



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AGUA PARA LA
PRODUCCIÓN PISCÍCOLA EN LA LOCALIDAD CECELES, PARROQUIA
LICTO.”**

TESIS DE GRADO
Previa la obtención del Título de:
INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: DANIEL GUSTAVO COSTALES VELASTEGUI
TUTOR: ING. MARIO VILLACRÉS

RIOBAMBA - ECUADOR
2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AGUA PARA LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA EN LA LOCALIDAD CECELES, PARROQUIA LICTO.**”, de responsabilidad del señor Daniel Gustavo Costales Velastegui ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE TESIS
Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Abg. Bertha Quintanilla DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH
NOTA DE TESIS	

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres, por ser los principales gestores de la formación académica que culmino, ya que con sus consejos, enseñanzas y sustento, han logrado guiarme por el duro camino de la vida

De igual manera un agradecimiento especial a los Ingenieros: Mario Villacrés y Mónica Andrade, Director y Miembro del Tribunal de Tesis, a la Dra. Gina Álvarez, quienes aportaron con sus conocimientos, experiencia y esfuerzo para la culminación de este trabajo de investigación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en particularmente a la Escuela de Ingeniería Química por brindarme la oportunidad de una formación profesional e integral.

A mis queridos hermanos Mónica y Diego, por su apoyo constante e incondicional, a mi gran amigo de toda la vida Jonny, a Cristina, y finalmente a todas esas personas que de una u otra manera aportaron para la realización de esta meta en mi vida mil gracias.

Daniel Gustavo

DEDICATORIA.

Dedicado a la memoria de mi querido abuelito José Rufino Costales Real, siempre llevare tus consejos en mi mente. A mis amados padres, Gustavo y Mariana por su apoyo incondicional para concluir mi carrera universitaria. Finalmente a la persona por la cual me esfuerzo y sacrifico diariamente y la que cambio mi vida, para ti mi dulce y tierna hija Alejandra Salome, ustedes siempre son y serán el pilar fundamental en mi vida.

Daniel Gustavo

“Yo DANIEL GUSTAVO COSTALES VELASTEGUI, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

DANIEL GUSTAVO COSTALES VELASTEGUI

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
H, h	Altura
B, w	Ancho
At	Área o Sección Transversal
As	Área Superficial
Q	Caudal o Gasto de Diseño
CD	Coefficiente de Arrastre
ρ_s	Densidad de la Arena
ρ	Densidad del agua
d	Diámetro de la partícula
f	Factor de Rugosidad de la Cámara
K	Factor de forma
g	Gravedad
L, l	Longitud
m	Metros
min	Minutos
Re	Número de Reynolds
SDT	Sólidos Disueltos Totales
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria
Tm	Toneladas métricas
UFC	Unidades formadoras de colonias
UTM	Universal Transversal de Mercator
Vs	Velocidad de Sedimentación
η	Viscosidad Cinemática del agua
V	Velocidad
Vd	Velocidad de desplazamiento o resuspensión
Vh	Velocidad Horizontal del Flujo

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE GRAFICOS.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCION.....	1
AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA.....	III
INDICE DE ABREVIATURAS.....	V
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Agua para Salmónidos	3
1.2 Calidad del Agua.....	3
1.2.1 <i>Caracterización del Agua</i>	4
1.2.1.2 <i>Parámetros de carácter Químico</i>	5
1.2.1.2.1 <i>Potencial de Hidrógeno</i>	5
1.2.1.2.2 <i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)</i>	5
1.2.1.2.3 <i>Oxígeno disuelto</i>	5
1.2.1.2.4 <i>Dureza</i>	6
1.2.1.2.5 <i>Amonio</i>	6
1.2.1.3 <i>Parámetros de carácter Microbiológico</i>	6
1.2.1.3.1 <i>Coliformes Fecales</i>	7
1.3 Trucha.....	7
1.3.1 <i>Definición</i>	7
1.3.2 <i>Etapas de desarrollo de la trucha</i>	7
1.3.3. <i>Alimentación</i>	8
1.4 Ubicación del Terreno y Topografía	9
1.4.1 Implementación de canales de suministro revestidos	9
1.4.1.1. <i>Puntos importantes sobre los canales de alimentación revestidos</i>	10
1.5 Diseño de Ingeniería de una Planta Piscícola	11

1.5.1	<i>Capacidad Hidráulica de los Componentes de un Sistema de Producción Acuícola</i>	12
1.5.2	<i>Estimación del caudal de Diseño</i>	12
1.5.2.1	<i>Criterios Biológicos – Productivos</i>	13
1.5.2.1.1	<i>Tipo de Acuicultura</i>	14
1.6	Agua	15
1.6.1	<i>Cantidad de Agua</i>	15
1.6.2.	<i>Medición del Caudal</i>	16
1.6.2.1	<i>Método del Área y Velocidad</i>	16
1.6.3	<i>Cálculo de caudales de diseño</i>	17
1.6.3.1	<i>Cálculo del caudal para eliminar amoníaco</i>	18
1.6.3.2	<i>Cálculo del caudal para aportar oxígeno</i>	19
1.6.3.3	<i>Caudal total para una instalación acuícola</i>	20
1.7	<i>Diseño de las Instalaciones para Producción Piscícola</i>	20
1.7.1	<i>Parámetros de diseño</i>	21
1.7.1.1	<i>Bocatoma</i>	22
1.7.1.2	<i>Canal de Conducción o derivación</i>	22
1.7.1.3	<i>Rejillas</i>	24
1.7.1.4	<i>Desarenador</i>	26
1.7.1.5	<i>Piscinas de cría</i>	32
1.7.1.6	<i>Sistemas de Vaciado</i>	34
1.7.1.6.1	<i>Canales de desagüe</i>	34
	CAPÍTULO II	36
2.	PARTE EXPERIMENTAL	36
2.1	<i>Línea Base</i>	36
2.1.1	<i>Localización del Proyecto</i>	36
2.2.	<i>Aspectos geomorfológicos básicos</i>	37
2.3	<i>Muestreo</i>	37
2.4	<i>Metodología</i>	39
2.5	<i>Toma de datos Experimentales</i>	43
2.5.1	<i>Diagnóstico de la cuenca hidrográfica</i>	43
2.5.2	<i>Datos Meteorológicos</i>	43
2.5.3	<i>Caracterización inicial del agua de alimentación</i>	44
2.5.4	<i>Temperatura promedio del agua del rio Chambo</i>	47
2.5.5	<i>Medición de caudales</i>	48

CAPITULO III.....	50
3. CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	50
3.1 Cálculo del caudal Río Chambo.....	50
3.2.1 <i>Caudal de diseño derivado.....</i>	<i>50</i>
3.2.1.1 <i>Calculo del caudal para eliminar amoníaco.....</i>	<i>50</i>
3.2.1.2 <i>Calculo del caudal para aporte de oxígeno.....</i>	<i>51</i>
3.2.2 Área del canal:.....	52
3.2.3 Rejillas.....	53
3.2.4 Desarenador.....	54
3.2.5 Cálculo de las dimensiones del tanque.....	55
3.2.6 <i>Velocidad de Sedimentación partícula, a partir de la Ecuación. 17.....</i>	<i>56</i>
3.3 Cálculos de Ingeniería para la Piscina Piscícola.....	56
3.3.1 Piscina.....	56
3.4 Resultados del dimensionamiento de la planta piscícola.....	57
3.4.1 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua.....	57
3.4.2 Dimensionamiento de la Piscina Piscícola.....	58
3.5 Tipos de Materiales.....	59
3.5.1 Sistema de Tratamiento de Agua.....	60
3.5.2 Piscina Piscícola.....	60
3.6 Requerimiento presupuestario.....	60
3.9 Resultados.....	64
3.9.1 Caracterización final del Agua para Pisciculturas.....	64
3.9.2 Caracterización final del agua piscícola tratada.....	65
3.10 Discusión de Resultados.....	68
3.11. PROPUESTA DEL DISEÑO:.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS:.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Trucha Arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	7
Figura 2-1: Ciclo Biológico de la Trucha Arcoíris	8
Figura 3-1: Tipos de canales de alimentación.....	10
Figura 4-1: Esquema del procedimiento para el diseño de una piscifactoría.....	11
Figura 5-1: Criterios para determinación del caudal de diseño.....	13
Figura 6-1: Modalidades de piscicultura según estrategia de alimentación.....	14
Figura 7-1: Flujo de amoníaco en un estanque	18
Figura 8-1: Flujo de oxígeno en un estanque	19
Figura 9-1: Sistema de Abastecimiento de agua para la producción acuícola	22
Figura 10-1: Diferentes formas de Rejillas	26
Figura 11-1: Codo móvil para desagüe del estanque	35
Figura 12: Ubicación geográfica del proyecto	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO.....	29
Tabla 2-1: CRITERIOS SIMPLIFICADOS PARA DEPÓSITOS DE ARENA EN AGUA	31
Tabla 3-1: CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EN SUSPENSIÓN SEGÚN EL TAMAÑO	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Temperatura Del Rio Chambo.....	51
Gráfico 2-2: Caudales Medios Del Rio Chambo	49
Gráfico 1-3: Caracterización Inicial Del Agua	65
Gráfico 2-3: Resultados Antes Y Despues Del Tratamiento Del Agua	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A:	Valores Referenciales Para El Diseño De Ingeniería
Anexo B:	Contenido de oxígeno de agua
Anexo C:	Criterios de calidad admisibles para la preservación de flora y fauna en aguas
Anexo D:	Porcentaje de NH ₃ en soluciones acuosas
Anexo E:	Densidad y Viscosidad del agua
Anexo F:	Velocidades de Sedimentación
Anexo G:	Análisis de aguas caracterización inicial
Anexo H:	Análisis de aguas caracterización final
Anexo I:	Bocatoma
Anexo J:	Canal de derivacion
Anexo K:	Filtro
Anexo L:	Desarenador
Anexo M:	Piscina de engorde
Anexo N:	Canal de salida
Anexo O:	Diagrama de Procesos Planta Piscícola

RESUMEN

Se diseñó un sistema de acondicionamiento de agua para la producción piscícola en la localidad Ceceles, parroquia Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Partiendo de la caracterización físico-química y microbiológica utilizando los métodos establecidos en el Manual Standar Methods para control de calidad del agua así como el espectrofotómetro HACH DR 2800 y 2400, del río Chambo. Determinando que el agua no es apta para el criadero de truchas arco iris, por los parámetros de DQO 78,5 ppm, DBO 28,7 ppm, Oxígeno disuelto 5,68 ppm y Nitritos 0,39 ppm; se encuentran fuera del límite máximo permitido, según expresado por Alexandra López, en su libro Truchas y Acuarios. Para realizar el acondicionamiento se utilizó un filtrado con zeolitas, grava y arena. Pasando a un proceso de sedimentación, obteniendo una DQO 36 ppm con una eficiencia del 46,37%, DBO 21 ppm con una eficiencia del 20,62%, Oxígeno Disuelto 7,09 ppm con una eficiencia del 24,4% y finalmente los Nitritos 0,01 ppm con una eficiencia del 65,85%. En conclusión el tratamiento de aguas aplicado en la investigación, es adecuado para el acondicionamiento del agua que se utilizara en la producción piscícola de la trucha arco iris de la localidad Ceceles, parroquia Licto, con una eficiencia general de 39,31% de los parámetros fuera de la norma referencial. Se recomienda aplicar este sistema de acondicionamiento para la producción piscícola en la localidad Ceceles con el fin de avalar la calidad del agua para la trucha arco iris, fomentando una fuente de ingreso para el sector donde se realizó la investigación.

Palabras claves: < SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AGUA>, <>, <TRUCHA ARCO IRIS>, <PISCICULTURA>, <DESARENADOR>, <PARAMETROS FISICO - QUIMICOS>, < TRUCHAS>, < RIO CHAMBO>, < LOCALIDAD CECELES>, < DISEÑO >, < FILTRACIÓN >,

SUMMARY

The design of a water conditioning system for fish production in Ceceles town, Licto parish. It based on the physico-chemical and microbiological features using the methods set out in Standard Methods Manual to water quality control and the spectrophotometer HACH DR 2800 and 2400, the Chambo river. Determining that the water is not suitable for hatchery rainbow trout, by the parameters of COD 78.5 ppm, 28.7 ppm BOD, dissolved oxygen and Nitrite 0.39 ppm 5.68 ppm; They are outside the maximum limit in the book Truchas and Aquariums Alexandra Lopez Lima - Peru 2003 Ed, Ripalme. For the conditioning process requires a zeolite filtration, gravel and sand. Turning to a sedimentation process, getting a COD 36 ppm with an efficiency of 46.37%, BOD 21 ppm with an efficiency of 20.62%, 7.09 ppm dissolved oxygen with an efficiency of 24.4% and finally Nitrites 0.01 ppm with an efficiency of 65.85%. In conclusion the water's treatment was applied in this research, it was acceptable in fish production of rainbow trout of the town Ceceles, Licto parish with an overall efficiency of 39.31% of the parameters outside the reference standard. It will be better to apply this system of packaging for fish production in the Ceceles town in order to vouch the quality of water for steelhead, fostering a source of income for the area where this research was made.

Keywords: <WATER SYSTEM CONDITIONING>, <MANUAL STANDARD METHODS>
<RAINBOW TROUT> <POOLS> <DESARENADOR>, <SETUP>, <TROUT AND
AQUARIUM> <CHAMBO RIVER > <CECELES TOWN> <FILTRATION>.

INTRODUCCIÓN

Al ser Ecuador un país privilegiado en variedades de fauna y flora, debemos aprovechar las oportunidades que nos da y abrirnos a nuevos campos como es el caso de la piscicultura, ya que nuestro clima e hidrografía nos permite cumplir con todos los parámetros que necesitamos para estas actividades que acarrea fuentes de empleo y producción para la comunidad.

La Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Chambo - Guano JURECH. Desde su fundación en el año de 1996 hasta la fecha ha sido una organización con capacidad autosuficiente, para administrar, operar y mantener el Sistema de Riego, además de vigilar y cumplir con los objetivos mediáticos trazados a corto y largo plazo.

Como una organización social sin fines de lucro junto con el apoyo del consejo provincial de Chimborazo se ha logrado realizar varios proyectos agrícolas, pero con el paso de los años se ha buscado nuevas alternativas que fomenten mayores recursos y desarrollo en la región es así que se ha pensado en nuevos proyectos como complejos turísticos dado que la zona posee un clima y hidrografía ideal para este tipo de proyectos, empezando así con el diseño de una piscicultura.

El objetivo principal que se busca es incrementar y fomentar el turismo junto en colaboración mancomunada entre los diversos organismos inmersos en el proyecto incrementando fuentes de trabajo a largo plazo en el sector.

Justificación

Siendo el agua el medio donde se desarrolla la vida de los seres vivos y el fundamento de muchos proyectos económicos como es el caso de una piscícola se ha visto la posibilidad y necesidad de realizar proyectos viables con el fin de generar un turismo comunitario y por ende buscar nuevas fuentes de empleo para la gente de la zona y sus alrededores, es así como hace un par de años se ha buscado una zona estratégica e hidrológica en busca de alternativas para la construcción de un complejo turístico el mismo que pueda mejorar la calidad de vida de sus habitantes, empezando para esto con la construcción de una piscícola siendo este el inicio de un ambicioso proyecto a futuro a fin

de fomentar el turismo en la zona y generar nuevas fuentes de empleo que unan y fortalezcan cada vez más a la organización como tal, viendo a nuestros socios como futuros micro empresarios.

Para lo cual necesitamos parámetros y normas como son las INEN necesarias para garantizar la calidad del agua antes y después de su utilización garantizando por ende la vida de los anfibios que es el objetivo final del proyecto.

Objetivos:

General

- Diseñar un sistema de acondicionamiento de agua para producción piscícola en la localidad Ceceles, parroquia Licto.

Específicos

- Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente el agua de alimentación.
- Realizar el diseño de ingeniería para el acondicionamiento de agua.
- Realizar una caracterización final del agua posterior al acondicionamiento.
- Realizar el diseño de ingeniería de la piscina de crecimiento y producción de trucha.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Agua para Salmónidos

El agua es un elemento esencial para la vida de los seres vivos. Se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, formando los ríos, lagos y océanos, en donde tiene lugar la vida de los peces. Dependiendo de su asentamiento ambiental y dinamismo, estas aguas difieren unas de otras por sus características físicas, químicas y biológicas y el conjunto determina lo que llamamos ecosistema acuático.

Los salmónidos son peces muy estrictos en cuanto a las condiciones del medio acuático en donde viven, y con muy poca capacidad para adaptarse a otras situaciones que no sean las propias naturales. Esto restringe su existencia a aguas claras y cristalinas, de curso rápido y temperatura fría.

De estas condiciones deducimos que las aguas de alimentación de una piscifactoría de salmónidos, con fines industriales, deben reunir estrictamente las características mencionadas y de las cuales son preocuparemos más adelante. (Blanco. 1995, p 208 - 214).

1.2 Calidad del Agua

La calidad del agua que vamos a utilizar en una piscicultura industrial, para la producción de la trucha arco iris viene dada por el conjunto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Estas características son mantenidas dentro de ciertos límites que viabilizan su determinado uso.

Estas propiedades, que influyen en la calidad del agua de cultivo, varían a medida que esta agua es utilizada en la cría intensiva llegando a un límite tal que ya no es apta, y por lo tanto, es vertida de nuevo al río consiguiéndose el límite de utilización máximo. (Blanco. 1995, p 208 - 214).

1.2.1 Caracterización del Agua

La caracterización del agua tiene como objetivo conocer sus atributos físico-químicos y biológicos con el propósito de definir su aptitud para uso humano, agrícola, industrial, recreacional, o como un recurso hídrico. Las propiedades físicas, tales como temperatura, oxígeno, turbidez, pH y amonio son de suma importancia para que el criadero tenga una buena producción acuícola, pueden estar sometidas a variaciones bruscas por la influencia de factores externos, fundamentalmente cambios atmosféricos y climáticos.

Las propiedades químicas, sin embargo, son mucho más estables y sus variaciones son mínimas, salvo en casos de contaminación pueden producir efectos irreversibles. Las propiedades biológicas están condicionadas a la ausencia o presencia de agentes patógenos

1.2.1.1 Parámetros De Carácter Físico

Los índices y parámetros que miden las características físicas comprenden, primeramente aspectos externos que sirven de indicadores del nivel de contaminación que existe en el agua, por lo que se observa el nivel de contaminación existente.

1.2.1.1.1 Turbiedad

La turbidez es causada por partículas suspendidas y organismos, que pueden generar una disminución en la absorción de oxígeno por parte de las truchas, puesto que sus branquias se ven afectadas, cuando las branquias de los pequeños peces son expuestas al contacto con las partículas suspendidas, se irritan fácilmente ya que se dificulta el pasó del oxígeno a través de ellas. En términos de productividad, la turbidez causa una reducción en la tasa de crecimiento de las truchas. (Blanco. 1995, p 208 - 214).

1.2.1.1.2 Temperatura

La trucha arco iris, como todos los peces no tiene la capacidad propia para regular su temperatura corporal, dependen totalmente del medio acuático en que vivan. Esta tiene una incidencia directa sobre la biología de los salmónidos, condiciona la maduración, el tiempo de incubación de los huevos hasta su eclosión, así como el crecimiento mensual de alevines y adultos, y especialmente sobre el grado de actividad metabólica.

La trucha en condiciones naturales puede vivir en aguas entre 4 y 23°C. Sin embargo los límites para su crecimiento y desarrollo óptimos están entre 9°C como límite inferior y 17°C como límite superior, siendo la temperatura ideal para esta especie los 15°C.

Todo aumento de temperatura del agua, trae consigo una disminución de concentración de oxígeno disuelto, que a su vez la trucha necesita para vivir, pues ya que son animales poiquiloterms, su actividad metabólica es proporcional a la temperatura del agua, siempre, claro este dentro de sus límites (Wieniawski, 1971, p 125 -132).

1.2.1.2 Parámetros de carácter Químico

1.2.1.2.1 Potencial de Hidrógeno

El pH de un agua, indica la reacción ácida y básica de la misma es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Los valores deseables del pH deben estar en un rango de 6.5 a 9, para la producción. Con valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5 la reproducción disminuye. Con un pH por debajo de 4 se presenta la muerte ácida de los peces, y por arriba de 11 la muerte alcalina.

1.2.1.2.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) es el grado de materia orgánica que se determina por la cantidad de oxígeno disuelto necesario para asegurar la degradación, por vía biológica, de la materia orgánica, presentes en un litro de agua, a 20 °C y durante cinco días. La DBO₅ se puede medir como mg/l o ppm de O₂ consumidas durante un período de 5 días a 20 °C en la oscuridad.

1.2.1.2.3 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua es para la trucha como para todos los seres acuáticos, un elemento esencial para la vida. El agua es capaz de absorber oxígeno del aire hasta que su presión parcial este en equilibrio con la del oxígeno del aire, en la inter fase aire-agua.

Los salmónidos tienen exigencias bastante estrictas frente a este factor, con cifras inferiores a 5,5, 5mg/l de oxígeno la trucha tiene gran dificultad para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de las branquias al torrente circulatorio. (Cameron y Davis, 1970). Los valores establecidos para las diversas etapas son: alevines 6mg/l, pre-engorde 5,5mg/l y engorde 5mg/l. (Blanco. 1995, p 208 - 214).

