



# UNIVERSIDAD VILLA RICA

---

---

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PARA EL FRACCIONAMIENTO  
PUNTA DIAMANTE”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

**CARLOS ERASTO LIMIAS BACHE**

**DIRECTOR DE TESIS**  
ING. EDUARDO FABIAN NIETO GARCÍA

**REVISOR DE TESIS**  
ING. JUAN SISQUELLA MORANTE

BOCA DEL RÍO, VER.

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A MIS PADRES:**

ERASTO LIMIAS COLORADO  
MARIA TERESA BACHE DE LIMIAS

Gracias por ayudarme a alcanzar mis metas, por su apoyo incondicional y por tenerme la paciencia necesaria para poder lograr mis objetivos.

**A MIS ABUELOS:**

FRANCISCO BACHE LORENZO (Q.E.P.D.)  
ANDREA MAR DE BACHE  
HERMILO LIMIAS LEON  
OLGA COLORADO DE LIMIAS

Gracias por siempre dar un buen consejo y pensar siempre en lo mejor para mí.

**A MIS HERMANAS:**

NELLY DIANA LIMIAS BACHE

ERIKA MAYTE LIMIAS BACHE

Gracias por apoyarme en los proyectos de mi vida.

**A MI NOVIA.**

MARIA LUISA GAMBOA LASCAREZ

Gracias por estar conmigo y soportarme en momentos difíciles.

**A MIS AMIGOS:**

SERGIO DARIO MOJICA PERZAVAL

CARLOS PARRA MOLINA

Gracias por ser grandes personas y estar siempre conmigo.

**A MI ASESOR:**

ING. EDUARDO FABIAN NIETO GARCIA

Gracias por ayudarme a realizar mi proyecto y por ser un gran amigo.

***“La calidad del agua necesita un apoyo público y tecnológico que se puede obtener sólo en una sociedad bien disciplinada e industrialmente madura”***

***Fair Gordon M.***

**INDICE.**

<b>INTRODUCCION.</b>	1
<b>METODOLOGIA.</b>	3
<b>CAPITULO 1 ANTECEDENTES.</b>	5
1.1.-Evolución histórica.	5
1.2.-Descripción del proyecto.	7
1.3.-Objetivos, alcances y limitaciones del proyecto.	17
1.4.- Renders del fraccionamiento residencial Punta Diamante.	21
<b>CAPITULO 2 FUNDAMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.</b>	30
2.1.-Formación del agua.	30
2.2.-Generalidades sobre el agua.	31
2.3.-Contaminación del agua.	33
2.4.-Principales contaminantes del agua.	35
2.5.-Clasificación de los contaminantes.	36
2.6.-Aguas residuales o servidas.	37
2.7.-Aguas residuales urbanas.	38
2.8.-Aguas residuales industriales.	39
2.9.-Porque tratar el agua residual.	39
2.10.-Porque se necesita una planta de tratamiento de aguas residuales.	40

## II

2.11.-Que se tiene en cuenta para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales urbana.	41
2.12.-Determinaciones analíticas para conocer el grado de calidad de una planta de tratamiento de aguas residuales.	42
2.13.-De los objetivos específicos de una planta de tratamiento de aguas residuales.	43
2.14.-Selección del tren de tratamiento.	43
<b>CAPITULO 3 CÁLCULO Y ESTIMACIÓN DE LOS FLUJOS DE DISEÑO.</b>	44
3.1.-Evaluación poblacional del proyecto.	44
3.2.-Determinación del gasto hidráulico.	46
3.2.1.-Caudales de aguas residuales.	46
3.2.2.-Estimación del caudal del agua residual.	46
3.2.3.-Uso del agua.	47
3.2.4.-Consumo del agua.	47
3.2.5.-Determinación del caudal del agua residual del fraccionamiento.	48
3.2.6.-Criterio para la determinación del caudal de agua residual en función de la aportación del agua potable para su consumo doméstico.	48
3.3.-Resumen de los flujos de diseño.	54
<b>CAPITULO 4 ANÁLISIS DEL PRETRATAMIENTO.</b>	56
4.1.-Objetivos específicos de la etapa.	56
4.2.-Diseño y cálculo del dimensionamiento de las estructuras.	58
4.3.-Fotos de cribas, rejillas y desarenadores.	60
<b>CAPITULO 5 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TRATAMIENTO PRIMARIO.</b>	62
5.1.-Objetivos específicos de la etapa.	62
5.2.-Diseño y cálculo dimensional de las estructuras.	64
5.2.1.-Análisis del diseño de la estructura.	64
5.2.2.-Fundamentos del diseño.	65
5.2.3.-Tiempo de retención.	67

### III

5.2.4.-Cargas de superficie	68
5.2.5.-Velocidad de arrastre.	69
5.2.6.-Tipos de tanques de sedimentación primaria.	70
5.3.-Cálculo dimensional del tanque de sedimentación primaria.	73
<b>CAPITULO 6 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO.</b>	<b>76</b>
6.1.-Objetivos específicos de la etapa.	76
6.2.-Dinámica del crecimiento de los contaminantes biológicos.	78
6.3.-Separación de sólidos en sedimentador secundario.	85
<b>CAPITULO 7 DESINFECCIÓN.</b>	<b>95</b>
7.1.-Objetivos.	95
7.2.-Tratamientos.	95
<b>CAPITULO 8 IMPACTO AMBIENTAL.</b>	<b>102</b>
8.1.-Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.	102
8.1.1.-Conceptos básicos.	103
8.1.2.-Etapas del proceso.	104
8.1.3.-Métodos firmes de identificación de impactos.	106
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>114</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>116</b>
<b>ENLACES ELECTRONICOS.</b>	<b>117</b>

**LISTA DE TABLAS.**

<b>Tabla 1.-</b> Limites máximos permisibles para contaminantes básicos.	10
<b>Tabla 2.-</b> Limites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.	11
<b>Tabla 3.-</b> Limites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	14
<b>Tabla 4.-</b> Limites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas.	16
<b>Tabla 5.-</b> Calculo poblacional para la vida útil de la planta.	18
<b>Tabla 6.-</b> Evaluación poblacional para la clase socio-económica tipo residencial del fraccionamiento “Punta Diamante”.	45
<b>Tabla 7.-</b> Consumo domestico Per capita.	49
<b>Tabla 8.-</b> Clasificación de climas por temperaturas °C.	49
<b>Tabla 9.-</b> Evaluación del consumo de agua de uso domestico para el sector residencial.	50
<b>Tabla 10.-</b> Consumo mínimo en comercios.	51
<b>Tabla 11.-</b> Consumo en hoteles.	52
<b>Tabla 12.-</b> Consumo de agua de uso domestico del tipo comercial (locales comerciales y gastronomía).	52
<b>Tabla 13.-</b> Consumo de agua de uso domestico del tipo comercial (hotelería).	52
<b>Tabla 14.-</b> Consumo de agua de uso domestico del tipo comercial (áreas recreativas y deportivas).	53

<b>Tabla 15.-</b> Consumo de agua de uso domestico del tipo socioeconómico popular (personal de empleomanía).	53
<b>Tabla 16.-</b> Consumo de agua de uso domestico del tipo usos públicos.	53
<b>Tabla 17.-</b> Caudales de abastecimiento de agua potable.	54
<b>Tabla 18.-</b> Valores de las constantes empíricas a y b.	67
<b>Tabla 19.-</b> Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.	69
<b>Tabla 20.-</b> Información típica para el diseño de un sedimentador primario rectangular.	73
<b>Tabla 21.-</b> Valores Típicos de los coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados.	77
<b>Tabla 22.-</b> Información para el diseño de sedimentadores secundarios.	83
<b>Tabla 23.-</b> Valores de la velocidad de sedimentación de los sólidos del líquido mezcla SSLM.	86
<b>Tabla 24.-</b> Flujo de sólidos para el sedimentador secundario.	87
<b>Tabla 25.-</b> Valores limite del flujo de sólidos con sus concentraciones correspondientes.	89
<b>Tabla 26.-</b> Diferentes valores de a en función de las diferentes concentraciones de lodo del fondo.	90
<b>Tabla 27.-</b> Áreas de espesamiento.	90
<b>Tabla 28.-</b> Cargas de superficie.	91
<b>Tabla 29.-</b> Resumen de los datos de diseño para el sedimentador secundario.	94
<b>Tabla 30.-</b> Microorganismos comúnmente encontrados en el agua residual municipal y sus correspondientes enfermedades.	96
<b>Tabla 31.-</b> Efectividad de la radiación UV para la desinfección de microorganismos.	100

**LISTA DE FIGURAS.**

<b>Figura 1.-</b> Grafica poblacional del fraccionamiento “Punta Diamante”.	19
<b>Figura 2.-</b> Ubicación del fraccionamiento “Punta Diamante” y lugares circunvecinos.	20
<b>Figura 3.-</b> Vista panorámica del fraccionamiento “Punta Diamante”.	21
<b>Figura 4.-</b> Vista de un conjunto de torres del fraccionamiento “Punta Diamante”.	21
<b>Figura 5.-</b> Vista en planta del fraccionamiento “Punta Diamante”.	22
<b>Figura 6.-</b> Vista lateral del hotel.	23
<b>Figura 7.-</b> Vista frontal del hotel.	23
<b>Figura 8.-</b> Vista “A” de los locales de comercio y gastronomía.	24
<b>Figura 9.-</b> Vista “B” de los locales de comercio y gastronomía.	24
<b>Figura 10.-</b> Vista de las áreas verdes.	25
<b>Figura 11.-</b> Vista de los estacionamientos.	25
<b>Figura 12.-</b> Vista de la zona de albercas.	26
<b>Figura 13.-</b> Vista de la zona Acqua recreativa.	26
<b>Figura 14.-</b> Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el fraccionamiento “Punta Diamante”.	27
<b>Figura 15.-</b> Vista 1 de la planta de tratamiento “Punta Diamante”.	27
<b>Figura 16.-</b> Vista 2 de la planta de tratamiento “Punta Diamante”.	28
<b>Figura 17.-</b> Vista 3 de la planta de tratamiento “Punta Diamante”.	28
<b>Figura 18.-</b> Vista 4 de la planta de tratamiento “Punta Diamante”.	29
<b>Figura 19.-</b> Grafica de abastecimiento de agua potable.	55

## VII

<b>Figura 20.</b> -Foto de las compuertas que dan acceso al agua residual a la planta de tratamiento.	60
<b>Figura 21.</b> -Foto de las cribas y rejillas en operación.	60
<b>Figura 22.</b> -Foto de las palas mecánicas en operación.	61
<b>Figura 23.</b> -Foto del proceso completo del pre tratamiento.	61
<b>Figura 24.</b> -Remosion de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria.	66
<b>Figura 25.</b> -Tanque de sedimentación primaria circular.	71
<b>Figura 26.</b> -Tanque de sedimentación primaria del tipo rectangular.	72
<b>Figura 27.</b> -Tanques de sedimentación secundaria circulares para la extracción rápida del lodo.	81
<b>Figura 28.</b> -Datos de sedimentación en papel logarítmico.	86
<b>Figura 29.</b> -Flujo de sólidos contra concentración del lodo.	88

## **INTRODUCCION.**

En este proyecto de investigación se presentan aspectos relacionados con el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el fraccionamiento Punta Diamante.

Comenzaremos hablando de los antecedentes históricos más importantes, para luego describir el proyecto mostrando sus alcances y limitaciones.

En el siguiente capítulo analizaremos la fundamentación de una planta de tratamiento de aguas residuales, en donde mencionaremos los principales contaminantes del agua y los diferentes tipos de aguas residuales que existen.

Luego pro seguiremos a trabajar en el cálculo y estimación de los flujos de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, en donde aplicaremos los conocimientos de ingeniería, respetando la legislación y las normas reguladoras de la calidad del agua requerida.

Después de haber concluido los cálculos entraremos en la primera etapa de nuestro proyecto que es el análisis del pretratamiento, mencionando sus objetivos, su diseño y el dimensionamiento de sus estructuras.

Seguiremos con la segunda etapa de nuestro proyecto que es el tratamiento primario en donde hablaremos de sus objetivos y el cálculo dimensional de sus estructuras.

Continuaremos con la tercera etapa de nuestro proyecto que es el tratamiento secundario en donde conoceremos sus objetivos específicos y hablaremos del crecimiento de los contaminantes biológicos.

En el penúltimo capítulo hablaremos de nuestra cuarta etapa y ultima de nuestro proyecto que es la desinfección, mencionando sus objetivos específicos y sus tratamientos.

Para finalizar en nuestro último capítulo hablaremos de la importancia del impacto ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales, para lograr la conservación del medio ambiente.

## **METODOLOGIA.**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Cualquier comunidad urbana genera residuos tanto sólidos como líquidos. La parte líquida de los mismos, por lo general llamada aguas residuales, es en esencia, el agua contaminada durante los diferentes usos en los cuales ha sido aprovechada. Por lo anterior, en toda comunidad urbana se demanda de la inmediata evacuación sin molestias del agua residual, seguida de un concienzudo y escrupuloso tratamiento, desinfección y eliminación. Etapas o procesos involucrados en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

### **JUSTIFICACION.**

La legislación de la COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA) nos exige una planta de tratamiento de aguas residuales, y la protección del medio ambiente, Debido a la localización del fraccionamiento “Punta Diamante” que colinda con el río Jamapa y zona de manglares, de ahí, la importancia de cuidar y proteger el impacto ambiental del presente proyecto.

### **OBJETIVO.**

La finalidad de este proyecto es diseñar y dimensionar una planta de tratamiento de aguas residuales, así como cuidar el impacto ambiental de la zona.

**HIPOTESIS.**

La protección de la salud pública es el propósito fundamental del tratamiento de los residuos sólidos o líquidos y le sigue en importancia la protección del medio ambiente. Por tanto, es responsabilidad de los ingenieros proyectistas, asegurar que los sistemas o plantas de tratamiento de aguas residuales logren este específico objetivo.

**ALCANCE.**

Con la finalidad de cumplir con el trabajo de esta tesis fue inevitable constituir, en tiempo y forma, cada uno de períodos implicados en el diseño y calculo dimensional, de una planta de tratamiento de aguas residuales para la población residente en el fraccionamiento “Punta Diamante”.

Inevitablemente, esto nos obliga entre otras cosas, a establecer y perfeccionar las condiciones óptimas en atención al espacio físico requerido, a la construcción y operación de la planta, así como a la población a la que se suministraría el servicio.

## **CAPITULO 1 ANTECEDENTES.**

### **1.1.-Evolución Histórica.**

El agua es reconocida como fuente de vida y tiene un papel fundamental para la salud pública.

Indudable es que las grandes epidemias de la edad media fueron causadas por la mala captación y el mal manejo de las aguas residuales domésticas.

En dicha época no existía ningún tipo de drenaje y todos los desechos domésticos corrían en las calles sin ningún control, por lo que la gente quedaba expuesta a la contaminación y a la propagación de epidemias que esto generaba.

Entre la gente que hizo conciencia social e impulsó programas de intuición sanitaria destacan:

Aquellos del Dr. John Snow que demostraron la correspondencia de la contaminación fecal en el agua potable con las epidemias de cólera.

Y aquellos del Dr. William Budd quien en 1857 realiza las investigaciones de la fiebre tifoidea, su naturaleza, modo de contagio y su prevención. (*Fair Gordon M. Water and Wastewater Engineering. New York, 1958*)

La explotación, preservación y restitución de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua son de gran importancia para las sociedades urbanas e industriales. Gordon Fair, en su libro *Water and Wastewater Engineering* hace un par de aclaraciones muy interesantes: en primer lugar habla del ciclo de

aprovechamiento del agua en viviendas y fábricas, donde el control de la calidad del agua impone la obligación de buscar aguas naturales con una calidad aceptable, por otro lado menciona el ciclo de evacuación donde las ciudades, pueblos e industrias están obligados a retornar a la fuente de suministro común, los efluentes de aguas usadas y aguas residuales de calidad aceptable.

No obstante, es hasta el siglo XIX que tiene origen el control del abastecimiento de agua y la disposición de las aguas residuales.

La revolución industrial de este siglo, aportó consigo un desarrollo substancial para la humanidad. Pero todo desarrollo, sin las respectivas medidas preventivas, ocasiona también daños que repercuten y exceden al medio ambiente, ocasionando eventos inesperados.

Las zonas con mayor desarrollo industrial, comercial, urbano, etc. Demandan cada vez mayores cantidades de agua, y por lo consiguiente, son los que aportan más contaminantes, al descargar sus aguas residuales municipales en los cuerpos receptores, en muchas ocasiones sin tratamiento alguno.

El territorio nacional se ha visto afectado por dicho proceso de urbanización e industrialización, lo demuestra el hecho de que los principales focos de contaminación y deterioro de los ecosistemas, se localizan en las ciudades más importantes o centros industriales del país.

El caso más claro es el de la contaminación del agua, ya que ésta, es utilizada en todos los procesos tanto industriales como domésticos.

La demanda de este recurso ha ido en aumento año con año y fue hasta hace apenas algunos años, que da inicio la nueva cultura del cuidado y tratamiento del agua residual.

En los albores del nuevo siglo, nuestro país generaba un vertido de  $207 \text{ M}^3 / \text{seg.}$  de aguas residuales municipales, contaba con 1018 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, con una capacidad de diseño de  $75.9 \text{ M}^3 / \text{seg.}$  Y un gasto de operación de  $46 \text{ M}^3 / \text{seg.}$  Lo que determina que solo un 22 % de la descarga total de las aguas residuales son tratadas y la mitad es reutilizable.

Hoy se tienen distintos tipos de sistemas para el tratamiento de las aguas residuales. La cultura del cuidado del vital líquido adquiere cada vez mayor importancia para el mundo.

Se sabe que el agua es un recurso no renovable y que las reservas de agua limpia son cada vez más escasas.

La especie humana es la única capaz de asegurar el futuro de este planeta, y para eso es necesario contar con agua limpia.

### **1.2.-Descripción y proyecto del trabajo.**

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es aquella que recoge el agua residual de una comunidad o de una industria y, después de una serie de tratamientos y procesos, la devuelve a un cuerpo receptor ya sea río, embalse, lagos, etc.

Tomando como definición de agua residual la proporcionada por la CONAGUA.- (NOM-001-ECOL-1996) Son aguas residuales aquellas de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícola, pecuaria, doméstica, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Las aguas residuales se someten a diferentes tratamientos dependiendo de las características de sus contaminantes y de la calidad que se quiera alcanzar en su tratamiento, ya sea que ésta, se disponga en los cuerpos receptores, o en reuso como agua de riego o en actividades industriales que no requieran líquido semejante al potable

En este caso en el análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual, resulta de gran importancia dimensionar la afectación que puede generar la construcción de una planta de tratamiento de agua residual a su entorno, la cual será provechosa, siempre y cuando, se sigan los procedimientos adecuados para el análisis de su impacto ambiental.

De estos procesos se podrá obtener una correcta selección del sitio y por consiguiente un desarrollo positivo de la zona en estudio así como de aquellas que conciernen con esta.

Es decir que la correcta implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales beneficiará el control y saneamiento no únicamente al sitio, tal vez también aquellos sectores con los que circunvecinan.

El diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el Fraccionamiento Condominal "Punta Diamante", es el objetivo específico de esta tesis, la cual contendrá los siguientes procesos: preliminares o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario o biológico, proceso de desinfección, estudios minuciosos sobre las particulares propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual doméstica, para prescindir de la presencia de los dañinos elementos patógenos periódicos contenidos en el agua servida a tratar.

Previo a la elaboración de los antecedentes que denotan las características del agua residual de uso doméstico, se documentó sobre la normatividad oficial mexicana, con el propósito de tener precisas las restricciones que marca la ley en todo lo que se refiera a tratamiento de agua residual.

En forma muy breve, destacaremos las normas oficiales mexicanas ecológicas más importantes así como sus principales especificaciones sobre el tratamiento de aguas residuales en nuestro país.

**NOM-001-ECOL-1996**

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de enero de 1997 y entró en vigor el día 7 de enero de 1997.

Esta norma se complementa con la aclaración publicada en el mismo medio de difusión del día 30 de abril de 1997. (CNA, 2005).

Especificaciones:

1.-La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 1 y 2 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

2.-Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

3.-Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta norma.

**TABLA 1.-Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.**

TABLA 1.2																				
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARAMETROS	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
	USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		USO PUBLICO URBANO (B)		PROTECCION DE VIDA ACUATICA (C)		USO EN RIEGO AGRICOLA (B)		USO PUBLICO URBANO (C)		EXPLORACION PESQUERA, NAVEGACION Y OTROS USOS (A)		RECREACION (B)		ESTUARIOS (B)		USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
TEMPERATURA °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
GRASAS Y ACEITES (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
MATERIA FLOTANTE (3)	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
SOLIDOS SEDIMENTABLES (ML/L)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO5	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
NITROGENO TOTAL	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
FOSFORO TOTAL	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Tabla 1.2 Límites máximos permisibles para contaminantes básicos (CNA).

(1) Instantáneo, (2) Muestra Simple Promedio Pondera, (3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual; N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

**TABLA 2.-Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.**

TABLA 1.3																					
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																					
PARAMETROS (*)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO				
	USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		USO PUBLICO URBANO (B)		PROTECCION DE VIDA ACUATICA (C)		USO EN RIEGO AGRICOLA (B)		USO PUBLICO URBANO (C)		EXPLOTACION PESQUERA, NAVEGACION Y OTROS USOS (A)		RECREACION (B)		ESTUARIOS (B)		USO EN RIEGO AGRICOLA (A)		HUMEDALES NATURALES (B)		
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	
ARSENICO	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	
CADMIUM	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2	
CIANUROS	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	
COBRE	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	
CROMO	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	
MERCURIO	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	
NIQUEL	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	
PLOMBO	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4	
ZINC	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	

(\*) MEDIDOS DE MANERA TOTAL.

P.D.= PROMEDIO DIA P.M.= PROMEDIO MENSUAL N.A.= NO ES APLICABLE

(A),(B) Y(C): TIPO DE CUERPO RECEPTOR SEGÚN LA LEY FEDERAL DE DERECHOS

**NOM-002-ECOL-1996**

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de junio de 1998 y entró en vigor el día 4 de junio de 1998. (CNA, 2005).

## Especificaciones:

1.-Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la Tabla 3 Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.

2.-Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo, son únicamente valores de referencia, en el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezcan los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.

3.-El rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 10 (diez) y 5.5 (cinco punto cinco) unidades, determinado para cada una de las muestras simples. Las unidades de pH no deberán estar fuera del intervalo permisible, en ninguna de las muestras simples.

