

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

Trabajo de grado

Previo a la obtención del título de

INGENIERO CIVIL

Tema:

**Evaluación de la contaminación del Rio Cristal
y formulación de medidas correctivas en la zona
de Balsapamba**

Realizado por:

ANDRÉS VINICIO LÓPEZ SALTOS

Director:

ING FABIAN NEIRA

Guayaquil – Ecuador

2007

Trabajo de grado

Tema:

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RIO CRISTAL Y FORMULACIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS EN LA ZONA DE BALSAPAMBA

Presentado a la Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil
de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

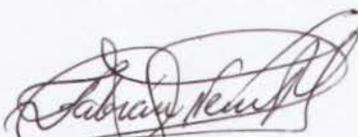
Presentado por:

ANDRÉS VINICIO LÓPEZ SALTOS

Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar por el
título de:

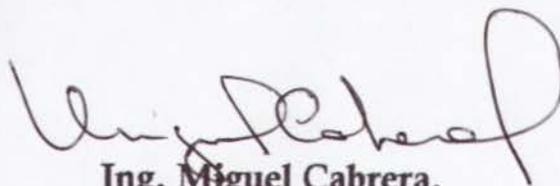
INGENIERO CIVIL

Tribunal de Sustentación



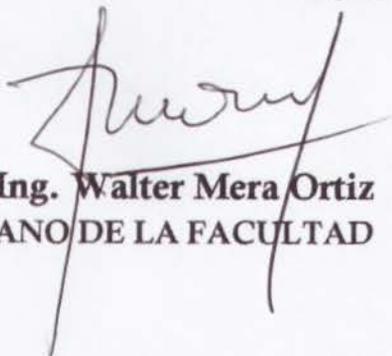
Ing. Fabián Neira

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

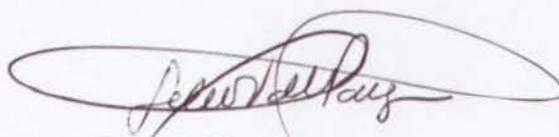


Ing. Miguel Cabrera.

PROFESOR INVITADO



Dr. Ing. Walter Mera Ortiz
DECANO DE LA FACULTAD



Ing. Lilia Valarezo
DIRECTORA DE CARRERA



DEDICATORIA

Agradezco a Dios, que me ha dado la fuerza y las ganas para prepararme y cumplir la misión que me encomendó.

A mis padres Vinicio y Luz María, por la confianza y por su amor y apoyo incondicional.

A mi hermano Alvarito que desde el cielo me envía sus bendiciones y siempre fue un hermano ejemplar.

A mi abuelita, tíos, primos y demás familiares que siempre estuvieron conmigo en buenos y malos momentos.

A Thalía mi novia por su adorable compañía y consejos en mi afán por alcanzar mi sueño."

A mis amigos que llenaron de alegría y comprensión mi camino de superación.



INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	2
1.1. Ubicación del proyecto.....	2
1.2. Datos geográficos del lugar.....	3
1.3. Datos demográficos.....	4
1.4. Datos climáticos.....	5
1.5. Datos socioeconómicos.....	6
1.5.1. Proyección de la población.....	7
1.5.2. Vivienda.....	8
1.5.3. Educación.....	8
1.5.4. Salud.....	9
1.5.5. Servicios básicos.....	9
2. ANTECEDENTES.....	12
3. OBJETIVOS.....	16
3.1. Objetivo General.....	16
3.2. Objetivos Específicos.....	16
3.3. Alcances.....	16
4. MARCO TEÓRICO.....	18
4.1. CONTAMINACION.....	18
4.1.1. Causas de la contaminación	18
4.1.2. Consecuencias de la contaminación	18
4.1.3. Contaminación del agua.....	19
4.1.3.1. Contaminación natural.....	19
4.1.3.2. Contaminación artificial.....	19
4.1.3.2.1. Las aguas residuales domesticas.....	20
4.1.3.2.2. Aguas residuales industriales.....	22
4.1.3.2.3. Aguas residuales agrícolas.....	23
4.1.3.2.4. Aguas lluvias (ALL).....	23
4.2. TIPOS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.....	24
4.2.1. Tratamientos preliminares.....	24
4.2.1.1. Tamizado.....	24
4.2.1.2. Rejas.....	24
4.2.2. Tratamientos primarios.....	25
4.2.2.1. Sedimentación primaria.....	25
4.2.2.2. Flotación.....	25



4.2.2.2.1. Flotación por aire disuelto.....	26
4.2.2.2.2. Flotación por aire inducido.....	26
4.2.3. Tratamientos secundarios.....	27
4.2.3.1. Lodos activados.....	28
4.2.3.2. Biodiscos.....	28
4.2.3.3. Lagunaje.....	29
4.2.3.4. Filtros biológicos.....	29
4.2.4. Tratamientos terciarios.....	29
4.2.4.1. Procesos de membrana.....	30
4.2.4.1.1. Microfiltración.....	30
4.2.4.1.2. Ultrafiltración.....	30
4.2.4.1.3. Nanofiltración.....	31
4.2.4.2. Osmosis inversa.....	31
4.2.4.3. Precipitación química – coagulación.....	32
4.2.4.4. Intercambio Iónico.....	32
4.2.4.5. Electrodialisis.....	33
4.3. MARCO LEGAL ECUATORIANO.....	34
4.3.1. Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental de la República del Ecuador, libro VI anexo I: Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.....	34
4.3.2. Texto Unificado de Legislación secundaria Ambiental de la República del Ecuador, libro VI anexo I: Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina.....	35
4.4. Modelo de Streeter and Phelps.....	39
4.4.1. El rio como un sistema de tratamiento de aguas residuales.....	39
4.4.1.1. Zona de descomposición.....	40
4.4.1.2. Zona de descomposición activa.....	40
4.4.1.3. Zona de recuperación.....	40
4.4.1.4. Zona de agua limpia.....	41
4.4.2. Sistema DBO-OD.....	42
4.4.2.1. Oxigeno Disuelto (OD).....	42
4.4.2.2. Demanda biológica de Oxigeno (DBO).....	42
4.4.2.3. Modelo matemático de Streeter and Phelps.....	43
4.5. Modelo ADZ (Aggregated Dead Zone).....	47
4.5.1. Contaminación hídrica bacterial.....	47
4.5.2. Enfermedades producidas por Agua Contaminada.....	48
4.5.3. Microorganismos indicadores.....	49



4.5.4. Modelo de Transporte o de Zona muerta Agregada (Modelo ADZ).....	50
4.5.5. Modelo de decaimiento de organismos patógenos.....	50
4.5.6. Acople del modelo de transporte y del modelo decaimiento de organismos patógenos.....	51
5. METODOLOGÍA.....	53
6. RECOPIACION DE DATOS Y ANALISIS DEL MODELO.....	56
6.1. Calculo del caudal aproximado del rio utilizando el método del flotador.....	56
6.2. Calculo del caudal de descarga de Aguas Servidas en la Parroquia de Balsapamba.....	66
6.3. Análisis del modelo matemático de Streeter and Phelps.....	71
6.4. Análisis del modelo acoplado ADZ y decaimiento de organismos patógenos.....	99
7. Evaluación de resultados.....	106
8. Medidas correctivas.....	110
9. BIBLIOGRAFIA.....	116
10. ANEXOS.....	119



CAPITULO 1

INTRODUCCION

1 INTRODUCCION

1.1 UBICACION DEL PROYECTO

La zona subtropical de Balsapamba está situada al oeste de la provincia de Bolívar a hora y media de la ciudad de Guayaquil 68 kilómetros de la ciudad de Guaranda y a 20 Km de la ciudad de Babahoyo, lugar que tiene como principal atractivo turístico el Río Cristal, un excelente clima y una fauna muy diversa, sus límites son al Norte con la cabecera Cantonal San Miguel y la Parroquia San Pablo, al sur con el cantón Montalvo (Provincia de los Ríos), al este con la Parroquia Bilovan y al Oeste con la Parroquia Telimbela.



(Graf 1). UBICACIÓN DE BALSAPAMBA
FUENTE: MUNICIPIO DE SAN MIGUEL DE BOLIVAR



1.2 DATOS GEOGRAFICOS DEL LUGAR

Altitud: 708 metros sobre el nivel del mar

Coordenadas(UTM): (700190, 9804700)

Coordenadas Geográficas: 1° 46' 0" Sur, 79° 11' 0" Este

Temperatura: Oscila entre 20 a 24 grados centígrados.

Superficie: 118,96 Km²



(Foto 1). VISTA AEREA DE BALSAPAMBA

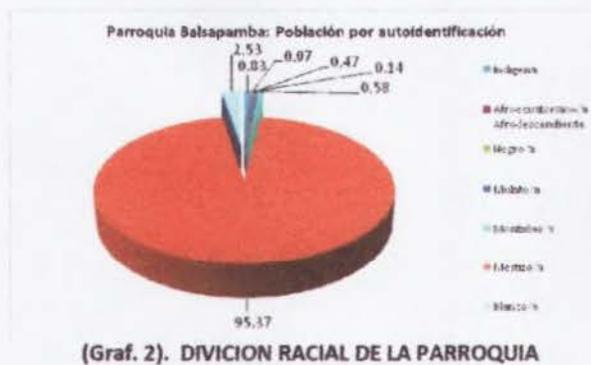
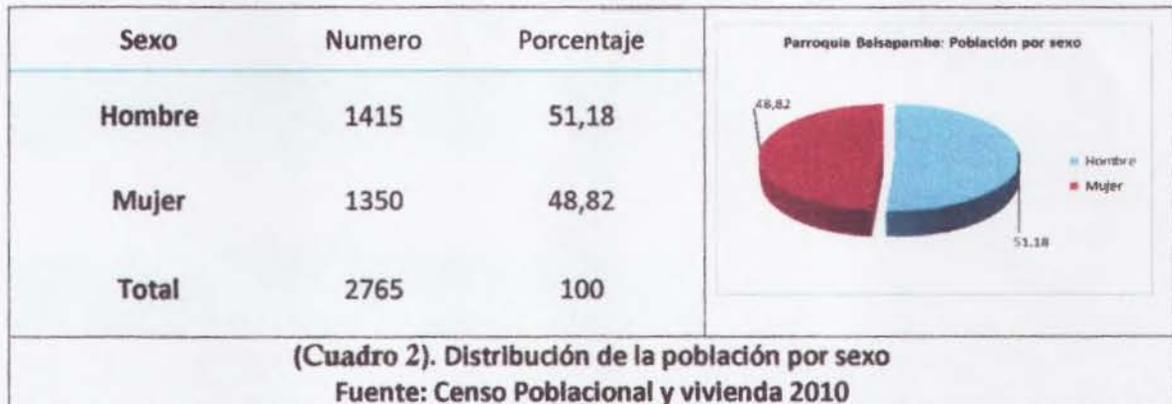
Balsapamba esta conformada por los siguientes barrios: Cristal, Central, Bellavista y Santa Marianita y las Comunidades Rurales:

Recintos de la parroquia Balsapamba					
1	Angas	7	El Cadial	13	San Cristóbal
2	Alungoto	8	Huillolooma Aito	14	Santa Lucía
3	Cañotal	9	Huillolooma Bajo	15	San Vicente
4	Copalillo	10	Muñapamba	16	Tiandigote
5	Chaupiacu	11	Muña	17	Unión de Tiandigote
6	Chiriyacu	12	Ramos Pamba	18	Tronador

(Cuadro 1). Recintos de la parroquia

1.3 DATOS DEMOGRAFICOS

La parroquia Balsapamba tiene 2765 habitantes, los cuales se distribuyen con un 51.18% de hombres y un 48.82% de mujeres como se puede constatar en el siguiente grafico.



La población de la parroquia Balsapamba, en su mayoría es una población joven, más de la mitad de sus habitantes tiene menos de 29 años; la población adulta representa una tercera parte de la población y la población de 65 años tan solo un 15% de la misma.

Es necesario destacar que en la parroquia Balsapamba casi la totalidad de su población se autoidentifica según sus costumbres y su cultura como mestizo/a; aun que existen una mínima cantidad de habitantes que se identifican como blancos, montubios, indígena, mulato y afroecuatorianos.

Grupos de edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
Menor de 1 año	25	13	38
De 1 a 4 años	101	78	179
De 5 a 9 años	155	118	273
De 10 a 14 años	153	143	296
De 15 a 19 años	151	134	285
De 20 a 24 años	96	105	201
De 25 a 29 años	70	81	151
De 30 a 34 años	68	75	143
De 35 a 39 años	64	73	137
De 40 a 44 años	90	79	169
De 45 a 49 años	68	68	136
De 50 a 54 años	51	73	124
De 55 a 59 años	65	67	132
De 60 a 64 años	45	53	98
De 65 a 69 años	58	42	100
De 70 a 74 años	62	47	109
De 75 a 79 años	38	39	77
De 80 a 84 años	29	32	61
De 85 a 89 años	16	23	39
De 90 a 94 años	7	5	12
De 95 a 99 años	2	0	2
De 100 años y m	1	2	3
Total	1415	1350	2765

(Cuadro 3). DISTRIBUCION DE LA POBLACION POR EDAD
FUENTE: Censo Poblacional y vivienda 2010

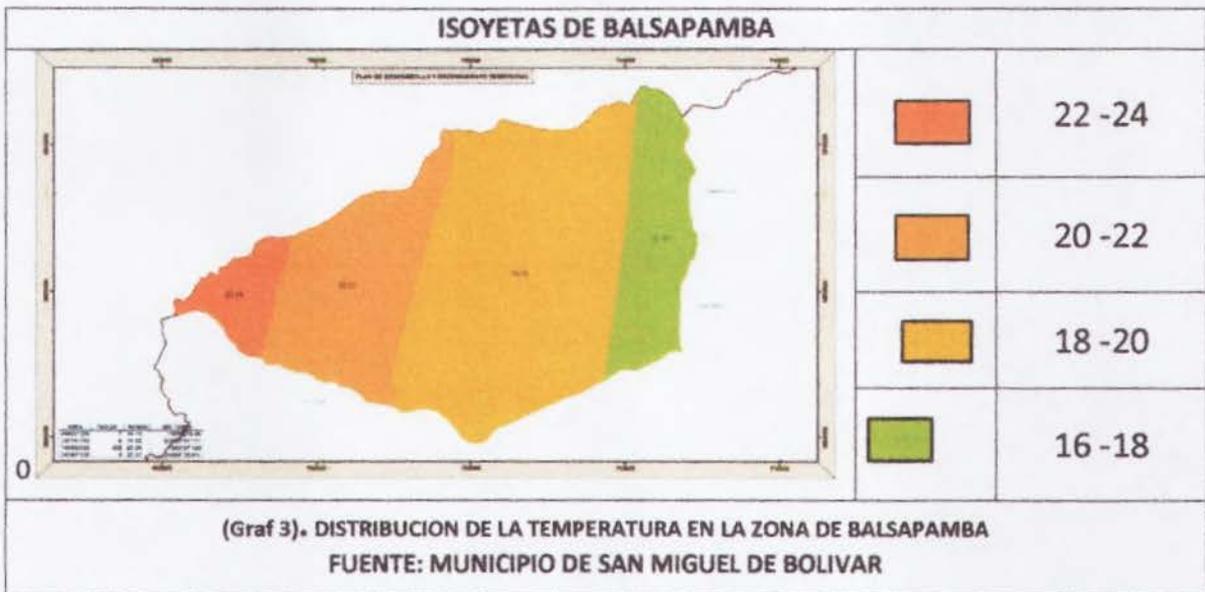


1.4 DATOS CLIMATICOS

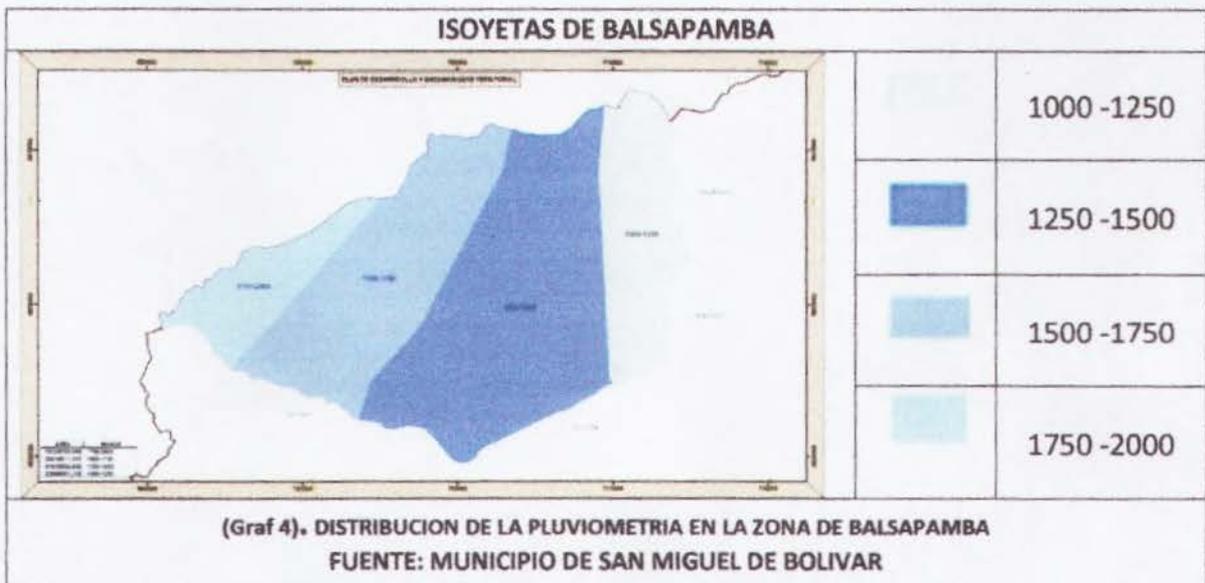
El clima predominante en la Parroquia Balsapamba, es el Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo.

Temperatura.- Las curvas de isotermas del la figura indican aquellas zonas que poseen igual rango de temperatura lo cual tiene que ver directamente con el tipo de clima y por ende con las características aptas o no para la agricultura.

En los rangos de temperatura, tenemos que el territorio parroquial tiene las siguientes proporciones:



Pluviometría.- El mapa de isoyetas, expresa mediante zonas, aquellas en las que existe un rango de precipitación de agua determinado, que de igual manera tiene que ver directamente con el tipo de clima del canton.





1.5 DATOS SOCIOECONOMICOS

En Balsapamba aproximadamente un 84 % de la Población Económicamente Activa (P.E.A) realiza actividades agropecuarias y turísticas. Una gran parte de la PEA está involucrada con el sector agrícola, también hay personas que se dedican a los servicios públicos y de comercio ya que Balsapamba es un lugar muy visitado por sus atractivos naturales



(Foto 2). AGRICULTOR DE LA ZONA

Gracias a la diversidad climática de la parroquia y a sus pisos ecológicos se obtiene una amplia variedad de productos agropecuarios los que son comercializados en Guaranda, San Miguel, en la Provincia de los Ríos y en los pueblos aledaños.

A continuación presentamos un cuadro de indicadores que señalan las condiciones de trabajo en la que se encuentra la parroquia de Balsapamba

INDICADORES DE TRABAJO	
INDICADOR	MEDIDA
	(%)
Trabaja por cuenta propia.	39.98
Trabaja de jornalero o peón.	27.78
Trabaja de empleado en una entidad publica	16.06
Trabaja de empleado en una entidad privada	7.03
Trabajador no remunerado	2.58
Trabaja de patrón.	1.99
Trabaja de empleada/o domestica/o	1.64

(Cuadro 4) Indicadores básicos de trabajo
Fuente: Sistema Integrado de indicadores Sociales del Ecuador (SIISE).

El 39,98% es por Cuenta propia; el 27,78% es Jornalero/a o peón; el 16,06% es Empleado/a u obrera del Estado, gobierno, municipio o Consejo Provincial; 7,03% es Empleado/a u obrero/a del sector privado; 2,58% es Trabajador no remunerado; el 1,99% es Patrono/a; 1,64% es Empleado/a doméstico/a y, el 0,12% es Socio/a



1.5.1 PROYECCION DE LA POBLACION

Para la proyección de la población, se utilizó el método de progresión geométrica, con una tasa de crecimiento del 1.03% anual, deducido por las condiciones de migración por desplazamiento y reasentamiento en la zona. Se proyectara la población aplicando el método geométrico a partir del año 2011, el método se expresa mediante la siguiente expresión matemática

$$Pf = Pa (1 + \alpha)n$$

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

α = Tasa anual de crecimiento

n = Número de años para el cual se desea hacer la proyección.

Considerando que la mejora en la prestación de los servicios y el gran avance turístico traerán mejores condiciones de vida a los habitantes de Balsapamba y que las metas fijadas mejoraran las condiciones económicas y de seguridad haciendo la zona más atractiva para los propios y forasteros que visitan la región en busca de

un lugar donde vivir, además el excelente clima la flora y la fauna constituyen una garantía de que la zona crecerá poblacionalmente.

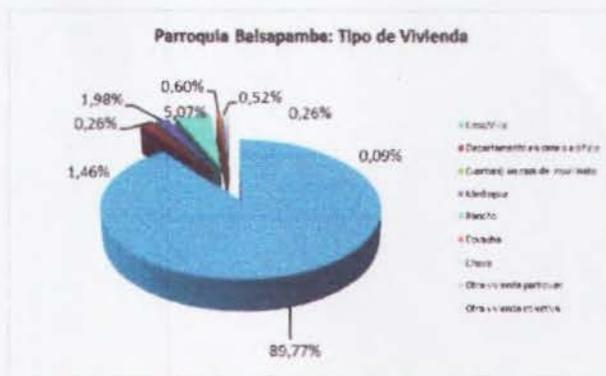
En la tabla anterior se refleja la proyección de la población para la localidad en estudio.

Tabla de proyección de la población		
POBLACION ACTUAL :	2800	$Pf = Pa (1 + \alpha)n$
TASA DE CRECIMIENTO	3%	
AÑO CALENDARIO	PROYECCION ESTIMADA DE LA POBLACION	
2012	2884	
2013	2971	
2014	3060	
2015	3151	
2016	3246	
2017	3343	
2018	3444	
2019	3547	
2020	3653	
2021	3763	
2022	3876	
2023	3992	
2024	4112	
2025	4235	
2026	4362	
2027	4493	
2028	4628	
2029	4767	
2030	4910	
2031	5057	
2032	5209	
2033	5365	
2034	5526	
2035	5692	
2036	5863	
2037	6038	
2038	6220	
2039	6406	
2040	6598	
2041	6796	
2042	7000	
2043	7210	
2044	7427	
2045	7649	
2046	7879	
2047	8115	
2048	8359	
2049	8609	
2050	8868	

(Cuadro 5). PROYECCION POBLACIONAL

1.5.2 VIVIENDA

En lo referente a las viviendas de la parroquia Balsapamba al igual que en el resto de las parroquias del país no existe una planificación adecuada de urbanidad es decir que no se construye con una planificación de futuro si no por asentamiento original. El Tipo de vivienda es en su mayoría Casa/Villa, con el 89,77%; Rancho, con el 5,07%; Mediagua, con el 1,98%; Departamento en casa o edificio, con el 1,46%; Covacha con el 0,60%; Choza con el 0,52%; Cuarto (s) en casa de inquilinato con el 0,26%; Otra vivienda particular con el 0,26% y, Otra vivienda colectiva con el 0,09%.



(Graf 6). TIPOS DE VIVIENDA DE LA ZONA
FUENTE: Censo Poblacional v vivienda 2010

1.5.3 Educación

La población cuenta con un centro de cuidado diario, el Jardín de infantes “Esther Rivadeneira”, la escuela mixta completa “Manuel de Jesús Calle”; Existe el Colegio Técnico Nacional “8 de Noviembre” con la especialidad de Computación y Contabilidad que brinda servicio a toda la parroquia. Los principales problemas de la educación en Balsapamba son: inadecuada infraestructura, insuficiente número de aulas, baterías sanitarias en mal estado, carencia de equipamiento, carencia de tecnología educativa, falta de profesores para áreas específicas, actualización y capacitación de los maestros.

INDICADOR	MEDIDA (%)
Analfabetismo	5.65
Analfabetismo - hombres	5.45
Analfabetismo - mujeres	5.85
Escolaridad	6
Primaria completa	42.35
Secundaria completa	21.82
Instrucción superior	22.83

Cuadro 6). Servicios básicos en la parroquia de Balsapamba
Fuente: Sistema Integrado de indicadores Sociales del Ecuador (SIISE).



En cuanto a la educación de la población, el 92,74% de la población, de edad escolar y más, sabe leer y escribir.

En cuanto al nivel de instrucción, el 5,65% No sabe leer y escribir; el 1,57% Asiste a un centro de alfabetización; el 0,94% está en nivel Preescolar; el 42,35% está o tiene nivel Primario; el 21,82% está o tiene nivel Secundario; el 9,26% está o tiene nivel Básico; el 6,16% está o tiene Bachillerato (Nivel Medio); el 1,10% está o tiene Ciclo Post Bachillerato; el 22,83% está o tiene Nivel Superior; el 0,47% está o tiene nivel de Post Grado; del 1,26% se ignora.

1.5.4 Salud

Balsapamba cuenta con un Sub-Centro de Salud dependiente del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, atendido por un médico de planta general cursando el año rural y por una auxiliar de enfermería. El Subcentro da servicio a un 80% de la población y además atiende a una gran parte de la población del Cantón Montalvo

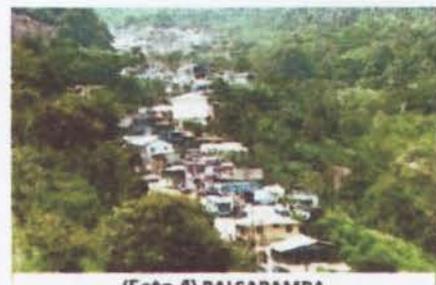


(Foto 3) SUBCENTRO DE LA PARROQUIA

en salud tiene una buena instalación de equipos el principal problema la falta de medico las 24 horas. Existe servicio odontológico. Las enfermedades de las vías respiratorias y parasitarias son las de mayor incidencia en la parroquia.

1.5.5 Servicios Básicos

En los últimos años, la parroquia de Balsapamba, ha vivido un proceso acelerado de urbanización, debido a la afluencia turística con la que cuenta, es por eso que se ha realizado un análisis breve de la situación de los servicios básicos en esta parroquia



(Foto 4) BALSAPAMBA

INDICADORES DE SERVICIOS BASICOS

INDICADOR	MEDIDA (%)
Agua entubada por red pública dentro de la vivienda	19,70
Servicio eléctrico	82,50
Servicio de recolección de basura	27,90
Déficit de servicios residenciales básicos	85,90
Servicio higiénico exclusivo	51,10
Uso de gas o electricidad para cocinar	44,10
Uso de gas para cocinar	43,90

(Cuadro7). Servicios básicos en la parroquia de Balsapamba
Fuente: Sistema Integrado de indicadores Sociales del Ecuador (SIISE).

En lo que se refiere a los indicadores de servicios básicos tenemos que apenas el 19,7% de la población tiene agua tratada a pesar que la parroquia de Balsapamba cuenta con diversas vertientes de agua, pero debido al manejo político que se tiene en el país no se ha podido aprovechar, ni superar el problema de abastecimiento del líquido vital a la totalidad de la parroquia, por falta de un estudio técnico que permita realizar la captación de agua de estas vertientes que rodean a la parroquia.



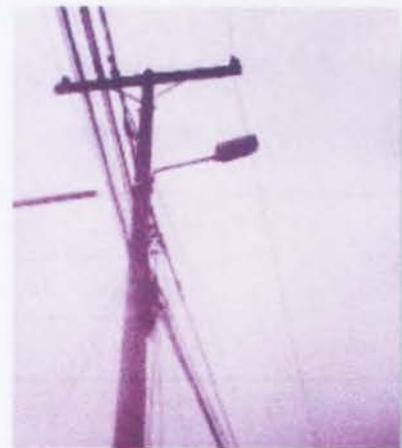
(Foto 5) PLANTA DE CLORACION DE AGUA

El servicio de electricidad en esta parroquia es del 82,5%, producto de las gestiones que han realizado las autoridades de turno y los líderes barriales cabe resaltar que el servicio eléctrico en la parroquia no es continuo por lo que se debería mejorar para el bienestar y futuro de la misma.

Al hablar de alcantarillado en la parroquia existen tuberías que recogen las aguas servidas y las descargan en el Rio Cristal sin tratamiento previo.

En lo que tiene que ver con Infraestructura sanitaria

se está hablando sobre baterías sanitarias, recolección de basura entre otros, en Balsapamba existen baterías sanitarias públicas también hay el servicio de recolección de desechos sólidos el cual lo realiza un camión del municipio que se encarga de llevar los desechos inorgánicos los cuales en gran parte llegan al río.



(Foto 6) ALUMBRADO ELECTRICO



CAPITULO 2

ANTECEDENTES



2 ANTECEDENTES

El Río cristal afluente del río Guayas nace en las vertientes de las montañas andinas entre sus principales tributarios están los ríos El Salto, Las Juntas, San Jorge, los mismos que se presume que tienen un grado bajo de contaminación y se unen para formar el río Cristal.



(Foto 7). RIO LAS JUNTAS



(Foto 8). RIO EL SALTO



(Foto 9). RIO SAN JORGE

Esterío sufre contaminación ya que recibe descargas de aguas residuales en su mayoría domesticas que alteran su calidad a su paso por la zona parroquial de Balsapamba.



(Foto 10). BALSAPAMBA

El río Chiriaco es otro tributario que se une una vez pasada la población, este es uno de los más contaminados al momento de unirse al cauce del Cristal.

En la parroquia de Balsapamba todos los desechos (aguas servidas, agua negras, aguas lluvias, residuos sólidos urbanos) son descargados a lo largo del tramo del río que cruza por la cabecera parroquial, afectando al turismo que tiene como principal atractivo este recurso hídrico y a las comunidades que se encuentran aguas abajo las mismas que hacen uso del agua como son los recintos Chaupiaco, Las Peñas y a la ciudad de Montalvo.



(Foto 11). RIO CHIRIACO



El río Cristal en este lugar tiene mucha energía por la pendiente significativa y por consiguiente existe un proceso de oxigenación considerable en sus aguas debido a la turbiedad. Su caudal es muy variable escaso en el verano, que incluye los meses de Junio hasta Noviembre y con caudal pronunciado en el invierno que abarca los meses de Diciembre a Mayo.



(Foto 12). RIO CRISTAL



(Foto 13). RIO CRISTAL (VERANO)



(Foto 14). RIO CRISTAL (INVIERNO)

El río Cristal es fuente y hábitat de una gran cantidad de especies acuáticas cuyas poblaciones han sido afectadas conforme se ha alterado la calidad del agua del río. Cabe recalcar que estas especies no son un recurso explotado pero si constituyen uno de los principales atractivos turísticos del lugar.



(Foto 15). FAUNA Y FLORA EXISTENTE EN BALSAPAMBA



Existe la necesidad de evaluar la calidad del río Cristal en el sector de Balsapamba, para conocer los efectos de las descargas de aguas residuales de la población y la alteración de su composición física, química y microbiológica, para los usos actuales del agua.

TURISMO



- ◆ Sólidos suspendidos
- ◆ Potencial de hidrogeno
- ◆ Temperatura

SALUD



- ◆ Coliformes fecales
- ◆ Coliformes totales

FAUNA Y FLORA



- ◆ Demanda química de oxígeno
- ◆ Demanda biológica de oxígeno
- ◆ Oxígeno disuelto.



CAPITULO 3

OBJETIVOS

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Efectuar la evaluación de la calidad del agua en el río Cristal, en el tramo de la cabecera parroquial de Balsapamba, para determinar el grado de afectación a los usos actuales del agua sus incidencias sobre el ambiente acuático en general, para de esta manera proponer y dimensionar medidas de rehabilitación y control de la contaminación.



(Foto 16). PRODUCTO DE LA CONTAMINACION

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las principales descargas de aguas residuales en el área de estudio.
- Establecer los diversos usos del agua del río Cristal en la zona de estudio del trabajo de grado.
- Realizar la recopilación de información existente sobre el río Cristal.
- Analizar el marco legal sobre calidad de agua para ríos.
- Establecer si las descargas de aguas residuales afecta a la biota acuática.
- Evaluar cómo afectan las descargas de aguas residuales al uso recreacional, ya que el turismo es una de las principales fuentes de trabajo y recursos en la zona.