1.2.1.2.4 Dureza

La dureza de las aguas depende de su contenido en sales minerales, especialmente de magnesio y calcio. El agua es denominada comúnmente como “dura” si posee una elevada concentración de dichas sales y agua “blanda” si contiene en muy poca cantidad. Su determinación tiene escasa importancia en salmicultura, pero completa la información cualitativa de las aguas. (Blanco, 1995)

1.2.1.2.5 Amonio

Las sustancias amoniacales son producto de la excreción de los peces y de la degradación de materia orgánica. Los efectos tóxicos son debidos esencialmente a la forma no ionizada del amoniaco, que es perjudicial para los peces. Las cantidades máximas asumibles a largo plazo para las truchas dependen del estado de desarrollo en el que se encuentren, así para alevines y pre-engorde serán 0,005 gr/m³ mientras que para engorde serán 0,01 gr/m³.

1.2.1.3 Parámetros de carácter Microbiológico

En las aguas superficiales se encuentra una amplia gama de organismos no perceptibles a simple vista. Estos organismos permiten el desarrollo de los ciclos biológicos y químicos en el agua y no necesariamente son nocivos para la salud de las truchas.

Las características microbiológicas son muy importantes en el control de enfermedades causadas por microorganismos patógenos y por la importancia que tienen las bacterias y otros microorganismos que intervienen en la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente en el agua.

La presencia y riqueza de microfauna, parásitos y bacterias de incidencia en los salmónidos, está condicionada a la temperatura del agua y a la contaminación orgánica, la presencia de parásitos externos denota pobreza natural de las aguas, poco oxigenadas y con contaminación orgánica, en

algunos casos motivados por alta densidad de peces y escasos recambios de agua. (Alabaster y Lloyd, 1980, p 201 - 224).

1.2.1.3.1 Coliformes Fecales

Es un término que se designa a los coliformes de origen exclusivamente intestinal, es decir, al género *Escherichia*. De entre todos los coliformes, solo al género *Escherichia* y ocasionalmente *Klebsiella*, tienen la capacidad de fermentar la lactosa no solo a 35 - 37 °C, sino también a 44,5°C. Así, solo la presencia de coliformes fecales *E. coli*, cultivadas a 44,5 °C, nos confirma la existencia de una contaminación microbiológica de origen fecal.

1.3 Trucha

1.3.1 Definición

Las truchas son peces de la subfamilia Salmonidae, dentro de la familia de los salmónidos el nombre se usa específicamente para peces de tres géneros de dicha subfamilia: *Salmo*, que incluye las especies del Atlántico, *Oncorhynchus*, que incluye las especies del Pacífico, y *Salvelinus*.

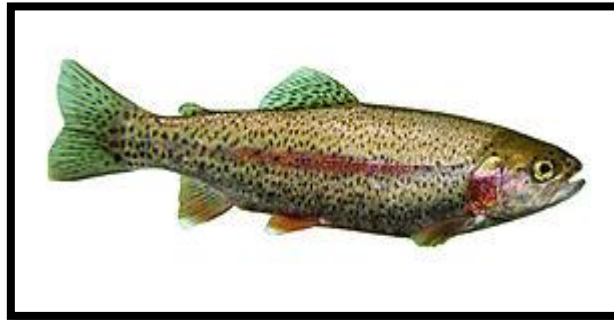


Figura 1-1: Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Fuente: <http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/trucha/Manual%20de%20crianza%20truchas.pdf>

1.3.2 Etapas de desarrollo de la trucha

En el ciclo de vida de la trucha arco iris se comprende generalmente cinco etapas:

1. **Huevo:** la eclosión del alevín será a los 31 días aproximadamente dependiendo de la temperatura del agua en ese momento, la óptima es entre 8 y 12°C pudiendo ser mayor.

2. **Alevín:** esta fase dura entre 14 y 20 días y hace referencia al animal justo después de salir del huevo, Son peces pequeños que miden de 3 cm. A 10 cm. Con un peso que oscila entre 1.5 gr., a 20 gr.
3. **Cría:** en esta fase empiezan a nadar más libremente y procurarse el alimento por sí mismos.
4. **Juvenil:** en esta etapa los organismos tienen todas las características de los adultos. Se diferencian de los adultos en que aún no han madurado sexualmente. Son peces que miden de 10 cm. A 15 cm. Cuyo peso es generalmente de 20 gr., a 100 gr.
5. **Adulto:** maduran entre los 15 y 18 meses de edad dependiendo de las condiciones de vida. En esta etapa se comercializan y su peso suele rondar entre los 200-500gr de peso.

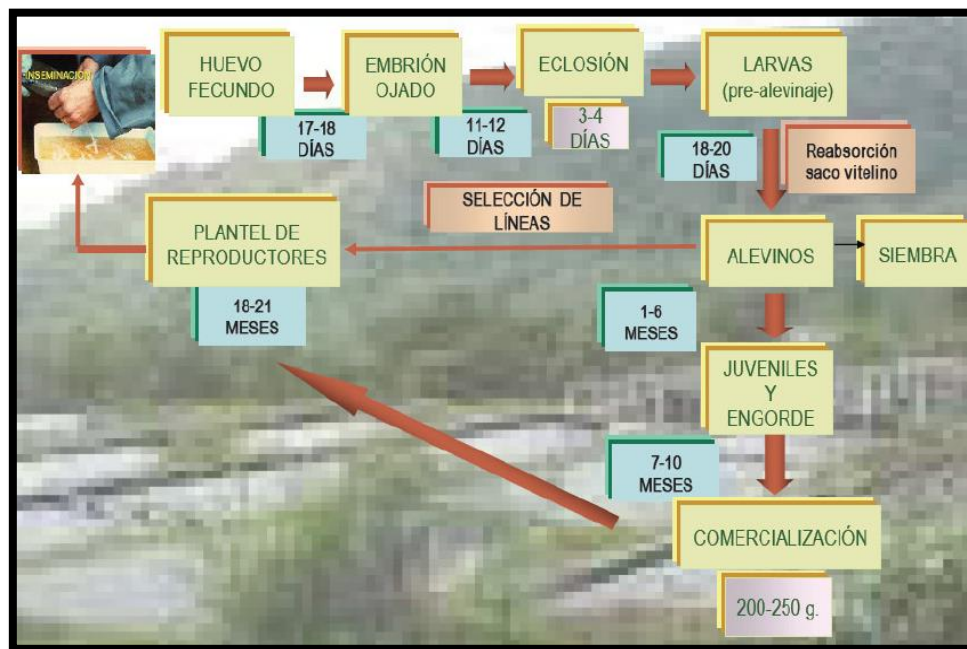


Figura 2-1: Ciclo Biológico de la Trucha Arcoíris

Fuente: <http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/trucha/Manual%20de%20crianza%20truchas.pdf>

1.3.3. Alimentación

Las truchas generalmente se alimentan de invertebrados blandos como lombrices, insectos y crustáceos, aunque las especies más grandes de trucha, como la marrón o café, depredan sobre otros peces. El alimento debe cubrir las necesidades de los peces tanto en lo que a energía se refiere, como a los diferentes tipos de aminoácidos y nutrientes que son requeridos para su desarrollo y crecimiento.

En la truchicultura además se utilizan alimentos artificiales como balanceados puesto que la trucha arco iris es una especie carnívora. Como nutrientes necesarios se puede citar proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, fibras y vitaminas. (antamina, 2009)

1.4 Ubicación del Terreno y Topografía

Conocidas las características propias del agua, así como la cuantía del caudal, el piscicultor debe investigar las posibilidades del terreno y elegir aquel que reúna las mejores condiciones para sus intereses. De la integración óptima de estos factores, surgirá la piscifactoría con una producción básica, natural y propia, que también dependerá de las características hidráulicas proyectadas, así como las condiciones biológicas y sanitarias que se ofrezcan a los peces.

Al hablar de terreno, involucramos el suelo y su topografía. El suelo debe ser lo más impermeable posible, los suelos arcillosos son los mejores.

De la topografía del terreno depende la posibilidad de construir estanques; si son pocos, se puede aprovechar el llenado y el vaciado por gravedad, sino, es mejor darle desnivel de fondo al estanque para no tener problemas al colocar la tubería.

1.4.1 Implementación de canales de suministro revestidos

En determinados casos, quizá sea más ventajoso construir canales de alimentación revestidos utilizando, por ejemplo, *arcilla, bloques de hormigón u hormigón*. Se puede utilizar también *geomembranas, goma butílica o gruesas láminas de polietileno*, aunque hay que procurar evitar los daños al colocar el material.

Las láminas suelen colocarse individualmente en una serie fijada a la parte superior mediante zanjás de asiento. Debiendo utilizar canales de suministro revestidos para los siguientes casos cuando;

- El suministro de agua es limitado y la infiltración es elevada
- El material de revestimiento es de fácil acceso y precio razonable
- Los canales de alimentación deben construirse en suelos muy expuestos a la erosión.

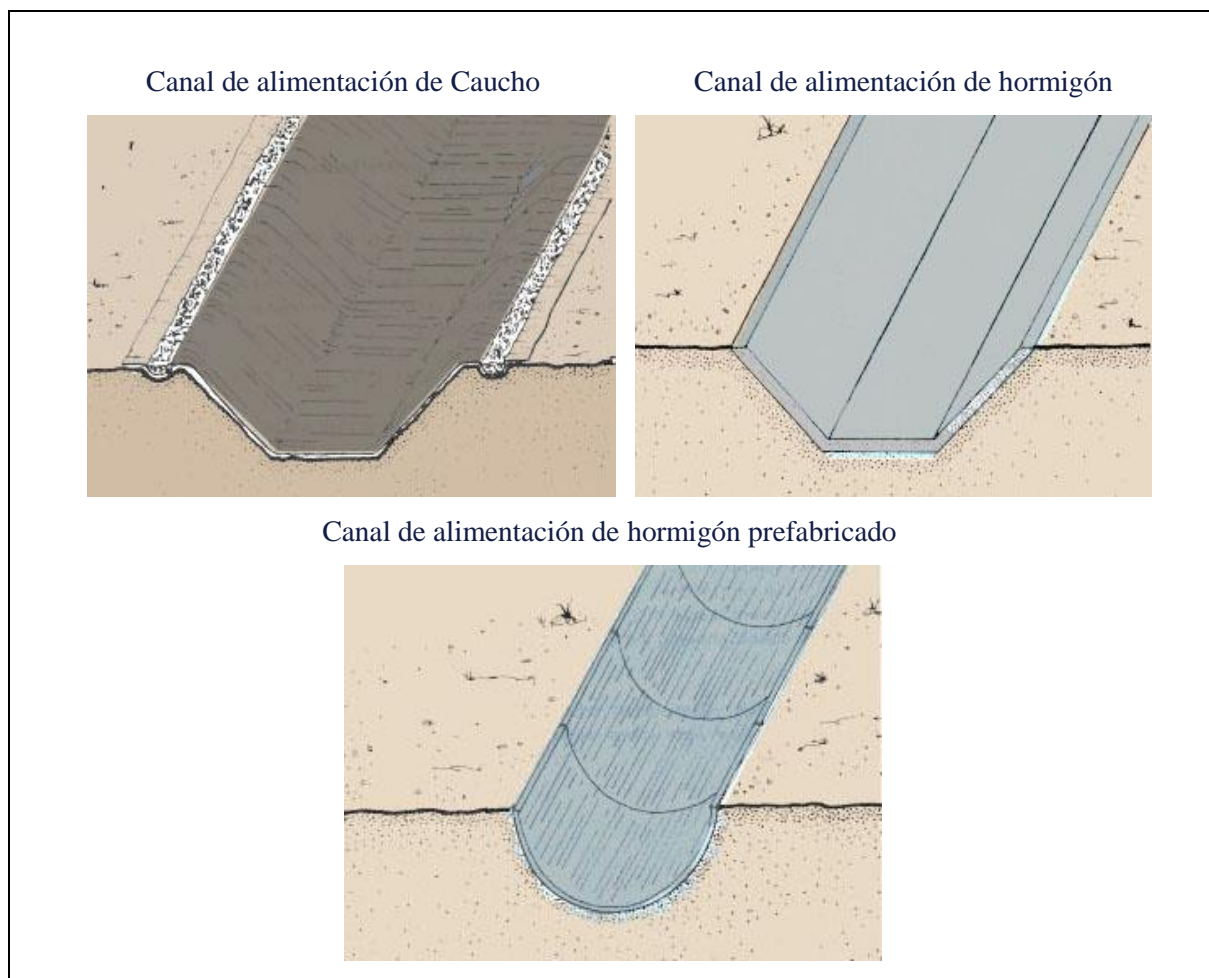


Figura 3-1: Tipos de canales de alimentación

Fuente: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm

1.4.1.1. Puntos importantes sobre los canales de alimentación revestidos

Los canales de alimentación revestidos tienen varias ventajas:

- Las pérdidas de agua se reducen considerablemente.
- Se pueden construir por encima del nivel del suelo o parcialmente sumergidos, lo que reduciría considerablemente la labor de movimiento de tierras
- El mantenimiento es más fácil y más barato
- No existe un deterioro visible cuando estos quedan secos.

1.5 Diseño de Ingeniería de una Planta Piscícola

El dimensionamiento de una instalación acuícola como tal, requiere de un previo plan de producción de la misma, como el decidir el número de toneladas a producir anualmente, el tamaño de los peces, número de estanques o lotes, cálculo de caudales, diseños piscinas entre otros.

En la figura 4.1, se expone un esquema del procedimiento a seguir para el diseño de una piscigranja.

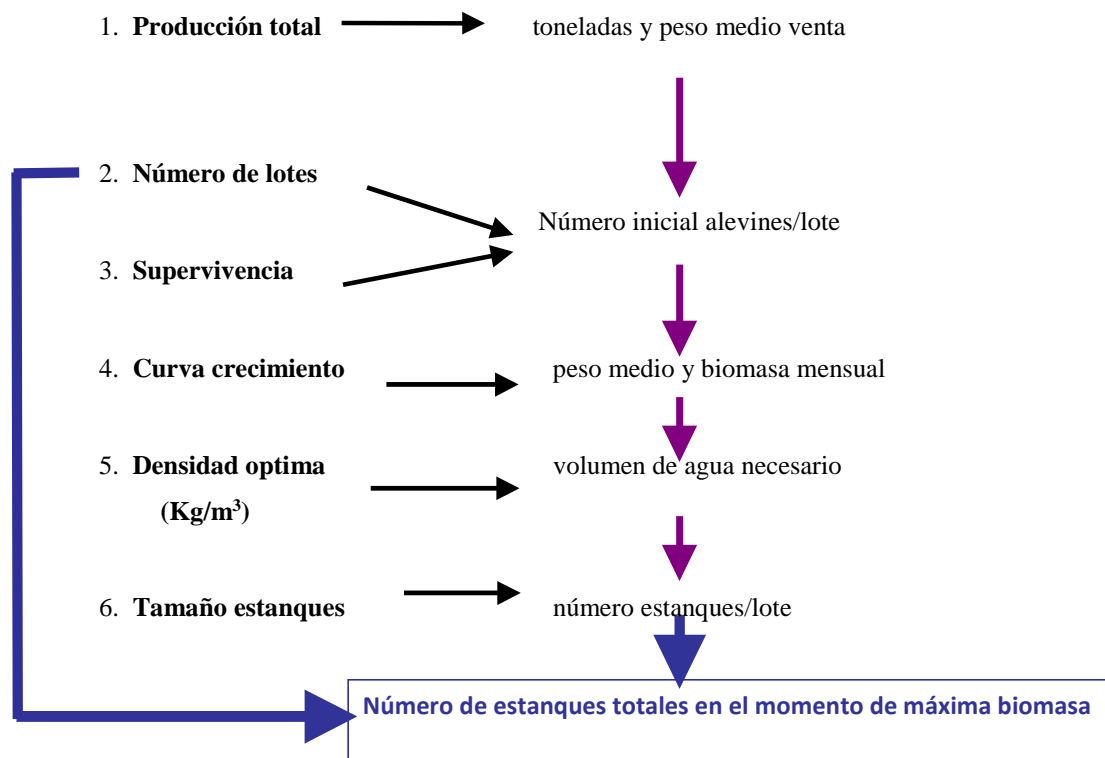


Figura 4-1: Esquema del procedimiento para el diseño de una piscifactoría

Fuente: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1669/2060>

La determinación del volumen de producción puede realizarse en función de diferentes objetivos, fundamentales; caudal del agua o superficie de terreno disponible, capacidad de carga admisible y posibilidades de venta rentables.

El caudal de agua disponible puede ser una limitante en algunos sistemas por lo que hay que considerar la biomasa máxima admisible en función de dicho caudal. Diferentes autores han

establecido los kilogramos de peces por unidad de caudal (m^3/h), pero al ser estos dependientes del propio tamaño de los peces y de la temperatura del agua, es muy difícil a priori establecer la capacidad de producción de una piscifactoría considerando el caudal de agua, pues en un momento dado, existen diferentes cantidades de peces de distintos tamaños, que requieren caudales distintos. (Jover, Martínez, & Tomás, 2003)

Pero existe una recomendación muy general y fácil de recordar para el caso de a trucha arco iris, es posible mantener entre 1,0-1,5 kilogramos de trucha por cada litro por minuto de agua disponible. Cuando se trata de instalaciones extensivas, en las que el tamaño de los estanques es elevado, pueden existir limitaciones de espacio disponible para establecer el volumen de la instalación.

Por otro lado, en zonas húmedas, lagos, embalses, etc., puede existir una carga límite en función de la alteración del ecosistema. Se trata de limitar la producción de residuos orgánicos, nitrógeno, fósforo, etc.

Además de las consideraciones anteriores, la producción anual de la piscifactoría debería estar basada, fundamentalmente, en un estudio de mercado que garantice las ventas del pescado producido, consiguiendo que este sea rentable.

1.5.1 Capacidad Hidráulica de los Componentes de un Sistema de Producción Acuícola

Cuando se construye una obra de captación esta se diseña para extraer de la fuente un caudal superior al caudal requerido por el sistema de producción pues debe prever los efectos provocados por obstrucciones o daños.

El resto de elementos como el desarenador y la conducción de agua deben dimensionarse en función del caudal de diseño del sistema contemplando las pérdidas que se generan en el mismo por concepto de evaporación o filtración y las necesidades de agua adicional. (Sanchez & Salazar, 2007)

1.5.2 Estimación del caudal de Diseño

La determinación del caudal de diseño del sistema hidráulico que abastecerá la producción acuícola es de gran relevancia ya que el diseñador debe garantizar que se cubrirá la demanda de agua para habilitar los requerimientos biológicos de la especie y realizar la reposición de volumen de agua que

se pierde en el mismo. Por ello es preciso realizar un balance hídrico en el cual se involucre las posibles entradas y salidas de agua en el sistema para así determinar la cantidad de agua que requiere dicho sistema, expresada como caudal.

Los tres criterios fundamentales que permitirán determinar el caudal de diseño del sistema son:

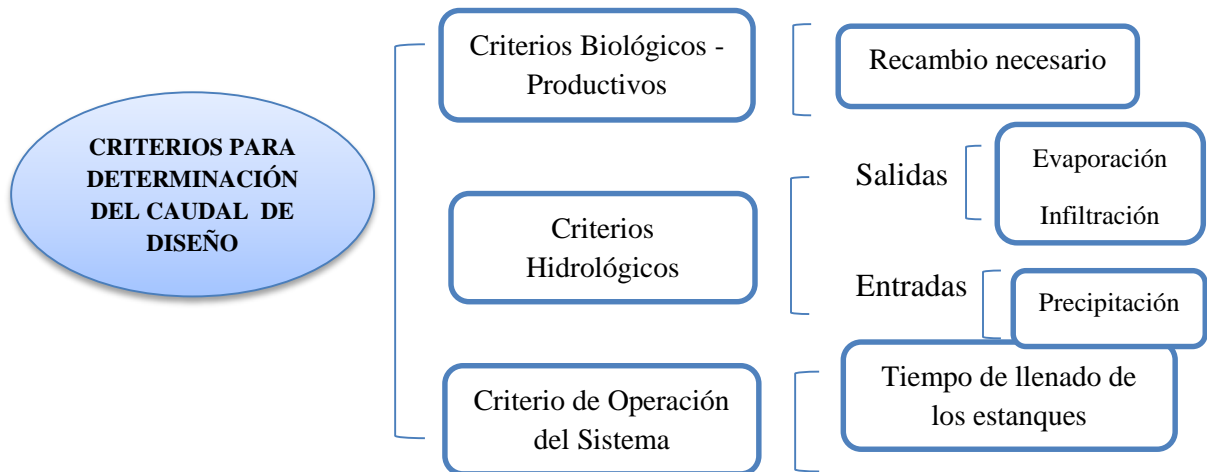


Figura 5-1: Criterios para determinación del caudal de diseño.

Fuente: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1669/2060>

1.5.2.1 Criterios Biológicos – Productivos

Para el cultivo de una especie hidrobiológica es muy importante la calidad de agua utilizada, pues ella propicia las condiciones óptimas de manejo y cría de la misma. Durante el proceso productivo se modifican progresivamente los parámetros físico químicos del agua ya que disminuye el contenido de oxígeno disuelto, se modifica el pH, se incrementa la turbidez, aumenta la presencia de materia orgánica y amonio, entre otros.

Dichos cambios se generan por descomposición de materia orgánica, presencia de alimento no consumido, heces y secreciones de los animales, salida de oxígeno del agua hacia la atmósfera, presencia de animales muertos, etcétera.

Uno de los mecanismos para garantizar la conservación de la calidad del agua respecto a sus parámetros fundamentales (oxígeno disuelto, temperatura, pH, sólidos disueltos, nitrito y amonio) es la sustitución parcial o total del volumen de agua con una cierta periodicidad que puede ser muy

exigente como en el caso de los salmónidos, del orden de varias veces por hora, o con una exigencia pequeña como para algunas especies de aguas cálidas, del orden del 20% diario.