4.-El límite máximo permisible de la temperatura es de 40°C. (Cuarenta grados Celsius), medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples. Se permitirá descargar con temperaturas mayores, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente por medio de un estudio sustentado, que no daña al sistema del mismo.

5.-La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006,

6.-Los límites máximos permisibles para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la

descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 referida en el punto 2 de esta Norma, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

7.-No se deben descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regulación vigente en la materia.

**TABLA 3.-Límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.**

**(CNA, 2005)**

<b>LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES</b>			
<b>PARAMETROS</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>PROMEDIO DIARIO</b>	<b>INSTANTANEO</b>
<b>(miligramos por litro excepto cuando se especifique otra)</b>			
<b>Grasas y aceites</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Sólidos sedimentables (ml/l)</b>	<b>5</b>	<b>7.5</b>	<b>10</b>
<b>Arsénico total</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>
<b>Cadmio total</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>
<b>Cianuro total</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
<b>Cobre total</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>
<b>Cromo hexavalente</b>	<b>0.5</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>
<b>Mercurio total</b>	<b>0.01</b>	<b>0.015</b>	<b>0.02</b>
<b>Níquel total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Plomo total</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>
<b>Zinc total</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>

**NOM-003-ECOL-1997**

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen servicios al público. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de septiembre de 1998 y entró en vigor el día 22 de septiembre de 1998. (CNA, 2005).

## Especificaciones:

- 1.-Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la Tabla 4 de esta Norma Oficial Mexicana.
- 2.-La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada.
- 3.-El agua residual tratada rehusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta Norma.
- 4.-Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que rehúsen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

**TABLA 4.-Límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas. (CNA, 2005).**

<b>LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES</b>					
	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>				
<b>TIPO DE REUSO</b>	<b>Coliformes fecales NMP/100 ml</b>	<b>Huevos de helminto (h/l)</b>	<b>Grasas y aceites mg/l</b>	<b>DBO<sub>5</sub> mg/l</b>	<b>SST mg/l</b>
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	[1	15	20	20
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	[5	15	30	30

A la postre se pasó al estudio en sí de la teoría del tratamiento de aguas residuales tomando como base una serie de textos, entre los que destacan “Aguas residuales municipales y biosólidos” (UNAM Facultad de Ingeniería), “Manual de tratamiento de aguas residuales” de la compañía (Metcalf & Eddy, Inc. México 1996), “Tratamiento biológico de aguas de desecho” (editorial Limusa), Ingeniería de Aguas Residuales, entre otros.

Una vez adentrados en la teoría del tratamiento se realizó la estimación de flujos de diseño con los que se trabajarían, para esto no fue necesario proyectar el calculo poblacional a 35 años contemplando éstos como el tiempo de vida útil de la planta, ya que el proyecto legislativo condominal lo aísla de dicha normatividad.

Con estos datos ya calculados se seleccionó el tren de tratamiento, escogiendo los distintos procesos unitarios que lo componen, dentro de los cuales están las

rejillas para separar sólidos, cribas, rastrillos manuales, canales desarenadores, sedimentador primario, sedimentador secundario, tanque de aireación y tanque de desinfección.

La selección del tren de tratamiento estuvo muy ligada al dimensionamiento de cada uno de los componentes tanto del tratamiento primario como del tratamiento secundario, por lo cual se realizaron simultáneamente ambas acciones.

Dentro del proceso de desinfección se tomó la decisión de realizarlo mediante adición de cloro al caudal y posteriormente se filtra una radiación ultra-violeta con ayuda natural de los rayos solares, para alcanzar el (80 ó 90 %) máximo de la calidad en cuanto a su reuso.

En todo lo que al tratamiento de obtención de lodos, se hizo referencia únicamente de forma teórica, mencionando las principales características que se deben tomar en cuenta para el manejo de los mismos.

Posteriormente se realizó un estudio de impacto ambiental sobre el proyecto, realizando una identificación y evaluación de los impactos generados por el mismo, mediante una lista de control y las matrices de identificación y evaluación, de tal forma que se lograra proponer medidas de mitigación y corrección, así como también para concluir la viabilidad del proyecto.

### **1.3.-Objetivos Alcances Y Limitaciones Del Proyecto.**

Los objetivos principales de una planta de tratamiento de aguas residuales son:

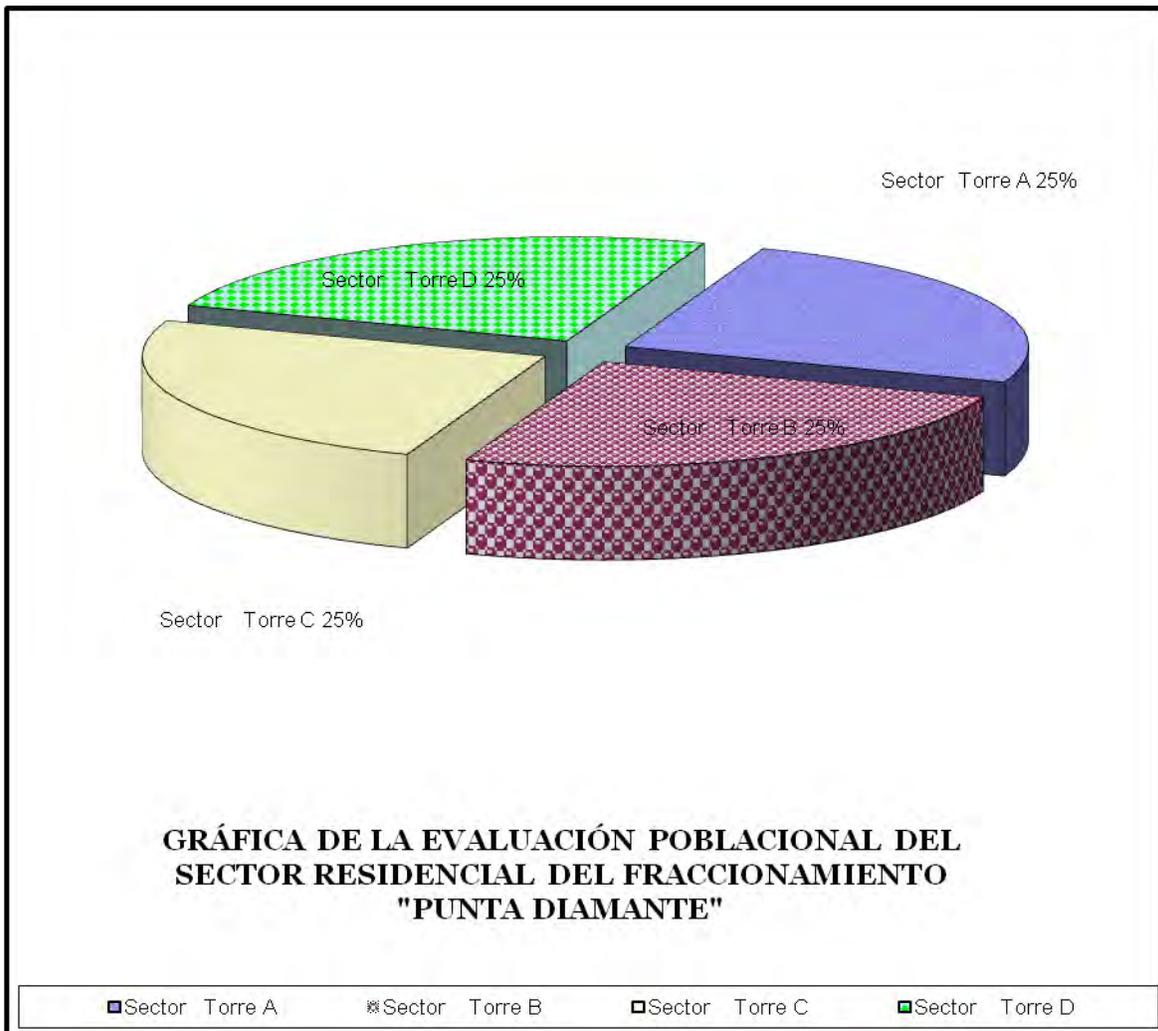
- Proteger la salud pública y los ecosistemas.
- Reducir el consumo de agua de calidad potable al reusar el agua tratada en aquellas aplicaciones en las que no se requiere calidad potable, cuando el agua tratada puede ser reutilizada en sistemas de riego de áreas verdes de centros recreativos (Club de golf, áreas verdes del proyecto. etc.)
- Reducir los efectos negativos en los cuerpos receptores
- Control de la contaminación del agua para cumplir con la legislación vigente.

En esta tesis se estudiaron las características de las aguas generadas en las diferentes zonas del fraccionamiento y su reuso, para de este modo seleccionar el tren de tratamiento.

Para llevar a cabo la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, es ineludible realizar el cálculo de la población total del fraccionamiento condominal "Punta Diamante". Es importante aclarar que como fraccionamiento condominal, estará sujeto a una serie de normas y leyes que rigen a estos espacios urbanísticos, por lo que la población total habitacional, no estará sujeta a ninguna tasa de incremento alguno, por lo que la planta no tiene limitante sobre este concepto.

**TABLA 5.-Cálculo poblacional para la vida útil de la planta.**

<b>EVALUACIÓN POBLACIONAL DEL SECTOR RESIDENCIAL DEL FRACCIONAMIENTO "PUNTA DIAMANTE"</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>Nº DEPTOS</b>	<b>DE</b>	<b>DENSIDAD POBLACIONAL</b>	<b>POBLACIÓN</b>
SECTOR RESIDENCIAL "A"	625		5 HAB./ DEPTO	3125 HAB.
SECTOR RESIDENCIAL "B"	625		5 HAB./ DEPTO	3125 HAB.
SECTOR RESIDENCIAL "C"	625		5 HAB./ DEPTO	3125 HAB.
SECTOR RESIDENCIAL "D"	625		5 HAB./ DEPTO	3125 HAB.
<b>TOTAL DE POBLACIÓN SOCIO ECONOMICA RESIDENCIAL</b>				<b>12,500 HAB.</b>



**FIGURA 1.-Grafica poblacional del fraccionamiento “Punta Diamante”.**

### **Localización del Fraccionamiento Condominal “Punta Diamante”**

El Fraccionamiento Condominal “ Punta Diamante” se encuentra situado a 7 Km. de la ciudad de Boca del Río y a escasos 25 minutos de la ciudad y puerto de Veracruz, ubicado sobre la margen derecha de la Riviera Veracruzana ( corredor turístico Boca del Río – Antón Lizardo ) colindando al oeste con el río Jamapa y zona de manglares (ecosistemas con protección ecológica nacional), al norte y sur con fraccionamientos que cuentan con dos opciones de accesos a su casa habitación, ( canales de navegación fluvial y accesos terrestres ), clubes de golf,

edificios (torres) condominales con espaciosas y magnificas marinas recreativas, hoteles de cinco estrellas, etc.

Si bien es cierto que es una extensión pequeña, tiene el privilegio de su ubicación en lo referente al uso del suelo, como también, la colindancia de una zona de ecosistemas de protección nacional (manglares), de ahí la importancia en el cuidado y protección del impacto ambiental del presente.



**FIGURA 2.-Ubicación del fraccionamiento "Punta Diamante" y lugares circunvecinos.**

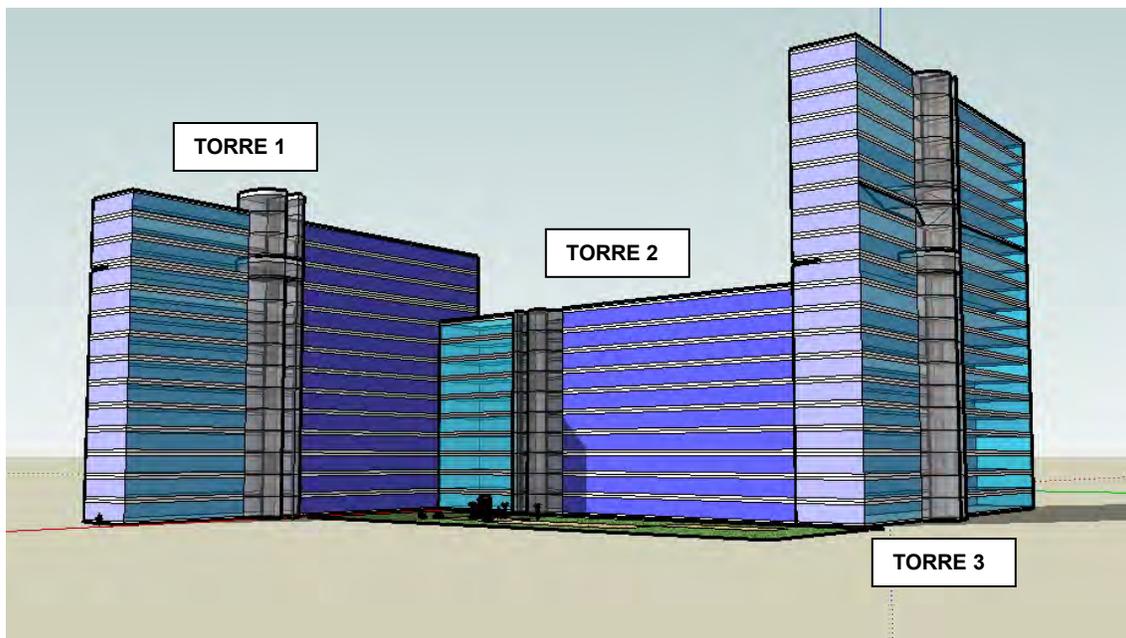
**Clima de la zona.**

25°C

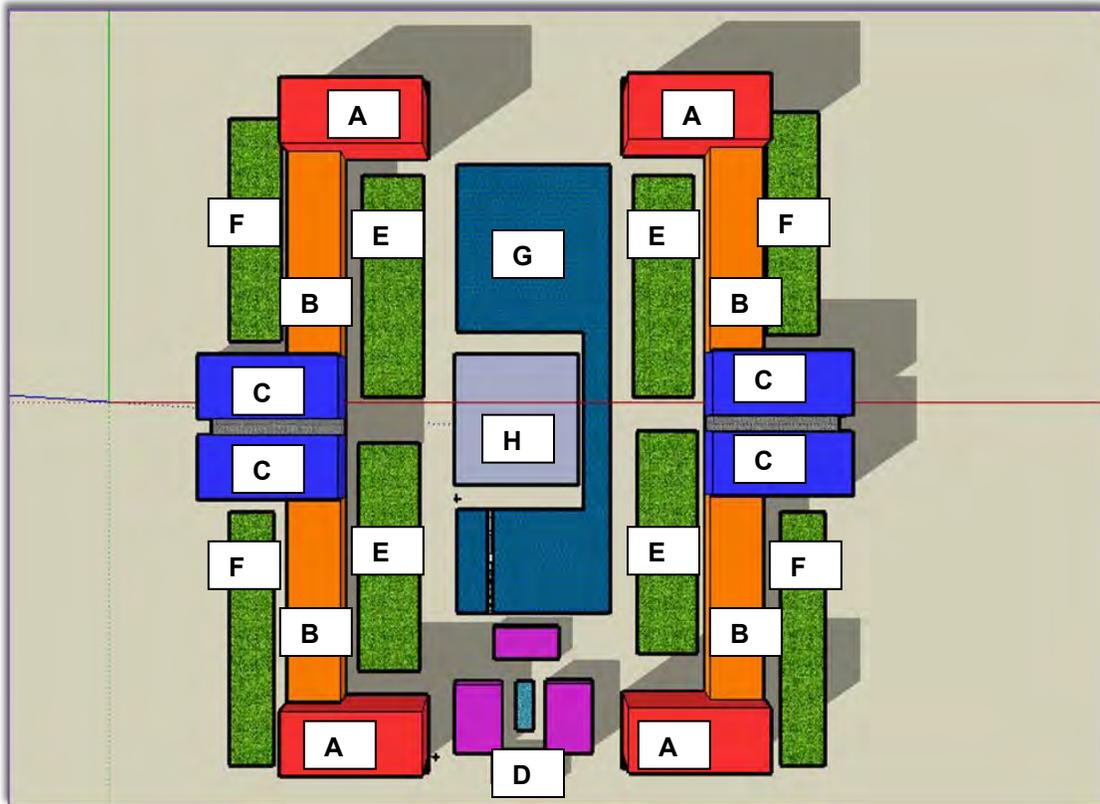
**1.4.- Renders del fraccionamiento residencial Punta Diamante.**



**FIGURA 3.-Vista panorámica del fraccionamiento “Punta Diamante”.**



**FIGURA 4.-Vista de un conjunto de torres del fraccionamiento “Punta Diamante”.**



**FIGURA 5.-Vista en planta del fraccionamiento “Punta Diamante”.**

	Grupo A 15 pisos con 15 departamentos por piso. (Torre 1)
	Grupo B 10 pisos con 20 departamentos por piso. (Torre 2)
	Grupo C 20 pisos con 10 departamentos por piso. (Torre 3)
	Grupo D Hotel, área comercial y área gastronómica.
	Grupo E y F Área verde y estacionamientos.
	Grupo G Área de albercas.
	Grupo H Área Acqua recreativa.

## HOTEL 240 HABITACIONES



**FIGURA 6.-Vista lateral del hotel.**



**FIGURA 7.-Vista frontal del hotel.**

**COMERCIO 800 LOCALES Y GASTRONOMIA 400 LOCALES.**



**FIGURA 8.-Vista "A" de los locales de comercio y gastronomía.**



**FIGURA 9.-Vista "B" de los locales de comercio y gastronomía.**

## AREA VERDE Y ESTACIONAMIENTOS.



**FIGURA 10.-Vista de las áreas verdes.**



**FIGURA 11.-Vista de los estacionamientos.**

## AREA DE ALBERCAS Y ACQUA RECREATIVA.



FIGURA 12.-Vista de la zona de albercas.

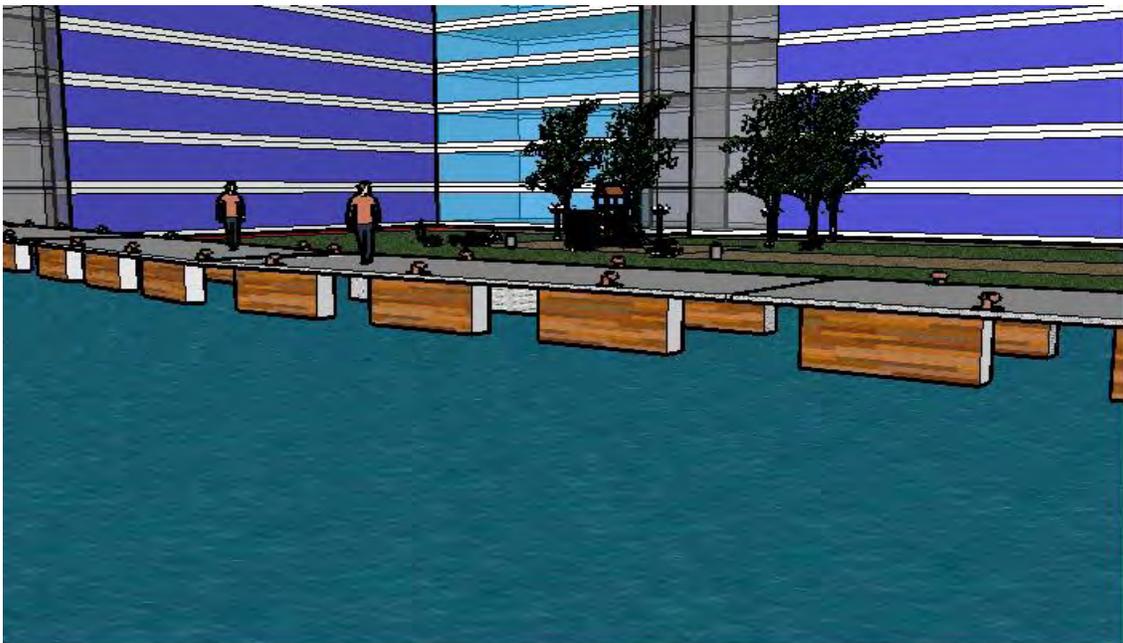
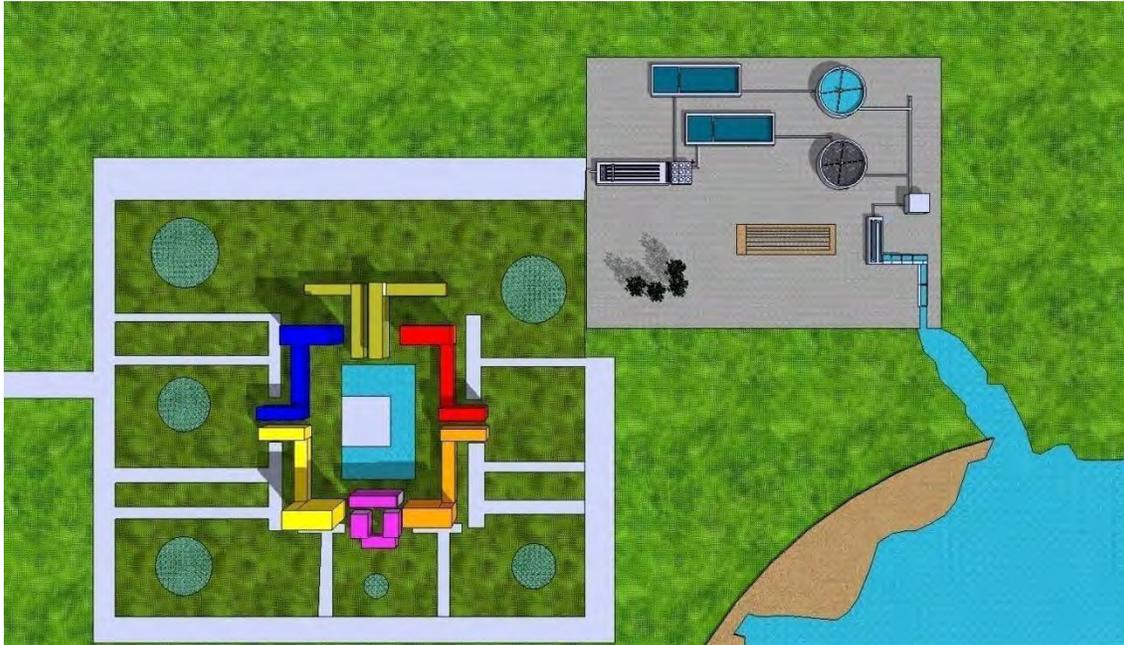


FIGURA 13.-Vista de la zona Acqua recreativa.

## PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.



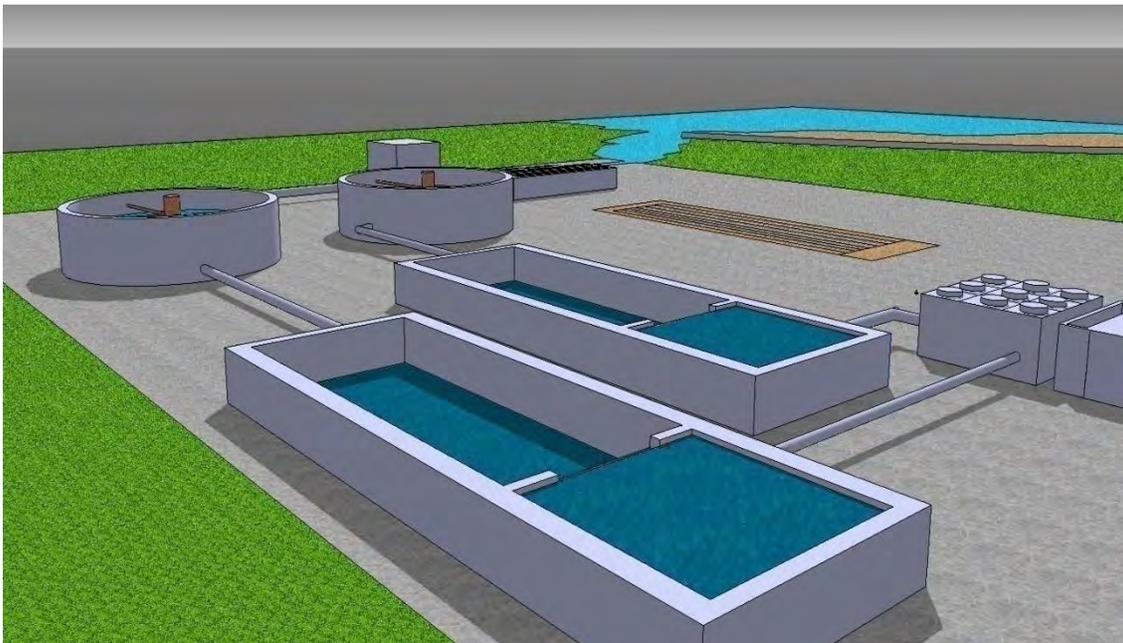
**FIGURA 14.-Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales en el fraccionamiento “Punta Diamante”.**



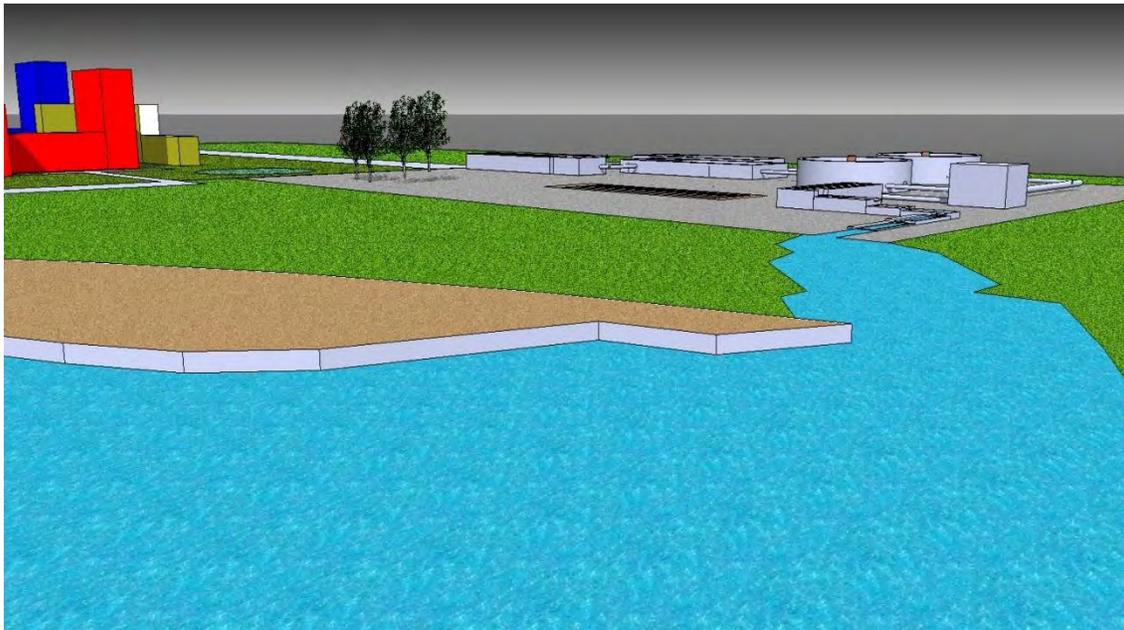
**FIGURA 15.-Planta de tratamiento de aguas residuales “Punta Diamante” (Vista 1).**



**FIGURA 16.-Planta de tratamiento de aguas residuales  
"Punta Diamante" (Vista 2).**



**FIGURA 17.-Planta de tratamiento de aguas residuales  
"Punta Diamante" (Vista 3).**



**FIGURA 18.-Planta de tratamiento de aguas residuales  
"Punta Diamante" (Vista 4).**

## **CAPITULO 2 FUNDAMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### **2.1.-Formación del agua.**

Cuando la tierra se fue formando, hace algunos millones de años, las altas temperaturas hacían que toda el agua estuviera en forma de vapor.

Al enfriarse por debajo del punto de ebullición del agua, gigantescas precipitaciones llenaron de agua las partes más bajas de la superficie terrestre formando los océanos.

La energía proveniente del sol, calienta los ríos, lagos y océanos, parte de esa agua se evapora, es decir, pasa a la atmósfera en forma de vapor.

También se evapora el agua que contiene el suelo y la que es eliminada por los organismos vivos.

Cuando el vapor de agua llega a las zonas altas de la atmósfera, donde la temperatura es muy baja, se condensa convirtiéndose nuevamente en líquido.

De este modo se transforma en diminutas gotas que luego precipitan sobre la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve o granizo de acuerdo a la temperatura de la región.

La generalidad del agua cae sobre los océanos, ya que estos cubren la mayor parte de la superficie terrestre.

El agua de lluvia que precipita sobre los continentes, o la que se origina por el deshielo, puede desplazarse formando ríos, arroyos, acumularse en lagos y lagunas o infiltrarse en los suelos, con el tiempo esos cuerpos llegan al océano. Los cambios de estado y los desplazamientos que el agua experimenta en la naturaleza recibe el nombre de ciclo del agua.

La cantidad de agua que hay en el planeta Tierra es siempre la misma, lo que se modifica es la forma en que se encuentra; Puede presentarse como agua líquida en mares, ríos y lagunas, como vapor en la atmósfera o como hielo en los glaciares.

## **2.2.-Generalidades sobre el agua.**

Nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de dos partes de hidrógeno y una de oxígeno ( $H_2O$ ).

El agua es uno de los recursos naturales que junto con el aire, el fuego y la tierra constituyen los cuatro recursos básicos en que se apoya todo desarrollo.

Los antiguos filósofos consideraban el agua como un elemento básico que representaba a todas las sustancias líquidas.

En un antiguo documento científico presentado en el año 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander Von Humboldt demostraron conjuntamente que el agua consistía en dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, tal como se expresa en la fórmula actual  $H_2O$ .

El agua es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza y cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre, sin embargo, en contra de lo que pudiera parecer, diversos factores limitan la disponibilidad del agua, el 97 % del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas, y no están disponibles para el consumo humano.

Del 3 % restante más del 2 % está conformado por los glaciares en estado sólido, por lo tanto, podemos concluir que para el hombre y sus actividades, tanto

industriales como agrícolas, sólo le resta un 0.80 % que se encuentra en los ríos, lagos y agua subterráneas, la cantidad de agua disponible es ciertamente escasa, aunque mayor problema es aún su distribución irregular en el planeta.

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, o sea, sólido, líquido y gaseoso.

Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo.

Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación.

Como gas, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes.

El agua está presente también en la porción superior del suelo, en donde se adhiere, por acción capilar a las partículas del mismo.

En este estado, se le denomina agua ligada y tiene unas características diferentes del agua libre.

Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas, debajo de la superficie terrestre, formando, depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos y manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.

Es menester considerar también que el hombre interviene en formas distintas sobre el ciclo del agua, bien, directamente mediante su extracción, en la instalación de plantas potabilizadoras como en la construcción de pozos profundos, para posteriormente, efectuar el vertido de aguas utilizadas y contaminadas (aguas residuales o aguas servidas).

El uso de los recursos naturales promueve e induce un efecto sobre los ecosistemas de donde se extraen, y, en los ecosistemas donde se manejan.

El caso del agua, es uno de los ejemplos más claros: un mayor suministro o dotación de agua significa un mayor caudal de aguas residuales

### **2.3.-Contaminación del agua.**

Contaminación.- Alteración del ambiente por materiales extraños en cantidades superiores a lo normal.

Contaminación del agua, incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos sean patógenos o no patógenos, productos químicos, residuos industriales, metales y otros, o aguas residuales.

Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Toda el agua pura proviene de la lluvia, esporádicamente, antes de alcanzar al suelo recibe su primera carga contaminante al contactar y remolcar las impurezas del aire.

Las centrales térmicas, la industria, el hogar, el transporte y todas aquellas actividades basadas en la combustión de carburantes de baja calidad, liberan al aire atmosférico importantes cantidades de óxido de nitrógeno, óxido de azufre y otros productos de oxidación que constituyen la base sobre la que se forma una de las contaminaciones de mayor capacidad destructiva, la lluvia ácida.

Una vez en la atmósfera, los óxidos de nitrógeno y de azufre sufren un proceso de hidrólisis que los convierten en ácido nítrico y ácido sulfúrico, los cuales caen disueltos en la lluvia, nieve o neblina, y se depositan sobre la superficie terrestre en ocasiones muy lejanos de su punto de origen.

De filtrarse en la tierra, las materias que componen la lluvia ácida alteran el PH del suelo y dañan las raíces de las plantas, que sufren un proceso gradual de deterioro hasta sucumbir por completo y morir.

Una vez en el suelo, el agua discurre por la superficie e infiltra hacia capas subterráneas, los productos peligrosos se hallan atrapados en los sedimentos de los ríos y en algunos sectores de la red subsuperficial, por lo tanto existe riesgo de contaminación de las aguas de la capa acuífera aluvial utilizadas para el suministro de agua

El proceso natural que se promueve para eliminar los contaminantes, llamado auto-depuración natural, es más lento en las aguas subterráneas que en las aguas superficiales.

Una molécula de agua subterránea puede permanecer in situ hasta 300 años, debido a que las aguas subterráneas constituyen reservas de agua dulce de nuestro planeta, es fundamental, pues, detener las fuentes de su contaminación, poner en marcha técnicas de saneamiento y proteger los recursos del agua subterránea

Los ríos, mares y océanos desde tiempos inmemoriales han recogido la basura producida por la actividad humana, el ciclo natural del agua tiene gran capacidad de purificación, pero esta misma facilidad y aparente abundancia la hacen que sea el conducto habitual donde arrojamos los residuos de nuestras actividades diarias.

La capacidad purificadora de las grandes masas de agua marina es muy grande, en ellas se diluyen, dispersan o degradan infinitas cantidades de aguas fecales, hidrocarburos, desechos industriales e, incluso, materiales radiactivos.

Por este motivo es muy tentador recurrir al barato sistema de arrojar al mar los residuos de lo que queremos deshacernos; pero, los excesos cometidos han convertido grandes espacios marinos en desiertos de vida o en cloacas malolientes.

La contaminación puntual es la que procede de fuentes delimitadas y localizadas, ésta, es controlable mediante plantas depuradoras.

Sin embargo, ninguna medida de control sería efectiva, si no va acompañada de disposiciones destinadas a reducir los residuos, y reciclar todo lo que se pueda, ya que las aguas de infiltración que atraviesan los vertederos urbanos y que provienen de centros industriales, contaminan los acuíferos; aparentemente, fuentes inagotables de agua potable

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminado por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nocivo para su consumo.

El agua al ser un recurso imprescindible para la vida humana y para los desarrollos socio-económicos, industriales y agrícolas, una contaminación a partir de cierto nivel cuantitativo como cualitativo, puede plantear un problema de Salud Pública

Los márgenes o parámetros, de los componentes permitidos con destino a consumo humano, vienen definidos en los criterios de potabilidad y regulado en la legislación y normatividad oficial mexicana (Comisión Nacional del Agua).

#### **2.4.-Principales contaminantes del agua.**

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno, en su mayor parte materia orgánica cuya descomposición produce la desoxigenación del agua.
- Agentes infecciosos que son causantes de los trastornos intestinales.
- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento acelerado e incontrolable de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua, y, al descomponerse agotan el oxígeno disuelto produciendo olores muy desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, sustancias tensoactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos
- Sedimentos formados por partículas de suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El mercurio un metal líquido muy tóxico, se acumula en el fitoplancton, las concentraciones en él son mil veces mayor que en el agua, los peces pequeños lo concentran aún más y en el pez grande puede llegar a límites peligrosos para la salud humana.
- Contaminación cloacal, una contaminación habitual que se produce por bacterias fecales, se debe a que muchas ciudades vuelcan sus aguas

servidas sin purificar o con purificación deficiente a los ríos y al mar, algunas ciudades no tienen plantas depuradoras o son ineficientes sus funcionamientos.

## **2.5.-Clasificación de los contaminantes.**

En toda agua residual son muchas y muy diversas las sustancias sólidas contaminantes que pueden aparecer.

- Contaminantes sólidos orgánicos.
- Contaminantes sólidos inorgánicos.
- Gases disueltos.

Los sólidos orgánicos son sustancias que contienen carbón, hidrogeno y oxígeno, pudiendo alguno de estos elementos combinarse con el nitrógeno, azufre y fósforo, estos sólidos son combustibles.

Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no susceptibles de ser degradadas, designándoseles comúnmente con el nombre de minerales, sustancias sin propiedades combustibles.

Las aguas residuales contienen pequeñas y variadas concentraciones de gases disueltos: el oxígeno, el anhídrido carbónico, el nitrógeno y el sulfuro de hidrógeno. El oxígeno disuelto en el agua proviene de la fotosíntesis que realizan los vegetales con clorofila, concentrándose fundamentalmente en las capas superiores bien iluminadas y mínimas en los niveles del fondo

El anhídrido carbónico es un gas que se combina con el agua para formar ácido carbónico. Proviene de la atmósfera y de la actividad respiratoria de los organismos, su ley de proporcionalidad limita a los animales ya que grandes concentraciones de este elemento reduce el oxígeno.

Gases como el anhídrido sulfuroso y el metano (venenosos) provenientes de la reducción del sulfato de calcio y la descomposición anaeróbica de los restos de vegetales.

## **2.6.-Aguas residuales o servidas.**

Las aguas residuales o servidas pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua potable a un conglomerado urbano (población), después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades de tipo domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de los centros industriales y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pueden agregarse eventualmente al agua residual, en procesos de infiltración a sistemas de alcantarillado municipal.

Cada persona genera 1.8 litros de materia fecal diariamente, correspondiendo a 113.5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio.

Las aguas residuales constituyen un importante foco de contaminación de los sistemas acuáticos, como medida importante para la conservación de dichos sistemas es precisa la implantación de sistemas de saneamiento antes de que sean evacuadas

Las aguas residuales, también se le denominan aguas servidas, éstas son las que han perdido su calidad como resultados de su uso en diversas actividades.

Se trata de aguas con un alto contenido de elementos contaminantes, que a su vez van a contaminar aquellos sistemas en los que son evacuados.

Del total de vertido generado por los focos de contaminación, sólo una parte será acumulado en redes o sistemas de saneamiento, mientras que el resto será conducido y evacuado directamente a sistemas naturales.

Las aguas residuales se clasifican en relación a su origen, determinante esencial en cuanto a su composición química en:

- Aguas residuales urbanas
- Aguas residuales industriales

### **2.7.-Aguas residuales urbanas.**

Son aquellas que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencias de las actividades propias de estas.

Toda agua servida o residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente

Antes de tratar cualquier agua servida debemos conocer su composición, esto es lo que se llama caracterización del agua, que permite conocer el contenido y la calidad de los elementos químicos y biológicos que están presentes y dar la información necesaria para que los ingenieros expertos en tratamientos de aguas puedan diseñar una planta apropiada al agua servida que se esta produciendo.

Una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas debe tener como propósito eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna, de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura.

El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual esta inserta.

Una planta de tratamiento de aguas servidas bien operada, debe eliminar al menos un 90 % de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos.

Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en

el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de centros industriales dentro del núcleo, tipo de industrias, etc.

### **2.8.-Aguas residuales industriales.**

Son líquidos generados por los procesos industriales, poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria. Son enormemente variables en cuanto a su caudal y composición, difiriendo las características de cada vertido no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

Las emisiones de estos centros industriales son más ricas en contaminantes en comparación de las urbanas, además, su alta carga, aunada a la enorme variabilidad de contaminantes que presentan, hacen que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado en grado sumo, siendo preciso un minucioso y exhaustivo estudio específico de sus residuos contaminantes para cada caso.

### **2.9.- ¿Porque tratar el agua residual?**

Para muchas personas esta pregunta puede no ser importante.

El tratamiento de las aguas residuales genera gastos considerables, genera contratiempos y, en la mayoría de los casos, se evade.

Pero realmente si pensamos en el bienestar futuro le encontraremos una respuesta lo suficientemente fuerte como para empezar a considerar el tratamiento de las aguas residuales.

La razón por la que se debe tratar el agua residual es que con el desarrollo de la urbanización y con la diversificación de los procesos industriales, un sinnúmero de elementos químicos elaborados por la sociedad, junto a una mayor cantidad de materias orgánicas son dispuestos en los cursos normales de agua,

El agua residual urbana en la mayor parte está formada por la reunión de las aguas residuales procedentes del alcantarillado municipal, de las industrias asentadas en el casco urbano y esporádicamente de las aguas de lluvia que son recogidas por el alcantarillado.

La mezcla de las aguas fecales con las aguas de lluvia suelen producir problemas en una planta de tratamiento de aguas residuales, sobre todo en caso de tormentas, por lo que las realizaciones urbanas recientes se están separando las redes de las aguas fecales de las redes de aguas de lluvia.

### **2.10.- ¿Por qué se requiere una planta de tratamiento de aguas residuales?**

Cuando un vertido de aguas residuales no tratadas alcanza a un cauce o río produce diversos efectos sobre él:

- Tapiza la vegetación de la ribera con residuos sólidos gruesos que lleva el agua residual, tales como basura plástica, utensilios, restos de alimentos, etc.
- Acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en fondo y orillas del cauce, tales como arena y materia orgánica.
- Consumo de oxígeno disuelto que tiene el cauce por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual
- Formación de malos olores por el agotamiento del oxígeno disuelto del cauce que no es capaz de recuperarse.
- Entrada al cauce de grandes cantidades de microorganismos entre los que puede haber elevado número de patógenos.
- Contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos
- Aumenta la eutrofización al portar grandes cantidades de compuestos de fósforo y nitrógeno.

La DBO (demanda bioquímica del oxígeno) aumenta y el limitado oxígeno disuelto no es suficiente para posibilitar la recuperación de dichos elementos.

La naturaleza no es capaz por sí sola de consumir el proceso de autopurificación de los cursos de agua.

Con esto se puede ver que es el ser humano, el único competente e idóneo de auxiliar a la naturaleza en este complejo proceso.

### **2.11.- ¿Que se tiene en cuenta para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales urbana?**

No todas las plantas de tratamiento de aguas residuales son iguales ni cumplen con las mismas especificaciones.

Habitualmente las autoridades que tienen encomendadas competencias medioambientales definen primero los usos y destinos que van a tener los cauces para así establecer las necesidades o situaciones críticas de los vertidos.

Por lo general se distinguen dos grandes líneas maestras a seguir:

1. Establecer mecanismos y frecuencias de muestreos, para un riguroso análisis de las aguas residuales.

El control se basa en los parámetros de sólidos en suspensión,  $DBO_5$ ,  $DQO$ , fósforo y nitrógeno del plan nacional de saneamiento y depuración de aguas residuales.

2. El Comité Nacional de Agua correspondiente a la cuenca donde se efectuará el vertido, deberá emitir una autorización en donde se vean reflejados los valores paramétricos permisibles.

Una vez claros los límites de calidad del vertido y las garantías que éste deberá cumplir, se cuenta con una gama de variables a satisfacer:

- Tamaño de la población a servir.
- Reconocimiento de industrias presentes.
- Orografía del terreno (Levantamiento topográfico con curvas de nivel, vientos dominantes, etc.).

- Oscilaciones de carga y caudal con referencias a día, semana y mes
- Análisis de la contaminación
- Estudio del destino de los residuos sólidos generados: basura, biosólidos (lodos).
- Estudio de factibilidad de reutilización del efluente o parte de él.
- Impacto ambiental, nivel de profesionalización del personal requerido, costo y vida útil de la obra. Etc.

## **2.12.-Determinaciones analíticas para conocer el grado de calidad de una planta de tratamiento de aguas residuales.**

- Sólidos en suspensión o materias en suspensión: corresponden a las materias sólidas de tamaño superior a un  $\mu$  m, independiente de que su naturaleza sea orgánica o inorgánica.-
- Gran parte de estos sólidos, son atraídos por la gravedad terrestre, en períodos cortos de tiempo, por lo que son fácilmente separables del agua residual, cuando ésta se mantiene en tanques que tengan elevado tiempo de retención.
- D B O<sub>5</sub> (Demanda biológica del oxígeno).- Mide la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos del agua para estabilizar la contaminación del agua residual en un período de 5 cinco días.- Su ley de proporcionalidad es a mayor demanda menor es la calidad que tiene el agua.
- D Q O ( Demanda química de oxígeno ) .-Demanda de oxígeno que se requiere para la estabilización de la contaminación que tiene el agua, para ello se requiere de oxidantes químicos energéticos

- Nitrógeno.- Las formas predominantes del nitrógeno en el agua residual son las amoniacales, nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos.
- Fósforo,. Bien como fósforo total o como ortofosfato disuelto.

### **2.13.-De los objetivos específicos de una planta de tratamiento de aguas residuales.**

Los objetivos específicos de eliminación y transformación son:

- De residuos, aceites, grasas, arenas, elementos flotantes, etc., y evacuación a punto de un destino final adecuado.
- De materias decantables orgánicos o inorgánicos
- De materia orgánica.
- De compuestos amoniacales y que contengan fósforo
- Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

### **2.14.-Selección del tren de tratamiento**

El proceso de tratamiento del agua residual se puede dividir en cuatro etapas:

- Etapa de Pre tratamiento.
- Etapa Primaria.
- Etapa Secundaria.
- Etapa de Desinfección.

