

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Ingeniería Ambiental

TRATAMIENTOS PRIMARIOS PARA GARANTIZAR LA
CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN POBLACIONES
RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES.
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

AUTORA:

DAYANA MICHELLE VÁSCONEZ CRUZ

DIRECTOR: ING. MIGUEL ARAQUE ARELLANO

Quito, Abril del 2013

DECLARACIÓN

Yo, Dayana Michelle Vásquez Cruz, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Politécnica Salesiana, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Quito, Abril 2013

DAYANA MICHELLE VÁSQUEZ CRUZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Dayana Michelle Vásquez Cruz, bajo mi supervisión.

ING. MIGUEL ARAQUE ARELLANO
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi agradecimiento especial es para DIOS, quién me ha dado la vida, guía mi camino y me fortalece día a día para culminar su proyecto que ha iniciado en mi, permitiéndome ser útil a mi mismo, a mi familia y a la sociedad.

En segundo lugar, siempre resulta difícil agradecer a aquellas personas que han colaborado con un proceso, con un trabajo, porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionarles a todos, siendo de mi parte imprescindible reconocer todo ese apoyo ya sea moral, intelectual y/o económico, que de una u otra manera han aportado para el desarrollo de mi plan de tesis y simplemente resumo mis palabras en un sentido MUCHAS GRACIAS.

Deseo agradecer especialmente a:

Mi Director de tesis Ing. Miguel Araque por su permanente contribución en cada etapa del trabajo; por su ejemplo, paciencia, dedicación, aporte de conocimientos, apoyo emocional y en especial por su calidad humana, que paso a paso me ha permitido terminar con éxito este proyecto. Infinitamente muy agradecida.

Mi familia por su apoyo y colaboración, mereciendo una mención especial mi tía CECY, que desinteresadamente me brindó su ayuda económica y espiritual.

Mi novio por su amor y comprensión, invirtiendo su tiempo para ayudarme a culminar una de mis metas.

DEDICATORIA

A las personas necesitadas de área rural de nuestro país, que con mi aporte puedan desarrollarse en su Comunidad, accediendo al consumo del líquido vital como es el agua en buenas condiciones, aceptables para el consumo humano, y con ello cumplir con el principio del BUEN VIVIR.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I	
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS	
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2. Objetivo específico	6
1.5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	6
CAPÍTULO II. MARCO LEGAL	
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR 2008	
2.1. TÍTULO II. DERECHOS	
2.1.1. Capítulo II. Derechos del buen vivir	
2.1.1.1. Sección PRIMERA. Agua	18
2.1.1.2. Sección SÉPTIMA. Salud	18
2.1.2. Capítulo VII. Derechos de la naturaleza	19
2.2. TÍTULO VII. RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR	
2.2.1. Capítulo II Biodiversidad y recursos naturales	20
2.2.1.1. Sección cuarta. Recursos naturales	20
2.2.1.2. Sección sexta. Agua	20
2.2.1.3. Sección séptima. Biosfera, ecología urbana y energías alternativas	21
LEY DE AGUAS PARA EL BUEN VIVIR “SUMAK KAWSAY”	
2.3. TÍTULO I. DISPOSICIONES GENERALES	
2.3.1. Capítulo I. Principios generales	22

2.4. TÍTULO II. DERECHO AL AGUA Y DERECHO DE LA NATURALEZA	
2.4.1. Capítulo I. Derecho al agua de consumo humano	24
2.5. TÍTULO VII. SERVICIOS, DERECHOS Y OBLIGACIONES, INFRAESTRUCTURA Y PRESUPUESTO	
2.5.1. Capítulo II. Derechos del buen vivir	
2.5.1.1. Sección primera. Manejo comunitario y de los servicios rurales	25
LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL	
2.6. TÍTULO I. Ámbito y principios de la gestión ambiental	28
2.7. TÍTULO II. DEL RÉGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	
2.7.1. Capítulo I. Del desarrollo sustentable	29
2.7.2. Capítulo II. De la autoridad ambiental	29
2.7.3. Capítulo III. Del sistema descentralizado de gestión ambiental	31
2.8. TÍTULO III. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL	
2.8.1. Capítulo I. De la planificación	32
2.8.2. Capítulo II. De la evaluación de impacto ambiental y del control	33
LEY ORGÁNICA DE SALUD	
2.9. LIBRO II. Salud y seguridad ambiental	
2.9.1. CAPÍTULO I. Del agua para el consumo humano	35
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	
3.1. INTRODUCCIÓN	37
3.2. MÉTODOS GENERALES DE TRATAMIENTO PRIMARIO PARA AGUAS SUPERFICIALES	36
3.2.1. Objetivos del tratamiento	38
3.2.2. Procesos de tratamiento	38

3.2.2.1. CAPTACIÓN	
3.2.2.1.1. Captación en embalses	39
3.2.2.1.2. Captación en ríos	39
3.2.2.1.3. Aducción	40
3.2.2.2. AIREACIÓN	
3.2.2.2.1. Generalidades	41
3.2.2.2.2. Tipos de aireadores	42
3.2.2.2.3. Control del proceso de aireación	43
3.2.2.3. COAGULACIÓN	
3.2.2.3.1. Generalidades	43
3.2.2.3.2. Objetivo principal	44
3.2.2.3.3. Mecanismo de la coagulación	45
3.2.2.3.4. Sustancias químicas utilizadas en la coagulación	48
3.2.2.3.5. Factores que influyen en la coagulación	49
3.2.2.3.6. Dosificadores	54
3.2.2.3.7. Tipos de coagulación	55
3.2.2.3.8. Remoción de turbiedad	57
3.2.2.4. FLOCULACIÓN	
3.2.2.4.1. Generalidades	58
3.2.2.4.2. Objetivo principal	59
3.2.2.4.3. Tipos de floculación	59
3.2.2.4.4. Parámetros de la floculación	60
3.2.2.4.5. Floculantes	60
3.2.2.5. DECANTACIÓN	
3.2.2.5.1 Generalidades	61
3.2.2.5.2. Mecanismos de la decantación	62
3.2.2.5.3. Lavado del decantador	63

3.2.2.6. FILTRACIÓN	
3.2.2.6.1. Generalidades	64
3.2.2.6.2. Tipos de los filtros	65
3.2.2.6.3. Operación del filtro lento	65
3.2.2.6.4. Periodo de maduración del filtro lento	65
3.2.2.6.5. Limpieza del filtro lento	66
3.2.2.7. DESINFECCIÓN (CLORACIÓN)	
3.2.2.7.1. Precauciones sobre el uso del cloro líquido	66
3.2.2.7.2. Indicaciones	68
3.2.2.7.3. Dosificadores para el cloro líquido	59
3.2.2.7.4. Demanda de cloro	69

CAPÍTULO IV. DIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

4.1. PLANTA DE TRATAMIENTO PARA 1000 HABITANTES	70
4.2. PLANTA DE TRATAMIENTO PARA 2000 HABITANTES	72
4.3. PLANTA DE TRATAMIENTO PARA 3000 HABITANTES	80.

CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

5.1. DEFINICIÓN	85
5.2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	85
5.3. PRINCIPIOS DE LA EVALUCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	85
5.4. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	87
5.6. METODOLOGÍA PROPUESTA	
5.6.1.1. Matriz de importancia	90
5.6.1.1.1. Signo	91
5.6.1.1.2. Intensidad	91
5.6.1.1.3. Extensión	92
5.6.1.1.4. Momento	93

5.6.1.1.5. Persistencia o Duración	93
5.6.1.1.6. Reversibilidad	95
5.6.1.1.7. Recuperabilidad	96
5.6.1.1.8. Sinergia	98
5.6.1.1.9. Acumulación	98
5.6.1.1.10. Efecto	99
5.6.1.1.11. Periodicidad	99

CAPÍTULO VI. PRESUPUESTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

6.1. PLANTA DE TRATAMIENTO PARA 1000 HABITANTES	102
6.2. PLANTA DE TRATAMIENTO PARA 2000 HABITANTES	112
6.3. PLANTA DE TRATAMIENTO PARA 3000 HABITANTES	113

CAPÍTULO VII.

CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	114

ÍNDICE DE ANEXOS

PLANOS

ANEXO 1: Diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la población de 1000 habitantes

ANEXO 2: Medidas de las unidades de la planta de tratamiento de agua potable para la población de 1000 habitantes

ANEXO 3: Diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la población de 2000 habitantes

ANEXO 4: Medidas de las unidades de la planta de tratamiento de agua potable para la población de 2000 habitantes

ANEXO 5: Diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la población de 3000 habitantes

ANEXO 6: Medidas de las unidades de la planta de tratamiento de agua potable para la población de 3000 habitantes

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de CARCHI	6
TABLA 2: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de IMBABURA	7
TABLA 3: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de PICHINCHA	8
TABLA 4: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de COTOPAXI	8
TABLA 5: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de TUNGURAHUA	9
TABLA 6: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de CHIMBORAZO	10
TABLA 7: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de BOLÍVAR	10
TABLA 8: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de CAÑAR	11
TABLA 9: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de AZUAY	12
TABLA 10: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de LOJA	12

TABLA 11: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de ESMERALDAS	13
TABLA 12: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de MANABI	14
TABLA 13: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de EL ORO	14
TABLA 14: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de SUCUMBIOS	15
TABLA 15: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de NAPO	16
TABLA 16: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de PASTAZA	16
TABLA 17: Poblaciones rurales en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento en la Provincia de ZAMORA CHIMCHIPE	17

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1: Coagulación	44
FIG. 2: Fuerza de repulsión y atracción	45
FIG. 3: Reestabilización de partículas	46
FIG. 4: Atrapamiento de las partículas en un floc	47
FIG. 5: Efecto de puente de las partículas en suspensión	48
FIG. 6: Condición de mezcla	54
FIG. 7: Coagulación por adsorción	56
FIG. 8: Coagulación por barrido	56
FIG. 9: Diagrama de remoción de turbiedad	57
FIG. 10: Flocculación	58

RESUMEN

La presente disertación de titulación va dirigido a las zonas rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes del Ecuador que no cuentan con acceso de agua potable, por tal motivo la tesis se enfoca en diseñar unidades de tratamiento primario de agua para las zonas rurales, con la finalidad de suministrar agua de buena calidad para el consumo de dichas poblaciones.

En el diseño del sistema de potabilización se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua a partir de aguas superficiales. El sistema consta de siete etapas para la potabilización: captación, aireación de cascada, coagulación utilizando el Sulfato de Aluminio, floculación, sedimentación, filtración lenta y desinfección.

Dentro de la ejecución del diseño se incluyeron cuatro áreas: edificio principal administrativo, laboratorio de control de calidad el mismo que constaría de equipos básicos para monitorear el agua que ingresa a la planta y el agua que sale después del tratamiento realizado, la zona de parqueadero y las áreas verdes

Debo indicar que el proyecto en mención también consta de la elaboración de la matriz de Importancia, evaluando los impactos ambientales positivos y negativos que se generan en la fase de construcción y en la fase de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, como resultado en ambas fase se encontraron impactos entre moderados y leves.

La información poblacional, climática y económica de las zonas rurales de nuestro país, así como también los parámetros de diseño para llevar a cabo la ejecución del proyecto, la desarrolle en el siguiente artículo; contribuyendo además, a orientar a los proyectistas, a mejorar la recopilación y manejo de información, para que se garantice una buena ejecución y operación de los sistemas, así como la sostenibilidad.

ABSTRACT

This is a thesis for graduation directed to rural areas made up by 1,000, 2,000 and 3,000 Ecuadorian inhabitants who do not have access to drinking water; this is the reason why this paper focuses on designing primary water treatment units for rural areas whose purpose is to supply quality water to the population mentioned above.

In the design of the system for making water drinkable, the water treatment base was dimensioned based on superficial water. This system consists of seven stages to become drinkable: obtaining, waterfall aeration, coagulation using the aluminum sulfate, flocculation and sedimentation, slow filtration and disinfection.

Four areas were included in the execution design: main administrative building, quality control laboratory which would have basic equipment to monitor the water that enters and leaves the base after being treated, the parking lot and the green areas.

It is a must to mention the project being done also has the making of the matrix of importance, making an evaluation on the positive and negative environmental impacts that are generated in the building stage and in the operational one and the maintenance of the treatment base, as a result in both stages moderate and smooth impacts were found.

The population, weather and economic information about the rural areas in our country as well as the parameters for the design to carry out the project execution were developed in the following article: contributing to guide the people carrying out the project to improve the recompilation and information management so that a good execution and handling of the systems as well as the sustainability can be guaranteed.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua como componente fundamental de la naturaleza es un recurso indispensable para la vida, y el desarrollo del ser humano, siendo el nutriente más esencial del mismo. El agua cubre tres cuartas partes de la superficie de la Tierra, tan solo el 3% de su volumen es agua dulce, de ese 3%, el 1% está en estado líquido, compuesto de ríos y lagos, y el 2% restante se encuentra formando casquetes polares, glaciares y masas de hielo.

Por consiguiente es primordial considerar como se contaminan las aguas dulces llevando a la concienciación del buen uso y la importancia de tratarlas para el consumo. En la medida que el hombre va satisfaciendo sus necesidades, éste se convierte en un agente contaminante para el agua, los desechos de las minas, botaderos a cielo abierto, industrias, fabricas y vertederos de desechos sólidos, en cantidades considerables producen intoxicaciones, enfermedades digestivas y envenenamientos a las personas que consumen sin un previo tratamiento.

Otros de los patrones de contaminación son los restos vegetales como las algas que causan mal sabor, las lluvias que arrastran grandes cantidades de tierra que enturbian y ensucian, mal uso de plaguicidas, insecticidas, pesticidas que contaminan. Si al realizar un análisis microscópico, tomando una muestra de estas aguas, se podría evidenciar con una sola gota de agua el hallazgo de miles de bacterias, estas como todas las bacterias no tienen sexo (asexuales), por tal motivo basta la presencia de una de ellas para su reproducción en grandes cantidades, que al consumir tanto niños como adultos serán afectados por enfermedades muy graves como hepatitis, tifoidea, fiebres intestinales y otros, son enfermedades que causan incluso la muerte, en especial niños menores de cinco años, por tal motivo para evitar enfermedades, epidemias y plagas.

El inadecuado abastecimiento de los servicios de suministro de agua y de saneamientos básicos en las zonas rurales del país, sumando las inestabilidades tanto económicas como políticas lesionan el desarrollo de las dichas comunidades y del país en general.

En los sistemas de agua de las zonas rurales, poco número cuenta con equipos de desinfección y muy escasos con equipos de tratamiento y filtración, por lo que los sistemas solo suministran agua entubada, pues no tienen el grado de potabilidad requerida por las normas nacionales de calidad.

Para que un sistema de abastecimiento de agua permanezca en el tiempo y contribuya realmente al bienestar y desarrollo, se debe considerar un conjunto de aspectos que tienen relación con el nivel de servicio, el uso eficiente del agua y la administración de dicho servicio.

El nivel de servicio implica la interrelación de la cobertura, continuidad, cantidad, calidad y costos los cuales son herramientas de suma importancia para el proyectista.

La actitud de la comunidad rural frente al Medio Ambiente en general y al recurso agua en particular, son aspectos relevantes. Entre otros tópicos a discutir, podemos citar la preservación de fuentes y aprovechamiento efectivo del Sistema de Abastecimiento; en este sentido el concepto de “Cultura de Agua” podrá entenderse como la forma en que la comunidad percibe y usa el agua, lo cual está relacionado con su cultura.

Si deseamos asegurar que se logre y mantenga el nivel de servicio alcanzado en una comunidad rural, se tiene que garantizar, que la capacidad de organización y de gestión de la localidad, sea capaz de generar, mantener y administrar su propio sistema de Abastecimiento de Agua, con un mínimo sostenible de apoyo externo, son aspectos que se involucran en el concepto de Autosugestión.

El desarrollo y objetivo de este proyecto se enfoca en mejorar la calidad del agua para zonas rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes con la instalación de una planta de tratamiento apoyados con planos y una metodología de trabajo basada en normas, que considera optimizar recursos y minimizar los impactos ambientales, para una fácil disponibilidad y operación de la misma, evitando los niveles de desigualdad que existen en el acceso, uso y gasto de agua potable en Ecuador.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el medio rural de nuestro país se tiene que las fuentes de agua dulce especialmente los ríos se encuentren con preocupantes niveles de contaminación, esto impide que las poblaciones rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes puedan disponer de agua apta para el consumo humano. Agudizándose la situación por la falta de atención de las autoridades competentes, constituyendo un serio problema, que influye en la salud de los habitantes y dificulta su desarrollo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de titulación busca dar una alternativa económicamente barata y amigable con el medio ambiente, con la finalidad de incrementar los estándares de calidad del agua destinada al consumo humano en poblaciones rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes en el Ecuador, evitando así un sinnúmero de enfermedades infecto contagiosas, procurando el bienestar de la población y una vida saludable que permita el normal desarrollo evolutivo de sus habitantes, en especial de los niños, ya que el agua al ser un elemento vital, redundando en las condiciones generales de vida y en el futuro promisorio no solo de las comunidades rurales sino del país entero.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Diseñar tratamientos primarios para garantizar la calidad del agua de consumo humano en poblaciones rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Investigar la normativa ambiental que se aplica para el mejoramiento de la calidad del agua destinada al consumo humano.
- ✓ Realizar el diseño de las unidades ambientales incluyendo detalles de las mismas en láminas tamaño A3.
- ✓ Obtener el presupuesto referencial de las obras ambientales.
- ✓ Desarrollar la matriz ambiental propuesta.