1.5.2.1.1 Tipo de Acuicultura

De acuerdo al nivel de uso del alimento natural, número de peces sembrados por metro cuadrado, recambio de agua, tipo de producción, nivel de manejo y tecnología aplicada, la piscicultura se divide en:

- Extensiva
- Semi-intensiva
- Intensiva

Según la estrategia de alimentación (el nivel de uso de alimento natural) y teniendo en cuenta la pirámide trófica, las modalidades o tipos de piscicultura pueden ser:

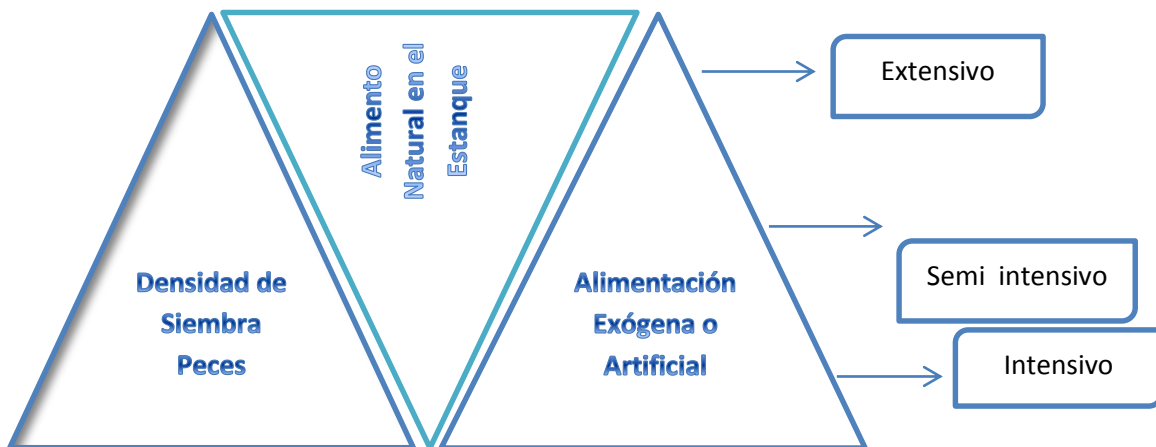


Figura 6-1: Modalidades de piscicultura según estrategia de alimentación

Fuente: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1669/2060>

Piscicultura Extensiva. Se practica como una actividad complementaria a otras. Por ejemplo, cuando se construye una represa con fines de riego, turismo, producción de energía eléctrica, etc. y se siembran peces con fines recreativos o de alimentación. En estas condiciones, los peces no reciben alimento complementario, y se alimentan sólo de la producción natural del agua.

Piscicultura Semi Intensiva. Este sistema de cultivo se caracteriza principalmente, por construir o usar estanques no tan sofisticados, tales como embalses (construidos en hondonadas; y con limitado manejo de sus aguas). Además, el alimento suministrado es complementario al alimento natural producido por efectos de fertilización. Los alimentos naturales proporcionados por el hombre, constituyen productos de la región como yuca, maíz, desechos de cocina, termitas, polvillo de arroz, plátano, etc. (Sanchez & Salazar, 2007)

Piscicultura Intensiva. En este caso deben considerarse dos líneas de producción: en estanques y en jaulas flotantes. En el primer caso se requiere la construcción de estanques técnicamente diseñados, que permitan un adecuado control de la salida y entrada del agua. Las cosechas y las siembras se realizan anualmente y en época de aguas altas, cuando el pescado es escaso y tiene un buen precio.

1.6 Agua

El agua que utilizaremos no será de ninguna red pública de abastecimiento si no que se tomara del rio Chambo a través de una canalización de cemento (Bocatoma), por la que entrara el agua necesaria. Esta agua viene de la naturaleza por lo que no está acondicionado para ciertos fines, así que debe ser pre tratada antes de su utilización para eliminar ciertos componentes del agua sin tratar como pueden ser ramas, palos, hojas, arenas, etc...

1.6.1 Cantidad de Agua

El agua debe hallarse en cantidad suficiente para proporcionar un caudal que asegure el reponer las pérdidas por filtración y evaporación; sin embargo, debe disponerse de un volumen adicional para establecer un programa de recambio.

Cuando un estanque acaba de ser construido, necesita, por regla general, más cantidad de agua el primer año, mientras se saturan de agua los poros de los diques y el fondo de los mismos.

1.6.2. Medición del Caudal

Como el caudal de los ríos varía a lo largo del año, realizar una medida de la carga hidráulica instantánea proporciona un resultado cuyo registro aislado es de utilidad relativamente pequeña. Es probable que algunas veces se pueda contar con información suficiente o simplemente no exista para elaborar un estudio hidrológico coherente, razón por la que habrá que recolectar datos propios a partir de mediciones instantáneas del caudal.

Lo ideal es hacer mediciones a diario, aunque también se usan mediciones semanales y mensuales. Es importante contar con esta información porque será una prueba objetiva del devenir hidrológico de la cuenca y un requisito confiable y necesario para cumplir con las estipulaciones y requerimientos de la Autoridad Ambiental.

Existen diversos métodos de medición de caudal entre los cuales se encuentran: el método de la solución de la sal, el del recipiente, el del área y velocidad, el método de vertedero.

1.6.2.1 Método del Área y Velocidad

Este método se fundamenta en medir velocidades con el uso de flotadores o molinetes y el área transversal de la sección.

a) Medición de la velocidad de flujo con flotador:

Se lo utiliza cuando es imposible aforar a pie, existe la opción de estimar la velocidad del flujo de un río mediante el uso de flotadores; consiste en establecer una determinada distancia longitudinal en una de las orillas del río y medir el tiempo que le toma al flotador recorrer esa distancia. Se recomienda realizar varias mediciones de tiempo y lanzar el flotador lo más cercano al eje central longitudinal del río.

Con el uso de flotadores, el área de la sección trasversal se considera rectangular, para lo cual se mide el ancho del río y se estima una profundidad media para todo el río (Monsalve, 1999).

El caudal que circula por una sección trasversal se calcula sumando los caudales de las áreas de influencia determinados con la siguiente ecuación (Gunston, 1998).

$$Q = v \cdot A$$

Ecuación. 1

Dónde:

Q = Caudal que circula por un área de influencia, m³/s

v = Velocidad media en la vertical, (corriente de agua), m/s

A = área de la sección de influencia, m²

Este producto arroja como resultado el valor del caudal volumétrico en m³/s, que se supone es constante. (Sparrow, 2008)

1.6.3 Cálculo de caudales de diseño

El cálculo del caudal de agua necesario para una instalación acuícola debe realizarse para asegurar un óptimo aporte de oxígeno para la respiración de los peces y una adecuada eliminación del amoníaco excretado y de los restos sólidos de pienso y heces.

Los caudales se calculan en el momento más desfavorable, es decir cuando la biomasa de peces en la instalación sea máxima, aunque en el caso de que la temperatura del agua varíe a lo largo del año, también hay que calcularlos para los meses de verano, pues la elevada temperatura del agua puede provocar unas mayores necesidades de oxígeno aunque la cantidad de peces sea menor.

Los requerimientos de caudal de agua de una estanque, o de una instalación, dependen, además de los parámetros ambientales, de la carga de peces, así ocurre que en los sistemas extensivos el aporte de agua es mínimo, y muchas veces únicamente para reponer el agua perdida por infiltración y evaporación, mientras que los sistemas intensivos requieren recambios de agua del orden de 1-2 renovaciones a la hora.

Una vez determinadas las necesidades de agua, puede optarse por adoptar el caudal calculado si se dispone de suficiente agua, o bien por utilizar un caudal inferior (el mínimo sería el caudal para eliminar el amoníaco) y el déficit de oxígeno aportarlo mediante aireación.

El caso de los sistemas de recirculación, en los que siempre se utiliza la misma agua tras su filtración mecánica y biológica, el aporte de oxígeno se realiza de forma completamente artificial, fundamentalmente mediante oxígeno líquido, para lo cual se satura el agua recirculándola a través de

unos biconos especiales donde se inyecta el oxígeno, de forma que al retornar a los tanques de producción re oxigena todo el volumen de agua. La cantidad de oxígeno depende de la carga de peces, pero en los sistemas super- intensivos se llega a 3-4 renovaciones a la hora, y una sobre-saturación de 200-300%. (Jover, Martínez, & Tomás, 2003)

1.6.3.1 Cálculo del caudal para eliminar amoníaco

Considerando un estanque con peces en condiciones de equilibrio, el amoníaco excretado deberá ser eliminado por el caudal de agua (figura 7-1).

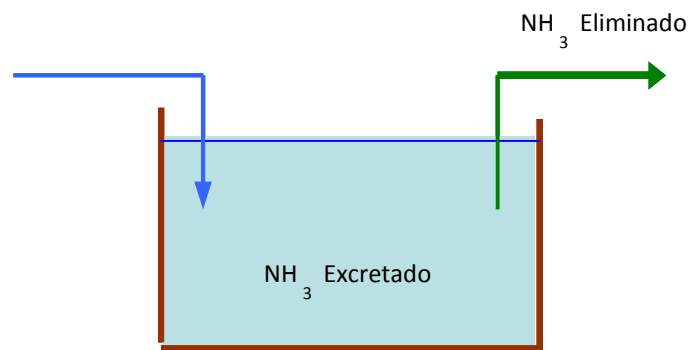


Figura 7-1: Flujo de amoníaco en un estanque

Fuente: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/19_3.pdf

$$\text{NH}_3 \text{ excretado} = \text{NH}_3 \text{ eliminado}$$

El amoníaco excretado dependerá de la biomasa de peces existente en el tanque y de la tasa de excreción (Te), que a su vez es función del peso medio y de la temperatura del agua:

$$\text{NH}_3 \text{ excretado} = \text{Biomasa (Kg)} \times \text{Tasa de excreción (mg/Kg/h)}$$

No obstante, debido a que el NH₃ en el agua se disocia rápidamente en el ión amonio, mucho menos tóxico, a efectos del cálculo del caudal, únicamente se debe considerar la fracción no disociada (Fnd).

Por otra parte el amoníaco eliminado, vendrá determinado por el caudal (Q) y por la máxima concentración (Cm) tolerable por la especie en cuestión:

$$\text{NH}_3 \text{ eliminado} = \text{Caudal (l/h)} \times \text{Concentración máxima (mg/l)}$$

Igualando ambas expresiones puede calcularse el caudal mediante la siguiente fórmula:

$$Q(\text{NH}_3) = \frac{B \times T_e \times F_{nd}}{C_m}$$

Ecuación. 2

Siendo C_m la máxima concentración de NH_3 admisible a largo plazo. (Jover, Martínez, & Tomás, 2003)

1.6.3.2 Cálculo del caudal para aportar oxígeno

Considerando un estanque con peces en condiciones de equilibrio, el oxígeno consumido deberá ser aportado por el caudal de agua (figura 8-1).

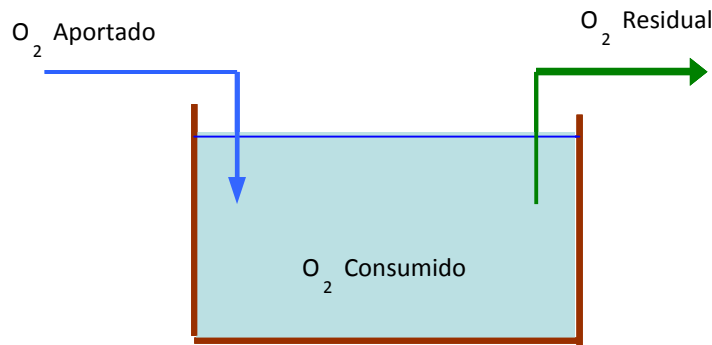


Figura 8-1: Flujo de oxígeno en un estanque

Fuente: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/19_3.pdf

$$\text{O}_2 \text{ consumido} = \text{O}_2 \text{ aportado}$$

El oxígeno consumido dependerá de la biomasa de peces existente en el tanque (B) y de la tasa de consumo (T_c), que a su vez es función del peso medio y de la temperatura del agua:

$$\text{O}_2 \text{ consumido} = \text{Biomasa (Kg)} \times \text{Tasa de consumo (mg/Kg/h)}$$

Por otra parte el oxígeno aportado, vendrá determinado por el caudal y por el oxígeno disponible en el agua, que dependerá de su solubilidad y de la mínima concentración tolerable por la especie en cuestión:

$$\text{O}_2 \text{ aportado} = \text{Caudal (l/h)} \times \text{O}_2 \text{ disponible (mg/l)}$$

Igualando ambas expresiones puede calcularse el caudal mediante la siguiente fórmula:

$$Q (O_2) = \frac{B (Kg) \times Tc (mg/Kg/h)}{Od (mg/l)} \quad (l/h)$$

Ecuación. 3

El oxígeno disponible se calcula como $Od = S - Cm$, siendo Cm la concentración de oxígeno en el agua de salida del tanque.

1.6.3.3 Caudal total para una instalación acuícola

A partir del plan de producción de la instalación, se calcula el caudal total necesario para la misma, considerando los caudales parciales de cada uno de los lotes que coinciden en el momento de máxima biomasa (o en el verano).

Una vez determinadas las necesidades de oxígeno en una instalación, y por tanto el caudal adecuado, puede ocurrir que no se disponga de dicho caudal, o incluso puede plantearse la opción de reducir el caudal calculado, y aportar el déficit de oxígeno con algún sistema de aireación suplementario. Independientemente, es conveniente prever un sistema de aireación para caso de emergencias. (Jover, Martínez, & Tomás, 2003)

1.7 Diseño de las Instalaciones para Producción Piscícola

En este capítulo se presenta el dimensionamiento a nivel de pre factibilidad de las obras civiles requeridas para el diseño piscícola. El ingeniero en producción acuícola en cada caso particular debe guiarse por su criterio para escoger el tipo que sea más conveniente, de acuerdo con las condiciones ideales del proyecto en cuestión.

Se describirán las instalaciones por orden con respecto al camino que sigue el agua desde su entrada en el recinto.

La entrada de agua del río Chambo, se realiza mediante una canalización abierta construida con cemento, la canalización debe ser capaz de proporcionar la suficiente agua para el abastecimiento de la piscifactoría en el caso en el que más agua necesite, es decir el momento de máxima carga biológica, aunque este requerimiento sea solo temporal. Para cumplir con esto tendrá unas dimensiones de 0,60 m de anchura y 0,40 m de profundidad calculados teniendo en cuenta el caudal y velocidad de la zona de donde se toman.

Como dijimos anteriormente esta necesidad de volumen de agua es solo temporal por lo que la toma de entrada dispondrá de compuerta de entrada que podrá ser cerrada parcial o totalmente cuando sea necesario. Para facilitar la entrada de agua por la canalización esta estará provista de un pequeño desnivel de como máximo un 3% para dotar de la velocidad necesaria a la entrada de agua.

Se ha fijado una producción anual de 10 Toneladas aproximadamente, en la piscifactoría de la granja de producción. A raíz de este dato se deberán dimensionar todos los equipos necesarios así como instalaciones, conducciones, terreno necesario, etc. Este dato de la producción anual nos indicará el momento en el que la piscifactoría tiene su carga máxima biológica, es decir el momento en el que alberga el mayor número de toneladas de peces al mismo tiempo.

El momento de máxima carga biológica será el espacio temporal que requerirá el máximo esfuerzo para los equipamientos y las instalaciones, aunque será por un tiempo breve, pero condicionará factores como caudales, dimensiones de filtros, etc.

1.7.1 Parámetros de diseño

Se describen las instalaciones por orden con respecto al camino que sigue el agua desde su entrada en el recinto.

Dentro de la infraestructura hidráulica para el abastecimiento de un sistema de cultivo de especies hidrobiológicas se puede encontrar una serie de componentes como:

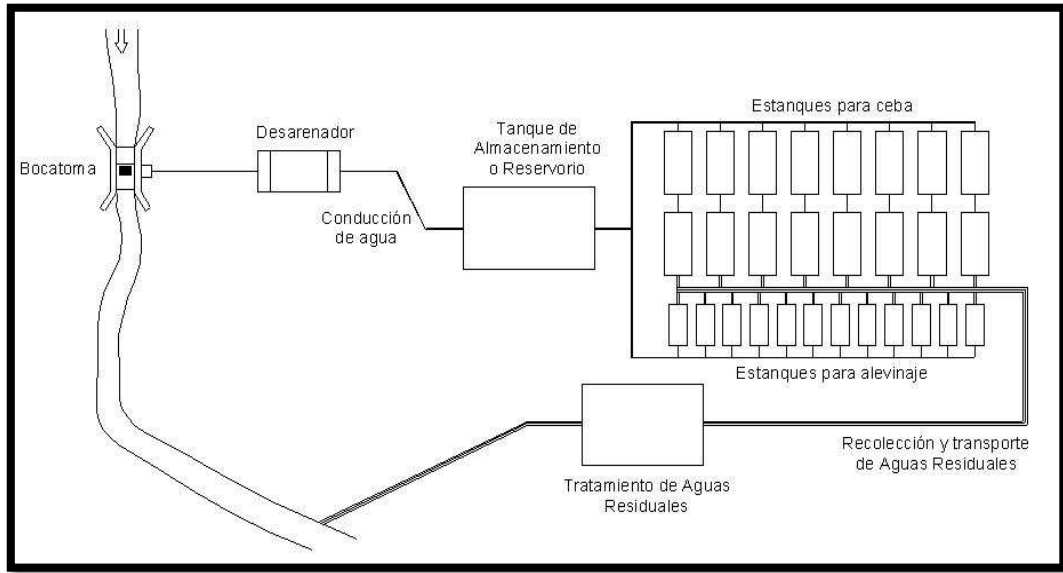


Figura 9-1: Sistema de Abastecimiento de agua para la producción acuícola

Fuente: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1669/2060>

1.7.1.1 Bocatoma

Su función es captar por gravedad o extraer por bombeo una determinada cantidad de agua de una fuente. Consiste en una estructura acoplada al canal de derivación, donde se encuentran empotradas las rejas que permiten el paso del agua y retienen los sólidos flotantes. Para la toma de agua en obras de captación lateral, puede emplearse una tubería o ventana sumergida que deberá ubicarse a la máxima altura posible para evitar ser alcanzada por los sedimentos.

De igual manera deberá situarse a una suficiente profundidad para recoger el agua más fría y evitar que el dispositivo se inutilice por el hielo en los climas rigurosos.

1.7.1.2 Canal de Conducción o derivación

El canal conducirá el agua desde la bocatoma hasta una cámara colectora, desarenador o planta de tratamiento. Son obras civiles que deben ser diseñadas para no provocar daños al ambiente, para que se gaste la menor cantidad de agua posible, se aproveche la gravedad como fuerza impulsora y el

agua fluya rápidamente. Deberán preverse rejas, tamicos y compuertas para evitar el ingreso de sólidos flotantes. Son recomendables en zonas de muy baja pendiente.

Los canales deberán ser construidos cuidando que la velocidad no ocasione erosión ni sedimentación de material. En los canales revestidos la velocidad deberá ser menor a 0,6 m/s para evitar la sedimentación de sólidos suspendidos. (Sanchez & Salazar, 2007)

Diseño del canal

El diseño del canal es importante ya que nos ayuda luego en el dimensionamiento de las rejillas que van situadas en el mismo.

El área del canal se calcula con la siguiente ecuación asumiendo el valor de la velocidad de aproximación según la Norma RAS 2000, como se muestra en el Anexo A.3

$$A = \frac{Q}{v} \qquad \text{Ecuación. 4}$$

Dónde:

A= Área del canal m²

Q= Caudal m³/s

v= Velocidad m/s, en general la velocidad media de 0,6m/s y máxima de 1.4m/s

Altura del agua

La altura del agua asumimos el ancho del canal.

$$h = \frac{A}{w} \qquad \text{Ecuación. 5}$$

Dónde:

h= Altura del agua m

A= Área del canal m²

w= ancho del canal m

Altura del canal

Se calcula a través de la fórmula

$$H = h - h_s \qquad \text{Ecuación. 6}$$

Dónde:

H= Altura del canal m

h= Altura del agua m

h_s=Altura de seguridad m

Dispositivo de medición caudal

Aguas abajo de la compuerta de regulación de caudal se deberá instalar un elemento para la medición del caudal captado. Los más empleados son el vertedero triangular y el vertedero rectangular, en los cuales el caudal se determina mediante la siguiente fórmula:

Para el caso de un vertedero rectangular:

$$Q = 1.84LH^{1.5} \qquad \text{Ecuación. 7}$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/s)

H = Altura de la lámina de agua (m)

L = ancho (m)

1.7.1.3 Rejillas

El propósito fundamental de los dispositivos de cribado es proteger equipos electromecánicos o en este caso el paso de ramas, hojas o desperdicios de gran tamaño que ingresen al desarenador.

Las aguas del río llegan por gravedad, son conducidas por el canal de derivación, hasta el lugar donde se encuentra el desarenador. Los materiales sólidos tales como cáscaras de fruta, palos, hojas, trozos de madera que frecuentemente ingresen al sistema, se separaran pasando solo las aguas a través de las rejillas, hechas con varillas de hierro fundido paralelas.

El emparrillado de las rejillas, que es su estructura funcional, está inclinado con respecto al piso del canal donde se instalan puede ser de dos tipos generales: de limpieza manual y de limpieza mecánica. El que utilizaremos en nuestro diseño es el primero.