## **CAPITULO 3 CÁLCULO Y ESTIMACIÓN DE LOS FLUJOS DEL DISEÑO**

### **3.1.-Evaluación poblacional del proyecto.**

La evaluación poblacional estará sujeta al proyecto del Fraccionamiento “Punta Diamante” en función de los grupos socio-económicos de su entorno.

La población del grupo socio-económico tipo residencial, están localizados en los conjuntos habitacionales demarcados con las siglas A, B, C y D.

- A<sub>1020</sub> .- Torre de 10 pisos con 20 departamentos por piso
- A<sub>1515</sub> .- Torre de 15 pisos con 15 departamentos por piso
- A<sub>2010</sub> .- Torre de 20 pisos con 10 departamentos por piso
- B<sub>1020</sub> .- Torre de 10 pisos con 20 departamentos por piso
- B<sub>1515</sub> .- Torre de 15 pisos con 15 departamentos por piso
- B<sub>2010</sub> .- Torre de 20 pisos con 10 departamentos por piso
- C<sub>1020</sub> .- Torre de 10 pisos con 20 departamentos por piso
- C<sub>1515</sub> .- Torre de 15 pisos con 15 departamentos por piso
- C<sub>2010</sub> .- Torre de 20 pisos con 10 departamentos por piso
- D<sub>1020</sub> .- Torre de 10 pisos con 20 departamentos por piso
- D<sub>1515</sub> .- Torre de 15 pisos con 15 departamentos por piso
- D<sub>2010</sub> .- Torre de 20 pisos con 10 departamentos por piso

En la siguiente tabulación se asienta la Evaluación poblacional para la clase socioeconómica residencial del Fraccionamiento “Punta Diamante.”

**TABLA 6.-Evaluación poblacional para la clase socio-económica del tipo residencial en el fraccionamiento “Punta Diamante”.**

CONCEPTO	Nº DE DEPTOS	DENSIDAD DE POBLACIÓN	POBLACIÓN
Torre A- 1020	200	5 h / depto.	1000
Torre A- 1515	225	5 h / depto.	1125
Torre A-2010	200	5 h / depto.	1000
Conjunto Torres A	625	5 h / depto.	3125
Conjunto Torre B	625	5 h / depto.	3125
Conjunto Torre C	625	5 h / depto.	3125
Conjunto Torre D	625	5 h / depto.	3125
<b>TOTAL DE POBLACION SOCIOECONÓMICA RESIDENCIAL POR LOS CUATRO CONJUNTOS HABITACIONALES</b>			<b>12,500 HAB.</b>

## **3.2.-DETERMINACIÓN DEL GASTO HIDRÁULICO**

### **3.2.1.-Caudales de aguas residuales.**

La determinación de los caudales de agua residual a eliminar de una determinada población, son de prioridad, imprescindibles, precisos y valiosos, en el momento de diseñar y calcular las instalaciones para su tratamiento y evacuación, orientados a la obtención de un proyecto adecuado a las necesidades de sus residuos domésticos.

En el caso del Fraccionamiento “Punta Diamante” es obligatorio estimarlos partiendo de fuentes confiables de información como es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) sobre datos del abastecimiento y consumo de agua.

De acuerdo al tipo de fuente que las genera, las aguas residuales se pueden dividir en:

- 1.-Aguas residuales domésticas:** Procedente de zonas residenciales o habitacionales, comercios e instalaciones de uso público.
- 2.-Aguas residuales industriales:** Agua residual en la cual predominan vertidos industriales.
- 3.-Filtraciones y aportaciones controladas:** Agua que entra tanto de manera directa como indirecta en la red de alcantarillado.
- 4.-Aguas pluviales:** Agua resultante de la escorrentía superficial.

### **3.2.2.-Estimación del caudal del agua residual.**

Cuando resulta imposible medir directamente los caudales de aguas residuales y no se dispone de registros históricos de los mismos, los datos sobre el abastecimiento y consumo de agua a la comunidad, pueden resultar de gran ayuda para estimar los caudales de aguas de dotaciones según el tipo de usuario, datos que pueden ser útiles para estimar el caudal de agua residual que genera la comunidad.

Para el cálculo del gasto de diseño para la planta de tratamiento de agua residual, se realizará una estimación de la demanda total del agua potable en el fraccionamiento "Punta Diamante" sabiendo que el flujo de agua residual vertido por una población representa el 80 % de su dotación o consumo de agua potable (CONAGUA). Por lo que en este proyecto se multiplicara el gasto concebido por el abastecimiento de agua potable por un factor de 0.80, y así obtener un estimado del caudal de agua residual generado por el fraccionamiento.

### **3.2.3.-Uso del agua.**

Normalmente el uso público del agua se suele dividir en cuatro categorías:

- uso doméstico (agua para uso general y sanitario);
- uso industrial (no doméstico);
- servicio público (extinción de incendios, mantenimiento de infraestructuras, y riego de espacios verdes)
- pérdidas en la red y fugas.

### **3.2.4.-Consumo del agua.**

**1.-Consumo doméstico:** El uso doméstico del agua comprende el agua abastecida a zonas residenciales, comercios, instituciones y espacios recreacionales, y se mide a partir de controladores individuales. Los usos a lo que se destina incluyen el agua que se bebe, la usada para limpieza, higiene, fines culinarios, evacuación de residuos, y regado de jardines y zonas verdes particulares. En una población promedio se puede decir que se utiliza más de una tercer aparte de la dotación de agua para uso doméstico.

En las zonas residenciales, la determinación de la demanda de agua potable suele hacerse en base a la densidad de población, temperatura promedio anual y consumo promedio per cápita de acuerdo al clima. El nivel económico y adquisitivo de una comunidad también afecta al consumo de agua, y en consecuencia al caudal de agua que genera. El consumo de agua y el caudal de agua residual son mayores cuanto mayor es el nivel económico de vida, aumento que puede ser

debido en parte, al mayor uso de aparatos que consumen agua como lavadoras, lavavajillas y trituradores de basura, tinas para hidromasaje, etc.

**2.-Consumo industrial:** La cantidad de agua con que los municipios abastecen a las industrias para uso en los diferentes procesos de producción presenta una gran variabilidad. Las industrias grandes consumidoras de agua, como refinerías, las químicas y las alimenticias y refresqueras, suelen abastecerse al margen de las redes públicas de abastecimiento de agua. En cambio, industrias cuyas necesidades y consumos son bastante menores, como las dedicadas a productos de tecnología, sí se abastecen a través de las redes públicas.

**3.-Servicio público y mantenimiento de infraestructuras:** El agua destinada a los servicios públicos representa el menor de los componentes del uso público del agua, e incluye el abastecimiento de los edificios públicos, la irrigación de espacios verdes municipales, y el mantenimiento de infraestructuras.

**4.-Pérdidas en la red y fugas:** Con este término englobamos los usos y conexiones no autorizadas.

### **3.2.5.-Determinación del caudal del agua residual del fraccionamiento.**

Para la determinación del caudal de aguas residuales generadas por el fraccionamiento “Punta Diamante” se estimará el consumo de agua potable, y luego se multiplicará por un factor, mencionado anteriormente para poder así estimar el caudal de agua residual del proyecto.

### **3.2.6.-Criterio para la determinación del caudal de agua residual en función de la aportación del agua potable para su consumo doméstico.**

En las tablas N° 16 y N° 17 de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) se dan los consumos domésticos Per Cápita por clima y clase socioeconómica, para la clase socioeconómica residencial es de 400 lts/hab./día

La Comisión Nacional del Agua proporciona las siguientes Tablas sobre la aportación de agua potable para su consumo “Per Cápita”

**TABLA 7.-Consumo domestico Per capita.**

<b>TABLA N° 16 de la CONAGUA.</b>			
CLIMA	COSUMO POR CLASE SOCIO ECONOMICA lts/ hab./ día		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMI-CALIDO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100

Nota: El clima se selecciona en función de la temperatura media anual  
Tabla N° 17 Conagua.

**TABLA 8.- Clasificación de climas por temperaturas °C.**

<b>TABLA N° 17 CONAGUA</b>	
TEMPERATURA MEDIA ANUAL	TIPOS DE CLIMAS
MAYOR DE 22 ° C	CALIDO
DE 18 – 22 ° C	SEMICALIDO
DE 12 – 17.9 ° C	TEMPLADO
DE 5 – 11.9 ° C	SEMIFRÍO
MENOR DE 5 ° C	FRÍO

El consumo doméstico total es la suma de todos los consumos por clase socioeconómica o sectores en torno al Fraccionamiento “Punta Diamante”.

**TABLA 9.-Evaluación del consumo de agua de uso doméstico para el sector residencial.**

CONCEPTO	Nº DE DEPTOS	DENSIDAD DE POBLACION	CONSUMO PER-CAPITA *	POBLACIÓN	CONSUMO M <sup>3</sup> / DÍA
Torre A- 1020	200	5 h / depto	600 lts / hab / día	1000	600
Torre A- 1515	225	5 h / depto	600 lts / hab / día	1125	675
Torre A-2010	200	5 h / depto	600 lts / hab / día	1000	600
Total Conjunto Torre A	625	5 h / depto	600 lts / hab / día	3125	1875
<b>CONSUMO DE AGUA POR CONJUNTO.</b>					
CONCEPTO	Nº DE DEPTOS	DENSIDAD DE POBLACION	CONSUMO PER-CAPITA	POBLACIÓN	CONSUMO M <sup>3</sup> / DÍA
Conjunto Torre A	625	5 h / depto	600 lts / hab / día	3125	1875
Conjunto Torre B	625	5 h / depto	600 lts / hab / día	3125	1875
Conjunto Torre C	625	5 h / depto	600 lts / hab / día	3125	1875
Conjunto Torre D	625	5 h / depto	600 lts / hab / día	3125	1875
<b>CONSUMO TOTAL NIVEL SOCIOECONÓMICO RESIDENCIAL</b>				<b>TOTAL</b>	<b>7,500</b>
* SE TRABAJÓ CON UN CONSUMO PERCAPITA DE 600 LTS./ HAB. / DÍA					

1.-El consumo domestico residencial es de 7,500 M<sup>3</sup> /día.

2.-Evaluación del consumo de agua de uso doméstico para el sector comercial.

El sector comercial cuenta con 1200 locales, instalado en una Plaza o centro comercial de tres niveles y una superficie por local de 150 M<sup>2</sup>, destinados al comercio, zona gastronómica y área agua-recreativa.

Con las tablas N° 18 y N° 19 de la Comisión Nacional del Agua se obtienen los consumos del uso del agua, en los siguientes sectores comerciales.

**TABLA 10.-Consumo mínimo en comercios.**

<b>TABLA N° 18 CONAGUA</b>	
<b>TIPO DE INSTALACIÓN</b>	<b>CONSUMO DE AGUA</b>
OFICINAS CUALQUIER TIPO	20 L / M <sup>2</sup> / DÍA
LOCALES COMERCIALES	6 L / M <sup>2</sup> / DÍA
MERCADOS	100 L / LOCAL / DÍA
BAÑOS PÚBLICOS	300 L / BAÑISTA / REGADERA / DÍA
LAVANDERÍAS DE AUTOSERVICIO	40 L / KILO ROPA SECA
CLUBES DEPORTIVOS	150 L / ASISTENTE / AL DÍA
CINES Y TEATROS	6 L / ASISTENTE / AL DÍA

**TABLA 11.-Consumo en hoteles.**

<b>TABLA N° 19 CONAGUA</b>		
CLASIFICACIÓN	CONSUMO EN HOTELES L / CUARTO / DÍA	
	ZONA TURÍSTICA	ZONA URBANA
GRAN TURISMO	2000	1000
4 Y 5 ESTRELLAS	1500	750
1 A 3 ESTRELLAS	1000	400

**TABLA 12.-Consumo de agua de uso domestico del tipo comercial:  
Locales comerciales y Gastronomicos.**

Conceptos	N° de locales	Consumo S/tab.n° 18	Consumo / local	Consumo M <sup>3</sup> / día
Local Comercial	800	6 L./m <sup>2</sup> /loc.	900 Lts./día	720
Local Gastronomía	400	6 L./m <sup>2</sup> /loc.	900 Lts./día	360

**TABLA 13.-Consumo de agua de uso domestico del tipo comercial:  
Hotel.**

CONCEPTOS	N° DE CUARTOS	DOTACIÓN	CONSUMO M <sup>3</sup> / DÍA
HOTEL Gran Turismo	240	2000 LTS /CTO / DÍA	480
<b>Consumo total uso comercial – hotelería</b>			<b>480</b>

**TABLA 14.-Consumo de agua de uso domestico del tipo comercial:  
Áreas Recreativas y deportivas.**

CONCEPTOS	EXTENSIÓN SUPERFICIAL	DOTACIÓN	CONSUMO M <sup>3</sup> / DÍA
Ácqua – recreativa	10.000 M <sup>2</sup>	120 lts./m <sup>2</sup> /día	1200
<b>Consumo total uso comercial – sector Acqua-recreativa</b>			<b>1200</b>

**TABLA 15.-Consumo de agua de uso domestico del tipo socio-económico popular: Personal de empleomanía.**

CONCEPTOS	EMPLEOS	DOTACIÓN TABLA N°16 SEGUN /CONAGUA	CONSUMO M <sup>3</sup> / DÍA
Personal Empleado	3000	100 lts./m <sup>2</sup> /día	300
<b>Consumo doméstico total uso doméstico popular</b>			<b>300</b>

**TABLA 16.- Consumo de agua de uso domestico del tipo usos públicos:  
Servicios públicos y mantenimiento.**

JARDINES, PARQUES Y ESTACIONAMIENTOS	DOTACIÓN TABLA N°21 SEGUN /CONAGUA	CONSUMO M <sup>3</sup> / DÍA
AREAS DESTINADAS A ESPARCIMIENTO, ESTACIONAMIENTOS, Y ANDADORES 158,686.00 M <sup>2</sup>	5 lts./m <sup>2</sup> /día	793.43
<b>Consumo doméstico total servicio público y mantenimiento</b>		<b>793.43</b>

### 3.3.-Resumen de los flujos de diseño.

Una vez obtenidos los valores de los caudales para zona residencial, comercial, gastronómica, hotelera, recreativa y otros, podemos estimar el caudal total.

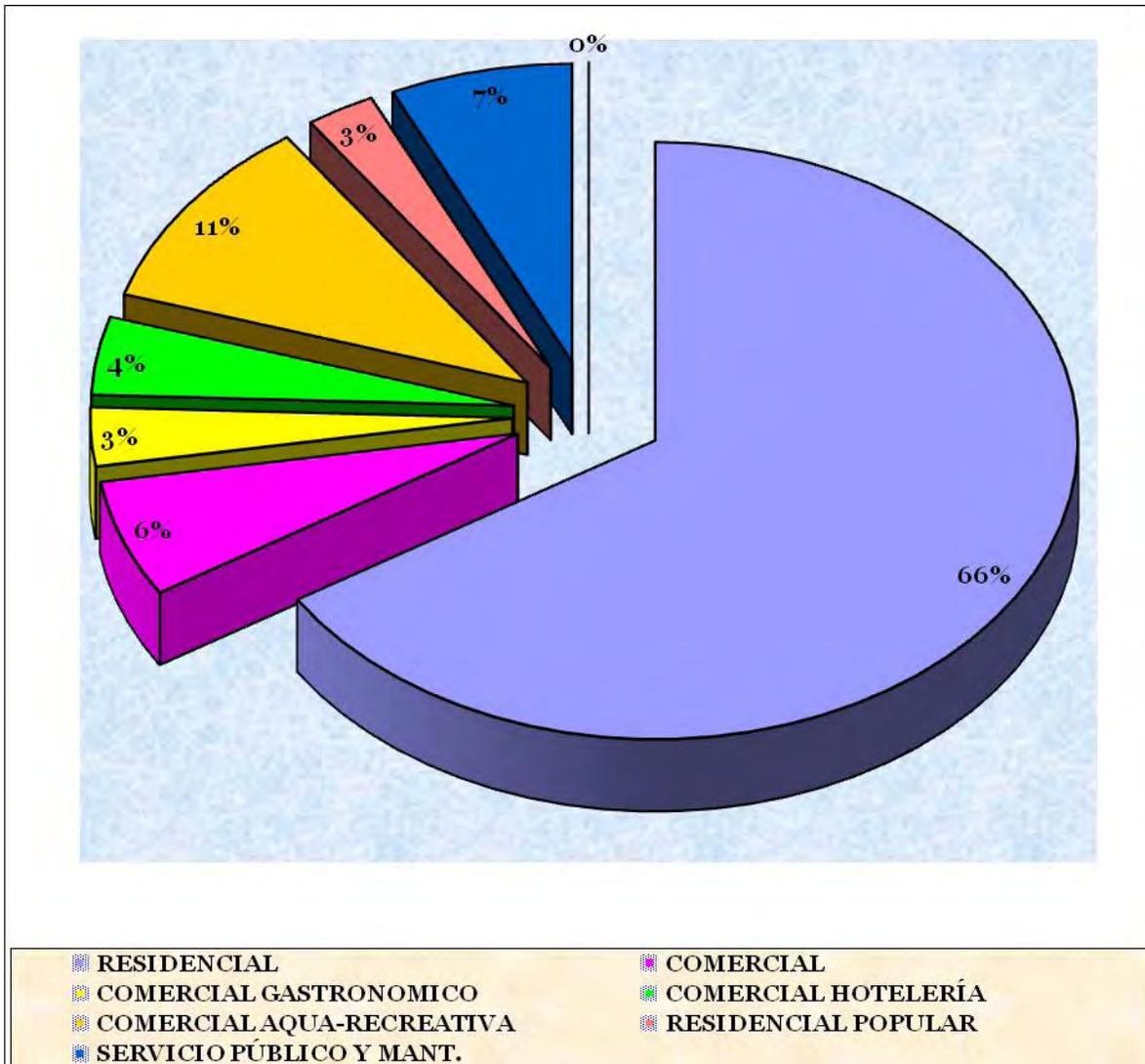
A continuación se muestran los caudales finales de la estimación de consumo de agua potable para el Fraccionamiento "Punta Diamante".

**TABLA 17.-Caudales de abastecimiento de agua potable totales.**

<b>SECTORES QUE LO GENERAN</b>	<b>M<sup>3</sup> / DÍA</b>
RESIDENCIAL	7,500.00
COMERCIAL	720.00
COMERCIAL GASTRONOMICO	360.00
COMERCIAL HOTELERÍA	480.00
COMERCIAL AQUA-RECREATIVA	1,200.00
RESIDENCIAL POPULAR	300.00
SERVICIO PÚBLICO Y MANT.	793.43
<b>TOTAL</b>	<b>11,353.43</b>

Una vez teniendo el consumo total de agua potable, lo multiplicaremos por el factor de 0.80 (CONAGUA) para estimar la generación de agua residual para el fraccionamiento.

<b>11353.43 x 0.80% =</b>	<b>9082.64 M<sup>3</sup> / DÍA</b>
---------------------------	------------------------------------



**FIGURA 19.-Grafica de abastecimiento de agua potable.**

## **CAPITULO 4 ANÁLISIS DEL PRE TRATAMIENTO.**

### **4.1.- Objetivos específicos de la etapa.**

Una vez establecido el tipo de proceso a utilizar en el tren de tratamiento de este proyecto, así como también, los procesos unitarios correspondientes al pretratamiento, lo concerniente es hacer un análisis de las distintas opciones que se presentan en la selección de los procesos.

Lo primordial en el desarrollo de esta tesis es el trato por separado de los procesos expresados como el “pretratamiento” y el “tratamiento primario”, es positivo comentar que, diversos estudiosos lo consideran como uno solo proceso, llamándolo “tratamiento primario”. Esencialmente cuando el pretratamiento o tratamiento primario es ubicado como un proceso inmediato anterior al cárcamo de bombeo o cuando por situaciones topográficas, el agua residual llega por gravedad a la planta de tratamiento.

### **Esta etapa operativa debe cumplir con los siguientes objetivos:**

Cuantificar, controlar y regular el gasto o caudal de agua servida que ingresa a la planta, así como la extracción de los sólidos flotantes y las arenas variables en cuanto a su volumetría.

Normalmente durante el día, el área urbana genera diferentes y desiguales volumetrías de aguas residuales, por lo que deberán instalarse en la línea del tren

de tratamiento, sistemas de regulación de forma tal, que el caudal de operatividad del sistema sea uniforme, ya que las plantas son diseñadas y calculadas para operar con un gasto hidráulico constante,

El primer paso dentro del proceso de pretratamiento a que es sometida el agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos de mayor tamaño

Es impresionante ver las cosas que el agua servida contiene: palos, maderas, botellas de plástico, piedras, etc. Por lo que es necesario retirarlas para que el proceso pueda efectuarse normalmente.

El procedimiento más habitual se basa en hacer pasar el agua residual bruta a través de rejas de barras.

Las rejas de barras suelen tener aberturas libres entre barras de 5 cm o mayores. Las rejas de barras se pueden limpiar manual o mecánicamente.

Las estructuras encargadas de esta función son: rejas para basura, las rejillas, tamices, desmenuzadoras o trituradoras, desgrasadores y desarenadores.

Siempre que sea posible, debe procurarse que las estructuras antes mencionadas antecedan al cárcamo de bombeo.

La operación de cribado, la decantación de los sólidos gruesos, que se genera al incrementar la profundidad de los canales, su amplitud y el número de los canales que conducen el agua residual, conllevan a la reducción de la velocidad del efluente, propiciando así el aumento de la velocidad de sedimentación de las partículas, así como el aglutinamiento de la biomasa, objetivos principales de este proceso de pretratamiento, que se ubica en línea antes del cárcamo de bombeo, al mismo tiempo, y con el propósito de optimizar dicho proceso, son retenidos los sólidos gruesos como papel, trapos, maderas, plásticos etc. Ya que si no son eliminados pueden dañar el equipo de bombeo, obstruir las tuberías y boquillas, creando problemas de operación.

La principal ventaja de este método es que todos los componentes que precisan actuaciones de mantenimiento se encuentran por encima del nivel del agua, por lo tanto su inspección y mantenimiento se efectúa sin necesidad de parar el tren de tratamiento al no ser necesario vaciar el canal conductor del efluente.

Su inconveniente es que dispone únicamente de un rastrillo de limpieza manual en lugar de los múltiples rastrillos empleados en las rejas de limpieza mecánica o mediante cadenas, por lo tanto la capacidad de la reja para tratar aguas con altos contenidos de residuos es limitada.

En esta etapa también se realiza la Pre cloración y la Preaereación cuyas funciones primordiales son:

- a).-Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser malolientes, corrosión, septicidad y ayuda en la remoción de grasas.
- b).-Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores en las etapas siguientes del proceso de tratamiento.
- c).-Mantener en optimas condiciones aerobias los tanques de sedimentación.

