 = 11,96
 A2 = $0,9 * 11,96$
 A2 = 10,76 m²

• **Alturas de la canaleta.**

H = Altura
 Prom. = $(Hinicio + Hfinal)/2$
 Hfinal = 0,80 m
 Hinicio = $Hfinal + y$
 y = Longitud fondo de la canaleta
 y = $11,96 * S$
 S = Pendiente
 S = 0,02
 Y = $11,96 * 0,02$
 y = 0,24 m
 Hinicio = $0,80 + 0,24$
 Hinicio = 1,04

$$\begin{aligned} \text{Prom.} &= (1,04 + 0,80)/2 \\ \text{Prom.} &= 0,92 \text{ m} \\ V &= 33,90+10,76+(33,90*10,76)^{0,5}*0,92/3 \\ V &= 19,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **Área unitaria de infiltración (A).**

Esta área corresponde a la sumatoria de las áreas laterales del estanque, se tiene en cuenta este parámetro con el objeto de hacer reposición del caudal que se pierde por este fenómeno.

$$\begin{aligned} \text{Aparedes} &= (1/2)*h*(a1+ a2) \\ \text{A Base} &= a1*a2 \end{aligned}$$

Tabla 32. Áreas de infiltración en las canaletas de juveniles.

Area	H (m)	a1 (m)	a2 (m)	Area (m2)
A1	0,80		2,50	1,36
A2	1,04		2,50	1,77
A3	0,80	1,04	13,56	11,73
A4			0,90	10,76
$\Sigma =$				25,62

$$\begin{aligned} \text{Área total infiltración} &= \Sigma*N \\ \text{A. total infiltración} &= 102,50 \quad \text{M}^2 \end{aligned}$$

6.11.4 Volumen Requerido para Canaletas de Adultos. Para esta fase se diseñaran 4 canaletas, con un volumen unitario de 18,17 m³ de agua, para cultivar 4214 truchas. (Figura 24).

En la tabla 33 se indica el área de infiltración de los estanques de adultos.

Figura 24. Planta canales para adultos, perfil canales adultos

Tabla 33. Áreas de infiltración en los estanques de adultos

Area	H (m)	A1 (m)	A2 (m)	Area (m2)
A1	0,80	2,50	0,90	1,36
A2	1,03	2,50	0,90	1,74
A3	0,80	1,03	12,92	11,07
A4		0,90	11,32	10,19
$\Sigma =$				24,36
Área total infiltración	=	$\Sigma * N$		
Área total infiltración	=	97,44	M2	

6.12 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DE LA ESTACION PISCICOLA

Para tratar el agua que sale de la estación piscícola se diseña una fosa séptica y un filtro biológico que contiene buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) para remover la polución producida por las truchas.

6.12.1 Diseño fosa septica. Para el diseño de esta estructura se tiene en cuenta las normas R.A.S 2000. Artículo 153 A 11.4.5. (figura 25)

- **Criterios de diseño para el cálculo del volumen útil de la fosa séptica:**

Aguas residuales a ser manejadas: 0.5% de biomasa de trucha (1000 Kg)

Lodo fresco = 1 Kg/día

Contribución diaria = 16000 L/día 0,19 L/seg

Tiempo de retención = 1 día

- Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalos de limpieza = 3 años

Temperatura = 22°C

Tasa de acumulación de lodos digerido en días, equivalente al tiempo de

Acumulación de lodo fresco 137 k

- **Dimensiones**

Volumen útil = 544 m²

Relacion L/A = 1:2

Largo = 3,7m

Alto = 2,0 m

Ancho = 3,29 m

Figura 25. Sistema de tratamiento fosa séptica, filtro biológico cortes A-A, B-B, C-C, D-D.

De acuerdo a las normas R.A.S 2000, el presente diseño cumple con los parámetros mínimos que se estipulan en el artículo A 11.4.7. como se indican a continuación:

Profundidad mínima = 1,8
Largo interno mínimo = 0,8
Relación largo - ancho = 1:2

6.12.2 Filtro biológico. Para devolver el agua servida del cultivo de trucha al río El Barranco se diseña este tipo de filtro que es de flujo ascendente, que contiene buchón de agua para mejorar su calidad.

Tiempo de retención hidráulica
T min = 2,5 horas RAS 200 E7.3.5.3
T diseño = 14,64 horas
Remoción exigida por la Corporación Autónoma Regional Para El Desarrollo de Nariño. CORPONARIÑO = 80%
K para Tmínimo = 1

Volumen el filtro biológico

El volumen se determina mediante la siguiente expresión:

$$V_u = Q_{\text{diseño}} * TRH$$
$$V_r = 9,8 \text{ m}^3$$

Eficiencia de remoción
 $E = 100 * (1 - (\text{sustrato de digestión} / (TRH \text{ exp coeficiente } m)))$
E = 83%

El filtro biológico esta compuesto por un lecho de grava redonda de 4 a 7 cm, con una porosidad máxima de 0,66 y un área específica de $98 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

• Dimensiones

Alto = 2,5
Ancho = 1,2
Largo = 3,3

Las pérdidas en el filtro biológico se indican en la tabla 34.

Tabla 34. Pérdidas en el filtro biológico

PARAMETRO	CANT	UNIDAD
Tasa de filtracion maxima	3,7	m ² /m ³ /d
Diámetro de tubería de distribución	4	pulg
Diámetro de orificios de entrada	2,5	pulg
Diámetro de perforaciones de percolación	3/5	Pulg
Tubería número de orificios	225	Unid
Orificios en el falso fondo	91	Unid
Velocidad	0,016	M/min

Pérdida en la grava

$$H_g = V_a * L / 30,0133$$

Pérdida en el falso fondo

$$H_g = Q^2 / (c^2 A^2 g)$$

$$Q = 8,600444E-08$$

Pérdidas en el falso fondo = 0,00000009 m (despreciable)

Tabla 35. Perdidas en la tubería del filtro biológico

CANTIDAD	ELEMENTOS	LONG. EQUIVALENTE
10	Codo 90 grados	34
5	Entrada frontal	16
250	Salida en orificio	3,7E-14
	Longitud por pérdida	50
	Longitud de tubería	35,45
	Longitud total	85,45

$$h_f = 0,00002 \text{ m.}$$

$$\text{Total de perdida en el filtro biológico} = 0,013 \text{ m.}$$

Perdidas en el falso fondo:

$$h_f = K_{1/2} * g * 86400 * (A_{7a}) * q$$

$$h_f = 0,00000002 \text{ m}$$

Perdida total en el filtro biológico

$$h_g = (l/3 * 1440) * q$$

$$h_f = 0,002 \text{ m}$$

Pérdidas por colmatación

Ht = 0,50

6.13 MANEJO TECNICO DE LA PRODUCCIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS (Oncorhynchus mikiss)

6.13.1 Ficha técnica. Se describe a continuación.

Cantidad de agua: 17 L/s.

- **Densidades de siembra.**

Alevinaje	3.333 alevinos m ³
Dedinaje	625 dedinos m ³
Engorde	58 Juveniles – adultos m ³
Número de canaletas para alevinaje	2,0
Número de canaletas para dedinaje	2,0
Número de canaletas para juveniles	4,0
Número de canaletas para engorde	4,0
Peso de siembra	2,0 g.

- **Indice de mortalidad proyectada.**

Alevinaje	10%
Dedinaje	7,0 %
Juveniles	5,0 %
Adultos	3,0 %
Pérdida por evisceración	12,5%
Peso final de cosecha	1018Kg.