Cálculo de la Longitud de las varillas

Para esto usamos una inclinación de 50°

$$\sin 50^\circ = \frac{H}{L} \quad \text{Ecuación. 8}$$

$$L = \frac{H}{\sin 50^\circ} \quad \text{Ecuación. 9}$$

Dónde:

L= Longitud de las barras

H= Altura del canal

Calculo de la suma de las separaciones entre barras

$$bg = \left(\frac{w-e}{s+e} + 1 \right) e \quad \text{Ecuación. 10}$$

Dónde:

bg= Suma de las separaciones entre barras, mm

w= Ancho del canal, mm

e= Separación entre barras, mm

s= Espesor de las barras, mm

Cálculo del número de barras

$$n = \frac{w}{e+s} \quad \text{Ecuación. 11}$$

Dónde:

n= Número de varillas

w= Ancho del canal, mm

e= Separación entre barras, mm

s= Espesor de las barras, mm

Cálculo de Pérdidas de carga a través de las rejillas

$$hf = \beta \left(\frac{s}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \theta$$

Ecuación. 12

Dónde:

h_f = Diferencia de alturas antes y después de las rejillas, m

s = espesor máximo de las barras, m

e = Separación entre las barras, m

$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de velocidad antes de la reja, m

θ = Angulo de inclinación de las barras

β = Factor dependiente de la forma de las barras.

Donde β debe obtenerse con el Anexo A.2 y la figura siguiente.

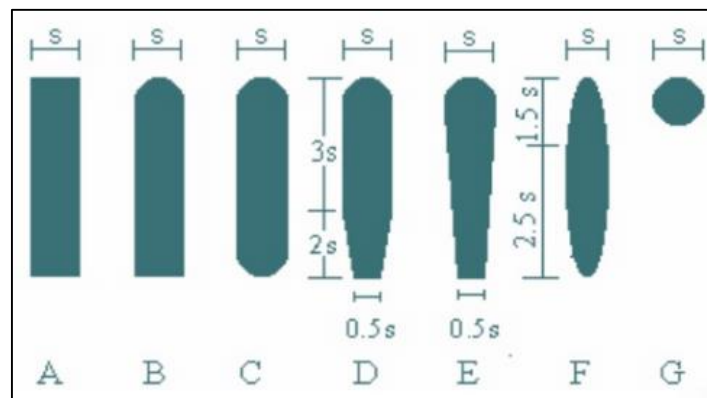


Figura 10-1: Diferentes formas de Rejillas

Fuente: Normas RAS 2000, Título E, Pp. 51

1.7.1.4 Desarenador

Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tiene como función la remoción de sólidos (arena) que estén en suspensión en el agua, mediante el proceso de sedimentación.

Pueden remover o eliminar posibles partículas tales como semillas, arena o similares que sean susceptibles de precipitar y mayores de 200 micras, mismas que pueden acarrear problemas en las zonas más vulnerables del sistema de conducción del agua. Su eliminación en el desarenador se basa en el proceso físico de sedimentación por caída libre de las partículas.

Su diseño está soportado, entonces, en las velocidades de sedimentación de las partículas que quieren removerse, las cuales son explicadas mediante las fórmulas de Stokes (flujo laminar), Newton (flujo turbulento) y Allen (régimen transitorio), a fin de evitar que ingresen al proceso de tratamiento, y lo obstaculicen creando serios problemas.

Clases de desarenadores

En función de su operación:

- ***Desarenadores de lavado continuo***, es aquel en el que la sedimentación y evacuación son dos operaciones simultáneas.
- ***Desarenadores de lavado discontinuo (intermitente)***, que almacena y luego expulsa los sedimentos en movimientos separados. Son el tipo más común y la operación de lavado se procura realizar en el menor tiempo posible con el objeto de reducir al mínimo las pérdidas de agua.

En función de la velocidad de escurrimiento:

- De baja velocidad $v < 1$ m/s (0.20 – 0.60 m/s)
- De alta velocidad $v > 1$ m/s (1 – 1.5 m/s)

Fases del desarenamiento

- Fase de sedimentación
- Fase de purga (evacuación)

Elementos de un desarenador

Para cumplir su función, el desarenador se compone de los siguientes elementos:

- a. ***Transición de entrada:*** une el canal con el desarenador.

b. Cámara de sedimentación: lugar en la cual las partículas sólidas caen al fondo, debido a la disminución de la velocidad producida por el aumento de la sección transversal.

Según Dubuat, las velocidades límites por debajo de las cuales el agua cesa de arrastrar diversas materias son:

- Para la arcilla 0.081 m/s
- Para la arena fina 0.16 m/s
- Para la arena gruesa 0.216 m/s

De acuerdo a lo anterior, la sección transversal de un desarenador, se diseña para velocidades que varían entre 0.1 m/s y 0.4 m/s, con una profundidad media de 1.5 m y 4 m. Observar que para una velocidad elegida y un caudal dado, una mayor profundidad implica un ancho menor y viceversa. (Sparrow, 2008)

Cálculo del diámetro de las partículas a sedimentar

Los desarenadores se diseñan para un determinado diámetro de partícula, es decir, que se supone que todas las partículas de diámetro superior al escogido deben depositarse. Por ejemplo, el valor del diámetro máximo de partícula normalmente admitido para plantas hidroeléctricas es de 0.25 mm. En los sistemas de riego generalmente se acepta hasta un diámetro de 0.5 mm.

Cálculo de la velocidad del flujo en el tanque

La velocidad en un desarenador se considera lenta, cuando está comprendida entre 0.20 m/s a 0.60 m/s.

La elección puede ser arbitraria o puede realizar utilizando la fórmula de Campo.

$$v = a * \sqrt{d} \qquad \text{Ecuación. 13}$$

Dónde:

d = diámetro (mm)

a = constante en función del diámetro

Tabla 1-1: CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO

A	d (mm)
51	< 0.1
44	0.1 – 1
36	> 1

Fuente: Sparrow Edgar

Proceso de cálculo de las dimensiones del tanque

El proceso de cálculo se puede realizar de la siguiente manera:

- a. Asumiendo una profundidad (por ejemplo $h = 1.60$ m)
- b. Aplicando la teoría de simple sedimentación:

Siguiendo la teoría de sedimentación calculamos el tiempo de sedimentación con la ecuación:

$$t = h/w \quad \text{Ecuación. 14}$$

Dónde:

t = Tiempo de sedimentación, s

h = Altura del tanque, cm

w = Velocidad de caída según diámetro, cm/s

Continuamos hallando el volumen de agua conducido en ese tiempo con la ecuación:

$$V = Q * t \quad \text{Ecuación. 15}$$

Dónde:

V = Volumen del tanque, m^3

Q = Caudal ingreso, m^3/s

t = Tiempo de sedimentación, s

Verificamos la capacidad del tanque con la ecuación:

$$V = b * h * L \quad \text{Ecuación. 16}$$

Dónde:

V = Volumen del tanque, m³

b = Ancho del tanque, m

h = Altura del tanque, m

L = Largo del tanque, m

En el diseño del desarenador es muy importante conocer el tiempo de retención hidráulico, para esto empleamos la ecuación:

$$Tr = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación. 17}$$

Dónde:

Tr = Tiempo de retención hidráulico, h.

V = Volumen, m³

Q = Caudal a tratar, m³/h

Teoría de Sedimentación

La teoría de la sedimentación fue desarrollada por Hazen y Stokes. Su modelo de sedimentación de partículas se resume en la siguiente ecuación, que es la ecuación general de la sedimentación de partículas esféricas en un fluido en reposo.

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{Cd} \cdot (\rho_s - 1) \cdot d}$$

Ecuación. 18

Dónde:

Vs: Velocidad de sedimentación en cm/s

g: Aceleración de la gravedad = 981 cm/s²

ρs: es la densidad de las partículas de arena, S = 2.65 para arenas

d: Diámetro de la partícula a remover en cm y “Cd” el coeficiente de arrastre que se calcula en base al número de Reynolds como:

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

Ecuación. 19

De la ecuación anterior puede concluirse que un sedimentador debe diseñarse para un determinado tamaño de partícula y para la temperatura mínima esperada del agua.

La magnitud del coeficiente de arrastre de Newton no es constante y varía en función del número de Reynolds. Flujo laminar ($Re < 1$); Régimen de transición o Régimen turbulento número de Reynolds entre (10^3 a 10^4).

Tabla 2-1: CRITERIOS SIMPLIFICADOS PARA DEPÓSITOS DE ARENA EN AGUA

Diámetro de Partícula (mm)	Régimen
< 0.085	Laminar
0.085 – 1.00	Transición
>1.00	Turbulento

Fuente: Sparrow Edgar

Es importante aclarar que cuando se habla de los regímenes de flujo laminar, transición y turbulento, se refieren no al régimen de la masa de agua sino al régimen de flujo en el entorno de la partícula.

La clasificación de los materiales según el tamaño de sus partículas se muestra en la tabla 6-1 Tomada de: LOPEZ CUALLA (1995).

Tabla 3-1: CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EN SUSPENSIÓN SEGÚN EL TAMAÑO

Material	Diámetro (mm)
Gravilla gruesa	2.00 o más
Gravilla fina	2.00 - 1.00
Arena Gruesa	1.00 -0.50
Arena media	0.50 – 0.25
Arena fina	0.25 – 0.10
Arena muy fina	0-10 – 0.05
Limo Grueso y medio	0.05 – 0.01
Limo fino	0.010 – 0.005
Arcilla Gruesa y media	0.005 – 0.001
Arcilla fina	0.0010 – 0.0001
Arcilla coloidal	Menor de 0.0001

Fuente: Sparrow Edgar

1.7.1.5 Piscinas de cría

Gran parte de la producción piscícola mundial se basa en la explotación de estanques de agua dulce que mantienen e intercambian el agua, reciben fertilizantes o productos que pueden servir de alimento a los peces y hacen posible la retención, cría y explotación de especies. La construcción adecuada de estos estanques y las estructuras correspondientes son parte esencial de una piscicultura provechosa.

Un buen estanque debe ser de construcción poco costosa y fácil mantenimiento y permitir un aprovechamiento satisfactorio del agua y de los peces.

Diferentes tipos de estanque

Los estanques piscícolas de agua dulce pueden presentar diversas características atendiendo a los siguientes elementos: fuente de abastecimiento de agua, forma en que se extrae el agua del estanque, material y método utilizado para la construcción y método de explotación piscícola. Sus

características están normalmente condicionadas por las peculiaridades del lugar donde se construyen.

Para conocer el volumen de una piscina, sólo se tiene que medir la distancia que hay entre el fondo y el borde (altura). Pero si, como ocurre en la mayoría de las piscinas, la profundidad aumenta gradualmente, para hallar la profundidad media de la piscina, se tendrá que sumar las medidas de la profundidad menor y de la profundidad mayor, y dividir después el resultado entre dos.

Volumen de agua de la piscina

$$V = b * L * h$$

Ecuación. 20

Dónde:

V = Volumen del tanque, m³

b = Ancho del tanque, m

h = Altura del tanque, m

L = Largo del tanque, m

Estanque Recubierto con Geomembrana

Los estanques recubiertos son estanques de tierra recubiertos con material impermeable, como una capa de goma o plástico. Para el diseño colocaremos Geomembranas de Polietileno que están específicamente diseñadas para condiciones expuestas.

No contienen aditivos o rellenos que puedan evaporarse y causar deterioro a medida que pasa el tiempo. Tienen una aplicación generalizada como elemento de estanqueidad en la contención de líquidos, en canales, en embalses, en reservorios y en estanques de almacenamiento entre otras.

Además de su excelente resistencia al ataque de agentes químicos y a los rayos Ultravioleta (UV con 2-3% negro de humo), presentan inmejorables propiedades mecánicas, su bajísima impermeabilidad le permite actuar como barrera al paso de fluidos y gases. Con espesores desde 0.5 a 2.5 mm, con ancho máximo de 8,5 m, en largos según requerimiento.

Utilizaremos la siguiente ecuación para calcular la superficie de recubrimiento de la piscina

$$A = b * h$$

Ecuación. 21

Dónde:

A = Arrea de la piscina, m²

b = Ancho del piscina, m

h = Altura del piscina, m

1.7.1.6 Sistemas de Vaciado

El agua después de su paso por el almacén y su correspondiente filtración es conducida por tubería fuera de este hasta la canalización abierta de salida.

El agua de las tuberías cae en forma de cascada a la canalización abierta de salida a fin de ayudar a la oxigenación de salida del agua de la piscifactoría.

1.7.1.6.1 Canales de desagüe

Los canales de desagüe se construyen para evacuar el agua procedente de los estanques piscícolas hacia el exterior de la explotación, generalmente hacia un canal natural más bajo.

El diseño de un canal de desagüe dependerá de las características del estanque o serie de estanques que deberá evacuar:

- En estanques pequeños (estanques de cría, por ejemplo), el canal de desagüe puede diseñarse de manera que pueda vaciar más de un estanque a la vez, en un plazo de un par de horas;
- En estanques de tamaño medio, el canal se suele construir de manera que pueda vaciar los estanques uno por uno dentro en un plazo razonable, (medio día a un día)
- El diseño del canal de desagüe depende también del tipo de salida del estanque y de su capacidad de conducción de agua
- En las grandes explotaciones piscícolas, el tiempo total de evacuación de todos los estanques no deberá ser de más de un día por hectárea (o 5 días por cada 5 ha de superficie de agua y 25 días por cada 25 ha); las estructuras de salida del estanque deberán diseñarse teniendo en cuenta estas indicaciones.

Los canales de desagüe están por lo general desprovistos de revestimiento, y su sección transversal suele ser trapezoidal.

Recuerde que para lograr un desagüe satisfactorio y total, el nivel más bajo del canal de desagüe deberá ser al menos 20 cm más profundo que el punto más bajo del estanque.

El codo móvil es otro dispositivo de desagüe (Fig.11-1), que cumple iguales funciones que el monje, con la ventaja de su menor costo. La sección vertical y la horizontal (de nivelación y desagüe, respectivamente) tienen igual diámetro, que varía de acuerdo al tamaño del estanque.

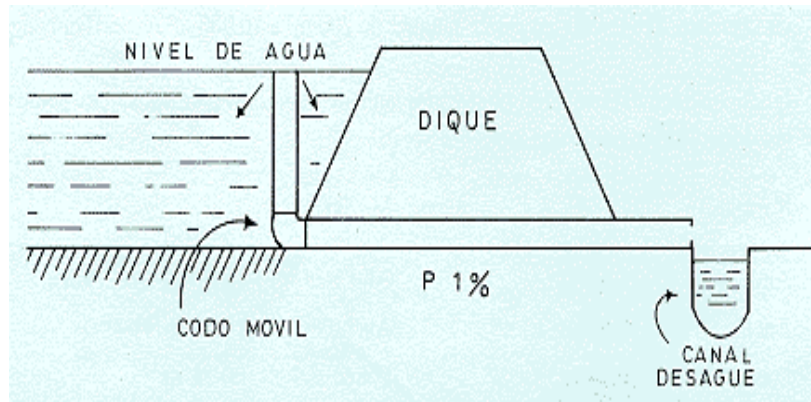


Figura 11-1: Codo móvil para desagüe del estanque

FUENTE: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm

Este sistema consiste esencialmente de tres partes: un tubo vertical de 1.50 m de largo que controla el nivel del agua, un codo y otro tramo de tubería horizontal o desagüe. Las tres partes se conectan sin necesidad de usar soldadura, pues debe permitirse que el codo gire libremente 90 grados para lograr el vaciado del estanque. Se recomienda tubería sanitaria PVC, que es la más económica y presentan excelente duración y resistencia al medio

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Línea Base

2.1.1 Localización del Proyecto

El presente proyecto se realizó en la Bocatoma del canal de riego Chambo – Guano, perteneciente al Consejo Provincial de Chimborazo, ubicada en la Comunidad Ceceles, Parroquia Licto, Provincia de Chimborazo, a unos 52 Km aproximadamente de la ciudad de Riobamba por la vía a Macas.

El área de estudio que comprende la cuenca hidrográfica del río Chambo, pertenece al sistema hidrográfico del Pastaza, en la vertiente del Amazonas; se encuentra en la provincia de Chimborazo; en el límite con la provincia de Morona Santiago; al Oeste del parque nacional Sangay. Donde nace la cuenca en las cumbres de la cordillera Oriental hasta la hoya del río Chambo.

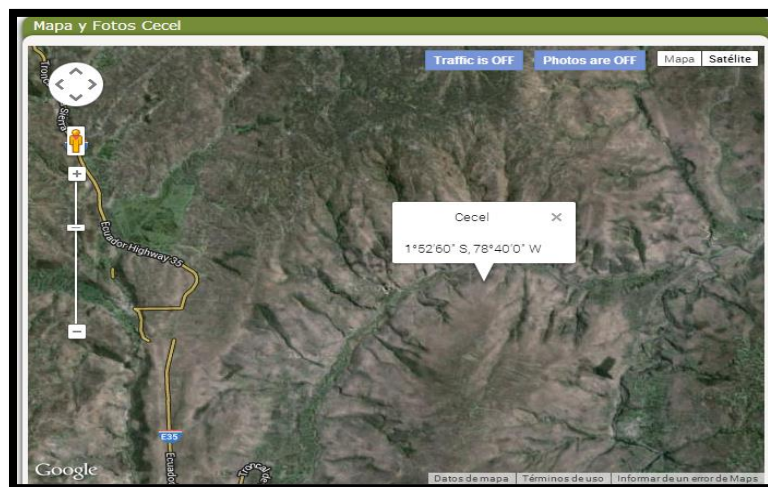


Figura 12: Ubicación geográfica del proyecto

FUENTE: http://es.getamap.net/mapas/ecuador/chimborazo/_cecel/

2.2. Aspectos geomorfológicos básicos

El río Chambo constituye el primer orden de una red de drenaje en el cual sus aportes de segundo orden son los ríos Guargualla, Cebadas y Alao. La red conformada por estos ríos es integrada y de densidad mediana con una longitud total de 184.3 Km; y una pendiente media del cauce principal del 3.35%; que corresponde al perfil longitudinal del río.

El área de la cuenca de drenaje del río hasta el sitio de la captación es de aproximadamente 139,08 km², y un perímetro de 56,03 km.

2.3 Muestreo

Para la recolección de muestras se realizó un cronograma establecido de cuatro meses, donde se tomó las muestras del río Chambo, para realizar los distintos análisis físico-químicos y microbiológicos en el laboratorio de Aguas de la ESPOCH. En épocas de verano e invierno para estimar la incidencia del agua en las distintas épocas del año.

Para los análisis físico-químicos, se receptaron 6 litros en total de agua de distintas partes del río, de igual manera se recogió el agua en frascos Wheaton, para los análisis de oxígeno disuelto, DQO, y DBO. Todos debidamente etiquetados

Para los análisis microbiológicos se llenó un recipiente plástico de 100ml debidamente esterilizado. Teniendo en cuenta que a todas las muestras se realizó un etiquetado con el número de muestra, nombre del responsable, fecha, hora, el pH y la temperatura del agua.

Se utilizó un cooler portátil con hielo, para el transporte de las muestras hasta su llegada al laboratorio, para realizar los distintos análisis tomando en cuentas todos los procedimientos de seguridad posibles.

Tabla 1-2: CRONOGRAMA DE MUESTREO

Mes	Ensayo	Número de Muestras	Hora	Total Litros
Septiembre 2013	Físico-Químicos Microbiológicos	2	8:00 – 12:00 am	6
Octubre 2013	Físico-Químicos Microbiológicos	2	8:00 – 12:00 am	6
Enero 2014	Físico-Químicos Microbiológicos	2	8:00 – 12:00 am	6
Febrero 2014	Físico-Químicos Microbiológicos	2	8:00 – 12:00 am	6

Fuente: Costales Daniel. 2015

Se tomó en consideración la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, Tabla 3. Pero en vista de que es una norma muy general y no específica para la especie de trucha arco iris que es la que vamos a producir, se adoptó por la tabla de Piscicultura y Acuarios de la autora Alexandra López, para poder comparar los resultados obtenidos de caracterización con los límites máximos admisibles establecidos para esta especie de salmónidos.

Tabla 2-2: CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS APROPIADAS PARA SALMÓNIDOS

CARACTERÍSTICA	VALOR	OBSERVACIONES
Temperatura	Hasta 22 °C	Si el verano registra temperaturas superiores a los 20 °C el ambiente permite su uso temporal, (otoño, invierno, verano)
Contenido de Oxígeno	Sobre 8 mg/l	Mínimo 5,5 mg/l
Valor ph	Más de 5,5 y menos de 8,5	Para las truchas el óptimo es un rango entre 7,0 a 8,0. El ideal es 7,6. Máximo tolerable 9,2.
Capacidad bufferiante Contenido de Amonio (NH4) Hierro total		Sobre 1,5 val/cm ³ Hasta 1,0 mg/l (1) Hasta 0,5 mg/l
Contenido Nitrito Contenido Nitrato Fosfato Inorgánico		Hasta 0,2 mg/l (1) Hasta 10 mg/l (1) 0,15 – 0,4mg/l
Gasto de Permanganato de potasio (KMnO ₄) Requerimiento Químico de Oxígeno (R.Q.O) Requerimiento Bioquímico de Oxígeno (R5BO)		Hasta 40 mg/l (1) Hasta 40 mg/l (1) Hasta 15 mg/l
Consumo de Oxígeno (C ₂ dO)		Hasta 6 mg/l (1)

Valores mayores indican contaminación orgánica del agua

FUENTE: LÓPEZ Alexandra, Piscicultura y Acuarios.

Tabla 3-2: ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS DEL AGUA PARA SALMÓNIDOS

Turbiedad		-----
Alcalinidad		20 - 200 mg/l
Dureza		60 – 30 mg/l
Oxígeno Disuelto		6,5 - 9 mg/l
Sulfatos		>45 mg/l

FUENTE: LÓPEZ Alexandra, Piscicultura y Acuarios.

Tabla 4-2: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Coliformes Fecales	nmp/100 ml	Npm	200	200	200

FUENTE: Criterios admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario.