#### **4.2.-Diseño y cálculo del dimensionamiento de las estructuras.**

En este proyecto se usarán rejas de limpieza mecánica ya que no solo reduce de manera considerable el trabajo manual necesario para la limpieza de las rejas, y la eliminación de basuras, sino también para evitar los reboses y desbordamientos que se producen por la obturación de aquellas.

A continuación, se analizaran los detalles de las rejas de limpieza mecánica.

Las cribas en función de su modo de limpieza se clasifican en manual y mecánica, y de acuerdo al tamaño de su abertura en gruesas y finas.

Las cribas gruesas representan el primer paso en el tratamiento de aguas residuales, tienen una abertura de 5 a 10 cm. Y consisten en rejillas, tamices y trituradores.

Las cribas finas tienen una abertura de 2 a 5 cm. Y su propósito es mejorar los efluentes para los posteriores tratamientos.

Las rejillas de limpieza manual se fabrican en barras estructurales de sección rectangular, en material de alta resistencia como el acero y la profundidad de la barras no deberá exceder de lo que pueda penetrar un rastrillo de mano.

La tendencia en la actualidad es la instalación de rejillas de limpieza mecánica no solo con el fin de reducir el trabajo manual sino evitar los desbordes producidos por los taponamientos de las mismas.

Las barras de acero enmarcadas, (rejillas) son colocadas transversalmente al canal del efluente, con un ángulo de inclinación a la horizontal de 45 a 60° en el tipo manual y de 45 a 90 ° en las mecánicas.

En ambos lados del lecho inferior de las rejillas, se debe diseñar un canal de sección rectangular y colocarse perpendicular a ésta, cuyo propósito fundamental será de receptor de basura y otros materiales

Para optimizar dicho proceso es necesario y esencial que la velocidad del efluente se limite a un caudal medio de 0.5 m/seg. Este valor no permite que partículas pequeñas sean retenidas por la rejilla y tampoco permite que la arena se deposite en el canal.

**4.3.-Fotos de rejillas, cribas y palas mecánicas (desarenador).**



**FIGURA 20.-Foto de las compuertas que dan acceso al agua residual a la planta de tratamiento.**



**FIGURA 21.-Foto de las cribas y rejillas en operación.**



**FIGURA 22.-Foto de las palas mecánicas en operación.**



**FIGURA 23.-Foto del proceso completo del pre tratamiento.**

## **CAPITULO 5 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TRATAMIENTO PRIMARIO.**

### **5.1.-Objetivos específicos de la etapa.**

Las operaciones físicas correspondientes al tratamiento primario se emplean para la separación de sólidos suspendidos, y compuestos orgánicos volátiles, y tiene como objetivo específico, eliminar los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple.

El proceso de sedimentación consiste en la separación de partículas suspendidas más pesadas que el agua, mediante la acción natural de la gravitación. El proceso de sedimentación se basa en la diferencia de gravedad específica entre el material sedimentable y el agua, por lo que cualquier factor que pueda afectar tal característica afectará la velocidad sedimentable.

Cuando en una agua residual los sólidos se separan mediante la acción de la gravedad y el agregado natural de las partículas, la operación recibe el nombre de "Sedimentación simple".

Si es necesario el uso de productos químicos para favorecer la agregación, o provocar los asentamientos de las materias finamente divididas o sustancias coloidales la operación recibe el nombre de "Coagulación".

Para complementar este proceso se puede agregar compuestos químicos con el objeto de precipitar los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide.

Si el uso de productos químicos es utilizado para la separación de sustancias disueltas, la operación se describe como "Precipitación"

Las estructuras encargadas de esta función son los estanques de sedimentación, clarificadores o decantadores primarios, utilizados para la separación de partículas que no fueron retenidas en las cribas, rejillas y desarenadores, dichas partículas tienen generalmente densidades cercanas a  $1 \text{ gr/cm}^3$  y muy baja su velocidad de sedimentación comparada con la arena. Habitualmente están diseñados para sedimentar el ciento por ciento de aquellas materias que tienen tasas de velocidad de sedimentación de 0.3 a 0.7 mm/seg. Así mismo el período de retención es normalmente corto, de 1.5 a 2.5 horas, con estos parámetros, la profundidad del estanque fluctúa entre 3.00 a 5.00 metros.

Se denomina materia sedimentable aquella que depositada en un cono de ensayo de 40 cm. De altura sedimenta totalmente en un tiempo de 2 horas.

Los análisis realizados en probetas cónicas son de un litro de capacidad e infieren los siguientes parámetros:

- 100 % sedimentación de la materia
- 80 % sedimentación de sólidos suspendidos
- 30 % reducción de DBO
- 20 % reducción de DQO
- 90 % eficiencia de sedimentación en una hora.

En esta etapa se remueve por precipitación alrededor del 60 al 80 % de los sólidos en suspensión en un tiempo de 5 horas sin alcanzar mayor eficiencia, esto es debido a que no todas las partículas suspendidas en el agua residual son sedimentables.

En el tratamiento primario se pretende eliminar la materia en suspensión sedimentable por la acción de la gravedad, si este proceso lo potenciamos con reactivos estaremos hablando de tratamiento primario físico-químico.

Habitualmente este tratamiento se divide en dos etapas: en la primera se produce la coagulación del agua en los tanques de mezcla rápida y en la segunda se produce la floculación en los tanques del mismo nombre, en algunas ocasiones estos tanques son equipados con electro-agitadores de giros lentos, con el propósito de conseguir que los micro-flóculos se encuentren y puedan agregarse sin romperse, una vez conseguida la floculación mejora la sedimentación ya que parte de los sólidos coloidales y disueltos pasan a ser sólidos en suspensión sedimentables.

En la mayoría de las plantas existen varios tanques primarios y su forma más habitual es rectangular o circulares, cada decantador posee un vertedero perimetral, con deflector para retener flotantes y un puente que recoge y conduce los sedimentos hacia un canal donde se realiza la purga de los mismos. Del mismo modo, los elementos flotantes son arrastrados hacia una pequeña fosa para ser evacuados en forma manual.

## **5.2.-Diseño y cálculo dimensional de las estructuras.**

### **5.2.1.-Análisis del diseño de la estructura.**

Siempre que un líquido contenga sólidos en suspensión se encuentre en estado de relativo reposo, los sólidos de peso específico superior al del líquido tenderán a depositarse en el fondo, y los de menor peso específico a ascender.

Estos principios básicos se emplean para el análisis y diseño de los tanques de sedimentación utilizados en el tratamiento de aguas residuales. La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables y del material flotante y, por lo tanto, reducir el contenido de sólidos en suspensión en el agua tratada.

Los tanques de sedimentación primaria contribuyen de manera importante al tratamiento del agua residual. Cuando se utilizan como único medio de tratamiento, su objetivo principal es la eliminación de:

- 1.- sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de fango en las aguas receptoras;
- 2.- aceite libre, grasas y otras materias flotantes, y
- 3.- parte de la carga orgánica vertida a las aguas receptoras.

Cuando los tanques se emplean como paso previo de tratamientos biológicos, el cual es el caso del proyecto, su función es la reducción de la carga e-fluente a las estructuras siguientes en el proceso en línea.

Los tanques de sedimentación primaria dimensionados y operados de manera eficiente pueden eliminar entre el 50 y 70 % de los sólidos suspendidos y entre el 25 y 40 % de la demanda bioquímica del oxígeno ( $DBO_5$ ).

Los tanques de sedimentación primaria que preceden a los procesos de tratamiento biológico, pueden diseñarse de forma que sus tiempos de retención hidráulica sean menores y tengan una carga de superficie más alta que los que se utilizan como único medio de tratamiento.

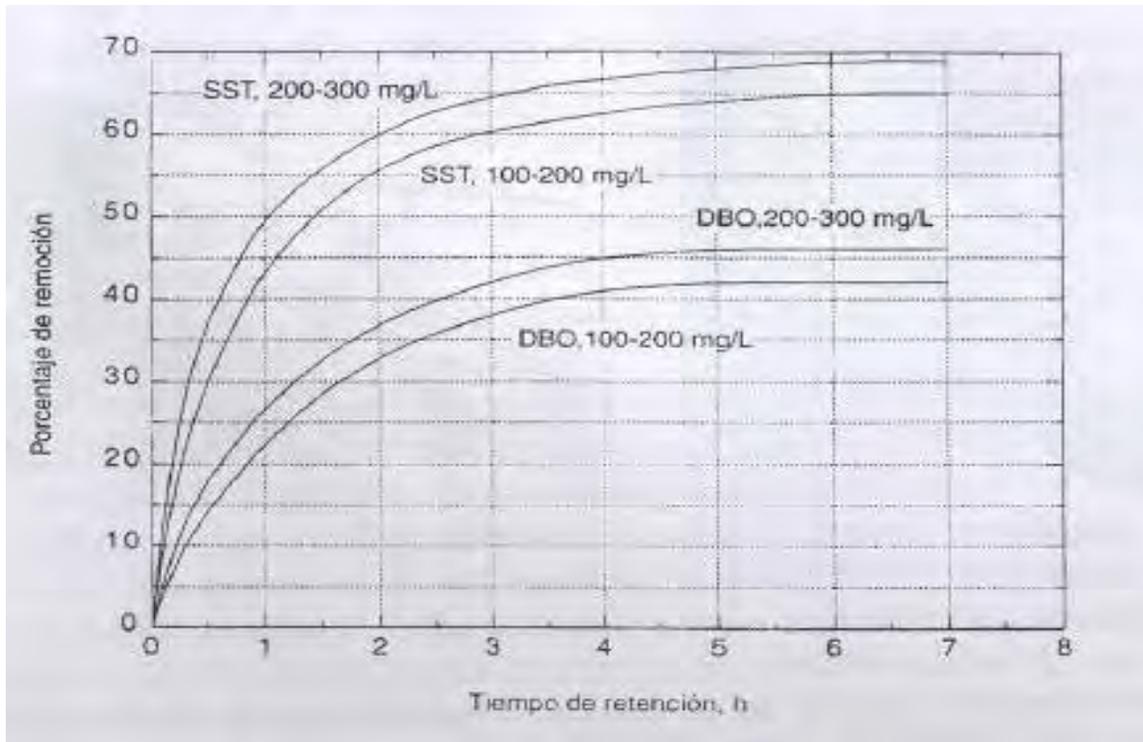
### **5.2.2.-Fundamentos del diseño.**

Si todos los sólidos presentes en el agua residual fueran partículas discretas de tamaño, densidad, peso específico y forma uniforme, la eficiencia de eliminación de estos sólidos dependería solamente del área superficial del tanque y del tiempo de retención.

En tal caso, suponiendo que las velocidades de circulación horizontales se mantuvieran por debajo de las de arrastre, la profundidad del tanque tendría poca importancia. Sin embargo, en la realidad, los sólidos de la mayoría de las aguas residuales no presentan características regulares debido a su naturaleza heterogénea.

A continuación se describen los parámetros más importantes involucrados en el diseño de sedimentadores primarios.

### Remoción de DBO y SST



**FIGURA 24.-Remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria. (Metcalf & Eddy, 1996).**

La Figura 24 se obtuvo a partir de observaciones realizadas a sedimentadores en funcionamiento, y en ella se presenta información útil acerca de la eficiencia en la remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención.

La familia de curvas en la Figura 24 puede modelarse matemáticamente como una hipérbola regular usando la siguiente expresión:

$$R = \frac{t}{a+bt} \quad (5.21)$$

R = Porcentaje de remoción de DBO o SST expresado en tanto por ciento

t = Tiempo de retención expresado en horas.

a y b = Constantes empíricas según Crites y pueden tomar los valores de la tabla 18.

**TABLA 18.-Valores de las constantes empíricas a y b.  
(Crites y Tchobanoglous, 2000).**

Variable	a	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

### 5.2.3.-Tiempo de retención.

Por lo general, los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1.5 a 2.5 horas para el caudal medio del agua residual.

Los tanques que proporcionan tiempos de retención menores (0.5 a 1 hr), con menor eliminación de sólidos suspendidos, se usan en ocasiones como pretratamiento primario previo a las unidades de tratamiento biológico.

En el análisis y diseño de tanques de sedimentación primaria, los efectos de la temperatura no suelen requerir atención especial.

Sin embargo, en zonas de climas fríos, los incrementos de la viscosidad del agua producidos por las bajas temperaturas pueden retardar la sedimentación de las partículas y, consecuentemente, reducir la eficiencia del proceso de separación de sólidos cuando las temperaturas bajen de los 10° C.

En este caso, la temperatura promedio de la zona Riviera Boca del Río – Antón Lizardo, se mantiene por los 25° C, por lo que el tiempo de retención no se verá afectado por este factor.

#### **5.2.4.-Cargas de superficie**

Los tanques de sedimentación se suelen dimensionar en función de la carga de superficie, expresada en  $m^3/m^2$ .

La aceptación de una carga de superficie adecuada depende del tipo de suspensión que se deba sedimentar.

La Tabla 19 presenta información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

Los efectos de la carga de superficie y del tiempo de retención sobre la eliminación de sólidos suspendidos varían ampliamente en función de las características del agua residual, de la proporción de sólidos sedimentables y de la concentración de sólidos, principalmente.

Es conveniente poner especial atención en el hecho de que las cargas de superficie deben ser lo suficientemente reducidas como para asegurar el rendimiento de las instalaciones en condiciones de caudal punta.

**TABLA 19.-Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria (Metcalf & Eddy, 1996)**

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria seguida de tratamiento secundario:		
Tiempo de retención, en horas	1.5-2.5	2
Carga de superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día		
A caudal medio	30-50	40
A caudal punta	80-120	100
Carga sobre vertedero, m <sup>3</sup> /m*día	125-500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención, en horas	1.5-2.5	2
Carga de superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día		
A caudal medio	24-32	28
A caudal punta	48-70	60
Carga sobre vertedero, m <sup>3</sup> /m*día	125-500	250

#### **5.2.5.-Velocidad de arrastre.**

La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación.

Las fuerzas actuantes sobre las partículas sedimentables son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantener a niveles bajos, de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque.

La velocidad crítica viene dada por la siguiente ecuación desarrollada por Camp, a partir de estudios realizados por Shields (1936):

$$V_H = \sqrt{\frac{8k(s-1)gd}{f}} \quad (5.22)$$

$V_H$  = velocidad horizontal mínima en la cual se inicia el arrastre de partículas.

$k$  = constante que depende del tipo de material arrastrado.

$s$  = peso específico de las partículas.

$g$  = aceleración de la gravedad.

$d$  = diámetro de las partículas.

$f$  = factor de fricción de Darcy-Weisbach.

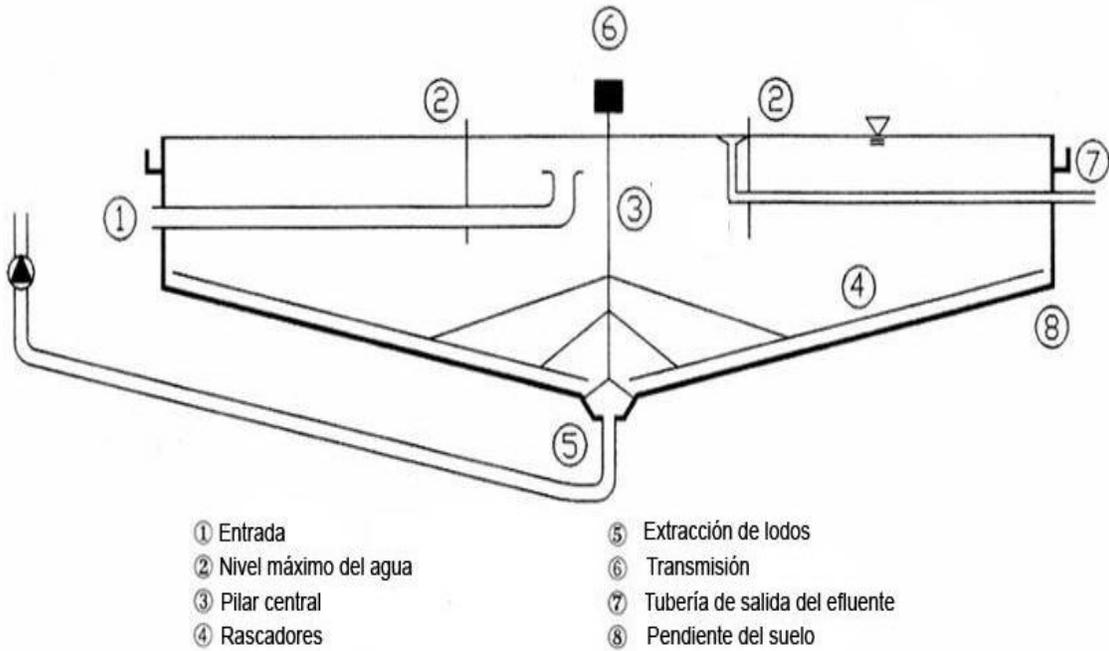
Los valores más comunes de  $k$  son 0.04 para arena uní granular, 0.06 para materia más agregada.

El factor de Darcy-Weisbach depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo y del número de Reynolds, sus valores típicos están entre 0.02 y 0.03.

Tanto  $k$  y  $f$ , son constantes adimensionales.

#### **5.2.6.-Tipos de tanques de sedimentación primaria.**

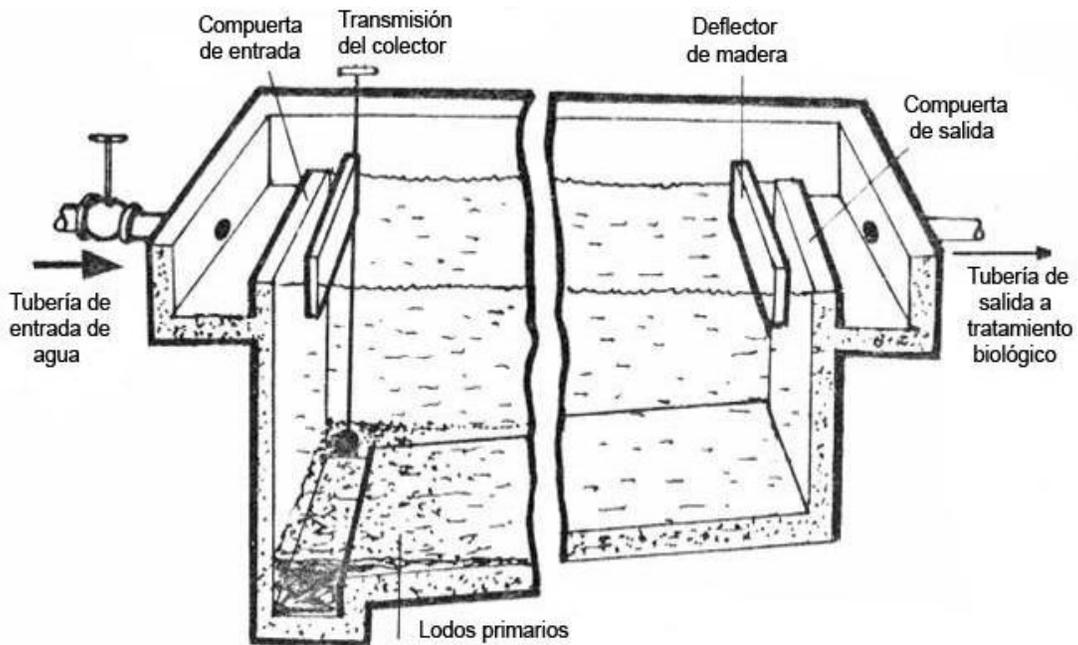
La mayoría de las plantas de tratamiento utilizan tanques de sedimentación de diseño normalizado, rectangulares o circulares (ver figuras 25 y 26), con dispositivos mecánicos para la recolección y desalojo de lodos.



**FIGURA 25.-Tanque de sedimentación primaria circular (Horan 2003).**

El flujo horizontal predomina en los sedimentadores horizontales, a diferencia del flujo radial que ocurre en sedimentadores circulares.

Cuentan con barredores con cadenas o puentes móviles, para la recolección de los lodos sedimentados.



**FIGURA 26.-Tanque de sedimentación primaria del tipo rectangular.**

En los sedimentadores rectangulares (ver figura 26), la distribución del caudal es crítica, por lo que se requiere emplear alguno de los siguientes diseños:

- 1.- canales que ocupan la totalidad del ancho del sedimentador, con vertederos de entrada.
- 2.- canales de entrada con orificios sumergidos.
- 3.- canales de entrada con compuertas grandes y deflectores.

Los deflectores ubicados en la entrada se utilizan para reducir las altas velocidades de ingreso y para distribuir el flujo a lo largo de la mayor sección transversal posible.

Las espumas que se generan en los tanques de sedimentación son recolectadas por medio de desnatadores que se mueven sobre la superficie del líquido.

En instalaciones donde la cantidad de espuma es considerable, los pozos para espuma están equipados con agitadores que promueven una mezcla homogénea antes del bombeo

En la siguiente tabla se muestra dimensiones y algunos otros datos típicos de los tanques rectangulares de sedimentación primaria.

**Tabla 20.-Información típica para el diseño de un sedimentador primario rectangular. (Metcalf & Eddy, 1996)**

TIPO DE TANQUE	INTERVALO	TÍPICO
RECTANGULAR:		
Profundidad	De 3 a 4.5 metros	De 3 a 6 metros
Longitud	De 15 a 90 mts	De 25 a 40 mts.
Anchura	De 3 a 25 mts.	De 5 a 10 mts.
Velocidad de los rascadores	0.6-1.2 mts/ min.	0.9 mts./ min.

### 5.3.-Cálculo dimensional del tanque de sedimentación primaria.

En este proyecto se diseñará un tanque de sedimentación primario de forma rectangular, cuyas esenciales características se describe a continuación.

Lo primero que se debe calcular es el área superficial necesaria, para satisfacer las necesidades primordiales de capacidad, para un el gasto o caudal de diseño de 9, 083 m<sup>3</sup>/día

Proponiendo un valor inicial de carga de superficie (CS) igual a 50 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>\*día, según parámetro de diseño (Tabla 20) se calcula el área superficial bajo la siguiente formula:

$$A=Q/CS \quad (5.23)$$

$$Q = 9,083 \text{ M}^3 / \text{día}$$

$$CS = 50 \text{ M}^3 / \text{día}$$

$$A = 9,083 \text{ M}^3 / \text{día} / 50 \text{ M}^3 / \text{M}^2 / \text{día}$$

$$A = 181.66 \text{ M}^2$$

Proponiendo una relación de largo / ancho de 4 a 1, se calcula el largo y ancho del tanque:

$$4L^2 = 181.6 \text{ m}^2 \quad (5.24)$$

Por lo tanto, el ancho será de 6.73 m, y el largo será de 26.95 m, estas dimensiones se redondean a 7 m y a 30 m.