3.3 Alcance

El área a ser estudiada abarca el tramo del río Cristal en el sector urbano de Balsapamba. Los análisis de calidad de agua incluirán parámetros de referencia para sistemas de vigilancia y control, establecidos en las normas de calidad de agua vigentes a nivel nacional para tener información básica sobre la calidad del río Cristal, puesto que no existe ningún registro de estudios anteriores.



(Foto 17). AREA DE ESTUDIO



CAPITULO 4

MARCO TEORICO



4 MARCO TEORICO

4.1 CONTAMINACIÓN

4.1.1 CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN.

La Tierra afronta una etapa de cambios ambientales la contaminación y muerte de especies vegetales y animales, y también e los suelos, la atmósfera, los ríos y los mares, que proliferan y sustentan la vida. Cada día la contaminación ambiental se hace más notoria y repercute en los seres humanos y en la naturaleza, provocando daños, que en la mayoría de ocasiones son irreparables.

Entre uno de los numerosos problemas que afronta el medio ambiente, podemos encontrar ciertos efectos más graves, los cuales han sido generados por los diferentes recursos naturales renovables, como son el agua, el suelo, la flora y fauna, y finalmente el aire. Este último, está en tal mal estado, que la capa de ozono, que cubre el planeta tierra, se hace día a día más delgada y esta produciendo numerosos daños a la población.

Esta crisis ambiental que estamos afrontando los humanos, es producto y consecuencia de las acciones de nosotros mismos ya que son nuestras maquinarias e inventos los que han generado cambios en el ambiente, pero no cambios esperados, no cambios buenos, sino cambios que hacen que perdamos parte de nuestra vida, cambios que muchas veces son irreversibles, y que logran cambiar todo el funcionamiento de la naturaleza que día a día se va destruyendo gracias a la irresponsabilidad del hombre.

4.1.2 CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN

Las consecuencias de la contaminación son varias, y como sabemos todas son perjudiciales. A medida que se hacen notorias van provocando consecuencias más nefastas que afectan nuestra salud y al mismo tiempo afectando la conducta humana. Todo esto es provocado por la mala calidad de vida en la cual estamos viviendo, pero sobre todo en la mala calidad en la que estamos dejando el medio ambiente. Las consecuencias más graves y nefastas han sido los ocasionados a los recursos naturales renovables, como el agua, el suelo, el aire, y finalmente la flora y la fauna. Recursos que a largo plazo, no terminaran siendo renovables, sino que llegaran a ser no renovables produciendo un daño irreversible.



4.1.3 CONTAMINACION DEL AGUA

Los ríos, lagos y mares recogen desde tiempos inmemoriales la contaminación producida por la actividad humana. El ciclo natural del agua posee una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de autopurificación del agua, y su aparente abundancia, hace que el hombre utilice el agua como el vertedero de los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.

El problema de la degradación de las aguas viene desde tiempos muy remotos en algunos lugares, como la desembocadura del Nilo donde existen niveles muy altos de contaminación, pero ha sido en este siglo cuando se ha generado y extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo.

Primero fueron los ríos, las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales las que se convirtieron en sucias cloacas, cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Con la industrialización y el desarrollo económico este problema se ha ido trasladando a los países en vías de desarrollo, a la vez que en los países desarrollados se producían importantes mejoras.

En lo que tiene que ver con contaminación del agua se deben diferenciar dos tipos de contaminación:

4.1.3.1 Contaminación natural

Es la que existe naturalmente, originada por restos animales y vegetales y por minerales y sustancias que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos.

4.1.3.2 Contaminación artificial

Va apareciendo a medida que el hombre comienza a interactuar con el medio ambiente y surge con la inadecuada aglomeración de las poblaciones, y como consecuencia del aumento desmesurado y sin control alguno, de industrias, desarrollo

y progreso. Es uno de los problemas más agudos que enfrenta la humanidad, las principales fuentes de contaminación del agua son:

4.1.3.2.1 Las aguas residuales domésticas.

Las sustancias incorporadas en las aguas residuales domésticas proceden de alimentos, deyecciones, limpieza casera, limpieza vial, etc. Hay productos orgánicos inorgánicos y microorganismos. Entre los productos orgánicos pueden señalarse residuos de origen vegetal, origen animal, deyecciones humanas, grasas, etc. Las



(Foto 18). AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

deyecciones humanas tienen un contenido de 30% de N, 3% de ácido fosfórico (PO_4H_3) y 6% de K_2O . El vertido por habitante de orina puede estimarse de 1,2 a 2,4 litros/día, constituyendo la urea el 50% de dicha cantidad. Los productos inorgánicos consisten en elementos disueltos (sales) e inertes (residuos de materiales, tierras, arena, papel, etc.).

Los compuestos químicos que se hallan presentes son muy variados: urea, albúminas, proteínas, ácidos acético y láctico, bases jabonosas y almidones, aceites (animales, vegetales y minerales), hidrocarburos, gases (sulfhídrico, metano, etc.), sales, bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, etc. La incorporación de sales por el uso del agua en una ciudad puede estimarse en un incremento de 35-80 ppm.

Los sólidos orgánicos proceden de la actividad humana, siendo de origen animal y/o vegetal. Contienen principalmente C, H, O, así como N, S, P y K. Es el caso de las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas. Su característica es la posibilidad de degradación y descomposición por reacciones químicas o acciones enzimáticas de los microorganismos. Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no degradables, tales como minerales, arenas, tierras, etc.

Entre la materia viva incorporada a las aguas, contemplada bajo la denominación de microorganismos, pueden citarse: virus, algas, protozoos, bacterias, hongos, insectos, rotíferos, etc.



Los microorganismos pueden ser parásitos (benignos o patógenos) o saprofitos (consumen materia orgánica muerta, descomponiéndola). En relación a la captación de oxígeno, los microorganismos pueden clasificarse en:

- ❖ **Aerobios:** Captan de forma directa el oxígeno disuelto en el agua. Constituyen el 60-66% de microorganismos existentes en el agua residual.
- ❖ **Anaerobios:** Obtienen el oxígeno por descomposición de la materia orgánica constituida por tres o más elementos (C, H, O, N, S, P, K). Constituyen el 10-25% del total de microorganismos.
- ❖ **Facultativos:** Pueden adaptarse a las condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de la existencia o no de oxígeno disuelto en las aguas. Constituyen el 9-30%. Conviene aclarar que, si bien existen microorganismos patógenos, que pueden originar serios problemas sanitarios al hombre, por otro lado existen inmensas legiones de microorganismos que colaboran con la naturaleza, ayudando a un continuo reciclado y reutilización de la materia, cerrando ciclos tan importantes como los del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.

También existen organismos macroscópicos, que son visibles, como gusanos, insectos y otras formas que ayudan a la descomposición biológica de la materia orgánica. La cantidad de microorganismos en los vertidos de una ciudad es elevada: pueden detectarse, por cada 100 ml, 300×10^6 aerobios, 25×10^6 coliformes y 5×10^6 estreptococos.



4.1.3.2.2 Aguas residuales industriales.

Las sustancias de las aguas residuales industriales provienen de las actividades industriales (materias primas utilizadas, productos de transformación y acabados, transmisión de calor y frío). Con independencia del posible contenido de sustancias similares a los vertidos de origen doméstico, pueden aparecer elementos propios de cada actividad



(Foto 19). AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

industrial, entre los que pueden citarse tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, productos radioactivos, etc.

Las aguas de origen industrial incorporan tanto la estrictamente proveniente de la actividad industrial como las aguas negras de la población laboral. La gran variedad y cantidad de productos que se vierten obliga a una investigación propia para cada tipo de industria. La composición es muy variable, pudiendo definirse por compuestos orgánicos (mataderos, industrias del petróleo, químicas, alimenticias, celulosa, papel, textil, etc.), inorgánicos (cementos, siderurgia, etc.), radioactivos, etc.

No es posible, entonces, hablar de índices concretos y normalizados. Son numerosísimos (decenas de miles) los índices orgánicos e inorgánicos procedentes de la actividad industrial. De forma resumida, deben definir el contenido de:

- ❖ Ácidos que puedan atacar al material o inhibir los procesos
- ❖ Básicos que puedan inhibir los procesos biológicos
- ❖ Productos petrolíferos y grasas poco degradables
- ❖ Detergentes que retardan la sedimentación, forman espumas e impiden la reaeración
- ❖ Metales pesados (Cu, Cr, As, Cd, Pb, Hg, B, etc.), tóxicos para los microorganismos que intervienen en los procesos biológicos
- ❖ Fenoles o cianuros inhibidores y tóxicos
- ❖ Productos radioactivos



4.1.3.2.3 Aguas residuales agrícolas

Son las que provienen de la escorrentia superficial de las zonas agrícolas. Se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. La descarga de esta agua es recibida directamente por los ríos o por los alcantarillados. El caso de los herbicidas y



(Foto 20). AGUAS RESIDUALES AGRICOLAS

plaguicidas merece especial atención pues si bien es cierto que han contribuido eficazmente en la lucha contra plagas y enfermedades como la roya de maíz, los carbones en el trigo y el paludismo en el hombre, el uso indiscriminado que se ha hecho de ellos, ha ocasionado equilibrios ecológicos graves, como la eliminación de especies de insectos indeseables para el hombre, pero que era fuente de alimento para otros animales, presentándose entre ellos la competencia por el alimento cada vez más escaso.

4.1.3.2.4 Aguas lluvias (ALL)

Son las originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Los primeros flujos de ALL son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. La naturaleza de esta agua varía según su procedencia: zonas



(Foto 21). AGUAS LLUVIAS ESTANCADAS

urbanas, rurales, semirurales y aún dentro de estas zonas se presentan enormes variaciones según el tipo de actividad o uso del suelo que se tenga.



4.2 TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

4.2.1 Tratamientos preliminares

4.2.1.1 Tamizado

Los tamices auto limpiantes están contruidos con mallas dispuestas en una inclinación particular que deja atravesar el agua y obliga a deslizarse a la materia sólida retenida hasta caer fuera de la malla por sí sola. La gran ventaja de este equipo es que es barato, no tiene partes móviles y el mantenimiento es mínimo, pero necesita un desnivel importante entre el punto de alimentación del agua y el de salida.



(Foto 22). PROCESO DE TAMIZADO.

4.2.1.2 Rejas

Se utilizan para separar objetos de tamaño más importante que el de simples partículas que son arrastrados por la corriente de agua. Se utilizan solamente en desbastes previos. El objetivo es proteger los equipos mecánicos e instalaciones posteriores que podrían ser dañados u obstruidos con perjuicio de los procesos que tuviesen lugar. Se construyen con barras metálicas de 6 o más mm de espesor, dispuestas paralelamente y espaciadas de 10 a 100 mm. Se limpian mediante rastrillos que pueden ser manejados manualmente o accionados automáticamente.



(Foto 23). REJAS SEPARADORAS

Para pequeñas alturas de la corriente de agua se emplean rejas curvas y para alturas mayores rejas longitudinales dispuestas casi verticalmente.

4.2.2 Tratamientos primarios

El principal objetivo es el de remover aquellos contaminantes que pueden sedimentar, como por ejemplo los sólidos sedimentables y algunos suspendidos o aquellos que pueden flotar como las grasas.

El tratamiento primario presenta diferentes alternativas según la configuración general y el tipo de tratamiento que se haya adoptado. Se puede hablar de una sedimentación primaria como último tratamiento o precediendo un tratamiento biológico, de una coagulación cuando se opta por tratamientos de tipo físico-químico.

4.2.2.1 Sedimentación primaria

Se realiza en tanques ya sean rectangulares o cilíndricos en donde se remueve de un 60 a 65% de los sólidos sedimentables y de 30 a 35% de los sólidos suspendidos en las aguas residuales. En la sedimentación primaria el proceso es de tipo floculento y los lodos producidos están conformados por partículas orgánicas.



(Foto 24). LAGUNA DE SEDIMENTACION

Un tanque de sedimentación primaria tiene profundidades que oscilan entre 3 y 4m y tiempos de detención entre 2 y 3 horas. En estos tanques el agua residual es sometida a condiciones de reposo para facilitar la sedimentación de los sólidos sedimentables. El porcentaje de partículas sedimentadas puede aumentarse con tiempos de detención más altos, aunque se sacrifica eficiencia y economía en el proceso; las grasas y espumas que se forman sobre la superficie del sedimentador primario son removidas por medio de rastrillos que ejecutan un barrido superficial continuo.

4.2.2.2 Flotación

Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Obviamente, esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan una

densidad inferior o muy parecida a la del agua, así como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmisible, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire ayudan a “flotar” más rápidamente estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos es menor que la del agua.

En esta operación hay un parámetro importante a la hora del diseño: La relación aire/sólidos, ml/l de aire liberados en el sistema por cada mg/l de concentración de sólidos en suspensión contenidos en el agua a tratar. Es un dato a determinar experimentalmente y suele tener un valor óptimo comprendido entre 0.005 y 0.06.

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

4.2.2.2.1 Flotación por aire disuelto (DAF)

En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.



(Foto 25). PROCESO DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO

4.2.2.2.2 Flotación por aire inducido

La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.



(Foto 26). PROCESO DE FLOTACION POR AIRE INDUCIDO

Históricamente la flotación se ha utilizado para separar la materia sólida o líquida flotante, es decir, con una menor densidad que el agua. Sin embargo la mejora en la generación de burbujas adecuadas y la utilización de reactivos para favorecer la operación (por ejemplo sustancias que disminuyen la



tensión superficial) ha hecho posible la utilización de esta operación para la eliminación de materia más densa que el agua. Así se utiliza en el tratamiento de aguas procedentes de refineries, industria de la alimentación, pinturas, etc. Una típica aplicación es también, aunque no sea estrictamente tratamiento de aguas, el espesado de fangos. En esta operación se trata de "espesar" o concentrar los fangos obtenidos en operaciones como la sedimentación.

4.2.3 Tratamientos secundarios

El objetivo de este tratamiento es remover la demanda biológica de oxígeno (DBO) soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos sedimentables.

El tratamiento secundario intenta reproducir los fenómenos naturales de estabilización de la materia orgánica, que ocurre en el cuerpo receptor. La ventaja es que en ese proceso el fenómeno se realiza con más velocidad para facilitar la descomposición de los contaminantes orgánicos en períodos cortos de tiempo. Un tratamiento secundario remueve aproximadamente 85% de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno, fósforo, metales pesados, demanda química de oxígeno (DQO) y bacterias patógenas.

Además de la materia orgánica se va a presentar gran cantidad de microorganismos como bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, etc., que entran en estrecho contacto con la materia orgánica la cual es utilizada como su alimento. Los microorganismos convierten la materia orgánica biológicamente degradable en CO_2 y H_2O y nuevo material celular. Además de estos dos ingredientes básicos microorganismos y materia orgánica biodegradable, se necesita un buen contacto entre ellos, la presencia de un buen suministro de oxígeno, aparte de la temperatura, PH y un adecuado tiempo de contacto.

Para llevar a efecto el proceso anterior se usan varios mecanismos tales como: lodos activados, biodisco, lagunaje, filtro biológico como lo veremos a continuación:

4.2.3.1 Lodos activados

Es un tratamiento de tipo biológico en el cual una mezcla de agua residual y lodos biológicos, el agua residual es agitada y aireada. Los lodos biológicos producidos son separados y un porcentaje de ellos devueltos al tanque de aireación en la cantidad que sea necesaria. En este sistema las bacterias

utilizan el oxígeno suministrado artificialmente para desdoblar los compuestos orgánicos que a su vez son utilizados para su crecimiento. A medida que los microorganismos van creciendo se aglutinan formando los lodos activados; éstos más el agua residual fluyen a un tanque de sedimentación secundaria en donde sedimentan los lodos. Los efluentes del sedimentador pueden ser descargados a una corriente receptora; parte de los lodos son devueltos al tanque con el fin de mantener una alta población bacteriana para permitir una oxidación rápida de la materia orgánica.



(Foto 27). PISCINA DE LODOS ACTIVADOS.

4.2.3.2 Biodiscos

Es tan eficaz como los lodos activados, requiere un espacio mucho menor, es fácil de operar y tiene un consumo energético inferior. Está formado por una estructura plástica de diseño especial, dispuesto alrededor de un eje horizontal. Según la aplicación puede estar sumergido de un 40 a un 90% en el agua a tratar,

sobre el material plástico se desarrolla una película de microorganismos, cuyo espesor se auto regula por el rozamiento con el agua, en la parte menos sumergida, el contacto periódico con el aire exterior es suficiente para aportar el oxígeno necesario para la actividad celular.



(Foto 28). TRATAMIENTO CON BIODISCOS

4.2.3.3 Lagunaje

El tratamiento se puede realizar en grandes lagunas con largos tiempos de retención (1/3 días) que les hace prácticamente insensibles a las variaciones de carga, pero que requieren terrenos muy extensos. La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente.



(Foto 29). LAGUANAS DE TRATAMIENTO

4.2.3.4 Filtros biológicos

Está formado por un reactor, en el cual se ha situado un material de relleno sobre el cual crece una película de microorganismos aeróbicos con aspecto de limos.



(Foto 30). FILTROS BIOLÓGICOS

La altura del filtro puede alcanzar hasta 12m. El agua residual se descarga en la parte superior mediante un distribuidor rotativo cuando se trata de un tanque circular. A medida que el líquido desciende a través del relleno entra en contacto con la corriente de aire ascendente y los microorganismos. La materia orgánica se descompone lo mismo que con los lodos activados, dando más material y CO₂.

4.2.4 Tratamientos terciarios.

El efluente de un tratamiento secundario puede estar todavía insuficientemente depurado para determinados usos, siendo precisa una serie de procesos que se agrupan bajo el nombre de tratamiento terciario. Este se lleva a cabo para eliminar fundamentalmente la materia orgánica que no ha sido retenida en el tratamiento biológico, o bien que no es biodegradable, y las sales inorgánicas disueltas, entre las que destacan el nitrógeno y el fósforo, que son los máximos responsables de la eutrofización de los cursos y depósitos de agua.



4.2.4.1 PROCESOS DE MEMBRANA.

4.2.4.1.1 MICRIFILTRACIÓN

Los microfiltros trabajan a baja carga, con muy poco desnivel, y están basados en una pantalla giratoria de acero o material plástico a través de la cual circula el agua. La microfiltración utiliza tamaños de poro desde 0,03 hasta diez micras (usualmente 0,1 a dos micras) y es eficaz para tamaños NMWC de 100.000 Dalton o más. A menudo se utiliza para eliminar arena, limo,

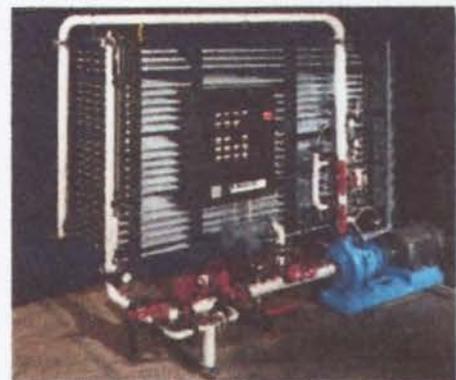


(Foto 31). PROCESO DE MICROFILTRACION

arcilla, algas, bacterias así como Giardia y Criptosporidium. Las membranas se construyen de muchos materiales diferentes, los cuales tienen sus propios pros y contras. La selección de la membrana apropiada para las condiciones existentes puede ser un desafío para los administradores de sistemas de tratamiento de agua.

4.2.4.1.2 ULTRAFILTRACIÓN

Las membranas de ultrafiltración se fabrican con diseños diferentes. Las membranas enrolladas en espiral están compuestas con varias láminas de membrana plana alrededor de una tubería central que suministra el agua que recibirá el tratamiento. Las configuraciones de fibra fina hueca utilizan un grupo de miles de tubos huecos que están contruidos con material de la membrana. Los



(Foto 32). PROCESO DE ULTRAFILTRACION

ultrafiltros, como los microfiltros usualmente se encuentran en una configuración de fibra hueca. Las membranas se clasifican según el tamaño de las moléculas que ellas pueden filtrar. La ultrafiltración utiliza tamaños de poro desde 0,01 hasta 0,03 micras. A menudo se utiliza para eliminar arena, limo, arcilla, algas, bacterias, Giardia, Criptosporidium, y virus.

4.2.4.1.3 NANOFILTRACIÓN.

Las membranas de nanofiltración se construyen con diseños diferentes. Las membranas enrolladas en espiral están compuestas con varias láminas de membrana plana alrededor de una tubería central que suministra el agua que recibirá el tratamiento. Las configuraciones de



(Foto 33). PROCESO DE NANOFILTRACION

fibra fina hueca utilizan un grupo de miles de tubos huecos que están contruidos con material de la membrana. Los nanofiltros, al igual que la ósmosis inversa, se encuentran normalmente en una distribución enrollada en espiral. Las membranas se clasifican según el tamaño de las moléculas que ellas pueden filtrar. Los nanofiltros tienen un valor de aproximadamente 1000 Dalton (Medida de masas atómicas y molecular) o menos. El proceso requiere el uso de presiones altas de agua para forzar el fluido fuente a través de poros sumamente pequeños (tan pequeños como 0,001 micrómetros o un nanómetro, de aquí el nombre) a fin de eliminar los contaminantes.

4.2.4.2 OSMOSIS INVERSA

Este sistema consiste en un conjunto de láminas delgadas de material que técnicamente no tienen poros. Por el contrario, la membrana permite que las moléculas de agua pasen a través de ella, pero atrapa y retiene otras sustancias en suspensión. El sistema presuriza la solución a tal grado que el agua fluye desde una solución más concentrada, a través de la membrana, hacia una solución más diluida lo opuesto al flujo natural por ósmosis.



(Foto 34). PROCESO DE OSMOSIS INVERSA

Las membranas enrolladas en espiral están compuestas con varias láminas de membrana plana alrededor de una tubería central que suministra el agua que recibirá el tratamiento. Las configuraciones de fibra fina hueca utilizan un grupo de miles de



tubos huecos que están contruidos con material de la membrana. La ósmosis inversa, al igual que la nanofiltración, se encuentra normalmente en una distribución enrollada en espiral. Es necesario tratar el agua fuente antes de aplicar la ósmosis inversa, para que los particulados no contaminen la membrana y limiten su eficiencia. Las aguas con alto contenido de hierro, cloro y manganeso quizá requieran tratamiento previo. Incluso en condiciones ideales, los sistemas de ósmosis inversa, como los sistemas de nanofiltración, requieren que la membrana se limpie regularmente y se cambie periódicamente.

4.2.4.3 PRECIPITACION QUIMICA Y COAGULACIÓN

La coagulación en el tratamiento de las aguas residuales es un proceso de precipitación química en donde se agregan compuestos químicos con el fin de remover los sólidos. El uso de la coagulación ha despertado interés sobretodo como tratamiento terciario y con el fin de remover fósforo, color, turbiedad y otros compuestos orgánicos.



(Foto 35). AGUAS LLUVIAS ESTANCADAS

4.2.4.4 INTERCAMBIO IONICO.

Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante.

La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones, siendo



(Foto 36). PROCESO DE INTERCAMBIO IONICO

típica la aplicación para la desmineralización y el ablandamiento de aguas, así como la retención de ciertos productos químicos y la desmineralización de jarabes de azúcar.



14.1.1.1. Electrodiálisis

Los procesos de separación basados en la electrodiálisis utilizan membranas donde se han incorporado grupos con cargas eléctricas, con el fin restringir el paso de los iones presentes en una solución acuosa. En estos procesos la “fuerza impulsora” responsable del flujo de los iones, a través de la membrana, es una diferencia de potencial eléctrico.

Un equipo de electrodiálisis está formado por un conjunto de membranas aniónicas y cationes, dispuestas en forma alterna y separadas por espaciadores o placas, en una configuración semejante a los filtros prensa (configuración de placas y bastidores). Los espaciadores provocan turbulencias que evitan las deposiciones de materiales en la superficie de las membranas y homogeneizan la concentración.



(Foto 37). AGUAS LLUVIAS ESTANCADAS



4.3 MARCO LEGAL ECUATORIANO

4.3.1 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

- Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales y
- Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario se presentan a continuación (ver Cuadro 8):

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fécales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos Fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otros tóxicos		mg/l	Cero
Organofosforados y carbonatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbonatos totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Residuos de petróleo			<i>Ausencia</i>
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Sólidos flotantes	<i>visible</i>		<i>Ausencia</i>
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15.01

(Cuadro 8). Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos



Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario se presentan en el Cuadro 9.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fécales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos Fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otros tóxicos		mg/l	Cero
Organofosforados y carbonatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbonatos totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Residuos de petróleo			<i>Ausencia</i>
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Sólidos flotantes	<i>visible</i>		<i>Ausencia</i>
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15.01

(CUADRO 9). CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO SECUNDARIO

4.3.2 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina

◆ Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

◆ Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- Las cabeceras de las fuentes de agua.
- aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,



c) Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

◆ Los regulados que exploren, exploten, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.

◆ Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.

En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

◆ Para el caso de industrias que capten y descarguen en el mismo cuerpo receptor, la descarga se hará aguas arriba de la captación.

◆ Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se establece lo siguiente:

a) Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de cincuenta (50) metros, y la aplicación aérea de los mismos, dentro de una franja de cien (100) metros, medidas en ambos casos desde las orillas de todo cuerpo de agua,

b) La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá el informe y autorización previa del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

c) Además de las disposiciones contenidas en la presente Norma, se deberá cumplir las demás de carácter legal y reglamentario sobre el tema, así como los listados referenciales de la Organización para la Agricultura y Alimentos de Naciones Unidas (FAO).

◆ Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación (ver Cuadro 10).



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<u>111</u> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l	100
Demanda Química de O	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10



Continuación.....

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05\
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5.07
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1
Vanadio		mg/l	5
Zinc	Zn	mg/l	5

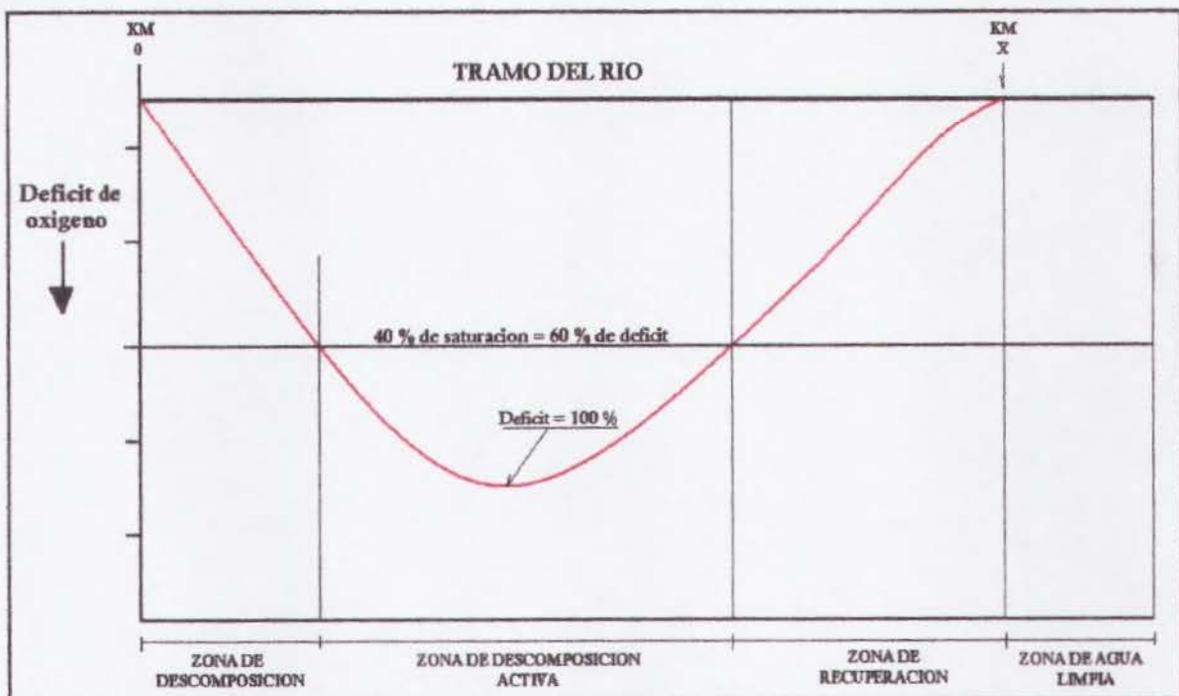
(Cuadro 10). Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce

4.4 MODELO MATEMATICO DE STREETER AND PHELPS

4.4.1 EL RIO COMO UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Un río en condiciones naturales es un ecosistema hídrico que transporta oxígeno disuelto y soporta una flora y fauna acuática desde las bacterias y el plancton (vida animal y vegetal pequeña que nada o flota libremente en el agua), hasta las larvas de moscas y las diferentes especies de peces. El río posee diferentes velocidades, tramos lentos y rápidos sujetos a mayor y menor reaeración y, en general, no transportan un caudal tan excesivamente grande como para que por simple dilución sea capaz de absorber la carga contaminante a la que por desgracia está sometido el río.

En forma descriptiva se puede pensar que cuando a un río, en condiciones normales, se le aplica una descarga de aguas residuales domesticas, sin ningún tratamiento se presenta una división arbitraria del río en cuatro zonas:



(Graf 8). COMPORTAMIENTO DEL OD A LO LARGO DEL RIO

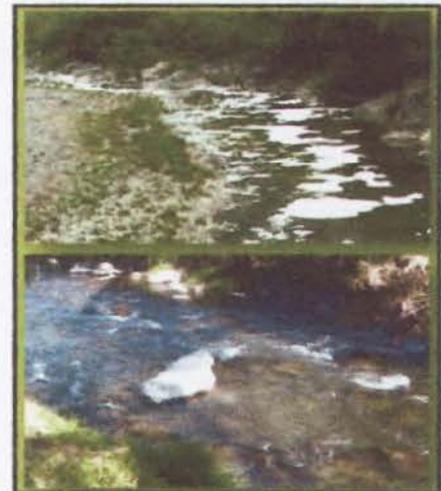
4.4.1.1 Zona de descomposición

En esta zona, la descomposición de las aguas residuales inicia la disminución de OD. La turbiedad inhibe la radiación solar y las plantas verdes desaparecen. El agua se vuelve gris, disminuyen progresivamente las especies de organismos y proliferan las bacterias. Surgen los depósitos de lodos en el fondo del río y el crecimiento de lamas biológicas sobre las piedras, especialmente de *Sphaerotilus natans*. El límite de la zona se supone que se alcanzaniveles de OD entre 3 a 4 mg/l. que son los mínimos para que exista vida acuática.



4.4.1.2 Zona de descomposición activa

En esta zona el oxígeno continua disminuyendo y puede agotarse por completo hasta llegar a 0. La vida acuática se reduce a las bacterias anaerobias y a unas pocas especies de protozoos anaerobios como los *Bonodidae*. El agua se vuelve negra, surgen problemas de lodos flotantes empujados por la acción de los gases producidos en la descomposición anaerobia, malos olores y otros indicadores biológicos de polución. Eventualmente, se cumplirá el ciclo de descomposición cuando la reaireación satisfaga el proceso de desoxigenación y aparezca nuevamente OD.



Arbitrariamente se considera que la zona termina cuando el nivel del OD es igual de nuevo al 40% de saturación.

4.4.1.3 Zona de recuperación

En esta zona empiezan a aparecer las plantas y la vida acuática a medida que la zona progresa. Continúa la recuperación del OD, y se pueden presentar compuestos de nitrógeno como el amoníaco y los nitratos; se considera que la zona termina cuando se restablece el contenido normal de OD del río.