2.4 Metodología

2.4.1 Métodos y Técnicas

Para empezar la investigación se realizó el debido reconocimiento del área donde se construirá las instalaciones de la planta piscícola. A continuación utilizando métodos de análisis cuantitativos se realizaron los análisis de agua respectivos, las cuales fueron efectuadas en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la ESPOCH.

Experimental

Este método se empleará tanto para la recolección de muestras como para el análisis físico químico del agua cruda en el laboratorio, donde se mide los parámetros más importantes como son: pH, temperatura, turbiedad, DQO, DBO, oxígeno disuelto, sólidos sedimentables, etc.

Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se desarrollaron en el laboratorio son métodos ya establecidos de aguas para salmónidos según la **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA**; además del Manual de Análisis de Agua, métodos HACH.

Tabla 5-2: MÉTODOS DE ANÁLISIS

DETERMINACIÓN		MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Turbiedad		Nefelométrico	Mediante el electrodo de cristal del equipo, se lee y se registra el valor obtenido.
Ph		Potenciométrico	Mediante el electrodo de cristal del equipo, se lee y se registra el valor obtenido.
Dureza		Volumétrico	Se toma 25 ml de la muestra, seguido de 1ml de solución tampón, más una pizca de negro de eriocromo T en polvo, y titular con EDTA 0.02 N
Nitratos Fosfatos Sulfatos	Nitritos Cloruros Hierro	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados.
Nitrógeno Amoniacal		Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, y 10 ml de agua destilada para el blanco, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Escherichia Coli Coliformes Totales		Sembrado	Se esteriliza el equipo microbiológico para la filtración, se toma 50 ml de muestra y se procede a filtrar, se vierte el reactivo y se siembra a la temperatura correspondiente.

Fuente: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

2.4.2. Técnicas

Los ensayos realizados en el agua cruda, se enmarcan dentro de las normas y técnicas de la APHA / AWWA / WEF, ASTM, EPA, DIN, INEN con la finalidad de asegurar la fiabilidad de los resultados y cumplir con las normas de control de calidad en los análisis y ofrecer resultados técnicamente confiables.

Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO). PEE/09 APHA 5220 D

Fundamento

Indica la cantidad de contaminantes que pueden oxidarse mediante un oxidante químico (dicromato potásico, etc.); estos contaminantes pueden ser materia orgánica e inorgánica.

Procedimiento

- En un balón de 250 ml
- Se añaden 10ml de muestra.
- Se añaden 6 ml de solución de (K₂Cr₂O₇) 0,0167 M
- Se añaden 14 ml de solución de Ag₂SO₄ en H₂SO₄
- Se somete a reflujo durante 2 horas y dejar enfriar.
- La muestra se oxidada se diluye hasta 50ml con agua destilada y se deja enfriar.
- Se añaden gotas del indicador ferroína, hasta coloración roja
- Se valora el exceso de dicromato con la sal de Mohr.

Reporte

Se expresa en mg de óxido por litro

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5). PEE/46 APHA 5210 B

Fundamento

Mide la cantidad de materia orgánica biodegradable; se determina midiendo la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos cuando utilizan la materia orgánica como fuente de energía para su metabolismo; los ensayos se realizan durante 5 días.

Procedimiento

- En un balón de aforación 1000ml.
- Añadir 500ml de agua aireada y 1ml de inóculo.
- Añadir 1ml de $MgCl_2$, de $FeCl_3$ de $CaCl_2$ y 2ml de solución buffer.
- Aforar con agua aireada y homogenizar la solución.
- Llenar 2 botellas de DBO con esta solución y taparlas.
- 1 botella de DBO debe ser guardada en total oscuridad.
- En la otra botella poner 1ml de $MnSO_4$ y 1ml de reactivo álcali-yoduro-ácida, tapar y dejar que repose.
- Titulamos con $Na_2S_2O_3$

Si son aguas de ríos, lagos colocamos 200 ml de muestra

Reporte

Se mide en mg/L

Determinación de Oxígeno Disuelto (O_2)

Fundamento

Mide la cantidad de oxígeno consumido por los peces, el oxígeno disuelto oxida rápidamente el hidróxido de magnesio a óxido manganeso. La solución entonces se acidifica ya que el óxido de manganeso se reduce por los iones yoduros I^- , previamente introducidos que son oxidados al estado de I_2 . El Iodo liberado se cuantifica con el hiposulfito de sodio.

Procedimiento

- En un frasco Wheaton de 250ml
- Añadir 0,5 ml de cloruro de manganeso y 1 ml de sosa yodada.
- Añadir 2 a 4ml de ácido se obtendrá una solución amarilla
- Toma una muestra de 50 ml de esta solución y se pasa a un matraz
- Se añade una pequeña cantidad de tiodeno, se tornara de color azul
- Titulamos con hiposulfito, hasta que vire del color azul al incoloro

Reporte

Se mide en mg/L

2.5 Toma de datos Experimentales

2.5.1 Diagnóstico de la cuenca hidrográfica

La cuenca del río Chambo, desde la unión del Cebadas y Guamote, presentan un valle abierto en forma de U; en el cual se pueden observar varios depósitos aluviales de pendientes muy bajas. Hasta llegar a la altura de la bocatoma del proyecto de riego Chambo– Guano, que se indica en la fig. 2-2.

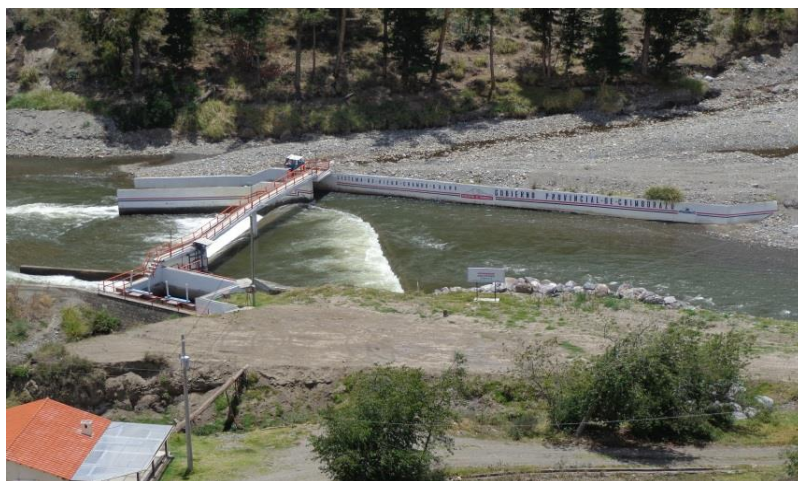


Figura 2-2: Bocatoma del Proyecto de Riego CH-G

Fuente: Costales Daniel. 2015

2.5.2 Datos Meteorológicos

Tabla 6-2: DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ZONA

Altitud media	2800 msnm
Clima	Templado (Zona Andina)
Temperatura media	14 °C
Precipitación	568,20 mm
Humedad	68,25%
Latitud	1°53'48" N
Longitud	78°38'31" W

FUENTE: Instituto Nacional de meteorología e hidrología (INAMHI)

2.5.3 Caracterización inicial del agua de alimentación

La caracterización del agua de alimentación para la planta piscícola se la realizó en el laboratorio de aguas de la ESPOCH, donde se efectuaron los debidos análisis físicos-químicos y microbiológicos, durante 4 meses, una caracterización mensual, indistintamente el día y en épocas de verano e invierno, durante los años 2013 y 2014.

Los resultados se los presenta en la siguiente tabla;

Tabla 7-2: DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS AGUA DE ALIMENTACIÓN

Determinación	Unidad	Resultados				Resultado Promedio	Valor límite Permisible Truchas y Acuarios
		M1 15/09/13	M2 09/10/13	M3 19/01/14	M4 25/02/14		
Temperatura	°C	16.1	16.8	15.5	14.9	15.8	10 – 21
Ph	Und.	7.48	7.75	7.33	7.46	7.5	5.5 - 8.5
Turbiedad	NTU	2.3	1.7	1.8	2.5	2.07	-
Alcalinidad	mg/L	200	190	190	190	192	20- 200
Dureza	mg/L	160	170	160	160	162	60 – 300
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.19	5.78	5.48	5.25	5.68	6.5 – 9
DQO	mg/L	60	73	85	96	78.5	40
DBO	mg/L	24	27	31	33	28.7	15
Nitritos	mg/L	0.29	0.37	0.49	0.43	0.39	0.2
Nitratos	mg/L	1.3	1.1	1.6	1.4	1.35	10
Amonios	mg/L	0.030	0.026	0.029	0.027	0.028	1.0
Fosfatos	mg/L	2.09	2.19	2.3	2.23	2.20	500
Hierro	mg/L	0.46	0.47	0.50	0.48	0.47	0.5
Sulfatos	mg/L	42	45	44	43	43.5	>45

Fuente: Costales Daniel.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:

Los análisis microbiológicos realizados dieron un valor mayor al establecido pero debe tomarse en cuenta que la norma no especifica para la especie de trucha a sembrarse y aplica para aguas solamente frías como indica la **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, ANEXO III.**

Tabla 8-2: DATOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA

Parámetros	Expresados como	Resultados
Coliformes Fecales	UFC/100ml	350
Coliformes Totales	UFC/100ml	600

Fuente: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Para el sistema de tratamiento, se realizaron pruebas de laboratorio con filtros de arena, que son los más eficientes dentro de un proceso para bajar los parámetros que se encontraban fuera de la Norma establecida para los salmónidos. Como se puede apreciar en la parte inferior.

Se los realizo en las dos épocas del año: [verano](#) - invierno

Tabla 9-2: EFICIENCIA EN BASE AL OXIGENO DISUELTO

FECHA	PARÁMETROS	FILTROS DE ARENA		EFICIENCIA %
	OXIGENO DISUELTO	ENTRADA	SALIDA	
15/09/2013	6.5 – 9	6.19	7.19	16.2
09/10/2013	6.5 – 9	5.78	6.97	20.6
19/01/2014	6.5 – 9	5.48	6.89	25.7
25/02/2014	6.5 – 9	5.25	7.09	35.1

Fuente: Costales Daniel.

Tabla 10-2: EFICIENCIA EN BASE A LA DQO

FECHA	PARÁMETROS	FILTROS DE ARENA		EFICIENCIA %
	DQO	ENTRADA	SALIDA	
15/09/2013	40	60	37	38.3
09/10/2013	40	73	39	46.5
19/01/2014	40	85	41	51.8
25/02/2014	40	96	47	48.9

Fuente: Costales Daniel.

Tabla 11-2: EFICIENCIA EN BASE A LA DBO5

FECHA	PARÁMETROS	FILTROS DE ARENA		EFICIENCIA %
	DBO5	ENTRADA	SALIDA	
15/09/2013	15	24	19	20.8
09/10/2013	15	27	23	14.8
19/01/2014	15	31	24	22.6
25/02/2014	15	33	25	24.3

Fuente: Costales Daniel.

Tabla 12-2: EFICIENCIA EN BASE A LOS NITRITOS

FECHA	PARÁMETROS	FILTROS DE ARENA		EFICIENCIA %
	NITRITOS	ENTRADA	SALIDA	
15/09/2013	0.2	0.29	0.04	86.2
09/10/2013	0.2	0.37	0.11	70.3
19/01/2014	0.2	0.49	0.24	51.1
25/02/2014	0.2	0.43	0.19	55.8

Fuente: Costales Daniel.

2.5.4 *Temperatura promedio del agua del rio Chambo*

Para determinar la temperatura promedio del rio Chambo, se realizaron mediciones a diferentes horas del día para lo cual utilizamos un equipo multiparámetros, y apreciamos los valores máximos y mínimos a la que se encuentra la temperatura del agua y verificamos si cumple con los parámetros establecidos en las normas para criaderos de la Trucha arcoíris.

Tabla 13-2: TEMPERATURA DEL RIO CHAMBO

TEMPERATURA °C	TIEMPO (min)
18,1	30
18,3	60
19,2	90
19,8	120
16,5	150
18,1	180
19,2	210
17,6	240
16,5	270
16,9	300
16,1	330
15,3	360
16	390
14,5	420
14,3	450
14,1	480

Fuente: Costales Daniel. 2015

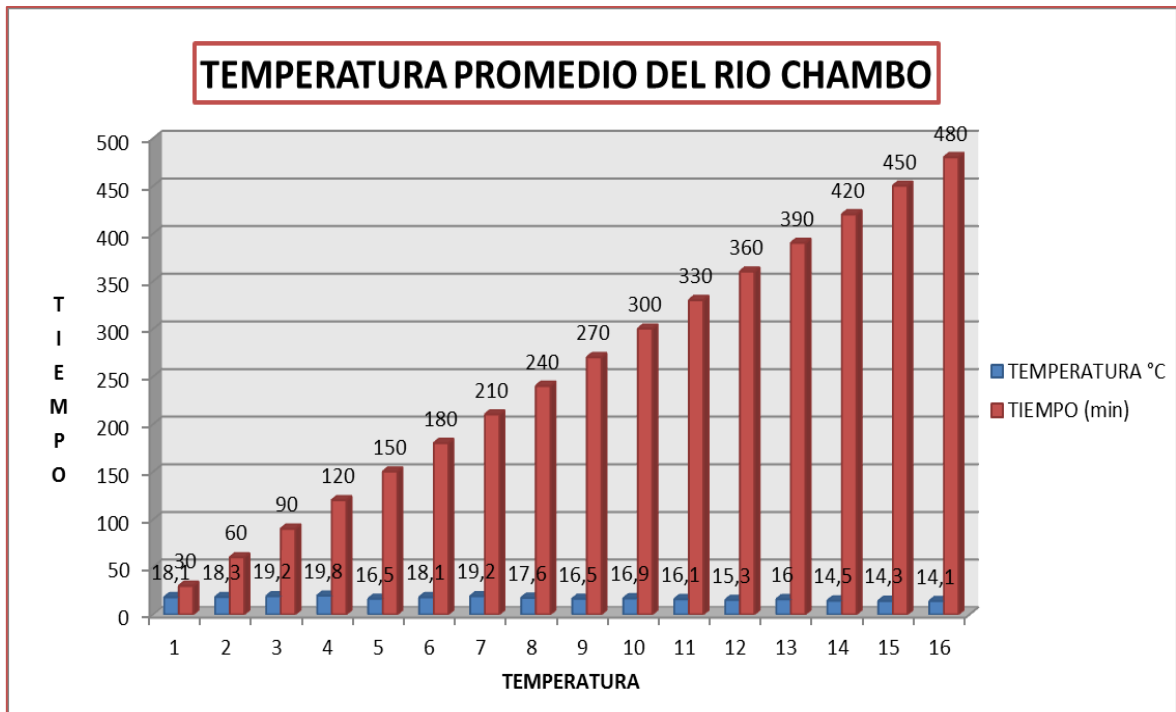


Gráfico 1-2: TEMPERATURA DEL RIO CHAMBO

Realizado por: Costales D. 2015

2.5.5 Medición de caudales

Para medir el caudal primeramente se utilizó una esfera plástica, un cuaderno de apuntes y un cronómetro. Con el objetivo de medir el tiempo de tarda la esfera de un punto a otro del río.

Método del área y velocidad

Este método se fundamenta en medir velocidades con el uso de flotadores o molinetes y el área transversal de la sección.

Tabla 14-2: CAUDALES MEDIOS DEL RIO CHAMBO

Velocidad m/s	Área m^2	Caudal m^3/s
25.3	1	25.3
31.2	1	31.2
23.4	1	23.4
27.2	1	27.2
21.4	1	21.4
23.2	1	23.2
19.1	1	19.1
12.7	1	12.7
15.4	1	15.4
13.7	1	13.7

Realizado por: Costales D. 2015

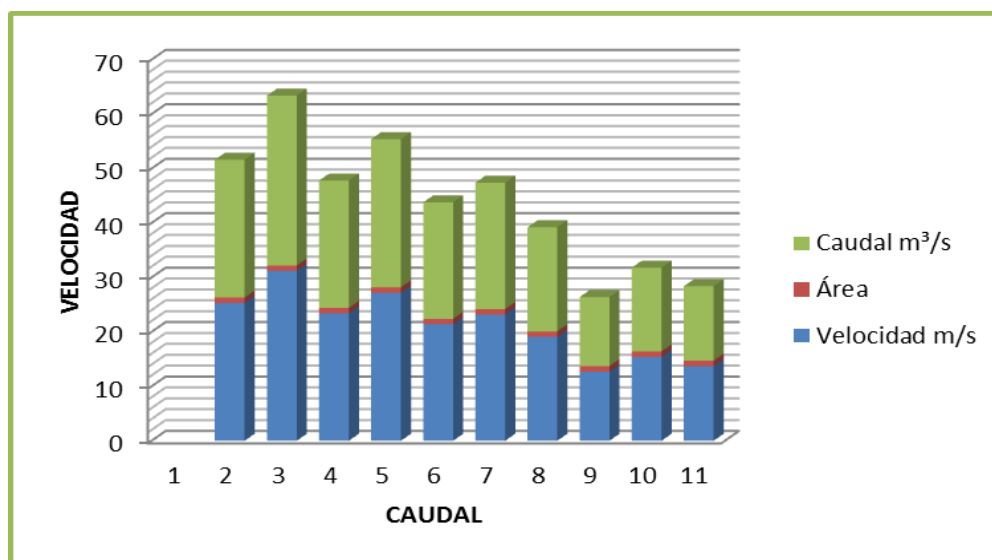


Gráfico 2-2: CAUDALES MEDIOS DEL RIO CHAMBO

Realizado por: Costales D. 2015

CAPITULO III

3. CALCULOS Y RESULTADOS

3.1 Cálculo del caudal Río Chambo

El cálculo del caudal se lo realiza midiendo el ancho del río y la profundidad del mismo, para obtener el área transversal, cuya velocidad de corriente es de 1 m/s. Mediante la **Ecuación. 1.**

Entonces;

$$Q = v A$$

$$A = 12,8 \text{ m ancho} \times 0,8 \text{ m profundidad} = 10,24 \text{ m}^2$$

$$Q = 1 \text{ m/s} * 10,24 \text{ m}^2$$

$$Q = 10,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2 Cálculos de Ingeniería para el sistema de tratamiento de Agua

3.2.1 Caudal de diseño derivado

3.2.1.1 Cálculo del caudal para eliminar amoníaco

La biomasa de truchas presente en el estanque será:

$$B = \text{Volumen} \times \text{Densidad} = (15 \times 5 \times 1,5) \text{ m}^3 \times 15 \text{ Kg/m}^3 = 1687,5 \text{ Kg}$$

La tasa de excreción de amoníaco para truchas de 40 gramos a una temperatura de 16°C es del orden de 600 mg/Kg/d (TABLA 5)

La fracción de amoníaco no disociado, para agua a 16°C y pH de 7,5, es de **0,925%**.

Por otra parte, la concentración máxima tolerable por la trucha a largo plazo es de 0,01 mg/l.

El caudal necesario para eliminar el amoníaco del estanque determinamos a partir de la

Ecuación. 2

$$Q(\text{NH}_3) = \frac{B \times T_e \times F_{nd}}{C_m} = \frac{1,68 \text{ Tm} \times 600 \text{ gr/Tm/d}}{24 \text{ h/d} \times 0,01 \text{ gr/m}^3} = \mathbf{38,85 \text{ m}^3/\text{h}}$$

La tasa de renovación de dicho tanque será de:

$$Tr = \frac{Q}{V} = \frac{38,85 \text{ m}^3/\text{h}}{112,5 \text{ m}^3} = 0,35 \text{ renovaciones/hora}$$

3.2.1.2 *Calculo del caudal para aporte de oxigeno*

La biomasa de truchas presente en el estanque será:

$$B = \text{Volumen} \times \text{Densidad} = (15 \times 5 \times 1,5) \text{ m}^3 \times 15 \text{ Kg/m}^3 = 1687,5 \text{ Kg}$$

La tasa de consumo de oxígeno para truchas de 10 gr a una temperatura de 16°C es del orden de 440 mg/Kg/h (Blanco, 1995).

El oxígeno disponible se determina a partir de la solubilidad a 16°C (Blanco, 1995) y de la concentración mínima recomendada para la trucha (que es de 5,5 mg/l): Anexo

$$O_d = S - C_m = 9,9 - 5,5 = 4,4 \text{ mg/l}$$

El caudal necesario para aportar oxígeno al estanque será según la **Ecuación 3**.

$$Q(O_2) = \frac{1,68 \text{ Tm} \times 440 \text{ gr/Tm/h}}{4,4 \text{ gr/m}^3} = \mathbf{168 \text{ m}^3/\text{h}}$$

La tasa de renovación de dicho tanque será de:

$$Tr = \frac{Q}{V} = \frac{168 \text{ m}^3/\text{h}}{112,5 \text{ m}^3} = 1,49 \text{ renovaciones/hora}$$

- Una vez determinadas las necesidades de agua, puede optarse por adoptar el caudal calculado que sería el del Oxígeno, si se dispone de suficiente agua, o bien por utilizar un caudal inferior (el mínimo sería el caudal para eliminar el amoníaco) y el déficit de oxígeno aportarlo mediante aireación.