6.14 PROCESO DE PRODUCCIÓN

6.14.1 Elección de la especie. La temperatura es el factor limitante para que en cada ecosistema acuático existan diferentes organismos, se desarrollen y cumplan con sus funciones vitales. Este aspecto es importante en el desarrollo y proceso metabólico de los peces, existen parámetros ideales para su normal crecimiento, como también para que cumplan con sus actividades vitales particularmente en su aspecto reproductivo.

Es importante tener los peces en las mejores condiciones de cultivo. Para peces de aguas frías como la trucha la temperatura optima esta entre 8,0 y 18°C. Considerando este aspecto, la temperatura promedio en el río el Barranco es de 16.5 °C, que permite el cultivo de trucha Arco Iris, de igual manera se opta por esta especie por tener buena aceptación en el mercado.

6.14.2 Adquisición de alevinos. Los peces se comprarán en las estaciones piscícolas productoras de alevinos en el país, se adquirirán peces de 2,0 gramos de peso.

Los peces se transportarán de su lugar de origen a la estación piscícola en bolsas de polietileno de un metro de alto por 0.70 m de ancho, la cantidad a transportar en cada bolsa será de 500 alevinos.

6.14.3 Siembra y aclimatación. Una vez lleguen los peces a la estación piscícola, se colocarán las bolsas sobre el agua de las canaletas para aclimatarlos, con un termómetro se toma la temperatura del agua de las bolsas y en quince minutos se coloca agua de las canaletas a las bolsas que contienen los alevinos, teniendo en cuenta que la temperatura no supere los 2 °C, se continúa con este proceso hasta igualar la temperatura de las bolsas con la de las canaletas.

Realizada la aclimatación, se inclina la bolsa suavemente para permitir que se mezcle el agua de la bolsa con la del estanque y se deja que los peces salgan libremente.

A partir de la siembra se supervisará a diario todas las piletas y canaletas para retirar los animales muertos, evitando la contaminación del resto de peces, como también se observará el estado de salud en que se encuentran.

Quincenalmente se estará haciendo muestreos para conocer el incremento de peso y talla de las truchas.

6.14.4 Densidades de siembra. Las densidades de siembra serán las recomendadas por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. Se sembrarán 3.333 alevinos por m³, 625 dedinos m³, 58 juveniles m³, 58 adultos m³.

6.15 CICLO DE PRODUCCIÓN

La producción en la estación piscícola será permanente, para cosechar una tonelada mensual de carne de trucha. Cada mes entrará a la estación 5300 alevinos, en esta fase se espera una mortalidad del 10%, quedando 4770 animales, terminada esta fase pasarán a otra pileta donde cumplirán la fase de dedinaje, con una mortalidad del 7% o sea 4436 peces, en la fase de juveniles se prevé una mortalidad del 5%, es decir 4214 truchas, que se trasladarán a las canaletas de engorde en la que se espera una mortalidad del 3%, quedando finalmente 4087 peces.

Para la producción de trucha arco iris se manejará dos líneas de cultivo, la primera consta de una pileta para alevinos, una pileta para dedinos, dos canaletas para juveniles y dos canaletas para adultos.

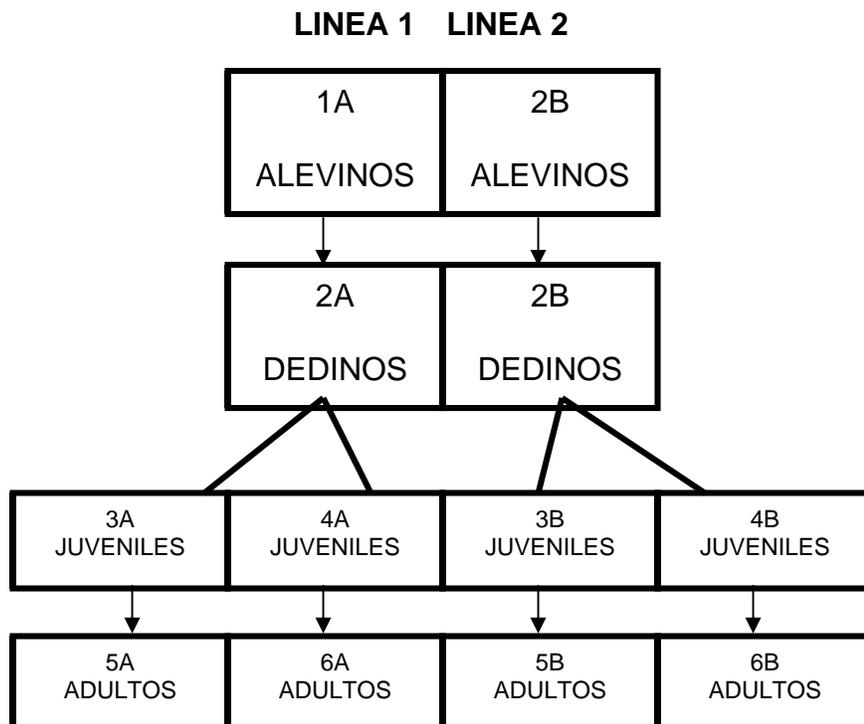
La primera línea de cultivo se iniciará en la pileta uno A donde los alevinos estarán un mes, a continuación pasarán a la canaleta dosA en la que los dedinos permanecerán dos meses, luego se distribuirán en las canaletas tres A y cuatro A en las que los juveniles se cofinaran por dos meses, y la última fase de adultos será en las canaletas cinco A y seis A, en las que estarán dos meses.

La segunda línea de cultivo consta del mismo número de unidades de producción con denominaciones unoB (alevinos), dosB (dedinos), tresB y cuatroB (juveniles) y cincoB y seisB (adultos).

El ciclo de cultivo será en 7,0 meses por lo tanto para la primera línea de cultivo se hará la primera siembra en el mes 1,0 y la segunda en el mes 3,0, en la segunda línea de producción la primera siembra será en el mes 2,0 y la segunda siembra en el mes 4,0, quedando vacías estas piletas (1A y 1B) por un mes para compensar el tiempo de cultivo en las demás unidades.

Las cosechas se harán en la primera línea, al finalizar el mes 7,0 y en la segunda línea un mes después, de esta manera se repite el ciclo y se hacen cosechas cada mes. La distribución de los peces se hará como se indica en la figura 26.

Figura 26. Esquema de la unidad productiva de trucha



6.16 ALIMENTACIÓN Y NUTRICION

El día que ingresen los alevinos a la estación piscícola, no se les suministrará alimento ya que no lo consumirán por el estrés al que han sido sometidos por el transporte. La alimentación se realizará al día siguiente, de esta manera se evitarán trastornos digestivos, debido al cambio de concentrado, aún si este es de la misma marca que les suministraban en el lugar de origen.

Para la alimentación se utilizará concentrado comercial, que cumpla con los requerimientos nutricionales exigidos por la trucha, este alimento será estrudizado para que los animales tengan el tiempo suficiente de consumirlo y haya un mejor aprovechamiento por parte del pez. El alimento será peletizado.

En alevinos se utilizará concentrado con el 48% de proteína, se suministrará 0.61 kilogramos/día dividido en 8,0 comidas. El tamaño del pelet será de 1.6 mm de diámetro aproximadamente y sin pigmento.

Para dedinos se utilizará alimento concentrado con el 45% de proteína sin pigmento, la cantidad de alimento día será de 3.5 Kg. repartidos en 6 raciones y con un tamaño de pelet de 1/8" por 2.3 mm de longitud.