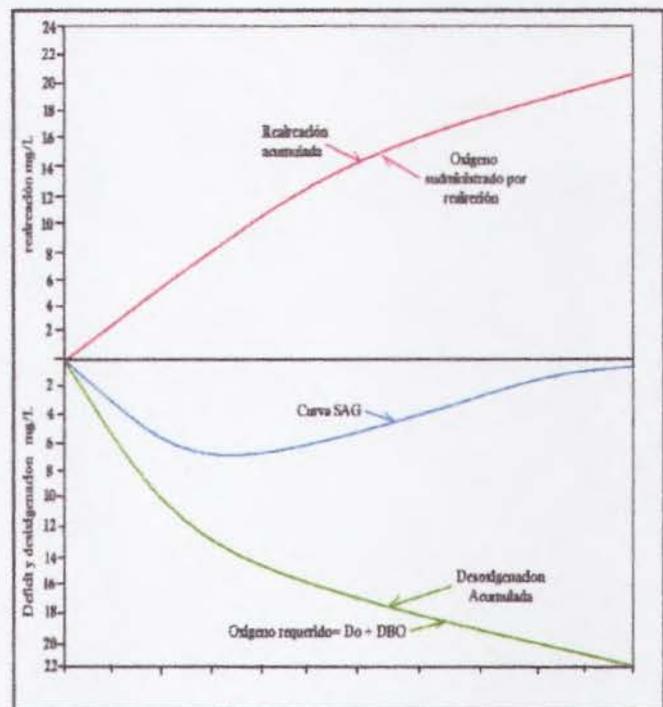
4.4.1.4 Zona de agua limpia

El contenido de OD ha vuelto a su valor original, la vida acuática se recupera, y pueden subsistir bacterias patógenas y un número alto de bacterias. El contenido de sólidos disueltos es elevado; han aumentado los nitratos, los cloruros y los sulfatos, pero en general el río vuelve a ser útil. El punto mas bajo de la curva de déficit de oxígeno representa el punto para el cual el agotamiento de sustrato permite a los



procesos de reaireación suministrar oxígeno a una tasa mas rápida que la de satisfacción de DBO, ósea, el punto para el cual el río comienza a recuperar su OD.

Como puede verse en la figura, la satisfacción de la DBO da por resultado la desoxigenación de las aguas receptoras. La absorción de oxígeno procedente de la atmosfera y de las algas y plantas origina la reaireación de las aguas receptoras. La diferencia entre la desoxigenación y la reaireación produce el perfil de OD de un río, una curva en forma de cuchara llamada curva de déficit de oxígeno o curva SAG.



(Graf 9). CURVAS REPRESENTATIVAS DEL MODELO DE STREETER AND PHELPS

En la figura anterior se representa

dicha curva para cuando un río recibe una sola descarga de polución. Si el río esta originalmente saturado con OD, la curva de DBO para la mezcla (río/aguas residuales) consideran con la curva de desoxigenación acumulada. A medida que se ejerce la DBO, el OD cae por debajo del OD de saturación y se inicia la reaireación. Con el aumento del déficit de oxígeno se aumenta la tasa de reaireación hasta un punto crítico en el cual la tasa de reaireación es igual a la tasa de desoxigenación. Para



el punto crítico, el OD es mínimo y a partir de dicho punto, para condiciones aerobias, el valor del OD aumentara con el tiempo.

4.4.2 Sistema DBO-OD

Antes de conocer el sistema de DBO-OD conoceremos los términos de DBO y OD, los cuales son definidos a continuación, y además se presentan tablas del nivel DBO Y de OD, que dan una idea de la calidad del agua.

4.4.2.1 Oxígeno Disuelto (OD).

Es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y que es esencial para los ríos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de qué tanto está contaminada el agua y cuánto soporte puede dar esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

Nivel DBO	Calidad del agua
1,0 - 2,0	Muy buena: El desecho orgánico presente en la muestra de agua es casi nulo
3,0 - 5,0	Aceptable: Moderadamente limpia
6,0 - 9,0	Mala: Algo contaminada indica que hay materia orgánica presente y que las bacterias están descomponiendo este desecho
100,0 o mas	Muy mala: Muy contaminada , contiene gran cantidad de desechos orgánicos

(Cuadro 11). Niveles de la demanda biológica de oxígeno en relación de la calidad del agua
FUENTE: Environmental Systems Engineering, McGraw-Hill.

4.4.2.2 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

Es una medida de oxígeno que usan los microorganismos para descomponer el agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el suministro de agua, implica que

Nivel OD	Calidad del agua
0,0 - 4,0	Mala : algunas poblaciones de peces y invertebrados comenzaran a disminuir
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
12,0 o mas	Repita la prueba el aire puede airearse artificialmente

(Cuadro12). Niveles de oxígeno disuelto en relación de la calidad del agua
FUENTE: Environmental Systems Engineering, McGraw-Hill.



habrá una cantidad importante de bacterias presentes trabajando para descomponer el desecho presente en el agua. En este caso, la demanda de oxígeno será alta, así que el nivel del DBO será alto. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar

4.4.2.3 Modelo matemático de Streeter and Phelps

Este modelo publicado en 1944, aplicable a ríos con condiciones aerobias flujo con superficie libre, flujo permanente, unidimensional, supone que la tasa de cambio del déficit de OD es igual a la diferencia entre la desoxigenación del agua, debida a la remoción de DBO y materia orgánica carbonacea por oxidación biológica, y la reaireación o suministro de OD proveniente de la atmosfera y causada por el déficit de OD y por la turbulencia.

La tasa de desoxigenación expresa la velocidad de la oxidación bioquímica de la materia orgánica en condiciones aerobias y se la puede calcular con las siguientes formulas:

AUTOR	FORMULA	Correccion por Temperatura(·C)
Wright y McDonnell	$K_d = (1.8)Q^{0.49}$	$K_{d,T} = K_{d,20} (1.047)^{T-20}$
Bosko	$K_d = k + n (V/H)$	$K_{d,T} = K_{d,20} (1.047)^{T-20}$

(Cuadro13). Formulas para calcular la constante de desoxigenación

La tasa de reaireación describe la capacidad de recuperar el oxígeno consumido en procesos como la degradación de la materia orgánica, la nitrificación y el metabolismo de especies y se la puede calcular con las siguientes formulas.

AUTOR	FORMULA	Correccion por Temperatura(·C)
Bosko	$K_d = k + n (V/H)$	$K_{d,T} = K_{d,20} (1.047)^{T-20}$
Texas State	$K_a = (1.923v^{0.273})/(H^{0.894})$	$K_{a,T} = K_{a,20} (1.022)^{T-20}$
O'Connor y Dobbins	$K_a = (D.V)^{0.5}/H^{1.5}$	$K_{a,T} = K_{a,20} (1.022)^{T-20}$
Churchill	$K_a = 5.03V^{0.969}/H^{1.673}$	$K_{a,T} = K_{a,20} (1.022)^{T-20}$
Owens	$K_a = 5.34V^{0.67}/H^{1.85}$	$K_{a,T} = K_{a,20} (1.022)^{T-20}$
Langbein y Durum	$K_a = 2.2V/H^{1.33}$	$K_{a,T} = K_{a,20} (1.022)^{T-20}$
Tsivoglou y Wallace	$K_a = C((V.n)^2/H^{1.333}).V$	$K_{a,T} = K_{a,20} (1.022)^{T-20}$

(Cuadro14). Formulas para calcular la constante de reaireación



$$\frac{dy}{dt} = \text{velocidad de consumo de oxígeno} = k_1 L$$

$$\frac{dC}{dt} = \text{reoxigenación atmosférica} = k_2 (C_s - C) = k_2 D$$

$$\frac{dD}{dt} = k_1 L - k_2 D$$

$$D(t) = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$$

$$D = D_0 \left(e^{-ka \frac{x}{u}} + \left(kd \left(\frac{y_0}{ka - kd} \right) \right) \left(e^{-kd \frac{x}{u}} - e^{-\left(ka \frac{x}{u} \right)} \right) \right)$$

Donde: D= déficit de OD para el tiempo t, mg/l

L_0 = DBOUC inicial, t=0, mg/l

L = DBOUC remanente, t = t, mg/l

t = Tiempo de flujo (días) k_1 = Constante de de desoxigenación, base e, d^{-1}

k_2 = Constante de reaireación, base e, d^{-1}

D_0 = Déficit inicial de oxígeno disuelto.

El punto crítico (punto de déficit máximo de OD, punto de concentración mínima de OD) ocurrirá cuando el tiempo de flujo sea $t = t_c$. Para este punto las tasas de desoxigenación y reaireación son iguales el déficit de OD no cambia y:

$$\frac{dD}{dt} = 0 = k_1 L_0 - k_2 D_c \quad \Rightarrow \quad D_c = D(t_c) = \frac{k_1}{k_2} L_0 \quad \Rightarrow \quad D_c = \frac{k_1}{k_2} L_0 (e^{-k_1 t_c})$$

t_c = tiempo para el cual se alcanza el déficit crítico, (días).

El valor de t_c puede determinarse obteniendo dD/dt de la siguiente ecuación igualada a 0:

$$D(t) = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$$

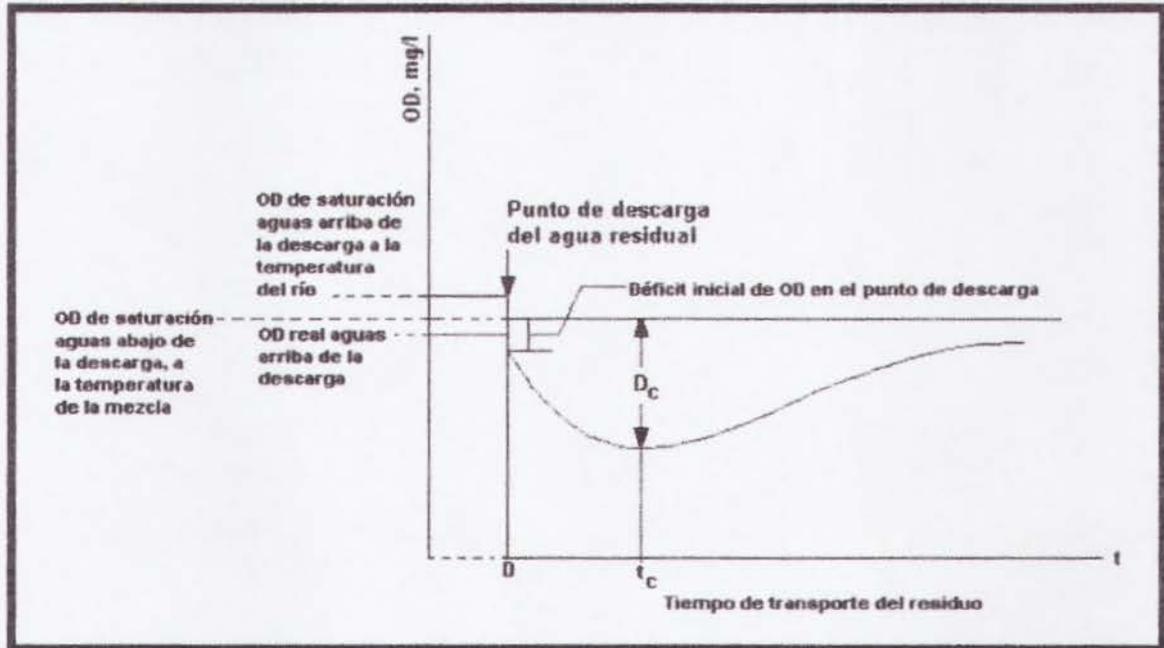
$$t_c = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \left[\frac{k_2}{k_1} \left(1 - \frac{D_0 (k_2 - k_1)}{k_1 L_0} \right) \right]$$

La distancia del punto crítico (X_c).

$$X_c = u.t$$

$$X_c = \frac{u}{k_2 - k_1} \ln \left[\frac{k_2}{k_1} \left(1 - \frac{D_o(k_2 - k_1)}{k_1 L_o} \right) \right]$$

Donde: u = velocidad del río.



(Graf 10). CURVA REPRESENTATIVAS DEL MODELO DE STREETER AND PHELPS

La concentración de saturación de oxígeno disuelto, en agua expuesta a presión normal de 760mm Hg, se puede calcular mediante la ecuación de la Sociedad de Ingenieros Civiles (ASCE), ignorando el efecto de la salinidad.

$$ODS = 14,6520 - 0.41022T + 0.007991T^2 - 0.000077774T^3$$

Donde:

ODS = Concentración de saturación de OD, mg/l . T =
Temperatura en °C.

Para corregir el valor de ODS a diferentes altitudes, se puede usar la formula de Halley.

$$p = 760e^{\frac{-E}{8.005}}$$



Donde:

p = Presión atmosférica a la elevación E , mm Hg
 E = elevación, msnm.

El valor de oxígeno disuelto corregido será:

$$ODS_c = ODS \left[\frac{P}{760} \right]$$

Punto crítico: Se produce cuando $k_1L = k_2D$



4.5 MODELO ADZ (AGGREGATED DEAD ZONE)

4.5.1 CONTAMINACION HIDRICA BACTERIAL

En el Ecuador un país en vías de desarrollo existen grandes problemas de contaminación hídrica bacteriana especialmente en ríos y acuíferos. El mayor problema se centra con el consumo de agua contaminada con residuos fecales de origen humano o animal los mismos que contienen organismos perjudiciales como virus, paracitos, bacterias entre otros, los cuales son los causantes de enfermedades muy frecuentes entre las personas entre las mas comunes tenemos:



(Foto 38). CONTAMINACIÓN

- ◆ Gastroenteritis severa
- ◆ Disentería
- ◆ Cólera
- ◆ Tifoidea

Este problema en gran parte se debe al desconocimiento de los procesos asimilación y transporte de organismos en corrientes naturales lo cual es fundamental en el diseño y planteamiento de soluciones estructurales como:

- Estructurales:
- ◆ Estaciones de aforo
 - ◆ Plantas de tratamiento

- No estructurales:
- ◆ Representación adecuada de las condiciones hidráulicas
 - ◆ Representación adecuada de calidad del agua
 - ◆ Implementación de tecnologías de producción más limpia
 - ◆ Recuperación del recurso
 - ◆ Conservación del recurso.

Si nos centramos en el aspecto microbiológico, la pureza y calidad del agua en redes de distribución y corrientes naturales puede cambiar temporal y espacialmente, de una manera rápida los picos en la concentración de patógenos pueden aumentar considerablemente los riesgos de propagación de enfermedades producidas por el consumo de agua contaminada, lo cual puede desarrollar el inicio de una cadena epidemiológica. De aquí la importancia de la implementación de modelos de transporte y decaimiento de patógenos que sirvan como base para desarrollar sistemas de alerta en casos de contaminación accidentales.



4.5.2 Enfermedades producidas por Agua contaminada

De las 37 enfermedades más encontradas entre la población de América Latina, 21 están relacionadas con la falta de agua y con agua contaminada. La contaminación del agua se debe al crecimiento demográfico, desarrollo industrial y urbanización. Estos tres factores evolucionan rápidamente y se dan uno en función de otro. En décadas recientes miles de lagos, ríos y mares, se han contaminado mas debido a las actividades humanas. Las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por agua estancada con criadero de insectos, contacto directo con el agua, consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua. Las enfermedades transmitidas por medio de aguas contaminadas, insectos y bacterias son:

Organismos patógenos	Enfermedad
Virus	
Adenovirus (31 tipos)	Enfermedades respiratorias
Enteroviruses (67 tipos)	Diarrea, enfermedades respiratorias, polio
Hepatitis A	Hepatitis infecciosa
Agente Norwalk.	Gastroenteritis
Rotavirus	Gastroenteritis
Bacterias	
Campylobacter jejuni	Gastroenteritis
Clostridium spp	Tétano
Escherichia coli (incluye cadenas patogénicas)	Gastroenteritis
Klebsiella spp	Infecciones respiratorias y del tracto urinario
Leptospira (150 spp.)	Leptospirosis
Salmonella typhl	Fiebre Tifoidea
Shigella (4 spp.)	Shigelosis, disentería
Vibrio cholerae	Cólera
Protozoos	
Cryptosporidium Criptosporidiosis	(Diarrea)
Entamoeba histolytica Amebiasis	(disentería amébrica)
Giardia lamblia Giardiasis	(diarrea, nauseas)
Helmintos	
Ascaris kunbricoides	Áscariasis
Fasciola hepatica	Enfermedades del hígado
Taenia saginata Teniasis	(Tenia – buey)
(Cuadro 15). Algunos organismos patógenos y enfermedades asociadas con su presencia en el agua residual doméstica (Adaptado de Kadlec y Knight, 1996; Metcalf& Eddy, 1995).	

En el mundo estas enfermedades representan 25 millones de muertes anuales. Según datos de UNISEF y la Organización mundial de la salud las enfermedades entéricas son la sexta causa más alta de mortalidad y la tercera más alta de morbilidad. Además se estima que un 5.7% de estas enfermedades se deben a una pésima calidad de agua y falta de sanidad e higiene, caso que se presenta principalmente en países en vía de desarrollo o tercermundistas.

Causa	Enfermedad	Número de enfermos en millones
Bacterias	Diarreas	4000
	Cólera	0,04
	Tifoidea	0,70
Virus	Poliomielitis	8
	Hepatitis A	2000
Parásitos	Amebiasis	400
	Dracunculosis	100
	Bilarciasis	200

(Cuadro 16). Número de casos de enfermedades producidas por contaminación del agua

4.5.3 Microorganismos indicadores.

Los mecanismos para monitorear los microorganismos patógenos potenciales en aguas en estado natural se basan en la enumeración de indicadores fecales bacteriales (Coliformes totales, Coliformes fecales, Escherichiacolij Estreptococos fecales (Chapra,1997; Simpson et al, 2002).

El indicador más estrecho es el género *Escherichia* especie *Coli* por ser el más representativo de las fuentes patógenas de origen fecal por su habilidad como indicador de la contaminación fecal del agua.y como indicador de patógenos como *Salmonella Typhoid*, *campylobacter*, *Cristosporidium* o *Giardia*, ya que *E. Coli* se detecta en corrientes naturales en concentraciones 1000 veces mayores que dichos patógenos.

En este estudio se utilizan como microorganismos indicadores de organismos patógenos los grupos Coliformes totales y *E. Coli* teniendo en cuenta sus limitaciones asociadas, por ejemplo, con la capacidad de crecer en aguas naturales fuera del animal que las hospeda como es el caso del *E. Coli*.



(Foto 39). ESCHERICHIA COLI



4.5.4 Modelo de Transporte o de Zona muerta Agregada (Modelo ADZ)

El Modelo ADZ fue desarrollado por Beer y Young (1893) y extendido después por Young y Wallis (1993) y me ayuda a representar adecuadamente los mecanismos de transporte en un río y desarrollar modelos de tiempo de viaje y calidad del agua representando correctamente fenómenos de advección y dispersión longitudinal en ríos de montaña analizando su capacidad predictiva y esta dado por:

$$\frac{\partial C(t)}{\partial t} = \frac{1}{t - \tau} (Cu(t - \tau) - C(t))$$

Donde: t = Tiempo medio de viaje;
 τ = Tiempo de retraso advectivo entre la entrada y la salida del tramo
 u = Concentración de patógenos aguas arriba del tramo
 c = Concentración de patógenos aguas abajo

4.5.5 Modelo de decaimiento de organismos patógenos.

Este modelo se basa en la determinación de la concentración de bacterias en el tiempo por medio de una tasa de decaimiento de bacterias que obedece a una dinámica de decaimiento simple de primer orden representado por una ecuación diferencial ordinaria caracterizada por parámetros temporales con claro significado físico que establece que la concentración de bacterias C en el tiempo t , está dada por:

$$C = C_0 \cdot e^{kb \cdot t}$$

Donde: C_0 = La concentración de bacterias en el tiempo $t = 0$
 Kb = Es la tasa total de decaimiento de bacterias.
 t = Tiempo de transporte de solutos

Siguiendo a (Brookes 2004 y Chapra 1997), la tasa de decaimiento depende tanto de:

Factores físicos:

- ❖ Sedimentación
- ❖ Agregación
- ❖ Resuspensión
- ❖ Temperatura

Factores químicos:

- ❖ humedad
- ❖ pH
- ❖ Oxígeno disuelto
- ❖ nutrientes
- ❖ salinidad



Factores biológicos:

- ❖ Predación
- ❖ Competición

Factores meteorológicos:

- ❖ Radiación solar
- ❖ Inactivación
- ❖ Cobertura de nubes
- ❖ Temperatura del aire
- ❖ Punto de rocío
- ❖ Velocidad del viento.

Para considerar estos factores Chapra (1997) define que la tasa total de decaimiento de bacterias es función de la tasa de mortalidad base, la tasa de pérdida por radiación solar y la tasa de pérdida por sedimentación, esto es:

$$k_b = (0.8 + 0.02S)^{T-20} + \frac{\alpha \cdot I_0}{k_e \cdot H} (1 - e^{-k_e H}) + F_p \frac{V_s}{H}$$

Donde:

- F_p = Fracción de bacterias adheridas
- V_s = Velocidad de partículas
- H = Profundidad promedio
- N_w = Concentración de bacterias flotantes
- N_p = Concentración de bacterias en el fondo
- K_d = Coeficiente de distribución
- m = Concentración de sólidos suspendidos
- r = Razón de bacterias flotantes

4.5.6 Acople del modelo de transporte y del modelo de decaimiento de organismos patógenos.

El modelo de transporte ADZ se ha extendido con el fin de considerar el decaimiento de primer orden de organismos patógenos. El acople de la ecuación de transporte del modelo ADZ extendido a condiciones no conservativas (Lees *et al.*, 1998; Young y Wallis, 1993) y condiciones de flujo permanente, resulta en:

$$c = \frac{\frac{1}{(t-\tau)} (e^{-k_b \cdot t} \cdot u)}{(t-\tau)^{-1} + k_b}$$

- Donde: t = Tiempo medio de viaje;
- τ = Tiempo de retraso advectivo entre la entrada y la salida del tramo
- u = Concentración de patógenos aguas arriba del tramo
- c = Concentración de patógenos aguas abajo



CAPITULO 5

METODOLOGIA



5. METODOLOGIA

La metodología que se empleó para el desarrollo del presente Trabajo de Grado se indica a continuación.

- Revisión y estudio bibliográfico de datos estadísticos de la calidad de agua del Río Cristal.
- Recopilación de información de estudios precedentes sobre la calidad del estuario del río Cristal.
- Se efectuó un análisis teórico del tema, para lo cual se empleó las referencias bibliográficas que son indicadas más adelante, que sirvan para el propósito del presente trabajo de grado.
- Se realizó un modelo matemático de Streeter y Phelps el que nos sirvió para establecer zonas de mayor afectación y dará información del proceso de recuperación a lo largo del recorrido del Río Cristal.
- Se realizó los análisis de calidad de agua en el río Cristal, en cinco estaciones ubicadas de la siguiente manera:
 - En el río Cristal antes de la población de Balsapamba, la que permitirá evaluar el nivel de contaminación que tiene el río antes de entrar en la zona de Balsapamba
 - En el río Cristal antes de la junta con el río Chiriaco. Que servirá para saber la contaminación del río una vez atravesada la población
 - En el río Chiriaco, antes de la junta con el río Cristal en Balsapamba. Ya que este tributario es uno de los más contaminados al unirse al cauce del río
 - En el río Cristal 500 y 1000 metros después de la unión con el río Chiriaco. Lo que dará información de cuánto ayuda el proceso de oxigenación en la remoción y tratamiento de los residuos contaminantes.



- Selección de parámetros de calidad de agua en base a la normativa ambiental vigente.

En forma preliminar se proponen evaluar los siguientes parámetros:

- Temperatura
- pH
- Clorofila
- Sólidos Suspendidos
- Oxígeno Disuelto
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- Coliformes Fecales
- Coliformes Totales
- Nitratos
- Amoniaco
- Compuestos Fenólicos



CAPITULO 6

RECOPIACIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DEL MODELO

6. RECOPIACIÓN DE DATOS Y ANALISIS DEL MODELO

6.1. Cálculo del caudal aproximado del río utilizando el método del flotador.

6.1.1. Procedimiento y resultados

- Primero se seleccionó 4 tramos del río donde el flujo sea más o menos constante sin muchas irregularidades en el fondo para un cálculo más preciso.



(Foto 40). PRIMER PUNTO DE ANALISIS



(Foto 41). SEGUNDO PUNTO DE ANALISIS



(Foto 42). TERCER PUNTO DE ANALISIS



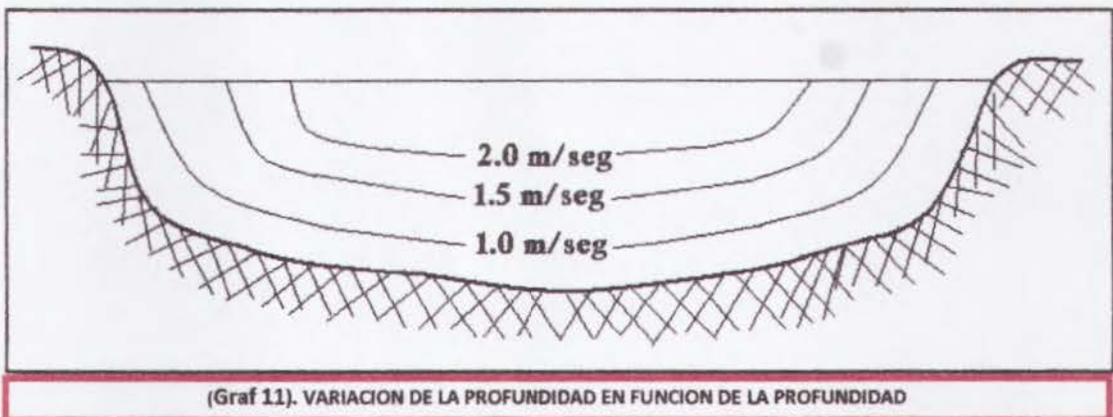
(Foto 43). CUARTO PUNTO DE ANALISIS

- Una vez seleccionados los tramos y el lugar más idóneo para ubicar el perfil del río utilizamos una piola de color con estacas a cada extremo para que nos ayude como referencia.
- Señalamos en la piola con cinta cada metro a lo largo del perfil del río
- Luego con un jalón previamente dimensionado procedemos a tomar las profundidades a cada metro del perfil en estudio obteniendo así los datos del perfil transversal requerido.
- Utilizando la misma sección como referencia medimos 4 metros aguas abajo de las estacas colocando un segundo par de estacas que nos den un segundo perfil de referencia.
- Una vez ubicado nuestro primer y segundo perfil de referencia procedemos a calcular el tiempo iniciando el cronometro una vez que el flotador pasa el primer perfil y parándolo una vez que pasa el segundo.

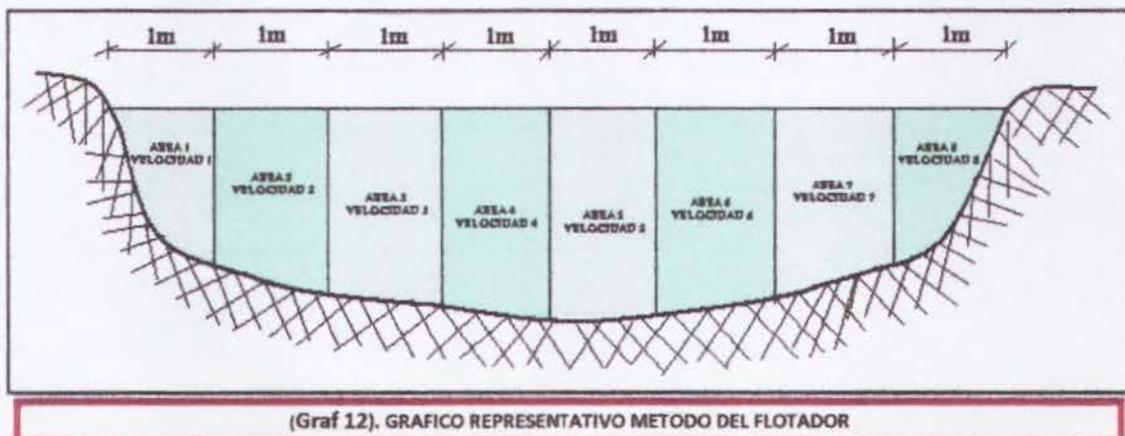
- Este procedimiento se lo realizo por 5 veces obteniendo en cada una de las secciones de un metro del perfil del rio tiempos promedios, para lo cual se necesitó un cronometro, piola y un flotador esférico
- Obtenido el tiempo promedio en cada sección del rio y la distancia recorrida calculamos la velocidad de flotación en cada uno de los tramos

$$V = \frac{x}{t} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

- Obtenida la velocidad de flotación la multiplicamos por un factor de reducción de 0,9 que es la que nos estipula el método hidráulico del flotador por la irregularidad de la velocidad del flujo a lo largo de la profundidad obteniendo así la velocidad media en cada uno de los tramos.

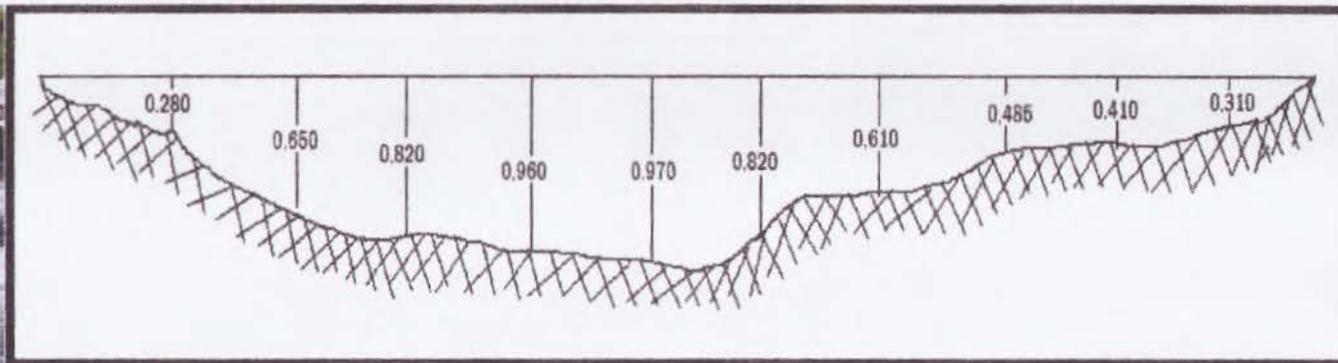
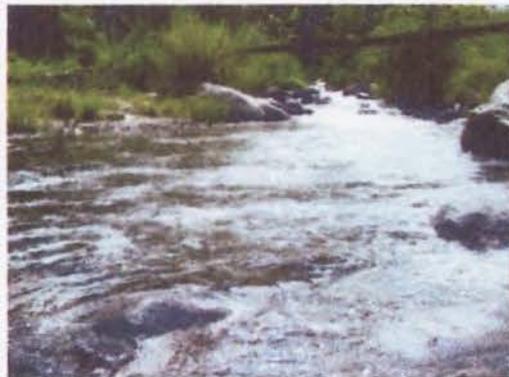


- Una vez calculada la velocidad media obtenemos el caudal en cada uno de los tramos por la formula $Q = A.V$ sumamos los caudales resultantes en cada tramo obteniendo el caudal final que pasa por la sección del rio



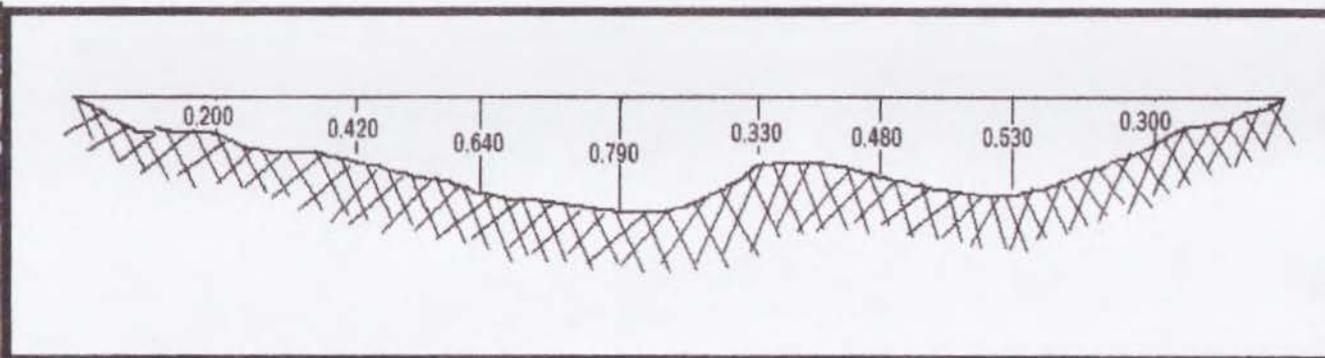
Del análisis se obtuvo los siguientes datos de caudal en cuatro secciones diferentes del Rio Cristal, una sección del rio Chiriacu y en una sección del rio La Chorrera.