3.2.2 Área del canal:

Esto calculamos a partir de la **Ecuación. 4** Norma RAS 2000 (0.6m/s), Anexo A

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0.047}{0.6}$$

$$A = 0.078m^2$$

- *Calculo de la Altura del agua* **Ecuación. 5**

$$h = \frac{A}{w}$$

$$h = \frac{0.078}{0.50}$$

$$h = 0.16m$$

- *Altura del canal, con la* **Ecuación. 6**

$$H = h + hs$$

$$H = 0.16 + 0.3$$

$$H = 0.46$$

- *Calculo caudal captado en el vertedero* **Ecuación. 7**

$$Q = 1.84 LH^{1.5}$$

$$Q = 1.84 \cdot 0.5 \cdot 0.16^{1.5}$$

$$Q = 0.059 m^3/s$$

3.2.3 Rejillas

Cálculo de longitud de varillas, con la ecuación 9 empleando una inclinación de 50°

Ecuación. 8

$$\begin{aligned}\sin 50^\circ &= \frac{H}{L} \\ L &= \frac{H}{\sin 50} \\ L &= \frac{0.46}{\sin 50} \\ L &= \frac{0.46}{0.766044443} \\ L &= 0.60m\end{aligned}$$

- *Sumatoria de la separación entre barras Anexo 3* **Ecuación. 9**

$$\begin{aligned}bg &= \left(\frac{w-e}{s+e} + 1\right)e & s &= 0.03 \\ bg &= \left(\frac{0.5 - 0.05}{0.03 + 0.05} + 1\right)0.05 \\ bg &= 0.33m\end{aligned}$$

- *Número de varillas* **Ecuación. 10**

$$\begin{aligned}n &= \frac{w}{e+s} \\ n &= \frac{0.5}{0.05 + 0.03} \\ n &= 6.3 \text{ varillas}\end{aligned}$$

- *Pérdidas de carga en varillas* **Ecuación. 11**

Anexo 4: $\beta = 1.83$

$$hf = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2}{2g} \sin \theta$$

$$hf = 1,83 \left(\frac{0.03}{0.05}\right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{(0.6)^2}{2 \times 9.8}\right) \text{sen}50^\circ$$

$$hf = 1,83(0.6)^{1.33} \left(\frac{0.36}{19.6}\right) \text{sen}50^\circ$$

$$hf = 1,83(0.6)^{1.33}(0.018) \text{sen}50^\circ$$

$$hf = 1,83(0.5)(0.018) \text{sen}50^\circ$$

$$hf = 0.016 \times \text{sen}50^\circ$$

$$hf = 0.012m$$

3.2.4 *Desarenador*

Se propone diseñar un desarenador de baja velocidad ($v < 1$ m/s) con el objetivo de separar y remover después el material sólido que lleva el agua del canal. Caudal $Q = 168 \text{ m}^3/h$

Diámetro de las partículas a sedimentar

En este caso el material sólido a sedimentar consiste en partículas de arena fina:

Arena fina - media $\rightarrow d = 0.25 \text{ mm}$ Anexo 7

Cálculo de la velocidad del flujo v en el tanque, a partir de la **Ecuación 12**

$$v = a * \sqrt{d}$$

$$v = 44 * \sqrt{0,25}$$

$$v = 22 \text{ cm/s}$$

3.2.5 Cálculo de las dimensiones del tanque

Se determina las dimensiones de largo, ancho y profundidad respetando los criterios de diseño

Largo: $L = 4 \text{ m}$

Ancho: $b = 1.45 \text{ m}$

Altura: $h = 1.6 \text{ m}$

- *Tiempo de Sedimentación* **Ecuación. 13**

$$t = h/w$$

$$t = 1.6/0.027$$

$$t = 59.3 \text{ s}$$

- *Volumen de agua conducido en ese tiempo* **Ecuación. 14**

$$V = Q * t$$

$$V = 0.047 * 59.3$$

$$V = 2.8 \text{ m}^3$$

- *Capacidad del tanque sedimentador* **Ecuación. 15**

$$V = b * h * L$$

$$V = 1.45 * 1.6 * 4$$

$$V = 9.28 \text{ m}^3$$

- *Tiempo de retención* **Ecuación. 16**

$$Tr = \frac{V}{Q}$$

$$Tr = \frac{9.28}{0.047}$$

$$Tr = 197.4 \text{ s}$$

3.2.6 *Velocidad de Sedimentación partícula, a partir de la* **Ecuación. 17**

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{C_d} \cdot (\rho_s - 1) \cdot d}$$
$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{981 \text{ cm/s}^2}{6,46} \cdot (2,65 - 1) \cdot 0,025 \text{ cm}}$$
$$V_s = 2,89 \text{ cm/s}$$

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad \text{Ecuación. 18}$$

De acuerdo al diámetro de la partícula se encuentra en el régimen de transición.

3.3 Cálculos de Ingeniería para la Piscina Piscícola

3.3.1 *Piscina*

Para hallar h; $0.5 + 1.32 / 2 = 0.91 \text{ m}$ (forma de la piscina)

- *Volumen de agua de la piscina* **Ecuación. 19**

$$V = b * L * h$$
$$V = 5 * 15 * 0.91$$
$$V = 68.25 \text{ m}^3$$

- *Superficie de recubrimiento de la piscina (Geomembrana) con la* **Ecuación. 20**

$$A = b * h$$
$$A = 15 * 5$$
$$A = 75 \text{ m}^2$$

3.4 Resultados del dimensionamiento de la planta piscícola.

3.4.1 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua

Caudal de diseño

Se refiere al caudal derivado del río Chambo, que será el que ingresara a la planta piscícola

Tabla 1-3: CAUDAL DE DISEÑO

DETALLE	VALOR
Caudal	168 m ³ /h

Realizado por: Costales D.

Canal

El canal por donde recorrerá el agua es de hormigón armado simple, con las siguientes características:

Tabla 2-3: DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL

DETALLE	VALOR
Ancho	0.50 m
Altura del canal	0.40 m
Altura del agua	0.16 m
Altura de seguridad	0.46 m
Caudal captado Vertedero	0.059 m ³ /s

Realizado por: Costales D.

Rejillas

Las rejillas del diseño son de hierro fundido, la limpieza es manual debido a que el caudal no es tan grande, consta de las siguientes características:

Tabla 3-3: DIMENSIONAMIENTO DE LAS REJILLAS

DETALLE	VALOR
Velocidad de aproximación a las rejillas	0.6 m/s
Longitud de las barras	0.60 m
Separación entre barras	0.33 m
Número de barras	6
Espesor de barras	0.05 m
Ángulo de inclinación	50°
Pérdida de carga	0.012 m

Realizado por: Costales D.

Desarenador

Para el desarenador hemos considerado el de tipo rectangular con estanque de entrada y salida donde se precipiten los sedimentos de mayor tamaño de partícula, con los cálculos pertinentes se llega al dimensionamiento requerido para nuestras necesidades según lo detallado:

Tabla 4-3: DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR

DETALLE	VALOR
Velocidad flujo	22 cm/s
Largo	4.00 m
Ancho	1.45 m
Altura	1.60 m
Volumen tanque	9.28 m ³
Tiempo de sedimentación	59.3 s
Volumen de Agua conducido	2.8 m ³
Tiempo de retención	197.4 s

Realizado por: Costales D.

3.4.2 Dimensionamiento de la Piscina Piscícola

Piscina Engorde

La piscina está cubierta en su totalidad por una Geomembrana, un material plástico que impide la filtración de agua hacia el suelo y consta de las siguientes dimensiones:

Tabla 5-3: DIMENSIONAMIENTO DE LA PISCINA ENGORDE

DETALLE	VALOR
Ancho	5.00 m
Largo	15.00 m
Altura	1,32 m
Volumen	68.25 m ³
Área total recubrimiento	75 m ²
Nivel Inclinación	2%

Realizado por: Costales D.

Canal de Desagüe o Salida

El canal de salida es un tubo plástico de PVC en L, que puede girar 360° con el objetivo de controlar el nivel del agua y de vaciar por completo la piscina si fuese necesario. El agua de la tubería sale y cae en forma de cascada hacia el canal abierto de riego situado al final de la misma. Se dimensiono según lo detallado:

Tabla 6-3: DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE SALIDA

DETALLE	VALOR
Largo Tubería	10.38 m
Diámetro tubería	110 mm
Velocidad salida	85 m/h

Realizado por: Costales D.

3.5 Tipos de Materiales

3.5.1 Sistema de Tratamiento de Agua

- Compuerta de Acero inoxidable
- Rejillas de Hierro fundido (varilla 0.05m espesor)
- Filtro Grava, Zeolitas, Arena
- Tubería PVC de 75 mm
- Codos PVC 75 mm
- Válvula de Bola

El nivel del caudal de ingreso se regulara a través de compuertas de acero inoxidable instaladas en la entrada al canal y de las válvulas instaladas en el sistema, lo que permitirá que se controle el ingreso del caudal al sistema. A más de eso la instalación cuenta con rejillas y el filtro que impidan que ingresen restos de ramas, palos, hojas, y demás basuras contaminantes que puedan causar algún tipo de incidentes o alteraciones en el agua de la planta.

3.5.2 Piscina Piscícola

- Geomembrana
- Tubería PVC de 110 mm
- Codo PVC móvil 110 mm
- Sifón
- Válvula de Compuerta simple

La cantidad de peces kg/m^2 que es posible colocar en un estanque, se encuentra relacionado con el peso individual de los peces, con el oxígeno aportado por el caudal ($\text{kg/O}_2/\text{h}$) y con las condiciones hidráulicas del mismo.

En el diseño del sistema de la planta piscícola no están incluidos ningún tipo de sensores electrónicos, ni dispositivos eléctricos. Todo el sistema es manual.

3.6 Requerimiento presupuestario

Tabla7-3: COSTOS DE MATERIALES TOTALES

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
RESMA DE PAPEL	4	4,50	18,00
IMPRESIONES Y COPIAS	455	0,05	22,75
EMPASTADOS	3	15,00	45,00
ANILLADOS	3	5,50	16,50
INTERNET	120	0,50	60,00
TRANSPORTE	-	-	55,00
		TOTAL	217,25

Fuente: Daniel Costales

Tabla 8-3: COSTOS DE LOS MATERIALES OPERACIÓN DE LA PLANTA

UNIDAD	DETALLE	COSTO \$
1	Compuerta de acero Inoxidable 1.5 mm	180
CANAL DE DERIVACIÓN		
1	Rejillas de Hierro fundido	120
1	Muros de Contención	650
1	Filtro	250
ACCESORIOS		
1	Tubo PVC 110 mm	13,50
1	Codos 110 mm	3,85
2	Válvulas Compuerta	140
1	T Reductora 110 * 75 mm	4,50
--	Costos adicionales	1000
TOTAL		2.361,85
PERSONAL DE TRABAJO		
5 personas	Mano de Obra	30 días
TOTAL DIARIO	Día Labor	22.50
TOTAL MENSUAL		3.375

Fuente: Daniel Costales

Tabla 9-3: COSTOS DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA

	DESCRIPCION	CONTRATO
--	-------------	----------

RUBRO N°		UNID.	CANTIDAD	C. UNITARIO	TOTAL
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				S/ 3.797,90
1,1	Limpieza manual del terreno	m2	1.280,00	1,41	1.804,80
1,2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	1.280,00	0,89	1.139,20
1,3	Excavación manual	m3	80,00	6,90	552,00
1,4	Relleno compactado	m3	20,00	9,00	180,00
1,5	Empedrado base	m2	5,30	23,00	121,90
	PISOS				S/ 735,00
2,1	Acera H:S: Sub-Base 15cm Loseta 7cm 180 KG/CM2	m2	35,00	21,00	735,00
	ESTRUCTURA				S/ 3.659,25
3,1	Replanteo de H.S f'c=180 kg/cm2	m3	1,68	115,00	193,20
3,2	Hormigón Simple f'c=210 kg/cm2	m3	0,60	200,00	120,00
3,3	Hormigón f'c=210 kg/cm2 para canal (incluye hierro y encofrado)	m3	7,00	320,00	2.240,00
3,4	Enlucido interior + Impr. (Sika 1)	m2	18,32	9,68	177,34
3,5	Acero de refuerzo		1,63	569,76	928,71
	TUBERIAS				S/ 579,38
4,1	Tubería PVC 0.75 MM	M	18,40	9,60	176,64
4,2	Codo PVC-P D=75mm * 90°	UNID.	5,00	5,00	25,00
4,3	Tubería PVC 110 MM	M	14,14	13,50	190,89
4,4	Codo PVC D=110mm	UNID.	1,00	3,85	3,85
4,5	Válvula de Compuerta H:F D=75mm (inc accesorios)	Pto	1,00	28,00	28,00
4,6	Compuerta lateral	UNID.	2,00	70,00	140,00
4,7	Sifón	UNID.	1,00	15,00	15,00
	RECUBRIMIENTO				S/ 1.586,25
5,1	Geomembrana PVC 75 * 750 u	m2	1,00	1.586,25	1.586,25

			SUBTOTAL	10.357,78
			IVA 12%	1.242,94
			COSTO TOTAL	11.600,72

Fuente: Arq. RECALDE A, Daniel Costales 2015.

Gastos Incluye Mano de Obra

3.9 Resultados

3.9.1 Caracterización final del Agua para Pisciculturas

Los resultados de la caracterización del agua se obtuvieron en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la ESPOCH, de donde se obtuvieron los resultados estándares que se usaron como base para las pruebas de tratabilidad, luego para saber de forma más confiable los valores de caracterización se realizaron los análisis de las diferentes muestras de agua tomadas de la captación del río Chambo, de donde se obtuvieron los resultados promedios indicados en la tabla a continuación:

Tabla 10-3: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA PISCÍCOLA

Determinaciones	Unidades	***Resultado Estándar	**Resultados Promedio	*Valores Límites Permisibles
Temperatura	°C	14.8	15.8	10 – 20
pH	Und.	7.24	7.5	5.5 – 8.5
Turbiedad	UNT	1.8	2.07	-
Alcalinidad	mg/L	170	192	20 – 200
Dureza	mg/L	152	162	60 – 300
DQO	mg/L	80	78.5	40
DBO	mg/L	29	28.7	15
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.24	5.68	6.5 – 9
Nitratos	mg/L	0.01	1.35	10
Amonios	mg/L	0.01	0.028	1.0
Nitritos	mg/L	0.01	0.39	0.2
Fosfatos	mg/L	0.45	2.20	500
Hierro	mg/L	0.28	0.47	0.5
Sulfatos	mg/L	18	43.5	> 45

* **Fuente:** Truchas y Acuarios Alexandra López Lima - Perú 2003 Ed, Ripalme., ** **Realizado por:** Costales D.

*** **Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH.

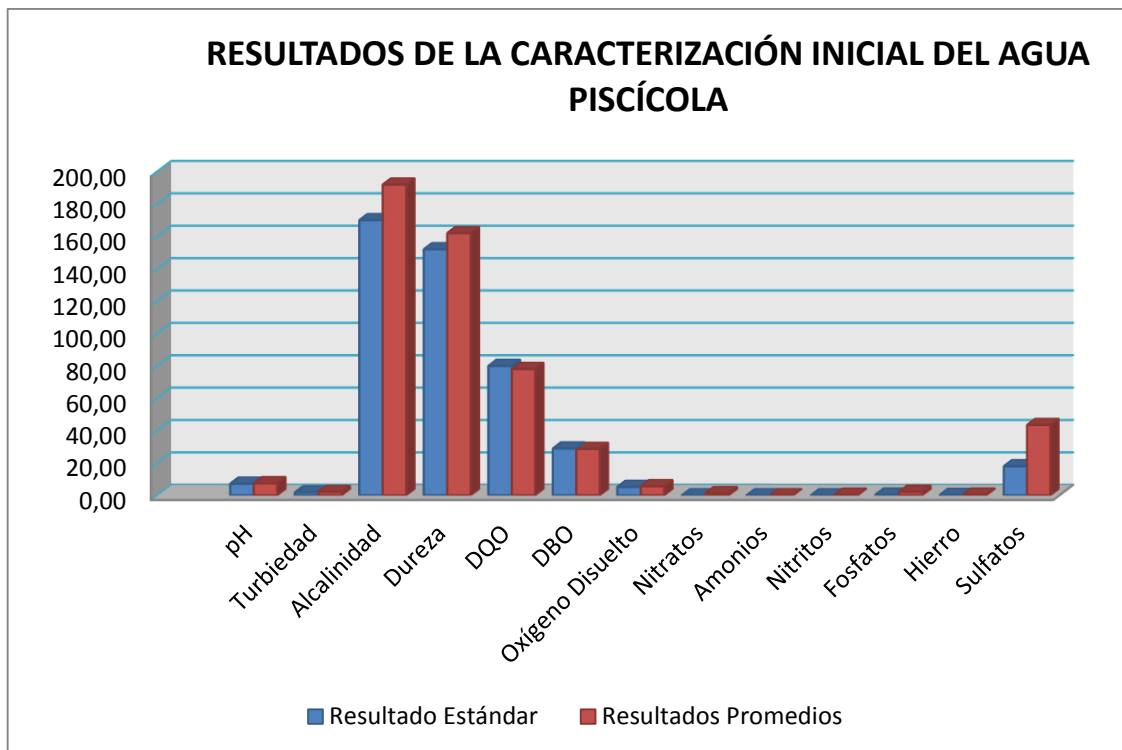


Gráfico 1-3: CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA

Realizado por: Costales D. 2015

Tabla11-3: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA TRATADA.

Parámetros	Unidad	Método Usado	Resultado
Coliformes fecales	UFC/100ml	Filtración por membrana	200
Coliformes totales	UFC/100ml	Filtración por membrana	300

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos

3. 9.2 Caracterización final del agua piscícola tratada.

Con el diseño del sistema de acondicionamiento de agua para la producción piscícola se ha logrado reducir los parámetros que se encontraban fuera del límite permisible, realizando los respectivos análisis en el laboratorio de Análisis Técnicos.

Tabla 12-3: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA PISCÍCOLA TRATADA

Determinaciones	Unidades	**Parámetros Referenciales	* Resultados
Temperatura	°C	10 – 20	14.2
pH	Und.	5.5 – 8.5	7.93
Turbiedad	UNT	-	1.22
Alcalinidad	mg/L	20 - 200	160
Dureza	mg/L	60 - 300	136
DQO	mg/L	40	36
DBO	mg/L	15	21
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.5 - 9	7.09
Nitratos	mg/L	10	0.01
Amonios	mg/L	1.0	0.01
Nitritos	mg/L	0.2	0.01
Fosfatos	mg/L	500	0.17
Hierro	mg/L	0.5	0.12
Sulfatos	mL/L	> 45	16

* **Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH.

** **Fuente:** Truchas y Acuarios Alexandra López Lima Peru 2003 Ed, Ripalme

Tabla 13-3: RESULTADOS ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA

Determinaciones	Unidades	Agua Pisc. Estándar	Agua Pisc. Promedio	Agua Tratada	% de Reducción
Alcalinidad	mg/L	170	192	160	5.9
DQO	mg/L	80	78.5	36	55
DBO	mg/L	29	28.7	21	27.6
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.24	5.68	7.09	35.3
Nitratos	mg/L	0.01	1.35	0.01	1
Amonios	mg/L	0.01	0.028	0.01	1
Nitritos	mg/L	0.01	0.39	0.01	1
Fosfatos	mg/L	0.45	2.20	0.17	62.2
Hierro	mg/L	0.28	0.47	0.12	57.1
Sulfatos	mL/L	18	43.5	16	11.1

* Fuente: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ED.

*** Fuente: Truchas y Acuarios Alexandra López Lima Peru 2003 Ed, Ripalme

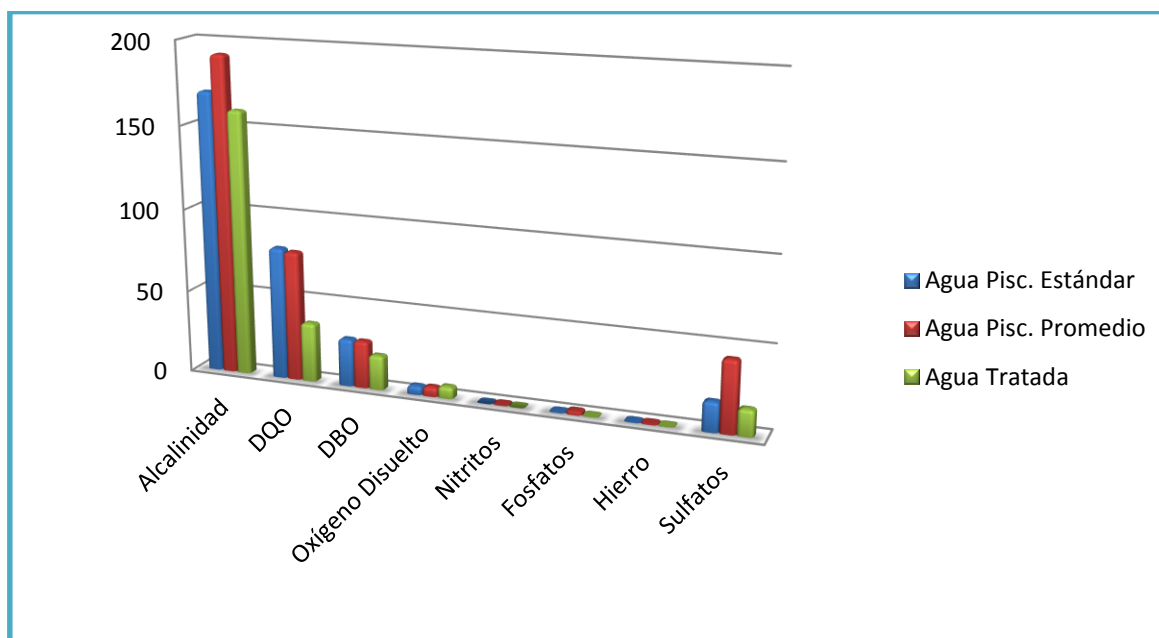


Gráfico 2-3: RESULTADOS ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA

Realizado por: Costales D. 2015.