Proponiendo una profundidad de 4 metros, se calcula el volumen del tanque:

$$\text{Vol.} = 7\text{m} \times 30\text{m} \times 4\text{m} = 840 \text{ m}^3 \quad (5.25)$$

La nueva carga superficial según los cálculos obtenidos será:

$$\text{CS} = Q / A \quad (5.26)$$

$$\text{CS} = 9,083 \text{ M}^3/\text{día} / 210 \text{ m}^2 = 43.3 \text{ M}^3 / \text{M}^2 / \text{día}$$

La nueva carga superficial se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

El tiempo de retención será:

$$T_r = \text{Vol.} / Q = 840 \text{ M}^3 / 9083 \text{ M}^3 / \text{día} = 0.092 / \text{día}$$

$$T_r = 0.092 / \text{día} * 24 \text{ H} / \text{día} = 2.21 \text{ hora}$$

$$T_r = 2.21 \text{ Horas} \quad (5.27)$$

De la ecuación (5.22), se puede calcular la velocidad de arrastre usando los siguientes valores:

$$\left( V_H = \sqrt{\frac{8k(s-1)gd}{f}} \right) \quad (5.22)$$

Constante de cohesión  $k = 0.05$

Gravedad específica  $s = 1.25$

Aceleración de la gravedad  $g = 9.806 \text{ m/s}^2$

Diámetro de partículas  $d = 100 \text{ } \mu\text{m}$

Factor de fricción Darcy-Weisbach  $f = 0.025$

**(5.28)**

$V_H = (8 \times 0.05 \times 0.25 \times 9.806 \times 100 \times 10 \text{ a la menos } 10 / 0.025)$  todo elevado a la un medio. = 0.0006 M/ seg.

Esta velocidad de arrastre calculada se compara con la velocidad horizontal, la cual es igual al caudal dividido entre la sección de flujo.

**(5.29)**

$$V_H = Q / A = 9,083 \text{ M}^3 / \text{día} / 210 \text{ M}^2 = 0.0005 \text{ M/seg.}$$

La velocidad horizontal, es considerablemente menor que la velocidad de arrastre, por lo tanto, el material sedimentado no será re suspendido.

Con la ecuación (5.21) y los valores de las constantes empíricas de la Tabla 5.9, se pueden calcular las tasas de remoción de DBO y SST.

$$\text{Remoción DBO} = t / a + bt = 2.21 / 0.018 + (0.02) (2.21) = 36 \%$$

**(5.30)**

$$\text{Remoción SST} = t / a + bt = 2.21 / 0.0075 + (0.014) (2.21) = 58 \%$$

**(5.31)**

Los tanques de sedimentación primaria dimensionados y operados de manera eficiente pueden eliminar entre el 50 y 70 % de los sólidos suspendidos y entre el 25 y 40 % de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>.)

## **CAPITULO 6 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO.**

### **6.1.-Objetivos específicos de la etapa.**

Tiene como principal objetivo la eliminación de la materia orgánica en disolución y en estado coloidal, mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica, seguido de sedimentación.

Este proceso biológico, es natural y controlado, en el cual participan los microorganismos presentes en el agua residual, que se desarrollan en un tanque de aireación, más los que se desarrollan en menor medida en el decantador secundario o biológico.

Estos microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión y en estado coloidal, produciendo en su degradación, anhídrido carbónico, originándose una biomasa bacteriana que se precipita en el decantador secundario, dando origen a los tan nombrados lodos activados.

En el decantador, hay un flujo tranquilo de agua, de forma que la biomasa, es decir, los flóculos bacterianos producidos en el proceso, sedimentan en forma de natas con intensa actividad bacteriana, recibiendo el nombre de fangos o lodos activados.

Dichos microorganismos pueden quedar suspendidos en el agua, o adheridos a un medio de suspensión.

Las estructuras empleadas dentro del proceso del tratamiento secundario incluyen: filtros de arena intermitentes, filtros percoladores, contactores biológicos rotatorios, lechos fluidizados, lagunas de estabilización, lagunas de oxidación y sistema de digestión de lodos.

Los sedimentos que se generan en esta etapa contienen gran cantidad de microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos.

**Tabla 21.-Valores Típicos de los coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados. (Metcalf & Eddy 1966)**

		<b>VALORES PARA 20°</b>	
<b>COEFICIENTES</b>	<b>UNIDADES PARA SSV</b>	<b>RANGOS</b>	<b>TIPICO</b>
<b><i>Y</i></b>	<b><i>mg-VSS / mg/DBO</i></b>	<b><i>0.4 – 0.8</i></b>	<b><i>0.6</i></b>
<b><i>b</i></b>	<b><i>1/ d</i></b>	<b><i>0.025 – 0.075</i></b>	<b><i>0.06</i></b>
<b><i>k</i></b>	<b><i>Mg / L DBO</i></b>	<b><i>25 - 100</i></b>	<b><i>60</i></b>

Se han desarrollado varios métodos para el tratamiento de dichos sedimentos, cuyo intento es destruir los microorganismos y reducir el porcentaje de humedad, sin restarle importancia a los diferentes estudios, aquí solo los visualizaremos muy superficialmente.

## **6.2.-Dinámica del crecimiento de los contaminantes biológicos.**

Previamente en el diseño de los diferentes segmentos que conforman el tratamiento secundario o biológico, es forzoso establecer las reglas que rigen su funcionamiento.

El proceder y oficio de los microorganismos que se encuentran dentro del sistema, así como la fuerza y dinamismo de su crecimiento biológico, será la piedra angular dentro de este proceso y por lo tanto, punto primordial que se debe tratar para inducir correctamente los principios que componen el tratamiento.

A dichos microorganismos, para mantener su continuidad de crecimiento se les debe permitir un contacto, suficientemente prolongado con la materia orgánica, que es su alimento, de manera que éstos lo puedan asimilar y de paso eliminarlo del agua residual.

Este tiempo requerido depende de la tasa de crecimiento propia de los microorganismos y ésta a su vez está relacionada con la velocidad con la que los microorganismos metabolizan o utilizan la materia orgánica en suspensión.

Suponiendo que las condiciones ambientales son propicias y se encuentran debidamente controladas, se puede asegurar un equilibrio eficaz de la materia orgánica mediante el control de la tasa de crecimiento de los microorganismos.

En los sistemas bacterianos que se emplean en el tratamiento biológico del agua residual, la distribución de edades de las células es tal, que no todas las células del sistema están en fase de desarrollo exponencial.

Consecuentemente, la tasa de crecimiento se debe optimizar y mantener en creciente avance la energía necesaria para el mantenimiento celular.

Otros factores tales como muerte y depredación de los microorganismos, también deben ser objeto de consideración.

Generalmente, estos se confinan en un solo y único factor, y se supone que la disminución de la masa celular causada por estos, es proporcional a la concentración de los organismos presentes.

Técnicamente esta disminución es conocida como decaimiento endógeno.

La temperatura, no sólo interviene en las actividades metabólicas de la población microbiana, sino que también, tiene un penetrante efecto sobre factores tales como: la velocidad de transferencia de gases y sobre las características de sedimentación de los sólidos biológicos.

Durante todo el proceso del tratamiento secundario o biológico, o en toda reacción biológica, es de vital importancia, el cumplimiento y respeto a los parámetros de temperatura a que se someten las constantes de velocidad, a manera de asegurar el éxito en la optimización de la actividad conjunta.

Las particulares características de sedimentación de los lodos, pueden variar temporalmente, debido a cambios en el valor y peso específico de los sólidos suspendidos que escapan a la sedimentación primaria. Por esto, es necesario adoptar criterios de proyecto conservadores que eviten el escape ocasional de ellos.

La función del tanque sedimentador secundario es la de separar los lodos activados del líquido - mezcla, (se llama así a la última fase del agua residual) esta separación de sólidos es el último paso, antes de la descarga requerida para la obtención de un efluente estable, bien clarificado y con bajo contenido en DBO, DQO y sólidos totales.

A pesar de que gran parte de la información mencionada anteriormente acerca de los tanques de sedimentación primaria sigue siendo aplicable a los tanques de sedimentación secundaria, la presencia en el efluente, de gran cantidad de sólidos flóculos, hace que se deba prestar atención al proyecto de estos tanques, ya que tienden a formar un manto de lodo de profundidad considerable.

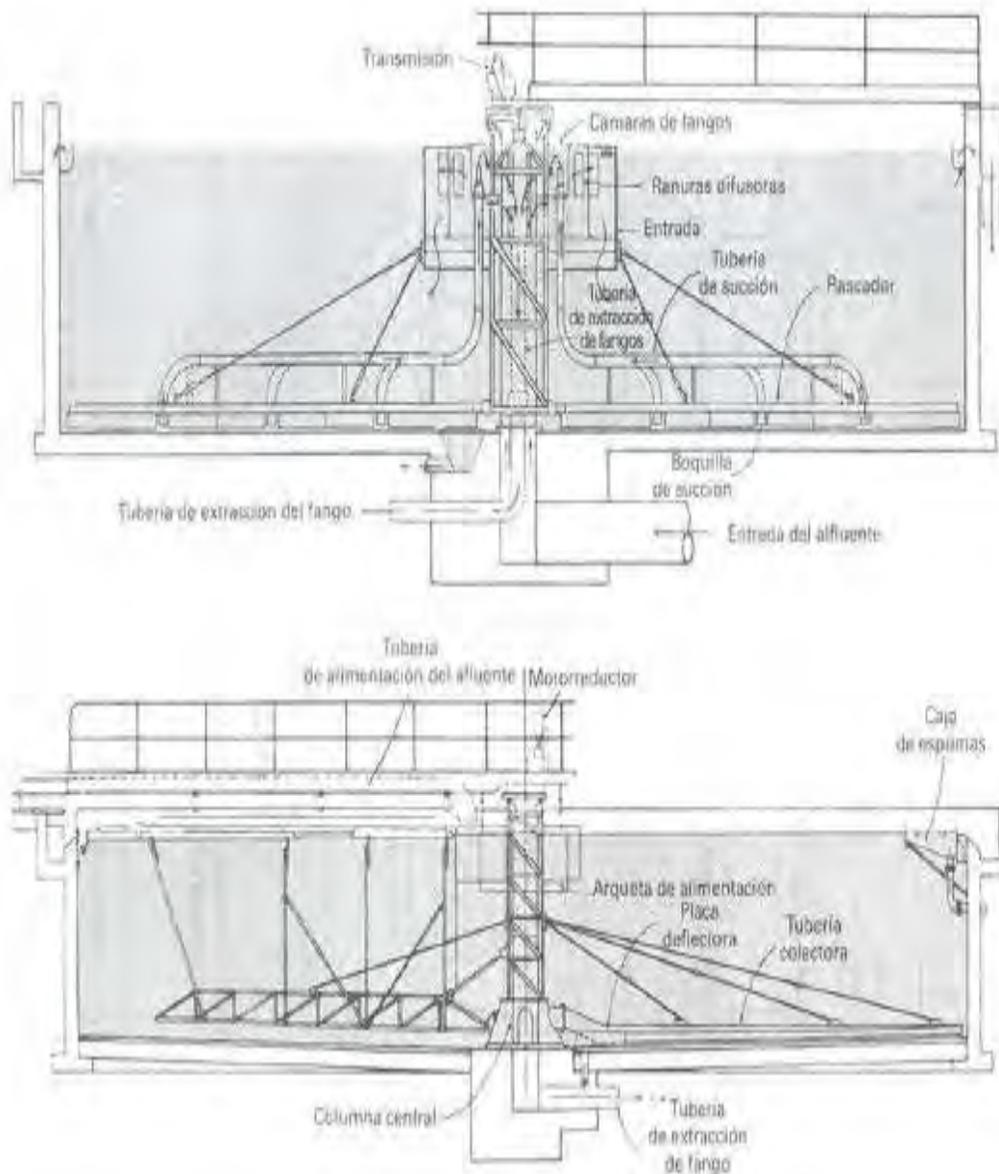
Para diseñar correctamente los tanques de sedimentación secundaria se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Características de sedimentabilidad de los lodos en relación con las necesidades de espesamiento para la correcta funcionalidad de la planta.
- Cargas de superficie y cargas de sólidos
- Profundidad del agua.
- Dosificación del caudal
- Diseño de la entrada del agua.
- Situación y carga sobre el vertedero.
- Eliminación de espuma.

**A continuación se explica brevemente cada una de estas características de factibilidad.**

Los tanques de sedimentación secundaria o biológica más funcionales son los circulares, con diámetros que fluctúan entre 10 a 40 metros, tomando en consideración que el radio no deberá exceder en 5 veces la profundidad del agua en la periferia del tanque.

Los tanques de sedimentación se suelen agrupar en tanques de alimentación central o tanques de alimentación periférica, en consideración a la entrada de su afluente o caudal de alimentación. Ambos utilizan mecanismos de rotación para su proceso de aireación, así como para eliminar el lodo sedimentado en el fondo del clarificador.



**FIGURA 27.-Tanques de sedimentación secundaria circulares para la extracción rápida del lodo:**

- (a) lodo extraído con tubos de succión.  
 (b) lodo extraído por tubería colectora múltiple.

En un tanque de sedimentación secundario, existe un flujo constante de sólidos en sentido descendente.

Dentro del tanque, el flujo de sólidos descendente se produce por la acción de la gravedad sobre los elementos en suspensión y por el transporte de masa debido al caudal extraído del fondo, el cual se bombea y recircula.

En cualquier punto del tanque, el flujo de masa de sólidos originado por la sedimentación por gravedad ( $SF_g$ ) se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$SF_g = kCV \quad (6.01)$$

Donde:

$SF_g$  = flujo de sólidos por acción de la gravedad,  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$ .

$k = 1/1000 = 0.001$

$C$  = concentración de sólidos,  $\text{mg/L}$ .

$V$  = velocidad de sedimentación de los sólidos,  $\text{m/h}$ .

Utilizando el valor del flujo de sólidos límite, la superficie necesaria deducida con un balance de masas se puede expresar de la siguiente manera:

$$A = (1 + a) QC_o * 0.001 \text{ g/kg} / SF_L \quad (6.02)$$

Donde:

$A$  = área transversal,  $\text{m}^2$

$Q$  = caudal volumétrico total que entra en el tanque de sedimentación,  $\text{m}^3/\text{día}$

$C_o$  = concentración de sólidos en el caudal de entrada al tanque de sedimentación,  $\text{g/m}^3$

$SF_L$  = flujo de sólidos límite,  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{día}$ .

$a = Q_u/Q$ .

Debido a la gran cantidad de sólidos que pueden escapar con el efluente si sobrepasan los criterios establecidos para el diseño, las cargas de superficie de diseño se deben basar en las condiciones de caudal punta.

Las cargas de superficie se pueden calcular dividiendo el flujo del caudal entre la superficie del tanque.

**TABLA 22.-Información para el diseño de sedimentadores secundarios (Metcalf & Eddy, 1996).**

Tipo de tratamiento	Carga de superficie $m^3/m^2/h$		Carga de sólidos $kg/m^2/h$		Profundidad  Metros
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación del proceso de lodos activados	0.678 – 1.356	1.695 – 2.035	3.9 – 5.85	9.76	3.6 – 6.0

Las cargas de superficie que se muestran en la Tabla 22 son valores típicos empleados en el diseño de sistemas biológicos.

Estos valores están basados en los caudales de agua residual, en lugar de los caudales de líquido-mezcla, debido a que la carga de superficie es equivalente a una velocidad de flujo ascensional.

El caudal de lodo de retorno se extrae de la parte inferior del tanque y no contribuye a la velocidad de flujo ascensional.

La carga de sólidos de un tanque de sedimentación secundaria se puede calcular dividiendo los sólidos totales aplicados entre la superficie del tanque.

La carga de sólidos representa un valor característico de una determinada suspensión.

La profundidad de agua de un sedimentador secundario se suele medir en los muros perimetrales de los sedimentadores circulares.

La profundidad es un factor que afecta a la eficiencia en la eliminación de sólidos y en la concentración de lodos de recirculación.

La Tabla 22 muestra el rango de profundidad de estos tanques. Los tanques de mayor profundidad presentan la ventaja de una mayor flexibilidad de explotación y un mayor margen de seguridad frente a cambios en el proceso de lodos activados.

La entrada del agua en el tanque a gran velocidad puede aumentar la formación de corrientes de densidad y la resuspensión del lodo sedimentado, provocando un rendimiento poco satisfactorio del sedimentador.

Los dispositivos de entrada de agua al tanque deben disipar la energía del agua entrante, distribuir uniformemente el efluente, eliminar las corrientes de densidad y minimizar las perturbaciones sobre la parte superior de la capa de lodos.

En los tanques de sedimentación circulares se coloca, al centro del sedimentador, una campana difusora la cual recibe el flujo entrante y tiene como funciones principales la de disipar la energía del mismo y además distribuirlo uniformemente en toda el área superficial.

El tamaño de dicha campana difusora no debe ser inferior al 25 % del diámetro del tanque.

La ubicación óptima de los vertederos para la obtención de un efluente bien clarificado se sitúa entre las dos terceras partes y las tres cuartas partes de radio medido desde el centro.

Las cargas sobre vertedero empleadas en tanques de grandes dimensiones no deben superar los  $375 \text{ m}^3/\text{m}$  lineal por día a caudal máximo.

Generalmente, en los sedimentadores secundarios se produce muy poca espuma. No obstante, se pueden presentar situaciones en las que aparecen materias flotantes que deberán ser eliminadas.

Los equipos de recolección de espumas incluyen las cajas de flotantes con rampa de rascado, el canal desnatador rotativo solidario del puente y tuberías ranuradas.

### 6.3 Separación de sólidos en sedimentador secundario.

A continuación, presentaremos los datos que son aplicables, para el diseño del tratamiento biológico por lodos activados de mezcla completa, y las instalaciones de sedimentación secundaria para el tratamiento del caudal promedio para el Fraccionamiento Punta Diamante.

Gasto o caudal del agua residual =  $0.10 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , sedimentada con  $226 \text{ mg/L}$  de DBO reducido (Tomando en consideración el 36 % de remoción del DBO en el sedimentador primario).

El efluente podrá contener una concentración máxima de  $40 \text{ mg/L}$  de DBO, puesto que se desea proteger el medio ambiente y la vida vegetal acuática en el cuerpo receptor ( NOM-001-ECOL – 1996 ) tomando en consideración una temperatura promedio de  $20^\circ \text{C}$ .

$$\text{Los SSVLM} = 3,200 \text{ mg/L}$$

$$\text{Los SSLM} = 4,000 \text{ mg./L}$$

La relación entre los sólidos suspendidos volátiles del líquido-mezcla (SSVLM) y los sólidos suspendidos del líquido-mezcla SSLM es igual a 0.8

$$\text{SSVLM} / \text{SSLM} = 0.8$$

Tiempo de retención del proyecto = 5 días

Concentración de Biomasa que puede escaparse del sedimentador.

$$X_v = 40/1.42 = 28 \text{ mg-VSS}$$

El 65 % de los sólidos suspendidos es biodegradable

$$\text{La } \text{DBO}_5 = 0.7 \text{ DBO}_L \text{ (Supuesto)}$$

$$\text{Según la CONAGUA } Q_{\text{máx.H}} = 2.17 \text{ } Q_{\text{Prom.}} = 19,710 \text{ m}^3/\text{día}$$

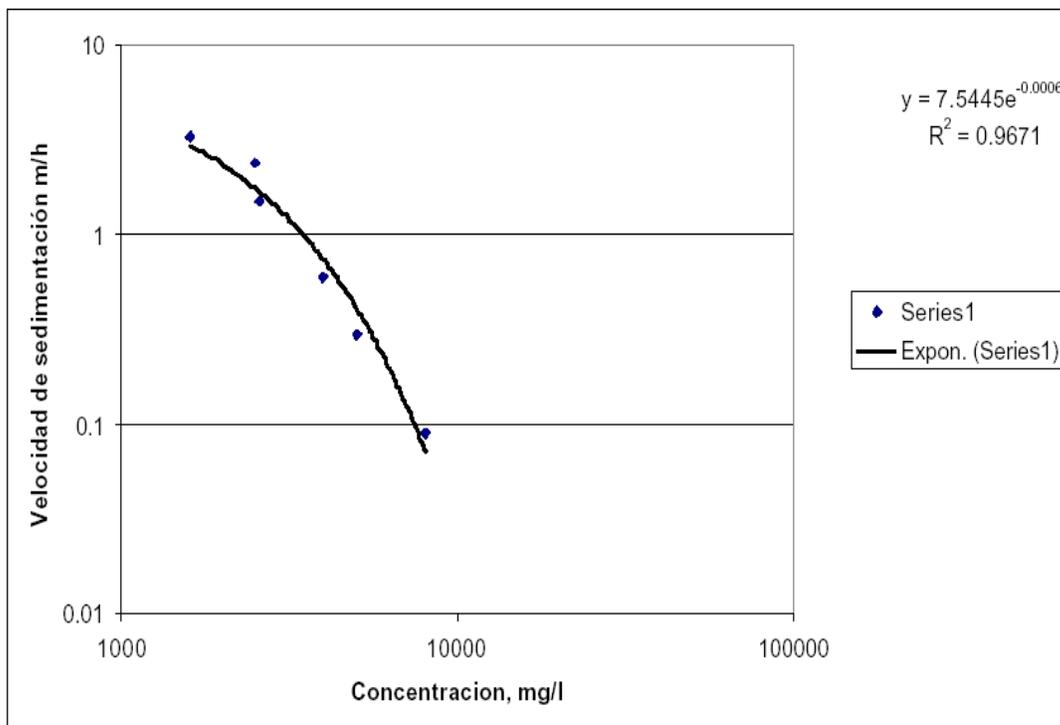
Con base en las pruebas de sedimentabilidad del lodo activado presentadas en la Tabla 23 se puede construir una curva de flujo de sólidos por gravedad en el sedimentador secundario por diseñar.

Para ello es necesario estimar las velocidades de sedimentación del lodo, correspondientes a diversas concentraciones del mismo.

**TABLA 23.-Valores de la velocidad de sedimentación de los sólidos del líquido mezcla. SSLM.**

SSLM	1600	2500	2600	4000	5000	6000
Vel. Sed. Inic. M/H	3.3	2.4	1.5	0.6	0.3	0.09

Por tal motivo se construye una curva con los datos presentados en la Tabla 23 y se obtiene una regresión exponencial para estimar velocidades de concentraciones no reportadas (Figura 28).