1.5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

1.5.1. REGIÓN INTERANDINA

CARCHI:

Capital: Tulcán

Población: 167.175 habitantes

TABLA 1

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes Zona Rural
BOLÍVAR	García Moreno	1406
	Los Andes	2260
	San Vicente de Pisur	2044
ESPEJO	El Goaltal	816
	El Ángel	1828
	San Isidro	2821
MIRA	Concepción	2807
	Juan Montalvo	1308
	Miro	2898
MONTÚFAR	Piartal	1140
	Fernández Salvador	1282
	Cristóbal Colon	2983
TULCÁN	El Carmelo	2789
	Maldonado	1703
	Pioter	718

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

IMBABURA

Capital: Ibarra

Población: 329.755 habitantes

TABLA 2

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
COTACACHI	Apuela	1824
	Peñaherrera	1624
	Plaza Gutiérrez	426
IBARRA	Angochagua	2968
	Carolina	2339
	Salinas	1741
PIMAMPIRO	Chuga	1080
	Mariano Acosta	1544
	San Francisco de Sigsipa	1269
SAN MIGUEL DE URQUQUI	Cahuasqui	1813
	Pablo Arenas	2118
	Tumbabiro	1817
ANTONIO ANTE	Imbaya	1279
	Atuntaqui	2013
	San José de Chaltura	3010

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

PICHINCHA

Capital: Quito

Población: 2.473.211 habitantes

TABLA 3

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
QUITO	Habaspamba	1901
	Chavezpamba	801
	Nono	1732
MEJÍA	El Chaupi	1456
PEDRO MONCAYO	La Esperanza	2986
	Tocachi	1985
CAYAMBE	Oton	1766
RUMIÑAHUI	Rumipamba	775

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

COTOPAXI

Capital: Latacunga

Población: 303.489 habitantes

TABLA 4

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
LA MANA	Pucayacu	2054
LATACUNGA	11 de Noviembre	1988
	José Guango Bajo	2869
PANGUA	Pinllopata	1030
	Ramón Campaña	1994
PUJILI	La Victoria	3016
	Pilalo	2640
SIGCHOS	Las Pampas	1943
	Palo Quemado	1030

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

TUNGURAHUA

Capital: Ambato

Población: 447.017 habitantes

TABLA 5

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
BAÑOS	Lligua	280
	Rio Negro	1246
	Rio Verde	1307
PATATE	El Triunfo	1583
	Los Andes	1391
	Sucre	2369
QUERO	Rumipamba	2973
	Yanayacu	1978
SAN PEDRO DE PELIELO	Benitez	2183
	Cotalo	1852
	El Rosario	2638
SANTIAGO DE PILLARO	Baquerizo Moreno	277
	Presidente Urbina	2800
	San Jose de Poalo	1880

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

BOLÍVAR

Capital: Guaranda

Población: 183.665 habitantes

TABLA 7

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
GUARANDA	San Lorenzo	1857
	Santa Fe	1752
SAN JOSE DE CHIMBO	Asunción	2837
	San Sebastián	1057
	San José de Chimbo	1407
SAN MIGUEL	Balsapamba	2765
	Regulo de Mora	944
	San Vicente	1143

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

CHIMBORAZO

Capital: Riobamba

Población: 425.207 habitantes

TABLA 6

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
ALAUSI	Guasuntos	2413
	Huigra	2352
	Sevilla	803
CHUNCHI	Capzol	899
	Gonzol	1729
	Llagos	1775
COLTA	Cañi	962
GUANO	Guanando	341
	La Providencia	553
	San Jose de Chazo	1037
PENIPE	Bilbao	196
	El Altar	1265
	Penipe	1025

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

CAÑAR

Capital: Azogues

Población: 217.020 habitantes

TABLA 8

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
ASOGUEZ	Pindling	2103
	Rivera	1542
	Taday	1637
BIBLIAN	Jerusalén	1745
	Nazon	2565
	Turupamba	1071
CAÑAR	Juncal	2069
	San Antonio	1964
	Ventura	1268
DELEG	Solano	1667
LA TRONCAL	Manuel J. Calle	2765

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

AZUAY

Capital: Cuenca

Población: 626.857 habitantes

TABLA 9

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
CHORDELEG	La Unión	1896
	Luis Galarza Orellana	1494
	Principal	1331
EL PAN	El Pan	710
	San Vicente	1840
GUALACEO	Daniel Córdova Toral	1702
	Luis Cordero Vega	2030
	Simón Bolívar	1128
NABON	Cochapata	3012
	El Progreso	2012
	Las Nieves	1282
PAUTE	Dug Dug	1903
	San Cristobal	2412
	Tomebamba	1349

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

LOJA

Capital: Loja

Población: 429.010 habitantes

TABLA 10

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
CALVAS	Colaisaca	1854
	El Lucero	2025
	Utuaña	1337
CATAMAYO	Guayquichuma	363
	San Pedro de Bendita	1590
	Zambi	580

CELICA	Cruzpamba	1094
	San Juan de Pozul	3035
	Sabanilla	2443
ESPINDOLA	27 de Abril	2083
	Bellavista	2335
	El Airo	997
GONZANAMA	La Libertad	2751
	Gonzanama	1109
	Sacapalca	2168

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

1.5.2. REGIÓN COSTA

ESMERALDAS

Capital: Esmeraldas

Población: 385.223 habitantes

TABLA 11

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
ELOY ALFARO	Atahualpa	1454
	Luis Vargas Torres	356
	San José de Cayapas	1513
ESMERALDAS	Camarones	2817
	Majua	2534
	Tabiazo	2660
MUISNE	Bolívar	1039
	Daule	2163
	Salinas	1117
RIOVERDE	Rioverde	1795
SAN LORENZO	5 de Junio	416
	Ancon	1814
	Mataje	1475

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

MANABÍ

Capital: Portoviejo

Población: 1.186.025 habitantes

TABLA 12

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
JIPIJAPA	América	3060
	La Unión	1941
PORTOVIEJO	Chirijos	2362
PUERTO LOPEZ	Puerto López	1058

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

EL ORO

Capital: Machala

Población: 559.846 habitantes

TABLA 13

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
ARENILLAS	Carcabon	736
	Chacras	1538
ATAHUALPA	Ayapamba	1387
	Milagro	472
	San Jose	365
BALSAS	Balsas	1598
CHILLA	Chilla	1459
LAS LAJAS	El Paraíso	761
	La Libertad	768
	La Victoria	1454

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

1.5.3. REGIÓN AMAZÓNICA

SUCUMBÍOS

Capital: Nueva Loja

Población: 128.995 habitantes

TABLA 15

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento:

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
CASALES	Santa Rosa de Sucumbios	781
CUYABENO	Aguas negras	1463
	Cuyabeno	392
GONZALO PIZARRO	El Reventador	1501
	Gonzalo Pizarro	2955
	Lumbaqui	1218
PUTUMAYO	Puerto Bolívar	279
	Puerto El Carmen	1254
	Santa Elena	1994
SUCUMBIOS	La Bonita	262
	La Sofía	104
	Rosa Florida	382

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

NAPO

Capital: Tena

Población: 90.139 habitantes

TABLA 15

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
EL CHACO	El Chaco	790
	Linares	209
	Oyacachi	620
QUIJOS	Baeza	255
	Cosanga	505
	Cuyuja	614
TENA	Pano	1362
	Talag	2768

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

PASTAZA

Capital: Puyo

Población: 61.779 habitantes

TABLA 16

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
MERA	Madre Tierra	1598
PASTAZA	Canelos	2163
	10 de Agosto	1144
	Fátima	963
SANTA CLARA	San José	735
	Santa Clara	1518
ARAJUNO	Arajuno	2516
	Curaray	2685

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

ZAMORA CHINCHIPE

Capital: Zamora

Población: 76.601 habitantes

TABLA 17

Poblaciones en las cuales se podría implementar la planta de tratamiento

Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Habitantes zona rural
CHINCHIPE	Chito	2330
	La chonta	261
	San Andrés	416
EL PANGUI	El Guismi	1604
	El Panguí	1904
	Pachicutza	1290
NANGARITZA	Guaysimi	827
	Nuevo paraíso	594
	Zurmi	2004
PALANDA	El Porvenir del Carmen	1484
	La Canela	355
	Palanda	1702
PAQUISHA	Bellavista	301
	Nuevo Quito	2101
	Paquisha	449

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. INEC. Datos censales año 2010.

CAPÍTULO II

MARCO LEGAL

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR 2008

2.1. TÍTULO II

DERECHOS

2.1.1. CAPÍTULO II

DERECHOS DEL BUEN VIVIR

2.1.1.1. SECCIÓN PRIMERA

AGUA

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público

2.1.1.2. SECCIÓN SÉPTIMA

SALUD

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional.

2.1.2. CAPÍTULO VII

DERECHOS DE LA NATURALEZA

Art. 71.- La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Art. 73.-El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 74.-Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

2.2. TÍTULO VII

RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

2.2.1. CAPÍTULO II

BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

2.2.1.1. SECCIÓN CUARTA

RECURSOS NATURALES

Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico.

Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución. El Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos, en un monto que no será inferior a los de la empresa que los explota. El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad.

2.2.1.2. SECCIÓN SEXTA

AGUA

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

2.2.1.3. SECCIÓN SÉPTIMA

BIOSFERA, ECOLOGÍA URBANA Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Art. 413.-El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

LEY DE AGUAS PARA EL BUEN VIVIR “SUMAK KAWSAY”

2.3. TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

2.3.1. CAPÍTULO I

PRINCIPIOS GENERALES

Art. 1.- El Estado Plurinacional Ecuatoriano reconoce y garantiza el derecho humano al agua. Constituye un derecho fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Es considerado también como un elemento vital para la naturaleza y la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización y su gestión será exclusivamente pública o comunitaria

Art. 2.- Las disposiciones de la presente Ley regulan el ejercicio del derecho humano fundamental al agua, su gestión, aprovechamiento y conservación, incluyendo las aguas marítimas, superficiales, subterráneas, glaciares y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas.

Art. 3.- El objeto de la presente ley es regular la obtención, preservación, conservación, uso y aprovechamiento del agua, comprendidos dentro del territorio nacional en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el Sumak Kawsay o buen vivir.

Art. 4.- Son titulares de derecho de la presente Ley: las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades, campesinos y la naturaleza, así como las agrupaciones que constituyan una unidad en el uso y aprovechamiento del agua

Art. 5.- Son principios generales para la gestión del agua:

- a) El agua es un derecho humano fundamental, de necesidad y utilidad pública, de interés y seguridad nacional.
- b) El derecho humano al agua no debe interpretarse de forma restrictiva, simplemente en relación con cantidades volumétricas y consideraciones de tipo tecnológico. El

agua debe tratarse como un bien social y cultural, y no como un bien económico.

- c) El modo en que se ejerza el derecho al agua también debe ser sustentable, de manera que este derecho pueda ser ejercido por las generaciones actuales y futuras.
- d) La función social del agua es garantizar el consumo humano, la soberanía alimentaria, el caudal ecológico y las actividades productivas.
- e) La gestión del agua respetará la territorialidad de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos tomando en cuenta los valores sociales, ecológicos y organizativos.
- f) La participación, gestión social y comunitaria, estará garantizada en todos los niveles de decisión.
- g) El uso democrático y equitativo del agua fomenta la redistribución a favor de los grupos empobrecidos y de atención prioritaria, las economías campesinas y las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades; se proscribire toda forma de acaparamiento o privatización.
- h) La gestión del patrimonio hídrico nacional es exclusivamente Estatal o comunitaria.
- i) La gestión del agua es multidimensional, involucra aspectos ambientales, socioeconómicos, culturales, paisajísticos y recreativos.
- j) La presente Ley se fundamenta en los principios de precaución, prevalencia, corresponsabilidad, solidaridad y sustentabilidad.

Art. 6.- En caso de dudas o vacíos en las normas se aplicarán las que más favorezcan a la naturaleza, a la salud del agua, a la vida y a la soberanía alimentaria de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y las personas.

2.4. TÍTULO II

DERECHO AL AGUA Y DERECHO DE LA NATURALEZA

2.4.1. CAPÍTULO I

EL DERECHO AL AGUA DE CONSUMO HUMANO

Art. 15.- El agua es un derecho humano fundamental. Debe estar disponible en la cantidad y calidad necesarias, para garantizar el consumo humano, la producción para la soberanía alimentaria y la sostenibilidad de los ecosistemas, que son usos prioritarios en este orden. El Estado garantiza el ejercicio de este derecho, en base a los principios; Exigibilidad, obligatoriedad, generalidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad y calidad, interdependencia, progresividad e intergeneracionalidad.

Art. 16.- Es un derecho de todos lo habitantes del Ecuador el acceso al agua de consumo humano y uso doméstico. El Estado ecuatoriano garantiza el ejercicio de este derecho.

Los elementos constitutivos del derecho de las personas al agua son:

- a) Disponibilidad: debe ser suficiente y sin interrupciones
- b) Calidad: apta para el consumo humano que garantice la salud pública
- c) Accesibilidad: Los servicios e instalaciones deben ser accesibles para las personas sin ninguna forma de discriminación, respetando las particularidades culturales, sociales de diverso tipo, que permitan el acceso a un mínimo vital gratuito y a tarifas diferenciadas.
- d) Acceso a Información: todas las personas tienen derecho a solicitar, recibir y difundir todo tipo de información relacionada al agua y sus fuentes.

Art. 17.- El Estado garantiza la gratuidad del ejercicio de este derecho en el mínimo necesario de agua de consumo humano. Se establece en 40-60 litros diarios por persona. El consumo superior a esta cantidad se cobrará de acuerdo a las tarifas establecidas por las entidades encargadas de brindar este servicio a través de las Empresas Municipales o Juntas Comunitarias de Agua Potable.

Art. 18.- Para atender a las poblaciones necesitadas se priorizará y fortalecerá la gestión comunitaria o colectiva de los sistemas de agua para consumo humano y se establecerán en el presupuesto nacional los recursos necesarios para apoyar a todos los sistemas de agua potable.

2.5. TÍTULO VII

SERVICIOS, DERECHOS Y OBLIGACIONES, INFRAESTRUCTURA Y
PRESUPUESTO

2.5.1. CAPÍTULO II

DERECHOS DEL BUEN VIVIR

2.5.1.1. SECCIÓN PRIMERA

MANEJO COMUNITARIO Y DE LOS SERVICIOS RURALES

Art. 116.- En el ámbito rural la gestión integral del agua y prestación de servicios de agua potable y/o alcantarillado sanitario y riego se realizará mediante el manejo comunitario, los sistemas serán administrados por las mismas comunidades o juntas de agua potable, de riego, comités de páramo y manejo de fuentes, y otros, sujetas a las regulaciones que la presente Ley establece. No existirá límite poblacional mínimo y máximos para la conformación de estas entidades. La administración y manejo del agua al interior de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos se realizará de acuerdo a sus normas, derecho propio y costumbres ancestrales.

Se pretende alcanzar la prestación universal y de calidad de los servicios de agua para consumo humano, alcantarillado y riego, en base de la participación responsable de la comunidad y promover la educación para la salud y la nueva cultura del agua y la aplicación de reglas de desempeño institucional. La gestión comunitaria del agua gozará de autonomía administrativa y financiera y su estructura orgánica y funcional, régimen contable y administrativo serán establecidos en el reglamento de la presente Ley. Los recursos de las organizaciones comunitarias provendrán de las tarifas, donaciones y aportes de la comunidad.

Art. 117.- En su respectiva jurisdicción, las Juntas Provinciales de Administración del agua del CPA, autorizarán el funcionamiento de los sistemas de gestión comunitaria y concederán la respectiva personería jurídica en el caso de que no sean organizaciones comunitarias legalmente establecidas. Cuando exista acefalia, dejación o abandono de las funciones por parte de las organizaciones comunitarias de gestión de agua, la respectiva Junta Provincial de Administración del CPA intervendrá y facilitará la constitución de una nueva organización que reemplace a la anterior.

Art. 118.- Las entidades comunitarias que operen dentro de una misma zona o región podrán integrar asociaciones o uniones, conformando una persona jurídica distinta, a todos los efectos. Rigen con relación a ellas las mismas disposiciones que para las entidades unitarias.

Art. 119.- Serán responsabilidades de las organizaciones de gestión comunitaria:

- a) Celebrar acuerdos para la construcción, equipamiento, rehabilitación y reparación de infraestructura y ejecutar dichos convenios.
- b) Gestionar, administrar, mantener y operar los respectivos sistemas.
- c) Formular en base del consenso de la comunidad el reglamento del servicio, basado en las normas de la presente ley.
- d) Organizar una instancia de control interno de la comunidad o a través de una entidad externa.
- e) Rendir cuenta de su gestión, a la Asamblea de la Comunidad, e informar de su gestión a la respectiva Junta Provincial del CPA
- f) Vigilar y proteger las fuentes de abastecimiento, evitar su contaminación, y en general, ayudar a la protección de las cuencas hidrográficas de influencia.

Art. 120.- La planificación, el diseño, y la ejecución de las obras de infraestructura de los sistemas de agua para consumo humano, alcantarillado, riego comunitario y campesino, drenaje y control de inundaciones serán participativos entre el Estado y los usuarios,

comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades, campesinos, asociaciones, cooperativas y juntas de agua.

Art. 121.- La construcción y rehabilitación de obras de agua para consumo humano, riego comunitario y campesino, drenaje y control de inundaciones en general serán financiadas por el Estado.

Art. 122.- Serán consideradas obras prioritarias y de inversión social la construcción y rehabilitación de los sistemas de riego comunitario y campesino; para el abastecimiento de agua que contribuyan a la soberanía alimentaria de todos/as los/as ecuatorianos/as.

Art. 123.- Todas las obras de captación, conducción, distribución, protección y almacenamiento y demás activos de los sistemas de agua potable, saneamiento y riego comunitarios, constituyen bienes exclusivamente dedicados a estos servicios, son de propiedad comunitaria y estatal y queda prohibida su enajenación, alteración o destrucción.

Art. 124.- Previa a la construcción de obras de infraestructura en el caso de que estas obras se encuentren dentro de las tierras y territorios de comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades, campesinos, se deberá obtener el consentimiento previo, libre e informado.

Art. 125.- Es obligación del Estado proporcionar a través de los organismos respectivos la capacitación y asistencia técnica para la gestión integral del agua, de los sistemas de riego.

Art. 126.- El control y operación de los sistemas de riego en general será la contraparte de los beneficiarios. Los usuarios de un acueducto contribuirán proporcionalmente, según sus derechos, a la limpieza, reparación y sostenimiento, protección de fuentes, administración del mismo, así como para las construcciones y más obras necesarias, para su mejoramiento y conservación.

Art. 127.- A los Gobiernos Provinciales les compete: planificar, construir, operar y mantener los sistemas de riego estatales o construidos por fondos públicos, mientras que al Instituto Comunitario de Gestión Integral del Agua COMUNAGUA, le corresponde el riego comunitario.

LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

2.6. TÍTULO I

ÁMBITO Y PRINCIPIOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3.- El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Art. 4.- Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

Art. 5.- Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales. En el sistema participará la sociedad civil de conformidad con esta Ley.

Art. 6.- El aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del patrimonio de áreas naturales protegidas del Estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales.

2.7. TÍTULO II

DEL RÉGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

2.7.1. CAPÍTULO I

DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo. Para la preparación de las políticas y el plan a los que se refiere el inciso anterior, el Presidente de la República contará, como órgano asesor, con un Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable, que se constituirá conforme las normas del Reglamento de esta Ley y en el que deberán participar, obligatoriamente, representantes de la sociedad civil y de los sectores productivos.

2.7.2. CAPÍTULO II

DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL

Art. 8.- La autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado. El Ministerio del ramo, contará con los organismos técnico - administrativos de apoyo, asesoría y ejecución, necesarios para la aplicación de las políticas ambientales, dictadas por el Presidente de la República.

Art. 9.- Le corresponde al Ministerio del ramo:

- a) Elaborar la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial y los planes seccionales.

- b) Proponer, para su posterior expedición por parte del Presidente de la República, las

normas de manejo ambiental y evaluación de impactos ambientales y los respectivos procedimientos generales de aprobación de estudios y planes, por parte de las entidades competentes en esta materia.

- c) Aprobar anualmente la lista de planes, proyectos y actividades prioritarios, para la gestión ambiental nacional.
- d) Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar normas técnicas, manuales y parámetros generales de protección ambiental, aplicables en el ámbito nacional; el régimen normativo general aplicable al sistema de permisos y licencias de actividades potencialmente contaminantes, normas aplicables a planes nacionales y normas técnicas relacionadas con el ordenamiento territorial.
- e) Determinar las obras, proyectos e inversiones que requieran someterse al proceso de aprobación de estudios de impacto ambiental.
- f) Establecer las estrategias de coordinación administrativa y de cooperación con los distintos organismos públicos y privados.
- g) Dirimir los conflictos de competencia que se susciten entre los organismos integrantes del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental; la resolución que se dicte al respecto causará ejecutoria. Si el conflicto de competencia involucra al Ministerio del ramo, éste remitirá el expediente al Procurador General del Estado, para que resuelva lo pertinente. Esta resolución causará ejecutoria.
- h) Recopilar la información de carácter ambiental, como instrumento de planificación, de educación y control. Esta información será de carácter público y formará parte de la Red Nacional de Información Ambiental, la que tiene por objeto registrar, analizar, calificar, sintetizar y difundir la información ambiental nacional.
- i) Constituir Consejos Asesores entre los organismos componentes del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental para el estudio y asesoramiento de los asuntos relacionados con la gestión ambiental, garantizando la participación de los entes seccionales y de la sociedad civil.

- j)** Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes.
- k)** Definir un sistema de control y seguimiento de las normas y parámetros establecidos y del régimen de permisos y licencias sobre actividades potencialmente contaminantes y la relacionada con el ordenamiento territorial.
- l)** Regular mediante normas de bioseguridad, la propagación, experimentación, uso, comercialización e importación de organismos genéticamente modificados.
- m)** Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas y en acciones concretas que se adopten para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales.