En juveniles se suministrará alimento concentrado con 45% de proteína, con una frecuencia de alimentación de 6 veces al día, la cantidad de alimento será de 6.6 Kg. El tamaño de pelet será de 11/64" de diámetro por 4.5 mm de longitud aproximadamente y sin pigmento.

El alimento para adultos será de 45 % de proteína, la frecuencia de alimentación es de 4,0 veces al día, con una cantidad de 15.5 Kg./día. En esta fase el concentrado se suministrará con clorofil, pigmento que da coloración rosada a la carne, que es la requerida por el mercado.

En total se suministrarán 39 bultos en un ciclo de producción. (Tabla 36). guía de alimentación.

En la fase de alevinaje los peces permanecerán 28 días en las piletas, para las siguientes fases los animales permanecerán en sus respectivas piletas y canaletas, 56 días. Para un total de 196 días, en siete (7,0) meses que dura un ciclo de producción. No se alimentará los animales los días que se haga muestreos.

Tabla 36. Guía de alimentación para producir una tonelada de trucha arco iris

FASE	Nro.	TALLA PROM.	PESO PROM.	BIOMASA	ALIMENTO	ALIMENTO	ALIMENTO
	ANIMALES	CMS	GRS	KG	KG/DIA	KG/FASE	BULTOS
ALEVINOS	5300	5	2	10.6	0.61	18.3	0.45
DEDINOS	4770	13	3.5-30	81	3.5	210	5.25
JUVENILES	4436	18	30-80	244	6.6	396	9.9
ADULTOS	4214	18-30	80-300	1000	15.5	930	23.25
TOTAL							39

Esta tabla se hace con base en la tabla guía de purina (Ver anexo C).

6.16.1 Manejo del concentrado. El manejo del concentrado se hará de manera muy higiénica, se almacenará en una bodega que estará libre de humedad y con buena ventilación. El almacenaje será en períodos cortos no mayores a 30 días, para evitar la pérdida de nutrientes.

El concentrado se dispondrá en una estantería que se encontrara a una distancia de 0,5 m del suelo y a 0,5 m de las paredes para evitar que la humedad dañe el alimento.

Se realizarán fumigaciones frecuentes en la bodega y los alrededores para evitar las plagas como insectos y roedores.

Se llevará una estricta limpieza e higiene en los utensilios con los que se suministre el alimento.

El concentrado se suministrará en las cantidades recomendadas y de manera uniforme en el estanque de manera que se beneficien todos los peces, como también se alimentarán de acuerdo a la temperatura y el manejo que se les de tal como muestreos, traslado de los peces de un sitio a otro, selección, y suministro de medicamentos.

6.17 PROFILAXIS

En la estación piscícola se tomarán las medidas profilácticas necesarias a fin de evitar la presencia de materiales y organismos que degraden el medio ambiente y afecten los organismos en cultivo.

Para impedir el deterioro del agua se realizará periódicamente el mantenimiento y limpieza de las instalaciones: bocatoma mediante limpieza manual, tanque sedimentador con la eliminación de lodos, filtros haciendo limpieza manual, piletas realizando sifoneo y cepillado de las paredes, las canaletas mediante encalamiento en una proporción de 500 g/m².

El tratamiento a emplear para la purificación y desinfección del agua se hará mediante un filtro que evitará la entrada de organismos ajenos al cultivo tales como caracoles, quistes, huevos transmisores de enfermedades.

El mejor método que existe para evitar las infecciones es la prevención, por lo tanto se verificará que los peces que se adquieren en el mercado para el cultivo, estén exentos de infecciones y sean certificados en las estaciones que los expenden, limitando de esta manera la introducción de gérmenes.

Las medidas internas que se tomarán en la estación estarán fundamentadas en las necesidades vitales de las truchas, que consiste en:

- Proporcionar a los peces aguas óptimas para su normal desarrollo.
- Suministrar alimentos que reúnan condiciones sanitarias de excelente calidad.
- Limpieza y desinfección permanente de las unidades de producción y elementos de trabajo.
- Evitar en lo posible situaciones de estrés a la población en cultivo.

Después de utilizar las aguas en la estación piscícola se llevarán a una fosa séptica y a un filtro biológico para devolverlas al río en buenas condiciones al río.

6.17.1 Disposición de desechos. En la estación piscícola, para que no se formen focos de contaminación por proliferación de moscas y roedores, se recogerán las basuras orgánicas e inorgánicas que se generen y se colocarán en bolsas y se entregarán al carro recolector de basuras.

Los lodos producidos por la decantación en los sistemas de tratamiento del agua, se tratarán mediante deshidratación y posteriormente se utilizarán como abono para mejoramiento del suelo, de la finca.

El producto de la evisceración de las truchas se utilizará para alimentación de animales.

6.18 SACRIFICIO

Los peces se dejarán en ayunas durante 24 horas para que el tracto digestivo esté vacío en el momento de su sacrificio. Se llevarán a un tanque con agua en el que se sacrificarán de manera instantánea haciendo pasar una descarga de corriente eléctrica de 600 voltios en el agua. De esta manera se evita que los peces liberen ácido láctico en los tejidos y haya una mejor conservación del pescado.

6.19 EVISCERACION

Es el proceso mediante el cual se extrae el contenido interno del pez, que esta conformado por hígado, riñones, vejiga natatoria, gónadas, estómago e intestino. De la cabeza se extraen las branquias.

Después de la evisceración se lavan las truchas con 0.8 litros de agua cada una. Es decir que para 4087 animales, se necesitan 3.300 litros de agua.

6.20 CONSERVACIÓN DEL PESCADO

La conservación de las truchas en la estación piscícola se hará en un cuarto frío que tendrá las siguientes dimensiones 1.8 de alto, 1.5 m de longitud y 0.8 de ancho, con una capacidad de almacenamiento de una (1) tonelada de pescado. Para el transporte se hará en cajas de plástico con escamas de hielo.

6.21 VENTA DEL PESCADO

La trucha se venderá entera eviscerada, fresca, congelada, empacada en bolsas de polietileno y en bandejas de icopor, el peso para este tipo de presentación será de 250 g cada trucha es decir 4,0 unidades por kilogramo de peso, que es lo más solicitado en el mercado.

El embalaje se hará en cajas de plástico y se distribuirá en la región, en los diferentes sitios de venta como son los restaurantes, hoteles, puntos de venta, y supermercados.

6. 22 ESTUDIO FINANCIERO

6.22.1 Tipo de empresa. La empresa a poner en marcha es de tipo asociativo fundamentada en una respuesta social de igualdad y solidaridad. Donde se proyecta la producción, procesamiento y comercialización de trucha arco iris.

El estudio financiero lleva las cifras a aspectos como inversiones, costos e ingresos que al interpretarlas permitirán saber si el proyecto es factible o no.

6.22.2 Inversiones. Es la etapa de la instalación del proyecto, donde el capital fijo se destina a la construcción de las obras civiles, dotación de equipos para su funcionamiento y el capital de mantenimiento continuo de la estación piscícola.

6.22.3 Inversión fija no depreciable. Está representada por el terreno, en el que se ubicarán las obras hidráulicas y las instalaciones de apoyo al proyecto. El terreno está valorado en \$ 24.000.000,00

6.22.4 Inversión fija depreciable. Incluye todas las obras de infraestructura: bocatoma, desarenador, filtro, estanques y decantador primario. El presupuesto general se calcula teniendo en cuenta cada estructura de manera independiente con sus respectivos costos y al final se consolidan los datos para obtener el costo total, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 37. Presupuesto general para construcción y obras civiles -2006.

ÍTEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Excavación				
1,1	Material comun y/o conglomerado	m3	58,27	5141	299554
	Subtotal				299554
2	Bocatoma				
2,1	Concretos				
2.1.1	Placa e = 0.10 m	m2	2,92	22556	65863
2.1.2	Placa e = 0.15 m	m2	3,7	30092	111339
2.1.3	Canal en concreto revestido e = 0.025 m	ml	93	36625	3406110
					3060689
2.1.4	Perfil en concreto	m3	14,91	205278	
2,2	Mampostería				
2.2.1	Pega de muros ladrillo en sogá	m2	107,72	23782	2561806
2.2.2	Pega de muros ladrillo en tizón	m2	6,08	38597	234669
2.2.3	Repello afinado de muros	m2	61,31	10704	656244
2.2.4	Repello impermeabilizado	m2	65,68	15023	986682
2,3	Carpintería Metálica				
2.3.1	Rejilla de 1 x 0.15 m	unidad	1	68404	68404
2.3.2	Tapa metálica diámetro = 0.60 m	unidad	1	45000	45000
	Subtotal				11196807
3	Desarenador				
3,1	Excavación				
3.1.1	Material comun y/o conglomerado	m3	14,18	5141	72897
3,2	Concretos				
3.2.1	Placa e = 0.10 m	m2	9,31	22556	209995
3.2.2	Placa e = 0.12 m	m2	2,59	25444	65901
3.2.3	Placa e = 0.20 m	m2	5,016	38586	193549
3,3	Mampostería				
3.3.1	Pega de muros ladrillo en sogá	m2	9,85	23782	234253
3.3.2	Pega de muros ladrillo en tizón	m2	19,42	38597	749554
3.3.3	Repello afinado de muros	m2	25,17	10704	269420
3.3.4	Repello impermeabilizado	M2	40,95	15023	615192
3,4	Carpintería Metálica				
3.4.1	Tapa metálica diámetro = 0.60 m	unidad	1	45000	45000
	Subtotal				2455760
4	Filtro dinamico				
4.1	Localización y replanteo	m3	135,00	2004,65	270628
4.2	Concretos				
4.2.1	Concreto 2000 Psi e=5cm	m3	6,75	195556	1320003
4.2.2	Concreto 3000 Psi impermeabilizado	m3	10,125	390272	3951504
4.3	Mampostería				
4.3.1	Mortero básico 1:3	m3	4,05	205794	833466
4.3.2	Mampostería en sogá	m2	108,00	2619909	2829502
4.3.2	Junta PVC para dilatación (h=0,22)	ml	51	28592	1458202

Tabla 37. Presupuesto general para construcción y obras civiles -2006.

ÍTEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
4.3.3	Refuerzo PDR-60	kg	2,750	2234	6143280
4.4	Tubería y accesorios				
4.4.1	Tubería sanitaria PVC 4" US perforada	ml	15,00	24157,75	362366
4.4.2	Tubería PVC novafort 200 mm (4") pasauro				
4.4.3	L=0.30 m	unidad	60,00	12394,09	743645
4.4.4	Suministro e inst. válvula HF,d6" compuerta	unidad	2,00	528104	1056208
4.4.5	Suministro e ins codo d=8"x90 grados	unidad		618086	
4.5	Cajilla en ladrillo sogá válvula	unidad	4,00	236752	947008
4.6	Escalon d= 3/4, L=0,90m	Unidad	15,00	3706	55582
4.7	m:falso fondo filtro	MI	0,00	54271,17	
4.8	Falso fondo en ladrillo canal principal h=0.20m	M2	0,00	34,570,00	
4.9	Grava 1" fondo lecho filtrante	M3	16,00	42,958,23	687,332
4.10	Movimiento de tierra				
4.10.1	Excavación en material común h>=2m	m3	432,00	5,500,00	2,376,000
4.10.2	Extendido de sobrantes	m3	172,80	2,366,60	408,948
4.10.3	Relleno compactado con mat. Selecc de la excavación	m3	259,20	5,212,20	1,351,002
	Subtotal				24.794.676
5	Cámara de quietamiento				
5,1	Concretos				
5,3	Placa e = 0.10 m	m2	1	22556	22556
5,4	Mampostería				
5,5	Pega de muros ladrillo en sogá	m2	4	23782	95128
5,6	Repello impermeabilizado	m2	1	15023	15023
	Subtotal				132707
6	Piletas de alevinaje y dedinaje				
6,1	Concretos				
6.1.1	Placa e = 0.07 m	M2	2,77	17921	49640
6.1.2	Placa con acero de refuerzo e = 0.15 m	M2	23,95	50403	1207150
6.1.3	Columnas de 0.15 x 0.15 m	MI	11,31	39486	446591
6.1.4	Vigas de 0.15 x 0.15 mt	MI	78,8	39486	3111530
					274686
6.1.5	Canal en concreto revestido e = 0.025 m	MI	7,5	36625	
6,2	Mampostería				
6.2.1	Pega de muros ladrillo en sogá	M2	47,41	23782	1127508
6.2.2	Repello afinado de muros	M2	46,97	10704	502753
6.2.3	Repello impermeabilizado	M2	104,01	15023	1562496
6,3	Carpintería metálica				
6.3.1	Vertedero lámina	Unidad	4	88282	353129
	Subtotal				8635485
7	Canales para juveniles y adultos				
7,1	Excavación				
7.1.1	Material comun y/o conglomerado	M3	183,7	5141	944365
7,2	Carpintería metálica				
7.2.1	Vertedero lámina	Unidad	4	88282	353128
	Subtotal				1297493
8	FOSA SEPTICA				
8,1	Preliminares				
8.1.1	Localización y replanteo	m2	10,00	2,004,65	20,047

Tabla 37. Presupuesto general para construcción y obras civiles -2006.

ÍTEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
8.1.2	Estructura				
8.2	Mampostería				
8.2.1	Concreto 2000 Psi-e=5cm	m3	0,5	195,556,00	97,778
8.2.3	Concreto 3000 Psi,imperabilizado	m3	1,5	390,272,00	585,408
8.2.4	Junta PVC para dilatación (h=0,22)	MI	4,05	28,592,20	115,798
8.2.5	Mortero básico 1:3	m3	0,72	205,794,00	148,172
8.2.6	Mampostería en sogá	m2	13,5	26,199,09	353,688
8.2.7	Suministro en ins. Correa tipo T-CR6	MI		30,000,00	
8.2.8	Refuerzo PDR-60	Kg	450,00	2,233,92	1,005,264
8.5	Tubería y accesorios				
8.5.1	Tubería PVC Novafort 200 mm (4")	MI	12,00	34,390,89	412,691
8.5.2	Tubería PVC sanitaria 4"	MI	16,00	44,536,89	712,590
8.5.3	Tubería PVC novafort 150 mm (6") pasamuros l=0.30m	Unidades	8,00	12,394,09	99,153
8.5.4	Tubería sanitaria 6" pasamuro l=0,30m	Unidades	0,00	15,437,89	
8.5.5	Suministro e instalación reducción HF 6"x6"	Unidades	0,00	273,285,98	
8.5.6	Tee sanitaria PVC 4"x4" US	Unidades	2,00	121,961,20	243,922
8.5.7	Tee sanitaria reducida PVC 6" x 4"	unidades	0,00	121,961,20	
8.5.8	Tubería sanitaria PVC 4" US perforada	ml	0,00	24,1157,75	
8.5.9	Suministro e instalación válvula HF, d=8" de compuerta	unidades	0,00	1,056,208	
8.5.10	Suministro e instalación válvula HF, d=6" de compuerta	unidades	0,00	2,685,594	
8.6	Rejilla 0,20x1,00<1 1/4" x 1 1/16" varilla 3/8"	unidades	0,00	131,559,42	
8.7	Cajilla en ladrillo sogá válvula	unidades	2,00	236,752,00	473,504
8.8	Canaleta en ladrillo común 0,60 x 0,20				
8.9	Movimiento de tierra				
8.9.1	Excavación en material común h>=2m	m3	25,00	12,424,65	310,616
8.9.2	Extendido de sobrantes	m3	110,00	2,366,60	23,666
8.9.3	Relleno compactado con material seleccionado de la excavación	m3	15,00	5,212,20	78,183
	Subtotal				4.680.480
9	FILTRO BIOLÓGICO				
9.1	Preliminares				
9.1.1	Localización y replanteo	m2	5,00	2,004,65	10,023
9.2	Estructura				
9.3	Mampostería				
9.3.1	Concreto 2000 Psi e= 5 cm	m3	0,25	195,556,00	48,889
9.3.2.	Concreto 3000 Psi impermeabilizado	m3	0,75	390,272,00	292,704
9.3.3	Mortero básico 1:3	m3	4,05	205,794,00	833,466
9.3.4	Mampostería en sogá	m2	0,36	26,199,09	9,432
9.3.5	Junta PVC para dilatación (h=0,22)	ml	13,5	28,592,20	835,995
9.3.6	Refuerzo PDR-60	KG	250,00	2,233,92	558,480
9.4	Tubería y accesorios				
9.4.1	Tubería sanitaria PVC 4" US perforada	ml	15,00	24,157,75	362,366
9.4.2	Tubería PVC Novafort 200 mm (4") pasamuro l=0,30m	unidades	12,00	12,394,09	148,729
9.4.3	Suministro e instalación válvula HF, d=6" de compuerta	unidades		1,056,208	
9.4.4.	Suministro e instalación codo d=8" x 90 grados	unidades		618,085,98	
9.4.5	Cajilla ladrillo sogá válvula	unidades	2,00	236,752,00	473,504
9.4.6	Escalón d=3/4" L=0,90m	unidades	15,00	3,705,49	555,82
9.5	m ; falso fondo filtro	ml	17,00	54,271,17	922,610
9.5.1	Falso fondo en ladrillo canal principal h=0,20m	m2	8,00	34,570,00	276,560
9.5.2	Grava 1" fondo lecho filtrante	m3	6,00	42,958,23	257,749
9.6	Movimiento tierra				

Tabla 37. Presupuesto general para construcción y obras civiles -2006.

ÍTEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
9.6.1	Excavación en material comun h> =2m	m3	16,00	12,424,65	198,794
9.6.2	Extendido de sobrantes	m3	6,40	2,366,60	15,146
9.6.3	Relleno compactado con material seleccionado de la excavación	m3	9,60	5,212,20	50,037
	Subtotal				4,900,067
10	Estructura de apoyo				
10.1	Tubería				
10.1.1	Tubería ½" presión	ml	14	3312	46370
10.1.2	Tubería 2" sanitaria	ml	13,75	6364	87501
10.1.3	Tubería 3" sanitaria	ml	24	8706	208938
10.1.4	Tubería 4" presión rde 41	ml	240	13116	3147782
10.1.5	Tubería 6" presión rde 41	ml	322	25964	8360429
10.1.6	Tubería 4" sanitaria	ml	87,26	11121	970398
10.1.7	Tubería 6" sanitaria	ml	150,89	22289	3363197
10.1.8	Tubería 4" all	ml	6,4	8391	53701
10.1.9	Medidor con accesorios	Unidad	1	110250	110250
10.1.10	Cono de ventilación	Unidad	2	15095	30190
10.1.11	Válvulas	Unidad	11	217904	2396942
10.1.12	Tapón de limpieza	Unidad	3	47421	142262
	Subtotal				18917960
11	Estructura de apoyo				
11.1	Concretos				
11.1.1	Zapatatas 0.8 x 0.8 e = 0.30 m	Unidad	15	75822	1137335
11.1.2	Placa e = 0.07 m	M2	0,035	17921	627
11.1.3	Placa e = 0.10 m	M2	60,84	22556	1372299
11.1.4	Meson e = 0.07 m	M2	3,13	40597	127069
11.1.5	Columnas de 0.15 x 0.20 m	MI	33	41524	1370294
11.1.6	Vigas de 0.20 x 0.15 mt	MI	56	41524	2325347
11.2	Mampostería				
11.2.1	Pega de muros ladrillo en sogá	M2	49,78	23782	1183872
12.2.2	Pega de muros ladrillo en papelillo	M2	6,16	16243	100059
12.2.3	Pega de muros ladrillo visto	M2	46,77	46961	2196382
12.2.4	Repello afinado de muros	M2	203,52	10704	2178417
12.2.5	Repello esmaltado	M2	0,42	14296	6004
12.3	Pisos				
12.3.1	Cerámica de pisos	M2	51,67	31101	1607000
12.3.2	Cerámica de pared	M2	29,38	30786	904499
12.3.3	Cenefa	ml	13,3	11878	157981
12.4	Tubería				
12.4.1	Canal en pvc	ml	33,8	14523	490878
12.4.2	Combo sanitario	unidad	1	188646	188646
12.4.3	Ducha con accesorios	unidad	1	39021	39021
12.4.4	Lavaplatos de 0.45 x 1.05	unidad	1	114587	114587
12.4.5	Lavaplatos de 0.35 x 0.55	unidad	1	67337	67337
12.5	Carpintería metálica				
12.5.1	Puertas cal 20	m2	5,61	78404	439847
12.5.2	Ventanas cal 20	m2	18,55	53465	991775
12.5.3	Portón garaje cal 20 inc. Chapa	m2	4,18	128904	538819
12.5.4	Puerta acrílico baño	m2	2	100000	200000
12.6	Carpintería madera				
12.6.1	Puertas h = 2.10 m	m2	9,14	150000	1371000
12.6.2	Closeth	m2	4,07	200000	814000

Tabla 37. Presupuesto general para construcción y obras civiles -2006.

ÍTEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
12.7	Cubierta				
12.7.1	Estructura metálica	m2	87,78	55000	4827900
12.7.2	Teja en eternit	m2	87,78	20649	1812613
12.8	Acabados				
12.8.1	Vidrios 3mm blanco	m2	18,55	21000	389550
12.8.2	Pintura vinilo t1	m2	108,29	3771	408406
12.8.3	Pintura esmalte	m2	56,68	6244	353894
12.9	Desalojo	m3	472,2	8928	4215928
	Subtotal				31931385
	COSTO DIRECTO				90.324.414
	A.U.I 20 %				18064882.8
COSTO TOTAL					\$ 108389296.8

6.22.5 Maquinaria y Equipo. Hace referencia a las inversiones necesarias para la producción de trucha como se indican en la siguiente tabla.