**Figura 6.6** Datos de sedimentación en papel doblemente logarítmico

**FIGURA 28.-Datos de sedimentación en papel doblemente logarítmico.**

Con los datos obtenidos de concentración de sólidos y velocidad de sedimentación, se recurre a la ecuación 6.01 y se calcula el flujo de sólidos ( $SF_g$ ) (ver Tabla 24).

$$SF_g = kCV \quad (6.01)$$

Donde:

$SF_g$  = flujo de sólidos por acción de la gravedad,  $\text{kg/m}^2\cdot\text{h}$ .

$k = 1/1000 = 0.001$

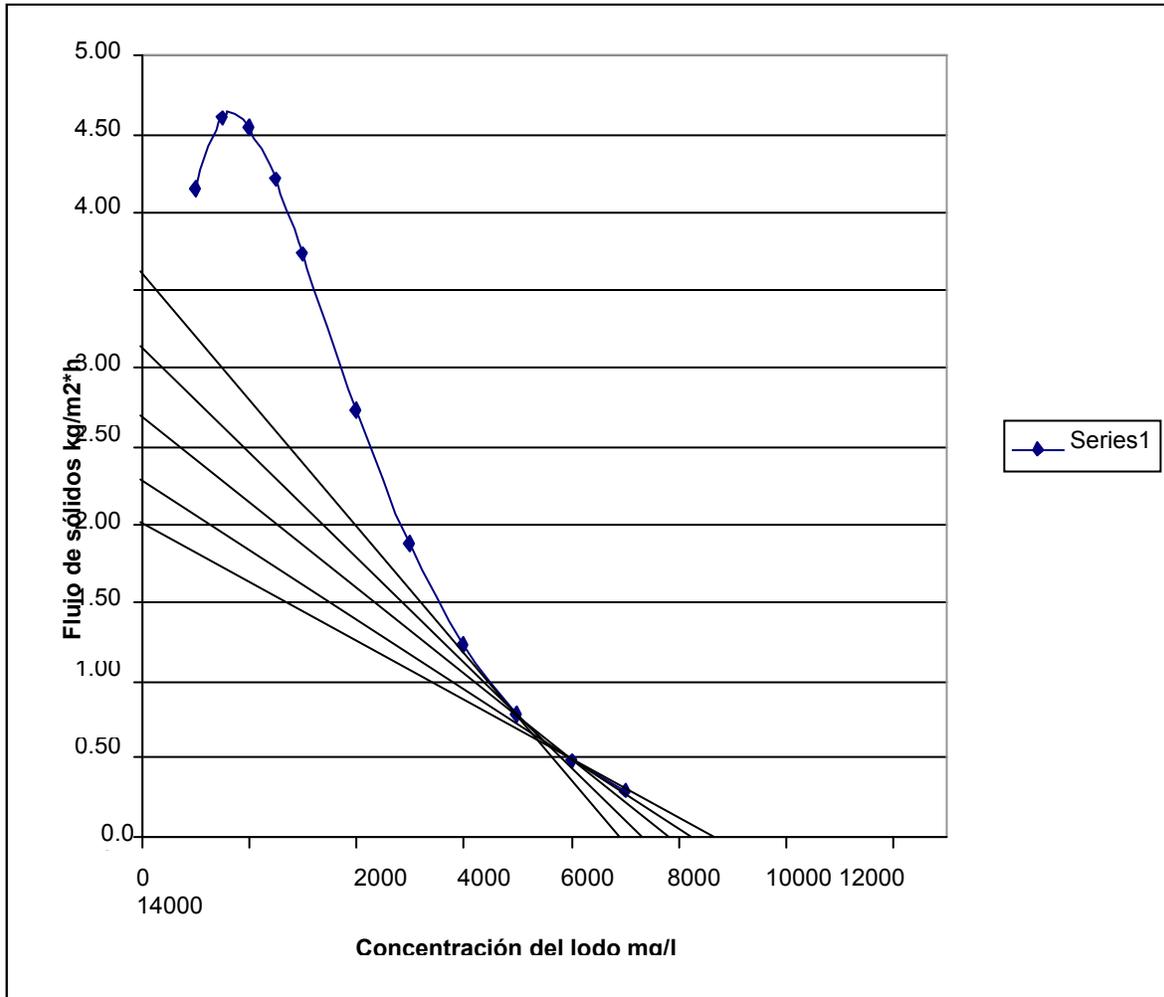
$C$  = concentración de sólidos,  $\text{mg/L}$ .

$V$  = velocidad de sedimentación de los sólidos,  $\text{m/h}$ .

**TABLA 24 Flujo de sólidos para el sedimentador secundario.**

<b>Concentración de sólidos, X, mg/L</b>	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
<b>Velocidad de sedimentación inicial, m/h</b>	4.14	3.07	2.27	1.68	1.25	0.68	0.38	0.21	0.11	0.06	0.03
<b>Flujo de sólidos, <math>\text{kg/m}^2\cdot\text{h}</math></b>	4.14	4.60	4.54	4.21	3.74	2.74	1.88	1.24	0.79	0.50	0.31

Con los flujos de sólidos obtenidos y sus correspondientes concentraciones de lodo que los producen, se prepara una curva como la que se muestra en la Figura 29.



**FIGURA 29.-Flujo de sólidos contra concentración del lodo.**

Utilizando esta curva, se trazan tangentes a la curva de flujo de sólidos en los puntos de concentración del lodo deseados (ver Figura 29), y a continuación se prepara una tabla resumen (Tabla 25) de los valores límite del flujo de sólidos para las diferentes concentraciones del lodo del fondo.

**TABLA 25.-Valores límite del flujo de sólidos con sus concentraciones correspondientes**

<b>Concentración de Lodos Mg. / L</b>	8900	9300	9700	10100	10500
<b>Flujo de Sólidos limitante Kg. / m<sup>2</sup>*h</b>	3.6	3.15	2.7	2.3	2

Para determinar la relación de recirculación necesaria para mantener la concentración de sólidos suspendidos del líquido mezcla (SSLM) en 4, 000 mg/l, se utiliza la siguiente relación mediante un balance de masa en el afluente al sedimentador:

$$QX_0 + Q_r X_u = (Q + Q_r) * 4000 \text{ mg / L } \quad \mathbf{(6.03)}$$

Donde:

$Q$  = caudal efluente, m<sup>3</sup>/d

$Q_r$  = caudal de recirculación, m<sup>3</sup>/d

$X_0$  = sólidos suspendidos del efluente, mg/L

$X_u$  = sólidos suspendidos del caudal inferior, mg/L

Suponiendo que  $X_0 = 0$  y  $Q_r = aQ$ , la expresión anterior se puede reescribir como:

$$a QX_u - a(4000 \text{ mg / L}) Q = Q (4000 \text{ mg / L})$$

$$a = 4000 \text{ mg / L} / X_u - 4000 \text{ mg / L} \quad \mathbf{(6.04)}$$

Donde:

$a$  = relación de recirculación,  $Q_r/Q$ . **(Tabla 26)**

**TABLA 26.-Diferentes valores de  $a$  en función de las diferentes concentraciones de lodo del fondo**

<b>Xu mg/L</b>	8,900	9,300	9,700	10,100	10,500
<b>Xu-4000 mg/L</b>	4,900	5,300	5,700	6,100	6,500
<b>a</b>	0.82	0.75	0.70	0.66	0.62

Las relaciones de recirculación calculadas y utilizando una forma modificada de la ecuación 6.02, se podrá calcular la superficie de espesamiento necesaria del sedimentador para diferentes concentraciones del lodo (ver Tabla 27).

$$A = (1 + a) QX (3600 \text{ S/h}) 0.001 \text{ g/kg} / SF_L \quad (6.05)$$

Donde:

$A$  = área transversal,  $m^2$ .

$Q$  = caudal volumétrico total que entra en el tanque de sedimentación,  $m^3/\text{día}$

$X$  = concentración de sólidos en el líquido mezcla,  $mg$

$SF_L$  = flujo de sólidos límite,  $kg/m^2 \times \text{día}$

$$a = Q_u/Q$$

**TABLA 27.-Áreas de espesamiento.**

<b>Xu mg/L</b>	8,900	9,300	9,700	10,100	10,500
<b>Flujo de Sólidos limitante <math>kg/m^2 \cdot h</math></b>	3.6	3.15	2.7	2.3	2
<b>A</b>	0.82	0.75	0.70	0.66	0.62
<b>Area <math>m^2</math></b>	1,598	1,765	1,997	2,281	2,559

Con estos valores de las áreas y conociendo el caudal de entrada que es de 9,083 m<sup>3</sup>/d ó 378 m<sup>3</sup>/h, se podrán calcular las cargas superficiales correspondientes (Tabla 28).

**TABLA 28.-Cargas de superficie.**

<b>Area m<sup>2</sup></b>	1,598	1,765	1,997	2,281	2,559
<b>Carga de Superficie m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> *h</b>	0.50	0.45	0.40	0.35	0.31

Para comprobar que se cumplen las exigencias de clarificación suponemos que el diseño final esté basado en una concentración del lodo del fondo de 9700 mg/l. La carga de superficie para esta concentración corresponde a 0.40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*h, lo cual es equivalente a una velocidad de sedimentación de 0.40 m/h.

En correspondencia con la gráfica de sedimentación esta velocidad correspondería a una concentración de sólidos de 4,900 mg / L, que está por abajo del parámetro con el que fue diseñado.

Para estimar la profundidad necesaria para el espesamiento de los lodos sedimentados, se supondrá que la profundidad mínima permisible en la zona de clarificación del tanque de sedimentación es de 1.5 metros, también se supondrá que bajo condiciones normales, la masa de lodos retenida en el tanque de sedimentación secundario es igual al 30 % de la masa del tanque de sedimentación ( 100 % ), y que la concentración media de sólidos en la zona de lodos es aproximadamente de 7,000 mg por litro.

La profundidad de la zona de lodos en el tanque de sedimentación se puede calcular utilizando la siguiente relación:

Volumen del tanque sedimentador = Concentración de sólidos

$$A \cdot d \cdot (4000 \text{ mg / L}) = 3,392.92 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3 \quad (6.06)$$

$$d = (3,392.92 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3) (0.001 \text{ g / kg}) / (7000 \text{ mg/l}) (1997 \text{ m}^2)$$

$$d = 0.024 \text{ m}$$

A continuación se estimará la capacidad de almacenamiento necesaria en la zona de lodos suponiendo que en condiciones de caudal punta el exceso de sólidos se debe almacenar en el tanque de sedimentación secundaria debido a la limitada capacidad de las instalaciones de manejo de lodos.

Como se mencionó anteriormente el caudal punta es de:

$$Q_p = 2.17 Q_{\text{prom.}} = 2.17 (9,083 \text{ m}^3 / \text{día}) = 19,710.11 \text{ m}^3 / \text{día}$$

La carga punta de DBO en 7 días es:

$$S_o = 1.5 \times \text{DBO}_{\text{prom.}} = 1.5 (226 \text{ mg / L}) = 339 \text{ mg / L}$$

Se supondrá que ambas puntas se producen simultáneamente.

Para esto, se calculará la producción de sólidos bajo condiciones dadas utilizando la ecuación

$$P_x = Y_{\text{abs}} Q (S_o - S) (0.001 \text{ Kg / g}) \quad (6.07)$$

$$P_x = (0.4615) (19,710) (339 - 15) (0.001 \text{ kg/g})$$

$$P_x = 2947 \text{ Kg.}$$

$$Y_{\text{obs}} = 0.4615$$

$$Q = 2.17 \times 9,083 \text{ m}^3/\text{d} = 19,710 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$S_o = 1.5 \times 226 \text{ mg/l} = 339 \text{ mg/L}$$

$S = 15 \text{ mg/L}$  (valor supuesto para condiciones de cargas aumentadas)

Con esto se podrá calcular la profundidad de almacenamiento de lodos necesaria para el tanque de sedimentación.

Se supondrá que los sólidos totales en el tanque de sedimentación equivalen a:

$$6,339 \text{ kg } (2947+3,392).$$

Tomaremos la siguiente igualdad:

Volumen del tanque sedimentador = Concentración de sólidos

$$A(d) = 6,339 \text{ kg}$$

$$d = 6,339 \text{ kg-m}^3 / ( 7000 \text{ mg/L } ) ( 1997)$$

$$d = 0.45 \text{ m}$$

Por lo tanto la profundidad total necesaria será de:

$$\text{Profundidad} = (1.5+0.24+0.45) = 2,19 \text{ m} \quad \mathbf{(6.08)}$$

Pero la Tabla 22 muestra que la profundidad mínima permisible es de 3.6 m, por lo que se utilizará este valor.

Ahora se tendrá que comprobar la carga de superficie a caudal punta, el cual es de  $19,710 \text{ m}^3/\text{d}$ , por lo tanto la carga de superficie a caudal punta será:

$$CS_{cp} = (19,710 \text{ m}^3/\text{d}) / (1,997 \text{ m}^2) = 9.86 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times d = 0.41 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}. \quad \mathbf{(6.09)}$$

Este valor queda por debajo del valor de la Tabla 22 relativo al caudal punta.

El tiempo de retención del tanque de sedimentación resultará de la división del volumen del mismo entre el caudal promedio.

$$t = V / Q = [(1,997 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}) / (9,083 \text{ m}^3/\text{d})] \times 24 \text{ h} = 19 \text{ h} \quad \mathbf{(6.10)}$$

En la Tabla 29 se presenta un resumen de los datos de diseño de las instalaciones de sedimentación.

**TABLA 29.-Resumen de los datos de diseño para el sedimentador secundario.**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Superficie	1,997 m <sup>2</sup>
Profundidad	3.6 m
Tiempo de retención	19 h
SSLM	4,000 mg/L
Flujo de sólidos limitante	2.7 kg/m <sup>2</sup> *h
Carga de superficie	
A caudal promedio (Q <sub>0</sub> = 9,083m <sup>3</sup> /día)	0.40 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
A caudal punta (Q = 19,710m <sup>3</sup> /día)	0.8625 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h

## **CAPITULO 7 DESINFECCIÓN.**

### **7.1.-Objetivos.**

El objetivo primordial de los procesos de desinfección, como parte del tratamiento de aguas residuales es la desactivación o destrucción de los microorganismos patógenos que puedan encontrarse en el agua residual municipal. No todos los organismos se destruyen durante el proceso, a diferencia de la esterilización, proceso que conduce a la destrucción total de los organismos.

En el tratamiento de aguas residuales, las tres categorías de organismos entéricos de origen humano de mayores consecuencias en la producción de enfermedades son las bacterias, los virus y los quistes amibianos.

### **7.2.-Tratamientos.**

Es de suma importancia que las aguas residuales sean tratadas adecuadamente antes de realizarse las actividades de desinfección para que la acción de cualquier desinfectante sea eficaz.

En la Tabla 29 se muestran los microorganismos que más comúnmente se pueden encontrar en las aguas residuales domésticas, así como las enfermedades que éstas pueden producir.

**TABLA 30.-Microorganismos comúnmente encontrados en el agua residual municipal y sus correspondientes enfermedades. (EPA, 1999).**

<b>ORGANISMO</b>	<b>ENFERMEDAD CAUSADA</b>
Bacterias	
Escherichia coli (enterotoxígeno)	Gastroenteritis
Leptospira (spp.)	Leptospirosis
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea
Salmonella (2,100serotipos)	Salmonelosis
Shigella (4 spp.)	Shigellosis (disentería bacilar)
Vibrio cholerae	Cólera
Protozoarios	
Balantidium coli	Balantidiasis
Cryptosporidium parvum	Cryptosporidiasis
Entamoeba histolytica	Amebiasis (disentería amoébrica)
Giardia lamblia	Giardiasis
Helmintos	
Ascaris lumbricoides	Ascariasis
T. solium	Teniasis
Trichuris trichiura	Tricuriasis
Viruses	
Enteroviruses (72 tipos; por ejemplo: víruses echo y coxsackie del polio)	Gastroenteritis, anomalías del Corazón y meningitis.
Hepatitis A	Hepatitis de tipo infeccioso
Agente de Norwalk	Gastroenteritis
Rotavirus	Gastroenteritis

**Tipo y concentración del agente químico.**

Se ha comprobado que la efectividad del desinfectante químico está relacionada con su concentración.

**Desinfección con cloro.**

El cloro puede ser usado como desinfectante en forma de gas comprimido bajo presión o en soluciones de agua, soluciones de hipoclorito de sodio, o de hipoclorito de calcio sólido.

Las tres formas son químicamente equivalentes gracias al rápido equilibrio que existe entre el gas molecular disuelto y los productos disociados de compuestos de hipoclorito.

El cloro elemental ( $\text{Cl}_2$ ) es un gas denso que, cuando está sujeto a presiones en exceso de su presión de vapor, se condensa a líquido con la liberación de calor y con ello reduce su volumen específico aproximadamente 450 veces. Por lo tanto, las cargas comerciales de cloro están hechas en tanques presurizados para reducir el volumen del transporte.

La concentración de hipoclorito (o cualquier otro desinfectante clorado) puede ser expresado como cloro disponible determinando la equivalente cantidad electroquímica de  $\text{Cl}_2$  para ese compuesto.

**Reacciones del cloro en agua.**

Cuando el cloro gas se absorbe en agua ocurren dos reacciones: hidrólisis e ionización.

**Tipos de radiación ultravioleta.**

La porción del espectro electromagnético en la cual la radiación UV ocurre es entre 100 y 400 nanómetros de longitud de onda

Precisamente, de acuerdo a su longitud de onda, la radiación UV se clasifica en:

Onda larga (UV-A), onda media (UV-B), y onda corta (UV-C).

La porción germicida de la radiación UV es aquella con longitud de onda entre 220 y 260 nm, la cual se encuentra en su totalidad dentro del rango del UV-C. La razón

por la cual en esta porción se encuentra el rango germicida es porque, aproximadamente a 260 nm, el ADN tiene una mayor absorción de UV, y por lo tanto es más susceptible de sufrir alteraciones.

### **Efectividad de la radiación ultravioleta.**

La radiación ultravioleta es un agente desinfectante físico y no químico. La radiación UV penetra la pared celular de los microorganismos y es absorbida por los materiales celulares, incluidos el ADN y ARN, lo cual puede impedir la reproducción o producir directamente la muerte a la célula.

Debido a que sólo es efectiva la radiación UV que alcanza a las bacterias, es conveniente que el agua esté libre de turbiedad, ya que ésta podría servir de “escudo” a los microorganismos.

### **Lámparas de UV.**

Para producir radiación, se emplean lámparas de mercurio de baja o media presión. Las lámparas pueden estar suspendidas fuera del líquido o sumergidas en él. En el caso de tratarse de lámparas sumergidas, se encamisán en tubos de cuarzo para evitar el efecto refrigerante del líquido que se halla a su alrededor.

En general, los sistemas de desinfección UV se pueden dividir en tres categorías basándose en los parámetros de operación interna de las lámparas de UV: baja presión-baja intensidad, baja presión-alta intensidad y mediana presión-alta intensidad.

### **Lámparas UV de baja presión-baja intensidad.**

Ésta lámpara de mercurio tiene la ventaja de que el 85% de la luz emitida es monocromática, haciéndola una opción eficiente para el proceso de desinfección.

Cuenta con una longitud de onda de 253.7 nm, valor que se encuentra dentro del intervalo óptimo para la obtención de efectos germicidas, el cual es de 250 a 270 nm.

En todos los casos, las lámparas de mercurio son utilizadas para generar las longitudes de onda de la región del UV-C.

La longitud típica de las lámparas oscila entre 0.75 y 1.5 m, con un diámetro entre 15 y 20 mm. La potencia de salida de estas lámparas es de alrededor de 25 a 27 Watts a 254 nm.

### **Lámparas UV de mediana presión-alta intensidad.**

Estas lámparas de UV se han venido desarrollando en los últimos 15 años.

Entre el 27 al 44 % de la energía total de éstas lámparas se encuentra dentro del rango germicida de la longitud de onda del UV-C. Solamente entre el 7 y 15% de la potencia de salida se encuentra cerca de los 254 nm. Sin embargo, las lámparas de mediana presión-alta intensidad generan aproximadamente de 50 a 100 veces la potencia de UV-C de salida de las lámparas de baja presión-baja intensidad.

### **Definición de la Dosis UV.**

La efectividad de la desinfección por medio de rayos UV esta basada en la dosis de UV a la cual los microorganismos son expuestos.

### **Dosis requeridas para inactivar algunos microorganismos del agua residual.**

En la Tabla 30 se puede observar la porción de dosis de UV que se necesita para inactivar el 99 % de los siguientes microorganismos:

**TABLA 31.-Efectividad de la radiación UV para la desinfección de microorganismos. (Metcalf & Eddy, 1996)**

Organismo	Dosis relativa a la dosis para coliformes totales
Bacteria:	
Coliforme fecal	0.5-0.9
Coliforme total	1.0
Virus:	
Adenovirus	0.7-0.9
Polio tipo 1	0.9-1.1
MS-2 bacteriófago	0.9-1.0
Protozoarios:	
Cryptosporidium paruum	0.2-0.4
Giardia	0.4-0.6

También se puede observar que, para inactivar el 99 % del virus MS-2 bacteriófago, se requiere aproximadamente la misma dosis que para inactivar el 99 % de coliformes totales.

Con esta información se puede observar que la dosis de UV necesaria para inactivar el 99 % del virus MS-2 bacteriófago es de 50 mJ/cm<sup>2</sup>. Puesto que se sabe que el UV funciona similarmente para los coliformes totales, se deduce que la dosis de UV necesaria para coliformes es de 50 mJ/cm<sup>2</sup>.

De la Tabla 7.2, se observa que la dosis de UV necesaria para *Giardia lamblia* es de 0.6 x 50 mJ/cm<sup>2</sup>, o bien 30 mJ/cm<sup>2</sup>.

De igual manera, se observa que *C. paruum* en su caso extremo, requiere el 40 % de la dosis de UV que requieren los coliformes totales, por consiguiente se obtiene la dosis de UV necesaria para *C. paruum* es de 0.4 x 50 mJ/cm<sup>2</sup>, o bien 20 mJ/cm<sup>2</sup>.

Con estos resultados, se observa que los coliformes son mucho más resistentes a la radiación UV que los protozoarios.

Existe la posibilidad de que puedan existir otros microorganismos totales como virus, bacterias o protozoarios, que resistan más a la radiación UV, pero éstos generalmente son fáciles de matar o inactivar con cloro.

## **Capitulo 8 Estudio del impacto ambiental.**

### **8.1.-Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.**

La evaluación del Impacto Ambiental, concebida como un instrumento de política ambiental, analítico y de alcance preventivo, permite integrar al ambiente un proyecto o una actividad determinada; en esta concepción el procedimiento ofrece un conjunto de ventajas al ambiente y al proyecto, invariablemente, esas ventajas sólo son apreciables después de largos períodos de tiempo y se concretan en economías en las inversiones y en los costos de las obras, en diseños más perfeccionados e integrados al ambiente y en una mayor aceptación social de las iniciativas de inversión.