2.8.3. CAPÍTULO III

DEL SISTEMA DESCENTRALIZADO DE GESTIÓN AMBIENTAL

Art. 10.- Las instituciones del Estado con competencia ambiental forman parte del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y se someterán obligatoriamente a las directrices establecidas por el Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable. Este Sistema constituye el mecanismo de coordinación transectorial, integración y cooperación entre los distintos ámbitos de gestión ambiental y manejo de recursos naturales; subordinado a las disposiciones técnicas de la autoridad ambiental.

Art. 11.- El Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental estará dirigido por la Comisión Nacional de Coordinación, integrada de la siguiente forma:

- 1)** El Ministro del ramo, quien lo presidirá.
- 2)** La máxima autoridad de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES.
- 3)** Un representante del Consorcio de Consejos Provinciales.
- 4)** Un representante de la Asociación de Concejos Municipales.

- 5) El Presidente del Comité Ecuatoriano para la Protección de la Naturaleza y Defensa del Medio Ambiente, CEDECNMA.
- 6) Un representante del Consejo de Desarrollo de las Nacionalidades y Pueblos del Ecuador, CODENPE.
- 7) Un representante de los pueblos negros o afroecuatorianos.
- 8) Un representante de las Fuerzas Armadas.
- 9) Un representante del Consejo Nacional de Educación Superior, que será uno de los rectores de las universidades o escuelas politécnicas.

2.8. TÍTULO III

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

2.8.1. CAPÍTULO I

DE LA PLANIFICACIÓN

Art. 14.- Los organismos encargados de la planificación nacional y seccional incluirán obligatoriamente en sus planes respectivos, las normas y directrices contenidas en el Plan Ambiental Ecuatoriano (PAE). Los planes de desarrollo, programas y proyectos incluirán en su presupuesto los recursos necesarios para la protección y uso sustentable del medio ambiente. El incumplimiento de esta disposición determinará la inejecutabilidad de los mismos.

Art. 15.- El Ministerio a cargo de las finanzas públicas, en coordinación con el Ministerio del ramo elaborará un sistema de cuentas patrimoniales, con la finalidad de disponer de una adecuada valoración del medio ambiente en el país y procurarán internalizar el valor ecológico de los recursos naturales y los costos sociales derivados de la degradación ambiental. El Ministerio del ramo presentará anualmente al Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental un informe técnico en el que consten los resultados de la valoración económica del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Art. 16.- El Plan Nacional de Ordenamiento Territorial es de aplicación obligatoria y contendrá la zonificación económica, social y ecológica del país sobre la base de la capacidad del uso de los ecosistemas, las necesidades de protección del ambiente, el respeto a la propiedad ancestral de las tierras comunitarias, la conservación de los recursos

naturales y del patrimonio natural. Debe coincidir con el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio. El ordenamiento territorial no implica una alteración de la división político administrativa del Estado.

Art. 17.- La formulación del Plan Nacional de Ordenamiento Territorial la coordinará el Ministerio encargado del área ambiental, conjuntamente con la institución responsable del sistema nacional de planificación y con la participación de las distintas instituciones que, por disposición legal, tienen competencia en la materia, respetando sus diferentes jurisdicciones y competencias.

Art. 18.- El Plan Ambiental Ecuatoriano, será el instrumento técnico de gestión que promoverá la conservación, protección y manejo ambiental; y contendrá los objetivos específicos, programas, acciones a desarrollar, contenidos mínimos y mecanismos de financiación así como los procedimientos de revisión y auditoría.

2.8.2. CAPÍTULO II

DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y DEL CONTROL AMBIENTAL

Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

Art. 22.- Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas. La evaluación del cumplimiento de los planes de manejo ambiental aprobados se realizará mediante la auditoría ambiental, practicada por consultores previamente calificados por el Ministerio del ramo, a fin de establecer los correctivos que deban hacerse.

Art. 23.- La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;

- a) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y,
- b) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

Art. 24.- En obras de inversión públicas o privadas, las obligaciones que se desprendan del sistema de manejo ambiental, constituirán elementos del correspondiente contrato. La evaluación del impacto ambiental, conforme al reglamento especial será formulada y aprobada, previamente a la expedición de la autorización administrativa emitida por el Ministerio del ramo.

Art. 25.- La Contraloría General del Estado podrá, en cualquier momento, auditar los procedimientos de realización y aprobación de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, determinando la validez y eficacia de éstos, de acuerdo con la Ley y su Reglamento Especial.

También lo hará respecto de la eficiencia, efectividad y economía de los planes de prevención, control y mitigación de impactos negativos de los proyectos, obras o actividades. Igualmente podrá contratar a personas naturales o jurídicas privadas para realizar los procesos de auditoría de estudios de impacto ambiental.

Art. 26.- En las contrataciones que, conforme a esta Ley deban contar con estudios de impacto ambiental, los documentos precontractuales contendrán las especificaciones, parámetros, variables y características de esos estudios y establecerán la obligación de los contratistas de prevenir o mitigar los impactos ambientales. Cuando se trate de concesiones, el contrato incluirá la correspondiente evaluación ambiental que establezca las condiciones ambientales existentes, los mecanismos para, de ser el caso, remediarlas y las normas ambientales particulares a las que se sujetarán las actividades concesionadas.

Art. 27.- La Contraloría General del Estado vigilará el cumplimiento de los sistemas de control aplicados a través de los reglamentos, métodos e instructivos impartidos por las distintas instituciones del Estado, para hacer efectiva la auditoría ambiental. De existir indicios de responsabilidad se procederá de acuerdo a la ley.

LEY ORGÁNICA DE SALUD

2.9. LIBRO II

SALUD Y SEGURIDAD AMBIENTAL

2.9.1. TÍTULO ÚNICO

2.9.1.1. CAPÍTULO I

DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO

Art. 303.- La Autoridad Sanitaria Nacional en coordinación con la autoridad ambiental, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias.

El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva.

Art. 309.- Declarase de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano. Es obligación del Estado, mediante la administración de los gobiernos proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano.

Art. 310.- Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las fuentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua. La Autoridad Sanitaria Nacional, en coordinación con la autoridad responsable del manejo del agua, tomará medidas para prevenir, controlar, mitigar, remediar y sancionar la contaminación de las fuentes de agua para consumo humano.

Art. 311- A fin de garantizar la calidad e inocuidad, la Autoridad Sanitaria Nacional en coordinación con la autoridad responsable del manejo, vigilará el agua todo abastecimiento de agua para consumo humano; para lo cual se establecerán las normas y reglamentos que permitan asegurar la protección de la salud humana.

Art. 312.- Queda prohibida la descarga de aguas residuales sin el tratamiento para satisfacer los criterios sanitarios emitidos, así como de residuos peligrosos que conlleven riesgos para la salud pública, a cuerpos de agua que se destinan para uso o consumo humano.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. INTRODUCCIÓN

Las aguas superficiales que se disponen para el consumo humano se las puede considerar como una vía de transporte de contaminantes químicos y biológicos que pueden provocar enfermedades de diversa gravedad, lo que hace imprescindible realizar tratamientos correspondientes con el objetivo fundamental de mejorar la calidad del agua, a fin de entregarla al consumo, apta, inocua y aprovechable tanto para el hombre como para los animales y la agricultura. Las aguas superficiales que se convierten aptas para el consumo humano dependerán del grado de tratamiento que reciban para su potabilización. La selección del sistema de potabilización a emplear tiene directa relación con la calidad del agua cruda, los requisitos a cumplir para la calidad del agua de consumo humano y las condiciones que aseguren la sostenibilidad del sistema y su eficiencia a través del tiempo.

El tipo de tratamiento que se realizan a las aguas superficiales son los tratamientos físicos o también se los denomina como tratamientos primarios, son aquellos que eliminan los sólidos en estado coloidal, suspensión y disueltas presentes en el agua. Los principales procesos físico-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son los siguientes: coagulación, flotación, sedimentación, filtración y desinfección.

Puede parecer innecesario poner énfasis en la necesidad de conocer perfectamente el agua a tratar; sin embargo, el tiempo y dinero que se invierta en estos estudios sin duda permitirá evitar errores de diseño que serán mucho más difíciles y costosos de reparar.

Las normas de agua potable indican o fijan límites generales aceptables para las impurezas de las aguas que están destinadas al abastecimiento del consumo humano. Las normas de agua potable no se deben considerar como un criterio para evaluar o controlar la operación de las plantas de tratamiento de agua sino como especificaciones generales para la aceptación del producto. Cuando el tratamiento de las aguas está bien controlado, se pueden obtener mejores resultados que los establecidos en las normas.

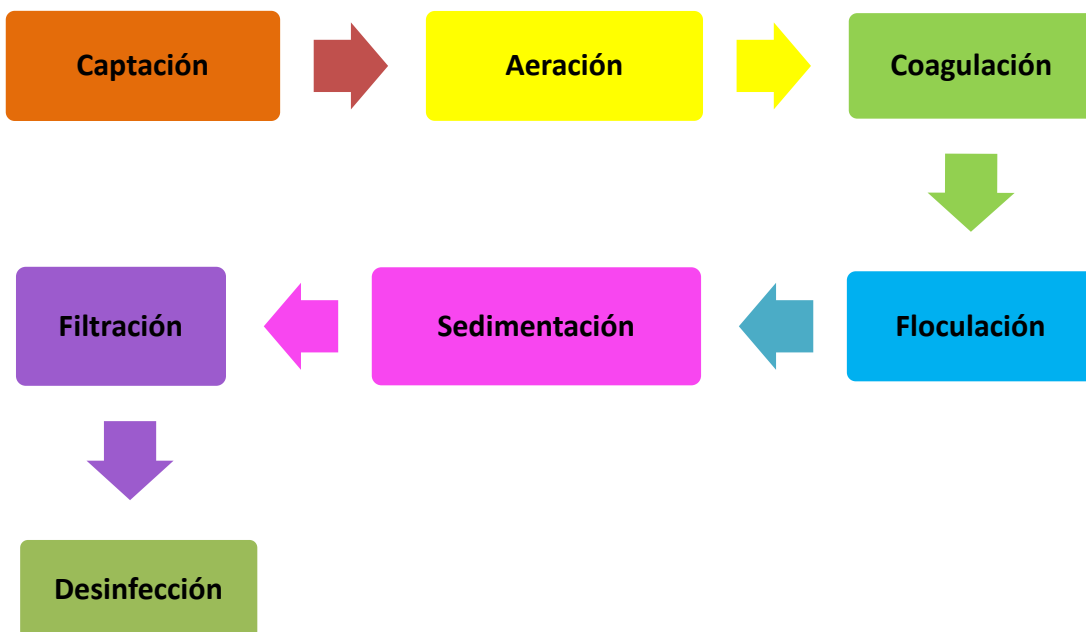
3.2. MÉTODOS GENERALES DE TRATAMIENTO PRIMARIO PARA AGUAS SUPERFICIALES

3.2.1. OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO

Los objetivos del tratamiento para mejorar la calidad del agua de abastecimiento para el consumo humano son de los siguientes:

- ✓ **Higiénico:** remover bacterias y elementos venenosos o nocivos, así como resolver la mineralización excesiva y las concentraciones elevadas de compuestos orgánicos, protozoarios y otros microorganismos.
- ✓ **Estético:** corregir el color, la turbidez, el olor y el sabor.
- ✓ **Económico:** dar a la población una tarifa barata para el consumo de agua potable de excelente calidad.

3.2.2. PROCESOS DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO



3.2.2.1. CAPTACIÓN

El sistema de captación utilizado para aguas superficiales se utilizan distintos métodos. Normalmente, para el abastecimiento de grandes y medianas poblaciones se utilizan aguas superficiales, por lo que a partir de ahora, nos referiremos únicamente a las captaciones utilizadas para este tipo de agua.

3.2.2.1.1. CAPTACIÓN EN EMBALSES

La poca cantidad de agua que circula por los efluentes de nuestro país, y el índice de contaminación que llevan, hace que sean cada vez más numerosos los abastecimientos de poblaciones a través de embalses. Normalmente, el nivel del embalse va a ir fluctuando, en función de las aportaciones de lluvias, y las tomas de caudal. Por este motivo, las tomas se construyen con diversas tomas a distintas alturas. Las maniobras de apertura y cierre de estas tomas, se realizan con compuertas reguladoras. Para proteger dichas compuertas de entrada de cuerpos que las puedan obstruir (ramas, flotantes), se disponen previamente unas rejillas de desbaste, que impiden el paso de estos objetos que podrían dañar los cierres de las compuertas. La cota del punto de toma del agua suele variarse, en función de los análisis que se realizan a distintas profundidades del embalse, y que determinan la calidad del agua en diversos estratos, deberá elegirse en cada momento la cota en la cual los contaminantes sean mínimos, lo que repercutirá en un tratamiento más liviano en la planta.

3.2.2.1.2. CAPTACIÓN EN RÍOS

No existe un modelo de toma ideal, pueden realizarse tomas laterales, de fondo. Si el caudal es pobre, habrá que aprovechar algún azud o pequeña presa, que garantice siempre un volumen de agua suficiente para el abastecimiento, se podrá aumentar ligeramente la lámina de agua en la toma de forma artificial, colocando unos gaviones aguas abajo de la toma, con lo que podremos paliar la falta de caudal.

En las tomas de río, y debido a la velocidad del agua, aumentan los arrastres de flotantes, sólidos, arenas, maleza, etc. Para evitar que estas impurezas entren en las conducciones y las dañen, se suelen colocar rejillas de desbaste en las propias tomas, tanto para gruesos, como para finos, llegando a ser necesario a veces la instalación de tamices o

desarenadores. Si la calidad del agua del efluente es mala, se puede montar en la propia toma del río alguna instalación de dosificación de reactivo, iniciando aquí un pretratamiento que mejore el agua que llegará a la planta de tratamiento.

3.2.2.1.3. ADUCCIÓN

Al proceso de conducir el agua desde su captación a la planta de tratamiento, se denomina aducción. Se pueden distinguir dos tipos de conducciones, dependiendo de las alturas del punto de toma y la entrada en planta: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundial de la Salud, 2005)

✓ **Conducciones por gravedad:** (acueductos, canales).

El agua circula por la propia pendiente de la conducción, desde el punto de toma, que tendrá más cota o altura, hasta el punto de entrada.

✓ **Conducción forzada:** (tuberías).

Se utilizan cuando el punto de toma está situado a una cota más baja que la entrada en planta, para salvar la diferencia de alturas, se emplean grupos de bombeo. Para soportar la presión de trabajo se dimensionan con materiales resistentes, bien de chapas de acero o de hormigón reforzado con camisas de chapa.

3.2.2.2. AIREACIÓN

3.2.2.2.1. GENERALIDADES

La aireación es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles.

La aireación se realiza por tres razones:

1) Remoción de gases disueltos:

- a) Gas carbónico presente en el agua en forma natural.
- b) Gas sulfhídrico proveniente de la putrefacción o fermentación de los depósitos orgánicos putrescibles o fermentables del fondo de los reservorios.

2) Introducción del oxígeno del aire en el agua:

- a) Para oxidar el hierro y el manganeso, cuya remoción se realiza mediante la decantación y filtración (de esta manera también se reduce el sabor debido al hierro y al manganeso).

3) Remoción de sustancias causantes de sabores y olores:

- a) Sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos (cuando son volátiles).
- b) Gas sulfhídrico.
- c) Sabores debidos al hierro y al manganeso.
- d) Descomposición de la materia orgánica.

Cuando se remueve el gas carbónico o se reduce la tendencia corrosiva del agua y el consumo de álcalis, se obtiene un aumento del pH. En la práctica, es imposible la reducción por aireación de todo gas carbónico presente en el agua debido a que el gas carbónico del aire también puede disolverse. La remoción del gas sulfhídrico por aireación es lo suficientemente eficaz para reducir los olores, sabores y demanda del cloro. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundialde la Salud, 2005)

3.2.2.2. TIPOS DE AIREADORES

1) AIREADORES DE GRAVEDAD:

- a) **Aireadores de cascada:** el principio general consiste en esparcir el agua al máximo y dejarla correr sobre obstáculos para producir turbulencia. La estructura más simple es la de escaleras, las cuales esparcen el agua y permiten la caída de un nivel a otro.

Este tipo de unidad ha sido seleccionada para la planta de tratamiento porque es el método más rentable, eficiente y sencillo, el método consiste en la mezcla del agua con el aire naturalmente mediante el flujo del agua sobre una estructura en

forma de cascada similar a una escalera, con la finalidad de llevar a cabo la oxidación de hierro y una cierta reducción de los gases disueltos. Otra de las ventajas de estos aireadores en cascada son de que no se corroe, fabricado íntegramente en aluminio y no tienen partes móviles, lo que les libre de mantenimiento y de bajo costo para comprar y operar. En los planos del proyecto, esta unidad se encuentra frente al laboratorio y adicionalmente en esta unidad se puede tomar las muestras de agua.

b) Aireadores de bandejas: consisten en una serie de bandejas con hendiduras o perforaciones o con un fondo de malla de alambre sobre las cuales se distribuye el agua para que caiga en un estanque de recolección. Algunos aireadores de este tipo están dotados de un lecho grueso de trozos de carbón o bolas de cerámica, cuyo espesor varía de 5 a 15 centímetros y que se coloca en las bandejas para lograr mayor eficacia y producir mayor turbulencia. Los lechos gruesos son eficaces, especialmente cuando se utilizan como auxiliares catalizadores de las reacciones de oxidación, para causar la precipitación del óxido de hierro y el manganeso.

2) AIREADORES DE AIRE DIFUSO

Por lo general, son tanques rectangulares de concreto con tubos perforados o placas porosas u otros dispositivos que se encuentran cerca del fondo y a través de los cuales el aire comprimido se inyecta en el sistema. Como resultado, se producen burbujas de aire que aumentan el contacto entre el agua y el aire. La cantidad de aire que se requiere depende de la finalidad de la aireación.

3) AIREADORES DE ASPERSIÓN

Están compuestos por boquillas colocadas en un tubo de distribución. Los aireadores de aspersión poseen un valor estético y agradan al público (son fuentes luminosas). Necesitan un área grande y por ello no son económicos. Son los aireadores más eficaces para el intercambio de gases y sustancias volátiles.

3.2.2.2.3. CONTROL DEL PROCESO DE AIREACIÓN

Consiste en determinar la concentración de oxígeno disuelto, gas carbónico libre, gas sulfhídrico y el valor del pH. El proceso de aireación tendrá éxito si se cumplen las siguientes tres condiciones simultáneamente:

- ✓ Cuando la concentración de oxígeno disuelto está entre 7 y 10 ppm.
- ✓ Cuando la concentración de gas carbónico se ubica entre 3 y 5 ppm.
- ✓ Cuando hay ausencia total de gas sulfhídrico.

3.2.2.3. COAGULACIÓN

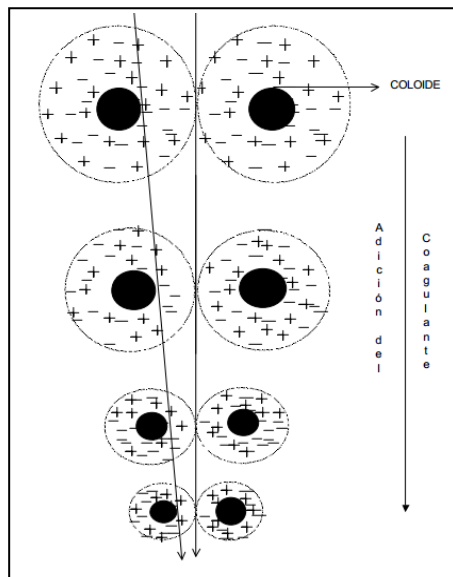
3.2.2.3.1. GENERALIDADES

La coagulación es un proceso que consiste en anular las cargas eléctricas de las partículas por medio de la adición de coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado, transformando las impurezas del agua que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en aglomerados gelatinosos (flóculos) para que puedan ser removidas posteriormente por la decantación (sedimentación) y la filtración.

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Se lo podría considerar como el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

En la figura 1 se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundialde la Salud, 2005)

Fig. 1
Coagulación



Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992.