Tabla 38. Inversión en maquinaria y equipos

CONCEPTO	CANTIDAD	C. UNITARIO	COSTO
Cuarto frío	1	3000000	3000000
Implementos de laboratorio	Global	Global	1500000
Balanzas	2	50000	100000
Cuchillos	6	8000	48000
Baldes	10	10000	100000
Cajas plásticas	10	16000	160000
Clasificadores	2	70000	140000
Chinchorro	1	500000	500000
Nasas	2	35000	70000
Sellador	1	250000	250000
TOTAL			5868000

6.22.6 Muebles y enseres. Está representado por los elementos que se requieren para el funcionamiento administrativo y se describen a continuación.

Tabla 39. Muebles y enseres

C.			
DETALLE	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Escritorios	1	100000	100000
Sillas	6	70000	420000
Calculadoras	1	50000	50000
Archivador	1	150000	150000
Computador	1	1300000	1300000
TOTAL			2020000

6.22.7 Gastos varios. Hace referencia a costos variables indirectos como mano de obra adicional, transporte, costos de comercialización, elementos de oficina e implementos de aseo.

Tabla 40. Gastos varios

CONCEPTO	CANTIDAD	C. UNIT	TOTAL
Mano de obra adicional	3	222432	667296
Transporte	Global	200000	2400000
Costos de comercialización	Global	50000	600000
Papeleria y Utiles	Global	5000	60000
Utiles de aseo	Global	5000	60000
Imprevistos 5%			189365
TOTAL			3976661

6.22.8 Depreciación. A continuación se indica como se deprecian los elementos en uso de la estación piscícola, de acuerdo a las normas de contabilidad establecidas, en construcciones, muebles y enseres, maquinaria y equipos.

Tabla 41. Depreciación

ACTIVO DEPRECIABLE	PERIODO DE DEPRECIACION	VALOR A DEPRECIAR	CICLOS DE DEPRECIACION	DEPRECIACION ANUAL	TOTAL DEPRECIACION	VALOR RESIDUAL
Construcciones	20 años	108.389.297	1	2.377.689		106.011.607
Muebles y Enseres	5 años	2.020.000	1	4.040.000	2.020.000	
Maquinaria y Equ.	5 años	5.868.000	1	1.173.600	5.868.000	
Terreno		24.000.000	1			24.000.000
TOTAL				3.955.289	7.888.000	130011607

6.22.9 Gastos administrativos. Para el primer ciclo de cultivo se necesitará un administrador (Ing. Acuícola) y un operario. Para los siguientes ciclos de cultivo se contratará una secretaria y un vendedor. El personal será vinculado por prestación de servicios.

Tabla 42. Gastos administrativos

CONCEPTO	VALOR	MES	TOTAL SUELDO BAS.	P.SOCIALES	TOTAL
Administrador	800000	12	9600000		9600000
Secretario	408000	12	4896000	1980843	6876843
Operario	408000	12	4896000	1980843	6876843
Vendedor	408000	12	4896000	1980843	6876843
Total salarios primer año de producción			24288000		30230529

6.22.10 Costos de servicios públicos. Para obtener un promedio anual de energía eléctrica se toma el valor por kilovatio. El servicio de acueducto se hace con base en el consumo promedio en la estación.

Tabla 43. Servicios

CONCEPTO	CONSUMO MES	VALOR UNITARIO	COSTO MES	COSTO ANUAL
Energía eléctrica (K.W.H.)	250	305	76250	915000
Acueducto M3	5	1150	5750	69000
TOTAL				984000

6.22.11 Costos de producción. Son los costos variables directos, referentes a semilla, concentrados y medicamentos requeridos por la producción de carne de

trucha, teniendo en cuenta que se sembrarán 5300 animales mensualmente, para obtener 12 toneladas año.

Tabla 44. Costos variables de producción

CONCEPTO	CANTIDAD	C. UNITARIO	TOTAL
1- Semillas	63600	200	12720000
2- concentrado (Bulto)	297	85000	25245000
3- Medicamentos (Global)	12	10000	120000
TOTAL			38085000

6.23 EVALUACIÓN FINANCIERA

La información anterior permite llegar a los flujos netos de caja donde se obtienen los indicadores de rentabilidad, el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

Los ingresos se obtienen de la venta de carne de trucha y los costos están representados por la inversión, adquisición de insumos y funcionamiento de la estación piscícola.

Se tiene en cuenta para los ingresos y costos, la variación de el índice de precios al consumidor (IPC- 2006) que es del 5.5% anual y se utilizará en los diferentes incrementos en los cálculos que se hacen ciclo a ciclo.

6.23.1 Presupuesto de inversión. En la siguiente tabla se presenta el presupuesto de inversión clasificado en fijos, depreciables y diferidos, como también se presenta el capital de trabajo. La inversión se efectuará en el año cero, la vida del proyecto será de cinco años renovables con ciclos de producción de 7 meses, el valor total es de \$ 147864797. También se puede observar que el valor a recuperar de la inversión al final del proyecto será de \$ 29.958.787.

Las inversiones diferidas están representadas por los costos de estudios, gastos de montaje, publicidad e imprevistos del 5%.

Tabla 45. Presupuesto de inversión

PERIODO	0	1	2	3	4	5
Inversiones fijas	24000000					24000000
No depreciables	24000000					24000000
Terrenos	24000000					
Depreciables	116607297					5958787
Construcciones	108389297					
Muebles y enseres	2020000					
Maquinaria y equipos	5868000					
Gastos varios	330000					
Inversiones diferidos	2257500					
Estudios	1000000					
GASTOS DE ORGANIZACIÓN	150000					
Gastos de montaje	1000000					
Imprevistos 5%	107500					
Capital de trabajo	5000000					
Efectivo	5000000					
TOTAL	147864797					29958787

6.23.2 Determinación de costos directos. En el cuadro se indica los resultados totales de inversión, necesarios para la producción considerando el índice de precios al consumidor (5.5%).

Tabla 46. Costos Directos

PERIODO	0	1	2	3	4	5
Costos de producción						
Costo directo	38085000	38085000	40179675	42389557	44720983	47180637
TOTAL	38085000	38085000	40179675	42389557	44720983	47180637

6.23.3 Costos de operación. Corresponde a los datos de inversión para la producción (costos directos) y otros que incluye la depreciación, pago de servicios, amortización de diferidos y gastos de administración.

Tabla 47. Costos de Operación

PERIODO	0	1	2	3	4	5
1. Costo de producción	38085000	38085000	40179675	42389557	44720983	47180637
1,1 Costo directo	38085000	38085000	40179675	42389557	44720983	47180637
1.2 Gastos indirectos		7762287	11638864	11921270	12218949	12532729
1.2.1 Depreciación		5958787	5958787	5958787	5958787	5958787
1.2.2 Servicios		984000	1033200	1084860	1139103	1196058
1.2.3 Amortización diferida		451500	451500	451500	451500	451500
1.2.3.4 Otros						
2. Gastos de administración						
2.1 Sueldos		23353685	30230529	31893208	33647334	35497937
TOTAL	38085000	75638723	79954393	83994153	88255840	92751649

6.23.4 Entrada de información. La tabla 39 permite conocer a través de la vida del proyecto como se realizará la inversión inicial en el periodo cero por un valor total negativo de \$ 148.059.797 para facilitar el proceso de cálculos tanto del valor presente neto, como de la tasa interna de retorno. A partir del periodo uno, hasta el último se presenta el total de los costos.