CALCULO DEL CAUDAL POR MEDIO DE METODO DEL FLOTADOR (PUNTO DE UNIÓN CON EL RIO CHIRIACO)



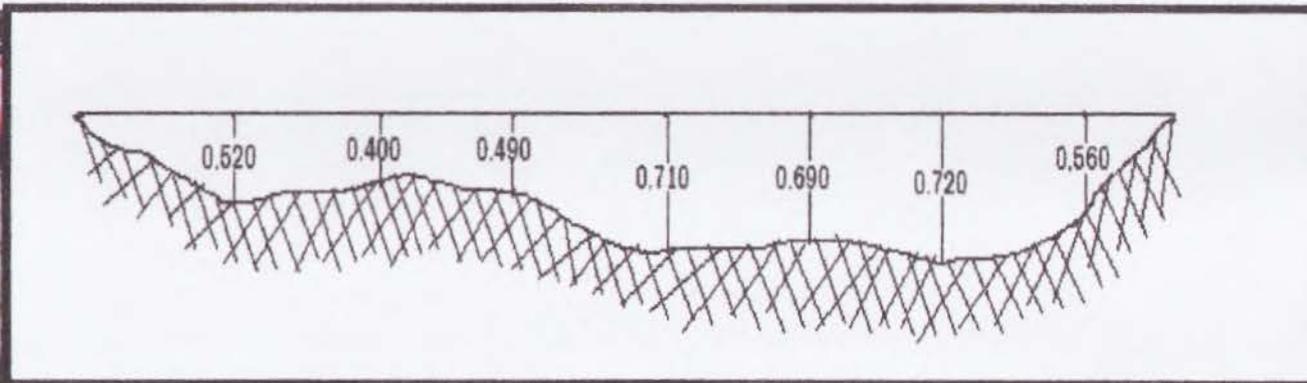
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,280	0,140	1,000	0,140	0,160	0,9	0,144	0,020
2	0,280	0,650	0,465	1,000	0,465	0,250	0,9	0,225	0,105
3	0,650	0,820	0,735	1,000	0,735	0,559	0,9	0,503	0,370
4	0,820	0,960	0,890	1,000	0,890	0,738	0,9	0,664	0,591
5	0,960	0,970	0,965	1,000	0,965	0,842	0,9	0,758	0,731
6	0,970	0,820	0,895	1,000	0,895	0,877	0,9	0,789	0,707
7	0,820	0,610	0,715	1,000	0,715	0,891	0,9	0,802	0,573
8	0,610	0,485	0,548	1,000	0,548	0,738	0,9	0,664	0,364
9	0,485	0,410	0,448	1,000	0,448	0,622	0,9	0,560	0,251
10	0,410	0,310	0,360	1,000	0,360	0,590	0,9	0,531	0,191
11	0,310	0,000	0,155	0,550	0,085	0,494	0,9	0,445	0,038
CAUDAL TOTAL									3,940

CALCULO DEL CAUDAL POR MEDIO DE METODO DEL FLOTADOR (PUNTO DE DESCARGA 1)



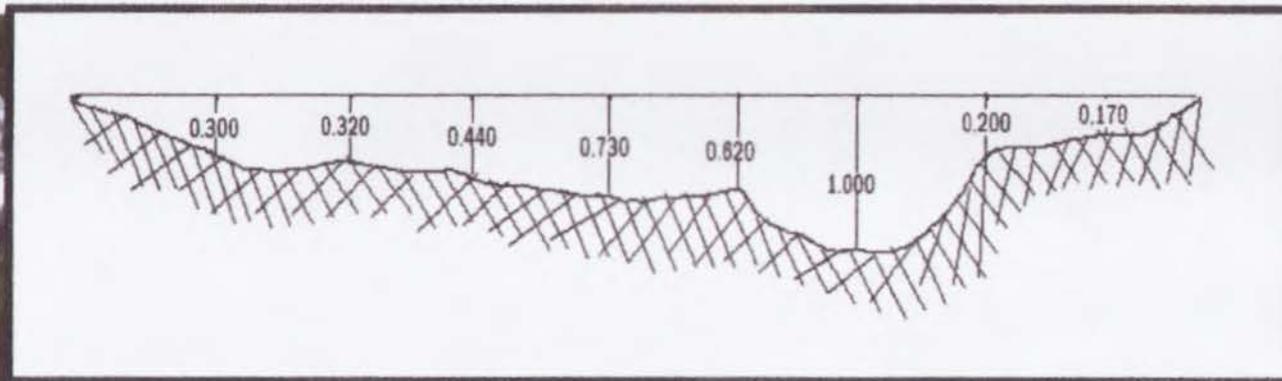
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,200	0,100	1,000	0,100	0,250	0,9	0,225	0,023
2	0,200	0,420	0,310	1,000	0,310	0,418	0,9	0,377	0,117
3	0,420	0,640	0,530	1,000	0,530	1,455	0,9	1,309	0,694
4	0,640	0,790	0,715	1,000	0,715	1,717	0,9	1,545	1,105
5	0,790	0,330	0,560	1,000	0,560	1,626	0,9	1,463	0,820
6	0,330	0,480	0,405	1,000	0,405	1,434	0,9	1,290	0,523
7	0,480	0,530	0,505	1,000	0,505	0,803	0,9	0,723	0,365
8	0,530	0,300	0,415	1,000	0,415	0,569	0,9	0,512	0,213
9	0,300	0,000	0,150	0,860	0,129	0,400	0,9	0,360	0,046
CAUDAL TOTAL									3,904

CALCULO DEL CAUDAL POR MEDIO DE METODO DEL FLOTADOR (PUNTO DE UNION CON EL RIO LA CHORERA)



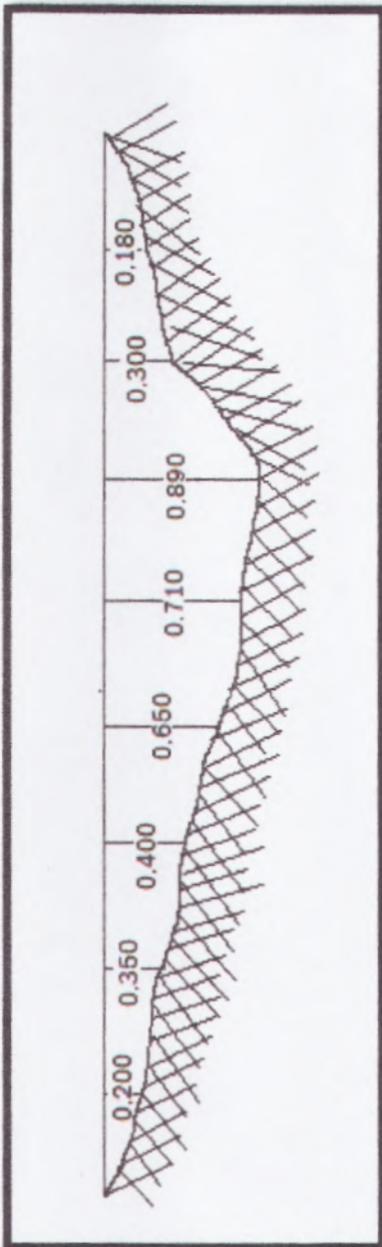
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,520	0,260	1,000	0,260	0,362	0,9	0,325	0,085
2	0,520	0,400	0,460	1,000	0,460	0,529	0,9	0,476	0,219
3	0,400	0,490	0,445	1,000	0,445	0,708	0,9	0,637	0,284
4	0,490	0,710	0,600	1,000	0,600	1,370	0,9	1,233	0,740
5	0,710	0,690	0,700	1,000	0,700	1,423	0,9	1,281	0,897
6	0,690	0,720	0,705	1,000	0,705	1,413	0,9	1,272	0,897
7	0,720	0,560	0,640	1,000	0,640	1,180	0,9	1,062	0,680
8	0,560	0,000	0,280	0,600	0,168	0,733	0,9	0,659	0,111
CAUDAL TOTAL									3,911

CALCULO DEL CAUDAL POR MEDIO DE METODO DEL FLOTADOR (PUNTO DE DESCARGA 2)



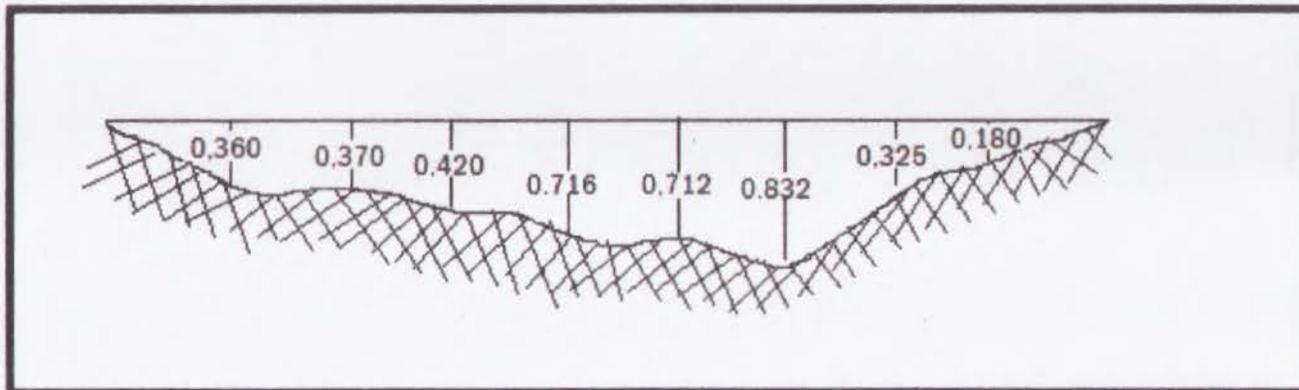
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,300	0,150	1,000	0,150	0,523	0,9	0,471	0,071
2	0,300	0,320	0,310	1,000	0,310	1,108	0,9	0,997	0,309
3	0,320	0,440	0,380	1,000	0,380	1,231	0,9	1,108	0,421
4	0,440	0,730	0,585	1,000	0,585	1,316	0,9	1,184	0,693
5	0,730	0,620	0,675	1,000	0,675	1,329	0,9	1,196	0,807
6	0,620	1,000	0,810	1,000	0,810	1,231	0,9	1,108	0,897
7	1,000	0,200	0,600	1,000	0,600	1,096	0,9	0,986	0,592
8	0,200	0,170	0,185	1,000	0,185	0,607	0,9	0,546	0,101
9	0,170	0,000	0,085	0,860	0,073	0,415	0,9	0,374	0,027
CAUDAL TOTAL									3,918

CALCULO DEL CAUDAL POR EL METODO DEL FLOTADOR (PUNTO DE DESCARGA 3)



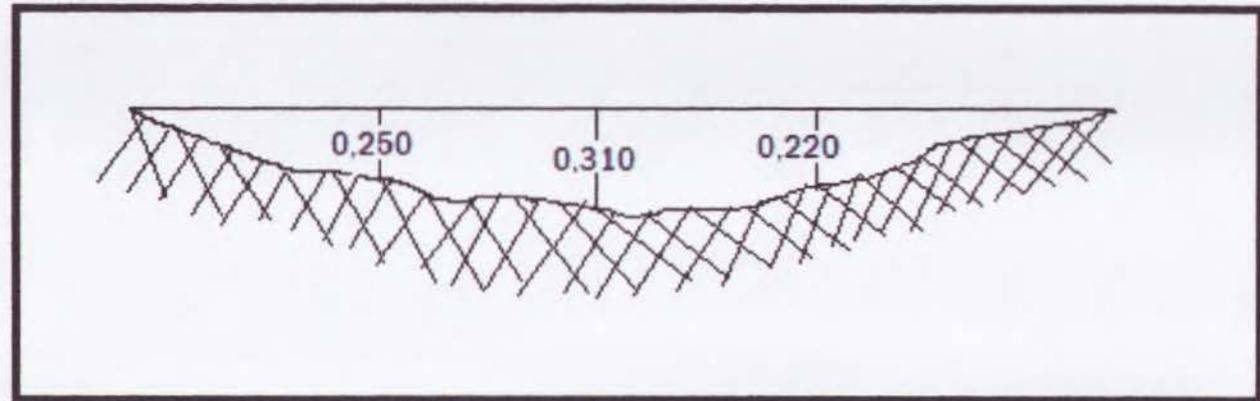
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,200	0,100	1,000	0,100	0,463	0,9	0,417	0,042
2	0,200	0,350	0,275	1,000	0,275	1,150	0,9	1,035	0,285
3	0,350	0,400	0,375	1,000	0,375	1,293	0,9	1,164	0,436
4	0,400	0,650	0,525	1,000	0,525	1,346	0,9	1,211	0,636
5	0,650	0,710	0,680	1,000	0,680	1,395	0,9	1,256	0,854
6	0,710	0,890	0,800	1,000	0,800	1,293	0,9	1,164	0,931
7	0,890	0,300	0,595	1,000	0,595	1,176	0,9	1,058	0,630
8	0,300	0,180	0,240	1,000	0,240	0,460	0,9	0,414	0,099
9	0,180	0,000	0,090	0,960	0,086	0,306	0,9	0,275	0,024
CAUDAL TOTAL									3,936

CALCULO DEL CAUDAL POR EL METODO DEL FLOTADOR (PUNTO DE UNION RIO EL SALTO, LAS JUNTAS, SAN JORGE)



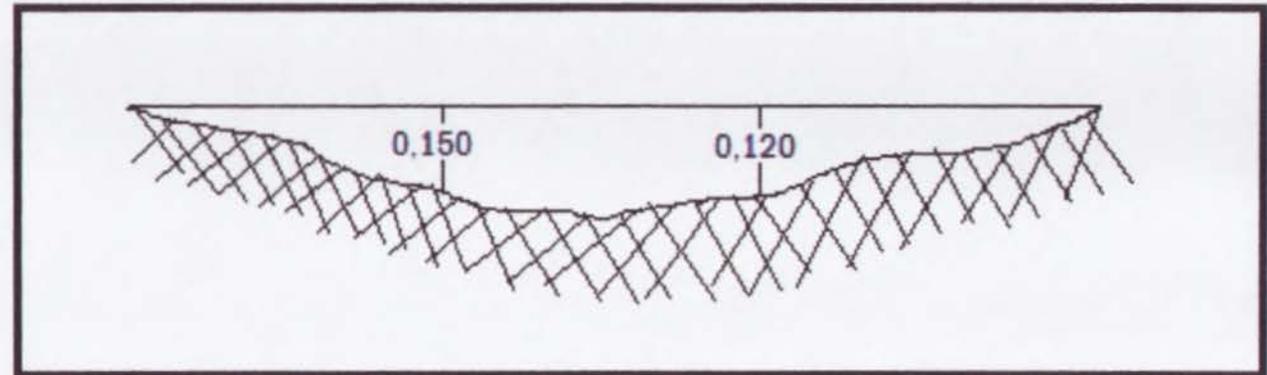
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,360	0,180	1,000	0,180	0,463	0,9	0,417	0,075
2	0,360	0,370	0,365	1,000	0,365	1,140	0,9	1,026	0,374
3	0,370	0,420	0,395	1,000	0,395	1,223	0,9	1,101	0,435
4	0,420	0,716	0,568	1,000	0,568	1,256	0,9	1,130	0,642
5	0,716	0,712	0,714	1,000	0,714	1,302	0,9	1,172	0,837
6	0,712	0,832	0,772	1,000	0,772	1,203	0,9	1,083	0,836
7	0,832	0,325	0,579	1,000	0,579	1,132	0,9	1,019	0,589
8	0,325	0,180	0,253	1,000	0,253	0,420	0,9	0,378	0,095
9	0,180	0,000	0,090	0,960	0,086	0,306	0,9	0,275	0,024
CAUDAL TOTAL									3,907

CALCULO DEL CAUDAL POR EL METODO DEL FLOTADOR (RIO LA CHORERA)



RIO LA CHORERA									
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,250	0,125	0,500	0,063	0,320	0,9	0,288	0,018
2	0,250	0,310	0,280	0,500	0,140	0,560	0,9	0,504	0,071
	0,310	0,220	0,265	0,500	0,133	0,450	0,9	0,405	0,054
3	0,220	0,000	0,110	0,500	0,055	0,370	0,9	0,333	0,018
CAUDAL TOTAL									0,161

CALCULO DEL CAUDAL POR EL METODO DEL FLOTADOR (RIO CHIRIACO)



RIO CHIRIACO									
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
SECCIÓN	PROFUNDIDAD 1 (m)	PROFUNDIDAD 2 (m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VELOCIDAD FLOTADOR. (m/seg)	COEF. DE REDDUCCIÓN	VELOCIDAD MEDIA (m/seg)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	0,000	0,150	0,075	0,500	0,038	0,730	0,9	0,657	0,025
2	0,150	0,120	0,135	0,500	0,068	0,950	0,9	0,855	0,058
3	0,120	0,000	0,060	0,500	0,030	0,680	0,9	0,612	0,018
CAUDAL TOTAL									0,101



6.2. Cálculo del caudal de descarga de Aguas Servidas en la Parroquia de Balsapamba.

Para el cálculo del caudal de aguas servidas:

- Primero se calculo el caudal de abastecimiento de agua para lo cual se hizo un estudio separando para los diferentes usos de agua como son:
 - Aguas para uso domestico
 - Aguas para uso comercial
 - Aguas para uso turístico
 - Aguas para uso publico

Aguas para uso domestico.

Son las aguas que abastecerán a la totalidad de la población exactamente 2765 habitantes y del gasto que se produce en la cría domestica de cerdos en la población.

Aguas para uso comercial.

Son las aguas que abastecerán a los 4 hoteles, 5 restaurantes y una gasolinera existentes en la parroquia.

Aguas para uso turístico.

Son las aguas que abastecerán a los 4 complejos turísticos existentes en la zona de estudio.

Aguas para uso público.

Son las aguas que abastecerán a los servicios públicos entre los cuales tenemos:

Educación:

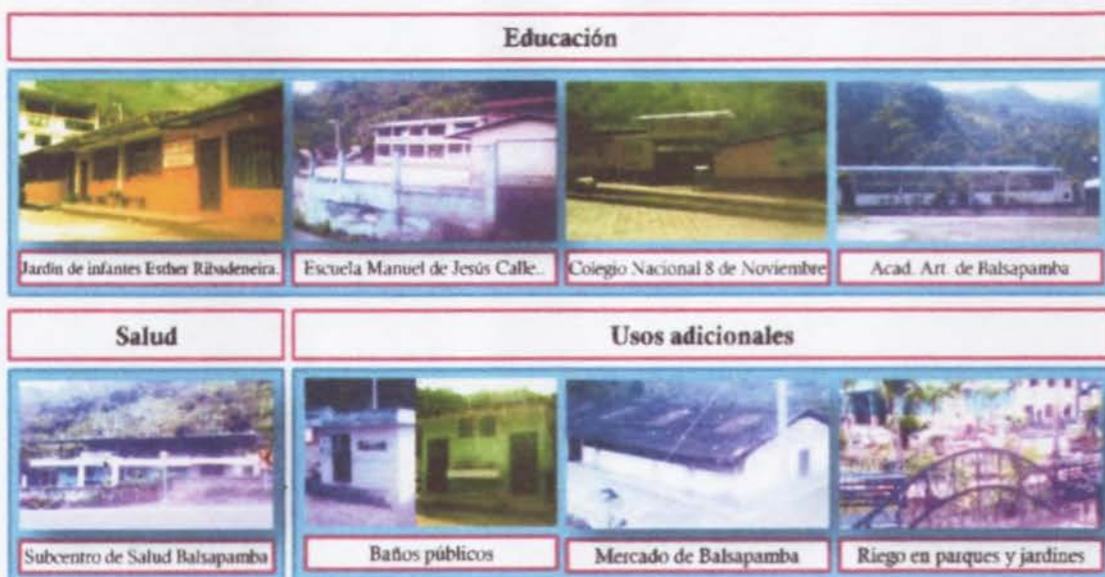
- Jardín de infantes Esther Ribadeneira.
- Colegio Nacional 8 de Noviembre.
- Escuela Manuel de Jesús Calle.
- Academia Artesanal de Balsapamba.

Salud:

- Subcentral de Salud Balsapamba

Usos adicionales:

- Baños públicos
- Mercado Parroquial
- Riego en jardines Parque principal



- Una vez obtenido el Caudal de Agua requerido en la población lo multiplicamos por los factores de mayoración:
 - Consumo máximo diario (k_1): 1.3
 - Consumo máximo horario (k_2): 1.6
- Obteniendo así el caudal necesario para abastecer la parroquia.
- Luego estimamos un coeficiente de retorno de aguas servidas de 0.85 obteniendo así el Caudal de Aguas servidas que será descargado en el río.
- Calculado el caudal de descarga se lo distribuyó en los diferentes puntos de descarga dependiendo de la zona en que se encuentre el uso de agua previamente calculado.



CALCULO DE LA DOTACION DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BALSAPAMBA

Coeficiente de consumo máximo diario. (k1)		1,3	Coeficiente de consumo máximo horario. (k2)			1,6
Uso domestico	Descripción	Dotación	Numero	Caudal (m³/día)	Observaciones	
	habitantes	200	2765	1150,24	Caudal para toda la poblacion urbana de la parroquia	
	Animales	300	150	45	Gran parte de la poblacion cria cerdos	
Uso comercial	Hoteles	Descripción	Habitaciones	Dotación (l/hab)	Caudal (m³/día)	OBSERVACIONES
		La quinta de Mama Juana	15	500	17,5	Se aumetan 10 m3/día por la piscina
		Balsapamba	10	500	5	
		Brisas del rio	8	500	4	
		La Fogata	10	500	5	
	Restaurantes	Descripción	m²	Dotación (l/m²)	Caudal	OBSERVACIONES
		La Chosa	80	40	3,2	
		Patricia	70	40	2,8	
		Divino niño	70	40	2,8	
		Santa Marianita	60	40	2,4	
		Balsapamba	50	40	2	
	Gasolinera	Descripcion	# de Bombas	Dotacion (l/bomba)	Caudal	OBSERVACIONES
		Camacho	3	800	2,4	

Turismo	Complejos turísticos	Descripción	m2 de piscina	Dotación (l/m2)	# de Baños	Dotación (l/baño)	Caudal (m ³ /día)
		Parque Acuatico	1500	25	10	200	39,5
		La cascada milagrosa	200	25	8	200	6,6
		Brisas del rio	150	25	4	200	4,55
		La chorera	150	25	6	200	4,95

Uso publico	Educación	Descripción	Personas	Dotación (l/pers)	Caudal (m ³ /día)	OBSERVACIONES
		Jardin de infantes Estrher	35	40	1,4	
		Escuela Manuel de Jesus Calle	120	40	4,8	
		Colegio Nacional Ocho de	150	40	6	
		Academia artesanal	35	40	1,4	
	Salud	Descripcion	Cxconsultor los	Dotacion (l/cons)	Caudal (m ³ /día)	OBSERVACIONES
		Sub centro de salud	6	500	3	
	Usos adicionales	Descripción	Usos	Dotación (l/cons)	Caudal (m ³ /día)	OBSERVACIONES
		Baños publicos	100	50	5	
		Mercado de la población	400	100	40	
		Riego de jardines	1600	2	3,2	

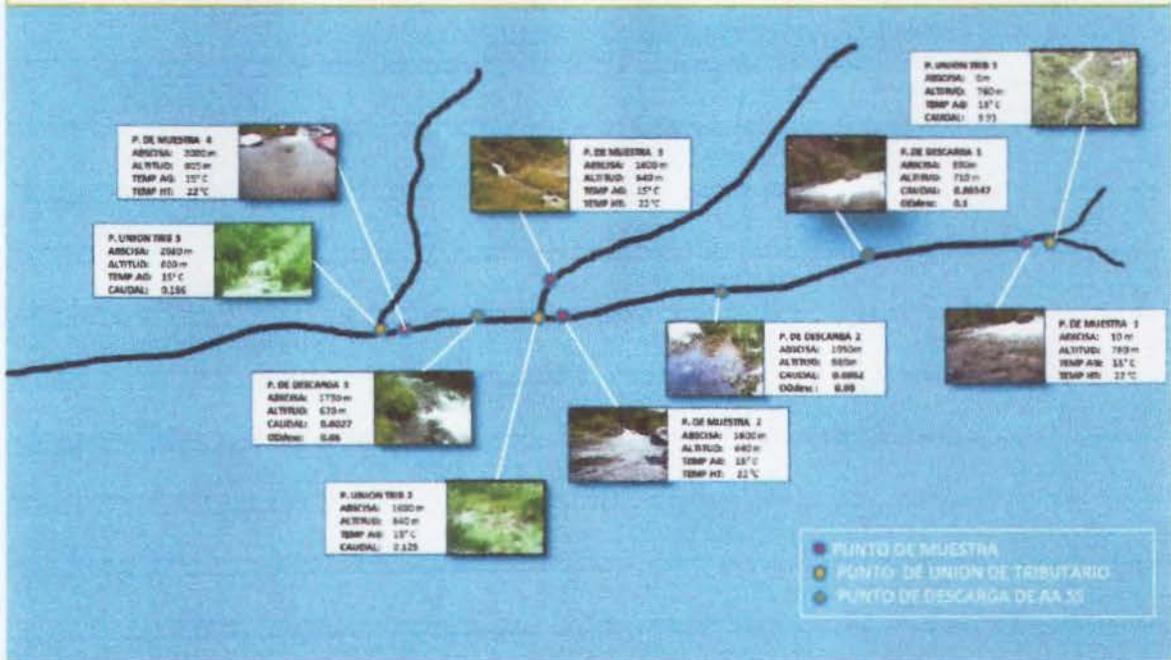
Caudal total de agua potable en la población (m3/día)	1362,74
Coef de retorno de aguas servidas	0,85
Caudal de aguas servidas a deslojar en el rio (m3/día)	1158,329

Caudal de descarga en el punto 1 (m3/día)	448,8714
Caudal de descarga en el punto 2 (m3/día)	368,3339
Caudal de descarga en el punto 3 (m3/día)	341,1237
	1158,329

MODELO DE STREETER AND PHELPS

6.3. Análisis del modelo matemático de Streeter and Phelps.

VISTA EN PLANTA DEL RIO CRISTAL Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERES DEL PROYECTO



(Graf 13). DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE INTERES EN EL AREA DE ESTUDIO

Este análisis nos ayudara a darnos cuenta de cómo se esta comportando el rio al recibir las descargas de aguas servidas sin tratamiento previo, nos reflejara el grado de contaminación del mismo y como este esta afectando a los diferentes usos del agua.

El río Cristal antes de ser impactado por la descarga de aguas residuales posee las siguientes características:

Gasto de agua	3.90	m3/s
DBO5	1.65	mg/l
Temperatura	20.40	°C
Oxígeno de saturación	8.95	mg/l
Oxígeno disuelto	8.50	mg/l
Área transversal	3.91	m2
Profundidad promedio	0.770	m
velocidad promedio	1.14	m/seg
Constante de aireación	8.92	día ⁻¹

(Cuadro 17). Características del rio antes de ser afectado por las descargas.

Existen 5 descargas de Agua, 3 de ellas aguas servidas provenientes de la población de Balsapamba y las restantes de los dos tributarios que se unen al rio Cristal en el trayecto o zona de análisis.



Descarga	Distancia (m)	Tipo de Agua	Caudal (m ³ /seg)	OD (mg/l)	DBO (mg/l)
1	500	Residual	0.00520	0	150
2	1050	Residual	0.00426	0	150
3	1600	Semiresidual	0.12500	6	1.65
4	1750	Residual	0.00395	0	150
5	2050	Limpia	0.16666	8.5	1.5

Calculamos la constante de desoxigenación (kd) y la constante de reaireación (ka)

AUTOR	FORMULA	Resultados		Correccion por temperatura	
		Ka	kd	ka _(T)	kd _(T)
Wright y McDonnell	$K_d = (1.8)Q^{0.49}$		0.9240		0.941
Bosko	$K_d = k + n (V/H)$		1.3123		1.337
Texas State	$K_a = (1.923v^{0.273})/(H^{0.894})$	2.518		2.540	
O'Connor y Dobbins	$K_a = (D.V)^{0.5}/H^{1.5}$	6.162		6.216	
Churchill	$K_a = 5.03V^{0.969}/H^{1.673}$	8.843		8.921	
Owens	$K_a = 5.34V^{0.67}/H^{1.85}$	9.455		9.538	
Langbein y Durum	$K_a = 2.2V/H^{1.33}$	3.551		3.582	
Tsivoglou y Wallace	$K_a = C \cdot ((V \cdot n)^2 / H^{1.333}) \cdot V$			0.000	

Respaldándome en la siguiente tabla anteriormente revisada escojo los valores ka que mejor se relaciona con mis condiciones que son:

Velocidad: 1.14 m/seg

Profundidad promedio: 0.77 m

PARAMETRO	UNIDAD	O'Connor - Dobbins		Churchill		Owens - Gibbs		Texas State	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Profundidad	(metros)	0.3	9.14	0.61	3.35	0.12	0.73	0.17	1.83
	(pies)	1.00	30.00	2.00	11.00	0.40	2.40	0.56	6.0
Velocidad	(m/seg)	0.15	0.49	0.55	1.52	0.03	0.55	0.009	0.87
	(pies/seg)	0.5	1.6	1.8	5	0.1	1.8	0.0295	2.85

Rangos de profundidad y velocidad para calcular la constante de reaireación.
FUENTE: Surface Water Quality Modeling – Steven Chapra

Constante de reaireación:

Churchill	$K_a = 5.03V^{0.969}/H^{1.673}$	8.843	$K_{a,T} = K_{a,20} (1.022)^{T-20}$	8.921
-----------	---------------------------------	-------	-------------------------------------	--------------

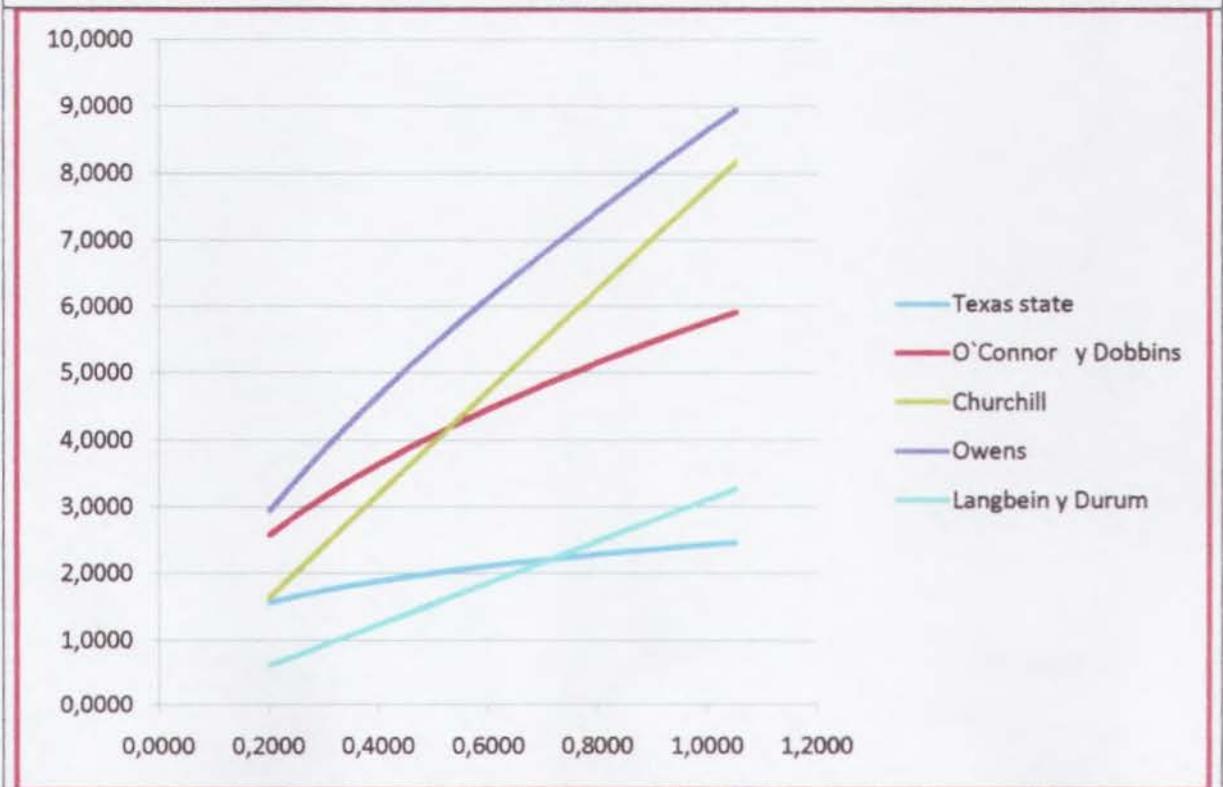
Constante de desoxigenación:

Bosko	$K_d = k + n (V/H)$	1.3123	$K_{d,T} = K_{d,20} (1.047)^{T-20}$	1.337
-------	---------------------	--------	-------------------------------------	--------------



V	Texas state	O'Connor y Dobbins	Churchill	Owens	Langbein y Durum
	ka	ka	ka	ka	ka
0.2000	1.5654	2.5810	1.6374	2.9459	0.6229
0.2500	1.6638	2.8857	2.0327	3.4210	0.7786
0.3000	1.7487	3.1611	2.4255	3.8655	0.9344
0.3500	1.8238	3.4144	2.8162	4.2861	1.0901
0.4000	1.8916	3.6501	3.2053	4.6872	1.2458
0.4500	1.9534	3.8715	3.5928	5.0721	1.4015
0.5000	2.0104	4.0810	3.9790	5.4431	1.5573
0.5500	2.0634	4.2801	4.3640	5.8020	1.7130
0.6000	2.1130	4.4705	4.7479	6.1503	1.8687
0.6500	2.1596	4.6530	5.1308	6.4891	2.0244
0.7000	2.2038	4.8287	5.5128	6.8194	2.1802
0.7500	2.2457	4.9981	5.8939	7.1421	2.3359
0.8000	2.2856	5.1620	6.2743	7.4577	2.4916
0.8500	2.3237	5.3209	6.6539	7.7668	2.6473
0.9000	2.3603	5.4752	7.0328	8.0700	2.8031
0.9500	2.3954	5.6252	7.4111	8.3677	2.9588
1.0000	2.4292	5.7713	7.7888	8.6603	3.1145
1.0500	2.4617	5.9139	8.1659	8.9481	3.2702

Cuadro 18. Opciones para calcular la Constante de reaireación en función de la velocidad en (m/seg) y con una Prof prom.=0.707m

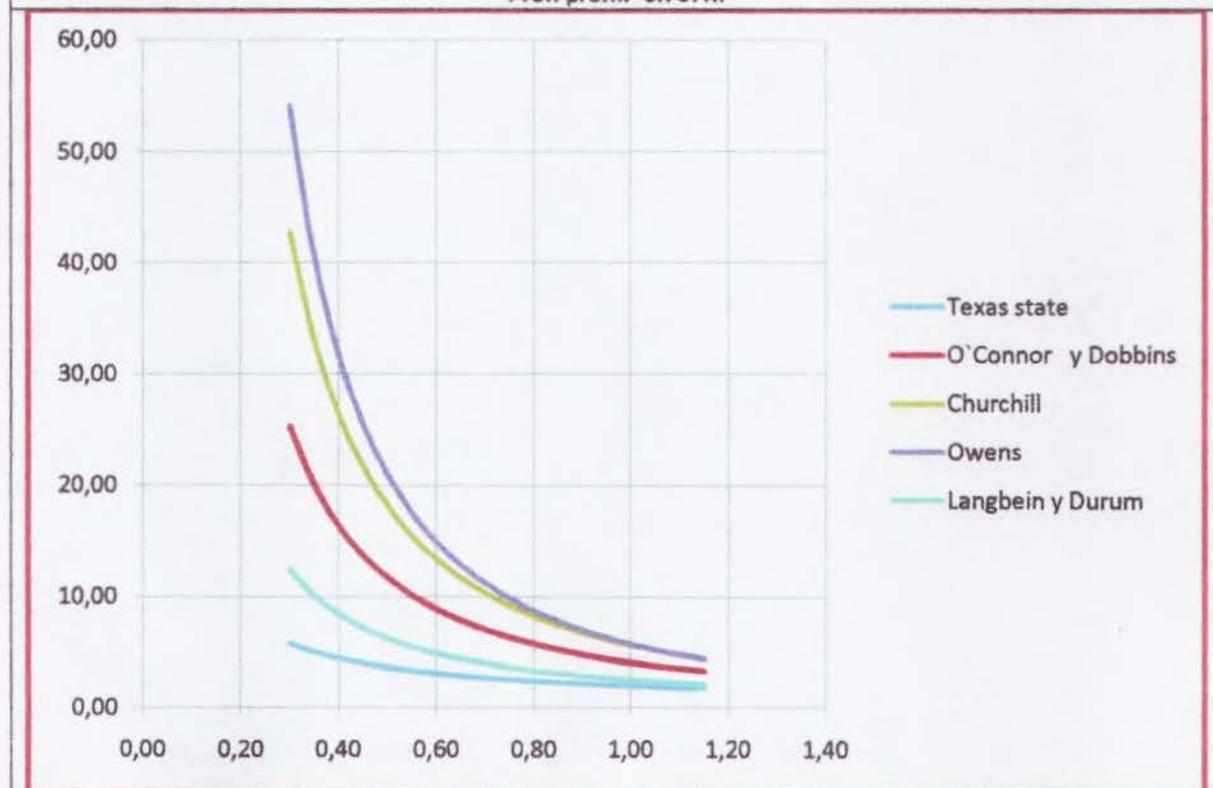


(Graf 14). Resultados gráficos del cuadro anterior.



H	Texas state	O'Connor y Dobbins	Churchill	Owens	Langbein y Durum
	ka	ka	ka	ka	ka
0.3000	5.8475	25.3387	42.8041	54.0746	12.4382
0.3500	5.0947	20.1078	33.0737	40.6576	10.1325
0.4000	4.5214	16.4579	26.4522	31.7582	8.4837
0.4500	4.0695	13.7926	21.7212	25.5402	7.2536
0.5000	3.7037	11.7763	18.2109	21.0171	6.3052
0.5500	3.4012	10.2076	15.5268	17.6196	5.5545
0.6000	3.1466	8.9586	13.4234	14.9999	4.9475
0.6500	2.9293	7.9450	11.7410	12.9353	4.4479
0.7000	2.7416	7.1092	10.3719	11.2781	4.0304
0.7500	2.5776	6.4102	9.2413	9.9267	3.6770
0.8000	2.4331	5.8188	8.2954	8.8095	3.3746
0.8500	2.3047	5.3130	7.4953	7.8749	3.1132
0.9000	2.1899	4.8764	6.8118	7.0847	2.8853
0.9500	2.0866	4.4966	6.2227	6.4103	2.6851
1.0000	1.9930	4.1636	5.7110	5.8300	2.5080
1.0500	1.9080	3.8697	5.2633	5.3268	2.3504
1.1000	1.8302	3.6089	4.8692	4.8875	2.2094
1.1500	1.7589	3.3761	4.5202	4.5017	2.0826

Cuadro 19. Opciones para calcular la Constante de reaireación en función de la velocidad en (m/seg) y con una Prof. prom.=0.707m



(Graf 14). Resultados gráficos del cuadro anterior (m/seg)

DESARROLLO DEL ANÁLISIS



Si la constante de degradación de las aguas residuales es determinar, mostrando en forma de una gráfica, los impactos que tienen las descargas en el río, en términos de DBO5 y OD.

BALANCE DE MASAS EN EL PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA PRIMERA DESCARGA (AA SS) , PARA L5o

$$L5_r * G_r + L5_d * G_d = L5o1 * (G_r + G_d)$$

L5 _r =	1,65	mg/l		
G _r =	3,90	m ³ /s		
L5 _d =	150,00	mg/l=	150.000,00	mg/m ³
G _d =	0,005195	m ³ /s=		

$$L5o1 = (L5_r * G_r + L5_d * G_d) / (G_r + G_d)$$

L5o1 =	1847,36	mg/m ³
L5o1 =	1,8474	mg/l

$$L = Lu * (1 - e^{-kd*t})$$

Lu =	1,8497	mg/l
------	--------	------

BALANCE DE MASAS EN EL PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA PRIMERA DESCARGA (AA SS), PARA OXIGENO INICIAL Oo

O _r =	8,5013	mg/l	8501,33286	mg/m ³
G _r =	3,9000	m ³ /s		
O _d =	0,0000	mg/l=	0,00	mg/m ³
G _d =	0,005195	m ³ /s=		

$$Oo1 = (O_r * G_r + O_d * G_d) / (G_r + G_d)$$

Oo1 =	8,49002	mg/l
-------	---------	------

$$Do1 = O_s - Oo1$$

Do1 =	0,46	mg/l
-------	------	------

PARA ENCONTRAR LA DISTANCIA A LA QUE EL VALOR DE OD ES MINIMO, ES DECIR, X CRITICO::

$$X_c = \left(\frac{u}{ka - kd} \right) * \ln \left[\frac{ka}{kd} * \left(1 - \frac{Do(ka - kd)}{kdY_o} \right) \right]$$



$u =$ VELOCIDAD DEL RIO

Antes de la descarga 1, $u = 1,14$ m/s = 98496,00 m/día

Luego de la descarga 1:

$u = (Gr + Gd1)/A = 0,999$ m/s

$u = 86.293,83$ m/día

$X_c =$ INDETERMINADO m
 $X_c =$ INDETERMINADO km

$$O_{mín} = O_s - \left(\frac{kd}{ka}\right) * Y_o * e^{-kd * \frac{X_c}{u}}$$

$O_{mín} =$ INDETERMINADO mg/l

DBO_u EN EL PUNTO CRITICO

$$Y_u = Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

donde Y_o es la DBO última en el punto de mezcla

$Y_o = 1,8497$ mg/l

$Y_u =$ INDETERMINADO mg/l

DBO₅ EN EL PUNTO CRITICO

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$DBO_5 =$ INDETERMINADO mg/l

AL LLEGAR AL PUNTO DE LA 2DA DESCARGA (A D=550m), LA DBO_u ESTARA DADA POR:

$$Y_u = Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

$Y_u = 1,834$ mg/l

DBO₅ a 550m DE LA MEZCLA CON LA DESCARGA 1

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$DBO_5 = 1,832$ mg/l

Y EL DEFICIT DE OXIGENO DISUELTO A 550 m, ESTARA DETERMINADO POR LA ECUACION DE STREETER & PHELPS

$$D = D_o * e^{-ka * \frac{x}{u}} + \left(kd * \frac{y_o}{ka - kd}\right) * \left(e^{-kd * \frac{x}{u}} - e^{-\left(ka * \frac{x}{u}\right)}\right)$$

SIENDO TODOS LOS DATOS CONOCIDOS

$D, a 550 m = 0,4486$ mg/l

OD, A 550 m = $O_s - (D a 550 m)$

$OD, a 550 m = 8,5001$ mg/l



AL MEZCLARSE CON LA SEGUNDA DESCARGA:

BALANCE DE MASAS PARA OXIGENO INICIAL EN EL PUNTO DE MEZCLA CON LA DESCARGA 2 (AA SS),

$$\begin{aligned} Or = OD550m &= 8,500 \text{ mg/l} \\ Gr1 = Gr + Gd1 &= 3,9052 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Od2 &= 0,00000 \text{ mg/l} \\ Gd2 &= 0,00426 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$Oo2 = \frac{Or1 \cdot Gr1 + Od2 \cdot Gd2}{Gr1 + Gd2}$$

Oo2 =	8,49087	mg/l
-------	---------	------

$$Do2 = Os - Oo2$$

Do2 =	0,45790	mg/l
-------	---------	------

BALANCE DE MASAS EN EL PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA SEGUNDA DESCARGA (AA SS), PARA L5o

$$L5_{r1} \cdot Gr_1 + L5_{d2} \cdot G_{d2} = L5o2 \cdot (Gr_1 + G_{d2})$$

$$\begin{aligned} L5_{r1} &= 1,83169 \text{ mg/l} & 1831,685746 \text{ mg/m}^3 \\ Gr_1 &= 3,90520 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L5_{d2} &= 150 \text{ mg/l} & 150.000,00 \text{ mg/m}^3 \\ G_{d2} &= 0,00426 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$L5o2 = \frac{L5_{r1} \cdot Gr_1 + L5_{d2} \cdot G_{d2}}{Gr_1 + G_{d2}}$$

L5o2 =	1993,26	mg/m ³
L5o2 =	1,99	mg/l

$$L = Lu + (1 - e^{-kd \cdot t})$$

$$Ll = \frac{L5}{1 - e^{-kd \cdot 5 \text{ días}}}$$

Lu2 =	1,9958	mg/l
-------	--------	------

PARA ENCONTRAR LA DISTANCIA A LA QUE EL VALOR DE OD ES MINIMO, ES DECIR, X CRITICO::

$$Xc = \left(\frac{u}{ka - kd} \right) \cdot \ln \left(\frac{ka}{kd} \cdot \left(1 - \frac{Do(ka - kd)}{kdYo} \right) \right)$$

u = VELOCIDAD DEL RIO

Antes de la descarga 2, u1 = 0,999 m/s = 86293,83 m/día

Luego de la descarga 2:

$$u2 = (Gr1 + Gd2) / A = 1,000 \text{ m/s}$$

u2 =	86.388,03	m/día
------	-----------	-------

Xc2 =	INDETERMINADO	m
Xc2 =	INDETERMINADO	km

DESDE EL PUNTO DE MEZCLA CON LA 2DA DESCARGA

DISTANCIA TOTAL:	INDETERMINADO	km
------------------	---------------	----



$$O_{\min} = O_s - \left(\frac{kd}{ka}\right) * Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

$O_{\min} =$ INDETERMINADO mg/l

DBOu EN EL PUNTO CRITICO

$$Y_u = Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

donde Y_o es la DBO última en el punto de mezcla

$Y_o =$ 1,9958 mg/l

$Y_u =$ INDETERMINADO mg/l

DBO5 EN EL PUNTO CRITICO

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$DBO_5 =$ INDETERMINADO mg/l

AL LLEGAR AL PUNTO DONDE SE JUNTA CON OTRO INFLUENTE (A D=550 m DESDE LA DESCARGA 2), LA DBOu ESTARA DADA POR:

$$Y_u = Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

$Y_u =$ 1,979 mg/l

DBO5 a A D = 550 m DESDE LA DESCARGA 2

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$DBO_5 =$ 1,9764 mg/l

Y EL DEFICIT DE OXIGENO DISUELTO A 550m DESDE LA DESCARGA 2, ESTARA DETERMINADO POR LA ECUACION DE STREETER & PHELPS

$$D = D_o * e^{-ka * \frac{x}{u}} + \left(kd * \frac{y_o}{ka - kd}\right) * \left(e^{-kd * \frac{x}{u}} - e^{-\left(ka * \frac{x}{u}\right)}\right)$$

SIENDO TODOS LOS DATOS CONOCIDOS

$D, a 550 m =$	0,4478 mg/l	A 550 M DE LA SEGUNDA DESCARGA, 1100 M DESDE LA PRIMERA
$OD, A 550 m = O_s - (D a 550 m)$		
$OD, a 550 m =$	8,501 mg/l	



AL MEZCLARSE CON EL INFLUENTE DE AGUA LIMPIA

BALANCE DE MASAS PARA OXIGENO INICIAL EN EL PUNTO DE MEZCLA CON LA DESCARGA 3 (AGUA LIMPIA)

$$\begin{aligned} Or_2 = OD_{75km} &= 8,501 \text{ mg/l} \\ Gr_2 = Gr_2 + Gd_3 &= 4,03 \text{ m}^3/\text{s} \\ OI &= 6,00 \text{ mg/l} \\ GI &= 0,13 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$Oo_3 = (Or_2 * Gr_2 + OI * GI) / (Gr_2 + GI)$$

$$Oo_3 = 8,43 \text{ mg/l}$$

$$Do_3 = Os - Oo_2$$

$$Do_3 = 0,5231 \text{ mg/l}$$

BALANCE DE MASAS PARA L₅₀ EN EL PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA DESCARGA 3 (AGUA LIMPIA)

$$L_{5r_2} * G_{r_2} + L_{5i} * G_i = L_{5o_3} * (G_{r_2} + G_i)$$

$$\begin{aligned} L_{5r_2} &= 1,98 \text{ mg/l} & 1976,367165 \\ G_{r_2} &= 4,03 \text{ m}^3/\text{s} \\ L_{5i} &= 1,65 \text{ mg/l} & 1.650,00 \text{ mg/m}^3 \\ G_i &= 0,13 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$L_{5o_3} = (L_{5r_2} * G_{r_2} + L_{5i} * G_i) / (G_{r_2} + G_i)$$

$$\begin{aligned} L_{5o_3} &= 1966,55 \text{ mg/m}^3 \\ L_{5o_3} &= 1,96655 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$L = Lu * (1 - e^{-kd * t})$$

$$Lu = \frac{L_5}{1 - e^{-kd * 5 \text{ días}}}$$

$$Lu_3 = 1,9690 \text{ mg/l}$$

PARA ENCONTRAR LA DISTANCIA A LA QUE EL VALOR DE OD ES MINIMO, ES DECIR, X CRITICO::

$$Xc = \left(\frac{u}{ka - kd} \right) * \ln \left[\frac{ka}{kd} * \left(1 - \frac{Do(ka - kd)}{kdYo} \right) \right]$$

u= VELOCIDAD DEL RIO ANTES DE LA MEZCLA
CON INFLUENTE=

$$1,000 \text{ m/s} = 86388,03 \text{ m/dia}$$

Luego del INFLUENTE

$$u_3 = (Gr_2 + Gi) / A = 1,063 \text{ m/s}$$

$$u_3 = 91.818,13 \text{ m/dia}$$

$$\begin{aligned} X_{c3} &= \text{INDETERMINADO} \text{ m} \\ X_{c3} &= \text{INDETERMINADO} \text{ km} \end{aligned}$$

DESDE EL PUNTO DE MEZCLA CON EL INFLUENTE

$$\text{DISTANCIA TOTAL: INDETER km}$$



$$O_{mín} = O_s - \left(\frac{kd}{ka}\right) * Y_0 * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

$$O_{mín3} = \text{INDETERMINADO} \text{ mg/l}$$

DBO_u EN EL PUNTO CRITICO

$$Y_u = Y_0 * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

Donde Y₀ es la DBO última en el punto de mezcla

$$Y_0 = 1,9690 \text{ mg/l}$$

$$Y_u = \text{INDETERMINADO} \text{ mg/l}$$

DBOS EN EL PUNTO CRITICO

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$$DBO_5 = \text{INDETERMINADO} \text{ mg/l}$$

AL LLEGAR AL PUNTO DONDE SE JUNTA CON OTRO INFLUENTE (A D=150m DESDE UNION CON EL RIO CHIRIACO), LA DBO_u ESTARA DADA POR:

$$Y_u = Y_0 * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

$$Y_u = 1,965 \text{ mg/l}$$

DBOS a 150 m DE LA MEZCLA CON LA DESCARGA 3

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$$DBO_5 = 1,96 \text{ mg/l}$$

Y EL DEFICIT DE OXIGENO DISUELTO A 150m DE LA DESCARGA 3 , ESTARA DETERMINADO POR LA ECUACION DE STREETER & PHELPS

$$D = D_0 * e^{-ka * \frac{x}{u}} + \left(kd * \frac{y_0}{ka - kd}\right) * \left(e^{-kd * \frac{x}{u}} - e^{-\left(ka * \frac{x}{u}\right)}\right)$$

SIENDO TODOS LOS DATOS CONOCIDOS

$$D, \text{ a } 150 \text{ m} = 0,5195 \text{ mg/l}$$

$$OD, \text{ A } 150 \text{ m} = O_s - (D \text{ a } 150 \text{ m})$$

$$OD, \text{ a } 150 \text{ m} = 8,429 \text{ mg/l}$$

A 150 DE LA TERCERA DESCARGA, A
700 M DE LA SEGUNDA DESCARGA,
1250 M DESDE LA PRIMERA
DESCARGA



AL MEZCLARSE CON EL INFLUENTE DE AGUA LIMPIA

BALANCE DE MASAS PARA OXIGENO INICIAL EN EL PUNTO DE MEZCLA CON LA DESCARGA 4 (AA SS).

$$\begin{aligned} O_{r3} = OD_{1250M} &= 8,429 \text{ mg/l} \\ Gr3 = Gr3 + Gd4 &= 4,16 \text{ m}^3/\text{s} \\ O_i &= 0,00000 \text{ mg/l} \\ G_i &= 0,00395 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$O_{o4} = (O_{r3} * Gr3 + O_i * G_i) / (Gr3 + G_i)$$

$O_{o4} =$	8,421	mg/l
------------	-------	------

$$D_{o4} = O_s - O_{o4}$$

$D_{o4} =$	0,5275	mg/l
------------	--------	------

BALANCE DE MASAS PARA L50 EN EL PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA CUARTA DESCARGA (AA SS)

$$L_{5,3} * G_{i3} + L_{5,1} * G_i = L_{5,4} * (G_{i3} + G_i)$$

$$\begin{aligned} L_{5,3} &= 1,9623 \text{ mg/l} & 1962,25951 \text{ mg/m}^3 \\ G_{i3} &= 4,1552 \text{ m}^3/\text{s} \\ L_{5,1} &= 150,00 \text{ mg/l} & 150.000,00 \text{ mg/m}^3 \\ G_i &= 0,00395 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$L_{5,4} = (L_{5,3} * G_{i3} + L_{5,1} * G_i) / (G_{i3} + G_i)$$

$L_{5,4} =$	2102,79	mg/m ³
$L_{5,4} =$	2,1028	mg/l

$$L = Lu * (1 - e^{-kd * t}) \qquad Lu = \frac{L5}{1 - e^{-kd * 5 \text{ días}}}$$

$Lu4 =$	2,1054	mg/l
---------	--------	------

PARA ENCONTRAR LA DISTANCIA A LA QUE EL VALOR DE OD ES MINIMO, ES DECIR, X CRITICO::

$$X_c = \left(\frac{u}{ka - kd} \right) * \ln \left[\frac{ka}{kd} * \left(1 - \frac{D_o(ka - kd)}{kdY_o} \right) \right]$$

u= VELOCIDAD DEL RIO ANTES DE LA MEZCLA
CON INFLUENTE= 1,063 m/s = 91818,13 m/día

luego del INFLUENTE

$$u4 = (Gr2 + G_i) / A = 1,064 \text{ m/s}$$

$u4 =$	91.905,37	m/día
--------	-----------	-------

$X_{c4} =$	INDETERMINADO	m
$X_{c4} =$	INDETERMINADO	km

DESDE EL PUNTO DE MEZCLA CON EL INFLUENTE

DISTANCIA TOTAL:	INDETERMINADO	km
------------------	---------------	----

$$O_{mín4} = O_s - \left(\frac{kd}{ka}\right) * Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

$O_{mín4} =$ INDETERMINADO mg/l

DBO_u EN EL PUNTO CRITICO

$$Y_u = Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

Donde Y_o es la DBO última en el punto de mezcla

$Y_o =$ 2,1054 mg/l

$Y_u =$ INDETERMINADO mg/l

DBO₅ EN EL PUNTO CRITICO

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$DBO_5 =$ INDETERMINADO mg/l

AL LLEGAR AL PUNTO DONDE SE JUNTA CON OTRO INFLUENTE (A D=300m DESDE LA MEZCLA CON LA DESCARGA 4), LA DBO_u ESTARA DADA POR:

$$Y_u = Y_o * e^{-kd * \frac{x}{u}}$$

$Y_u =$ 2,096 mg/l

DBO₅ a 300 M DE LA MEZCLA CON LA DESCARGA 4

$$DBO_5 = DBO_u * (1 - e^{-kd * t})$$

$DBO_5 =$ 2,094 mg/l

Y EL DEFICIT DE OXIGENO DISUELTO A 300m DE LA DESCARGA 4 , ESTARA DETERMINADO POR LA ECUACION DE STREETER & PHELPS

$$D = D_o * e^{-ka * \frac{x}{u}} + \left(kd * \frac{y_o}{ka - kd}\right) * \left(e^{-kd * \frac{x}{u}} - e^{-ka * \frac{x}{u}}\right)$$

SIENDO TODOS LOS DATOS CONOCIDOS

$D, a 300 m =$	0,5203 mg/l	A 300 M DE LA CUARTA DESCARGA, A 450 DE LA TERCERA DESCARGA, A 1000 M DE LA SEGUNDA DESCARGA, 1550 M DESDE LA PRIMERA DESCARGA .
$OD, A 300 m = O_s - (D a 300 m)$		
$OD, a 300 m =$	8,428 mg/l	



AL MEZCLARSE CON EL INFLUENTE DE AGUA LIMPIA

BALANCE DE MASAS PARA OXIGENO INICIAL EN EL PUNTO DE MEZCLA CON LA DESCARGA 4 (AA SS).

$$Or_4 = OD_{1550m} = 8,428 \text{ mg/l}$$

$$Gr_4 = Gr_3 + Gd_4 = 4,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$O_i = 8,50 \text{ mg/l}$$

$$G_i = 0,1667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Oo_5 = (Or_4 * Gr_4 + O_i * G_i) / (Gr_4 + G_i)$$

Oo5=	8,4311	mg/l
------	--------	------

$$Do_5 = O_s - Oo_5$$

Do5 =	0,5176	mg/l
-------	--------	------

BALANCE DE MASAS PARA L5o EN EL PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA CUARTA DESCARGA (AA SS)

$$L_{5,4} * G_{i,4} + L_{5,i} * G_i = L_{5o_5} * (G_{i,4} + G_i)$$

$$L_{5,4} = 2,09 \text{ mg/l} \quad 2093,633859 \text{ mg/m}^3$$

$$G_{i,4} = 4,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{5,i} = 1,50 \text{ mg/l} = 1.500,00 \text{ mg/m}^3$$

$$G_i = 0,16666 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{5o_5} = (L_{5,4} * G_{i,4} + L_{5,i} * G_i) / (G_{i,4} + G_i)$$

L5o5=	2071,59	mg/m ³
-------	---------	-------------------

L5o5=	2,07	mg/l
-------	------	------

$$L = Lu * (1 - e^{-kd*t}) \quad Lu = \frac{L5}{1 - e^{-kd*5\text{días}}}$$

Lu5 =	2,0742	mg/l
-------	--------	------

PARA ENCONTRAR LA DISTANCIA A LA QUE EL VALOR DE OD ES MINIMO, ES DECIR, X CRITICO:

$$Xc = \left(\frac{u}{ka - kd} \right) * \ln \left[\frac{ka}{kd} * \left(1 - \frac{Do(ka - kd)}{kdYo} \right) \right]$$

u = VELOCIDAD DEL RIO ANTES DE LA MEZCLA CON INFLUENTE=

$$1,064 \text{ m/s} = 91905,37 \text{ m/día}$$

Luego del INFLUENTE

$$u_5 = (Gr_2 + G_i) / A = 1,148 \text{ m/s}$$

u5=	99.183,56	m/día
-----	-----------	-------

Xc5=	INDETERMINADO	m
------	---------------	---

Xc5 =	INDETERMINADO	km
-------	---------------	----

DESDE EL PUNTO DE MEZCLA CON EL INFLUENTE

DISTANCIA TOTAL:	INDETERMINADO	km
------------------	---------------	----

TABLAS Y GRÁFICAS

X	x(en Km)	Os	Oo	ka	kd	e	Yo	u	$e^{-ka \cdot \frac{x}{u}}$	$(kd \cdot \frac{y_o}{ka - kd})$	$e^{-kd \cdot \frac{x}{u}}$	DefOD	OD	DBOu
-900,0000	-0,9000													
-850,0000	-0,8500													
-800,0000	-0,8000													
-750,0000	-0,7500													
-700,0000	-0,7000													
-650,0000	-0,6500													
-600,0000	-0,6000													
-550,0000	-0,5500													
-500,0000	-0,5000													
-450,0000	-0,4500													
-400,0000	-0,4000													
-350,0000	-0,3500													
-300,0000	-0,3000													
-250,0000	-0,2500													
-200,0000	-0,2000													
-150,0000	-0,1500													
-100,0000	-0,1000													
-50,0000	-0,0500													

$$D = D_o * e^{-ka \cdot \frac{x}{u}} + \left(kd * \frac{y_o}{ka - kd} \right) * \left(e^{-kd \cdot \frac{x}{u}} - e^{-ka \cdot \frac{x}{u}} \right)$$

PRIMERA DESCARGA EN EL RIO (AGUAS RESIDUALES)

0,0000	0,0000	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	1,0000	0,2908	1,0000	0,4587	8,4900	1,6500
50,0000	0,0500	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9948	0,2908	0,9992	0,4577	8,4911	1,6487
100,0000	0,1000	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9897	0,2908	0,9985	0,4566	8,4922	1,6474
150,0000	0,1500	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9846	0,2908	0,9977	0,4555	8,4933	1,6462
200,0000	0,2000	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9795	0,2908	0,9969	0,4544	8,4944	1,6449
250,0000	0,2500	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9745	0,2908	0,9961	0,4533	8,4954	1,6436
300,0000	0,3000	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9695	0,2908	0,9954	0,4523	8,4965	1,6424
350,0000	0,3500	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9645	0,2908	0,9946	0,4512	8,4976	1,6411
400,0000	0,4000	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9595	0,2908	0,9938	0,4501	8,4986	1,6398
450,0000	0,4500	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9545	0,2908	0,9931	0,4491	8,4997	1,6385
500,0000	0,5000	8,9488	8,4900	8,9205	1,3367	2,7183	1,6500	86293,8290	0,9496	0,2908	0,9923	0,4480	8,5007	1,6373

SEGUNDA DESCARGA EN EL RIO (AGUAS RESIDUALES)

550,0000	0,5500	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	1,0000	0,3260	1,0000	0,4579	8,4909	1,8340
600,0000	0,6000	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9949	0,3260	0,9992	0,4570	8,4918	1,8326
650,0000	0,6500	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9897	0,3260	0,9985	0,4560	8,4927	1,8312
700,0000	0,7000	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9846	0,3260	0,9977	0,4551	8,4937	1,8297
750,0000	0,7500	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9796	0,3260	0,9969	0,4542	8,4946	1,8283
800,0000	0,8000	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9745	0,3260	0,9961	0,4533	8,4955	1,8269
850,0000	0,8500	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9695	0,3260	0,9954	0,4524	8,4964	1,8255
900,0000	0,9000	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9645	0,3260	0,9946	0,4515	8,4973	1,8241
950,0000	0,9500	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9595	0,3260	0,9938	0,4505	8,4982	1,8227
1000,0000	1,0000	8,9488	8,4909	8,9205	1,3367	2,7183	1,8497	86388,0320	0,9546	0,3260	0,9931	0,4496	8,4991	1,8213



TERCERA DESCARGA EN EL RIO (UNION DEL RIO CHIRIACO CON EL CRISTAL)														
1050,0000	1,0500	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	1,0000	0,3518	1,0000	0,5231	8,4257	1,9655
1100,0000	1,1000	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9952	0,3518	0,9993	0,5220	8,4268	1,9641
1150,0000	1,1500	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9903	0,3518	0,9985	0,5209	8,4279	1,9626
1200,0000	1,2000	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9855	0,3518	0,9978	0,5198	8,4289	1,9612
1250,0000	1,2500	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9808	0,3518	0,9971	0,5187	8,4300	1,9598
1300,0000	1,3000	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9760	0,3518	0,9964	0,5177	8,4311	1,9583
1350,0000	1,3500	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9713	0,3518	0,9956	0,5166	8,4322	1,9569
1400,0000	1,4000	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9666	0,3518	0,9949	0,5156	8,4332	1,9555
1450,0000	1,4500	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9619	0,3518	0,9942	0,5145	8,4343	1,9541
1500,0000	1,5000	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9572	0,3518	0,9935	0,5134	8,4353	1,9526
1550,0000	1,5500	8,9488	8,4257	8,9205	1,3367	2,7183	1,9958	91818,1257	0,9526	0,3518	0,9927	0,5124	8,4364	1,9512
CUARTA DESCARGA AL RIO (AGUAS SERVIDAS)														
1600,0000	1,6000	8,9488	8,4213	8,9205	1,3367	2,7183	1,9690	91905,3696	1,0000	0,3470	1,0000	0,5275	8,4213	1,9237
1650,0000	1,6500	8,9488	8,4213	8,9205	1,3367	2,7183	1,9690	91905,3696	0,9952	0,3470	0,9993	0,5264	8,4224	1,9223
1700,0000	1,7000	8,9488	8,4213	8,9205	1,3367	2,7183	1,9690	91905,3696	0,9903	0,3470	0,9985	0,5253	8,4235	1,9209
QUINTA DESCARGA AL RIO (AGUA LIMPIA)														
1750,0000	1,7500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	1,0000	0,3711	1,0000	0,5176	8,4311	2,0563
1800,0000	1,8000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9955	0,3711	0,9993	0,5167	8,4320	2,0550
1850,0000	1,8500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9910	0,3711	0,9987	0,5158	8,4329	2,0536
1900,0000	1,9000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9866	0,3711	0,9980	0,5149	8,4338	2,0522
1950,0000	1,9500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9822	0,3711	0,9973	0,5140	8,4347	2,0508
2000,0000	2,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9778	0,3711	0,9966	0,5131	8,4356	2,0494
2050,0000	2,0500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9734	0,3711	0,9960	0,5122	8,4365	2,0481
2100,0000	2,1000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9690	0,3711	0,9953	0,5113	8,4374	2,0467
2150,0000	2,1500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9647	0,3711	0,9946	0,5105	8,4383	2,0453
2200,0000	2,2000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9603	0,3711	0,9940	0,5096	8,4392	2,0439
2250,0000	2,2500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9560	0,3711	0,9933	0,5087	8,4401	2,0425
2300,0000	2,3000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9517	0,3711	0,9926	0,5078	8,4409	2,0412
2350,0000	2,3500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9475	0,3711	0,9919	0,5069	8,4418	2,0398
2400,0000	2,4000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9432	0,3711	0,9913	0,5061	8,4427	2,0384
2450,0000	2,4500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9390	0,3711	0,9906	0,5052	8,4436	2,0370
2500,0000	2,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9348	0,3711	0,9899	0,5043	8,4444	2,0357
2550,0000	2,5500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9306	0,3711	0,9893	0,5035	8,4453	2,0343
2600,0000	2,6000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9264	0,3711	0,9886	0,5026	8,4461	2,0329
2650,0000	2,6500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9222	0,3711	0,9879	0,5018	8,4470	2,0316
2700,0000	2,7000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9181	0,3711	0,9873	0,5009	8,4479	2,0302
2750,0000	2,7500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9140	0,3711	0,9866	0,5001	8,4487	2,0288
2800,0000	2,8000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9099	0,3711	0,9859	0,4992	8,4496	2,0275
2850,0000	2,8500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9058	0,3711	0,9853	0,4984	8,4504	2,0261
2900,0000	2,9000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,9017	0,3711	0,9846	0,4975	8,4512	2,0247
2950,0000	2,9500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8977	0,3711	0,9840	0,4967	8,4521	2,0234
3000,0000	3,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8937	0,3711	0,9833	0,4959	8,4529	2,0220
3050,0000	3,0500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8897	0,3711	0,9826	0,4950	8,4538	2,0206
3100,0000	3,1000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8857	0,3711	0,9820	0,4942	8,4546	2,0193
3150,0000	3,1500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8817	0,3711	0,9813	0,4934	8,4554	2,0179
3200,0000	3,2000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8777	0,3711	0,9806	0,4925	8,4562	2,0166
3250,0000	3,2500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8738	0,3711	0,9800	0,4917	8,4571	2,0152
3300,0000	3,3000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8699	0,3711	0,9793	0,4909	8,4579	2,0138
3350,0000	3,3500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8660	0,3711	0,9787	0,4901	8,4587	2,0125
3400,0000	3,4000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8621	0,3711	0,9780	0,4893	8,4595	2,0111



3450,0000	3,4500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8582	0,3711	0,9774	0,4885	8,4603	2,0098
3500,0000	3,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8544	0,3711	0,9767	0,4876	8,4611	2,0084
3550,0000	3,5500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8505	0,3711	0,9760	0,4868	8,4619	2,0071
3600,0000	3,6000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8467	0,3711	0,9754	0,4860	8,4627	2,0057
3650,0000	3,6500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8429	0,3711	0,9747	0,4852	8,4635	2,0044
3700,0000	3,7000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8391	0,3711	0,9741	0,4844	8,4643	2,0030
3750,0000	3,7500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8354	0,3711	0,9734	0,4836	8,4651	2,0017
3800,0000	3,8000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8316	0,3711	0,9728	0,4828	8,4659	2,0003
3850,0000	3,8500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8279	0,3711	0,9721	0,4821	8,4667	1,9990
3900,0000	3,9000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8242	0,3711	0,9714	0,4813	8,4675	1,9976
3950,0000	3,9500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8205	0,3711	0,9708	0,4805	8,4683	1,9963
4000,0000	4,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8168	0,3711	0,9701	0,4797	8,4691	1,9949
4050,0000	4,0500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8131	0,3711	0,9695	0,4789	8,4698	1,9936
4100,0000	4,1000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8095	0,3711	0,9688	0,4781	8,4706	1,9922
4150,0000	4,1500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8059	0,3711	0,9682	0,4774	8,4714	1,9909
4200,0000	4,2000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,8022	0,3711	0,9675	0,4766	8,4722	1,9896
4250,0000	4,2500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7986	0,3711	0,9669	0,4758	8,4729	1,9882
4300,0000	4,3000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7951	0,3711	0,9662	0,4751	8,4737	1,9869
4350,0000	4,3500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7915	0,3711	0,9656	0,4743	8,4745	1,9855
4400,0000	4,4000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7879	0,3711	0,9649	0,4735	8,4752	1,9842
4450,0000	4,4500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7844	0,3711	0,9643	0,4728	8,4760	1,9829
4500,0000	4,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7809	0,3711	0,9636	0,4720	8,4767	1,9815
4550,0000	4,5500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7774	0,3711	0,9630	0,4713	8,4775	1,9802
4600,0000	4,6000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7739	0,3711	0,9623	0,4705	8,4783	1,9789
4650,0000	4,6500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7704	0,3711	0,9617	0,4698	8,4790	1,9775
4700,0000	4,7000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7670	0,3711	0,9610	0,4690	8,4798	1,9762
4750,0000	4,7500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7635	0,3711	0,9604	0,4683	8,4805	1,9749
4800,0000	4,8000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7601	0,3711	0,9597	0,4675	8,4812	1,9735
4850,0000	4,8500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7567	0,3711	0,9591	0,4668	8,4820	1,9722
4900,0000	4,9000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7533	0,3711	0,9584	0,4661	8,4827	1,9709
4950,0000	4,9500	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7499	0,3711	0,9578	0,4653	8,4834	1,9696
5000,0000	5,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7465	0,3711	0,9571	0,4646	8,4842	1,9682
5500,0000	5,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,7137	0,3711	0,9507	0,4574	8,4914	1,9550
6000,0000	6,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,6823	0,3711	0,9443	0,4504	8,4983	1,9419
6500,0000	6,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,6523	0,3711	0,9380	0,4437	8,5051	1,9288
7000,0000	7,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,6236	0,3711	0,9317	0,4371	8,5116	1,9159
7500,0000	7,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,5962	0,3711	0,9254	0,4308	8,5180	1,9030
8000,0000	8,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,5700	0,3711	0,9192	0,4246	8,5241	1,8902
8500,0000	8,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,5449	0,3711	0,9130	0,4187	8,5301	1,8775
9000,0000	9,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,5210	0,3711	0,9069	0,4129	8,5359	1,8649
9500,0000	9,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,4981	0,3711	0,9008	0,4073	8,5415	1,8524
10000,0000	10,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,4762	0,3711	0,8948	0,4018	8,5470	1,8400
10500,0000	10,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,4552	0,3711	0,8888	0,3965	8,5523	1,8276
11000,0000	11,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,4352	0,3711	0,8828	0,3914	8,5574	1,8153
11500,0000	11,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,4161	0,3711	0,8769	0,3864	8,5624	1,8031
12000,0000	12,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,3978	0,3711	0,8710	0,3815	8,5673	1,7910
12500,0000	12,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,3803	0,3711	0,8651	0,3768	8,5720	1,7790
13000,0000	13,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,3636	0,3711	0,8593	0,3722	8,5766	1,7671



13500,0000	13,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,3476	0,3711	0,8535	0,3677	8,5811	1,7552
14000,0000	14,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,3323	0,3711	0,8478	0,3633	8,5855	1,7434
14500,0000	14,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,3177	0,3711	0,8421	0,3591	8,5897	1,7317
15000,0000	15,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,3037	0,3711	0,8365	0,3549	8,5939	1,7201
15500,0000	15,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2904	0,3711	0,8309	0,3509	8,5979	1,7085
16000,0000	16,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2776	0,3711	0,8253	0,3469	8,6018	1,6970
16500,0000	16,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2654	0,3711	0,8197	0,3431	8,6057	1,6856
17000,0000	17,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2537	0,3711	0,8142	0,3393	8,6094	1,6743
17500,0000	17,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2426	0,3711	0,8088	0,3357	8,6131	1,6631
18000,0000	18,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2319	0,3711	0,8033	0,3321	8,6167	1,6519
18500,0000	18,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2217	0,3711	0,7979	0,3286	8,6202	1,6408
19000,0000	19,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2119	0,3711	0,7926	0,3252	8,6236	1,6298
19500,0000	19,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,2026	0,3711	0,7872	0,3218	8,6269	1,6189
20000,0000	20,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1937	0,3711	0,7820	0,3186	8,6302	1,6080
20500,0000	20,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1852	0,3711	0,7767	0,3154	8,6334	1,5972
21000,0000	21,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1770	0,3711	0,7715	0,3122	8,6365	1,5865
21500,0000	21,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1693	0,3711	0,7663	0,3092	8,6396	1,5758
22000,0000	22,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1618	0,3711	0,7612	0,3062	8,6426	1,5652
22500,0000	22,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1547	0,3711	0,7561	0,3032	8,6455	1,5547
23000,0000	23,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1479	0,3711	0,7510	0,3004	8,6484	1,5443
23500,0000	23,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1414	0,3711	0,7459	0,2975	8,6512	1,5339
24000,0000	24,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1352	0,3711	0,7409	0,2948	8,6540	1,5236
24500,0000	24,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1292	0,3711	0,7359	0,2920	8,6567	1,5134
25000,0000	25,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1236	0,3711	0,7310	0,2894	8,6594	1,5032
25500,0000	25,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1181	0,3711	0,7261	0,2868	8,6620	1,4931
26000,0000	26,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1129	0,3711	0,7212	0,2842	8,6646	1,4831
26500,0000	26,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1080	0,3711	0,7164	0,2817	8,6671	1,4731
27000,0000	27,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,1032	0,3711	0,7116	0,2792	8,6696	1,4632
27500,0000	27,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0987	0,3711	0,7068	0,2767	8,6720	1,4534
28000,0000	28,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0943	0,3711	0,7020	0,2743	8,6744	1,4436
28500,0000	28,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0902	0,3711	0,6973	0,2720	8,6768	1,4339
29000,0000	29,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0862	0,3711	0,6926	0,2697	8,6791	1,4243
29500,0000	29,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0824	0,3711	0,6880	0,2674	8,6814	1,4148
30000,0000	30,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0788	0,3711	0,6834	0,2651	8,6836	1,4052
30500,0000	30,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0753	0,3711	0,6788	0,2629	8,6858	1,3958
31000,0000	31,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0720	0,3711	0,6742	0,2607	8,6880	1,3864
31500,0000	31,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0689	0,3711	0,6697	0,2586	8,6902	1,3771
32000,0000	32,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0658	0,3711	0,6652	0,2565	8,6923	1,3679
32500,0000	32,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0629	0,3711	0,6607	0,2544	8,6944	1,3587
33000,0000	33,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0602	0,3711	0,6563	0,2524	8,6964	1,3496
33500,0000	33,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0575	0,3711	0,6519	0,2503	8,6984	1,3405
34000,0000	34,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0550	0,3711	0,6475	0,2483	8,7004	1,3315
34500,0000	34,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0526	0,3711	0,6432	0,2464	8,7024	1,3226
35000,0000	35,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0503	0,3711	0,6388	0,2444	8,7043	1,3137
35500,0000	35,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0481	0,3711	0,6345	0,2425	8,7063	1,3049
36000,0000	36,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0459	0,3711	0,6303	0,2406	8,7081	1,2961
36500,0000	36,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0439	0,3711	0,6261	0,2388	8,7100	1,2874
37000,0000	37,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0420	0,3711	0,6219	0,2369	8,7119	1,2787
37500,0000	37,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0401	0,3711	0,6177	0,2351	8,7137	1,2702



38000,0000	38,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0384	0,3711	0,6135	0,2333	8,7155	1,2616
38500,0000	38,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0367	0,3711	0,6094	0,2315	8,7173	1,2532
39000,0000	39,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0351	0,3711	0,6053	0,2298	8,7190	1,2447
39500,0000	39,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0335	0,3711	0,6012	0,2280	8,7207	1,2364
40000,0000	40,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0321	0,3711	0,5972	0,2263	8,7225	1,2281
40500,0000	40,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0306	0,3711	0,5932	0,2246	8,7242	1,2198
41000,0000	41,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0293	0,3711	0,5892	0,2229	8,7258	1,2116
41500,0000	41,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0280	0,3711	0,5853	0,2213	8,7275	1,2035
42000,0000	42,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0268	0,3711	0,5813	0,2196	8,7291	1,1954
42500,0000	42,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0256	0,3711	0,5774	0,2180	8,7307	1,1874
43000,0000	43,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0245	0,3711	0,5735	0,2164	8,7323	1,1794
43500,0000	43,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0234	0,3711	0,5697	0,2148	8,7339	1,1715
44000,0000	44,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0224	0,3711	0,5659	0,2133	8,7355	1,1636
44500,0000	44,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0214	0,3711	0,5621	0,2117	8,7371	1,1558
45000,0000	45,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0204	0,3711	0,5583	0,2102	8,7386	1,1480
45500,0000	45,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0195	0,3711	0,5545	0,2086	8,7401	1,1403
46000,0000	46,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0187	0,3711	0,5508	0,2071	8,7416	1,1327
46500,0000	46,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0179	0,3711	0,5471	0,2056	8,7431	1,1251
47000,0000	47,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0171	0,3711	0,5434	0,2042	8,7446	1,1175
47500,0000	47,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0163	0,3711	0,5398	0,2027	8,7461	1,1100
48000,0000	48,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0156	0,3711	0,5362	0,2013	8,7475	1,1026
48500,0000	48,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0149	0,3711	0,5326	0,1998	8,7490	1,0952
49000,0000	49,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0143	0,3711	0,5290	0,1984	8,7504	1,0878
49500,0000	49,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0136	0,3711	0,5254	0,1970	8,7518	1,0805
50000,0000	50,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0130	0,3711	0,5219	0,1956	8,7532	1,0732
50500,0000	50,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0125	0,3711	0,5184	0,1942	8,7546	1,0660
51000,0000	51,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0119	0,3711	0,5149	0,1928	8,7559	1,0589
51500,0000	51,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0114	0,3711	0,5115	0,1915	8,7573	1,0518
52000,0000	52,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0109	0,3711	0,5080	0,1901	8,7587	1,0447
52500,0000	52,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0104	0,3711	0,5046	0,1888	8,7600	1,0377
53000,0000	53,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0100	0,3711	0,5012	0,1875	8,7613	1,0307
53500,0000	53,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0095	0,3711	0,4979	0,1861	8,7626	1,0238
54000,0000	54,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0091	0,3711	0,4945	0,1848	8,7639	1,0169
54500,0000	54,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0087	0,3711	0,4912	0,1836	8,7652	1,0101
55000,0000	55,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0083	0,3711	0,4879	0,1823	8,7665	1,0033
55500,0000	55,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0080	0,3711	0,4846	0,1810	8,7678	0,9966
56000,0000	56,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0076	0,3711	0,4814	0,1797	8,7690	0,9899
56500,0000	56,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0073	0,3711	0,4781	0,1785	8,7703	0,9832
57000,0000	57,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0069	0,3711	0,4749	0,1773	8,7715	0,9766
57500,0000	57,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0066	0,3711	0,4717	0,1760	8,7727	0,9701
58000,0000	58,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0064	0,3711	0,4686	0,1748	8,7740	0,9635
58500,0000	58,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0061	0,3711	0,4654	0,1736	8,7752	0,9571
59000,0000	59,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0058	0,3711	0,4623	0,1724	8,7764	0,9506
59500,0000	59,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0055	0,3711	0,4592	0,1712	8,7776	0,9443
60000,0000	60,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0053	0,3711	0,4561	0,1700	8,7787	0,9379
60500,0000	60,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0051	0,3711	0,4530	0,1689	8,7799	0,9316
61000,0000	61,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0048	0,3711	0,4500	0,1677	8,7811	0,9254
61500,0000	61,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0046	0,3711	0,4470	0,1665	8,7822	0,9192
62000,0000	62,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0044	0,3711	0,4440	0,1654	8,7834	0,9130
62500,0000	62,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0042	0,3711	0,4410	0,1643	8,7845	0,9068
63000,0000	63,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0041	0,3711	0,4380	0,1631	8,7856	0,9008
63500,0000	63,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0039	0,3711	0,4351	0,1620	8,7867	0,8947
64000,0000	64,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0037	0,3711	0,4322	0,1609	8,7879	0,8887
64500,0000	64,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0035	0,3711	0,4293	0,1598	8,7890	0,8827
65000,0000	65,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0034	0,3711	0,4264	0,1587	8,7900	0,8768



65500,0000	65,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0032	0,3711	0,4235	0,1576	8,7911	0,8709
66000,0000	66,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0031	0,3711	0,4207	0,1566	8,7922	0,8651
66500,0000	66,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0030	0,3711	0,4179	0,1555	8,7933	0,8593
67000,0000	67,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0028	0,3711	0,4150	0,1544	8,7943	0,8535
67500,0000	67,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0027	0,3711	0,4123	0,1534	8,7954	0,8478
68000,0000	68,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0026	0,3711	0,4095	0,1523	8,7964	0,8421
68500,0000	68,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0025	0,3711	0,4067	0,1513	8,7975	0,8364
69000,0000	69,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0024	0,3711	0,4040	0,1503	8,7985	0,8308
69500,0000	69,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0023	0,3711	0,4013	0,1492	8,7995	0,8252
70000,0000	70,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0022	0,3711	0,3986	0,1482	8,8005	0,8197
70500,0000	70,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0021	0,3711	0,3959	0,1472	8,8015	0,8142
71000,0000	71,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0020	0,3711	0,3933	0,1462	8,8025	0,8087
71500,0000	71,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0019	0,3711	0,3906	0,1452	8,8035	0,8033
72000,0000	72,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0018	0,3711	0,3880	0,1442	8,8045	0,7979
72500,0000	72,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0017	0,3711	0,3854	0,1433	8,8055	0,7925
73000,0000	73,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0016	0,3711	0,3828	0,1423	8,8065	0,7872
73500,0000	73,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0016	0,3711	0,3802	0,1413	8,8074	0,7819
74000,0000	74,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0015	0,3711	0,3777	0,1404	8,8084	0,7767
74500,0000	74,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0014	0,3711	0,3751	0,1394	8,8093	0,7714
75000,0000	75,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0014	0,3711	0,3726	0,1385	8,8103	0,7663
75500,0000	75,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0013	0,3711	0,3701	0,1375	8,8112	0,7611
76000,0000	76,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0013	0,3711	0,3676	0,1366	8,8122	0,7560
76500,0000	76,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0012	0,3711	0,3652	0,1357	8,8131	0,7509
77000,0000	77,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0012	0,3711	0,3627	0,1348	8,8140	0,7459
77500,0000	77,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0011	0,3711	0,3603	0,1339	8,8149	0,7409
78000,0000	78,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0011	0,3711	0,3579	0,1330	8,8158	0,7359
78500,0000	78,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0010	0,3711	0,3555	0,1321	8,8167	0,7310
79000,0000	79,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0010	0,3711	0,3531	0,1312	8,8176	0,7260
79500,0000	79,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0009	0,3711	0,3507	0,1303	8,8185	0,7212
80000,0000	80,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0009	0,3711	0,3483	0,1294	8,8194	0,7163
80500,0000	80,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0008	0,3711	0,3460	0,1285	8,8202	0,7115
81000,0000	81,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0008	0,3711	0,3437	0,1277	8,8211	0,7067
81500,0000	81,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0008	0,3711	0,3414	0,1268	8,8220	0,7020
82000,0000	82,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0007	0,3711	0,3391	0,1259	8,8228	0,6973
82500,0000	82,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0007	0,3711	0,3368	0,1251	8,8237	0,6926
83000,0000	83,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0007	0,3711	0,3345	0,1242	8,8245	0,6879
83500,0000	83,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0006	0,3711	0,3323	0,1234	8,8254	0,6833
84000,0000	84,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0006	0,3711	0,3301	0,1226	8,8262	0,6787
84500,0000	84,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0006	0,3711	0,3278	0,1217	8,8270	0,6742
85000,0000	85,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0006	0,3711	0,3256	0,1209	8,8278	0,6696
85500,0000	85,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0005	0,3711	0,3235	0,1201	8,8287	0,6651
86000,0000	86,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0005	0,3711	0,3213	0,1193	8,8295	0,6607
86500,0000	86,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0005	0,3711	0,3191	0,1185	8,8303	0,6562
87000,0000	87,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0005	0,3711	0,3170	0,1177	8,8311	0,6518
87500,0000	87,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0004	0,3711	0,3149	0,1169	8,8319	0,6475
88000,0000	88,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0004	0,3711	0,3127	0,1161	8,8327	0,6431
88500,0000	88,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0004	0,3711	0,3106	0,1153	8,8334	0,6388
89000,0000	89,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0004	0,3711	0,3086	0,1146	8,8342	0,6345
89500,0000	89,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0004	0,3711	0,3065	0,1138	8,8350	0,6302
90000,0000	90,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0004	0,3711	0,3044	0,1130	8,8358	0,6260
90500,0000	90,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0003	0,3711	0,3024	0,1123	8,8365	0,6218
91000,0000	91,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0003	0,3711	0,3004	0,1115	8,8373	0,6176
91500,0000	91,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0003	0,3711	0,2983	0,1108	8,8380	0,6135
92000,0000	92,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0003	0,3711	0,2963	0,1100	8,8388	0,6094
92500,0000	92,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0003	0,3711	0,2943	0,1093	8,8395	0,6053



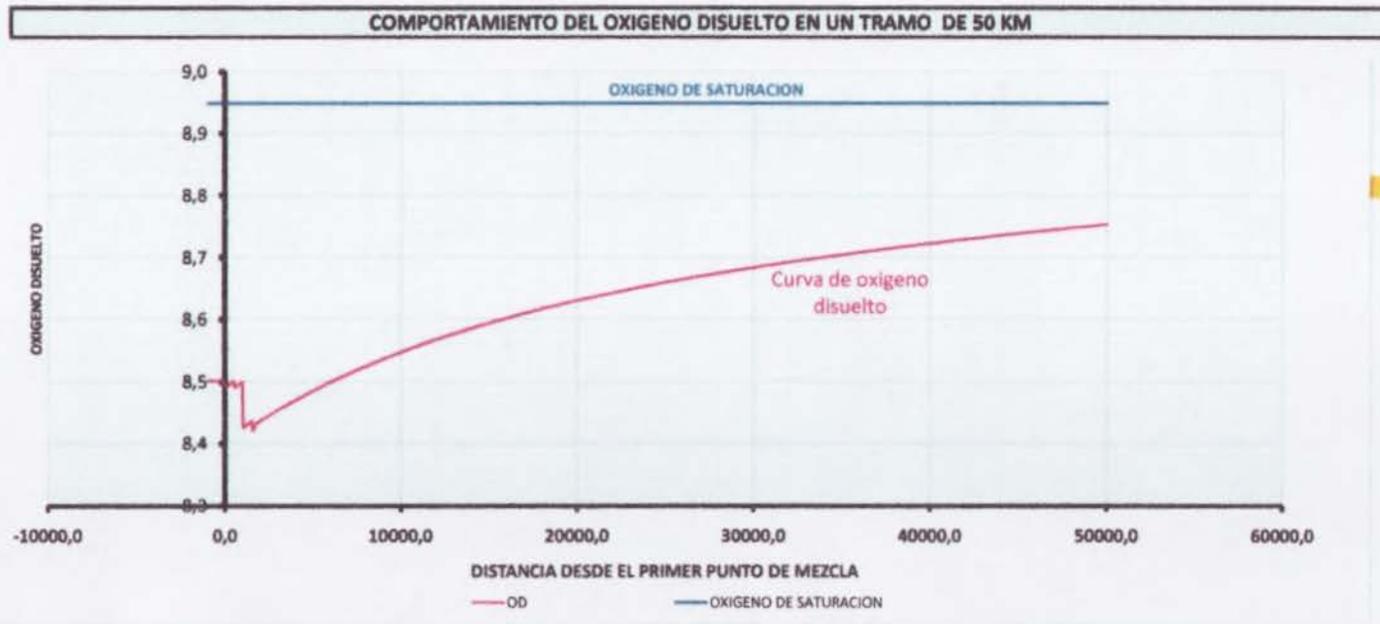
93000,0000	93,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0003	0,3711	0,2924	0,1085	8,8402	0,6012
93500,0000	93,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0003	0,3711	0,2904	0,1078	8,8410	0,5972
94000,0000	94,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2885	0,1071	8,8417	0,5932
94500,0000	94,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2865	0,1064	8,8424	0,5892
95000,0000	95,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2846	0,1056	8,8431	0,5852
95500,0000	95,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2827	0,1049	8,8438	0,5813
96000,0000	96,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2808	0,1042	8,8445	0,5774
96500,0000	96,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2789	0,1035	8,8452	0,5735
97000,0000	97,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2770	0,1028	8,8459	0,5697
97500,0000	97,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2752	0,1021	8,8466	0,5658
98000,0000	98,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2733	0,1014	8,8473	0,5620
98500,0000	98,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2715	0,1008	8,8480	0,5583
99000,0000	99,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2697	0,1001	8,8487	0,5545
99500,0000	99,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0002	0,3711	0,2678	0,0994	8,8494	0,5508
100000,0000	100,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2660	0,0987	8,8500	0,5471
100500,0000	100,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2643	0,0981	8,8507	0,5434
101000,0000	101,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2625	0,0974	8,8513	0,5398
101500,0000	101,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2607	0,0968	8,8520	0,5361
102000,0000	102,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2590	0,0961	8,8527	0,5325
102500,0000	102,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2572	0,0955	8,8533	0,5290
103000,0000	103,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2555	0,0948	8,8539	0,5254
103500,0000	103,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2538	0,0942	8,8546	0,5219
104000,0000	104,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2521	0,0936	8,8552	0,5184
104500,0000	104,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2504	0,0929	8,8558	0,5149
105000,0000	105,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2487	0,0923	8,8565	0,5114
105500,0000	105,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2470	0,0917	8,8571	0,5080
106000,0000	106,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2454	0,0911	8,8577	0,5046
106500,0000	106,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2437	0,0905	8,8583	0,5012
107000,0000	107,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2421	0,0898	8,8589	0,4978
107500,0000	107,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2405	0,0892	8,8595	0,4945
108000,0000	108,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2389	0,0886	8,8601	0,4912
108500,0000	108,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2372	0,0880	8,8607	0,4879
109000,0000	109,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2357	0,0875	8,8613	0,4846
109500,0000	109,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2341	0,0869	8,8619	0,4813
110000,0000	110,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2325	0,0863	8,8625	0,4781
110500,0000	110,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2309	0,0857	8,8631	0,4749
111000,0000	111,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2294	0,0851	8,8636	0,4717
111500,0000	111,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0001	0,3711	0,2278	0,0846	8,8642	0,4685
112000,0000	112,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2263	0,0840	8,8648	0,4654
112500,0000	112,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2248	0,0834	8,8653	0,4623
113000,0000	113,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2233	0,0829	8,8659	0,4592
113500,0000	113,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2218	0,0823	8,8665	0,4561
114000,0000	114,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2203	0,0818	8,8670	0,4530
114500,0000	114,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2188	0,0812	8,8676	0,4500
115000,0000	115,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2174	0,0807	8,8681	0,4470
115500,0000	115,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2159	0,0801	8,8687	0,4439
116000,0000	116,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2144	0,0796	8,8692	0,4410
116500,0000	116,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2130	0,0790	8,8697	0,4380
117000,0000	117,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2116	0,0785	8,8703	0,4351
117500,0000	117,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2102	0,0780	8,8708	0,4321
118000,0000	118,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2087	0,0775	8,8713	0,4292
118500,0000	118,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2073	0,0769	8,8718	0,4264
119000,0000	119,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2059	0,0764	8,8723	0,4235
119500,0000	119,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2046	0,0759	8,8729	0,4207
120000,0000	120,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2032	0,0754	8,8734	0,4178