3.2.2.3.2. OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia se eliminan las materias en suspensión estables; la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

3.2.2.3.3. MECANISMO DE LA COAGULACIÓN

1. Compresión de la doble capa.
2. Adsorción y neutralización de cargas.
3. Atrapamiento de partículas en un precipitado.
4. Adsorción y puente.

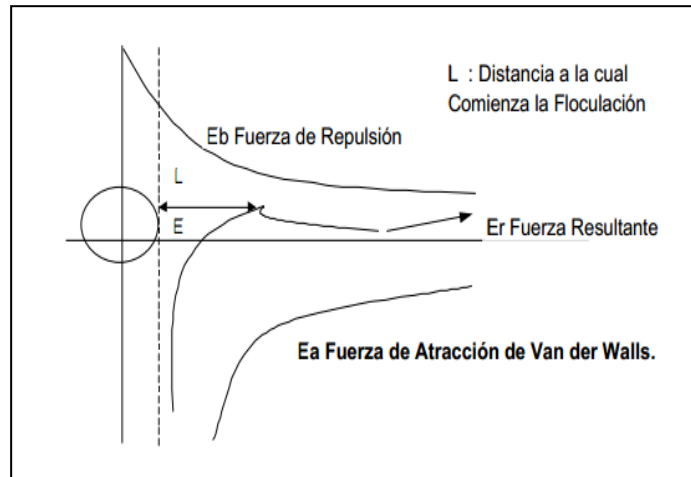
Compresión de la doble capa

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante. Existe por otro lado un potencial de

atracción o fuerzas de atracción (E_a), entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Walls, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos.

Fig. 2.

Fuerza de tracción y Repulsión



Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992.

Si la distancia que separa a las partículas es superior a " L ", entonces las partículas, no se atraen. E es la energía que los mantiene separados. Contrariamente a las Fuerzas de repulsión, las fuerzas de Van der Walls no son afectados por las características de la solución.

Absorción y neutralización de caras

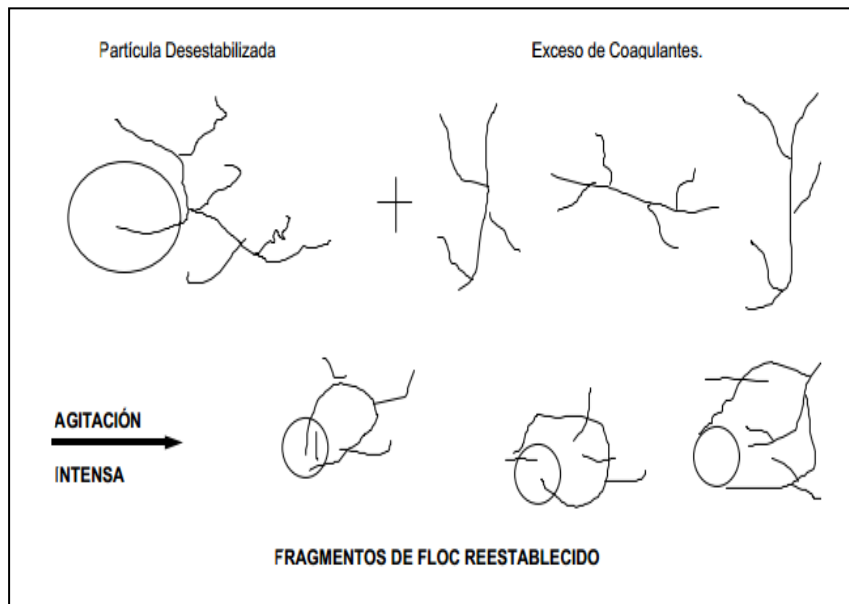
Las partículas coloidales poseen carga negativa en sus superficies, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide.

Después de la teoría de la doble capa la coagulación es la considerada como la anulación del potencial obtenido por adición de productos de coagulación – floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriéndose una energía complementaria necesaria; por ejemplo realizar la agitación mecánica o hidráulica.

Cuando se adiciona un exceso de coagulante al agua a tratar, se produce la reestabilización de la carga de la partícula; esto se puede explicar debido a que el exceso de coagulante son absorbidos en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original.

Fig. 3

Reestabilización de Partículas



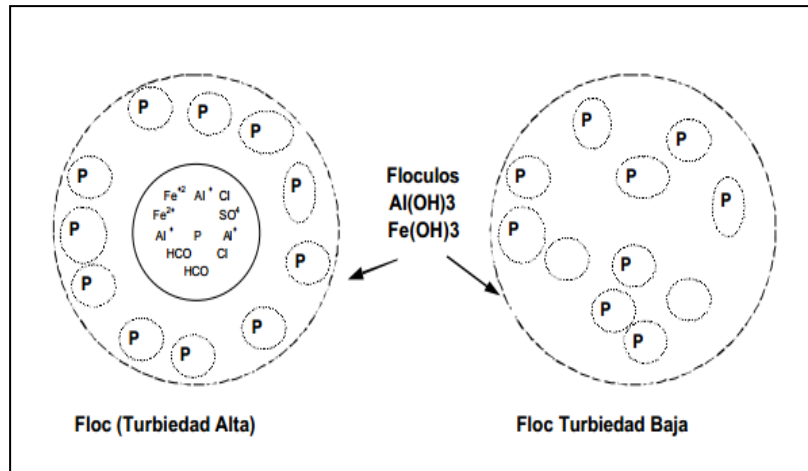
Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992.

Atrapamiento de partículas dentro de un precipitado

Las partículas coloidales desestabilizadas, pueden atrapar dentro de un floc, cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalente como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, o Cloruro Férrico $FeCl_3$, el floc está formado de moléculas de $Al(OH)_3$ o de $Fe(OH)_3$. La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales aceleran la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la cantidad de coagulante requerida. En otras palabras, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundialde la Salud, 2005)

Fig. 4

Atrapamiento de las Partículas en un Floc



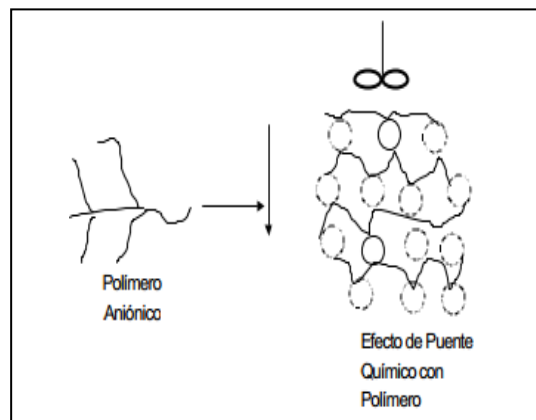
Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992

Adsorción y puente

En cualquier caso, se obtiene el tratamiento más económico utilizando un polímero aniónico, cuando las partículas están cargadas negativamente. Este fenómeno es explicado por la teoría del "puente". Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el "puente" entre las partículas coloidales. Esto puede tener una restabilización de la suspensión, por una excesiva carga de polímeros.

Fig. 5

Efecto de Puente de las Partículas en Suspensión



Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992

3.2.2.3.4. SUSTANCIAS QUIMICAS UTILIZADAS EN LA COAGULACIÓN

Los componentes son productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando.

✓ Coagulantes

Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son:

- a) Sulfato de Aluminio.
- b) Aluminato de Sodio.
- c) Cloruro de Aluminio.
- d) Cloruro Férrico.
- e) Sulfato Férrico.
- f) Sulfato Ferroso.

Siendo los mas utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son mas eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y absorber las impurezas del agua formando así los precipitados

El compuesto químico que recomiendo que se utilice en la planta de tratamiento es el de Sulfato de aluminio, ya que es el más utilizado. Se puede presentar de tres formas: blanco, amarillo y negro, pero de estas tres presentaciones se utilizará en la planta tratamiento el amarillo porque es el más común y económico

✓ Alcalinidad

Es un método de análisis, con el que se determina el contenido de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos de un agua natural o tratada. La alcalinidad tiene relación con el pH del agua. Los alcalinizantes como: cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (soda cáustica), carbonato de sodio, pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.

✓ **Coadyuvantes**

Compuestos (arcilla, sílice activada, polielectrólitos), que se pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes. Los coadyuvantes de fórmulas desconocidas se deben utilizar con mucha reserva porque en su composición pueden contener elementos no recomendables para la salud.

3.2.2.3.5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN

- ✓ pH.
- ✓ Turbiedad.
- ✓ Sales disueltas.
- ✓ Temperatura del agua.
- ✓ Tipo de coagulante utilizado.
- ✓ Condiciones de Mezcla.
- ✓ Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- ✓ Tipos de mezcla y el color.

La interrelación entre cada uno de ellos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a adicionar al agua.

- **Influencia del pH.**

El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno en una solución, es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua. El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta. Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5 unidades.

- **Influencia de las sales disueltas**

Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- ✓ Modificación del rango de pH óptimo.
- ✓ Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- ✓ Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.
- ✓ Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente.

- **Influencia de la temperatura del agua**

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc.

- **Influencia de la dosis del coagulante**

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:

- ✓ Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada.
- ✓ Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.
- ✓ La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas de jarra.

- ✓ La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre:
 - La buena o mala calidad del agua clarificada.
 - El buen o mal funcionamiento de los decantadores.

Las dosis de coagulantes más adecuadas son las que reducen más la concentración bacteriológica y dan como resultado mayor economía en la desinfección. Hay tablas que relacionan la cantidad de coagulante con la de turbidez del agua. Sin embargo, la cantidad exacta solamente se puede determinar con una prueba. En esta investigación, el equipo de prueba de jarras es de gran ayuda. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundial de la Salud, 2005)

- **Influencia de mezcla**

El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecha y que se haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente.

En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60 seg. máx.) llamado mezcla rápida; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar, y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microfloculos. La mezcla rápida se efectúa para la inyección de productos químicos dentro de la zona de fuerte turbulencia, una inadecuada mezcla rápida conlleva a un incremento de productos químicos.

Tipos de mezcla:

- Mezcladores Mecánicos: - Retromezcladores (agitadores)
- Mezcladores Hidráulicos: - Resalto Hidráulico: Canaleta y Vertedero Rectangular
 - En línea: Difusores (tuberías y canales), Inyectores.

En la planta de tratamiento se utilizarán como mezcladores los de tipo hidráulico, ya que se caracterizan por presentar poca flexibilidad a las variaciones de caudal y principalmente no dependen de una energía externa, mientras que un mezclador mecánico tiene la limitante de depender de la energía externa, en un caso que se produzca una falla hace que el proceso de mezcla se perjudique.

- Influencia de la turbiedad

La turbiedad del agua superficial es debido a una gran parte de partículas de lodos de sílice de diámetros que varían entre 0.2 a 5 μm . La coagulación de estas partículas es muy fácil de realizar cuando el pH se mantiene dentro del rango óptimo. La variación de la concentración de las partículas permite hacer las siguientes predicciones:

- ✓ Para cada turbiedad existe una cantidad de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja, que corresponde a la dosis óptima.
- ✓ Cuando la turbiedad aumenta se debe adicionar la cantidad de coagulante, no es mucho debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta.
- ✓ Cuando la turbiedad es muy alta, conviene realizar una presedimentación natural o forzada, en este caso con el empleo de un polímero aniónico. Es siempre más fácil coagular las aguas de baja turbiedad y aquellas contaminadas, por que requieren mayor cantidad de coagulante que los no contaminados.

- Sistema de aplicación del coagulante

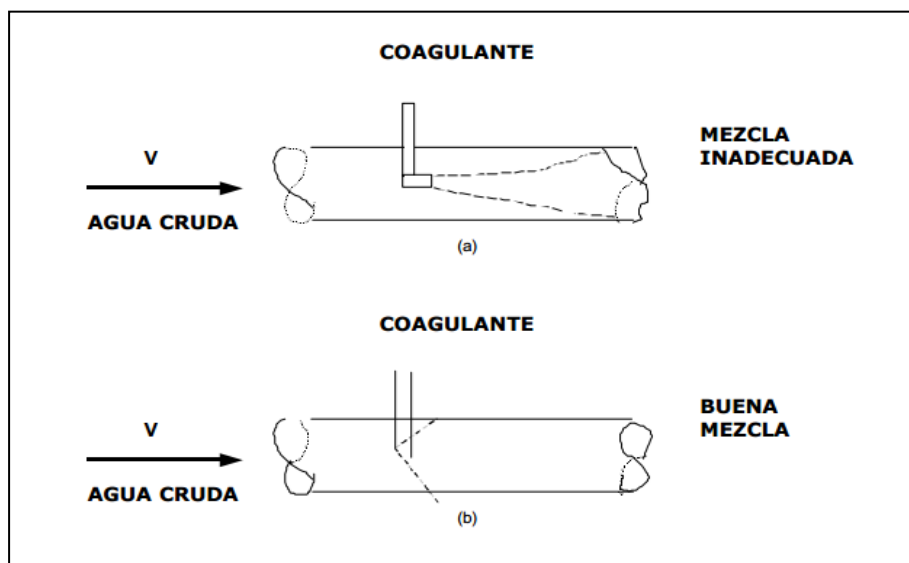
Se considera que una reacción adecuada del coagulante con el agua se produce cuando:

- ✓ La dosis del coagulante que se adicione al agua es en forma constante y uniforme en la unidad de mezcla rápida, tal que el coagulante sea completamente dispersado y mezclado con el agua.

- ✓ El sistema de dosificación debe proporcionar un caudal constante y fácilmente regulable.

En la siguiente fig. 7 se observan las condiciones de mezcla del coagulante con el agua; y se determina que la mejor mezcla es cuando el coagulante adicionado cae en su totalidad a la masa de agua (fig. 7b). Esta condición se obtiene por medio de los equipos de dosificación tanto para los coagulantes al estado sólido y estado líquido, que deben encontrarse calibrados y comprobados en la práctica por medio de las pruebas de aforamiento.

Fig. 7
Condición de Mezcla



Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992

3.2.2.3.6. DOSIFICADORES

✓ **Sulfato de aluminio.** Se puede dosificar por las siguientes vías:

- a) Vía húmeda.
- b) Vía seca.

- **Dosificadores por vía húmeda**

Las soluciones se preparan en tanques apropiados (de concreto, asbesto, cemento o fibra de vidrio), debidamente protegidos con pintura antiácida. Tales tanques poseen un dispositivo manual o mecánico de agitación para homogeneizar la solución.

La agitación debe mantenerse durante una a dos horas, dependiendo del tipo de coagulante que se esté empleando. En aguas poco turbias (o en el uso del sulfato negro), el trabajo del agitador es conveniente para mantener las partículas insolubles en suspensión.

- **Dosificadores por vía seca**

Para utilizar el sulfato en el dosificador por vía seca, este debe tener tal granulometría que no menos del 90% pase por una malla de 10 orificios por pulgada y 100% por una malla de 4 orificios por pulgada. No deberá contener mucho polvo para que el arco formado por la compactación del polvo en las paredes no interrumpa la dosificación.

✓ **Cal.** Se puede dosificar por las siguientes vías:

- **Cal viva (CaO), cal hidratada Ca(OH)₂**

La cal virgen o hidratada se emplea para los siguientes fines:

- 1) Optimizar la coagulación; ajuste del pH óptimo.
- 2) Corrección del pH final del agua tratada (después de la cloración).

- **Cal en seco**

Mide la dosis de cal en seco. El proceso es idéntico al del dosificador en seco de sulfato de aluminio. La dosificación de cal se debe realizar según la finalidad que se persiga:

- a) Para mejorar la coagulación.
- b) Para la corrección final del pH.

La dosis de cal para mejorar la coagulación del agua (en caso de ser necesaria) se determina en función de un ensayo de laboratorio (ensayo de prueba de jarras).

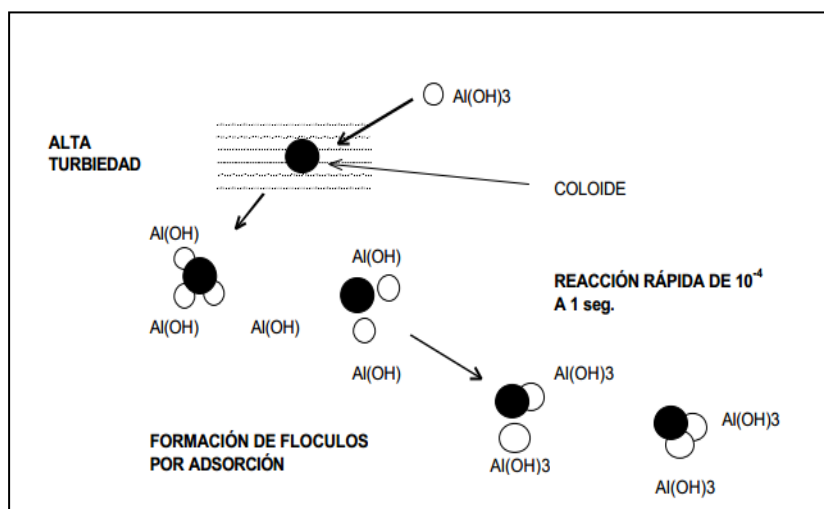
3.2.2.3.7. TIPOS DE COAGULACIÓN

Se presentan dos tipos básicos de coagulación:

a) Coagulación por Adsorción.

Se da cuando el agua presenta una alta concentración de partículas en estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son absorbidas por los coloides y forman los flocúlos en forma casi instantánea. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundialde la Salud, 2005)

Fig.7
Coagulación por Adsorción



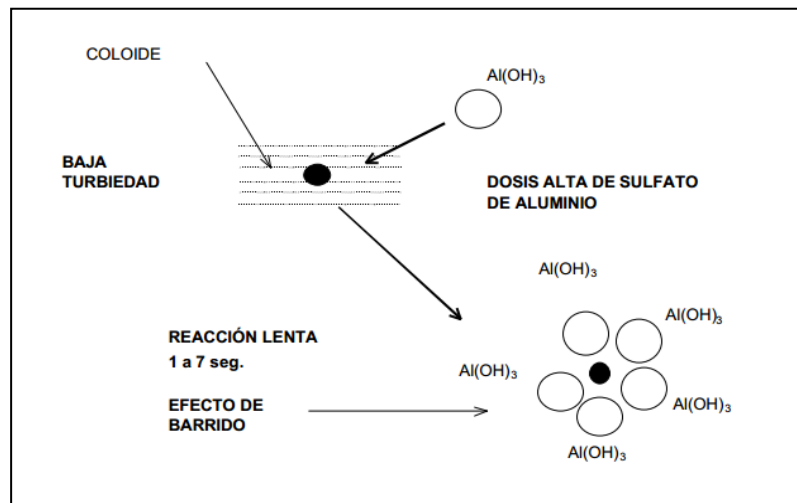
Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992

b) Coagulación por Barrido.

Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y la cantidad de partículas coloides es pequeña; en este caso las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o cloruro férrico.