Tabla 48. Entrada de Información

PERIODO	0	1	2	3	4	5
1. Activos fijos	146017072					
1.1 Terrenos	24000000					
1.2 Construcción y obras civiles	108389297					
1.3 Muebles y enseres	2020000					
1.4 Maquinaria y equipo	5868000					
2. Activos diferidos	2782500					
2.1 Estudios	1000000					
2.2 Gastos organización	150000					
2.3 G. de montaje	1000000					
2.4 Publicidad	500000					
2.5 Imprevistos	132500					
3. Capital de trabajo	5000000					
3.1 Efectivo	5000000					
4. Costos						
4.1 Costos Variables Directos						
4.2 Servicios		984000	1038120	1095217	1155454	1219003
4.3 Sueldos		23353685	30230529	31893208	33647334	35497937
4.4 Depreciación		5958787	5958787	5958787	5958787	5958787
4.5 Am. Diferidos		451500	451500	451500	451500	451500
4.6 Otros		3976661	4195377	4426123	4669559	4926384
TOTAL	148059797	34724633	41874313	43824835	45882634	48053611

6.23.5 Producción y precio en la estación piscícola. En la siguiente tabla, se observa que en el periodo cero se inicia con un precio en el mercado de \$ 8.000 de carne de trucha, incrementado su valor cada año de acuerdo al índice de precios al consumidor. En cuanto a la producción, en el primer año se obtienen seis cosechas y en adelante se harán mensualmente durante todo el año.

Tabla 49. Producción y precio

PERIODO	PRODUCCION	PRECIO	TOTAL
0			
1	6000	8000	48000000
2	12000	8440	101280000
3	12000	8904	106848000
4	12000	9394	112728000
5	12000	9911	118932000

- **Determinación del precio.** El precio se determina de acuerdo al valor establecido por los productores que es de \$ 8000 kilogramo. En la proyección que se hace para los siguientes 5 años se incrementa el 5.5% de acuerdo al índice de precios al consumidor.

Tabla 50. Calculo de ingresos por ventas

1. Ingresos por ventas	0	1	2	3	4	5
		48000000	101280000	106848000	112728000	118932000
		48000000	101280000	106848000	112728000	118932000
TOTAL		75638723	79735677	83763407	88012404	92494824

6.23.6 Presupuesto de producción. En el cuadro se presenta la información de ingresos tomados de los cálculos efectuados anteriormente por este ítem, se disminuyen los costos para obtener la utilidad bruta, para este caso no hay egresos porque está exento de impuestos, por tanto la utilidad sigue siendo la misma; la reserva legal es del 20%, a la cual se suman depreciaciones amortizaciones de diferidos y la reserva legal para llegar al flujo de producción.

Tabla 51. Presupuesto de producción

PERIODO	0	1	2	3	4	5
1.Ingreso por ventas	48000000	101280000	106848000	112728000	118932000	
2. Costo total	34724633	41874313	43824835	45882634	48053611	
3. Utilidad bruta	13275367	59405687	63023165	66845366	70878389	
4. Reserva legal 20%	2655073	11881137	12604633	13369073	14175678	
5. Utilidad por distribuir	10620294	47524550	50418532	53476293	56702711	
6. + Depreciación	5958787	5958787	5958787	5958787	5958787	
7. + Reserva legal 20%	2655073	11881137	12604633	13369073	14175678	
8. +Amortización diferidos	451500	451500	451500	451500	451500	
9.Flujos de producción	19685654	65815974	69433452	73255653	77288676	

6.23.7 Tasa de interés de oportunidad

- **Costo de oportunidad del dinero.** El costo de oportunidad esta representado por una inversión, en el mercado financiero, donde se obtendrán unos intereses, pero pueden haber otras alternativas de inversión como es el ahorro, esto cuando el proyecto no muestra posibilidades con buen rendimiento.

En consecuencia, la tasa que refleje el costo de oportunidad del dinero será la tasa de interés de oportunidad, llegándose a determinar que si la tasa interna de retorno es superior a la tasa interna de oportunidad, la inversión es rentable.

Para el proyecto se toma la tasa de interés de oportunidad que pagan las entidades financieras (ver anexo) como remuneración por el ahorro a término de 360 días (CDT'S) efectivo anual del 7.2 %.

6.23.8 Flujo neto de caja. Se toma el flujo de inversión y el flujo de producción, para llegar al flujo neto de caja.

Tabla 52. Flujo Neto de Caja

PERIODO	0	1	2	3	4	5
1. Flujo de inversión	-148059797					29958787
2. Flujo de producción		19685654	65815974	69433452	73255653	77288676
3. Flujo neto de caja	-148059797	19685654	65815974	69433452	73255653	107247463

El valor presente neto que se obtiene es de \$ 103.071.595, que permite recuperar los costos del proyecto, parte de la inversión, genera ganancia y la tasa interna de retorno es de 26,3%, que es superior a la tasa interna de oportunidad, por lo tanto el proyecto es rentable.

Tasa de interés promedio mensual de los cdt's a 360 días 0,6%

Valor presente neto: 103.071.595

Como el VPN es positivo, la inversión aumentará el valor financiero de los inversionistas.

Tasa interna de retorno. 26,3% es mayor que la ofrecida por el sistema financiero

Tasa interna de oportunidad. 7.2% anual

Relación costo beneficio.

$$\frac{\text{VPN INGRESOS}}{\text{VPN EGRESOS}} = \frac{427942280}{179331276} = 2,4$$

Regla de decisión. Si el resultado es mayor que uno el proyecto es aceptado, menor que uno es rechazado, igual a uno es indiferente.

La anterior relación es el indicador por excelencia que permite ver con claridad cual es el rendimiento o ganancia por cada peso invertido. Por lo tanto se observa que este proyecto es aceptable.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La fuente El Barranco tiene un buen potencial hídrico, con el que se puede implementar un proyecto piscícola sin dificultades en cuanto a cantidad, pero que se ve afectada en su calidad en parámetros de turbiedad con 12.5 UNT, que de acuerdo con las normas RAS 2000 y el decreto 475/98 no cumple los parámetros establecidos que son de 5,0 UNT, por lo tanto la alternativa que se toma es tratar el agua en sus diferentes estructuras iniciando en la bocatoma con la retención de material grueso, en el desarenador se remueven arenas, en el filtro grueso dinámico se remueven sólidos en suspensión y microorganismos garantizando un efluente óptimo para el cultivo de trucha a la llegada a las unidades de producción.
- La acuicultura al igual que otras actividades requiere insumos y genera desechos produciendo impacto en el ambiente por las especies cultivadas, razón por la cual se plantea una fosa séptica y un filtro biológico con plantas macrofitas para tratar el agua que se devolverá al río El Barranco, de esta manera se busca mantener el equilibrio de los sistemas naturales, al mismo tiempo que se satisfacen las necesidades de bienestar humano.
- Considerando aspectos como la temperatura del agua de la zona que es de 16.5 grados centígrados y la aceptación en el mercado se opta por cultivar trucha arco iris, la producción de esta especie se hará de manera continua con cosechas mensuales de una tonelada que saldrá al mercado en diferentes presentaciones entera, eviscerada, fresca y congelada que se distribuirá en los puntos de venta de la región.
- De acuerdo a la evaluación financiera, se puede observar que el valor presente neto es de \$ 103.071.595 que permite recuperar, los costos, parte de la inversión y generar ganancia. Se obtiene una tasa de retorno del 26.3% superior a las tasas internas de oportunidad del sector financiero. Por cada peso invertido en el proyecto se recuperará \$ 2.4.
- Desde el punto de vista tecnológico se podría mostrar un modelo de estación piscícola que por medio de procesos mejora la calidad del agua y puede tener un efluente confiable para el cultivo de trucha, dando a conocer que el agua mediante tratamiento se puede utilizar en diferentes proyectos.