3.10 Discusión de Resultados

Dentro de la presente investigación, se diseñó un sistema de acondicionamiento de agua para la producción de la trucha arcoíris, en la comunidad Ceceles provincia de Chimborazo, para lo cual realizamos estudios de pre factibilidad empezando con la medición de la temperatura y caudal del agua del rio Chambo del cual vamos a derivar el caudal necesario para la planta piscícola.

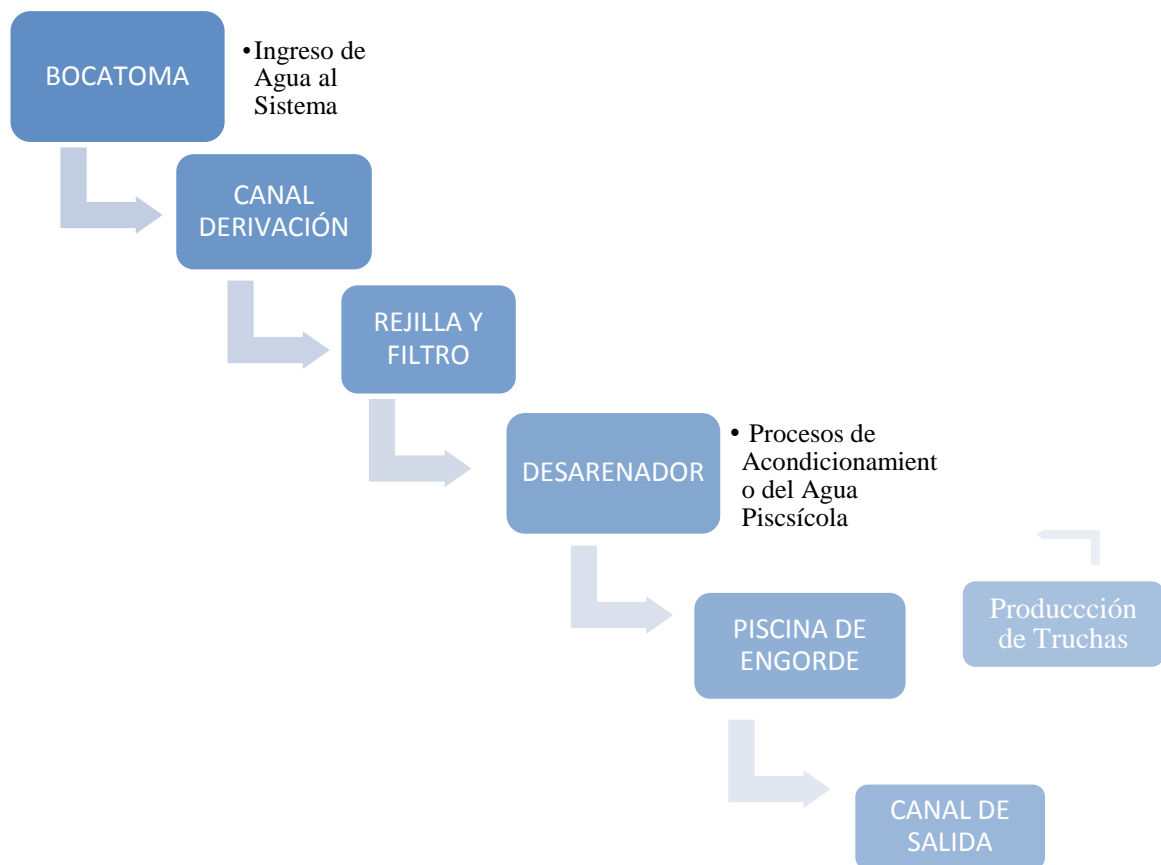
Para el tratamiento del agua fue necesario realizar varios procesos de filtración con arena, con el objetivo de controlar y mantener todos los parámetros dentro de los límites permisibles, ajustándose a la Normativa de Piscicultura y Acuarios que es nuestra tabla referencial específica para el cultivo y cría de este tipo de especie.

En el proceso experimental de filtración se obtuvo porcentajes de reducción importante en el caso de la DBO (27,6%), la DQO (55%), Oxígeno Disuelto (35,3%), Coliformes Fecales (42,8%), parámetros que estaban fuera de la Normativa establecida para la cría de la trucha arcoíris. Y de parámetros que se encontraban dentro de la norma como es el caso de los Fosfatos (62,2%) y del Hierro con un (57,1%) de reducción bastante importantes.

En la caracterización final, el único parámetro que no se ajustó a la Normativa establecida para los salmónidos, fue el de la DBO₅, que supero con una diferencia de 6mg/L al parámetro referencial determinado en el texto Piscicultura y Acuarios, que debía ser de hasta 15mg/L, y la que se determinó obtuvo 21mg/L. Con un porcentaje de eficiencia del (27,6 %).

Todos los cálculos realizados con respecto al diseño de la planta se los hizo en función de un plan establecido de acuerdo a la superficie de terreno, caudal establecidos, y con una planificación de producción anual aproximada de 10 toneladas de trucha arcoíris para su comercialización en el mercado.

3.11. PROPUESTA DEL DISEÑO:



CONCLUSIONES

- La caracterización inicial realizada al agua proveniente del río Chambo, se determinó que los siguientes parámetros incumplieron con la Normativa de Truchas y Acuarios para el cultivo de la trucha arcoíris, como fue el caso del Oxígeno Disuelto, DQO, DBO, Nitritos y Coliformes Fecales del cual el más influyente es el Oxígeno Disuelto que es el parámetro de mayor relevancia para la sobrevivencia óptima de la especie.
- Para el acondicionamiento del agua se ha diseñado un sistema efectivo que consta de cuatro elementos básicos e indispensables, que son, una bocatoma, canal de derivación, desarenador, rejillas, que controlaran y mantendrán los parámetros dentro de norma establecida para salmónidos. Siendo el desarenador el de mayor eficacia del proceso.
- Para la caracterización final, en el agua tratada se produjo una disminución considerable de los parámetros que se encontraban fuera de norma, especialmente en la DQO que alcanzó una eficiencia del 55% y Coliformes Fecales con un 42,8% y siendo la DBO el, único parámetro que estuvo fuera de norma con un exceso de 6 mg/L, en referencia a la norma establecida, pero alcanzando una eficiencia del 27,6% de reducción.
- De acuerdo al dimensionamiento de la piscina, caudal de ingreso y al plan de producción se ha calculado una producción anual de diez toneladas aproximadamente de la trucha arcoíris para su comercialización y consumo.

RECOMENDACIONES

- Los parámetros como Oxígeno disuelto, nitritos, amonios, y DQO, son los parámetros más delicados y a tomar en cuenta mediante análisis de laboratorio, en las temporadas donde existe una mayor descarga biológica pudiendo alterarlos y afectar a la producción de la trucha arcoíris
- La producción piscícola está prevista para peces desde su etapa juvenil para engorde ya que las condiciones del agua y la temperatura de la misma son muy elevadas para la crianza de alevines, pudiendo ocasionar la muerte a estos.
- Para la construcción de la planta de producción piscícola, se deben seguir con los dimensionamientos establecidos en el diseño, así como su plan de producción y materiales de construcción ya definidos
- Se pueden incluir controles automáticos en el caso de ser necesarios en el futuro, ya que en el diseño establecido todos los controles son manuales.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACUICULTURA

http://es.slideshare.net/herpis/acuicultura-02?next_slideshow=1
2014-04-25.

2. AMLACHER, E., Textbook of fish diseases, T;F;H, Publications., USA, Inc., 211 West
Sylvania., 1974., pp: 268 – 274.

3. BLANCO, MC., La trucha cría Industrial., Madrid – España., Mundi – Prensa., 1984., pp:
208 -214.

4. DESARENADOR

[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/trabajo_de_desarenador1_
tmp4a134267.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/trabajo_de_desarenador1_tmp4a134267.pdf)
2014-04-25

5. DISEÑO DE BOCATOMAS

<http://vlee.utpl.edu.ec/captacion/Bocatoma.aspx>
2014-04-27.

6. ESTEVEZ, M., Manual de piscicultura., Bogotá – Colombia., Editorial Universidad Santo
Tomas – USTA., 1990., pp: 86 – 98.

7. HUET, M., Tratado de Piscicultura., 3-º ed., Madrid – España., Mundi – Prensa., 1983.,
pp: 125 - 132.

8. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

<http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1669/2060>
2014-04-28.

9. LOPEZ, A., Piscicultura truchas y acuarios., Lima – Perú., Ediciones Ripalme., 2003,
pp: 14 – 23.

- 10. MANUAL DE CRIANZA DE LA TRUCHA (2009).**
Cedep, Municipalidad Distrital de Ragash, Antamina, extraído desde:
<http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/trucha/Manual%20de%20crianza%20truchas.pdf>
2014-01-21
- 11. MANUAL DE PRODUCCIÓN DE TRUCHA ARCOÍRIS**
<http://www.slideshare.net/manuelr84/produccion-de-trucha-arcoiris>
2014-04-25
- 12. METEOROLOGÍA**
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/2014/01/Informe2014SNGR.pdf>
2014-03-21
- 13. PALOMINO, R.,** Granjas y Negocios., Lima – Perú., Ediciones Ripalme. 2005.,
pp: 102 - 106.
- 14. REVISTAS DE PISCICULTURA:**
www.slideshare.net/.../accin-geologica-de-las-aguas-superficiales-1
http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/19_3.pdf
2014-01-21
- 15. SANCHEZ, C.,** Crianza y Producción de truchas., Lima – Perú., Ediciones Ripalme. 2004.,
pp: 68 – 72
- 16. TIPOS DE CANALES**
ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm#37
2014-04-27
- 17. TIPOS DE CANALES REVESTIDOS**
ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm
2014-04-25

18. TIPOS DE DESARENADORES

<http://es.scribd.com/doc/99119017/32/DISENO-DEL-DESARENADOR-CONVENCIONAL>

2014-04-25

ANEXOS:

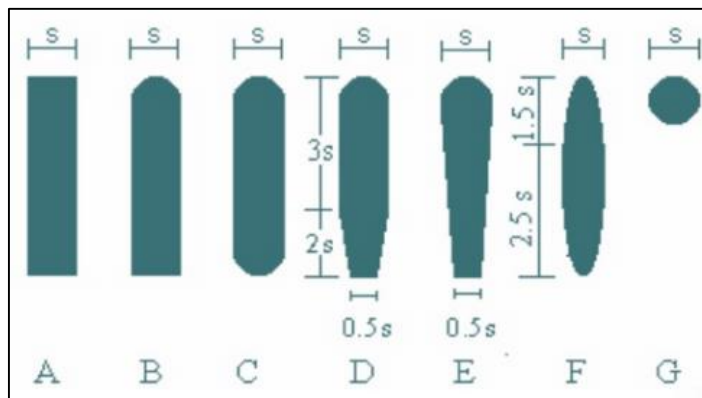
ANEXO A: VALORES REFERENCIALES PARA EL DISEÑO DE INGENIERÍA

Velocidad mínima de aproximación.

E.4.4.2.4 Velocidad mínima de aproximación

Para garantizar un área de acumulación adecuada, la velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente, entre 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente.

Fuente: Norma RAS 2000, Título E, Pp. 50



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Costales Daniel	Valores referenciales para el diseño de ingeniería		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
	Por Aprobar	Por informar		27/05/2015	01	1:50
	Aprobado	Por calificar				

ANEXO B: Contenido de Oxígeno de Agua

<i>Tabla 1. Contenido de oxígeno de agua saturada a distintas temperaturas.</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Solubilidad de oxígeno (ppm)</i>
	0	14:32
	1	13:92
	2	13:57
	3	13:20
	4	12:88
	5	12:52
	6	12:21
	7	11:91
	8	11:62
	9	11:33
	10	11:10
	11	10:83
	12	10:61
	13	10:38
	14	10:15
	15	9:96
	16	9:76
	17	9:55
	18	9:35
	19	9:16
	20	9:00
	21	8:82
	22	8:67
	23	8:41
	24	8:36
	25	8:22

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Contenido de Oxígeno de Agua		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
		Por Aprobar	Por informar			
	Aprobado	Por calificar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	27/05/2015	02	1:50
			Costales Daniel			

ANEXO C: TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos	Concentración	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003

N O T A S	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Criterios de Calidad admisibles en Aguas dulces, frías o cálidas		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por Aprobar	Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LAMINA	ESCALA
	Aprobado	Por calificar	Costales Daniel	27/05/2015	03	1:50

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
aromáticos policíclicos (HAPs)	total de HAPs				
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3 Máxima 20	Condiciones naturales + 3 Máxima 32	Condiciones naturales + 3 Máxima 32

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		200	200	200

N O T A S	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Criterios de Calidad admisibles en Aguas dulces, frías o cálidas		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por Aprobar	Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LAMINA	ESCALA
Aprobado	Por calificar	Costales Daniel	27/05/2015	04	1:50	

ANEXO D: Porcentaje de NH₃ en soluciones acuosas

Cuadro 6.2 Porcentaje de NH₃ en una solución acuosa amoniacal a distintas temperaturas y pH (según Emerson y col.; 1975).

Temp (C)	pH								
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
0	0,00827	0,0261	0,0826	0,261	0,820	2,55	7,64	20,7	45,3
1	0,00899	0,0284	0,0898	0,284	0,891	2,77	8,25	22,1	47,3
2	0,00977	0,0309	0,0977	0,308	0,968	3,00	8,90	23,6	49,4
3	0,0106	0,0336	0,106	0,335	1,05	3,25	9,60	25,1	51,5
4	0,0115	0,0364	0,115	0,363	1,14	3,52	10,3	26,7	53,5
5	0,0125	0,0395	0,125	0,394	1,23	3,80	11,1	28,3	55,6
6	0,0136	0,0429	0,135	0,427	1,34	4,11	11,9	30,0	57,6
7	0,0147	0,0464	0,147	0,462	1,45	4,44	12,8	31,7	59,5
8	0,0159	0,0503	0,159	0,501	1,57	4,79	13,7	33,5	61,4
9	0,0172	0,0544	0,172	0,542	1,69	5,16	14,7	35,3	63,3
10	0,0186	0,0589	0,186	0,586	1,83	5,56	15,7	37,1	65,1
11	0,0201	0,0637	0,201	0,633	1,97	5,99	16,8	38,9	66,8
12	0,0218	0,0688	0,217	0,684	2,13	6,44	17,9	40,8	68,5
13	0,0235	0,0743	0,235	0,738	2,30	6,92	19,0	42,6	70,2
14	0,0254	0,0802	0,253	0,796	2,48	7,43	20,2	44,5	71,7
15	0,0274	0,0865	0,273	0,859	2,67	7,97	21,5	46,4	73,3
16	0,0295	0,0933	0,294	0,925	2,87	8,54	22,8	48,3	74,7
17	0,0318	0,101	0,317	0,996	3,08	9,14	24,1	50,2	76,1
18	0,0343	0,108	0,342	1,07	3,31	9,78	25,5	52,0	77,4
19	0,0369	0,117	0,368	1,15	3,56	10,5	27,0	53,9	78,7
20	0,0397	0,125	0,396	1,24	3,82	11,2	28,4	55,7	79,9
21	0,0427	0,135	0,425	1,33	4,10	11,9	29,9	57,5	81,0
22	0,0459	0,145	0,457	1,43	4,39	12,7	31,5	59,2	82,1
23	0,0493	0,156	0,491	1,54	4,70	13,5	33,0	60,9	83,2
24	0,0530	0,167	0,527	1,65	5,03	14,4	34,6	62,6	84,1
25	0,0569	0,180	0,566	1,77	5,38	15,3	36,3	64,3	85,1
26	0,0610	0,193	0,607	1,89	5,75	16,2	37,9	65,9	85,9
27	0,0654	0,207	0,651	2,03	6,15	17,2	39,6	67,4	86,8
28	0,0701	0,221	0,697	2,17	6,56	18,2	41,2	68,9	87,5
29	0,0752	0,237	0,747	2,32	7,00	19,2	42,9	70,4	88,3
30	0,0805	0,254	0,799	2,48	7,46	20,3	44,6	71,8	89,0

N O T A S	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Porcentaje de NH ₃ en soluciones acuosas		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por Aprobar	Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LAMINA	ESCALA
	Aprobado	Por calificar	Costales Daniel	27/05/2015	05	1:50

ANEXO E: Densidad y Viscosidad del Agua

DENSIDAD Y VISCOSIDAD DEL AGUA
Calculadas de las tablas "International Critical"

Temperatura °C	Densidad (gr/cm ³)	Viscosidad Cinematica
0	0.99987	1.7923
1	0.99993	1.7321
2	0.99997	1.6741
3	0.99999	1.6193
4	1.00000	1.5676
5	0.99999	1.5188
6	0.99997	1.4726
7	0.99993	1.4288
8	0.99988	1.3874
9	0.99981	1.3479
10	0.99973	1.3101
11	0.99963	1.2740
12	0.99952	1.2396
13	0.99940	1.2068
14	0.99927	1.1756
15	0.99913	1.1457
16	0.99897	1.1168
17	0.99880	1.0888
18	0.99862	1.0618
19	0.99843	1.0356
20	0.99823	1.0105
21	0.99802	0.9863
22	0.99780	0.9629
23	0.99757	0.9403
24	0.99733	0.9186
25	0.99707	0.8975
26	0.99681	0.8774
27	0.99654	0.8581
28	0.99626	0.8394
29	0.99597	0.8214
30	0.99568	0.8039
31	0.99537	0.7870
32	0.99505	0.7708
33	0.99473	0.7551
34	0.99440	0.7398
35	0.99406	0.7251
36	0.99371	0.7109
37	0.99336	0.6971
38	0.99299	0.6839
39	0.99262	0.6711

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, G. Rivas Mijares, 1978

N O T A S	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Densidad y Viscosidad del Agua		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por Aprobar	Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LAMINA	ESCALA
	Aprobado	Por calificar	Costales Daniel	27/05/2015	06	1:50

ANEXO F: Velocidades de Sedimentación

Tabla 3. Velocidades de sedimentación w calculado por Arkhangelski (1935) en función del diámetro de partículas

d (mm)	w (cm/s)
0.05	0.178
0.10	0.692
0.15	1.560
0.20	2.160
0.25	2.700
0.30	3.240
0.35	3.780
0.40	4.320
0.45	4.860
0.50	5.400
0.55	5.940
0.60	6.480
0.70	7.320
0.80	8.070
1.00	9.44
2.00	15.29
3.00	19.25
5.00	24.90

N O T A S	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		Velocidades de Sedimentación		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS				
	Por Aprobar	Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA		FECHA	LAMINA	ESCALA
	Aprobado	Por calificar	Costales Daniel		27/05/2015	07	1:50

ANEXO G: Análisis de Aguas Caracterización Inicial

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Daniel Costales
Fecha de Análisis: 18 de Febrero de 2015
Fecha de Entrega de Resultados: 27 de Febrero de 2015
Tipo de muestras: Agua de producción piscícola. Caracterización Inicial
Localidad: Comunidad Ceceles Parroquia Licto

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT/0342S-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Parámetros Referenciales	Resultados
pH	Und.	4500-B	5.5 - 8.5	7.24
Temperatura	°C		10 - 22	14.8
Turbiedad	UNT	2130-B		1.8
Alcalinidad	mg/L	2320-B	20-200	170
Dureza	mg/L	2340-C	60-300	152
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	40	80
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	15	29
Oxígeno Disuelto	mg/L	4500-O-C	6.5 - 9	5.24
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	0.01
Amonios	mg/L	4500-NH4-C	1.0	0.01
Nitritos	mg/L	4500-NO2-B	0.2	0.01
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	500	0.45
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	0.5	0.28
Sulfatos	mg/L	4500- SO4-		18

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

** Truchas y Acuarios Alexandra López Lima Peru 2003 ed, Ripalme

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

N O T A S	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Análisis de Aguas Caracterización Inicial		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LAMINA	ESCALA
	Por Aprobar	Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA			
Aprobado	Por calificar	Costales Daniel	27/05/2015	08	1:50	

ANEXO G: Análisis de Aguas Caracterización Final

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Daniel Costales
Fecha de Análisis: 18 de Febrero de 2015
Fecha de Entrega de Resultados: 27 de Febrero de 2015
Tipo de muestras: Agua de producción piscícola. Caracterización Final
Localidad: Comunidad Ceceles Parroquia Licto

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT/0342E-14

Análisis Químico


Determinaciones	Unidades	*Método	**Parámetros Referenciales	Resultados
pH	Und.	4500-B	5.5 - 8.5	7.93
Temperatura	°C		10 - 22	14.2
Turbiedad	UNT	2130-B		1.22
Alcalinidad	mg/L	2320-B	20-200	160
Dureza	mg/L	2340-C	60-300	136
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	40	36
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	15	21
Oxígeno Disuelto	mg/L	4500-O-C	6.5 - 9	7.09
Nitratos	mg/L	4500-NO3-C	10	0.01
Amonios	mg/L	4500-NH4-C	1.0	0.01
Nitritos	mg/L	4500-NO2-B	0.2	0.01
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	500	0.17
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	0.5	0.12
Sulfatos	mg/L	4500- SO4-		16

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

** Truchas y Acuarios Alexandra López Lima Peru 2003 ed, Ripalme

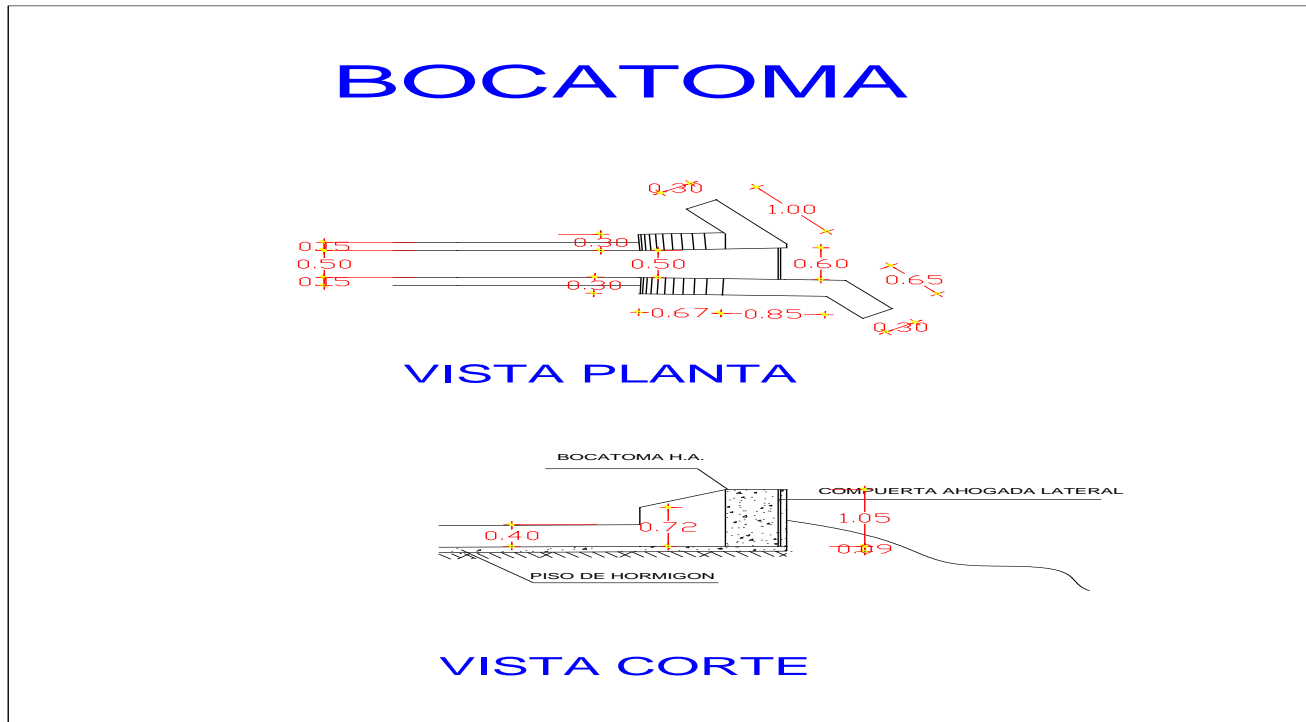
Observaciones:

Atentamente.