Fig. 8

Coagulación por Barrido



Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992

2.2.2.3.8. REMOCIÓN DE TURBIEDAD

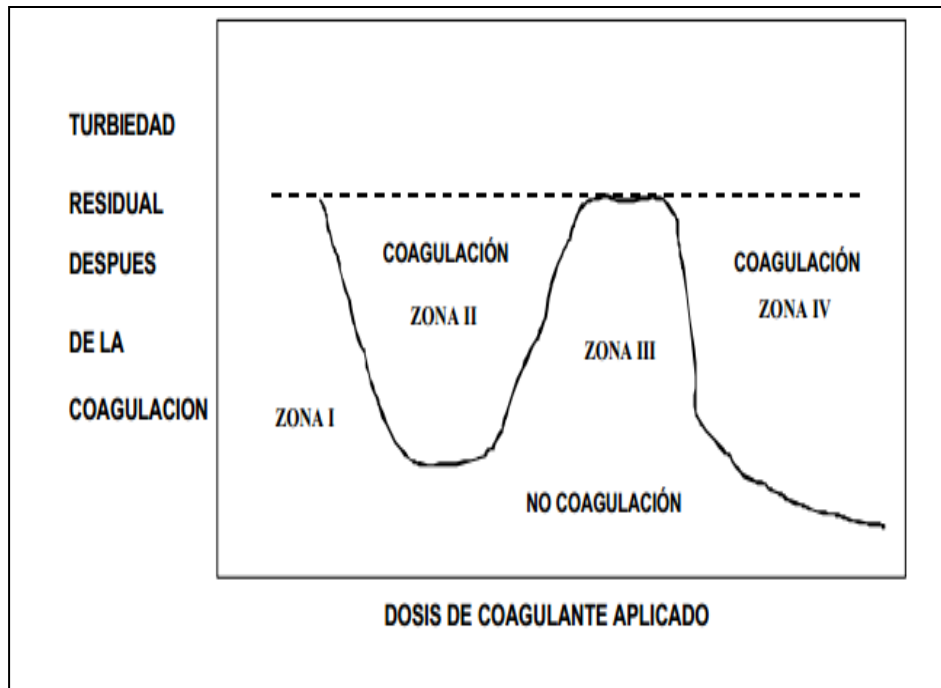
La aplicación de una dosis creciente del coagulante al agua presenta diferentes zonas de coagulación

- ✓ **Zona 1:** la dosis de coagulante no es suficiente para desestabilizar las partículas y por lo tanto no se produce coagulación.
- ✓ **Zona 2:** al incrementar la dosis de coagulantes, se produce una rápida aglutinación de los coloides.
- ✓ **Zona 3:** si se continua incrementando la dosis, llega un momento en que no se produce una buena coagulación, ya que los coloides se reestabilizan.
- ✓ **Zona 4:** al aumentar aún más la dosis, hasta producir una supersaturación se

produce de nuevo una rápida precipitación de los coagulantes que hace un efecto de barrido, arrastrando en su descenso las partículas que conforman la turbiedad.

Fig. 9

Diagrama de Remoción de Turbiedad



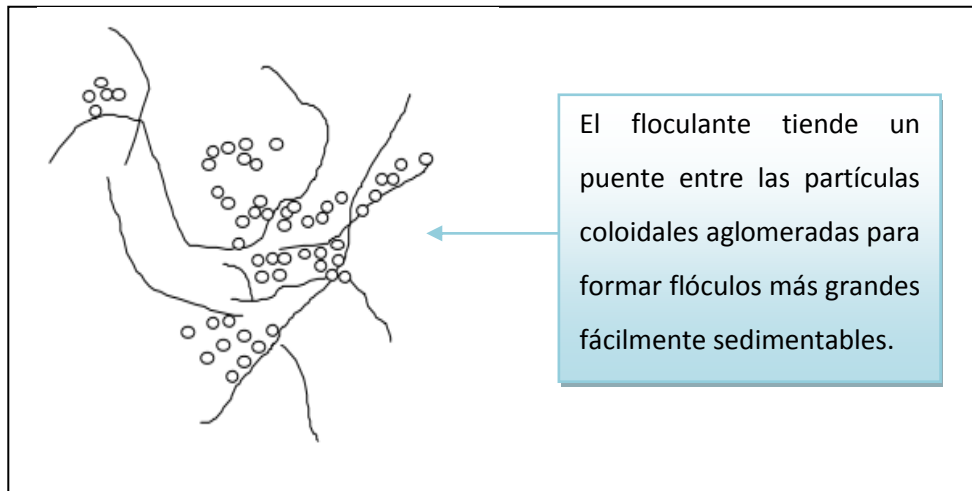
Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992

3.2.2.4. FLOCULACIÓN

3.2.2.4.1. GENERALIDADES

La floculación es el proceso que sigue de la coagulación, consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Suceden que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo suficientemente grande como para sedimentar con rapidez, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundial de la Salud, 2005)

Fig.10
Floculación



Fuente: Raymond Desjardins "Tratamiento del Agua", 1992

La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso. La floculación puede ser mejorando por la adición de un reactivo de floculación o ayudante de floculación.

3.2.2.4.2. OBJETIVO PRINCIPAL

Permitir el contacto entre los flóculos, la turbiedad y el color; la mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad pero no muy grande, ya que los flóculos corren el riesgo de romperse; aún si el tiempo es no más del tiempo óptimo de floculación.

3.2.2.4.3. TIPOS DE FLOCULACIÓN

- Floculación pericinética

Es producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.

- **Floculación ortocinética**

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, es decir esta inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Están destinados a promover una agitación moderada, para que los flóculos se formen bien.

a) Floculadores mecánicos:

- ✓ Eje vertical.
- ✓ Eje horizontal.

b) Floculadores hidráulicos:

- ✓ Cámaras con deflectores o pantallas con movimiento horizontal del agua.
- ✓ Cámaras con deflectores o pantallas con movimiento vertical del agua (son más comunes).
- ✓ Cámaras del tipo Alabama, conformadas por compartimientos donde el agua realiza un movimiento ascendente-descendente.

Estas unidades son poco comunes por su alta sensibilidad a las variaciones del caudal de operación. Con caudales muy bajos, puede anularse el trabajo de la unidad.

Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinetica luego se produce la floculación ortocinética.

Usare las cámaras de mezcla rápida en donde los reactivos químicos se deben distribuir de manera rápida y uniforme por toda la masa líquida. Para lograr este objetivo se deben aplicar en puntos de mucha turbulencia, originados por resaltos hidráulicos, cámaras con deflectores o mezcladores mecánicos. Los mezcladores mecánicos se componen de tanques provistos de agitadores mecánicos; con entrada de agua por la parte inferior o por el fondo y la salida por la parte superior. En los mezcladores no mecanizados o hidráulicos se aprovecha la energía del agua para realizar la mezcla.

3.2.2.4.4. PARÁMETROS DE LA FLOCULACIÓN

Los parámetros que caracterizan la floculación son los siguientes:

- ✓ Floculación Ortocinética (se da por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica).
- ✓ Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- ✓ Número de colisiones (choque entre microfloculos).
- ✓ Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).
- ✓ Densidad y tamaño de floc.
- ✓ Volumen de lodos (los floculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación).

3.2.2.4.5. FLOCULANTES

Los floculantes son polímeros o polielectrólitos con pesos moleculares muy elevados, moléculas orgánicas solubles en agua formadas por bloques denominados monómeros, repetidos en cadenas larga.

Estos floculantes pueden ser:

- a) **Floculantes Minerales:** se encuentra la sílice activada, que es el primer floculante empleado, que debe ser preparado antes de emplear, su preparación es tan delicada y presenta el riesgo de la gelatinización; produce la neutralización parcial de la alcalinidad de silicato de sodio en solución.
- b) **Floculantes Orgánicos Naturales:** son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales.
- c) **Floculantes Orgánicos de Síntesis:** son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10^6 a 10^7 gr./mol, estos se clasifican de acuerdo a la ionicidad de los polímeros:
 - ✓ Aniónicos

- ✓ Neutros o no iónicos
- ✓ Catiónicos

3.2.2.5. DECANTACIÓN

3.2.2.5.1 GENERALIDADES

La decantación es el proceso mediante el cual se origina el depósito del material en suspensión por acción de la gravedad. Por lo general, las aguas en movimiento arrastran partículas granulares y materia floculenta, que por su carácter liviano se mantienen en suspensión. La remoción de materiales en suspensión se obtiene al reducir la velocidad del agua, hasta lograr que las partículas en suspensión se depositen en determinado tiempo de retención.

Este proceso se produce en los decantadores. Un decantador es un tanque generalmente de sección rectangular o circular, cuyo fondo muchas veces está inclinado hacia uno o más puntos de descarga. Este tanque posee dispositivos de entrada y salida del agua.

3.2.2.5.2. MECANISMOS DE LA DECANTACIÓN

Cada partícula tiene una velocidad máxima por encima de la cual no hay decantación. Esta velocidad depende de la forma y, principalmente, de la densidad de la sustancia considerada.

Una partícula dentro de la masa de agua del decantador está sujeta a la acción de dos fuerzas:

- a) Fuerza horizontal resultante del movimiento del agua en el decantador, que origina la velocidad horizontal (V_H).
- b) Fuerza vertical debida a la acción de la gravedad, que causa la velocidad de sedimentación (V_s).

En consecuencia, la partícula avanza en el decantador y baja simultáneamente hasta

aproximarse al fondo. Si en el decantador la partícula solo posee tales movimientos, entonces el tiempo necesario para que el agua lo atravesara sería igual al tiempo que demora en llegar al fondo, pero esto, en la práctica, no sucede, porque existen movimientos ascendentes del agua que se deben a las variaciones de temperatura, a la acción de los vientos. El periodo teórico de retención en un decantador equivale al volumen del tanque dividido por el caudal. Como en todo decantador existen espacios muertos, cortocircuitos, el periodo real de retención siempre es inferior al teórico (el tiempo normal de travesía del agua en el decantador es de 4 a 6 horas).

En la planta de tratamiento se usará el decantador convencional de flujo horizontal. El mismo que se divide en cuatro zonas:

Zona de entrada: en esta zona las partículas se encuentran en turbulencia. Se caracteriza por cierta agitación; la ubicación de las partículas varía y las “nubes” de flóculos cambian de lugar constantemente (fenómeno de entrada).

Zona de decantación: es la zona donde las “nubes” de flóculos se mantienen aparentemente inmóviles o estacionarias. En esta zona no hay agitación y las partículas avanzan de manera longitudinal y simultánea, y descienden lentamente en dirección a la zona de reposo o zona de depósito de lodos.

Zona de recolección o de salida. Esta zona es relativamente tranquila, como la segunda. Sin embargo, en la salida, los flóculos que no llegaron a depositarse en la zona de reposo siguen el movimiento ascendente del agua y traspasan la estructura de salida.

Zona de depósito de lodos o tolvas de almacenamiento de lodos. Es la zona de reposo, donde finalmente se acumula el lodo. Cuando el lodo llena las tolvas de almacenamiento de lodos y comienza a alcanzar otras zonas, se debe lavar el decantador para que la corriente de agua ascendente no arrastre los flóculos fuera de la unidad.

Tal aumento de flóculos se observa en el canal de salida del decantador (zona de recolección). Sin embargo, la fermentación (putrefacción) del lodo inferior puede comenzar antes de que se produzca dicha situación y puede darse un desprendimiento de gases que provocan olor y sabor desagradables en el efluente de la planta.

3.2.2.5.3. LAVADO DEL DECANTADOR

Se realiza por dos motivos:

- a) Cuando la tolva de almacenamiento de lodo se llena.
- b) Cuando comienza la fermentación del lodo almacenado.

El primer caso ocurre cuando el agua presenta alta turbidez y se produce gran cantidad de lodo. El segundo caso se produce cuando el tratamiento es discontinuo o el agua cruda está clara y se forma poco lodo. En este caso, la fermentación se inicia antes de que el lodo llegue a llenar las tolvas. En la zona de turbulencia, se sabe que hay fermentación cuando aparecen unas pequeñas burbujas de gas en su superficie. Si el operador no observa este fenómeno y la fermentación continúa, no solo se van a producir sabor y olor desagradables sino que, además, van a aparecer grandes placas de lodo en la zona de decantación.

Por lo general, la capa espesa de lodo o el inicio de fermentación se produce después de tres o cuatro meses de usar el decantador, según la calidad del agua y la temperatura ambiental. En este caso, se debe proceder con el lavado del decantador, que de preferencia, se realiza con una manga de agua. Algunas veces, en las paredes del decantador y en los canales, tanto de entrada como de salida, se forman incrustaciones de algas y de lodo, que dan un mal aspecto y pueden llegar a los filtros e impedir su buen funcionamiento. Cuando esto sucede, se debe realizar una limpieza para retirar tales incrustaciones con más frecuencia sin tener que vaciar el decantador.

Los decantadores de placas están provistos de sistemas hidráulicos de extracción de lodo y no es necesario ingresar a la unidad para efectuar la limpieza en forma manual. Por esta razón, las tolvas de almacenamiento no son tan grandes como en el caso de las unidades convencionales. En época de lluvias, pueden operar sin interrupciones y efectuar descargas de lodo cada cuatro horas. Para ello se procederá del siguiente modo:

- ✓ Cerrar la compuerta de ingreso de agua floculada.
- ✓ Abrir las válvulas de los colectores o canales de extracción de lodo.
- ✓ Observar que el nivel del agua sobre las placas baje 30 centímetros.
- ✓ Cerrar la válvula de lodo y abrir la compuerta de entrada.

En época de sequías, esta operación se efectuará cada semana y en climas cálidos como mínimo cada tres días, para evitar la descomposición del lodo.

3.2.2.6. FILTRACIÓN

3.2.2.6.1. GENERALIDADES

La filtración del agua consiste en hacerla pasar por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje. Con el paso del agua a través de un lecho de arena se produce lo siguiente:

- ✓ La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales.
- ✓ La reducción de las bacterias presentes.
- ✓ La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

Los fenómenos que se producen durante la filtración son los siguientes:

- a) La acción mecánica de filtrar.
- b) La sedimentación de partículas sobre granos de arena.
- c) La floculación de partículas que estaban en formación, debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas.
- d) La formación de la película gelatinosa en la arena, producida por microorganismos que se reproducen allí (filtro lento).

3.2.2.6.2. TIPOS DE LOS FILTROS

Según la tasa o velocidad de filtración:

- a) **Filtros lentos:** funcionan con una tasa media de $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$.
- b) **Filtros rápidos:** con una tasa media de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$.

En la planta de tratamiento usare el filtro lento el mismo que se utilizan para la remoción de concentraciones poco elevadas de color y turbidez sin ayuda de la coagulación. Por lo general, se aplican en comunidades pequeñas. Tienen forma rectangular, están conformados por una caja de mampostería o concreto en el fondo de la cual existe un sistema de drenaje cubierto por piedras y sobre este hay arena (más fina y menos uniforme que la de los filtros rápidos).

3.2.2.6.3. OPERACIÓN DEL FILTRO LENTO

Al iniciar la puesta en marcha del filtro lento, la operación de llenado debe hacerse en forma ascendente. Después de llenar el filtro, se abre el ingreso y el desagüe. Como el agua producida al inicio de la operación no es de buena calidad, se debe desechar hasta que se presente con la calidad deseada.

3.2.2.6.4. PERIÓDO DE MADURACIÓN DEL FILTRO LENTO

A medida que el filtro funciona, la arena retiene el material más grueso en suspensión (algas, protozoarios), que forman sobre esta una capa de lodo (capa biológica). A medida que se forma esta capa gelatinosa, absorbe partículas menores (coloides, emulsiones) y mejora la calidad del agua. Solo cuando el agua está en buenas condiciones por el tratamiento, se cierra el desagüe y se abre el efluente para enviar el agua al reservorio de distribución después de que haya sido clorada y el pH se haya corregido. La operación de maduración puede durar de dos a tres semanas y el filtro operando de esta manera puede proporcionar agua de buena calidad por un lapso de dos a tres meses.

3.2.2.6.5. LIMPIEZA DEL FILTRO LENTO

Cuando se alcanza el límite de la pérdida de carga, se cierra el ingreso y se deja al filtro operando con la capa de agua que tiene sobre el lecho. Esta operación debe iniciarse al atardecer y se debe dejar que el filtro opere toda la noche de esta manera. A la mañana siguiente, apenas hay luz, debe iniciarse el raspado del filtro. Es necesario abrir la válvula de desagüe del fondo y dejar que el nivel descienda alrededor de 0,20 m por debajo del nivel de la arena.

La operación de limpieza debe efectuarse en el menor tiempo posible para que los microorganismos benéficos que constituyen la capa biológica no perezcan por efecto de los rayos del Sol y por falta de nutrientes. Se retira una capa de uno a dos centímetros de arena con el lodo de toda la superficie filtrante. Después de extraer la capa de arena de dos centímetros, se rastrilla el lecho para esponjar la superficie y se le pasa un emparejador. El filtro se llena por debajo. Cuando el filtro no estuvo fuera de funcionamiento por más de 24 horas, el periodo de maduración es prácticamente nulo.

3.2.2.7. DESINFECCIÓN (CLORACIÓN)

3.2.2.7.1. GENERALIDADES

La desinfección del agua en las plantas de tratamiento de agua se realiza con cloro y por ello, el término desinfección comúnmente se substituye por cloración. La desinfección es una medida que se debe adoptar en todos los sistemas de abastecimiento, bien con carácter correctivo o bien con carácter preventivo. Esto se debe a que toda agua pura o purificada en una estación de tratamiento puede tener un largo recorrido hasta el momento en que es consumida. Del mismo modo, los reservorios pueden ocasionar su contaminación. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Mundial de la Salud, 2005)

La cloración se puede realizar con los siguientes elementos:

- a) Cloro líquido.
- b) Cal clorada.
- c) Hipocloritos.

Usare el cloro líquido el mismo que se suministra en cilindros especiales, bajo presión, con una pureza de hasta 99,99%, con pesos de 40, 68 y 900 kilogramos. Cuando se retira el gas del recipiente, la presión interior disminuye y se pierde calor. Para conservar el calor y la presión, se necesita una fuente de calor externa que puede ser agua o un irradiador en el caso de temperaturas bajas (frío).

3.2.2.7.2. PRECAUCIONES SOBRE EL USO DEL CLORO LÍQUIDO

- 1) Cuando el cloro se utiliza sin cuidado, es peligroso para las personas y puede destruir materiales. Por ello, se necesitan cuidados constantes de parte de los operadores de las plantas de tratamiento de agua, así como un mantenimiento eficaz en el equipo de cloración.
- 2) Los cloradores se deben mantener en temperatura ambiente entre 10 y 30 °C. En ningún caso se deben mantener sobre 65 °C.
- 3) Cuando el cloro es altamente tóxico, es indispensable usar una máscara.
- 4) El gas seco no es corrosivo; las tuberías que conectan los cilindros a los aparatos dosificadores pueden ser de cobre, pero la solución concentrada de cloro es altamente corrosiva, por lo cual sus tuberías deben ser de material adecuado (caucho, tuberías de plástico PVC).
- 5) Para verificar y localizar pequeñas fugas de cloro, se utiliza amoníaco en los cilindros o en los dosificadores. La combinación de amoníaco con cloro produce un humo blanco visible.
- 6) Nunca se debe aplicar agua en la fuga de cloro, porque se formará ácido clorhídrico (cloro húmedo), que es muy corrosivo y con lo cual aumentará la fuga.
- 7) La soda cáustica puede absorber rápidamente el cloro gaseoso: se necesitan 800 gramos de soda cáustica para 500 gramos de cloro. Once kilogramos de soda cáustica pueden disolverse en 38 litros de agua.

3.2.2.7.3. INDICACIONES

- 1) El cloro puede ser utilizado solamente por una persona preparada y de confianza.
- 2) Se deben evitar los residuos. También se debe garantizar que los recipientes no se

golpeen, pues se puede quebrar el tubo y se pueden dañar las válvulas.

- 3) Los recipientes se deben almacenar a temperaturas medias, lejos del calor.
- 4) Nunca hay que hacer una conexión de un recipiente lleno al tubo de enlace con otros recipientes mientras las temperaturas y presiones no sean aproximadamente las mismas.
- 5) Conservar las tapas sobre las válvulas de los recipientes cuando estos no estén en uso y volver a colocarlas cuando estén vacíos.
- 6) Cerrar la válvula del recipiente cuando este vacío.
- 7) No aplicar fuego o soplete para calentar el recipiente.
- 8) Los cilindros de cloro, antes de ser conectados al aparato, deben tener sus válvulas probadas al aire libre. Cuando el cilindro no está en buen estado, debe ser rechazado y marcado.

3.2.2.7.4. DOSIFICADORES PARA EL CLORO LÍQUIDO

Existen dos tipos:

- a) **Alimentación directa:** el gas se disuelve directamente en el punto de tratamiento.
- b) **Alimentación por solución:** el gas se disuelve en una corriente de agua menor y la solución resultante se coloca en el punto de tratamiento.