7.2 RECOMENDACIONES

- Concientizar a la población ribereña del río El Barranco, la importancia de la conservación y el manejo adecuado del agua, para mantenerla en las mejores condiciones, como también en el manejo de los residuos sólidos y líquidos sin que afecten el medio ambiente.
- Una vez se establezca el proyecto, es de vital importancia realizar un control continuo a los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua para garantizar su calidad y por ende la producción de trucha.
- Capacitar al personal que labore en la estación piscícola en el manejo de cada estructura hidráulica ya que del cuidado de esta, depende el abastecimiento de agua continuo y su calidad, como también la producción.

BIBLIOGRAFÍA

AMESQUITA, Jairo. Peces de aguas frías: Medellín: s.n.e., s.f. 83 p.

ARROYO OSORIO, Armando. Piscicultura de aguas frías y cálidas. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 1989. 264 p.

BLANCO CACHAFEIRO, María del Carmen. La trucha, cría industrial. Madrid: Mundo, 1984. 238 p.

BORRERO, Eduardo. Tratamiento de aguas. México. Limusa. 1998. 143 p.

CAICEDO CARVAJAL, Germán Danilo. Introducción a la hidroicultura. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1988. 218. p.

CAÑIZARES, Jairo. Manual de los recursos naturales renovables. Pasto, Colombia: Corponariño. 1993. 53 p.

CARDENAS CALVACHI, Gloria Lucia. Guía de Laboratorio: Calidad de agua para Acuicultura II. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 2003. 16 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y DESARROLLO ECONOMICO. Decreto 475/98 de 1998. Santa fé de Bogotá; Min salud. 1998.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS). Santa fé de Bogotá, 2000. 21. p.

CUALLA LOPEZ Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Santafe de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995. 388 p.

DRUMMOND SEDGWICK, Stephen. Cría de la Trucha. Zaragoza: Acribia. 1988. 180 P.

ERAZO Eduardo, Piscicultura. Medellín: s.n.e. 1993. P. 223

FAIR, Maskew; GEYER John y OKUN Daniel. Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales: Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Vol. 1. México: Limusa. 19974. 574 p.

GALVIS Gerardo, LATORRE, Jorge. Filtración en múltiples etapas: Tecnología innovativa para el tratamiento de agua. Santiago de Cali: Universidad del Valle. 1999. 197 p.

HILLEBOE, Herman. Manual de tratamiento de aguas. Mexico: Limusa. 1998. 342 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Parámetros ambientales. Pasto, Colombia: IDEAM, 2004. p.2.

LA FLORIDA. ALCALDIA MUNICIPAL. Plan de ordenamiento territorial ambiental. La Florida, Colombia: Alcaldía municipal, 2000. 321 p.

LA FLORIDA. ALCALDIA MUNICIPAL. Plan integral de desarrollo municipal. La Florida, Colombia: Alcaldía municipal, 1997. 215 p.

LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Santa Fé de Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería. 1995. 320 p.

MARSA. Diccionario Planeta de la lengua española. Santafe de Bogotá: Planeta. 1990. 1351 p.

METCALF, EDDY. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento vertido y reutilización. México. McGraw Hill. 1996. 11485 p.

MORCILLO, Hernando Y QUIÑONEZ Ramiro. Características físico químicas del agua utilizada en acuicultura. Medellín: s.n.e. 1998. 8 p.

PENAGOS, Guillermo. Sistemas elementales para el manejo de aguas residuales. Medellín. Polo. 1999. 289 p.

PEREZ PARRA, Jorge Arturo. Manual de potabilización del agua. 3ª ed. Colombia: s.n.e 1981. 504 p.

RODRIGUEZ, Horacio y ANZOLA, Eduardo. Calidad del agua en acuicultura continental. En: Fundamentos de acuicultura continental. Santa fé de Bogota: INPA, 1993. Pp 85 – 107.

SALAZAR CANO, Roberto. Teoría y diseño de los tratamientos de aguas residuales. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 2002. 362 p.

SALAZAR CANO, Roberto. Acueductos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 1998. 336 p.

SEOANEZ, Mariano. Aguas Residuales Urbanas Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento. 2ª ed. España: Mundi - Prensa. 1999. 368 p.

SOTELO, Gilberto. Hidráulica General. México: Limusa. 1995. 553 p.

TEBBUTT. T.H.Y. Fundamentos de Control de la Calidad del Agua. México. Limusa. 1997. 239 p.

TORRES, Juan. Profilaxis sanitaria en hidroicultura. Pasto: Universidad de Nariño. 1998. p. 247.

URIBE MORENO, María Victoria. Cartilla técnico ambiental del subsector piscícola. Medellín: s.n.e. 2005. 66 p.

VILLANEDA, Alberto y MOJICA, Hermes. Construcción de estanques para acuicultura. En: Fundamentos de acuicultura continental. Santa fé de Bogotá: INPA, 1993. Pp 51 – 83.

WHEATON, Fredrik. Diseño y Construcción de sistemas. México: AGT. 1993. 704 p.

ANEXOS

DISEÑO DE UNA TRUCHERA PARA CULTIVAR CON AGUAS SERVIDAS DE LA MICROCUENCA DEL RIO BARRANCO, NARIÑO, COLOMBIA.

ANEXO A

FORMATO ENCUESTA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS Y LIQUIDOS EN LA RIVERA DEL RIO EL BARRANCO

IDENTIFICACION:

Departamento: Nariño
Municipio : La Florida

1. Condición de ocupación de la vivienda:
 - a) Ocupada con personas presentes
 - b) Ocupada con personas ausentes (esporádico)
 - c) Desocupada

2. Nombre del jefe del hogar:

3. ¿Cuántas personas habitan esta vivienda?

4. Esta vivienda cuenta con:
 - a) Pozo septico
 - b) Letrina
 - d) Trampa de grasas
 - e) Otro

¿Cual?

5. Como eliminan los residuos de la cocina:
 - a) Los arrojan al rio
 - b) Los eliminan en la trampa de grasas
 - c) Los desechan al pozo septico
6. Los residuos del baño los desechan a través de:
 - a) Pozo septico

- b) Letrina
- c) Los vierte al rio

7. Como eliminan el agua del lavado de ropa:

- a) La vierten al rio
- b) Va a la trampa de grasas
- c) La desechan al terreno

OBSERVACIONES: _____

Anexo C. Tabla guía de alimentación para truchas- purina

Nº de comidas	8 a 10 veces al día				6 veces al día					3 a 4 veces al día						
Tipo de alimento	Truchita iniciación 48%				Truchina 45% sin pigmento					Truchina 45% con pigmento						
Peso promedio en gramos	1.11	0.24	0.4	0.8	1.5	3.5	8.0	15	20	30	60	80	110	150	200	250
	0.24	0.4	0.8	1.5	3.5	8.0	15	20	30	60	80	110	150	200	250	300
Temperatura del agua 16	8.2	8.0	7.8	6.6	5.8	5.5	4.2	4.0	3.5	2.8	2.6	2.3	2.1	1.9	1.8	1.6

Alimentar 7 días a la semana

PURINA. Guía de alimentación para truchas. s.n.e., s.f. p.1

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.