A nivel mundial los primeros intentos por evaluar el impacto ambiental surgen en 1970, particularmente en los EUA.

En México, este instrumento se aplica desde hace más de 20 años y durante este tiempo el procedimiento ha permanecido vigente como el principal instrumento preventivo para la Gestión de proyectos o actividades productivas.

Si bien muchas cosas han cambiado y junto con ellas las ideas y los conceptos vinculados a este instrumento, la mayoría de sus bases siguen siendo válidas. Así, en el contexto internacional, hay numerosas aportaciones cuantitativas y conceptuales que enriquecen la visión tradicional que ha tenido el Procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA).

Actualmente, en muchos países, la EIA es considerada como parte de las tareas de planeación; superando la concepción obsoleta que le asignó un papel posterior o casi último en el procedimiento de gestación de un proyecto, que se cumplía como un simple trámite pendiente a cubrir las exigencias administrativas de la autoridad ambiental, después de que se habían tomado las decisiones clave de la actividad o del proyecto que pretendía llevarse a la práctica.

Por ello, en una concepción moderna, la EIA es una condición previa para definir las características de una actividad o un proyecto y de la cual derivan las opciones que permiten satisfacer la necesidad de garantizar la calidad ambiental de los ecosistemas donde estos se desarrollarán.

### **8.1.1.-Conceptos básicos.**

La Evaluación del Impacto Ambiental es un procedimiento de carácter preventivo, orientado a informar al promotor de un proyecto o de una actividad productiva, acerca de los efectos al ambiente que pueden generarse con su construcción.

Es un elemento correctivo de los procesos de planificación y tiene como finalidad medular atenuar los efectos negativos del proyecto sobre el ambiente.

El estudio se ciñe a la recopilación de información y a la consulta a fuentes autorizadas, para obtener evidencias de la capacidad de generación de alteraciones por parte del proyecto y, de igual manera, conocer cuál es la capacidad de carga del ambiente del área donde se ubicará el proyecto.

Con lo anterior, el estudio debe permitir establecer propuestas de acciones de protección al ambiente y de corrección o mitigación de las alteraciones que pudieran producirse.

Con el proceso de evaluación de impacto ambiental integrado a la etapa de planeación de un proyecto de construcción se busca garantizar, de la mejor manera posible, el equilibrio del medio ambiente y la preservación de la salud y bienestar del hombre antes, durante y después de la construcción y puesta en marcha del proyecto en cuestión.

El objetivo inmediato de la evaluación del impacto ambiental es servir de ayuda en la toma de decisiones. Para ello, sus resultados habrán de presentarse con un

orden lógico, de forma objetiva y fácilmente comprensible, de forma tal que los evaluadores que analicen el documento, encargados de sustentar la decisión de la autoridad, determinen la conveniencia o su inconveniencia si fuera el caso de que el proyecto estudiado, se ponga en operación.

Además de identificar, prevenir e interpretar los efectos que un proyecto puede tener en el ambiente, un objetivo fundamental de la Evaluación del Impacto Ambiental es definir y proponer la adopción de un conjunto de medidas de mitigación que permitan atenuar dichos efectos, compensarlos o incluso suprimirlos si fuera posible.

En síntesis, este proceso multidisciplinario, debe constituir una etapa previa con bases científicas, técnicas, socioculturales, económicas y jurídicas, a la toma de decisiones acerca de la puesta en operación de una actividad o un proyecto determinado.

#### **8.1.2.-Etapas del proceso.**

La elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, en términos generales se constituye por un conjunto de etapas y tareas a cumplir, que genéricamente, se concretan en los siguientes rubros:

**1. Descripción del proyecto o actividad a realizar:** En esta etapa se analiza y se describe al proyecto o a la actividad, destacando, desde el enfoque ambiental, sus principales atributos y sus debilidades más evidentes.

**2. Desglose del proyecto o actividad en sus partes elementales:** Esta tarea debe realizarse de manera uniforme y sistemática para cada una de las cuatro fases convencionalmente aceptadas: preparación del sitio, construcción, operación y abandono del proyecto. Deberá hacerse una prospección de las actividades relacionadas al proyecto y de aquellas otras que serán inducidas por él, siempre con el objetivo de identificar los impactos al ambiente.

**3. Descripción del estado que caracteriza al ambiente, previo al establecimiento del proyecto:** Descripción del medio físico en sus elementos bióticos y abióticos, en un ámbito extenso y sustentado tanto en evidencias reportadas en la literatura especializada como en observaciones directas en

campo. En esta etapa se incluye el estudio del medio social y económico de la zona donde se establecerá el proyecto o donde se desarrollará la actividad.

**4. Elementos más significativos del ambiente:** Este apartado resume la información que permite determinar el significado que tienen los elementos más relevantes del ambiente, previamente analizados, para su conservación. Habrán de definirse y aplicarse los criterios acordes a la magnitud de la importancia del ambiente, tales como diversidad, rareza, perturbación o singularidad, la valoración que se haga de cada rubro deberá tener un enfoque integral.

**5. Ámbito de aplicación del Estudio de Impacto Ambiental:** El ámbito de aplicación del Estudio definirá el alcance que tendrá éste, para cada uno de los elementos anteriormente descritos. Su incidencia o no con Áreas Naturales Protegidas o con Planes Parciales de Desarrollo Urbano o del Territorio, así como el cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

**6. Identificación de impactos:** Con esta etapa, el estudio alcanza una de sus fases más importantes, se trata de definir las repercusiones que tendrá el proyecto o la actividad a realizar sobre el ambiente descrito y sobre sus elementos más significativos. Cada impacto deberá ser valorado sobre una base lógica, medible y fácilmente identificable. Posteriormente, el análisis debe llegar a una sinergia que permita identificar, valorar y medir el efecto acumulativo del total de los impactos identificados.

**7. Alternativas:** Si fuese el caso de que hubiese dos o más alternativas para el proyecto o para la actividad, éstas serán analizadas, valoradas sobre la base de su significado ambiental y seleccionada la que mejor se ajuste tanto a las necesidades del mantenimiento del equilibrio ambiental, como a los objetivos, características y necesidades del proyecto.

**8. Identificación de medidas de mitigación:** La importancia de esta etapa debe ser evidenciada en el reporte final con la propuesta de medidas lógicas y viables en su aplicación.

**9. Valoración de impactos residuales:** Se aplica este concepto a la identificación de aquellas situaciones, negativas para el ambiente, que pueden derivar de una

falta de previsión o de intervención del hombre y que pudieran derivar de la puesta en operación del proyecto.

**10. Plan de vigilancia y control:** En esta etapa el estudio deberá definir los impactos que serán considerados en el plan de seguimiento y control; determinar los parámetros a evaluar los indicadores que habrán de demostrar la eficiencia del plan, la frecuencia de las actividades, los sitios y las características del muestreo.

### **8.1.3.-Métodos firmes de identificación de impactos.**

Como ya se mencionó un estudio de impacto necesita realizar varias tareas, entre las que se incluye la identificación de impactos, la descripción del medio afectado, la predicción y estimación de impactos, la selección de la alternativa de la actuación propuesta de entre las opciones que se hayan valorado para cubrir las demandas establecidas y el resumen y presentación de la información.

Los objetivos de estas tareas son distintos, como lo son las metodologías necesarias para cumplimentar dichas tareas. El término «metodología» se refiere al planteamiento estructurado de cómo llevar a cabo una o varias de esas actividades básicas.

Se han desarrollado muchas metodologías de ayuda a la realización de las distintas tareas del proceso de EIA. El propósito de esta sección es describir algunos métodos simples de identificación de impactos; lo que se hará presentando las matrices, los diagramas de redes y las listas de control simples y las descriptivas.

### **Información de partida.**

Para identificar los impactos ambientales producidos por una actividad o proyecto de construcción se pueden emplear las matrices de causa-efecto (también conocidas como matrices de Leopold) o bien algunas listas de control.

La complejidad de las matrices de causa-efecto puede variar desde aquellas que hacen consideraciones simples de las actividades del proyecto y sus impactos sobre los factores ambientales hasta las que proponen planteamientos

estructurados en etapas que muestran las interrelaciones existentes entre los factores afectados.

Por su parte, las listas de control abarcan desde simples listados de factores ambientales hasta enfoques descriptivos que incluyen información sobre la medición, la predicción y la interpretación de las alteraciones de los impactos identificados. Las listas de control pueden incluir también la valoración en escalas de los impactos de las alternativas de cada uno de los factores ambientales considerados.

Las técnicas de escalas o de valoración incluyen el uso de puntuaciones numéricas, asignación de letras o proporciones lineales.

Las alternativas se pueden jerarquizar desde la mejor a la peor en términos de impactos potenciales sobre cada factor.

Las listas de control más sofisticadas son aquellas que incluyen la asignación de pesos de importancia a los factores ambientales y la valoración en escalas de los impactos de cada alternativa sobre cada factor.

Las comparaciones resultantes se pueden realizar mediante el desarrollo de una matriz de producto y del índice del impacto global de cada alternativa. El indicador, o puntuación, se determina multiplicando los pesos de importancia por el valor de la valoración en escala de cada alternativa.

Las metodologías pueden ser útiles, aunque no se requieren específicamente, en todo el proceso de evaluación de impacto, siendo algunas de ellas de gran utilidad para determinadas tareas del proceso.

Por ejemplo, las matrices y los diagramas de redes son particularmente útiles para la identificación de impactos, mientras que las listas de control con pesos y escalas, con puntuación o con jerarquización encuentran su mejor aplicación en la valoración final de las alternativas y en la selección de la actuación propuesta.

No es necesaria una metodología al completo en un estudio de impacto, puede ser instructivo utilizar sólo distintas partes de varias metodologías para ciertas tareas. En este sentido, la selección de metodologías puede considerarse como un apartado más del estudio de impacto.

Las características deseables en el método de EIA que finalmente se adopte para la elaboración de un estudio de impacto ambiental comprenden los siguientes aspectos:

1.- Debe ser adecuado a las tareas que hay que realizar como la identificación de impactos o la comparación de opciones

2.- Deben ser lo suficientemente independientes de los puntos de vista personales del evaluador y sus sesgos (los resultados deben poder reproducirse independientemente del grupo de evaluadores que los obtenga).

3.- Debe ser económico en términos de costos y requerimientos de datos, tiempo de investigación, personal, equipo e instalaciones. Aunque se han desarrollado diversas metodologías, no hay una metodología «universal» que pueda aplicarse a todos los tipos de proyectos en cualquier medio en el que se ubique. Es improbable que se desarrollen métodos globales, dada la falta de información técnica y la necesidad de ejercitar juicios subjetivos sobre los impactos predecibles en la ubicación ambiental en la que pueda instalarse el proyecto. De la misma manera, una perspectiva adecuada es la de considerar las metodologías como «instrumentos» que pueden utilizarse para facilitar el proceso de EIA. En ese sentido, cada metodología que se utilice debe ser específica para ese proyecto y esa localización con los conceptos básicos derivados de las metodologías existentes.

Las metodologías no proporcionan respuestas completas a todas las preguntas sobre los impactos de un posible proyecto o del conjunto de sus alternativas. Las metodologías no son «recetas de cocina» mediante las que se consigue un estudio adecuado si se siguen las indicaciones detalladas de la metodología. Las metodologías debe seleccionarse a partir de una valoración apropiada y de la experiencia profesional, debiendo utilizarse con la aplicación continuada de juicio crítico sobre los insumos de datos y el análisis e interpretación de resultados.

Uno de los propósitos del uso de metodologías es asegurar que se han incluido en el estudio todos los factores ambientales pertinentes. La mayoría de las metodologías contienen listas de factores ambientales que abarcan desde unos 50 a 1.000 elementos, la mayoría poseen entre 50 y 100 elementos. Otro

propósito del uso de metodologías es ayudar a la planificación de los estudios de reconocimiento de aquellos emplazamientos en los que se da una carencia importante de datos ambientales. Por ejemplo, si no hay información disponible sobre los factores ambientales que se han identificado de acuerdo a metodologías válidas, puede establecerse qué estudios de campo serán necesarios.

Una de las razones más importantes del uso de metodologías es que proporcionan un medio de síntesis de la información y de la valoración de alternativas sobre una base común. En los Estados Unidos, incluso el análisis comparativo de alternativas no ha sido siempre el óptimo deseable. En muchos casos, las alternativas se eliminaron de la fase de análisis detallado exclusivamente por razones económicas. La utilización de metodologías estructuradas puede proporcionar la base para la valoración de alternativas utilizando un marco común de factores de decisión. Las metodologías pueden ser útiles también en la valoración de coste-eficacia de las medidas correctoras del impacto. La valoración de un proyecto propuesto con o sin corrección permitirá una definición más clara de la eficacia de las medidas correctoras posibles.

Un elemento importante de los estudios de impacto es la comunicación de la información que resulte a otros profesionales, organismos reguladores y al público en general.

### **Metodologías de matrices interactivas.**

Las matrices de causa-efecto fueron de las primeras metodologías de EIA que surgieron. Una «matriz interactiva simple» muestra las acciones del proyecto o actividades en forma de *columnas* y los factores ambientales pertinentes en forma de *renglones*. Cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en un factor ambiental, éste se coloca en el punto de intersección de la matriz y se describe además en términos de consideraciones de magnitud e importancia. Se han utilizado muchas variaciones de esta matriz interactiva en los estudios de impacto, incluyendo entre ellas las matrices por etapas.

**Matrices simples.**

En el presente estudio se empleará el método de matriz interactiva sugerido por Leopold como ejemplo de matriz simple. La matriz recoge una lista de aproximadamente 100 acciones y 90 elementos ambientales. Al utilizar la matriz de Leopold se debe considerar cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Cuando se prevé un impacto la matriz aparece marcada con una línea diagonal en la correspondiente casilla de esa interacción.

El segundo paso en el uso de la matriz de Leopold es describir la interacción en términos de magnitud e importancia. La «magnitud» de una interacción es su extensión o escala y se describe mediante la asignación de un valor numérico comprendido entre 1 y 10, donde 10 representa una gran magnitud. Los valores próximos al 5 en la escala de magnitud representan impactos de extensión intermedia. La asignación de un valor numérico de la magnitud de una interacción debe basarse en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto. La «importancia» de una interacción está relacionada con lo significativa que ésta sea, o con una evaluación de las consecuencias probables del impacto previsto. La asignación de este valor numérico de la importancia se basa en el juicio subjetivo de la persona el grupo reducido o el equipo multidisciplinar que trabaja en el estudio.

Uno de los aspectos más atractivos de la matriz de Leopold es que puede extenderse o contraerse; es decir, el número de acciones puede aumentarse o disminuir del total de cerca de 100, y el número de factores ambientales puede aumentarse disminuirse de los cerca de 90 propuestos. Las ventajas principales de utilizar la matriz de Leopold consisten en que es muy útil como instrumento de "filtración" para desarrollar una identificación de impactos y puede proporcionar un medio valioso para comunicar los impactos al proporcionar un desarrollo visual de los elementos impactados y de las principales acciones que causen impactos.

La agregación del número de filas y columnas que se hayan señalado con interacciones puede ilustrar la evaluación del impacto. Se pueden utilizar otras elaboraciones adicionales para discutir los resultados de una matriz de interacción simple. Por ejemplo, suponiendo que una matriz incorpora los impactos de 8

acciones sobre 20 factores ambientales. Más aún, suponiendo que la acción media haría que 10 factores sufrieran impacto, el número medio de impactos por factor es 6. Los impactos pueden agruparse y discutirse en términos de esas acciones que muestran un número de impacto mayor que la media, cerca de la media y un poco menos que la media. Un enfoque similar puede utilizarse para tratar los factores ambientales que reciban impactos.

La matriz de Leopold puede utilizarse también para identificar impactos benéficos y adversos mediante el uso de símbolos adecuados como el + y el —. Adicionalmente, la matriz de Leopold puede emplearse para identificar impactos en varias fases temporales del proyecto, por ejemplo, para las fases de construcción, explotación y abandono, y para describir los impactos asociados a varios ámbitos espaciales, es decir, en el emplazamiento y en la región.

Muchos usos de la matriz de Leopold han incluido la asignación de tres niveles de magnitud e importancia. Las interacciones principales deberían recibir las puntuaciones numéricas máximas, mientras que a las interacciones de menor entidad se les asigna puntuaciones mínimas. Las interacciones de nivel intermedio reciben valores comprendidas entre las puntuaciones de las principales y menores.

Se puede incluir información sobre la magnitud y la importancia expresada mediante rangos más que en valores numéricos en las escalas de impactos que se usen en la identificación de una interacción.

### **Matrices en etapas.**

Para analizar los impactos secundarios y terciarios que derivan de las acciones de proyecto puede usarse una matriz en etapas, también llamada «matriz de impactos cruzados». Esta «matriz por etapas» es aquella en la que los factores ambientales se muestran contrastados frente a otros factores ambientales.

### **Desarrollo de una matriz simple.**

Se considera mejor desarrollar una matriz específica para el proyecto, plan, programa o política que se esté analizando que utilizar una matriz genérica. Los pasos siguientes deben seguirlos un equipo individual o interdisciplinario cuando quieran elaborar una matriz de interacción simple

1. Enumerar todas las acciones del proyecto previsto y agruparlas de acuerdo a su fase temporal, como por ejemplo: construcción, explotación y abandono.
2. Enumerar todos los factores ambientales pertinentes del entorno y agruparlos
  - (a) de acuerdo a categorías física-química, biológica, cultural, socioeconomía y
  - (b) según consideraciones espaciales tales como emplazamiento y región o aguas arriba, emplazamiento y aguas abajo.
3. Discutir la matriz preliminar con los miembros del equipo y/o asesores del equipo o del coordinador del estudio.
4. Decidir el sistema de puntuación del impacto (por ejemplo, números, letras o colores) que se va a utilizar.
5. Recorrer la matriz todo el equipo conjuntamente y establecer puntuaciones y notas que identifiquen y resuman los impactos (documentando esta tarea).

### **Métodos de diagramas de redes.**

Los Diagramas de Redes son aquellos métodos que integran las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existen entre las acciones causales y los factores ambientales que reciben el impacto, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios.

Los análisis de las redes son muy útiles para identificar los impactos previstos asociados a posibles proyectos. Las redes también nos pueden ayudar a organizar el debate sobre los impactos previstos del proyecto. Las presentaciones de los diagramas son especialmente útiles a la hora de comunicar al público interesado la información sobre un impacto ambiental. La limitación principal de un método de diagrama de redes es la mínima información que proporciona sobre los aspectos técnicos de la predicción de los impactos y sobre los medios para

evaluar y comparar los impactos de las alternativas. Además, la representación gráfica de estas redes puede volverse muy compleja.

### **Métodos de listas de control.**

Los métodos de Listas de Control varían desde los listados de factores ambientales hasta los sistemas muy elaborados que incluyen la ponderación de importancias por cada factor ambiental y la aplicación de técnicas de escalas para los impactos de cada alternativa en cada factor. Las «listas de control simples» son listas de los factores ambientales que deben ser estudiados; sin embargo, no proporcionan información sobre los datos específicos que se requieren, los métodos de estimación o la predicción y evaluación de impactos.

Durante los primeros años que siguieron a la aprobación de la NEPA se utilizaron listas de control simples con gran profusión, de hecho constituyen un planteamiento válido para sistematizar los estudios de impacto.

Las «listas de control descriptivas» se refieren a métodos que incluyen listas de factores ambientales junto con información sobre cómo realizar las estimaciones, la predicción y la evaluación de impactos.

Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

Una vez que hemos descrito las diferentes metodologías para analizar e identificar los posibles impactos que se pueden generar de un proyecto, es necesario llevarlas a nuestro caso particular, para esto seguiremos las siguientes etapas, que son:

- Identificación de Impactos mediante lista de control.
- Descripción general de impactos y asignación de pesos específicos según actividades básicas.
- Matrices de identificación y evaluación de impactos.
- Análisis de resultados.
- Medidas preventivas y de mitigación.
- Conclusiones.

## **CONCLUSIONES.**

Para realizar el trabajo de esta tesis fue necesario establecer, forma y tiempo para cada uno de los espacios involucrados en el diseño y calculo dimensional, de una planta de tratamiento de aguas residuales para la población que reside en el fraccionamiento "Punta Diamante".

Ineludiblemente, esto nos obliga entre otras cosas, a implantar y optimizar las condiciones inmejorables en atención al espacio físico requerido, a la construcción y operación de la planta, así como a la población a la que se proveería el servicio.

A estos espacios o tiempos de proceso, se trataron de aproximar dentro de lo posible, a un entorno real, de forma tal, que el diseño y dimensionamiento de la planta pudieran realizarse sin necesidad de cambio alguno de sus componentes.

En lo que se refiere a dimensionamiento, se buscó dejar las bases para, en caso de ser necesario, realizar alguna modificación, se haga de forma sencilla y que permita reestructurar sólo esas partes que se deseen, sin alterar al resto del proceso.

Dicho dimensionamiento aborda desde la selección del tren de tratamiento y se concentra, en cada una de las operaciones y procesos unitarios que lo conforman.

El esquema del tren de tratamiento se puede dividir en cuatro partes bien definidas:

Que son el pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y el proceso de desinfección.

De cada una de estas partes se desglosan los procesos unitarios que se dimensionaron, para lo cual fue ineludible realizar un proceso de estudio de las distintas opciones o variantes que existen en cada uno de ellos y a continuación la elección de la que más se adecuara a las necesidades del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA.

- 1.-Fair Gordon M., Water and Wastewater Engineering New York, 1958.
- 2.-López Ruíz R. Todos, Aguas Residuales Municipales y Biosólidos, México. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2003.
- 3.-César E. y Vázquez A. Todos, Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales, México. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2002.
- 4.-Metcalf y Eddy, Ingeniería de aguas residuales, Volumen I, Tratamiento, vertido y reutilización. 3ª Ed., España, Mc Graw-Hill, 1995.
- 5.-Metcalf y Eddy, Ingeniería de aguas residuales, Volumen II, Tratamiento, vertido y reutilización. 3ª Ed., España, Mc Graw-Hill, 1995
- 6.-Metcalf y Eddy, Manual de tratamiento de aguas residuales, México, Mc Graw-Hill, 1996.
- 7.- Metcalf y Eddy Todos, Ingeniería sanitaria, Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales, México, Edit. Labor S.A.
- 8.- Michael A. Winkler, Tratamiento biológico de aguas de desecho, México, Limusa, 1993.

## **ENLACES ELECTRONICOS.**

1.-<http://www.conagua.gob.mx>.

2.-<http://www.m-e.aecom.com/>

3.-<http://www.construaprende.com/>