Recomiendo que se utilice el hipoclorito de sodio, que se encuentra en forma de solución a 10% de cloro activo almacenado en reservorios metálicos de 40%. Cuando es una preparación reciente, dura tres meses y se debe guardar en un lugar oscuro y fresco.

Está formado por un tanque que contiene la solución que va a ser dosificada. En su

interior se encuentra el recolector de la solución formado por un simple tubo de plástico que atraviesa un extremo situado debajo del nivel de la solución. El tubo de plástico se une mediante un tubo flexible (jebe) a una válvula externa para la aplicación del agua que va a ser tratada.

3.2.2.7.5. DEMANDA DE CLORO

La demanda de cloro se define como la diferencia entre la cantidad de cloro aplicado en el agua y la cantidad de cloro (libre o combinado) que permanece al final de un periodo de contacto específico. La demanda de cloro es la cantidad de cloro que consumen las impurezas en un determinado lapso.

CAPÍTULO IV

PLANOS Y CÁLCULOS

4.1. CÁLCULO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

4.1.1. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA TRATADA PARA 1 000 HABITANTES

Datos:

Dotación = 160 litros/hab.día

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \cancel{\text{horas}} \mid 3600 \text{ seg}}{\mid 1 \cancel{\text{hora}}} = 86\,400 \text{ seg}$$

Cálculos:

a) Caudal:

$$Q = \frac{\text{Dotación} \times \# \text{ hab} \times \text{coeficiente}}{\text{segundos que tiene un día}}$$

$$Q = \frac{160 \frac{\text{lt}}{\text{hab.día}} \times 1\,000 \text{ hab} \times 1,5}{86\,400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}}$$

$$Q = 2,78 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q = 0,00278 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

b) Volumen:

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

$$V = Q \times T$$

$$V = 0,00278 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 86\,400 \text{ seg}$$

$$V = 240,2 \text{ m}^3$$

c) Ancho

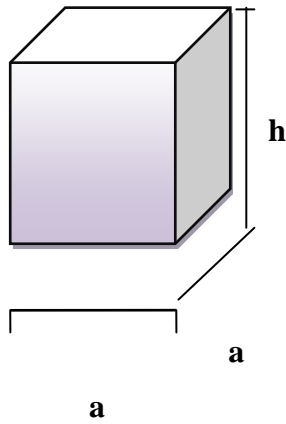
Considerando $h = 2,40 \text{ m}$

$$a \times a \times h = V$$

$$a^2 \times 2,4 \text{ m} = 240,2 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\frac{240,2 \text{ m}^3}{2,4 \text{ m}}}$$

$$a = 10 \text{ m}$$



4.1.2. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE FLOCULADOR, SEDIMENTADOR Y FILTRADOR PARA 2 000 HABITANTES

a) Área superficial

Considerando $V_s = 0,0011 \text{ m/s}$

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

$$As = \frac{0,00278 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0,0011 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$As = 2,55 \text{ m}^2$$

b) Tiempo de retención

Considerando $h = 1,5\text{m}$

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

$$\mathbf{Tr} = \frac{\mathbf{As} \times \mathbf{h}}{\mathbf{Q}}$$

$$\mathbf{Tr} = \frac{2,55\text{m}^2 \times 1,5\text{m}}{\frac{0,00278\text{m}^3}{\text{seg}}}$$

$$\mathbf{Tr} = \mathbf{1365,11 \text{ seg}}$$

c) Volumen para 1 hora:

$$\mathbf{V} = \mathbf{Q} \times \mathbf{T}$$

$$\mathbf{V} = 0,00278 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 3\,600 \text{ seg}$$

$$\mathbf{V} = \mathbf{10 \text{ m}^3}$$

d) Ancho y Largo

Considerando $h = 1,5 \text{ m}$

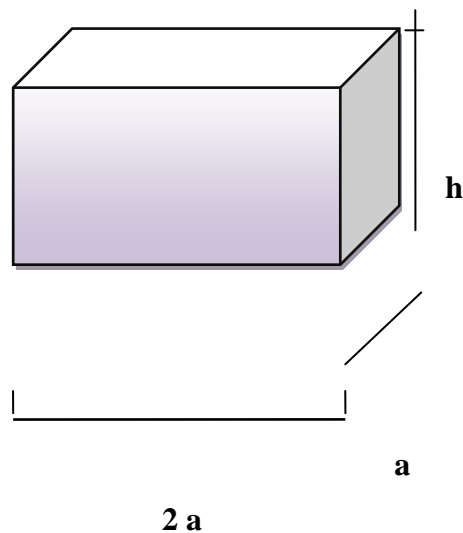
$$a \times 2a \times h = V$$

$$2a^2 \times 1,5 \text{ m} = 10 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\frac{10 \text{ m}^3}{2 \times 1,5 \text{ m}}}$$

$$a = 1,825 \text{ m (Ancho)}$$

$$2a = 3,70 \text{ m (Largo)}$$



4.2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA TRATADA PARA 2 000 HABITANTES

Datos:

Dotación = 160 litros/hab.día

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \text{ horas} \left| \begin{array}{l} 3600 \text{ seg} \\ 1 \text{ hora} \end{array} \right.}{1} = 86\,400 \text{ seg}$$

Cálculos:

a) Caudal:

$$Q = \frac{\text{Dotación} \times \# \text{ hab} \times \text{coeficiente}}{\text{segundos que tiene un día}}$$

$$Q = \frac{160 \frac{\text{lt}}{\text{hab.día}} \times 2\,000 \text{ hab} \times 1,5}{86\,400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}}$$

$$Q = 5,56 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q = 0,00556 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

b) Volumen:

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

$$V = Q \times T$$

$$V = 0,00556 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 86\,400 \text{ seg}$$

$$V = 480,38 \text{ m}^3$$

c) Ancho

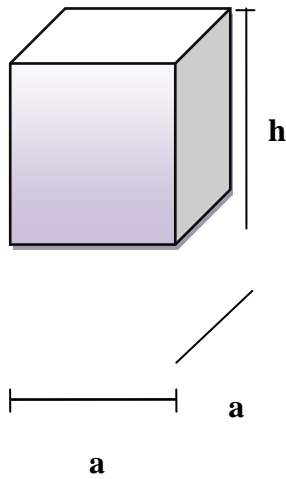
Considerando $h = 2,70 \text{ m}$

$$a \times a \times h = V$$

$$a^2 \times 2,7 \text{ m} = 480,38 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\frac{480,38 \text{ m}^3}{2,7 \text{ m}}}$$

$$a = 13,40 \text{ m}$$



4.2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE FLOCULADOR, SEDIMENTADOR Y FILTRADOR PARA 2 000 HABITANTES

a) Área superficial

Considerando $V_s = 0,0011\text{m/s}$

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

$$A_s = \frac{0,00556 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0,0011 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$A_s = 5,05 \text{ m}^2$$

b) Tiempo de retención

Considerando $h = 1,5\text{m}$

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

$$\mathbf{Tr} = \frac{\mathbf{As \times h}}{\mathbf{Q}}$$

$$\mathbf{Tr} = \frac{5,05\text{m}^2 \times 1,5\text{m}}{\frac{0,00556\text{m}^3}{\text{seg}}}$$

$$\mathbf{Tr} = \mathbf{1362,41 \text{ seg}}$$

c) Volumen para 1 hora:

$$\mathbf{V} = \mathbf{Q \times T}$$

$$\mathbf{V} = 0,00556 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 3\,600 \text{ seg}$$

$$\mathbf{V} = \mathbf{20 \text{ m}^3}$$

d) Ancho y Largo

Considerando $h = 1,5 \text{ m}$

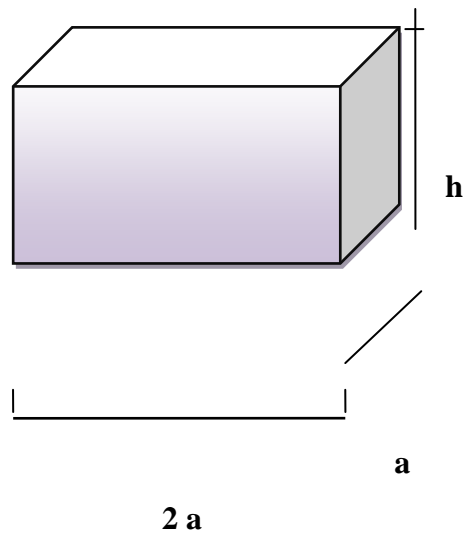
$$a \times 2a \times h = V$$

$$2a^2 \times 1,5 \text{ m} = 20 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\frac{20 \text{ m}^3}{2 \times 1,5 \text{ m}}}$$

$$a = 2,58 \text{ m (Ancho)}$$

$$2a = 5,20 \text{ m (Largo)}$$



4.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA TRATADA PARA 3 000 HABITANTES

Datos:

Dotación = 160 litros/hab.día

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \text{ horas} \left| \begin{array}{l} 3600 \text{ seg} \\ 1 \text{ hora} \end{array} \right.}{1 \text{ hora}} = 86\,400 \text{ seg}$$

Cálculos:

a) Caudal:

$$Q = \frac{\text{Dotación} \frac{\text{lt}}{\text{hab.día}} \times \# \text{ hab} \times \text{coeficiente}}{\text{segundos que tiene un día}}$$

$$Q = \frac{160 \frac{\text{lt}}{\text{hab.día}} \times 3\,000 \text{ hab} \times 1,5}{86\,400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}}$$

$$Q = 8,33 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q = 0,00833 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

b) Volumen:

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

$$V = Q \times T$$

$$V = 0,00833 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 86\,400 \text{ seg}$$

$$V = 719,71 \text{ m}^3$$

c) Ancho

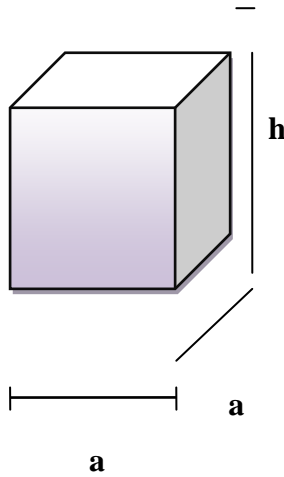
Considerando $h = 3,00 \text{ m}$

$$a \times a \times h = V$$

$$a^2 \times 3 \text{ m} = 719,71 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\frac{719,71 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}}$$

$$a = 15,50 \text{ m}$$



4.2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE FLOCULADOR, SEDIMENTADOR Y FILTRADOR PARA 3 000 HABITANTES

a) Área superficial

Considerando $V_s = 0,0011\text{m/s}$

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

$$As = \frac{0,00833 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0,0011 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$As = 7,57 \text{ m}^2$$

b) Tiempo de retención

Considerando $h = 1,5\text{m}$

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

$$\mathbf{Tr} = \frac{As \times h}{Q}$$

$$\mathbf{Tr} = \frac{7,57\text{m}^2 \times 1,5\text{m}}{\frac{0,00883\text{m}^3}{\text{seg}}}$$

$$\mathbf{Tr} = 1362,14 \text{ seg}$$

c) Volumen para 1 hora:

$$\mathbf{V} = Q \times T$$

$$\mathbf{V} = 0,00883 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 3\,600 \text{ seg}$$

$$\mathbf{V} = 30 \text{ m}^3$$

d) Ancho y Largo

Considerando $h = 1,5 \text{ m}$

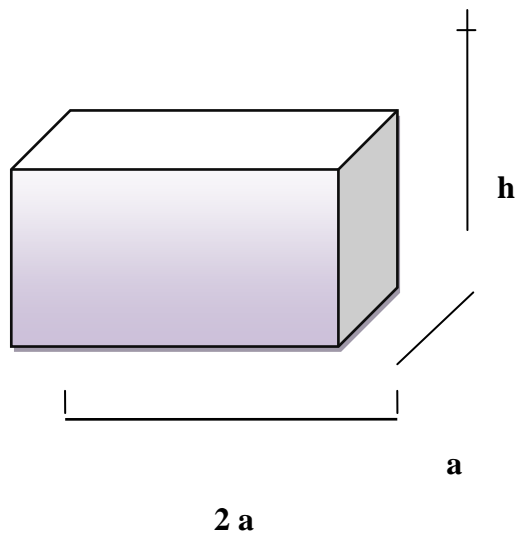
$$\mathbf{a \times 2a \times h = V}$$

$$2a^2 \times 1,5 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\frac{30 \text{ m}^3}{2 \times 1,5 \text{ m}}}$$

$$a = 3,20 \text{ m (Ancho)}$$

$$2a = 6,40 \text{ m (Largo)}$$



CAPÍTULO V

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. DEFINICIÓN

Es un procedimiento Jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por las distintas Administraciones Públicas competentes. (LEIVA, A.2008).

5.2. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

- ✓ Describir explícitamente las condiciones ambientales del área donde se desarrollarán las actividades del proyecto e incorporarlas en el proceso de toma de decisiones del mismo.
- ✓ Identificar y evaluar los posibles impactos ambientales que pudieran generar las actividades del proyecto.
- ✓ Proponer medidas de prevención, mitigación, corrección y/o compensación para los posibles impactos ambientales generados por el proyecto.
- ✓ Promover el desarrollo sustentable que optimiza el uso de recursos.

5.3. PRINCIPIOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Principios Básicos: Son aquellos principios que se emplean en todas las etapas de la EIA; también se usan en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) de

políticas, planes y programas.

Principios Operativos: Son aquellos principios que describen la forma en que los principios básicos deben ser aplicados a los principios escalones y actividades específicas del proceso de evaluación de impactos ambiental (análisis del proyecto, alcance, evaluación de alternativas, identificación de acciones, factores e impactos, cribado), También se contempla la evolución posterior de las secuelas de principios de evaluación de impacto.

A continuación se detalla los principales Principios Básicos de la Evaluación de Impactos Ambientales:

- 1) **Finalidad:** La EIA debe informar sobre la intención y el propósito con que se decide su ejecución, sobre las decisiones tomadas en ese sentido y sobre los resultados a un nivel de detalle acorde con la finalidad ambiental propuesta.
- 2) **Importancia:** La EIA debe suministrar y considerar de manera sistemática y en su totalidad toda la información, relevante, suficiente, confiable y utilizable del medio ambiente afectado, las alternativas propuestas y sus impactos, así como las medidas necesarias para detectar, precisar e investigar los efectos residuales.
- 3) **Rigor:** La EIA debe incorporar el máximo rigor, precisión y exactitud, aplicando las “mejor ciencia posible”, empleando metodologías y técnicas apropiadas para determinar los problemas que se investigan.
- 4) **Credibilidad:** La EIA debe ser verosímil y creíble llevándose a cabo con profesionalidad, rigor, honestidad, objetividad, imparcialidad y equilibrio, asegurando poder estar sujeta a comprobaciones y verificaciones independientes.
- 5) **Transparencia:** La EIA debe ser transparente y clara, siendo los requerimientos del contenido fácilmente comprensibles, asegurando el acceso público a la información, identificando los factores que serán considerados en la toma de decisiones y reconociendo las limitaciones y dificultades encontradas.

- 6) **Utilidad:** La EIA debe resultar eficaz y útil, colaborando a la resolución de problemas, consiguiendo que las decisiones y conclusiones sean aceptables y factibles de ser llevados a cabo por el promotor.
- 7) **Eficacia:** La EIA debe imponer los mínimos obstáculos de costo en términos de tiempo y financiación para los promotores, titular del proyecto y público, participantes y demás personas interesadas, además de ser consecuente en alcanzar las exigencias y objetivos aprobados.
- 8) **Exhaustividad:** La EIA debe ser integral y contemplar las interrelaciones entre los aspectos físicos, biológicos, sociales y económicos.
- 9) **Convergencia:** La EIA debe focalizar sus empeños y decisiones, y concentrarse en los efectos ambientales significativos y en los resultados críticos.
- 10) **Flexibilidad:** La EIA debe ser participativa y proveer las oportunidades adecuadas para informar e involucrar al público interesado y afectado incorporando sus aportaciones y preocupaciones en la documentación y en la toma de decisiones.
- 11) **Consecución de metas:** La EIA debe alcanzar sus metas y objetivos dentro de los límites de la información, tiempo, recursos y metodología disponibles.
- 12) **Multidisciplinar:** La EIA debe ser interdisciplinaria y asegurar el empleo de las técnicas apropiadas y que formen parte del equipo redactor expertos en disciplinas técnicas, físicas, bióticas y socioeconómicas.

5.4. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

- ✓ El proceso del EIA debe tener en cuenta fundamentalmente:
- ✓ Filtrado, tamizado o cribado (screening)
- ✓ Alcance del proyecto
- ✓ Examen de alternativas

- ✓ Estudios del entorno
- ✓ Análisis de Impactos
- ✓ Medidas preventivas, correctoras y compensatorias
- ✓ Valoración del impacto ambiental
- ✓ Redacción del informe final
- ✓ Toma de decisiones del órgano competente
- ✓ Seguimiento

5.5. METODOLOGÍAS

Existen numerosos modelos y procedimientos para la evaluación de impactos sobre el Medio Ambiente o sobre alguno de sus factores, algunos generales, con pretensiones de universalidad, otros específicos para situaciones o aspectos concretos, algunos cualitativos, otros operando con amplias bases de datos e instrumentos de cálculo sofisticado, de carácter estático unos, dinámicos otros, etc.

Hay que destacar que la mayoría de estos métodos fueron elaborados para proyectos concretos, resultandos por ello complicada su generalización, aunque resultan inválidos para otros proyectos similares a los que dieron origen al método en cuestión

La clasificación de los métodos mas usuales responde al esquema de Estevan Bolea, 1984, ampliado con el de Canter y Sadler, 1997 y sistematizado por el autor, 2009.

➤ **Matrices causa-efecto**

- ✓ Leopold.
- ✓ Clark.
- ✓ CNYRPAB.
- ✓ Moore.
- ✓ Bereano.
- ✓ Guías metodológicas del M.O.P.U.
- ✓ Banco Mundial

➤ **Listas de chequeo**

- ✓ Simples.
- ✓ Descriptivas.

- ✓ Escala simple.
- ✓ Escala ponderada.

- **Sistemas de interacciones o redes**
 - ✓ Sonrensen.
 - ✓ Redes ampliadas.

- **Sistemas cartográficos**
 - ✓ Surperposición de transparentes.
 - ✓ Mc Harg.
 - ✓ Tricart
 - ✓ Falque

- **Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación**
 - ✓ Holmes.
 - ✓ Universidad de Georgia.
 - ✓ Hill-Schechter.
 - ✓ Fisher-Davies.
 - ✓ Índice Global.

- **Métodos cuantitativos**
 - ✓ Batelle Columbus.

- **Métodos de simulación**

- **Metodo “Ad Hoc”**
 - ✓ M^a Teresa Estevan Bolea.
 - ✓ Domingo Gómez Orea.
 - ✓ Vicente Conesa Fernández Vítora.

5.6. METODOLOGÍA PROPUESTA

5.6.1. MATRICES CAUSA-EFECTO

Son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto.

Durante la preparación de una matriz de interacción simple, se puede seguir una serie de pasos generales:

1. Definir todas las acciones previstas del proyecto (acciones del proyecto susceptibles de causar impactos) y agruparlas en fases temporales (fases de preparación del terreno, ejecución o construcción, funcionamiento y abandono).
2. Identificar los factores ambientales susceptibles de ser impactados por las acciones del proyecto: aspectos físico/químicos, biológicos, culturales y socio económicos.
3. Someter los listados obtenidos a un estudio exhaustivo por parte de un equipo multidisciplinar.
4. Establecer el diseño de clasificar y valoración de los impactos (números, letras, colores, cualidades, etc.)
5. Someter a la matriz resultante exhaustivo por parte de un equipo multidisciplinar cortejando cada interacción (acción del proyecto/factor del medio ambiente), asignando valores a cada casilla de cruce de la matriz.
6. Exponer de formas descriptivas cada uno de los impactos, así como los resultados globales que se desprenden de la matriz (acciones más impactantes, factores con mayor índice de impactos.)