ESPOCH
LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
Dra. Giha Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

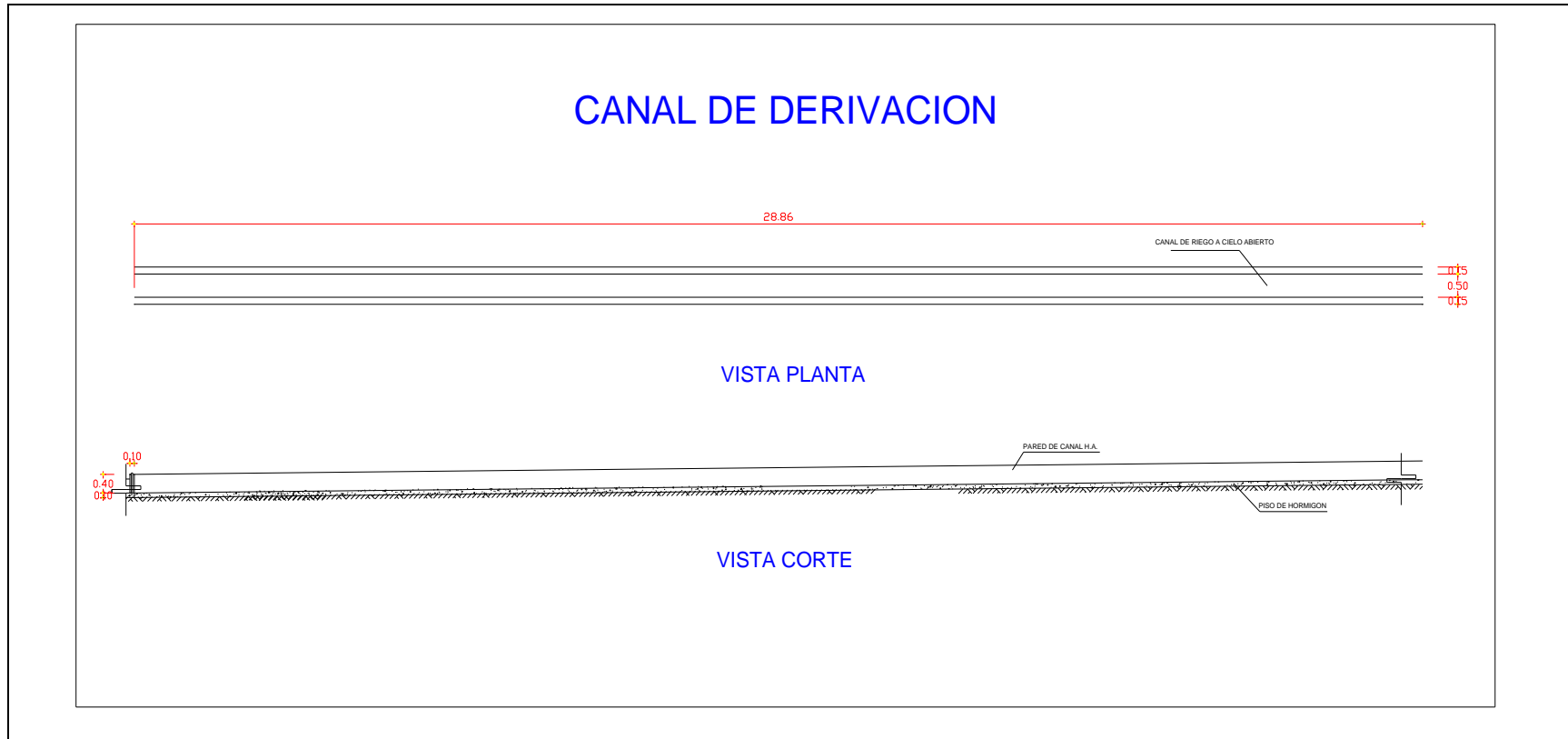
N O T A S	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS	Análisis de Aguas Caracterización Final		
	Certificado	Por eliminar		ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LAMINA
	Por Aprobar	Por informar	Costales Daniel		27/05/2015	09

ANEXO H: BOCATOMA



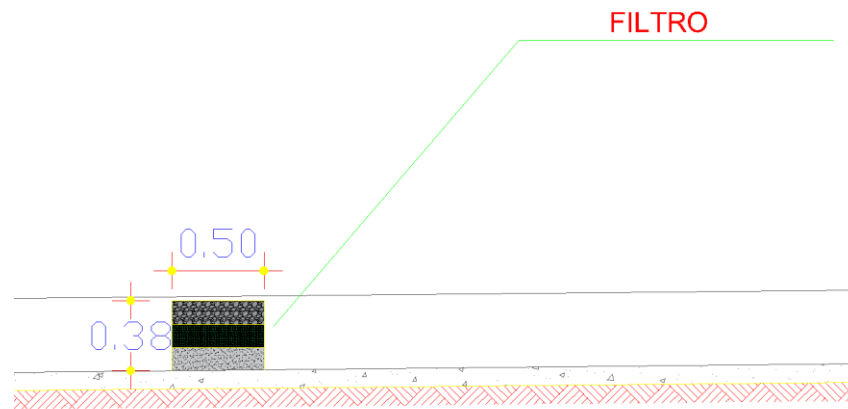
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de acondicionamiento de Agua para una Planta Piscícola		
	Certificado	Por eliminar				
	Por Aprobar	Por informar		ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LAMINA
	Aprobado	Por calificar	Costales Daniel	27/05/2015	10	1:50

ANEXO I: CANAL DE DERIVACION



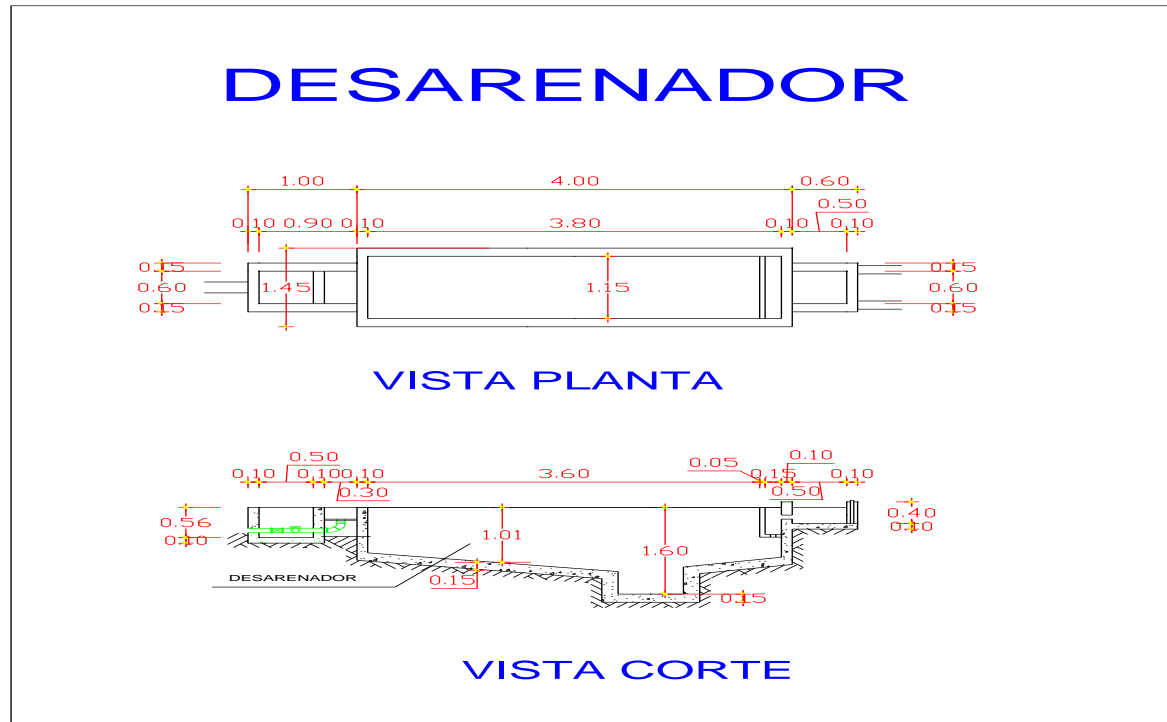
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de acondicionamiento de Agua para una Planta Piscícola		
	Certificado	Por eliminar				
	Por Aprobar	Por informar		ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LAMINA
Aprobado	Por calificar	Costales Daniel	27/05/2015	11	1:50	

ANEXO J: FILTRO



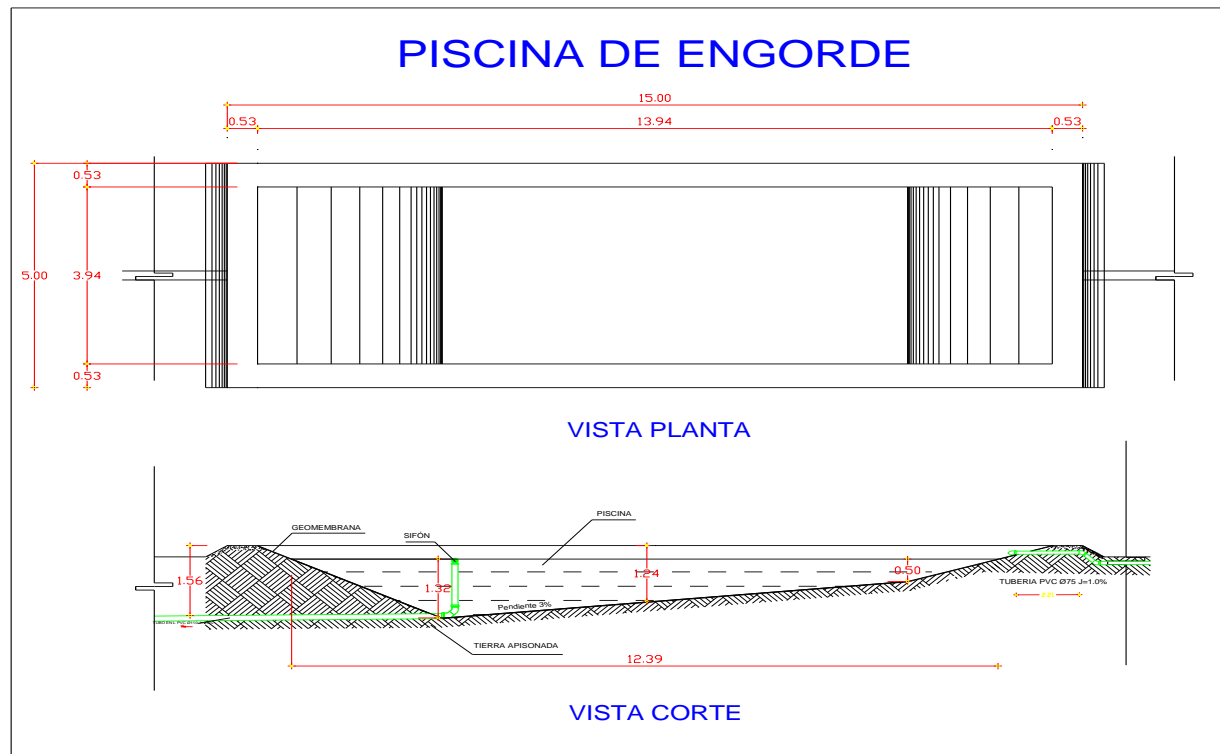
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Costales Daniel	Diseño de acondicionamiento de Agua para una Planta Piscícola		
	Certificado	Por eliminar		FECHA	LAMINA	ESCALA
	Por Aprobar	Por informar		27/05/2015	12	1:50
	Aprobado	Por calificar				

ANEXO L: DESARENADOR



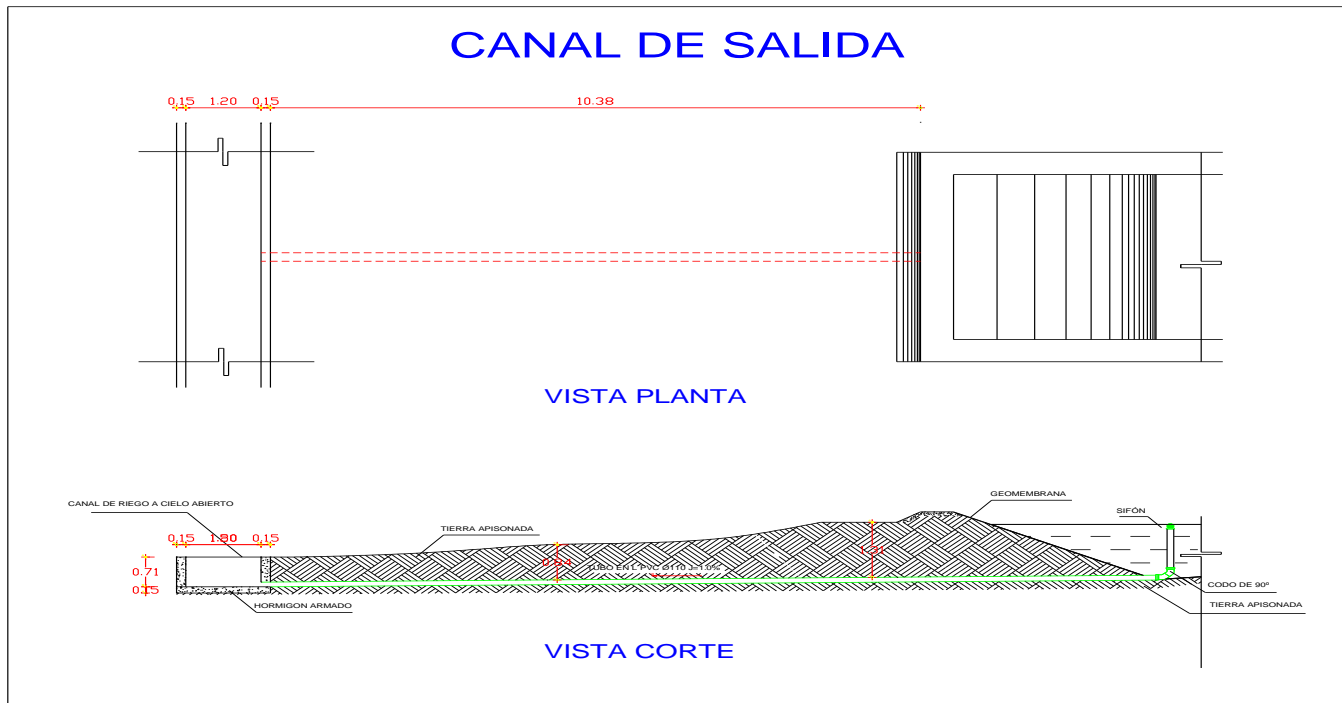
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de acondicionamiento de Agua para una Planta Piscícola		
	Certificado Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Por Aprobar Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA			
	Aprobado Por calificar	Costales Daniel	FECHA	LAMINA	ESCALA
			27/05/2015	13	1:50

ANEXO M: PISCINA DE ENGORDE



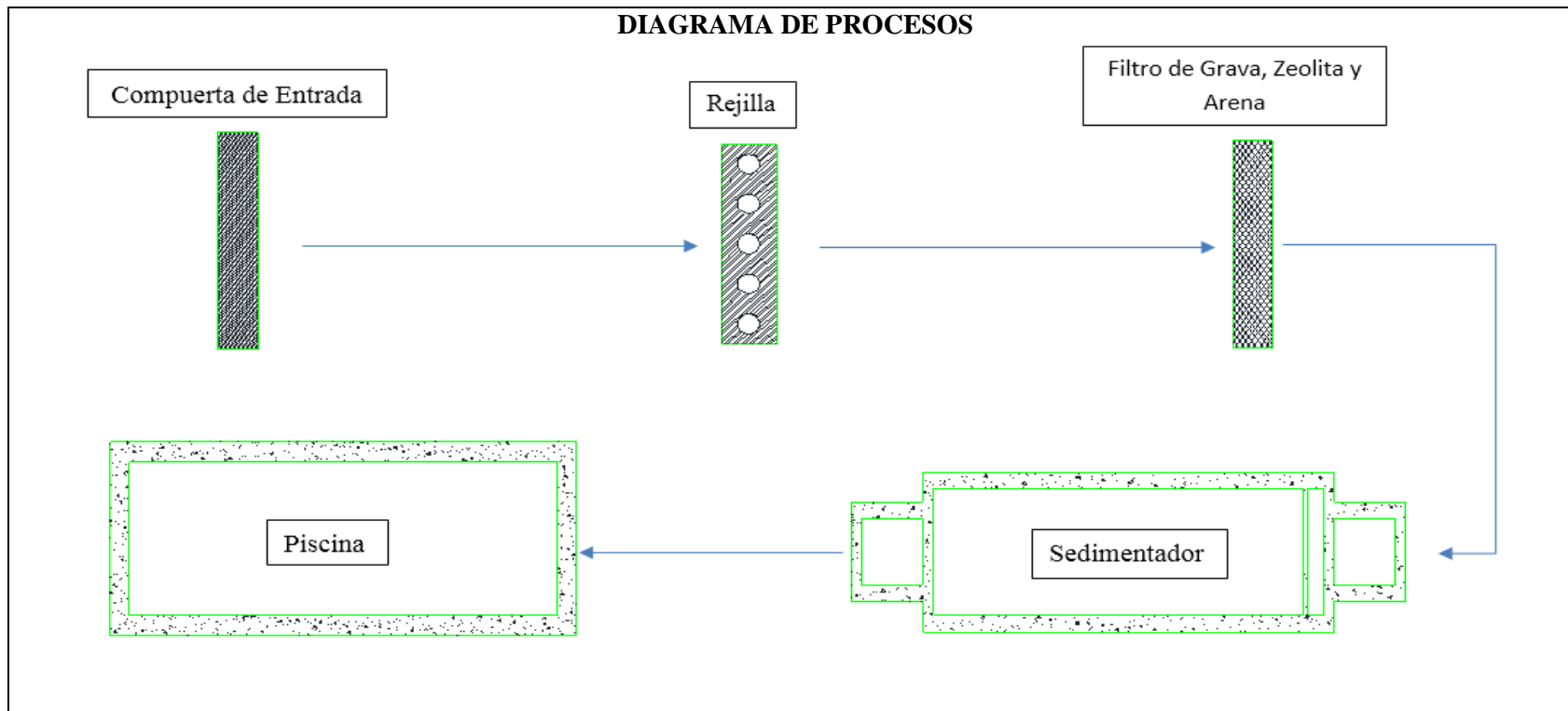
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Diseño de acondicionamiento de Agua para una Planta Piscícola		
	Certificado	Por eliminar				
	Por Aprobar	Por informar		ESCUELA DE ING. QUÍMICA		FECHA
Aprobado	Por calificar	Costales Daniel		27/05/2015	14	1:50

ANEXO N: CANAL DE SALIDA



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Costales Daniel	Diseño de acondicionamiento de Agua para una Planta Piscícola			
	Certificado		Por eliminar	FECHA	LAMINA	ESCALA
	Por Aprobar		Por informar	27/05/2015	15	1:50
	Aprobado		Por calificar			

ANEXO O: DIAGRAMA DE PROCESOS PLANTA PISCÍCOLA



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por Aprobar	Por informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA		
	Aprobado	Por calificar	Costales Daniel		
			Diagrama de procesos de la Planta Piscícola		
			FECHA	LAMINA	ESCALA
			27/05/2015	16	1:50