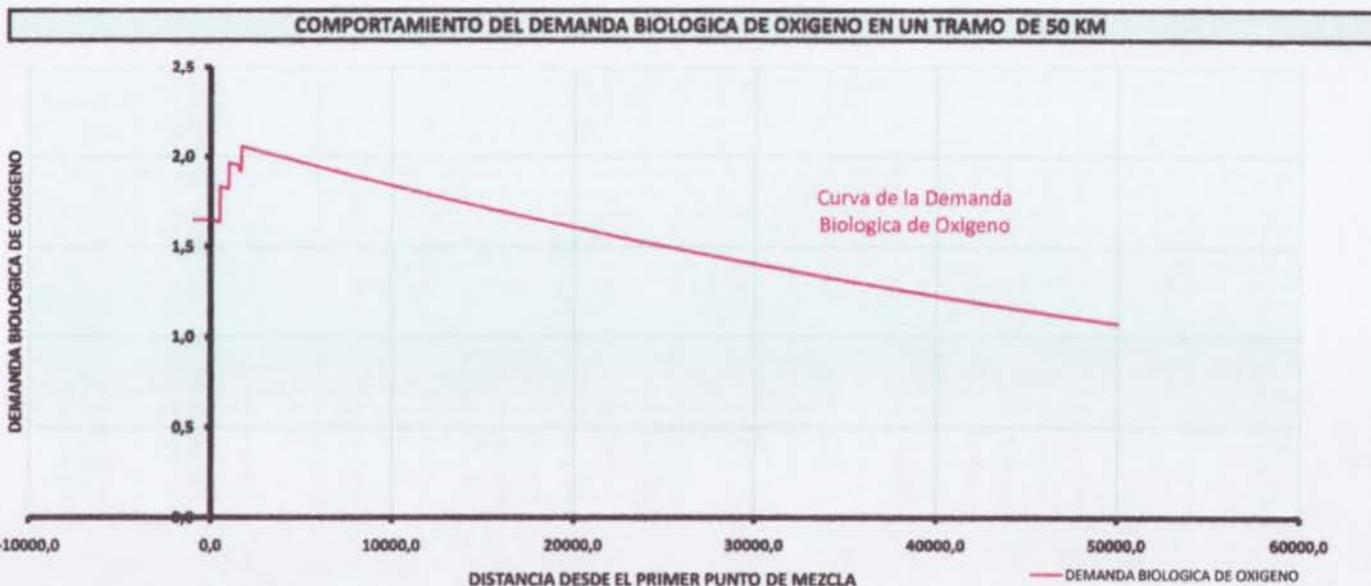
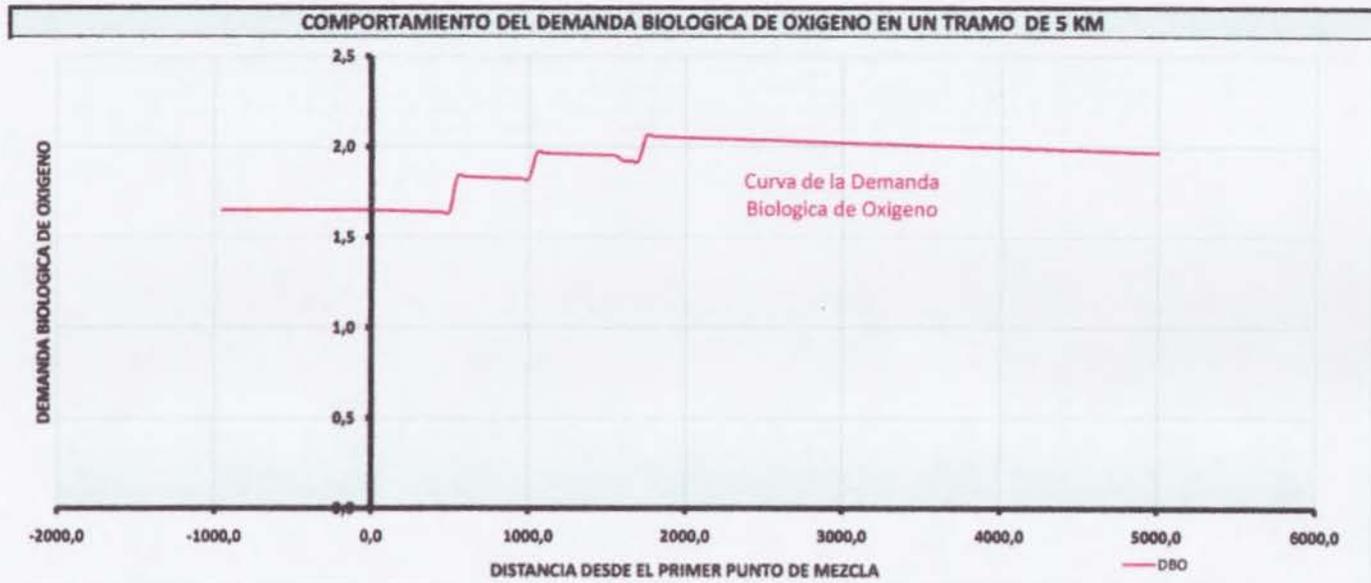
120500,0000	120,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2018	0,0749	8,8739	0,4150
121000,0000	121,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,2005	0,0744	8,8744	0,4122
121500,0000	121,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1991	0,0739	8,8749	0,4095
122000,0000	122,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1978	0,0734	8,8754	0,4067
122500,0000	122,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1965	0,0729	8,8759	0,4040
123000,0000	123,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1951	0,0724	8,8764	0,4013
123500,0000	123,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1938	0,0719	8,8768	0,3986
124000,0000	124,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1925	0,0714	8,8773	0,3959
124500,0000	124,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1912	0,0710	8,8778	0,3932
125000,0000	125,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1899	0,0705	8,8783	0,3906
125500,0000	125,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1887	0,0700	8,8788	0,3880
126000,0000	126,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1874	0,0695	8,8792	0,3854
126500,0000	126,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1861	0,0691	8,8797	0,3828
127000,0000	127,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1849	0,0686	8,8802	0,3802
127500,0000	127,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1837	0,0682	8,8806	0,3777
128000,0000	128,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1824	0,0677	8,8811	0,3751
128500,0000	128,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1812	0,0672	8,8815	0,3726
129000,0000	129,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1800	0,0668	8,8820	0,3701
129500,0000	129,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1788	0,0663	8,8824	0,3676
130000,0000	130,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1776	0,0659	8,8829	0,3651
130500,0000	130,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1764	0,0655	8,8833	0,3627
131000,0000	131,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1752	0,0650	8,8838	0,3603
131500,0000	131,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1740	0,0646	8,8842	0,3578
132000,0000	132,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1728	0,0641	8,8846	0,3554
132500,0000	132,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1717	0,0637	8,8851	0,3530
133000,0000	133,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1705	0,0633	8,8855	0,3507
133500,0000	133,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1694	0,0629	8,8859	0,3483
134000,0000	134,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1683	0,0624	8,8863	0,3460
134500,0000	134,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1671	0,0620	8,8868	0,3437
135000,0000	135,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1660	0,0616	8,8872	0,3414
135500,0000	135,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1649	0,0612	8,8876	0,3391
136000,0000	136,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1638	0,0608	8,8880	0,3368
136500,0000	136,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1627	0,0604	8,8884	0,3345
137000,0000	137,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1616	0,0600	8,8888	0,3323
137500,0000	137,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1605	0,0596	8,8892	0,3300
138000,0000	138,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1594	0,0592	8,8896	0,3278
138500,0000	138,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1584	0,0588	8,8900	0,3256
139000,0000	139,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1573	0,0584	8,8904	0,3234
139500,0000	139,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1562	0,0580	8,8908	0,3213
140000,0000	140,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1552	0,0576	8,8912	0,3191
140500,0000	140,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1541	0,0572	8,8916	0,3170
141000,0000	141,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1531	0,0568	8,8920	0,3148
141500,0000	141,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1521	0,0564	8,8923	0,3127
142000,0000	142,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1511	0,0561	8,8927	0,3106
142500,0000	142,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1500	0,0557	8,8931	0,3085
143000,0000	143,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1490	0,0553	8,8935	0,3065
143500,0000	143,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1480	0,0549	8,8938	0,3044
144000,0000	144,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1470	0,0546	8,8942	0,3024
144500,0000	144,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1461	0,0542	8,8946	0,3003
145000,0000	145,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1451	0,0538	8,8949	0,2983
145500,0000	145,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1441	0,0535	8,8953	0,2963
146000,0000	146,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1431	0,0531	8,8957	0,2943
146500,0000	146,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1422	0,0528	8,8960	0,2923
147000,0000	147,0000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1412	0,0524	8,8964	0,2904
147500,0000	147,5000	8,9488	8,4311	8,9205	1,3367	2,7183	2,1054	99183,5599	0,0000	0,3711	0,1403	0,0521	8,8967	0,2884



X	DO	DBO
-950,0000	8,5013	1,6500
-900,0000	8,5013	1,6500
-850,0000	8,5013	1,6500
-800,0000	8,5013	1,6500
-750,0000	8,5013	1,6500
-700,0000	8,5013	1,6500
-650,0000	8,5013	1,6500
-600,0000	8,5013	1,6500
-550,0000	8,5013	1,6500
-500,0000	8,5013	1,6500
-450,0000	8,5013	1,6500
-400,0000	8,5013	1,6500
-350,0000	8,5013	1,6500
-300,0000	8,5013	1,6500
-250,0000	8,5013	1,6500
-200,0000	8,5013	1,6500
-150,0000	8,5013	1,6500
-100,0000	8,5013	1,6500
-50,0000	8,5013	1,6500
0,0000	8,4900	1,6500
50,0000	8,4911	1,6487
100,0000	8,4922	1,6474
150,0000	8,4933	1,6462
200,0000	8,4944	1,6449
250,0000	8,4954	1,6436
300,0000	8,4965	1,6424
350,0000	8,4976	1,6411
400,0000	8,4986	1,6398
450,0000	8,4997	1,6385
500,0000	8,5007	1,6373
550,0000	8,4909	1,8340
600,0000	8,4918	1,8326
650,0000	8,4927	1,8312
700,0000	8,4937	1,8297
750,0000	8,4946	1,8283
800,0000	8,4955	1,8269
850,0000	8,4964	1,8255
900,0000	8,4973	1,8241
950,0000	8,4982	1,8227
1000,0000	8,4991	1,8213
1050,0000	8,4257	1,9655
1100,0000	8,4268	1,9641
1150,0000	8,4279	1,9626
1200,0000	8,4289	1,9612
1250,0000	8,4300	1,9598
1300,0000	8,4311	1,9583
1350,0000	8,4322	1,9569
1400,0000	8,4332	1,9555
1450,0000	8,4343	1,9541
1500,0000	8,4353	1,9526



1550,0000	8,4364	1,9512
1600,0000	8,4213	1,9237
1650,0000	8,4224	1,9223
1700,0000	8,4235	1,9209
1750,0000	8,4311	2,0563
1800,0000	8,4320	2,0550
1850,0000	8,4329	2,0536
1900,0000	8,4338	2,0522
1950,0000	8,4347	2,0508
2000,0000	8,4356	2,0494
2050,0000	8,4365	2,0481
2100,0000	8,4374	2,0467
2150,0000	8,4383	2,0453
2200,0000	8,4392	2,0439
2250,0000	8,4401	2,0425
2300,0000	8,4409	2,0412
2350,0000	8,4418	2,0398
2400,0000	8,4427	2,0384
2450,0000	8,4436	2,0370
2500,0000	8,4444	2,0357
2550,0000	8,4453	2,0343
2600,0000	8,4461	2,0329
2650,0000	8,4470	2,0316
2700,0000	8,4479	2,0302
2750,0000	8,4487	2,0288
2800,0000	8,4496	2,0275
2850,0000	8,4504	2,0261
2900,0000	8,4512	2,0247
2950,0000	8,4521	2,0234
3000,0000	8,4529	2,0220
3050,0000	8,4538	2,0206
3100,0000	8,4546	2,0193
3150,0000	8,4554	2,0179
3200,0000	8,4562	2,0166
3250,0000	8,4571	2,0152
3300,0000	8,4579	2,0138
3350,0000	8,4587	2,0125
3400,0000	8,4595	2,0111
3450,0000	8,4603	2,0098
3500,0000	8,4611	2,0084
3550,0000	8,4619	2,0071
3600,0000	8,4627	2,0057
3650,0000	8,4635	2,0044
3700,0000	8,4643	2,0030
3750,0000	8,4651	2,0017
3800,0000	8,4659	2,0003
3850,0000	8,4667	1,9990
3900,0000	8,4675	1,9976
3950,0000	8,4683	1,9963
4000,0000	8,4691	1,9949
4050,0000	8,4698	1,9936
4100,0000	8,4706	1,9922

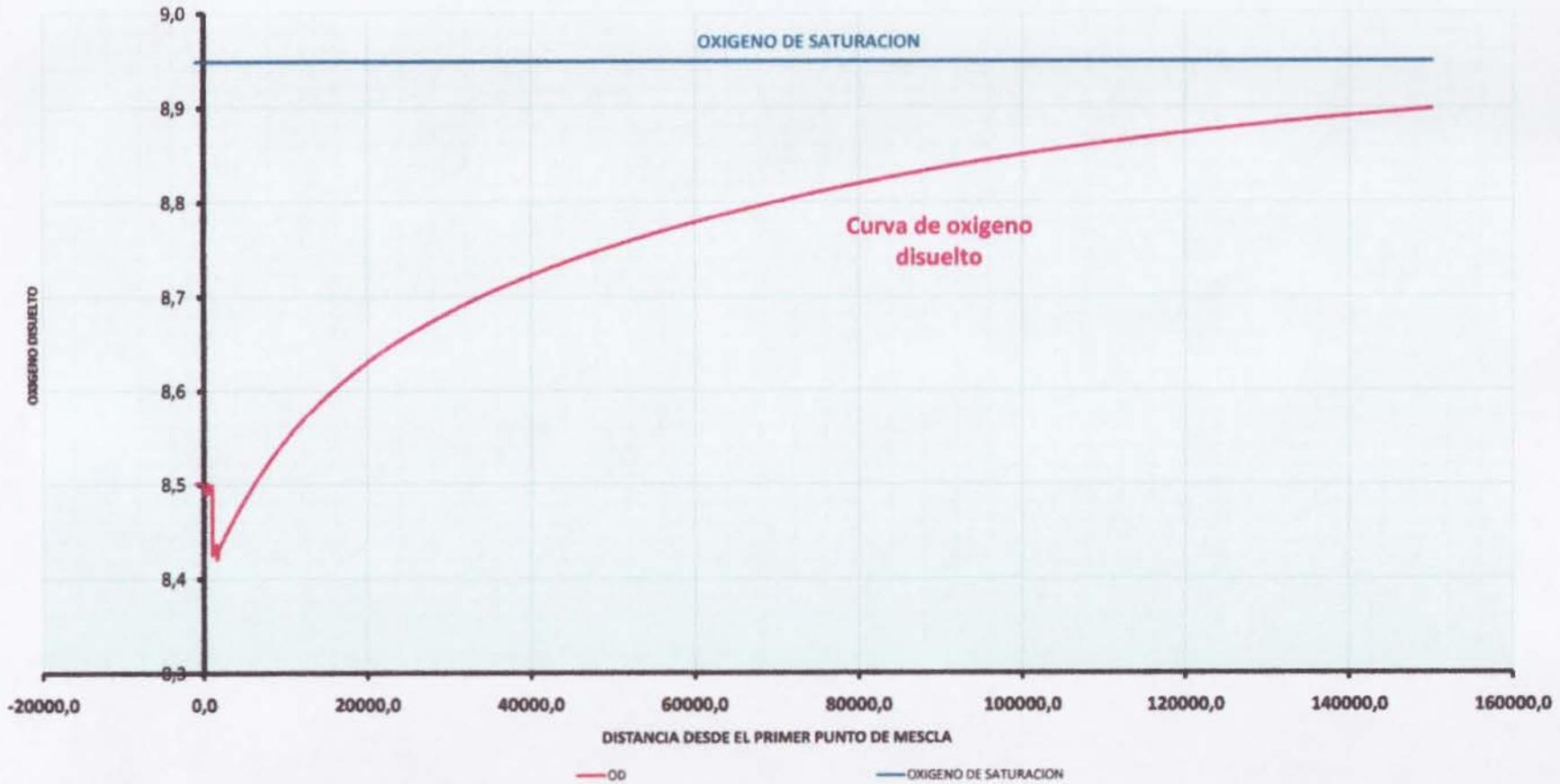


4150,0000	8,4714	1,9909
4200,0000	8,4722	1,9896
4250,0000	8,4729	1,9882
4300,0000	8,4737	1,9869
4350,0000	8,4745	1,9855
4400,0000	8,4752	1,9842
4450,0000	8,4760	1,9829
4500,0000	8,4767	1,9815
4550,0000	8,4775	1,9802
4600,0000	8,4783	1,9789
4650,0000	8,4790	1,9775
4700,0000	8,4798	1,9762
4750,0000	8,4805	1,9749
4800,0000	8,4812	1,9735
4850,0000	8,4820	1,9722
4900,0000	8,4827	1,9709
4950,0000	8,4834	1,9696
5000,0000	8,4842	1,9682
5500,0000	8,4914	1,9550
6000,0000	8,4983	1,9419
6500,0000	8,5051	1,9288
7000,0000	8,5116	1,9159
7500,0000	8,5180	1,9030
8000,0000	8,5241	1,8902
8500,0000	8,5301	1,8775
9000,0000	8,5359	1,8649
9500,0000	8,5415	1,8524
10000,0000	8,5470	1,8400
10500,0000	8,5523	1,8276
11000,0000	8,5574	1,8153
11500,0000	8,5624	1,8031
12000,0000	8,5673	1,7910
12500,0000	8,5720	1,7790
13000,0000	8,5766	1,7671
13500,0000	8,5811	1,7552
14000,0000	8,5855	1,7434
14500,0000	8,5897	1,7317
15000,0000	8,5939	1,7201
15500,0000	8,5979	1,7085
16000,0000	8,6018	1,6970
16500,0000	8,6057	1,6856
17000,0000	8,6094	1,6743
17500,0000	8,6131	1,6631
18000,0000	8,6167	1,6519
18500,0000	8,6202	1,6408
19000,0000	8,6236	1,6298

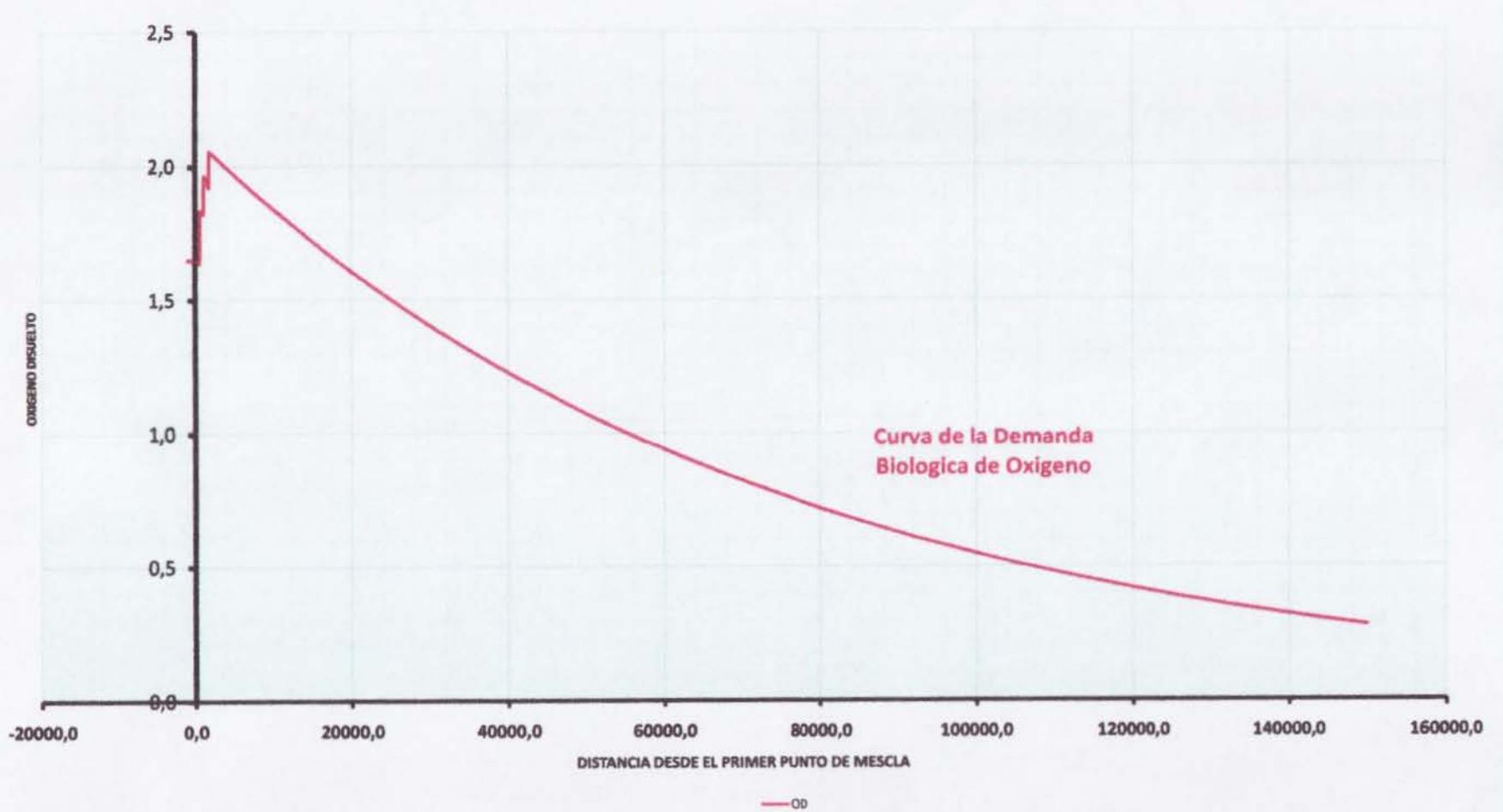
19500,0000	8,6269	1,6189
20000,0000	8,6302	1,6080
20500,0000	8,6334	1,5972
21000,0000	8,6365	1,5865
21500,0000	8,6396	1,5758
22000,0000	8,6426	1,5652
22500,0000	8,6455	1,5547
23000,0000	8,6484	1,5443
23500,0000	8,6512	1,5339
24000,0000	8,6540	1,5236
24500,0000	8,6567	1,5134
25000,0000	8,6594	1,5032
25500,0000	8,6620	1,4931
26000,0000	8,6646	1,4831
26500,0000	8,6671	1,4731
27000,0000	8,6696	1,4632
27500,0000	8,6720	1,4534
28000,0000	8,6744	1,4436
28500,0000	8,6768	1,4339
29000,0000	8,6791	1,4243
29500,0000	8,6814	1,4148
30000,0000	8,6836	1,4052
30500,0000	8,6858	1,3958
31000,0000	8,6880	1,3864
31500,0000	8,6902	1,3771
32000,0000	8,6923	1,3679
32500,0000	8,6944	1,3587
33000,0000	8,6964	1,3496
33500,0000	8,6984	1,3405
34000,0000	8,7004	1,3315
34500,0000	8,7024	1,3226
35000,0000	8,7043	1,3137
35500,0000	8,7063	1,3049
36000,0000	8,7081	1,2961
36500,0000	8,7100	1,2874
37000,0000	8,7119	1,2787
37500,0000	8,7137	1,2702
38000,0000	8,7155	1,2616
38500,0000	8,7173	1,2532
39000,0000	8,7190	1,2447
39500,0000	8,7207	1,2364
40000,0000	8,7225	1,2281
40500,0000	8,7242	1,2198
41000,0000	8,7258	1,2116
41500,0000	8,7275	1,2035
42000,0000	8,7291	1,1954

42500,0000	8,7307	1,1874
43000,0000	8,7323	1,1794
43500,0000	8,7339	1,1715
44000,0000	8,7355	1,1636
44500,0000	8,7371	1,1558
45000,0000	8,7386	1,1480
45500,0000	8,7401	1,1403
46000,0000	8,7416	1,1327
46500,0000	8,7431	1,1251
47000,0000	8,7446	1,1175
47500,0000	8,7461	1,1100
48000,0000	8,7475	1,1026
48500,0000	8,7490	1,0952
49000,0000	8,7504	1,0878
49500,0000	8,7518	1,0805
50000,0000	8,7532	1,0732

COMPORTAMIENTO DE EL OXIGENO DISUELTO EN UN TRAMO DE 150 KM



COMPORTAMIENTO DEL DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO EN UN TRAMO DE 50 KM



MODELO ADZ



Calculo del coeficiente de mortalidad bacterial

Datos iniciales :

Solidos Suspendidos	=	7,78 mg/l
Solidos Totales	=	11,36 mg/l
Solidos Disueltos	=	3,58 mg/l
Coliformes fecales	=	480000 UFC/100ml
Coliformes totales	=	1210000 UFC/100ml

Mortalidad producida por la salinidad

$$k_{b1} = (0.80 + 0.006P_s)1.07^{T-20}$$

Donde : P_s = Porcentaje de Salinidad
 T = Temperatura del agua

Temp = 22 °C
 P_s = 0.8 d⁻¹

$$k_{b1} = 0,9214 \text{ d}^{-1}$$

Mortalidad producida por la luz solar

$$k_{b2} = \frac{\alpha I_o}{k_e H} (1 - e^{-k_e H})$$

Donde: α = Constante de proporcionalidad
 I_o = Energia de luz superficial
 k_e = Coeficiente de extinción
 H = Profundidad promedio

α = 1,000
 I_o = 17:21 ly.hr⁻¹
 k_e = 4,279 m⁻¹
 H = 0,707 m

$$k_{b2} = 0,2274 \text{ d}^{-1}$$

Mortalidad producida por settling

$$N = N_w + N_p$$

$$Kd = 10^{-4} \frac{r}{N_w}$$

$$F_p = \frac{K_d m}{1 + K_d m}$$

$$k_{b3} = (F_p) \frac{V_s}{H} \quad r = \frac{N_p}{10^{-4} m}$$

Donde: F_p = Fraccion de bacterias adheridas
 V_s = Velocidad de particulas
 H = Profundidad promedio
 N_w = Concentracion de bacterias flotantes
 N_p = Concentracion de bacterias en el fondo
 Kd = Coeficiente de distribucion
 m = Concentracion de solidos suspendidos
 r = razon de bacterias flotantes

N_p = 121000,00 UFC/100ml
 r = 137,46
 Kd = 1,14 g⁻¹
 F_p = 0,93
 V_s = 0,50 m/dia
 H = 0,707 m

$$k_{b3} = 0,656 \text{ d}^{-1}$$

$$k_b = (0.80 + 0.006P_s)1.07^{T-20} + \frac{\alpha I_o}{k_e H} (1 - e^{-k_e H}) + F_p \frac{V_s}{H}$$

$$k_b = 1,805129 \text{ d}^{-1}$$



6.5 Analisis utilizando el modelo acoplado ADZ y decaimiento de organismos patógenos

El analisis se realizara desde el primer punto de descarga se asumira que el rio antes de entrar a la poblacion no presenta ningun grado de contaminacion bacteriologica para efectos del analisis



Descarga	Distancia (m)	Tipo de Agua	Caudal (m ³ /seg)	Colif Tot. (mg/l)
1	0	Residual	0,00520	623000
2	550	Residual	0,00426	612000
3	1250	Residual	0,00395	591000

BALANCE DE MASAS EN EL PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA PRIMERA DESCARGA (AA SS) , PARA COLIFORMES FECALES

$$CF_r = 121000,00 \quad \frac{\text{UFC}/100\text{ml}}{\text{m}^3/\text{s}}$$

$$CF_d = 623000 \quad \frac{\text{UFC}/100\text{ml}}{\text{m}^3/\text{s}}$$

$$CFM = CF_r + CF_d$$

$$QM = Q_r + Q_d$$

$$QM = 3,9152$$

$$CF_{M1} = 744000,00 \quad \text{UFC}/100\text{ml}$$

$$CF = \frac{1}{(t - \tau)^{-1} + k_b} (e^{-k_b t} u)$$

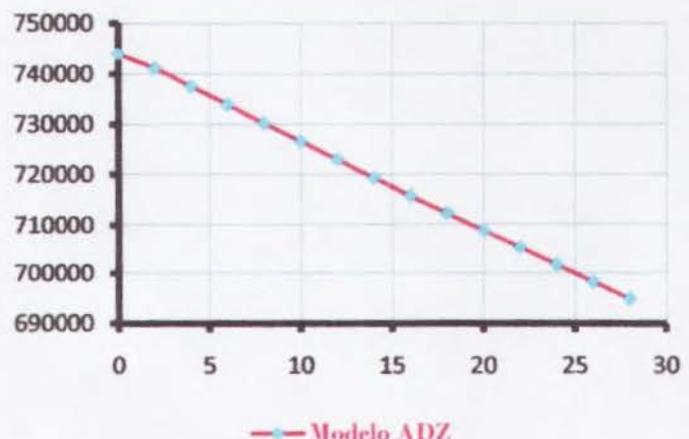
$$CF(t) = 705197,86 \quad \text{UFC}/100\text{ml}$$

$$T_{PROM} = 22,0 \text{ min}$$

$$T_{PROM} = 0,015 \text{ dias}$$

t(min)	t(dias)	CF
0	0	744000
2	0,0014	741208
4	0,0028	737505
6	0,0042	733826
8	0,0056	730169
10	0,0069	726535
12	0,0083	722923
14	0,0097	719334
16	0,0111	715767
18	0,0125	712222
20	0,0139	708699
22	0,0153	705198
24	0,0167	701718
26	0,0181	698259
28	0,0194	694822

Grafica de decaimiento Bacterial en el Río Cristal





BALANCE DE MASAS EN EL SEGUNDO PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA SEGUNDA DESCARGA (AA SS),
PARA COLIFORMES FECALES

$$CF_r \cdot Q_r + CF_d \cdot Q_d = CF_M \cdot (Q_r + Q_M)$$

$$CF_r = 705197,86 \text{ UFC/100ml}$$

$$Q_r = 3,9152 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$CF_d = 612000 \text{ UFC/100ml}$$

$$Q_d = 0,004263 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$kb = 1,80513 \text{ dias}^{-1}$$

$$\tau = 3,00000 \text{ min}$$

$$\tau = 0,00208 \text{ dias}$$

$$u = 0,00 \text{ UFC/100ml}$$

$$CF_M = CF_r + CF_d$$

$$Q_M = Q_r + Q_d$$

$$Q_M = 3,9195$$

$$CF_{M1} = 1317197,86 \text{ UFC/100ml}$$

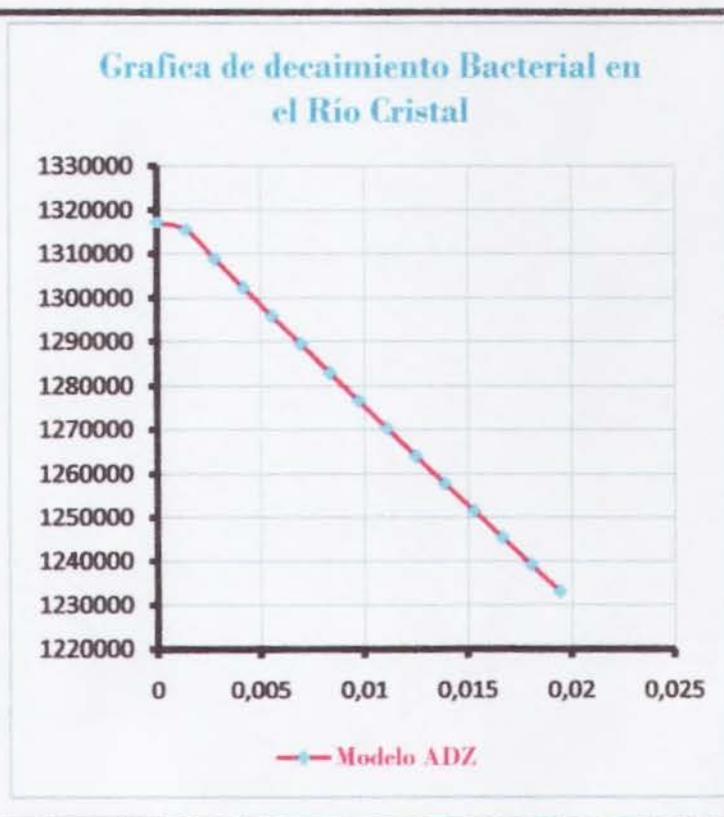
$$CF = \frac{1}{(t - \tau)} \frac{(e^{-kb(t - \tau)} - 1)}{(t - \tau)^{-1} + k_b}$$

$$CF(t) = 1242297,74 \text{ UFC/100ml}$$

$$T_{PROM} = 25,0 \text{ min}$$

$$T_{PROM} = 0,017 \text{ dias}$$

t(min)	t(dias)	CF
0	0	1317198
2	0,0014	1315549
4	0,0028	1308969
6	0,0042	1302430
8	0,0056	1295932
10	0,0069	1289474
12	0,0083	1283056
14	0,0097	1276679
16	0,0111	1270340
18	0,0125	1264041
20	0,0139	1257781
22	0,0153	1251559
24	0,0167	1245375
26	0,0181	1239230
28	0,0194	1233122





**BALANCE DE MASAS EN EL TERCER PUNTO DE MEZCLA DEL RIO CON LA SEGUNDA DESCARGA (AA SS),
PARA COLIFORMES FECALES**

$$CF_r = 1242297,74 \text{ UFC/100ml}$$

$$Q_r = 3,9234 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$CF_d = 591000 \text{ UFC/100ml}$$

$$Q_d = 0,003948 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$kb = 1,80513 \text{ dias}^{-1}$$

$$\tau = 2,50000 \text{ min}$$

$$\tau = 0,00174 \text{ dias}$$

$$u = 1242297,74 \text{ UFC/100ml}$$

$$CFM = CF_r + CF_d$$

$$QM = Q_r + Q_d$$

$$QM = 3,9274$$

$$CF_{M3} = 1833297,7 \text{ UFC/100ml}$$

$$CF = \frac{1}{(t - \tau)} \frac{(e^{-kbt} - 1)}{(t - \tau)^{-1} + kb} u$$

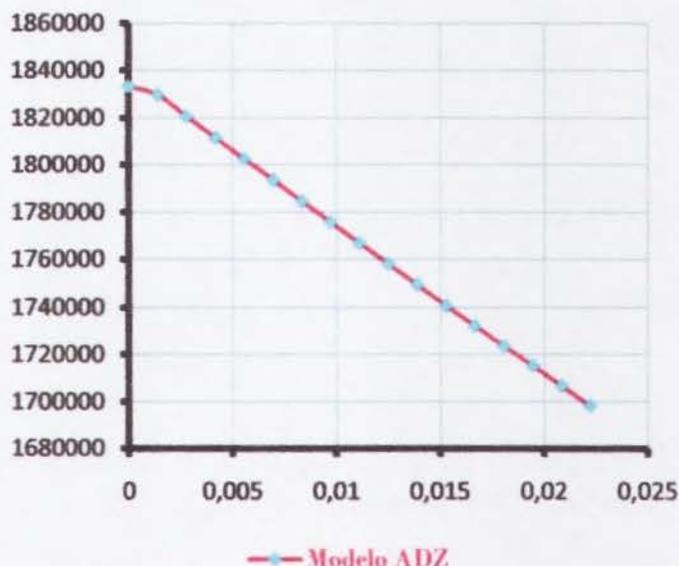
$$CF(t) = 1698405,22 \text{ UFC/100ml}$$

$$T_{PROM} = 32,0 \text{ min}$$

$$T_{PROM} = 0,022 \text{ dias}$$

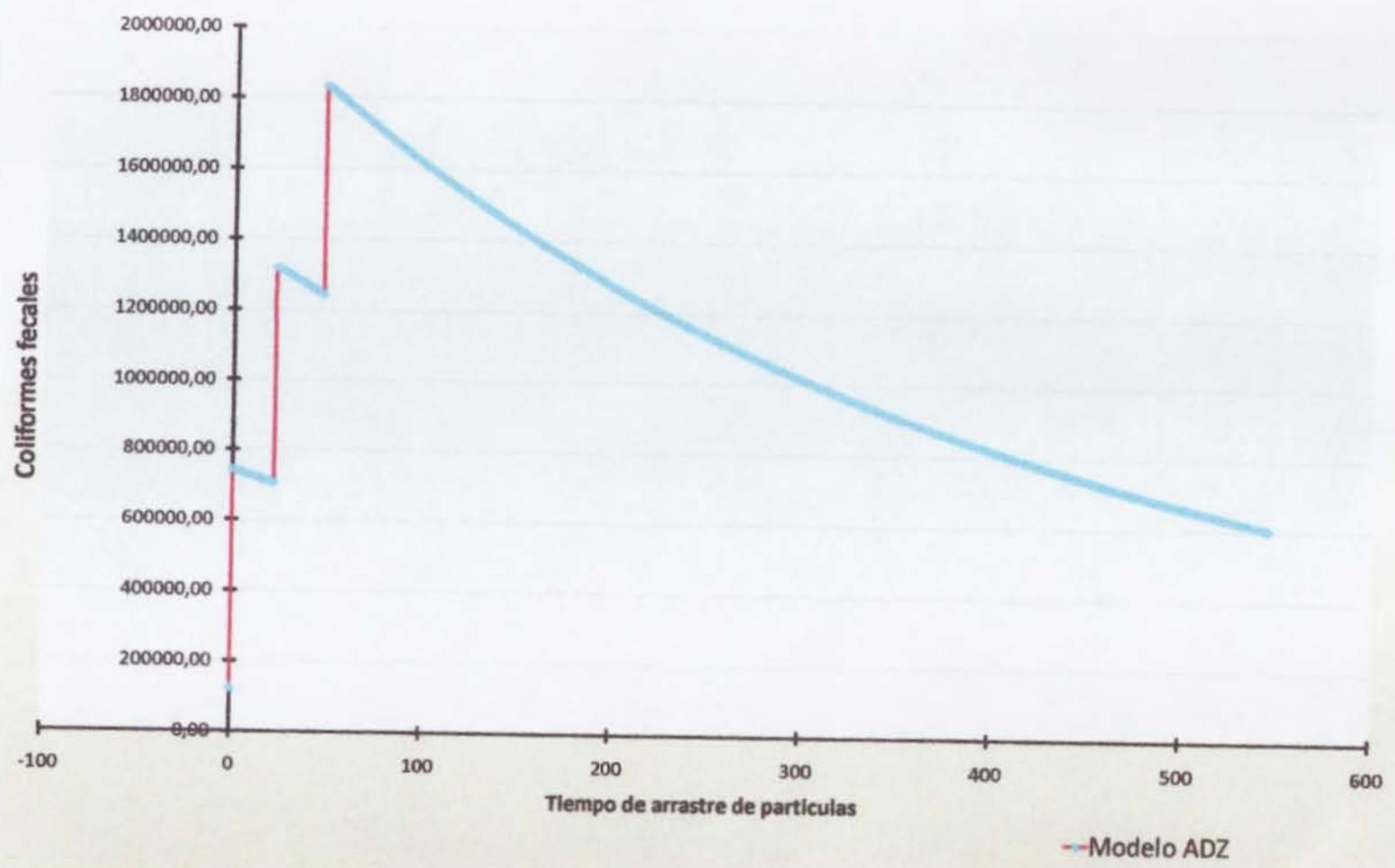
t (min)	t (dias)	CF
0	0	1833298
2	0,0014	1829854
4	0,0028	1820705
6	0,0042	1811612
8	0,0056	1802576
10	0,0069	1793597
12	0,0083	1784673
14	0,0097	1775804
16	0,0111	1766991
18	0,0125	1758231
20	0,0139	1749526
22	0,0153	1740874
24	0,0167	1732276
26	0,0181	1723730
28	0,0194	1715237
30	0,0208	1706795
32	0,0222	1698405
34	0,0236	1690066

Grafica de decaimiento Bacterial en el Río Cristal



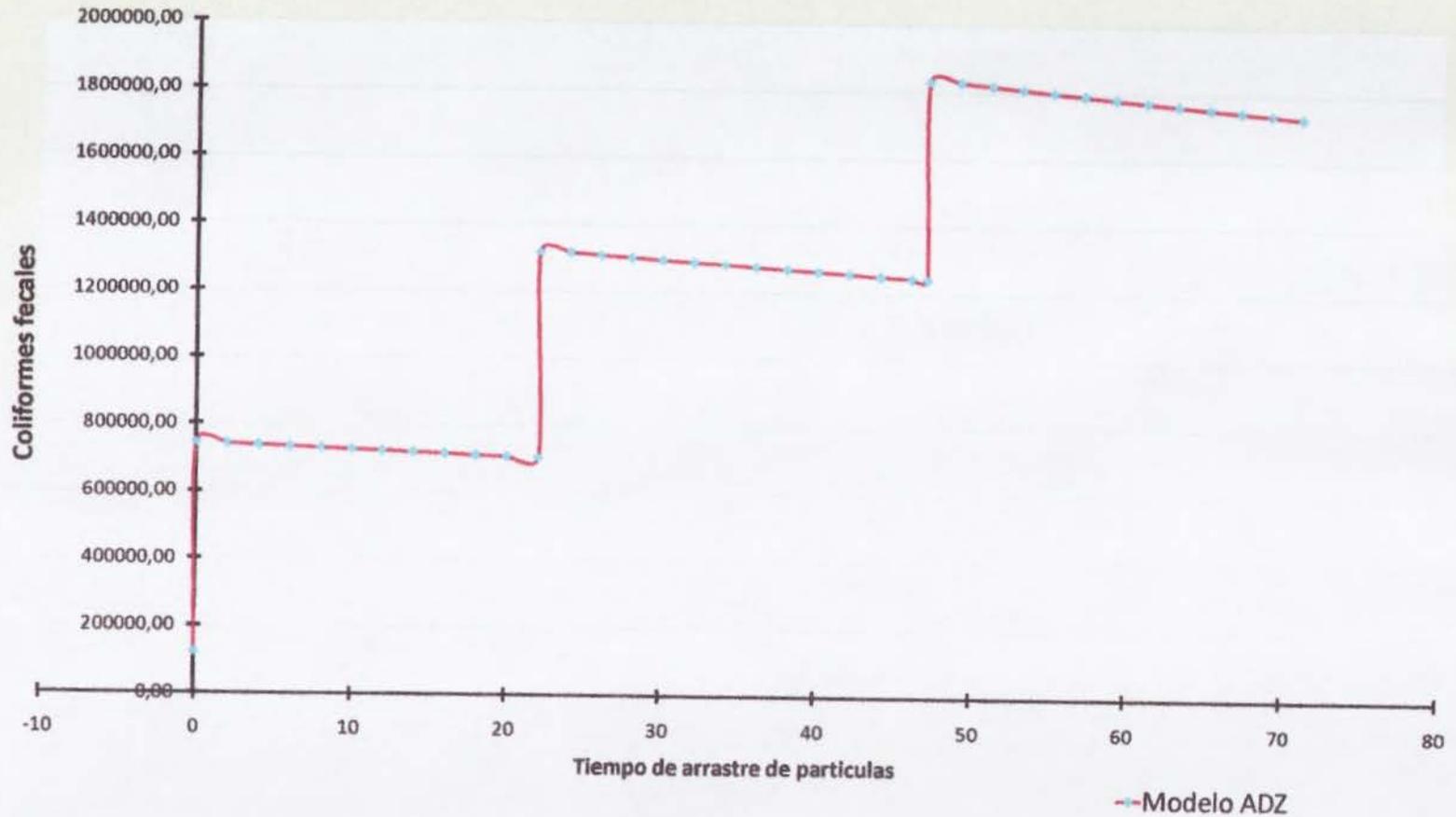
73	0,050694	1723730
75	0,052083	1715237
77	0,053472	1706795
79	0,054861	1698405
81	0,056250	1690066
82	0,056944	1685916
84	0,058333	1677653
86	0,059722	1669440
88	0,061111	1661277
90	0,062500	1653163
92	0,063889	1645099
94	0,065278	1637083
96	0,066667	1629115
98	0,068056	1621195
100	0,069444	1613323
102	0,070833	1605497
104	0,072222	1597719
106	0,073611	1589987
108	0,075000	1582301
110	0,076389	1574661
112	0,077778	1567066
114	0,079167	1559516
116	0,080556	1552011
118	0,081944	1544551
120	0,083333	1537134
122	0,084722	1529761
124	0,086111	1522432
126	0,087500	1515145
128	0,088889	1507902
130	0,090278	1500701
132	0,091667	1493542
134	0,093056	1486424
136	0,094444	1479349
138	0,095833	1472314
140	0,097222	1465321
142	0,098611	1458368
144	0,100000	1451455
146	0,101389	1444583
148	0,102778	1437750
150	0,104167	1430957
152	0,105556	1424202
154	0,106944	1417487
156	0,108333	1410810
158	0,109722	1404172
160	0,111111	1397571
162	0,112500	1391009
164	0,113889	1384484

Curva de Coliformes fecales por el metodo matematico ADZ del Rio Cristal
(t = 550 minutos)



t (min)	t (días)	CF
0	0	121000,00
Primer punto de mezcla		
0	0,00000	744000
2	0,00139	741208
4	0,00278	737505
6	0,00417	733826
8	0,00556	730169
10	0,00694	726535
12	0,00833	722923
14	0,00972	719334
16	0,01111	715767
18	0,01250	712222
20	0,01389	708699
22	0,01528	705198
Segundo punto de mezcla		
22	0,01528	1317198
24	0,01667	1315549
26	0,01806	1308969
28	0,01944	1302430
30	0,02083	1295932
32	0,02222	1289474
34	0,02361	1283056
36	0,02500	1276679
38	0,02639	1270340
40	0,02778	1264041
42	0,02917	1257781
44	0,03056	1251559
46	0,03194	1245375
47	0,032639	1242302
Tercer punto de mezcla		
47	0,032639	1833298
49	0,034028	1829854
51	0,035417	1820705
53	0,036806	1811612
55	0,038194	1802576
57	0,039583	1793597
59	0,040972	1784673
61	0,042361	1775804
63	0,043750	1766991
65	0,045139	1758231
67	0,046528	1749526
69	0,047917	1740874
71	0,049306	1732276

Curva de Coliformes fecales por el metodo matematico ADZ del Rio Cristal (t = 80 minutos)

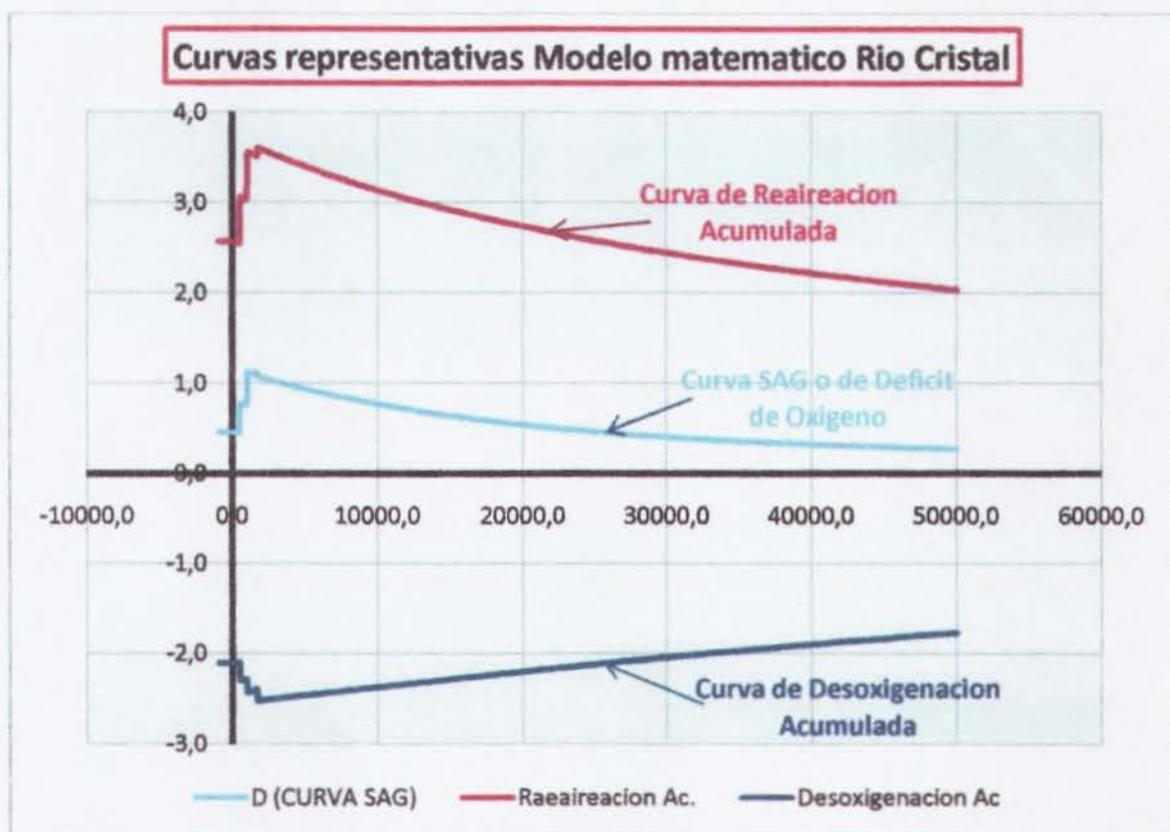




7. Evaluación de resultados.

Los resultados del modelo matemático reflejaron que las descargas de aguas servidas no afectan ni a la flora ni a la fauna del lugar ya que los niveles de Oxígeno Disuelto y de Demanda Bioquímica de Oxígeno están muy por encima de los límites permisibles estipulados en la Norma Ambiental Ecuatoriana, una de las razones de mayor importancia para que esto ocurra, es que el río contiene características de autopurificación generadas por la abundante reaeración que hace las veces de fuente reductora de residuos contaminantes

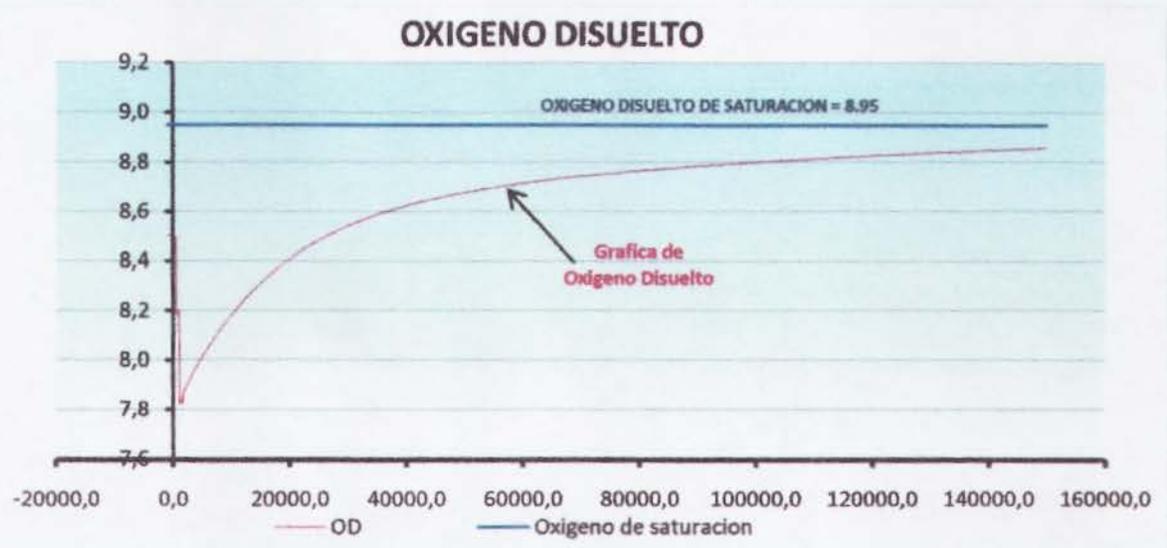
La siguiente grafica nos muestra y nos refleja lo que ocurre en el río:



Como se puede ver en la grafica anterior los valores de reaeración acumulada son mayores que los valores de la desoxigenación acumulada lo que me quiere decir que el río se recupera debido a la turbulencia originada por la pendiente significativa del tramo de estudio como es natural en los ríos de montaña.

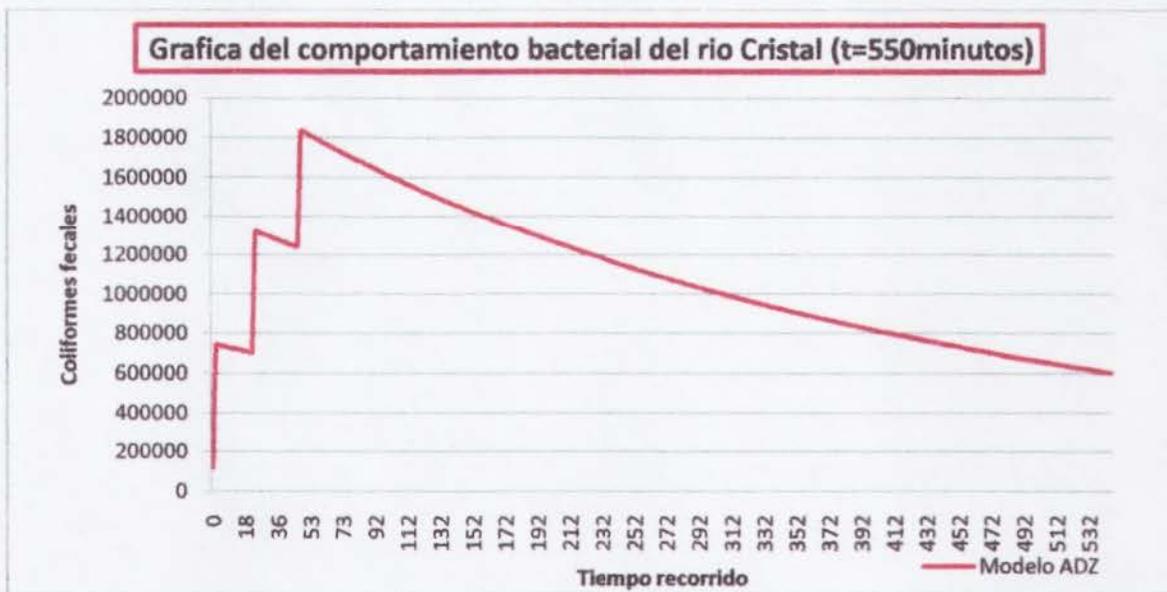
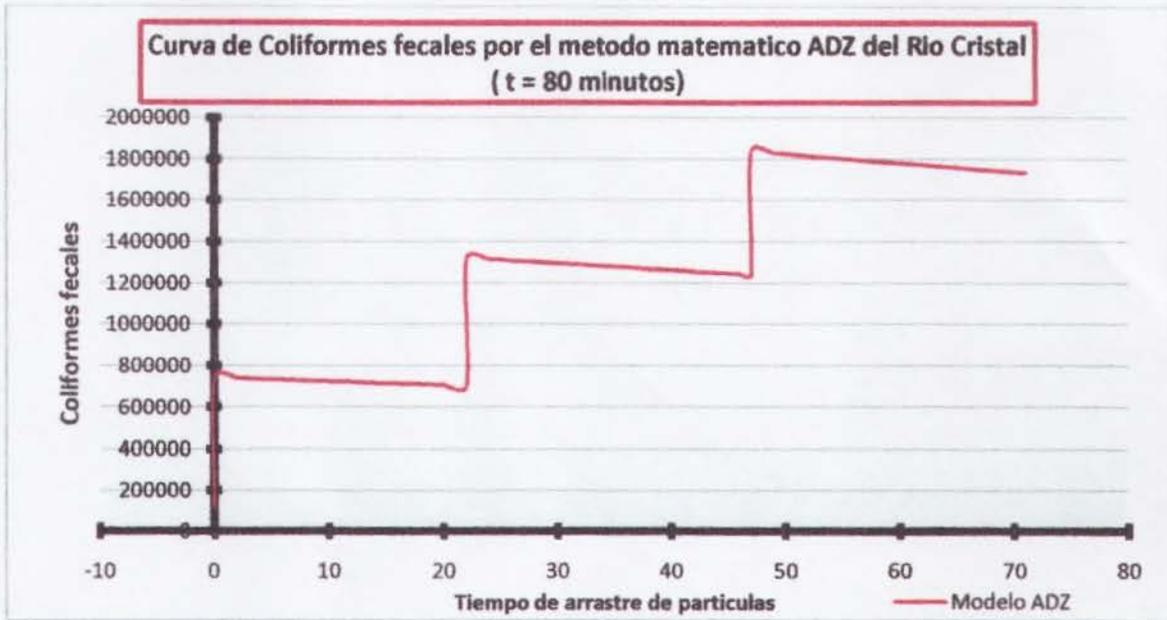


El OD aumenta hasta volverse tangente al Oxígeno disuelto de saturación. Como se lo puede observar en la siguiente grafica:



Nuestro verdadero problema se refleja en las Coliformes fecales y Coliformes totales que se encuentran en gran abundancia en el lecho del río y constituyen una de las razones más preocupantes ya que se convierten en un gran problema por la afectación de los usos del Río Cristal especialmente al ámbito turístico y en lo referente a la salud de las personas que habitan la zona, cabe recalcar que las enfermedades parasitarias son las de mayor incidencia en la localidad.

Para lo cual se realizó un estudio del comportamiento bacteriano del río utilizando los modelos de Zona muerta agregada y decaimiento de organismos patógenos obteniendo los siguientes resultados



Como se puede observar en la grafica los niveles bacteriales son bastante altos lo que me refleja niveles de contaminación muy perjudiciales especialmente en lo que tiene que ver con la salud de las personas que utilizan este recurso de forma directa e indirecta.



CAPITULO 8

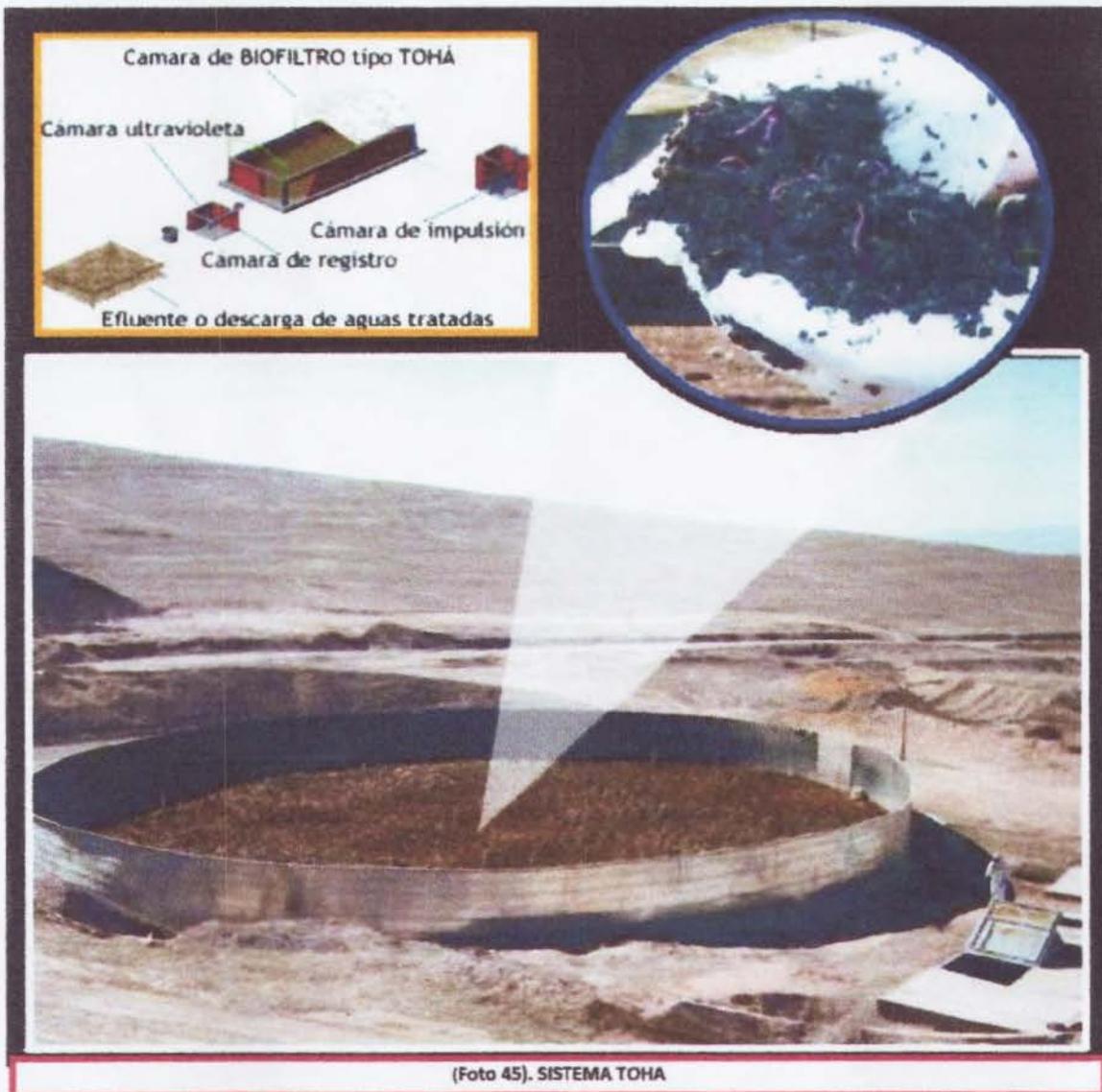
MEDIDAS CORRECTIVAS

8. Medidas correctivas.

Como medidas correctivas se recomienda realizar una planta de tratamiento ecológica por el sistema Tohá conformado por un lombrifiltro y una cámara de radiación ultravioleta.

El Sistema Tohá consta de dos etapas: en la primera, el agua residual escurre por gravedad a través de un lombrifiltro, donde se absorbe y procesa la materia orgánica.

En la segunda etapa del tratamiento, el efluente es derivado a una cámara de irradiación ultravioleta en donde se logra la eliminación de las bacterias patógenas en menos de un minuto.



En este sistema; al aplicar una tasa continua de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ de aguas servidas crudas, se obtienen reducciones del orden de 99% de DBO, 89% en nitrógeno y 70% en fósforo; de 2 a 3 escalas logarítmicas de coliformes fecales (107-102 NMP/100 mL) y reducciones superiores al 95% para sólidos suspendidos totales (SST), al 96% para sólidos suspendidos volátiles, cumpliendo con la normativa de 1000coliformes /100mL

Lombrifiltro

Se trata de una tecnología desarrollada hace más de 15 años por el Dr. José Tohá Castellá en el laboratorio de Biofísica de la Universidad de Chile y que hoy se presenta como una alternativa a sistemas tradicionales. La solución trata tanto aguas servidas como residuos industriales líquidos



(Foto 46). LOMBRICES

El lombrifiltro consiste en un estanque relleno por diferentes capas filtrantes, encontrándose en la más superficial, las lombrices que degradan los residuos orgánicos. El sistema consta de los siguientes pasos:

Se separan los residuos sólidos de mayor volumen a través de cámaras de reja o decantadores y se hace un tratamiento primario para separar los residuos grasos.

Posteriormente se realiza el tratamiento secundario. En esta etapa es donde se produce la gran diferencia con otros sistemas de tratamientos de agua. Ésta es bombeada a estanques (similares a piscinas) que contienen distintos estratos filtrantes. El afluente percola por estos estratos conteniendo las materias orgánicas. Una vez que esto ocurre, el biosólido es consumido por las lombrices, oxidándolo a anhídrido carbónico y agua y pasando a



(Foto 47). LOMBRIFILTRO



constituir masa corporal de las lombrices (un parte menor) y otra mayor a deyecciones de las mismas, constituyendo el llamado "humus de lombriz".

En conjunto con las lombrices, existe una gran cantidad de microorganismos presentes, como bacterias aerobias, protozoos y hongos, los que se alimentan también de la materia orgánica transformándola en agua, CO₂ y otros gases.

Este biofiltro comprende cuatro capas de diversos materiales.

- ❖ La capa superior consiste en material orgánico con un gran número de microorganismos y lombrices (Eiseniaphoetida) principalmente, las cuales absorben y digieren la materia orgánica dejando el agua sin su principal contaminante.
- ❖ La siguiente capa es de aserrín para una segunda filtración y hacer las veces de estrato de soporte.
- ❖ La tercera capa está formada por piedras de tamaño pequeño.
- ❖ La cuarta por piedras de mayor tamaño que sirven para la evacuación del efluente.

Estas dos últimas capas proveen soporte y aireación al sistema, asegurando su permeabilidad. El agua pasa a través del biofiltro sólo por gravedad y emerge clara y sin materia orgánica



(Foto 48). CAPAS DEL LOMBRIFILTRO



Ventajas

Este tipo de tratamiento biológico se consideran como una solución potencial para el tratamiento de aguas residuales domésticas a pequeña y mediana escala. El Sistema Tohá presenta las siguientes ventajas:

- ❖ **Espacios reducidos:** debido a la alta eficiencia de este tratamiento
- ❖ **Rápido:**, que elimina materiales desagradables como los olores
- ❖ **No produce lodos:** El tratamiento degrada los sólidos orgánicos del agua residual a través de la digestión de las lombrices y de la microbiología generada en los filtros, sin producir lodos.
- ❖ **El lecho filtrante no se impermeabiliza:** A diferencia de otros sistemas de filtros, el tratamiento nunca se colmata o impermeabiliza. Esta característica se debe principalmente a la acción de las lombrices que, con sus movimientos, crean túneles y canales que aseguran en todo momento la alta permeabilidad del filtro.
- ❖ **Costos:** Si se compara con las demás tecnologías, el sistema tiene costos de inversión menores, pese a que sólo requiere de la construcción de las obras civiles e instalación del relleno, la gran diferencia está en los costos operacionales ya que tiene menores requerimientos energéticos al no necesitar aireación. Además, la siembra de lombrices se realiza una sola vez y no se requiere personal especializado para administrar las plantas.
- ❖ **Abono natural:** Cada cierto tiempo, puede extraerse el exceso de humus de lombriz para utilizarlo como abono agrícola.
- ❖ **Reutilización:** El agua tratada que se obtiene, cumple con las normas ambientales para su disposición en aguas superficiales con o sin poder de dilución. Es decir, no queda potable, pero sí puede ser usada para riego, infiltración, descarga al mar o para reutilizarla para fines agrícolas o en irrigación de áreas verdes.
- ❖ **Medio ambiente:** El sistema no genera olores y no usa reactivos químicos ni sustancias tóxicas que dañen el medio ambiente.



Desventajas.

- ❖ No se puede realizar el tratamiento de aguas con organismos vivos en aguas con altos contenidos de sales, ya que las lombrices se deshidratan y pueden morir.



CAPITULO 9

BIBLIOGRAFIA



9. BIBLIOGRAFÍA

1. Walter Castagnino, Polución de cuerpos de agua. 1980.
2. Gerard Kiely. Ingeniería Ambiental. Mc Graw Hill. 1999.
3. Robert A. Corbitt. Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental. Mac Graw Hill. 2003.
4. Metcalf & Hedí. Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización. Mc Graw Hill. 1995.
5. Surface Water Quality Modeling – Steven Chapra
6. Introducción a la ingeniería y ciencias ambientales – Master, Gilbert ,Ella
7. Diseño de acueductos y alcantarillado – López Cualla
8. Wáter&Pollution Control - Hammer
9. Calidad de agua – Jairo Romero Rojas
10. Manual de tratamientos de aguas - (DSENY)
11. Chemistry for environmental engineering and science - Clair N. Sawyer, Perry L. McCarty, Gene F. Parkin
12. Tratamiento de Aguas residuales – Martínez
13. Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y la escorrentía (N. W. Hudson).
14. METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización. Editorial McGraw Hill.
15. RIGOLA L. Miguel. Tratamiento de aguas industriales
16. CRITES TCHOBANOGLOUS. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos y descentralizados. Tomo I