5.6.1.1. MATRIZ DE IMPORTANCIA

5.6.1.1.1. Signo

El signo del impacto hace mención al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados

- ✓ El impacto se considera *positivo* cuando el resultado de la acción produce una mejora de la calidad ambiental del factor ambiente considerado.
- ✓ El impacto se considera *negativo* cuando el resultado de la acción produce una disminución de la calidad ambiental del factor ambiental considerado.

Existe la posibilidad de incluir, en algunos casos concretos, un tercer carácter, previsible pero difícil de cualificar o sin estudios específicos (x) que reflejaría efectos cambiantes difíciles de predecir, o efectos de naturaleza subjetiva (calidad paisajística).

Este carácter (x), también reflejaría efectos asociados con circunstancias externas al proyecto, de manera que solamente a través de un estudio global de todas ellas sería posible conocer su naturaleza dañina o beneficiosa.

5.6.1.1.2. Intensidad

Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiente considerado, en el ámbito específico en que actúa, es decir expresa el grado de destrucción del factor considerado en el caso en que se produzca un efecto negativo, independientemente de la extensión afectada. Puede producirse una destrucción muy alta, pero en una extensión muy pequeña. Es importante no confundir ni vincular la Intensidad de un impacto a la Extensión del mismo. La intensidad se refiere al grado de destrucción del factor ambiente y la extensión a la cantidad de factor sobre la que se produce el efecto.

La intensidad será *total*, pero la extensión afectada del entorno es mínima o puntual. Por el contrario un vertido considerable pero poco contaminante en una charca de pequeñas proporciones, presenta una intensidad baja, o a lo mucho media, ya que el índice de mortandad de peces es bajo, pero contiene luego en casi toda la superficie de la charca, la extensión será amplia o tal vez Total.

La escala de valoración estará comprendida entre el 1 y 12, en el que el (12) expresara una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, *Intensidad* en grado *Total*; El (1) una afección mínima y poco significativa *Intensidad Baja o Mínima*. los valores comprendidos entre esos dos términos reflejaran situaciones intermedias *Intensidad Notable o Intensidad muy Alta (8)*; *Intensidad Alta (4)*; *Intensidad Media (2)*. En función de su intensidad los impactos reciben el nombre de Impacto de Intensidad Alta, Media, Baja, etc.

Cuando la acción causante del efecto, caso de la introducción de medidas correctoras, de lugar a un efecto positivo, la Intensidad del impacto reflejará el grado de reconstrucción o restauración del factor, o sea, el grado de mejora cualitativa de su calidad ambiental. La intensidad final del efecto, sufrirá una disminución como consecuencia de la ejecución de las medidas correctoras.

Por ejemplo, un vertido con una alta concentración de productos nocivos, como medidas correctoras se establece disminuir drásticamente la concentración. El vertido pierde su capacidad de destrucción de una manera evidente.

5.6.1.1.1. Extensión (Ex)

Es el atributo que refleja la fracción del medio afectado por la acción del proyecto. Se refiere en sentido amplio al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto en que se sitúa el factor. Este atributo recibe también la denominación de *Escala Espacia o Dimensión*.

Por ejemplo, el porcentaje de área afectada por la acción, respecto al entorno total, en que se manifiesta el efecto. También podemos relativizar respecto al volumen, y respecto a cualquier unidad o indicador que refleje la parte del medio afectada. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerara que el impacto tiene un carácter Puntual (1). Si por el contrario, el efecto admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo Él, el impacto será *Total (8)*, considerando las situaciones intermedias, según su graduación, como impacto *Parcial (2)* y *Extenso (4)*. En el caso de que el efecto, sea puntual o no, se produzca en un lugar crucial o crítico (vertedero próximo o aguas arriba de una toma de agua para el consumo humano,

degradación paisajística en una zona muy visitada o cerca de un centro urbano, etc.), estaremos ante un *Impacto de Ubicación Crítica* y se atribuye un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en que se manifiesta y, en el caso de considerar que es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas correctoras, habrá que buscar inmediatamente otra alternativa al proyecto, anulando la causa que nos produce este efecto.

5.6.1.1.1. Momento (Mo)

El plazo de manifestación del impacto alude el tiempo (t_m) que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_j) sobre el factor del medio considerado.

$$t_m = t_j - t_0$$

El impacto será de *Manifestación Inmediata* cuando el tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sea nulo, asignándole un valor (4). Por ejemplo, los incendios forestales dan lugar a que de inmediato las poblaciones faunísticas del área siniestrada emigren a otras zonas.

El impacto será de *Manifestación A Corto Plazo* cuando el tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sea inferior a un año, asignándole un valor (3). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 10 años, *Manifestación de Medio Plazo* (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 10 días, *Manifestación a Largo Plazo*, con valor asignado (1). Por ejemplo, ante la tala indiscriminada de árboles, se produce una alteración del régimen hídrico (disminución de las lluvias) después de algunos años. Si transcurriese alguna circunstancia que hiciese crítico el plazo de manifestación del impacto, cabría atribuirle un valor de una a cuatro unidades por encima de las especificadas (ruido por las noches en las proximidades de un centro hospitalario –inmediato-, previsible aparición de una plaga o efecto pernicioso en una explotación justo antes de la recolección –medio plazo-).

5.6.1.1.1. Persistencia o Duración (Pe)

Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a

partir el cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción

$$t_p = t_r - t_j$$

Considerando conveniente la siguiente matización: La duración del efecto y por tanto el momento del retorno t_r , en cuanto a este atributo (Pe) es independiente de otras características del efecto, tales como reversibilidad, recuperabilidad, etc.

Intentaremos pronosticar el momento de retorno t_r , deduciendo en consecuencia el tiempo que realmente va a permanecer el efecto t_p , haya o no cesado la acción., sea o no reversible, sea o no recuperable, etc. El *Impacto Temporal* permanece solo por un tiempo limitado, haya finalizado o no la acción. Por ejemplo, la contaminación sonora tiene vigencia solo durante la emisión de sonidos (acción finalizada)

El *Impacto Permanente* no cesa de manifestarse de manera continua, durante un tiempo ilimitado. Por ejemplo, la contaminación por sustancias bioacumulativas (como el mercurio utilizado en explotaciones auríferas) se mantiene durante muchísimos años. Cuando la permanencia del efecto, por la circunstancia que sea, es mínima o nula (cese la acción o no, cesa la manifestación del efecto que aquella produce en el factor considerado, el efecto se considera *Efímero o Fugaz*), tomando un valor de (1).

Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto *Momentáneo*, asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 10 años, *Temporal* propiamente dicho, o *Transitorio* (2); y si pertenece entre 11 y 15 años, *Persistente, Pertinaz o Duradero* (3). Si la manifestación tiene una duración superior a 15 años consideramos el efecto *Permanente o Estable* asignándole un valor (4).

A efectos prácticos aceptamos como *Constante* un impacto permanente con una duración ilimitada de la manifestación del efecto. Por ejemplo, construcción de carreteras, efectos radiactivos, etc. Los impactos temporales (no permanentes, son reversibles o en su caso, recuperables, o como ya se ha especificado a los efectos del cálculo de la importancia, la persistencia, es independiente de la reversibilidad y de la recuperabilidad (se calculan todas aquellas acorde con el modelo).

Los efectos permanentes son irreversibles y pueden ser recuperables e irrecuperables. Un efecto permanente (contaminación permanente del agua de un río consecuencia de los vertidos de una industria, puede ser recuperable (el agua del río recupera su calidad ambiental al cabo de cierto tiempo de cesar la acción como consecuencia de una mejora en el proceso industrial –medidas correctoras-) o irrecuperable e irreversible (el efecto de la tala de árboles ejemplares es un efecto permanente irreversible, ya que no se recupera la calidad ambiental de pues de llevar a cabo la tala, ni si quiera con la aplicación de medidas correctoras).

5.6.1.1.1. Reversibilidad (RV)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez ésta deja de actuar sobre el medio.

El efecto reversible puede ser asimilado por los efectos naturales del medio, mientras que el irreversible no puede ser asimilado o serlo pero al cabo de un largo periodo de tiempo.

El impacto será *Reversible* cuando el factor ambiental alterado puede retornar, sin la intervención humana, a sus condiciones originales en un periodo inferior a 15 años. (El descenso del nivel freático de una acuífero debido al exceso de extracción de agua, vuelve a la situación inicial una vez cesa la acción extractora, al ser recargado mediante el aporte de agua de lluvia).

Si es a *Corto Plazo*, se le asigna un valor de (1), si es a *Medio Plazo* (2) y a *Largo Plazo* (3). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son los mismos asignados para el atributo anterior. El impacto será *Irreversible* cuando el factor ambiental alterado no puede retornar, sin la intervención humana, a sus condiciones originales en un periodo inferior a 15 años. (La tala descontrolada de una zona boscosa, tardaría más de 15 años en adquirir el aspecto inicial, sin que sea repoblado por el hombre).

Al efecto *Irreversible* le asignamos el valor (4).

A efectos de reversibilidad la permanencia del efecto (*tiempo de reversión*), responde a la siguiente expresión

$$t_{rev} = t_r - t_f = t_{pr}$$

Es decir:

$$t_r - t_j > t_r - t_f = t_{rev}$$

Si consideramos un efecto que, además de reversible es recuperable, y deseamos reducir el tiempo de permanencia (aceleración de la reversión), aplicaremos las medidas correctoras precisas, con lo que el tiempo de reversión acelerada será:

$$t'_{rev} = t_{rMC} - t_f$$

Atendiendo a su duración o persistencia, los impactos reversibles se consideran temporales. No obstante un efecto irreversible pero con poca permanencia no muy superior a los 15 años ($t_p > 15$ años), podría considerarse *quasi—irreversible*. Si la permanencia es superior los 15 años ($t_p \gg 15$ años), el efecto será totalmente *irreversible*. (Un suelo agrícola transformado en asentamientos humanos muy difícilmente volverá a desempeñar su capacidad agrícola).

5.6.1.1.1. Recuperabilidad (MC)

Se refiere a la *posibilidad de reconstrucción*, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana, o sea, mediante la introducción de medidas correctoras y restauradoras. Si el efecto es totalmente *Recuperable o Neutralizable*, se le asigna un valor (1),(2),(3) o (4) según lo sea de manera inmediata (*Impacto Inmediato*), a corto plazo o a medio y largo plazo .

Por ejemplo, el desvío de las agua durante la construcción de un puente, se restablece a un cauce original una vez terminada la obra. El impacto, aunque irreversible es recuperable. Otro efecto irreversible (pérdida de calidad paisajística por destrucción de una jardín durante la fase de construcción de un suburbano), puede ser recuperable, (retorno a las condiciones iniciales por implantación a un nuevo jardín, una vez finalizada las obras del

suburbano).

Cuando el efecto es *Irrecuperable* (alteración imposible de reparar en su totalidad por la acción humana) le asignamos el valor (8). La recarga de acuíferos es irrecuperable pero reversible.

En el caso en que la alteración se recupere parcialmente, al cesar o no, la presión provocada por la acción, y previa incorporación de Medidas Correctoras (MC) el impacto será *Mitigable*, atribuyéndosele el valor (4). El ruido provocado por una embotelladora se atenúa rodeándola en una pantalla de cristal con cámara de aire (la acción de la embotelladora no cesa ya que aunque el impacto es reversible la embotelladora no deja de funcionar, pero el impacto sea mitigado). La pérdida de suelo fértil en un desmonte se mitiga con la adición de tierra vegetal (la acción cesa el impacto al ser irreversible sigue, y al introducir la medida se mitiga).

En el caso de que se presente un impacto irrecuperable, pero exista la posibilidad de introducir medidas compensatorias, estaremos ante un *Impacto Compensable*, el valor adoptado será (4). El mismo valor adquirirá el impacto cuando exista la posibilidad de introducir medidas curativas y recuperadoras.

Por medios humanos es posible recuperar impactos irreversibles, atenuar los mitigables y remplazar o sustituir los irrecuperables. Cuando el tiempo de reconstrucción de un efecto recuperable, producido en el factor considerado, sea superior a 15 años, consideramos el efecto irrecuperable.

Si $t_R > 15$ años = Impacto Irrecuperable

Precisando, cuando se prevea cuando una acción determinada va a estar ejerciendo un presión sobre el medio, por el tiempo superior a 15 años o, pese al cese de la acción, la manifestación del efecto supere sus años, y aunque existe la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana que no se va a hacer uso de la posibilidad de introducir medidas correctoras y que estamos ante un impacto que asimilamos, a efectos de variación, a un *Impacto Irrecuperable*. Un medio eléctrico de alta tensión, es recuperable, pero podemos prever que su desmantelamiento no

se producirá dentro de los próximos 15 años. El efecto producido lo suponemos irrecuperable, asignado al impacto un valor de (8).

5.6.1.1.1. Sinergia (SI)

Se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a las suma de los efectos individuales. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de los efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultanea.

A si mismo, se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce con el tiempo la aparición de otros nuevos, de superior manifestación. Muchos impactos ambientales tienen efectos complejos y la agregación de los mismos no siempre ocurren en proporciones aritméticas. Este fenómeno de agregación de impactos se denomina *Sinergia*. Enfocado el medio como sistema, los fenómenos sinérgicos nos conducen a afirmar que el sistema medioambiente es mucho más que los componentes y factores ambientales que los constituyen.

Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico, potenciándose la manifestación de manera ostensible (4). Cuando se presenta en casos de debilitamiento o minoración (sinergia negativa) la valoración del efecto presentara valores de signo negativo, reduciendo al final el valor de la Importancia del Impacto.

5.6.1.1.1. Acumulación (AC)

Se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada acción que lo genera.

Cuando una acción se manifiesta de un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos ni en la de

su acumulación ni en la de su sinergia (no hay efectos acumulativos) nos encontramos ante un caso de acumulación *Simple* valorándose como (1). Cuando una acción al prolongarse en el tiempo incrementa progresivamente la magnitud del efecto, al carecer el medio de mecanismo de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto, estamos ante una ocurrencia *Acumulativa*, incrementándose el valor a (4).

5.6.1.1.1. Efecto (EF)

Se refiere a la relación causa – efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de un factor. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de esta. (La emisión de CO, impacta sobre el aire del entorno).

En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación pues, no es consecuencia directa de la acción, si no que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como un acción de segundo orden. (La acción de fluorocarbono, impacta de manera directa sobre la calidad del aire del entorno y de manera indirecta o secundaria sobre el espesor de la capa de ozono). El efecto toma el valor (1) en caso de que sea indirecto o secundario y el valor (4) cuando sea directo o primario.

5.6.1.1.1. Periodicidad (PR)

Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera continua (las acciones que lo producen, permanecen constantes en el tiempo), o discontinua (las acciones que lo producen actúan de manera regular o irregular en el tiempo). Consideramos que la periodicidad discontinua es Periódica, cíclica o intermitente, cuando los plazos de manifestación presentan una irregularidad o una cadencia establecida.

Calificamos la periodicidad como *Aperiódica o Irregular* propiamente dicha, cuando la manifestación discontinua del efecto se repite en el tiempo de una manera irregular e imprevisible sin cadencia alguna.

Se supone *Esporádica o Infrecuente* cuando la acción que produce el efecto, y por tanto su manifestación son infrecuentes, presentándose un a carácter excepcional. A los efectos

<p>SINERGIA (SI) (Potenciación de la manifestación)**</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sin sinergismo o Simple 1 - Sinergismo moderno 2 - Muy sinérgico 4 	<p>ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simple 1 - Acumulativo 4
<p>EFFECTO (EF) (Relación causa-efecto)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indirectos o Secundarios 1 - Directos o Primario 4 	<p>PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Irregular (Aperiódico y Esporádico) 1 - Periódico o Regularidad intermitente 2 - Continuo 4
<p>RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recuperable de manera inmediata 1 - Recuperable a corto plazo 2 - Recuperable a medio plazo 3 - Recuperable a largo plazo 4 - Mitigable, sustituible y compensable 4 - Irrecuperable 8 	<p>IMPORTANCIA (I) (Grado de manifestación cualitativa del efecto)</p> <p>$I = \pm(3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$</p>

CAPÍTULO VI

PRESUPUESTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE 1000 Hab.

- * Área de terreno = 55m x 45m
- * Área de terreno = 2475 m²
- * Área de terreno = 0,247 Ha

1. Cerramiento

- * Longitud = 55m + 55m + 45m + 39m
Longitud = 194m
- * Costo por metro = 50 dólares
- * Costo Total = 9700 dólares

2. Puerta de ingreso

- * Area = 24 metros cuadrados
- * Costo por metro cuadrado: 55 dólares
- * Costo Total = 1320 dólares

3. Iluminación exterior

- * Número de partes = 9 unidades
- * Costo por unidad = 140 dólares
- * Costo Total = 1260 dólares

4. Área de edificio administrativo

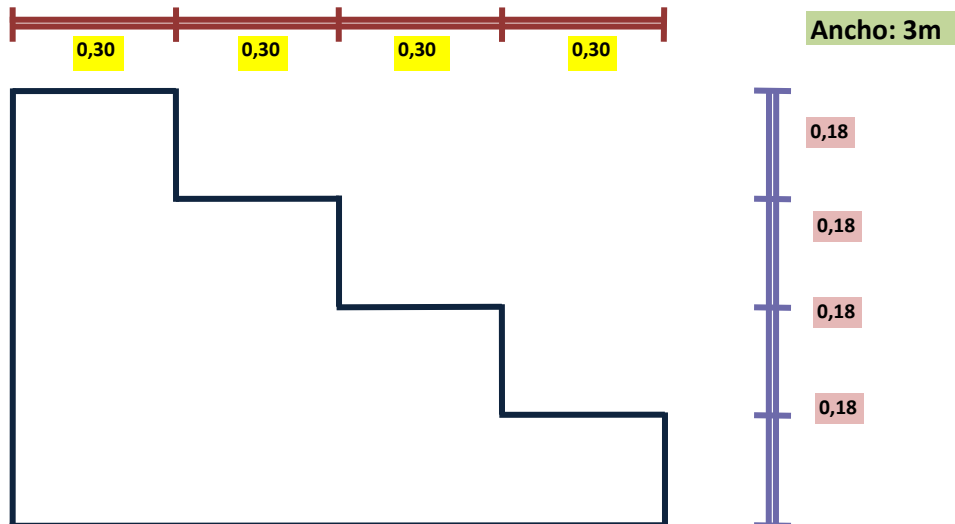
- * Área de construcción = 150m²
- * Costo por metro cuadrado = \$ 1300 dólares
- * Costo Total = \$ 195 000 dólares
- *

5. Área de laboratorio (3 plantas)

- * Área de construcción = 85,5m² x 3
Área de construcción = 256,6m²
- * Costo por metro cuadrado = \$ 1300 dólares

* Costo Total = 990 dolares

c) Escaleras



* Ancho = 3m

* Volumen = Área x Ancho

$$\text{Volumen} = (0,72\text{m} \times 0,30\text{m} + 0,54\text{m} \times 0,30\text{m} + 0,36\text{m} \times 0,30\text{m} + 0,18\text{m} \times 0,30\text{m}) \times 3\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 1,62\text{m}^3$$

* Costo por metro cúbico = 220 dólares

* Costo Total = 356.40 dólares

d) Pasamanos

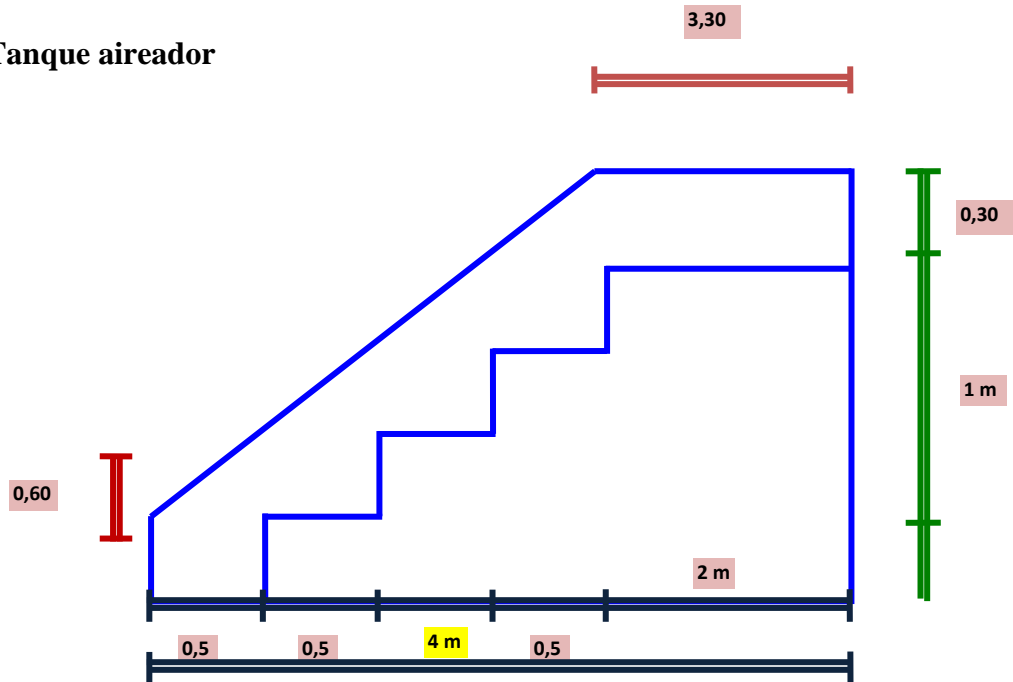
* Longitud = 6m + 2,5m + 2,5m + 1,5m + 1,5m + 2m

* Longitud = 16m

* Costo por metro lineal = 100 dolares

* Costo Total = 1600 dolares

7. Tanque aireador



a) Paredes laterales y frontales

$$* \text{ Volumen} = 2 \times \text{Área} \times \text{Ancho}$$

$$\text{Volumen} = 2 \times [(3,30\text{m} \times 1,30\text{m}) + 0,70\text{m} \times 0,70\text{m} + (0,70\text{m} \times 0,60\text{m})] \times 0,20\text{m}$$

2

$$\text{Volumen} = 2 \times [4,95\text{m}^2] \times 0,20\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 1,98\text{m}^3$$

$$* \text{ Volumen} = \text{Área} \times \text{Ancho}$$

$$\text{Volumen} = [(0,60\text{m} \times 0,90\text{m}) \times 0,20\text{m}] + [(1,30\text{m} \times 0,90\text{m}) \times 0,20\text{m}]$$

$$\text{Volumen} = 0,11\text{m}^3 + 0,24\text{m}^3$$

$$\text{Volumen} = 0,35\text{m}^3$$

$$* \text{ Volumen Total} = 2,33\text{m}^3$$

$$* \text{ Costo por metro cúbico} = 220 \text{ dólares}$$

$$* \text{ Costo Total} = 513,20 \text{ dólares}$$

8. Unidad de dosificación

a) Losa de fondo

- * Volumen = Área x Espesor
- * Volumen = (0,90m x 0,40m) + 0,20m
- * Volumen = 0,79m³

b) Paredes laterales

- * Volumen = Área x Espesor
- * Volumen = [(4,4m + 4,4m + 0,90m + 0,90m) x 0,50m] + 0,20m
- * Volumen = 1,06m³

c) Paredes laterales de tanques de dosificador

- * Volumen = Área x Espesor
- * Volumen = [(1m + 2m + 1m) x 0,50m] + 0,20m
- * Volumen = 0,50m³

d) Losa del dosificador

- * Volumen = Área x Espesor
- Volumen = (2m + 1m) + 0,25m
- Volumen = 0,50m³

- * Volumen Total = 2,85m³
- * Costo por metro cúbico = 220 dólares
- * Costo Total = 627.0 dólares

9. Unidad de floculación

a) Losa de fondo

- * Volumen = Área x Espesor
- Volumen = (5,70m x 3,10m) x 0,35m
- Volumen = 6,18m³

b) Paredes laterales

- * Volumen = Longitud x Altura x Espesor
- Volumen = (5,45m + 5,45m + 2,85m + 2,85m) x 1,50m x 0,25m

$$\text{Volumen} = 6,22\text{m}^3$$

c) Canaleta de ingreso y salida

* $\text{Volumen} = 2 \times \text{Área} \times \text{Longitud}$

$$\text{Volumen} = 2 \times [(0,25\text{m} \times 0,15\text{m}) + (0,25\text{m} \times 0,10\text{m})] \times 2,60\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 0,33\text{m}^3$$

d) Paredes transversales

* $\text{Volumen} = 7 \times \text{Área} \times \text{Espesor}$

$$\text{Volumen} = 7 \times (1,90\text{m} \times 0,15\text{m} \times 1,30\text{m}) \times 0,10$$

$$\text{Volumen} = 0,26 \text{ m}^3$$

* $\text{Volumen Total} = 13,00\text{m}^3$

* $\text{Costo por metro cúbico} = 220 \text{ dólares}$

* $\text{Costo Total} = 2860 \text{ dólares}$

10. Unidad de sedimentación

a) Losa de fondo

* $\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{Espesor}$

$$\text{Volumen} = (5,70\text{m} \times 3,10\text{m}) \times 0,35\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 6,18\text{m}^3$$

b) Paredes laterales

* $\text{Volumen} = \text{Longitud} \times \text{Altura} \times \text{Espesor}$

$$\text{Volumen} = (5,45\text{m} + 5,45\text{m} + 2,85\text{m} + 2,85\text{m}) \times 1,50\text{m} \times 0,25\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 6,22\text{m}^3$$

c) Canaleta de ingreso y salida

* $\text{Volumen} = 2 \times \text{Área} \times \text{Longitud}$

$$\text{Volumen} = 2 \times [(0,25\text{m} \times 0,15\text{m}) + (0,25\text{m} \times 0,10\text{m})] \times 2,60\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 0,33\text{m}^3$$

* $\text{Volumen Total} = 12,73\text{m}^3$

* $\text{Costo por metro cúbico} = 220 \text{ dolares}$

* Costo Total = 2699.44 dolares

11. Unidad de filtración

a) Losa de fondo

* Volumen = Área x Espesor

$$\text{Volumen} = (5,70\text{m} \times 3,10\text{m}) \times 0,35\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 6,18\text{m}^3$$

b) Paredes laterales

* Volumen = Longitud x Altura x Espesor

$$\text{Volumen} = (5,45\text{m} + 5,45\text{m} + 2,85\text{m} + 2,85\text{m}) \times 1,50\text{m} \times 0,25\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 6,22\text{m}^3$$

c) Canaleta de ingreso

* Volumen = Área x Longitud

$$\text{Volumen} = [(0,25\text{m} \times 0,15\text{m}) + (0,25\text{m} \times 0,10\text{m})] \times 2,60\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 0,165\text{m}^3$$

* Volumen Total = 12,57m³

* Costo por metro cúbico = 220 dólares

* Costo Total = 2765.40 dólares

12. Tanque de reserva

a) Losa de fondo

* Volumen = Área x Espesor

$$\text{Volumen} = (14,1\text{m} \times 14,1\text{m}) \times 0,55\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 109,34\text{m}^3$$

b) Paredes laterales

* Volumen = Falta

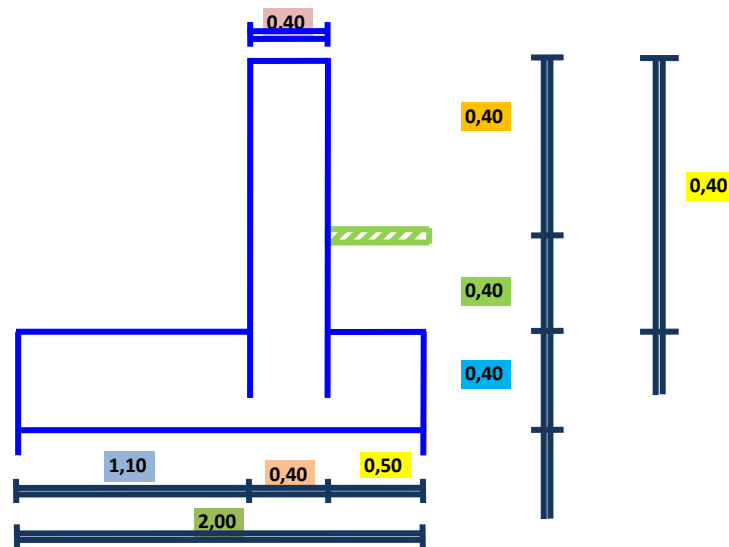
$$\text{Volumen} = (13,70\text{m} \times 0,35\text{m}) \times 1,50\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 7,20\text{m}^3$$

c) Losa superior

- * Volumen = Área x Espesor
Volumen = (14,1 x 14,1m) x 0,35m
Volumen = 69,58m³
- * Volumen Total = 186,12m³
- * Costo por metro cúbico = 220 dólares
- * Costo Total = 40946.40 dólares

13. Muro de contención



- * Volumen = Área x Longitud
Volumen = [(0,40m x 4,60m) + (0,60m x 2m)] x 24,5m
Volumen = 74,48m³
- * Costo por metro cúbico = 220 dólares
- * Costo Total = 16385.40 dólares

14. Longitud de tubería de PVC

- * Longitud = 5m + 15,5m + 3,5m + 1m + 3m + 4m + 4m + 6m + 6m
Longitud = 48m
- * Costo por metro lineal = 76.77 dolares
- * Costo Total = 3684.96 dolares

15. Geotextil en la unidad de floculación, sedimentación y filtración

$$* \text{ \u00c1rea} = [(5,7\text{m} + 5,7\text{m} + 3,05\text{m} + 3,05\text{m}) \times 1,5\text{m}] + [5,7\text{m} \times 3,05\text{m}] \times 3$$

$$\text{\u00c1rea} = [26,25\text{m}^2 + 17,40\text{m}^2] \times 3$$

$$\text{\u00c1rea} = [43,65\text{m}^2] \times 3$$

$$\text{\u00c1rea} = 130,95\text{m}^2$$

$$* \text{ Costo por metro cuadrado} = 6.91 \text{ d\u00f3lares}$$

$$* \text{ Costo Total} = 904.52 \text{ d\u00f3lares}$$

16. Geotextil en el tanque de reserva

$$* \text{ \u00c1rea} = [(14,1\text{m} + 14,1\text{m} + 14,1\text{m} + 14,1\text{m}) \times 2,6\text{m}] + [14,1\text{m} \times 14,1\text{m}]$$

$$\text{\u00c1rea} = [146,64\text{m}^2 + 198,81\text{m}^2]$$

$$\text{\u00c1rea} = 345,45\text{m}^2$$

$$* \text{ Costo por metro cuadrado} = 6.91 \text{ d\u00f3lares}$$

$$* \text{ Costo Total} = 2386.71 \text{ d\u00f3lares}$$

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL PLANTA DE
TRATAMIENTO PARA 1000 HABITANTES**

Item	Costo Global
Cerramiento	9700.00
Puerta de ingreso	1320.00
Iluminación exterior	1260.00
Edificio administrativo	195000.00
Laboratorio	333450.00
Plataforma para toma de muestras	6162.40
Tanque aereador	513.20
Unidad de dosificación	627.00
Unidad de floculación	2860.00
Unidad de sedimentación	2699.44
Unidad de filtración	2765.40
Tanque de reserva	40946.00
Muro de contención	16385.40
Tubería de PVC	3684.96
Geotextil	3291.23
Costo Total	620,664.46

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL PLANTA DE
TRATAMIENTO PARA 2000 HABITANTES**

Item	Costo Global
Cerramiento	9700.00
Puerta de ingreso	1320.00
Iluminación exterior	1260.00
Edificio administrativo	195000.00
Laboratorio	333450.00
Plataforma para toma de muestras	6162.40
Tanque aereador	513.20
Unidad de dosificación	752.40
Unidad de floculación	3432.00
Unidad de sedimentación	3239.32
Unidad de filtración	3318.48
Tanque de reserva	53229.80
Muro de contención	16385.40
Tubería de PVC	4421.95
Geotextil	3949.34
Costo Total	636,134.29

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL PLANTA DE
TRATAMIENTO PARA 3000 HABITANTES**

Item	Costo Global
Cerramiento	9700.00
Puerta de ingreso	1320.00
Iluminación exterior	1260.00
Edificio administrativo	195000.00
Laboratorio	333450.00
Plataforma para toma de muestras	6162.40
Tanque aereador	513.20
Unidad de dosificación	877.40
Unidad de floculación	4004.00
Unidad de sedimentación	3779.22
Unidad de filtración	3871.56
Tanque de reserva	57324.40
Muro de contención	16385.40
Tubería de PVC	4790.44
Geotextil	4278.59
Costo Total	642,717.50

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

1. El diseño de las plantas de tratamiento para 1000, 2000 y 3000 habitantes tienen la factibilidad de poder ser construidas en algunas poblaciones rurales de nuestro país.
2. Las unidades que se han utilizado para el tratamiento del agua son las siguientes: Aireación, dosificador, floculador, sedimentador, filtro lento y cloración la cual garantiza la calidad para el consumo humano.
3. Dentro del diseño de la planta de tratamiento se ha tomado en consideración el área administrativa y de bodega, laboratorio de control de calidad, parqueaderos y áreas verdes.
4. Luego de realizar los resultados de la matriz de importancia y la Evaluación del Impacto Ambiental se puede concluir que los resultados son satisfactorios y que los impactos ambientales pueden ser fácilmente mitigables.
5. Conclusión sobre presupuesto: La planta de tratamiento para 100 habitantes tiene un costo de 620,664.46 dólares; la planta para 2000 habitantes tiene un costo de 636134.29 dólares y la planta para 3000 habitantes tiene un costo de 642717.50 dólares

RECOMENDACIONES

1. Una vez que el departamento de vinculación con la comunidad haya seleccionado la población beneficiada será necesario proporcionar una copia de este proyecto para que se puedan llamar a concursos de ofertas para su construcción.
2. Es importante que el laboratorio de control de calidad sea estudiado y diseñado mediante otro tema de tesis para que paulatinamente este proyecto sea complementado.

ANEXO I

GLOSARIO DE TERMINOS

Acuífero: Cuerpo formado por una roca o suelo saturado de agua y lo suficientemente permeable como para conducir agua subterránea y proporcionar caudales económicamente significativos.

Acuífero artesiano o surgente: Es un acuífero confinado que contiene agua subterránea sometida a una presión lo suficientemente alta como para provocar descarga por pozos o manantiales.

Acuífero confinado: Es un acuífero que se encuentra limitado superior e inferiormente por capas impermeables o por capas con una permeabilidad menor que la del acuífero; estos acuíferos contienen agua subterránea confinada.

Acuíferos libres: Acuíferos en los cuales el nivel superior del manto de agua está sujeto a la presión atmosférica; se denomina también acuífero no confinado o freático.

Agua cruda: Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características físicas, químicas, radiológicas, biológicas o microbiológicas.

Agua potable: Es el agua que reúne los requisitos que la hacen apta para el consumo humano, debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales, y debe cumplir con los requisitos de definen estas Normas.

Agua subterránea: Agua subsuperficial que se encuentra en la zona de saturación. Incluye cursos de agua subterránea.

Álcalis: Son sustancias cáusticas que se disuelven en agua formando soluciones con un

pH bastante superior a 7 (al neutro): amoníaco, hidróxido amónico, hidróxido y óxido cálcicos, hidróxido de potasio, hidróxido y carbonato potásico, hidróxido de sodio , carbonato, hidróxido, peróxido y silicatos sódicos y fosfato trisódico.

Alcalinidad: La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser valoradas. Esta alcalinidad de las agua naturales de debe principalmente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también puede contribuir.

Análisis físico-químico del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

Análisis microbiológico del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Análisis organoléptico: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar las características de olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

Carbón activado: Forma de carbón altamente adsorbente, usado para remover material orgánico disuelto en el agua y que es causante del mal sabor, color y olor del agua.

Carga de sólidos en suspensión: Cantidad de material en suspensión que pasa por una determinada sección en una unidad de tiempo.

Cloración: Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.

Cloro residual: Concentración de cloro remanente en cualquier punto del sistema de distribución de agua, después de que al agua se le ha aplicado alguna concentración de cloro determinada y se le ha sometido a un tiempo de contacto determinado.

Desinfección: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

Desinfectante: Sustancia que tiene el poder de destruir o inactivar microorganismos patógenos.

Dotación: Cantidad de agua asignada, en los estudios de planeamiento y diseño de sistemas de agua potable, a un habitante para cubrir su consumo; es expresada en términos de litro por habitante por día.

Fuente de abastecimiento: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Fugas: Cantidad de agua que se pierde en un sistema de agua potable por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios.

Gases disueltos: En los ecosistemas acuáticos podemos encontrar de cinco a seis gases disueltos que participan en procesos biológicos importantes. Dichos gases difieren unos de otros en su comportamiento fisicoquímico y en su fuente de origen. Estos gases son: oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂), bióxido de carbono (CO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), metano (CH₄), y amoníaco (NH₃). La fuente primaria de algunos de estos gases se encuentra en la atmósfera.

Hidrante: Elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión y alimentación de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios.

Mantenimiento: Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen.

Mantenimiento correctivo: Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un componente, equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.

Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas.

Mineralización: Es la transformación del nitrógeno orgánico en amonio, mediante la acción de microorganismos del suelo. En general, el término “mineralización” indica el proceso global de conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral, fundamentalmente nitrato y amonio.

Turbidez

Planta de tratamiento de agua potable PTAP (Planta de Potabilización): Conjunto de obras, equipos, materiales y, operaciones necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

Planta piloto (para Potabilización): Modelo a escala para simular operaciones, procesos y condiciones hidráulicas de la planta de tratamiento, utilizando para este efecto el agua de la fuente de abastecimiento.

Partículas en suspensión: Las partículas en suspensión de una fuente de agua superficial provienen de la erosión de suelos, de la disolución de sustancias minerales y de la descomposición de sustancias orgánicas. A este aporte natural se debe adicionar las descargas de desagües domésticos, industriales y agrícolas.

Partículas Coloidales: Son suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua. Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto inmensa entre la fase sólida y la fase líquida.

Población flotante: Población de alguna localidad que no reside permanentemente en ella y que la habita por un espacio corto de tiempo por razones de trabajo, turismo o alguna otra actividad temporal.

Polielectrólitos: Los polielectrólitos son polímeros con una elevada masa molecular, que normalmente contienen grupos funcionales ionizables. Los polielectrólitos tanto de origen natural como sintético pueden hacer flocular los coloides.

Población futura: Número de habitantes que se tendrá al final del período o etapa de diseño.

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua tratada desde el tanque de reserva o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Red matriz o principal: Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua tratada procedente de la planta de tratamiento o tanques de reserva a las redes secundarias o menores. La red matriz llamada también principal, mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema, y generalmente no reparte agua en ruta.

Sólidos disueltos: Mezcla homogénea de un sólido (solute) en un líquido (solvente); esta mezcla no se puede separar por medio físicos.

Sólidos no sedimentables: Materia sólida que no sedimenta en un período de 1 hora, generalmente.

Sólidos sedimentables: Materia sólida que sedimenta en un período de 1 hora.

Sólidos suspendidos: Pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua; no disueltas.

Solubilidad: Capacidad de una sustancia o soluto de mezclarse homogéneamente en un solvente para unas condiciones de presión y temperatura específicas.

Turbidez: Reducción de la transparencia de un líquido ocasionado por material particulado en suspensión, este material puede consistir se arcilla, limos, plancton, o material orgánico finamente dividido, que se mantiene en suspensión por su naturaleza coloidal o por la turbulencia que genera el viento. La turbidez, también es nombrada turbiedad.

Vida útil: Lapso después del cual una obra o estructura puede ser reemplazada por inservible.

ANEXO II

PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO