

PROYECTO  
CONDominio SL4

UBICACIÓN:  
3ª AVENIDA PROLONGACIÓN SECTOR EL PLAN ZONA 4,  
MUNICIPIO DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS,  
DEPARTAMENTO DE SACAPEPÉQUEZ

## **MEMORIA DE DISEÑO HIDRAULICO Y SANITARIO**

EMPRESA SOLICITANTE:  
ING. ANA CRISTINA CIFUENTES GÁLVEZ

MSc. ING. DISEÑADOR  
MARIO ROBERTO HERNANDEZ MORAN

GUATEMALA, JUNIO 2021

# **MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO HIDRAULICO, SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROYECTO**

**“CONDOMINIO SL4”**



# Instalación de Agua Potable

# Memorias Descriptivas de Cálculo de las Instalaciones Hidráulicas del condominio SL4

## 1. Descripción General

El condominio estará ubicado en la 3ª Avenida Prolongación sector el Plan zona 4, Municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez, constará de un condominio de 48 viviendas.

El inmueble albergara las instalaciones de un condominio y para el cumplimiento de sus funciones de vivienda, con una ocupación media estimada de 5 personas/vivienda.

## 2. Abastecimiento de Agua

El sistema de provisión de agua potable será de tipo "POR GRAVEDAD". El condominio contará con una fuente de abastecimiento de agua; la red de la empresa Servicios de Agua Sociedad Anónima (SERVISA), de dicha fuente se conducirá el agua hacia la red general que posteriormente conectará con cada una de las viviendas. El sistema hidráulico contara con los siguientes componentes.

### 2.1 Componentes

- a) Acometida de agua potable desde SERVISA. (existente)
- b) Red de abastecimiento demanda normal.
- c) Red de abastecimiento agua caliente
- d) Accesorios varios.

### 2.2 Criterios de Diseño:

#### 2.2.1 Dotación:

- Población de diseño 240 habitantes
- Dotación 200 litros/habitante/día

Los factores que determinan el consumo de una población son los siguientes: Temperatura, Calidad del agua, características socioeconómicas, servicios de alcantarillado, presión en la red de distribución de agua, operación y mantenimiento y medidores y tarifas.

#### 2.2.2 Presiones mínimas aceptadas:

- Servicio normal = 17.26 PSI en el nodo 15 en el punto más alejado de la red general.

### 2.2.3 Coeficiente de Hazen Williams:

- C = 140 para PVC
- C = 150 para CPVC

### 2.2.4 Determinación del consumo diario total.

240 habitantes x 200 litros/habitante/día

### 2.2.5 Consumo total = 48,000 litros/día

## 2.3 Acometida de agua potable desde servicio la Empresa SERVISA:

La acometida será con tubería de PVC de 250 psi con diámetro de 3" provista de accesorios para abastecer al condominio.

2.3.1 Cálculo para determinar caudal: Para calcular el caudal se tomó como base la siguiente información.

El diseño hidráulico de la red tiene por objeto conseguir que la línea de energía este siempre por encima de los puntos de control (nodos intermedios y salidas hidráulicas) en donde se exige una carga de presión mínima disponible, pero lo más cercano posible a ellos. El cálculo de la pérdida por fricción es el parámetro más importante en el diseño de tuberías y la metodología tradicional emplea la ecuación de Darcy-Weisbach con el factor de fricción o la ecuación de Robert Manning.

Se propone un procedimiento de solución para el diseño de redes hidráulicas cerradas en condominios, basado en la ecuación de Hardy Cross para tuberías con flujos hidráulicamente lisos como PVC, que puedan emplearse de manera sencilla en una hoja de cálculo. La metodología es la siguiente:

### **Método de Hardy - Cross**

En este sistema de distribución, el agua puede alcanzar cualquier punto de la red como mínimo por dos caminos diferentes, consiguiéndose una garantía en el servicio considerable, la rotura de una tubería sólo afecta, mediante el cierre de válvulas oportunas, a una pequeña parte de la red o un tramo, además se obtiene un reparto de presiones más uniforme. El sentido de circulación del flujo en las tuberías de estas redes no es permanente, cambia con frecuencia, es necesario adoptar hipótesis simplificadoras para abordar el problema real.

Es el procedimiento más utilizado para determinar los caudales circulantes en una red reticulada cuyos diámetros son conocidos, es necesario partir de diámetros supuestos y comprobar posteriormente los caudales y presiones de servicio. Fue desarrollado por Hardy Cross en 1935. Para ello, se calcula un caudal corrector mediante un proceso iterativo, basándose en dos principios hidráulicos fundamentales, que tienen similitud con las famosas leyes de Kirchhoff en electricidad:

a). En un nodo, la suma algebraica de los caudales entrantes y salientes es igual a cero.  $\sum Q_i = 0$ .

b). La suma algebraica de las pérdidas de carga en cada una de las líneas que componen la malla o retícula es nula.  $\sum h_r = 0$ .

Son siempre conocidos, la longitud, el diámetro y la rugosidad de cada uno de los tramos de tubería. **Se suponen caudales circulantes en las mallas, partiendo de estos caudales mediante la fórmula que vamos a obtener se va corrigiendo hasta obtener los valores reales de los caudales en circulación.**

2.3.2 Cálculo de unidades Hunter para determinar caudal: Para calcular el caudal se tomaron como base las siguientes tablas.

Cuadro 2.1  
Cuadro de Unidades Hunter de demanda por artefacto.

ARTEFACTO	UNIDADES HUNTER (DEMANDA)
Inodoro de tanque privado	5
Lava manos privado	1
Ducha privada	2
Lavatrastos	3
Pila	3
Grifo	2
Lavadora	3

Cuadro 2.2  
Tabla resumen de Unidades Hunter para la vivienda típica Agua Fría

NIVEL	UNIDADES HUNTER PARCIAL	UNIDADES HUNTER ACUMULADO
Nivel 2	16	16
Nivel 1	19	35

### Cuadro 2.3

Tabla resumen de Unidades Hunter para la vivienda típica Agua Caliente

NIVEL	UNIDADES HUNTER PARCIAL	UNIDADES HUNTER ACUMULADO
Nivel 2	2.5	2.5
Nivel 1	4.5	7

2.3.3 Calculo del caudal total: Se calcularon 35 unidades Hunter, que equivalen a un  $Q = 0.76 \text{ L/s}$ .

### Cálculos Hidráulicos para la vivienda típica Agua potable

#### BAÑO DE VISITAS + BAÑO No. 2 en 2DO NIVEL

Tramo	No. Aparatos Sanitarios	Unidades de Consumo	Q maximo probable (l/s)	Diam Min Plg	Diam Nominal Plg	Diam Efectivo mts	Velocidad real (m/s)
A-B	5	14	0.71374444	0.837728853	1	0.04455	0.457885009
B-C	3	8	0.48579616	0.691129045	3/4	0.03891	0.408545774
B-D	2	6	0.39861965	0.626053509	3/4	0.03035	0.550998494
D-E	1	5	0.35165888	0.588021087	3/4	0.03035	0.486086215
D-F	1	1	0.1163	0.338159787	1/2	0.03035	0.160757568

### Pérdida de Carga

Tramo	Longitud (m)	Diam efectivo (m)	velocidad (m/s)	Pérdida h, (m)
A-B	0.70	0.02352	0.457885009	0.009924
B-C	1.08	0.02352	0.408545774	0.012485
C-E	1.31	0.01819	0.550998494	0.035304
				<b>0.057714</b>

## BAÑO No.1 EN 2DO NIVEL

Tramo	No. Aparatos Sanitarios	Unidades de Consumo	Q maximo probable (l/s)	Diam Min Plg	Diam Nominal Plg	Diam Efectivo mts	Velocidad real (m/s)
A-B	3	8	0.48579616	0.691129045	3/4	0.04455	0.311650456
B-C	2	6	0.39861965	0.626053509	3/4	0.03891	0.335231902
C-D	1	5	0.35165888	0.588021087	3/4	0.03035	0.486086215
C-E	1	1	0.1163	0.338159787	1/2	0.03035	0.160757568
B-F	1	2	0.18730003	0.429142002	1/2	0.03035	0.258898509

### Pérdida de Carga

Tramo	Longitud (m)	Diam efectivo (m)	velocidad (m/s)	Pérdida h, (m)
A-B	0.75	0.02352	0.311650456	0.005341
B-C	0.66	0.02352	0.335231902	0.005355
C-E	1.29	0.01819	0.486086215	0.027778
				<b>0.038474</b>

## BAÑO No.2 EN 2DO NIVEL

Tramo	No. Aparatos Sanitarios	Unidades de Consumo	Q maximo probable (l/s)	Diam Min Plg	Diam Nominal Plg	Diam Efectivo mts	Velocidad real (m/s)
A-B	3	8	0.48579616	0.691129045	3/4	0.04455	0.311650456
B-C	2	6	0.39861965	0.626053509	3/4	0.03891	0.335231902
C-D	1	5	0.35165888	0.588021087	3/4	0.03035	0.486086215
C-E	1	1	0.1163	0.338159787	1/2	0.03035	0.160757568
B-F	1	2	0.18730003	0.429142002	1/2	0.03035	0.258898509

### Pérdida de Carga

Tramo	Longitud (m)	Diam efectivo (m)	velocidad (m/s)	Pérdida h, (m)
A-B	0.70	0.02352	0.311650456	0.004984
B-C	1.08	0.02352	0.335231902	0.008763
C-E	1.31	0.01819	0.486086215	0.028209
				<b>0.041956</b>



## Cálculos Hidráulicos para la vivienda típica Agua caliente

### AGUA CALIENTE BAÑO VISITAS + BAÑO No.2 en 2DO NIVEL

Tramo	No. Aparatos Sanitarios	Unidades de Consumo	Q maximo probable (l/s)	Diam Min Plg	Diam Nominal Plg	Diam Efectivo mts	Velocidad real (m/s)
A-B	2	1.1	0.12417586	0.349422363	1/2"	0.01819	0.477838227
B-C	1	0.8	0.09975946	0.313190907	1/2"	0.01819	0.383882033
B-D	1	0.3	0.05082771	0.223553973	1/2"	0.01819	0.195588935

#### Pérdida de Carga

Tramo	Longitud (m)	Diam efectivo (m)	velocidad (m/s)	Pérdida h, (m)
A-B	1.15	0.01819	0.477838227	0.024016
B-D	2.39	0.01819	0.195588935	0.010088
				<b>0.034104</b>

### AGUA CALIENTE BAÑO No.1 EN 2DO NIVEL

Tramo	No. Aparatos Sanitarios	Unidades de Consumo	Q maximo probable (l/s)	Diam Min Plg	Diam Nominal Plg	Diam Efectivo mts	Velocidad real (m/s)
A-B	2	0.8	0.09975946	0.313190907	1/2"	0.01819	0.383882033
B-C	1	0.3	0.05082771	0.223553973	1/2"	0.01819	0.195588935
B-D	1	0.5	0.07221403	0.266466674	1/2"	0.01819	0.277885124

#### Pérdida de Carga

Tramo	Longitud (m)	Diam efectivo (m)	velocidad (m/s)	Pérdida h, (m)
A-B	0.81	0.01819	0.383882033	0.011431
B-D	2.86	0.01819	0.277885124	0.022635
				<b>0.034066</b>

## AGUA CALIENTE BAÑO No.2 EN 2DO NIVEL

Tramo	No. Aparatos Sanitarios	Unidades de Consumo	Q maximo probable (l/s)	Diam Min Plg	Diam Nominal Plg	Diam Efectivo mts	Velocidad real (m/s)
A-B	2	0.8	0.09975946	0.313190907	1/2"	0.01819	0.383882033
B-C	1	0.3	0.05082771	0.223553973	1/2"	0.01819	0.195588935
B-D	1	0.5	0.07221403	0.266466674	1/2"	0.01819	0.277885124

### Pérdida de Carga

Tramo	Longitud (m)	Diam efectivo (m)	velocidad (m/s)	Pérdida h, (m)
A-B	0.59	0.01819	0.383882033	0.008327
B-D	3.08	0.01819	0.277885124	0.024376
				<b>0.032703</b>

T I TULO: RED GENERAL DE AGUA POTABLE CONDOMINIO SL4

NO. DE TUBOS: 26

NO. DE NUDOS: 26

FACTOR PICO: 1.5

PERDIDA MAXIMA /Km: 10

ERROR MAXIMO (LPS) : 0

TUBO DE NO.	A NUDO	NUDO	LONG (M)	DIA (PLG)	HWC	CAUDAL (LPS)	VEL (MPS)	PÉRDIDA (M/KM)	( M )
1	1	2	13.64	3	140	12.60	2.78	98.37HI	1.34
2	2	3	4.30	3	140	11.70	2.58	85.77HI	0.37
3	3	4	13.60	3	140	10.80	2.38	73.96HI	1.01
4	4	5	4.40	3	140	9.90	2.18	62.96HI	0.28
5	5	6	13.60	3	140	9.00	1.98	52.79HI	0.72
6	6	7	4.30	3	140	8.10	1.79	43.44HI	0.19
7	7	8	13.30	3	140	7.20	1.59	34.93HI	0.46
8	8	9	4.85	3	140	6.30	1.39	27.29HI	0.13
9	9	10	13.60	3	140	5.40	1.19	20.51HI	0.28
10	10	11	4.30	3	140	4.50	0.99	14.64HI	0.06
11	11	12	17.90	3	140	3.60	0.79	9.69	0.17
12	12	13	71.10	3	140	2.70	0.60	5.69	0.40
13	13	14	3.80	3	140	1.80	0.40	2.69	0.01
14	14	15	7.10	3	140	1.35	0.30LO	1.58	0.01
15	15	16	10.78	3	140	0.45	0.10LO	0.21	0.00
16	17	16	7.26	3	140	0.45	0.10LO	0.21	0.00
17	18	17	11.13	3	140	1.35	0.30LO	1.58	0.02
18	19	18	6.90	3	140	2.25	0.50	4.06	0.03
19	20	19	10.90	3	140	3.15	0.69	7.57	0.08
20	21	20	7.17	3	140	4.05	0.89	12.05HI	0.09
21	22	21	10.80	3	140	4.95	1.09	17.47HI	0.19
22	23	22	7.25	3	140	5.85	1.29	23.80HI	0.17
23	24	23	10.72	3	140	6.75	1.49	31.01HI	0.33
24	25	24	7.36	3	140	7.65	1.69	39.09HI	0.29
25	26	25	2.36	3	140	8.55	1.88	48.02HI	0.11
26	1	26	78.18	3	140	9.00	1.98	52.80HI	4.13

NUDO NO.	CAUDAL (LPS)	ELEVACION (M)	HGL (M)	PRESION (M)
1 R	21.600	100.00	117.60	17.60
2	-0.900	100.00	116.26	16.26
3	-0.900	100.00	115.89	15.89
4	-0.900	100.00	114.88	14.88
5	-0.900	100.00	114.61	14.61
6	-0.900	100.00	113.89	13.89
7	-0.900	100.00	113.70	13.70
8	-0.900	100.00	113.24	13.24
9	-0.900	100.00	113.10	13.10
10	-0.900	100.00	112.83	12.83
11	-0.900	100.00	112.76	12.76
12	-0.900	100.00	112.59	12.59
13	-0.900	100.00	112.19	12.19
14	-0.450	100.00	112.17	12.17
15	-0.900	100.00	112.16	12.16
16	-0.900	100.00	112.16	12.16
17	-0.900	100.00	112.16	12.16
18	-0.900	100.00	112.18	12.18
19	-0.900	100.00	112.21	12.21
20	-0.900	100.00	112.29	12.29
21	-0.900	100.00	112.38	12.38
22	-0.900	100.00	112.57	12.57
23	-0.900	100.00	112.74	12.74
24	-0.900	100.00	113.07	13.07
25	-0.900	100.00	113.36	13.36
26	-0.450	100.00	113.47	13.47

T I TULO: RED DE AGUA POTABLE VIVIENDA TIPICA CONDOMINIO SL4

NO. DE TUBOS: 8

NO. DE NUDOS: 8

FACTOR PICO: 1.5

PERDIDA MAXIMA /Km: 10

ERROR MAXIMO (LPS) : 0.0048

TUBO DE NO.	A NUDO	LONG NUDO (M)	DIA (PLG)	HWC	CAUDAL (LPS)	VEL (MPS)	PÉRDIDA (M/KM)	( M )
1	1	2	3.70	1	140	1.50	3.06	432.79HI 1.60
2	2	3	6.11	1	140	1.40	2.86	381.04HI 2.33
3	4	3	3.35	1	140	0.60	1.22	78.37HI 0.26
4	5	4	6.13	1	140	0.70	1.42	104.38HI 0.64
5	6	5	0.79	1	140	0.90	1.83	166.47HI 0.13
6	7	6	1.32	1	140	1.10	2.23	241.59HI 0.32
7	8	7	2.40	1	140	1.45	2.95	403.26HI 0.97
8	1	8	2.70	1	140	1.79	3.64	595.90HI 1.61

NUDO NO.	CAUDAL (LPS)	ELEVACION (M)	HGL (M)	PRESION (M)
1 R	3.290	100.00	117.00	17.00
2	-0.100	100.00	115.40	15.40
3	-2.000	100.00	113.07	13.07
4	-0.100	100.00	113.33	13.33
5	-0.200	100.00	113.97	13.97
6	-0.200	100.00	114.10	14.10
7	-0.350	100.00	114.42	14.42
8	-0.340	100.00	115.39	15.39

T I TULO: RED DE AGUA CALIENTE VIVIENDA TIPICA CONDOMINIO SL4  
 NO. DE TUBOS: 4  
 NO. DE NUDOS: 4  
 FACTOR PICO: 1.5  
 PERDIDA MAXIMA /Km: 10  
 ERROR MAXIMO (LPS) : 0.0001

TUBO DE NO.	A NUDO	LONG NUDO (M)	DIA (PLG)	HWC	CAUDAL (LPS)	VEL (MPS)	PÉRDIDA (M/KM)	( M )
1	1	2	9.75	¾	150	0.17	0.59	24.73HI 0.24
2	3	2	5.30	¾	150	0.02	0.07LO	0.47 0.00
3	4	3	8.18	¾	150	0.17	0.59	25.17HI 0.21
4	1	4	0.40	¾	150	0.32	1.12	81.92HI 0.03

NUDO NO.	CAUDAL (LPS)	ELEVACION (M)	HGL (M)	PRESION (M)
1 R	0.484	99.90	117.60	17.70
2	-0.186	99.90	117.36	17.46
3	-0.148	99.90	117.36	17.46
4	-0.150	99.90	117.57	17.67

2.3.4 Red de abastecimiento demanda normal: Es una tubería de Ø 3", que inicia en la entrada de la red de la empresa SERVISA y que proveerá agua a cada uno de los puntos de consumo, en algunos puntos de la red se sectorizo con válvulas de paso para controlar a conveniencia el flujo. La tubería de esta red será PVC clase 250 PSI.

# Instalación de Drenajes

## 2.4 Drenaje de Aguas residuales

2.4.1 Descripción básica: Estas instalaciones se circunscriben a la captación, evacuación y tratamiento de dichas aguas, lo cual se logrará por medio de un sistema de drenaje separativo al interior del condominio y conectando el efluente ya tratado hacia pozos de absorción.

### 2.4.2 Criterios de diseño:

- a) Los diámetros de tubería se calcularon con base a los caudales calculados instantáneos.
- b) La pendiente mínima de la tubería será de 0.79%.
- c) El material de la tubería es:
- d)
  - PVC 160 PSI, cuando este dentro del área construida.
  - PVC norma ASTM D 3034, cuando este fuera del área construida.

2.4.3 Bajadas de agua negra: serán tuberías de PVC clase 160 PSI (SDR 26), que se proyectarán a lo largo de toda la altura de la vivienda dentro de muros, recibiendo el efluente de los artefactos del segundo nivel. Para calcular las unidades Hunter, se toma como base los siguientes datos.

Cuadro 2.4  
Cuadro de Unidades Hunter de descarga por artefacto.

ARTEFACTO	UNIDADES HUNTER (DEMANDA)
Inodoro de tanque privado	5
Lava manos privado	1
Ducha privada	2
Lavatrastos	3
Pila	3
Grifo	2
Lavadora	3

Cuadro 2.5  
Tabla resumen de Unidades Hunter para la vivienda típica Agua Fría

NIVEL	UNIDADES HUNTER PARCIAL	UNIDADES HUNTER ACUMULADO
Nivel 2	16	16
Nivel 1	19	35



El diámetro de las bajadas varía conforme a las unidades Hunter acumuladas por nivel, y el diámetro de la tubería se selecciona de acuerdo con la capacidad indicada en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.6

CAPACIDAD DE TUBERIAS EN UNIDADES HUNTER	
Ø	VERTICALES (BAN)
3"	60 *
4"	500
6	1900
8"	3,000

Nota:

\* No se permiten más de 6 inodoros, lo cual obliga a subir el diámetro a 4" aunque las unidades Hunter no lo demanden.

**2.4.4 Ventilaciones:** Estas son tuberías que tienen como propósito mantener dentro de la red de aguas residuales variaciones de presión mínimas respecto a la presión atmosférica, evitando así la pérdida del sello hidráulico en los sifones de los diferentes artefactos.

Ventilación para evitar el autosifonamiento: Cada batería de artefactos sanitarios además de su red drenaje, contará con otra red de tuberías que hará la función de ventilación para evitar la pérdida del sello hidráulico en los sifones por el flujo de agua causado por ellos mismos (autosifonamiento); esta red de ventilación debe ir en el techo del segundo nivel.

Si se coloca en el piso corre el riesgo de taponarse al servir como vía alterna para el drenaje al momento de generarse una obstrucción en dicho drenaje; por lo cual cualquier ramal horizontal de ventilación debe estar arriba de 0.90 metros medidos a partir del nivel del piso terminado que es nivel de rebalse del artefacto más elevado (lavamanos). El criterio que se empleó para el diseño es el llamado "ventilación húmeda", que consiste en dimensionar los ramales horizontales del drenaje para dejar espacio en la media sección superior de la tubería que permita la libre circulación del aire, cuando busque igualarse a la presión atmosférica.

Toda la tubería de ventilación será también PVC clase 160 PSI (SDR 26).

El método utilizado para el cálculo de las redes de distribución de drenaje sanitario del presente proyecto es por el método de caudal instantáneo. Este método se basa en la aplicación de caudal instantáneo.

Para estimar la máxima demanda de agua en el condominio fue por medio de caudal instantáneo.

2.4.5 Red Colectora de Agua Residual: Será tal que como su nombre lo indica, recibirá el afluente proveniente de los artefactos sanitarios de cada una de las viviendas. Dicha red estará enterrada en las calles del condominio y se conectarán a un sistema de tratamiento de aguas residuales que tratará el caudal proveniente del condominio, para desfogar finalmente en pozos de absorción. El material de la red colectora será PVC norma 3034 y pendiente mínima de 0.79%.

#### Tamaño de Ramales y Bajantes

Diámetro (Pulgadas)	Unidades de Descarga	
	Por Ramal	Por Bajante
1 ¼"	1	2
1 ½"	3	4
2"	6	10
3"	32	48
4"	160	240
5"	360	540
6"	640	960
8"	1200	2240
10"	1800	3780

Cálculo de las descargas de agua residual por medio del método de Unidades de Hunter: El diámetro de las descargas provenientes de la vivienda se determinó en base al total de Unidades Hunter.

Descarga de agua negra: Para esta descarga se calcularon 35 Unidades Hunter, en promedio por montante la cual requiere un tubo de 4" dentro de la vivienda.

CAPACIDAD DE TUBERIAS EN UNIDADES HUNTER	
Ø	PENDIENTE 1%
3"	20*
4"	180
6"	700
8"	1600
10"	2900

Nota:

\* No se permiten más de dos inodoros, lo cual obliga a subir el diámetro a 4" aunque las Unidades Hunter no lo demande.

Cálculo del desfogue final: Para determinar el diámetro del desfogue se calculó el caudal conducido de la siguiente manera:

$$Q \text{ (caudal)} = (\text{Consumo total} \times 0.85/86400\text{seg})$$

$$\text{Consumo total} = 48,000 \text{ lts/día}$$

$$Q \text{ (caudal)} = (48,000 \text{ lts/día} \times 0.85/86,400\text{seg})$$

$$Q = 0.472 \text{ lts/seg.}$$

El caudal calculado puede ser drenado por un tubo de 4" dentro de la vivienda, seleccionado en base a la siguiente tabla

DIAMETRO	Q (CAUDAL) (LTS/SEG)
4"	7.00
6"	20.00
8"	45.00
10"	80.00

Comparación entre ambos métodos: Al calcular el diámetro de la red general dentro de la vivienda por el método de Unidades Hunter, el caudal conducido debe ser drenado con un tubo de Ø 4", y al calcularlo por el método de dotación el caudal calculado requiere ser drenado por un tubo de Ø 4", por lo tanto se optara por Ø 4".

## CÁLCULO DE DRENAJE SANITARIO CONDOMINIO SL4

### DRENAJE SANITARIO BAÑO No. 1 EN 2DO NIVEL

Tramo	No. Artefact	Unidades descarga	Acumulada	Diam tubería plg
A-B	1	1	1	2
B-C	2	5	2	2
C-D	3	2	7	3
D-E	3	9	9	3

### DRENAJE SANITARIO BAÑO No.2 EN 2DO NIVEL

Tramo	No. Artefact	Unidades descarga	Acumulada	Diam tubería plg
A-B	1	1	1	2
B-C	2	5	2	2
C-D	3	2	7	3
D-E	3	9	9	3

TITULO: RED GENERAL DRENAJE SANITARIO CONDOMINIO SL4  
 NO. DE TUBOS: 6  
 NO. DE NODOS: 7  
 FACTOR PICO: 1  
 VELOCIDAD MINIMA PERMITIDA. (mps):0.60  
 VELOCIDAD MAXIMA PERMITIDA (mps): 3.00  
 MAXIMA PROFUNDIDAD DE COBERTURA (m): 1  
 NODO DE DESEMBOCADURA EN LA ALCANTARILLA: 7  
 ELEVACION DE CORONA DEL NODO DE DESEMBOCADURA (m): 91.6  
 LONGITUD TOTAL DEL SISTEMA (m): 272.27  
 DIAMETRO PROMEDIO PONDERADO (plg.): 6”  
 PROFUNDIDAD PROMEDIO DE LA EXCAVACION (m): 1.1653  
 AREA PROMEDIO DE EXCAVACION (m<sup>2</sup>): 0.1782909

No. Tubo	Nodo Inicial	Nodo Final	Flujo Máximo (L/S)	Long. (m)	Ø (Plg)	Prof. Agua (mm)	Vel (MPS)	Pend Tubo %	Pend Min. %	Pend Max. %	Pend Terreno %
1	1	2	9.18	50	6	39.17	2.47	7.60	0.18	13.14	7.60
2	2	3	19.12	59	6	65.64	2.54	4.64	0.76	7.35	4.64
3	4	5	9.18	54	6	58.78	1.41	1.60	0.18	13.14	1.60
4	3	6	19.50	45	6	118.37	1.28	0.79	0.79	7.24	0.53
5	5	6	17.63	54	6	59.90	2.64	5.51	0.65	7.81	5.51
6	6	7	37.52	11	6	106.45	2.75	3.79	2.94	4.71	4.93

No. Tubo	COTA TERRENO PRINCIPIO (M)	ELEV TERRENO FINAL (M)	CORONA TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	INVERT TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	EXCAVACION PRINCIPIO (M)	PROF FINAL (M)
1	98.87	95.08	97.87	94.08	97.72	93.93	1.15 HI	1.15 HI
2	95.08	92.36	94.08	91.36	93.93	91.21	1.15 HI	1.15 HI
3	95.96	95.10	94.96	94.10	94.81	93.95	1.15 HI	1.15 HI
4	92.36	92.12	91.36	91.00	91.21	90.85	1.15 HI	1.27 HI
5	95.10	92.12	94.10	91.12	93.95	90.97	1.15 HI	1.15 HI
6	92.12	91.60	91.00	90.60	90.85	90.45	1.27 HI	1.15 HI

NODO NO.	CAUDAL ENTRADA (LPS)	COTA TERRENO (M)	PROFUNDIDAD DE EXCAV (M)	COTA INVERT ARRIBA Y ABAJO (M)
1	9.18	98.87	1.15	0.00
2	9.94	95.08	1.15	0.00
3	0.38	92.36	1.15	0.00
4	9.18	95.96	1.15	0.00
5	8.45	95.10	1.15	0.00
6	0.38	92.12	1.27	0.12
7	-37.52	91.60	1.15	0.00

TITULO: RED DE DRENAJE SANITARIO INTERIOR VIVIENDA TIPICA  
 NO. DE TUBOS: 4  
 NO. DE NODOS: 5  
 FACTOR PICO: 1  
 VELOCIDAD MINIMA PERMITIDA. (mps):0.60  
 VELOCIDAD MAXIMA PERMITIDA (mps): 3.00  
 MAXIMA PROFUNDIDAD DE COBERTURA (m): 0.3  
 NODO DE DESEMBOCADURA EN LA ALCANTARILLA: 5  
 ELEVACION DE CORONA DEL NODO DE DESEMBOCADURA (m): 99.85  
 LONGITUD TOTAL DEL SISTEMA (m): 16.9  
 DIAMETRO PROMEDIO PONDERADO (plg.): 4”  
 PROFUNDIDAD PROMEDIO DE LA EXCAVACION (m): 0.5103871  
 AREA PROMEDIO DE EXCAVACION (m<sup>2</sup>): 5.205948E-02

No. Tubo	Nodo Inicial	Nodo Final	Flujo Máximo (L/S)	Long. (m)	Ø (Plg)	Prof. Agua (mm)	Vel (MPS)	Pend Tubo %	Pend Min. %	Pend Max. %	Pend Terreno %
1	1	2	0.25	4	4	10.06	0.60	2.46	2.46	250.66	0.00
2	2	3	0.50	1	4	16.18	0.60	1.36	1.36	136.40	0.00
3	3	4	1.10	4	4	28.12	0.60	0.71	0.71	68.64	0.00
4	4	5	1.58	8	4	36.60	0.60	0.53	0.53	50.16	0.62

No. Tubo	COTA TERRENO PRINCIPIO (M)	ELEV TERRENO FINAL (M)	CORONA TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	INVERT TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	EXCAVACION PRINCIPIO (M)	PROF FINAL (M)
1	99.90	99.90	99.60	99.51	99.50	99.41	0.40 HI	0.49 HI
2	99.90	99.90	99.51	99.49	99.41	99.39	0.49 HI	0.51 HI
3	99.90	99.90	99.49	99.46	99.39	99.36	0.51 HI	0.54 HI
4	99.90	99.85	99.46	99.42	99.36	99.32	0.54 HI	0.53 HI

NODO NO.	CAUDAL ENTRADA (LPS)	COTA TERRENO (M)	PROFUNDIDAD DE EXCAV (M)	COTA INVERT ARRIBA Y ABAJO (M)
1	0.25	99.90	0.40	0.00
2	0.25	99.90	0.49	0.00
3	0.60	99.90	0.51	0.00
4	0.48	99.90	0.54	0.00
5	-1.58	99.85	0.53	0.00

## 2.5 Drenaje de Agua Pluvial

2.5.1 Descripción Básica: Estas instalaciones se circunscriben a la captación y evacuación de dichas aguas, lo cual se logrará por medio de un sistema de tuberías independientes del agua negra.

### 2.5.2 Criterios de Diseño:

- a) Se considerará una intensidad de lluvia de 150 mm/hora.
- b) Los diámetros de tubería, se determinarán en función del área drenada y de la pendiente cuando se trate de colectores horizontales.
- c) La pendiente mínima de la tubería debe ser 1.99% y aumentara de acuerdo a los requerimientos de capacidad de la tubería.
- d) El material de la tubería debe ser.
  - PVC 160 PSI, cuando este dentro del área construida.
  - PVC Norma 3034, cuando este fuera del área construida.

2.5.3 Bajadas de agua pluvial: Estas captan el agua de los techos por medio de bajantes. Las bajadas irán dentro de los muros hasta rematar en cajas que se encuentran en el piso del primer nivel, donde se conectaran a las redes colectoras de aguas pluviales internas. Las tuberías correspondientes a estas bajadas, serán de material PVC clase 160 PSI y su diámetro variará de acuerdo al área contribuyente drenada.

2.5.4 Redes Colectoras Principales de agua pluvial: Estarán ubicadas también al igual que la de aguas negras en las calles del condominio. Las cuales captaran el agua proveniente de las calles y de las viviendas, dichas redes descargarán sus caudales a pozos de absorción.



### 2.5.5 Equivalencia de Unidades Hunter en M<sup>2</sup> de área drenada.

#### DIÁMETROS DE LAS COLUMNAS DE RECOGIDA DE AGUAS RESIDUALES Y DE LLUVIA

DIÁMETRO DE COLUMNAS			
DE AGUA RESIDUAL			DE AGUA DE LLUVIA
D (plg)	No. Máxima de unidades de descarga	No. Máximo de unidades de descarga en planta	Superficie de cubierta horizontal (m2)
1 1/2"	8	3	hasta 8
2"	18	8	9-25
3"	36	20	25-75
4"	384	190	75-170
6"	2,070	540	500-1,000
8"	5,400	1,200	más de mil

2.5.4 Cálculo de Caudales: Para calcular los caudales se emplea la siguiente formula.

$$Q = CIA/3.6 \times 10^6$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/seg.

C = Coeficiente de escorrentía = 1 para áreas impermeables y 0.60 para áreas verdes.

I = Intensidad de lluvia = 150 mm/hr.

A = área a drenar en M<sup>2</sup>

- A = 12,677.83 M<sup>2</sup>
- C = 1.00 y 0.60
- I = 150 mm/hr.

## CALCULO DEL DRENAJE PLUVIAL CONDOMINIO SL4 VIVIENDA

CAUDAL AGUA PLUVIAL		
AREA	JARDIN TRASERO	
CAJA	1	
C	0.78	
I	150.000	mm/h
A	58.3755	m2
A	0.00583755	Has
Q	0.0019	m3/seg
Q	1.8872	lts/seg

C JARDIN TRASERO	CAJA1	Área imp	Área Perme	A total
		25.6716	32.7039	58.3755
Fact Área Imper	1.00			
Fact Área Perm	0.60			
Fact Promedio	0.78			
		Cprom=	$\frac{(A_{imp} \cdot F_{imp} + A_{per} \cdot F_{perm})}{(A_{imp} + A_{per})}$	

C LAVANDERÍA	CAJA 3	Área imp	Área Perme	A total
		26.5844	3.1619	29.7463
Fact Área Imper	1.00			
Fact Área Perm	0.60			
Fact Promedio	0.96			
		Cprom=	$\frac{(A_{imp} \cdot F_{imp} + A_{per} \cdot F_{perm})}{(A_{imp} + A_{per})}$	

AREA	LAVANDERÍA	
CAJA	3	
C	0.96	
I	150.000	mm/h
A	29.7463	m2
A	0.00297463	Has
Q	0.0012	m3/seg
Q	1.1867	lts/seg

AREA	ENTRADA	
CAJA	4	
C	1	
I	150.000	mm/h
A	8	m2
A	0.0008	Has
Q	0.0003	m3/seg
Q	0.3333	lts/seg

AREA	JARDIN DELANTERO	
CAJA	6	
C	0.71	
I	150.000	mm/h
A	6.497	m2
A	0.0006497	Has
Q	0.0002	m3/seg
Q	0.1922	lts/seg

C JARDÍN DELANTERO	CAJA 6	Área imp	Área Perme	A total
		18.5827	46.9867	65.5694
Fact Área Imper	1.00			
Fact Área Perm	0.60			
Fact Promedio	0.71			
		Cprom=	$\frac{(A_{imp} \cdot F_{imp} + A_{per} \cdot F_{perm})}{(A_{imp} + A_{per})}$	

0.86

ÁREA TOTAL	161.69 M2
CAUDAL TOTAL	3.5995 LTS/SEG

## CONDominio

### CAUDAL AGUA PLUVIAL

**AREA**                      **LOTES 1 A 7, 21 A 26**  
**POZO**                      **1**

C	0.83	
I	150.000	mm/h
A	2857.0060	m2
A	0.2857006	Has
Q	0.0990	m3/seg
Q	98.9974	lts/seg

**AREA**                      **LOTES A 8, 20**  
**POZO**                      **2**

C	0.86	
I	150.000	mm/h
A	2530.1940	m2
A	0.2530194	Has
Q	0.0907	m3/seg
Q	90.6653	lts/seg

**C POZO DE VISITA 1**                      **POZO 1**

Fact Área Imper	0.86
Fact Área Perm	0.60
Fact Promedio	0.83

**Área imp**    **Área Perme**    **A total**  
2545.1300      311.8760    2857.0060

$$C_{prom} = \frac{(A_{imp} * F_{imp} + A_{per} * F_{perm})}{(A_{imp} + A_{per})}$$

**C POZO DE VISITA 4**                      **POZO 4**

Fact Área Imper	0.86
Fact Área Perm	0.60
Fact Promedio	0.85

**Área imp**    **Área Perme**    **A total**  
2715.5860      161.4540    2877.0400

$$C_{prom} = \frac{(A_{imp} * F_{imp} + A_{per} * F_{perm})}{(A_{imp} + A_{per})}$$

**AREA**                      **LOTES 26 A 30, 43 A 49**  
**POZO**                      **4**

C	0.85	
I	150.000	mm/h
A	2877.0400	m2
A	0.287704	Has
Q	0.1013	m3/seg
Q	101.3448	lts/seg

**AREA**                      **LOTES 31 A 36, 37 A 42**  
**POZO**                      **5**

C	0.86	
I	150.000	mm/h
A	2602.4970	m2
A	0.2602497	Has
Q	0.0933	m3/seg
Q	93.2561	lts/seg

**C POZO DE VISITA 6**                      **POZO 6**

Fact Área Imper	0.86
Fact Área Perm	0.60
Fact Promedio	0.68

**Área imp**    **Área Perme**    **A total**  
318.1100      772.3140    1090.4240

$$C_{prom} = \frac{(A_{imp} * F_{imp} + A_{per} * F_{perm})}{(A_{imp} + A_{per})}$$

**AREA**                      **CALLE FINAL AREA VERDE**  
**POZO**                      **6**

C	0.68	
I	150.000	mm/h
A	1090.4240	m2
A	0.1090424	Has
Q	0.0307	m3/seg
Q	30.7068	lts/seg

**AREA**                      **AREA VERDE**  
**POZO**                      **3**

C	0.60	
I	150.000	mm/h
A	720.6720	m2
A	0.0720672	Has
Q	0.0180	m3/seg
Q	18.0168	lts/seg

**ÁREA TOTAL**                      12677.8330 m2  
**CAUDAL TOTAL**                      432.9873 lts/seg

TITULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL INTERIOR VIVIENDA TIPICA

NO. DE TUBOS: 6

NO. DE NODOS: 7

FACTOR PICO: 1

VELOCIDAD MINIMA PERMITIDA. (mps):0.60

VELOCIDAD MAXIMA PERMITIDA (mps): 3.00

MAXIMA PROFUNDIDAD DE COBERTURA (m): 0.4

NODO DE DESEMBOCADURA EN LA ALCANTARILLA: 7

ELEVACION DE CORONA DEL NODO DE DESEMBOCADURA (m): 99.8

LONGITUD TOTAL DEL SISTEMA (m): 27.18

DIAMETRO PROMEDIO PONDERADO (plg.): 4"

PROFUNDIDAD PROMEDIO DE LA EXCAVACION (m): 0.5735543

AREA PROMEDIO DE EXCAVACION (m<sup>2</sup>): 7.090446E-02

No. Tubo	Nodo Inicial	Nodo Final	Flujo Máximo (L/S)	Long. (m)	Ø (Plg)	Prof. Agua (mm)	Vel (MPS)	Pend Tubo %	Pend Min. %	Pend Max. %	Pend Terreno %
1	1	2	1.89	5	4	41.72	0.60	0.47	0.47	43.15	0.00
2	2	3	1.89	5	4	41.72	0.60	0.47	0.47	43.15	0.00
3	3	4	3.07	4	4	61.22	0.60	0.34	0.34	28.55	0.00
4	4	5	3.41	3	4	66.86	0.60	0.32	0.32	26.20	0.00
5	5	6	21.42	7	6	118.37	1.40	0.96	0.96	6.75	0.76
6	6	7	21.61	4	6	118.37	1.42	0.97	0.97	6.71	1.28

No. Tubo	COTA TERRENO PRINCIPIO (M)	ELEV TERRENO FINAL (M)	CORONA TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	INVERT TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	EXCAVACION PRINCIPIO (M)	PROF FINAL (M)
1	99.90	99.90	99.50	99.48	99.40	99.38	0.50 HI	0.52 HI
2	99.90	99.90	99.48	99.45	99.38	99.35	0.52 HI	0.55 HI
3	99.90	99.90	99.45	99.44	99.35	99.34	0.55 HI	0.56 HI
4	99.90	99.90	99.44	99.43	99.34	99.33	0.56 HI	0.57 HI
5	99.90	99.85	99.43	99.37	99.28	99.22	0.62 HI	0.63 HI
6	99.85	99.80	99.37	99.33	99.22	99.18	0.63 HI	0.62 HI

NODO NO.	CAUDAL ENTRADA (LPS)	COTA TERRENO (M)	PROFUNDIDAD DE EXCAV (M)	COTA INVERT ARRIBA Y ABAJO (M)
1	1.89	99.90	0.50	0.00
2	0.00	99.90	0.52	0.00
3	1.19	99.90	0.55	0.00
4	0.33	99.90	0.56	0.00
5	18.02	99.90	0.62	0.05
6	0.19	99.85	0.63	0.00
7	-21.61	99.80	0.62	0.00

TITULO: RED GENERAL DE DRENAJE PLUVIAL CONDOMINIO SL4  
 NO. DE TUBOS: 6  
 NO. DE NODOS: 7  
 FACTOR PICO: 1  
 VELOCIDAD MINIMA PERMITIDA. (mps):0.60  
 VELOCIDAD MAXIMA PERMITIDA (mps): 5.00  
 MAXIMA PROFUNDIDAD DE COBERTURA (m): 1  
 NODO DE DESEMBOCADURA EN LA ALCANTARILLA: 7  
 ELEVACION DE CORONA DEL NODO DE DESEMBOCADURA (m): 92.44  
 LONGITUD TOTAL DEL SISTEMA (m): 280.82  
 DIAMETRO PROMEDIO PONDERADO (plg.): 12”  
 PROFUNDIDAD PROMEDIO DE LA EXCAVACION (m): 1.592972  
 AREA PROMEDIO DE EXCAVACION (m<sup>2</sup>): 0.4364785

No. Tubo	Nodo Inicial	Nodo Final	Flujo Máximo (L/S)	Long. (m)	Ø (Plg)	Prof. Agua (mm)	Vel (MPS)	Pend Tubo %	Pend Min. %	Pend Max. %	Pend Terreno %
1	1	2	98.99	54	8	128.37	4.61	7.72	4.64	9.51	7.72
2	2	3	189.65	57	12	180.35	4.22	3.91	1.89	6.11	3.91
3	4	5	101.34	52	8	156.28	3.81	4.87	4.87	9.38	3.37
4	5	6	194.59	65	12	235.97	3.21	1.99	1.99	6.01	2.92
5	3	6	207.66	45	12	235.97	3.42	2.27	2.27	5.77	-0.84
6	6	7	432.96	8	15	295.54	4.55	2.97	2.97	3.68	13.20

No. Tubo	COTA TERRENO PRINCIPIO (M)	ELEV TERRENO FINAL (M)	CORONA TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	INVERT TUBO PRINCIPIO (M)	ELEV TUBO FINAL (M)	EXCAVACION PRINCIPIO (M)	PROF FINAL (M)
1	99.45	95.28	98.45	94.28	98.25	94.08	1.20 HI	1.20 HI
2	95.28	93.05	94.28	92.05	93.97	91.75	1.31 HI	1.31 HI
3	97.08	95.32	96.08	93.54	95.88	93.34	1.20 HI	1.98 HI
4	95.32	93.43	93.54	92.25	93.23	91.94	2.09 HI	1.49 HI
5	93.05	93.43	92.05	91.02	91.75	90.72	1.31 HI	2.71 HI
6	93.43	92.44	91.02	90.80	90.64	90.42	2.79 HI	2.02 HI

NODO NO.	CAUDAL ENTRADA (LPS)	COTA TERRENO (M)	PROFUNDIDAD DE EXCAV (M)	COTA INVERT ARRIBA Y ABAJO (M)
1	98.99	99.45	1.20	0.00
2	90.66	95.28	1.31	0.10
3	18.01	93.05	1.31	0.00
4	101.34	97.08	1.20	0.00
5	93.25	95.32	2.09	0.10
6	30.71	93.43	2.79	1.30
7	-432.96	92.44	2.02	0.00

### 2.5.5 Calculo del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales:

#### **Factores de diseño:**

Dotación de agua potable 200/lts./hab./día

Factor de retorno, Qaguas negras = 85% de agua potable =  $85\% * 200 = 170$  lts./hab/día.

Periodo de Retención = 9.95 horas.

No. de habitantes = 240 hab.

Condiciones iniciales de diseño

Parámetro	Valor Máximo
DBO <sub>5</sub>	400 mg/l
DQO	800 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	350 mg/l
Grasas y aceites	50 mg/l
Potencial de Hidrogeno pH	6.0 – 9.0
Temperatura	15 – 35 °C
Oxígeno disuelto	0.1 mg/l
Solidos sedimentables	10 mg/l
Solidos Disueltos Totales	500 mg/l
Sólidos Totales	700 mg/l
Material Flotante	Presente
Color	1000 U Pt-C
Nitrógeno Total	85 mg/l
Fósforo Total	15 mg/l
Grupo Coliforme Total	46E <sup>6</sup> UFC



## Condiciones de operación de la planta en el efluente

Parámetros	Límites máximos permisibles
Temperatura	TCR +/- 7 °C
Grasas y Aceites	10 mg/l
Materia Flotante	Ausente
Sólidos Suspendidos	100 mg/l
Nitrógeno Total	20 mg/l
Fósforo Total	10 mg/l
Potencial de Hidrogeno pH	6 a 9
Coliformes Fecales	< 1E <sup>4</sup> NMP/100 ml
Arsénico	0.1 mg/l
Cadmio	0.1 mg/l
Cianuro Total	1 mg/l
Cobre	3 mg/l
Cromo Hexavalente	0.1 mg/l
Mercurio	0.01 mg/l
Níquel	2 mg/l
Plomo	0.4 mg/l
Zinc	10 mg/l
Color	500 U Pt-C

**PROYECTO** CONDOMINIO SL4  
**LUGAR** 3a AVENIDA PROLONGACIÓN SECTOR EL PLAN ZONA 4  
**MUNICIPIO** SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS  
**DEPARTAMENTO** SACATEPEQUEZ

### CAJA DE REJAS

Qmedio	0.4720	l/seg
--------	--------	-------

Rugosidad	0.0130	n	Concreto
Ancho	0.6700	m	
Pendiente	0.0500	m/m	

Altura	0.0069	m
Bordo libre	0.2000	m
Altura total	0.8480	m
Velocidad	0.1529	m/seg

#### EFICIENCIA DE LA REJA

a (espaciamiento)	0.0254	m	1 plg.
t (ancho de barra)	0.0127	m/seg	1/2" plg
E (eficiencia)	0.6667	m/seg	

#### VELOCIDAD A TRAVES DE LAS BARRAS

Velocidad	0.2294	m/seg
Ancho de rejilla	0.4922	m
Altura de rejilla	0.4000	m
Ángulo	45.0000	θ
largo total rejilla	0.6480	

#### PERDIDA DE CARGA EN LA REJILLA

K	1.79		Barra redonda
a (espaciamiento entre barras	0.0254	m	
t (espesor de barra)	0.0127	m	
b (angulo con la horizontal)	45	θ	
v (velocidad aguas arriba)	0.1529	m/seg	

Hf (Pérdida de carga)	0.000160	m
-----------------------	----------	---

**PROYECTO** CONDOMINIO SL4  
**LUGAR** 3a AVENIDA PROLONGACION SECTOR EL PLAN ZONA 4  
**MUNICIPIO** SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS  
**DEPARTAMENTO** SACATEPÉQUEZ

## REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

### CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

	240	Habitantes
	200	l/Habitante
Factor retorno	0.85	
Aporte aguas negras	40800	l/día
Caudal de diseño	0.472	l/seg
	40800	l/día
	1.7000	m3/hora

### VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN

Tiempo de retención	6	hrs
Volumen	10.200	m3
Tasa de desbordamiento	18000	l/m2/día Entre 12 a 24
Area sedimentación	2.267	m2

### AREA DE SEDIMENTACIÓN

Ancho	2.30	m
Largo	4.000	m
Relación largo ancho	1.739	

### SECCIÓN CÓNICA

Angulo de sección cónica	45	°
Altura	0.3	m
Volumen	1.725	m3
Volumen rectangular	8.475	m3

### SECCIÓN RECTANGULAR

Altura rectangular	0.92	m
Zona neutra	0.2	m

### CÁMARA DE DIGESTIÓN

Cantidad de lodos	0.25	lts/día
Volumen total de lodos	60	l/día
	5.4	m3/ 3 meses

### VOLUMENES

Altura zona neutra	0.1	m
Altura zona cónica	0.05	m
Ancho extra	0.5	m
Volumen zona cónica	0.33	m3
Volúmen parte rectangular	5.07	m3
Altura parte rectangular	0.38	m

### VOLUMEN TOTAL

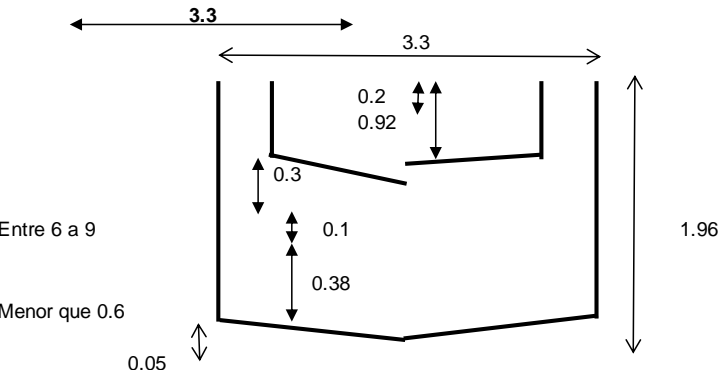
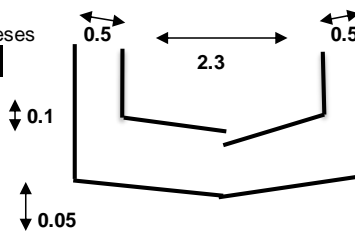
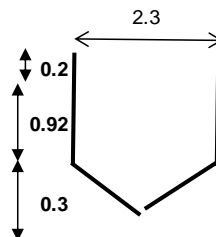
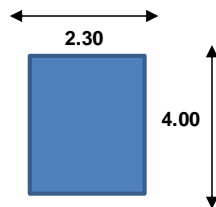
Volumen zonas neutrales	1.320	m3/día
Volumen de lodos	5.4	m3/mes
Volumen sedimentación	10.200	m3/día
<b>TOTAL</b>	<b>16.920</b>	<b>m3/día</b>

### PERIODO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA

Período	9.95	horas Entre 6 a 9
---------	------	-------------------

### VELOCIDAD ASCENCIONAL

Velocidad ascensional	0.13	m/h Menor que 0.6
-----------------------	------	-------------------



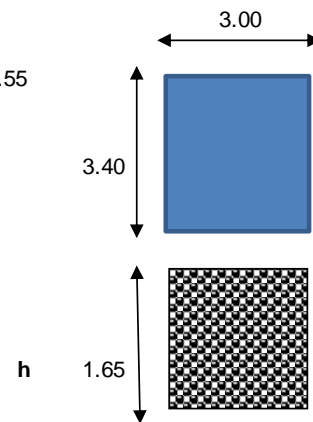
**PROYECTO** CONDOMINIO SL4  
**LUGAR** 3a AVENIDA PROLONGACION SECTOR EL PLAN ZONA 4  
**MUNICIPIO** SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS  
**DEPARTAMENTO** SACATEPÉQUEZ

### FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

AREA SUPERFICIAL DE FILTRO		
Caudal de diseño	40.8	m3/día
Carga hidráulica	12	m3/m2.día
Área superficial	3.400	m2
Lado a del filtro	3.400	
Lado b del filtro	3.00	m
Aporte de carga orgánica	70	g/día DBO
Carga orgánica filtro	1000	g/m3/día
No. De filtros	1	unidades
Volumen necesario	16.800	m3
Altura necesaria	1.65	m
No de piezas/m3	400	
No. Piezas	6,720.0	

Carga Baja 9.4 a 37.55

Plástico



**PROYECTO** CONDOMINIO SL4  
**LUGAR** 3a AVENIDA PROLONGACION SECTOR EL PLAN ZONA 4  
**MUNICIPIO** SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS  
**DEPARTAMENTO** SACATEPÉQUEZ

### SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Caudal de diseño	40.80	m3/día	
Coefficiente de Sedimentación	10	m3/m2/día	< 32.6 m3/m2/día
Área clarificador	4.080	m2	
Tiempo de retención	2	hrs	
Volumen clarificador	3.400	m3	
Profundidad propuesta	1.5	m	
Área	2.27	m2	
lado a	1.4	m	
Lado b	1.62	m	

**PROYECTO** CONDOMINIO SL4  
**LUGAR** 3a AVENIDA PROLONGACION SECTOR EL PLAN ZONA 4  
**MUNICIPIO** SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS  
**DEPARTAMENTO** SACATEPÉQUEZ

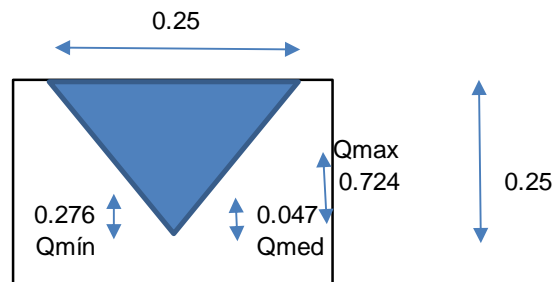
CLORINADOR		
Caudal de diseño	40.80	m3/día
Tiempo de contacto	20	min
Volumen	0.57	m3
Ancho	0.67	m
Largo	0.67	m
Profundidad	1.26	m

**PROYECTO** CONDOMINIO SL4  
**LUGAR** 3a AVENIDA PROLONGACION SECTOR EL PLAN ZONA 4  
**MUNICIPIO** SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS  
**DEPARTAMENTO** SACATEPEQUEZ

### VERTEDERO DE AFORO

Tipo	Triangular Pared delgada	
Ancho	0.25	m
Alto	0.25	m
Angulo de vertice	90°	
Qmin	0.0400000	m3/seg
Q med	0.0004720	m3/seg
Qmax	0.4461301	m3/seg

H Qmed	0.047	m
H Qmin	0.276	m
H Máx	0.724	m



# **CONDOMINIO SL4**

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
DE

## **“PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROYECTO CONDOMINIO SL4”**

MUNICIPIO DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS  
ALTAS  
DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ

GUATEMALA, Junio de 2021

# CONTENIDO

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. AGUAS RESIDUALES

### 2.1 NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES

### 2.2 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

## 3. DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES

### 3.1 RED DE DRENAJES

### 3.2 TRATAMIENTO

## 4. PRINCIPALES ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 4.1 GENERALIDADES

### 4.2 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

### 4.3 FILTRO BIOLOGICO DE FLUJO ASCENDENTE

### 4.4 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

### 4.5 MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA

## 5. SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

## 6. ANEXOS

### ANEXO "A" GLOSARIO DE TERMINOS

## 1. INTRODUCCION

El presente manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento del proyecto “CONDOMINIO SL4”, tiene el propósito de contar con un documento que permita, a los futuros responsables de operar la planta de tratamiento, brindar una adecuada operación y mantenimiento a la misma.

De manera introductoria se indica la naturaleza y características de las aguas residuales y el tratamiento que se les darán al tipo de aguas para la que fue diseñada y funcionará dicha planta. A continuación se hace una descripción de los componentes de la planta en sí, dentro de la instalación, se indican dimensiones y principales funciones. De este modo se pretende familiarizar, a los responsables de la operación y mantenimiento, con sus principales elementos.

Seguidamente se detallan las principales actividades de operación, relacionada con cada elemento de la planta, tareas rutinarias, periodicidad, la mejor manera de realizarlas, y la conveniencia de que se efectúen de ese modo.

Se incluye además un conveniente glosario de términos, ordenados alfabéticamente, para una fácil y rápida consulta de los mismos, que permiten un rápido aprendizaje y familiarización tanto con los elementos que componen la planta, las aguas que tratan, y las herramientas a utilizar, medidas de precaución tanto para proteger la salud de los operadores como la de los trabajadores de la planta de tratamiento.



## 2. AGUAS RESIDUALES

### 2.1 NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES

Se denomina agua residual al agua que durante su utilización, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, hospitalario, o de otro tipo, ha sufrido modificaciones en su calidad.

El agua residual doméstica es la utilizada para la limpieza de la vivienda familiar, como lavado de ropa, artefactos sanitarios y de cocina, así como de pequeñas industrias artesanales, y servicios públicos de la comunidad a la que sirve, etc.

La cantidad de las aguas residuales depende esencialmente de la cantidad de agua consumida por los usuarios, y de la manera de cómo es empleada en la industria y en los servicios públicos. Para el caso del agua residual doméstica, la cantidad depende de la dotación asignada a los habitantes para su consumo, y esta depende de factores tales como, el clima, nivel socio-económico de los habitantes, cultura, costumbres y abundancia de las fuentes de agua para consumo humano.

Las aguas residuales de uso doméstico, poseen características particulares, tiene un aspecto turbio y un olor séptico, tiene sólidos en suspensión que en su mayoría es materia orgánica, que consume oxígeno para degradarse, por tal razón se pudren fácilmente en ausencia de oxígeno.

Para medir el contenido de materia orgánica biológicamente degradable del agua residual, se utiliza el parámetro conocido como DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ( $\text{DBO}_5$ ), debido a que los microorganismos consumen oxígeno durante la degradación de la materia orgánica, el consumo de oxígeno depende de la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual.

Entonces, la Demanda Bioquímica de Oxígeno, es la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición de la materia orgánica del agua residual con ayuda de microorganismos.

## 2.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Es sumamente conveniente tratar las aguas residuales antes de depositarlas en algún cuerpo receptor, ya sea un río, un lago, el mar o el manto de agua freática subterránea, con tal propósito se construyen diversas instalaciones que conforman las plantas de tratamiento. Sus diversos dispositivos están situados de tal forma que reduzcan la DBO que contienen las aguas. En primer lugar, en el reactor anaeróbico de flujo ascendente se retienen los sólidos sedimentables durante el período de retención para el cual fue diseñado el sistema, que es de 9.95 horas para el RAFA, estos sólidos permanecen un tiempo relativamente grande (hasta que son extraídos) en el interior del reactor principal en donde ocurre un proceso de digestión de los mismos en un ambiente anaeróbico, estos lodos se descargan hasta que llegan a un nivel señalado en el interior del reactor, que el operador revisa en determinado tiempo, luego de ello los lodos son extraídos por una empresa debidamente autorizada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y llevados para su disposición final.

A continuación el agua residual pasa a un filtro biológico de flujo ascendente (material de soporte para la biomasa diseñado para la carga de aguas residuales esperada, para luego descargar hacia un sedimentador secundario y posteriormente a pozos de absorción.

El tratamiento de las aguas residuales tiene como objetivo, la captación de los sólidos sedimentables, y la estabilización biológica de los sólidos restantes. En la planta de tratamiento del Proyecto CONDOMINIO SL4 se emplean esencialmente el pre tratamiento, tratamiento primario, el tratamiento secundario y el tratamiento terciario a través de un clorinador para las aguas residuales.

### PRE TRATAMIENTO

#### CAJA DE REJAS

Tiene como objetivo la remoción de los materiales gruesos, los cuales podrán perjudicar el sistema de conducción de la planta. Está formada por barras separadas en claros libres de 2.5 centímetros y colocadas en un ángulo de 45 grados respecto al plano horizontal. Los sólidos separados por este sistema son finalmente dispuestos como residuos sólidos.

## TRATAMIENTO PRIMARIO

Consistente en la remoción de materia sobrenadante y sedimentable, por medios físicos en su mayoría permiten una fácil operación de la planta, en el proyecto consiste previo al tratamiento primario en una caja con tapas removibles que posee una reja de barras de acero para interceptar y captar todos aquellos sólidos sobrenadantes de tamaño considerable, para evitar que estos lleguen al sedimentador primario y luego al filtro biológico, y puedan entorpecer su funcionamiento, además posee el reactor anaerobio de flujo ascendente, en el que se depositan los sólidos sedimentables, durante el lapso de tiempo en que permanece el caudal de la red de drenaje en el reactor. En él también se efectúa la digestión de los lodos en forma anaeróbica.

Los tanques de sedimentación primaria bien dimensionados y explotados **con eficiencia eliminan entre el 50% y el 70% de los sólidos suspendidos y entre el 25% y el 40% de la DBO<sub>5</sub>**

## TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario consiste en mantener en contacto las aguas residuales que ya han sido pasadas a través del reactor anaerobio de flujo ascendente, con microorganismos que forman una película biológica, que extrae sus nutrientes del agua que se deposita en ella, la película se instala en el material colocado en el filtro y el agua que se somete al tratamiento, se hace pasar a través del mismo.

**Los filtros de baja carga bien operados pueden producir un efluente con un elevado nivel de eliminación de 65% a 85% de DBO<sub>5</sub> y altamente nitrificado.**

## TRATAMIENTO TERCIARIO

A la salida de la planta de tratamiento se le colocara un sistema de desinfección a través de pastillas de hipoclorito de calcio para eliminar la cantidad de microorganismos patógenos que aún están presentes después del tratamiento secundario.

### 3. DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES

#### 3.1 RED DE DRENAJES

La red de drenajes del proyecto CONDOMINIO SL4 es del tipo sanitario, eso significa que a través de ella se conducen únicamente aguas residuales de tipo ordinario incluyendo las aguas grises, las redes están construidas con tubería de PVC, y se captan las aguas residuales que se conectan a ella por medio de una tubería de conexión también de PVC desde cada una de las viviendas.

#### 3.2 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales del proyecto CONDOMINIO SL4 son conducidas a la planta de tratamiento diseñada para tratar exclusivamente aguas de tipo ordinario, en tal sentido no es conveniente que se introduzcan en ella aguas pluviales, para que no alteren el funcionamiento de la misma.

#### INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

Las aguas residuales serán conducidas a la planta de tratamiento por medio de tuberías de PVC, a las siguientes instalaciones:

##### CAJA CON REJILLA Y COMPUERTA PARA BY-PASS

Una caja colectora con una rejilla se encuentra como primer elemento en las instalaciones, en esta caja quedan atrapados los sólidos flotantes y algunos sedimentables de mayor tamaño, esta caja posee tapas removibles, para que un operador pueda retirar los sólidos, también posee una compuerta que conecta a una tubería By-pass, cuya función es desviar el caudal de agua residual hacia los pozos de absorción por unos mínimos de tiempo mientras se descargan los lodos o se hacen reparaciones generales a los tanques sedimentadores.

## REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente y Manto de Lodos (UASB) representa ser un depósito lleno de lodo floculante o granular anaeróbico con unas buenas características de asentamiento (la bacteria se puede aglomerar espontáneamente para formar gránulos). Las aguas residuales influentes son distribuidas en la parte inferior del reactor UASB y viaja de una forma ascendente a través del manto de lodos. La degradación anaeróbica de los sustratos orgánicos se lleva a cabo en este manto de lodo, en donde se produce biogás. Los gases se producen bajo condiciones anaeróbicas metano y dióxido de carbono sirven para mezclar el contenido del reactor según suben a la superficie.

En los sistemas anaerobios de flujo ascendente, y bajo ciertas condiciones, se puede llegar a observar que las bacterias pueden llegar a agregarse de forma natural formando flóculos y gránulos. Estos densos agregados poseen unas buenas cualidades de sedimentación y no son susceptibles al lavado del sistema bajo condiciones prácticas del reactor. La retención de fango activo, ya sea en forma granular o floculante, hace posible la realización de un buen tratamiento incluso a altas tasas de cargas orgánicas. La turbulencia natural causada por el propio caudal del influente y de la producción de biogás provoca el buen contacto entre el agua residual y fango biológico en el sistema UASB. En los sistemas UASB pueden aplicarse mayores cargas orgánicas que en los procesos aerobios. Además, se requiere un menor volumen de reacción y de espacio, y al mismo tiempo, se produce una gran cantidad de biogás, y por tanto de energía.

Algunos datos y recomendaciones de operación resultado de recomendaciones resultantes de la experiencia que poco a poco fue apareciendo, ayudó a que este tipo de sistemas se use para el tratamiento en diferentes condiciones. El UASB es un sistema trifásico de alta carga que opera como un sistema de crecimiento en suspensión. La elevada concentración de biomasa en el UASB lo hace más tolerante a la presencia de tóxicos.

## FILTRO BIOLÓGICO

El filtro biológico se encuentra a continuación del reactor anaerobio de flujo ascendente, formado de (MATERIAL DEL FILTRO) como material filtrante en donde se hacen pasar en flujo ascendente las aguas que ya han sufrido el proceso de sedimentación y digestión en el UASB.

## TUBERIA DE DISTRIBUCION

El agua residual es distribuida en el fondo por medio de tuberías perpendiculares al ancho del filtro que distribuyen el caudal de manera homogénea en el área del filtro, de un diámetro de 3" a lo largo del filtro.

## LECHO FILTRANTE (describir el material del filtro)

El lecho filtrante para de la biomasa está conformado por rosetas octogonales plásticas y tiene una profundidad que permite el filtrado a lo largo del lecho, la estructura del lecho es la siguiente:

1. Toda la capa está conformada por el material de soporte plástico cuyas medidas se pueden apreciar en el plano.

## VERTEDERO RECOLECTOR

El vertedero recolector de concreto y mampostería se encuentra ubicado 10cm por encima del lecho filtrante, que permiten la salida del efluente de aguas residuales ya filtradas, pero retienen en su lugar el material del filtro. La descarga del agua ya tratada se efectúa hacia el sedimentador secundario.

## SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Como los filtros anaerobios de flujo ascendente alteran las características de los sólidos en las aguas residuales, pero no los eliminan, el efluente contiene sólidos suspendidos que deberán ser eliminados antes que se disponga el efluente hacia los pozos de absorción.

Para este propósito se usan tanques de sedimentación secundaria.

Estos tanques son de diseño similar a los descritos en el tratamiento primario y deben de tener un coeficiente de sedimentación por unidad de superficie, previo a descargar el efluente se colocará un sistema de desinfección a través de pastillas de hipoclorito de calcio para eliminar la cantidad de microorganismos patógenos que aún están presentes después del tratamiento secundario.

#### 4. PRINCIPALES ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

##### 4.1 GENERALIDADES

El principal objetivo de las actividades de operación y mantenimiento es el de hacer que la planta de tratamiento funcione de manera óptima y rinda los beneficios que se esperan de ella.

El personal técnico responsable de la operación y mantenimiento de las instalaciones de la planta, debe instruírsele en los conocimientos básicos de las condiciones de diseño y construcción de las mismas y tener la suficiente capacidad para interpretar el funcionamiento básico e inclusive hacer las transformaciones necesarias para las condiciones de funcionamiento, debido a las posibles fallas o los ajuste al diseño y construcción.

El objetivo del mantenimiento de la planta de tratamiento es conservar, en condiciones apropiadas, las diferentes estructuras, sus instalaciones, obras conexas y equipo, a fin de llevar a cabo las operaciones y maniobras a las que están destinadas, de tal manera de conseguir la remoción de los elementos contaminantes de las aguas residuales, con el grado de tratamiento originalmente planificado.

Llevando a cabo lo indicado en el párrafo anterior, se evitarán deterioros imprevistos e inadecuados funcionamientos, de tal manera que la planta funcione adecuadamente el mayor tiempo posible.

La efectividad de las labores de mantenimiento, depende de la adecuada formación del personal que se disponga para el efecto, así como del apoyo que se le dé, proveyéndole de los recursos, materiales, equipo, etc. Necesarios.

Para el buen funcionamiento y conservación de la planta será necesario contar con conexiones de agua para las diferentes labores de limpieza, así como de energía eléctrica para una adecuada iluminación y otras funciones.

Básicamente para llevar a cabo el mantenimiento, en la mejor forma posible, conviene empezar por una buena dirección y observar las siguientes reglas:

- Conservar la planta en una forma aseada y limpia.
- Establecer una planificación para la ejecución de las operaciones cotidianas.
- Llevar un control de datos y registros de los diferentes elementos de la planta, haciendo énfasis en las condiciones poco usuales y deficiencias observadas. Los controles básicos son la medición de caudales en la entrada de los filtros y toma de muestras en la salida del clorinador.
- Llevar a cabo las mediciones de seguridad establecidas.

## DEFINICIONES

Operación: Se le denomina al conjunto de acciones externas que se ejecutan en las instalaciones de la planta para conseguir el buen funcionamiento de la misma.

Mantenimiento: Es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en las instalaciones, para prevenir daños o para la reparación de los mismos, cuando estos ya se hubiesen producido, para un funcionamiento óptimo.

Sin embargo el concepto de Operación y Mantenimiento, abarca un conjunto de acciones relacionadas entre sí, que en la mayoría de los casos es difícil diferenciarlas, ya que fundamentalmente, toda la serie de acciones que se realizan en ambos tienen un solo fin común: El funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El concepto de operación abarca las actividades relacionadas con: normas y manuales de operación, selección y entrenamiento de personal, registros de operación, interpretación de los registros y archivos técnicos de operación.



Mientras que de acuerdo a la definición de Mantenimiento, se identifican dos clases de mantenimiento:

a) Mantenimiento de Reparación de Daños: el cual consiste en la reparación inmediata y oportuna de cualquier daño que se produzca en las instalaciones de la planta de tratamiento. Por su naturaleza no se puede programar y por tal razón, lo recomendable es de disponer siempre de todas las facilidades necesarias tanto en personal calificado, como en herramienta y materiales para proceder a la reparación de daños.

b) Mantenimiento Preventivo: consiste en ejecutar en las instalaciones una serie de acciones de mantenimiento, sin esperar a que se produzcan daños, y justamente para evitar dentro de lo posible, que estos se presenten.

## REJILLAS

Se deben tomar precauciones para retirar la rejilla colocando las ranuras en la estructura que la soporta. La rejilla se limpia a mano, sacándola del agua y lavando el material recogido con chorros de agua y auxiliándose de un rastrillo.

Disposición del material retenido

- Remoción y disposición a un vertedero controlado
- Incineración
- Enterrándolo

La rejilla deberá limpiarse todos los días, por medio de rastrillos, en periodos que pueden variar entre una y dos horas dependiendo de observaciones que se hagan. Los sólidos separados se llevarán por medio de carretillas hacia lugares exteriores adecuados, en donde se depositarán en pozos o zanjas que para el efecto se excaven. Si se usan estas últimas, las mismas deberán tener un ancho, entre 0.60m y 0.90m y una profundidad de 0.60m, recubriéndose con 0.30m de tierra. Esta operación la podrá hacer una sola persona.

## 4.2 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (UASB)

La operación consiste esencialmente en una columna abierta, a través de la cual el líquido residual se pasa a una baja velocidad ascensional. El manto de fangos se compone de gránulos o partículas además del agua residual. El fenómeno de granulación que rige la formación de los gránulos constituye la parte fundamental del proceso. El tratamiento del agua se da cuando se pone en contacto el agua con los gránulos. Los gases producidos bajo condiciones anaerobias provoca la recirculación interna, lo que ayuda en la formación y mantenimiento de las partículas biológicas, sobre las cuales algunas partículas de gas se adhieren. El gas libre y el gas adherido a gránulos se retienen en el colector de gas en la parte alta del reactor. El líquido que ha pasado a través del manto contiene algunos sólidos residuales y gránulos biológicos que pasan a través del sedimentador donde los sólidos se separan del futuro efluente. Los sólidos retornan por tanto al caer a través del sistema de bafle en la parte alta del manto de fangos.

El agua residual, tiende a sedimentar los sólidos que posee en suspensión, el tiempo que permanece el agua, es el tiempo de retención que sirve de base para el diseño de la estructura, para el proyecto CONDOMINIO SL4 se empleó un tiempo de 9.95 horas.

Los lodos sedimentados sufren una digestión de forma anaeróbica en el reactor, que permanecen un período determinado de tiempo hasta que llegan hasta cierto nivel, el cual puede ser determinado introduciendo una varilla medidora desde las bocas de inspección, cuando el nivel de lodo indique determinada marca, deberán ser extraídos los lodos por una empresa debidamente autorizada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y llevados para su disposición final.

Es indispensable que NO se extraigan totalmente los lodos, para que quede cierta cantidad maduro de los mismos, para conservar la fermentación alcalina para la cantidad de lodo fresco que ingresa al reactor anaerobio, una vez que se ha realizado la extracción deben limpiarse las cajas con agua limpia y mantenerse libres de maleza, es mucho mejor extraer pequeñas cantidades con frecuencia que grandes cantidades en períodos largos.

Esta estructura constituye un elemento muy importante de la planta de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, la operación y el mantenimiento deben llevarse a cabo en una forma ordenada, verificando la adecuada entrada de los caudales de aguas residuales, así como el caudal de salida, la extracción oportuna de lodos por una empresa debidamente autorizada y trasladados para su disposición final y el lavado de los gases producidos, tratando de reducir al mínimo los malos olores.

La extracción de lodos se hará, aproximadamente cada 6 meses, a través de una empresa debidamente autorizada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y llevados para su disposición final.

Para la extracción de lodos se siguen los siguientes pasos:

- Verificar que los lodos estén a una profundidad de 0.4 a 0.5m de la superficie del agua.
- Interrumpir la entrada al reactor, accionando la compuerta respectiva en la caja distribuidora de caudales.
- Introducir una manga dentro del RAFA por una empresa autorizada para que se encargue de la extracción de 16 m<sup>3</sup> y del tratamiento respectivo de los lodos.
- Verificar que la profundidad haya llegado a 0.50 en el fondo del reactor.
- Poner en funcionamiento nuevamente el RAFA.

La verificación de las profundidades se hará mediante una placa de hierro o una tabla de madera pesada de 0.40m x 0.40m, unida a un mango de madera o hierro de 4.00 m de largo, la cual se introducirá por las tapaderas de registro.

La descarga de los lodos es recomendable hacerla en pequeñas cantidades pero en forma continua, ya que en grandes cantidades podría resultar problemático. Debe dejarse un lodo residual equivalente a un 20% de la cantidad total.

Personal necesario para la operación: El operador y dos peones. Se necesita supervisión de un ingeniero Sanitarista o Civil.

### 4.3 FILTRO BIOLÓGICO DE FLUJO ASCENDENTE

Como el sistema de -FAFA- Filtro Anaerobio de flujo ascendente depende de la actividad biológica, se debe evitar que aquellas sustancias tóxicas que puedan dañar el sistema, lleguen a él.

El periodo de limpieza del filtro deberá coincidir con la limpieza del RAFA. Se recomienda que al realizar esta actividad, el filtro drene sus aguas al sedimentador secundario, y luego se realice el retrolavado, con una o dos cargas de agua limpia.

Los tubos distribuidores de la planta son tubos de 3" fijos.

Para impedir la emisión de olores y el desarrollo de la mosca de los filtros, cualquier rastro de lodo debe ser retirado tan pronto como sea posible.

La superficie de los filtros debe ser mantenida libre de maleza y hierbas, así como libre de la acumulación de hojas, en tal sentido se recomienda que no se encuentren muy cerca del filtro, árboles o arbustos.

La operación de los filtros ascendentes está relacionada con el control de la velocidad de filtración y el control de la calidad del agua efluente.

La medición de pérdida de carga permitirá al operador tener control sobre las rutinas de mantenimiento y eficiencias de las unidades. Para facilitar la lectura de la pérdida de carga, se puede trasladar el nivel de agua en la superficie del filtro a la cámara de entrada; este nivel puede ser señalado con pintura a prueba de agua, a partir del cual el operador puede determinar fácilmente la pérdida de carga, midiendo la diferencia entre esta línea y el nivel de agua presente en la cámara.

Actividades diarias de operación en filtros ascendentes:

Medición y control de caudal:

- Verificar el nivel de agua en la caja de toma de muestras de la unidad.

- Ajustar la válvula de entrada hasta alcanzar el caudal de operación.

#### Medición de turbiedad:

- Medir turbiedad del agua a la entrada del filtro ascendente.
- Cerrar válvula cuando la turbiedad del agua afluyente sea mayor que el valor previsto para operación normal.

#### Retiro del material flotante.

- Retirar material desprendido del lecho filtrante con un atrapa natas.

#### Registro de información:

- Anotar en el libro de registro diario los valores de turbiedad en el ingreso y salida del filtro.
- Cambios en el caudal durante el día.
- Fecha de lavado del filtro.

#### Medición de pérdida de carga

- Medir nivel de agua en la cámara de entrada al filtro.
- Lavar el filtro cuando la pérdida de carga sea mayor que el valor esperado al finalizar la carrera de filtración.

El mantenimiento está asociado con los lavados y las acciones tendientes a prevenir o reparar daños.

El lavado de la unidad deberá efectuarse con mayor frecuencia cuando se presenta deterioro en la calidad de agua afluyente, siendo la pérdida de carga mayor al valor normalmente alcanzado cada semana, al finalizar cada carrera de filtración.

En algunas circunstancias al finalizar la carrera de filtración semanal, la pérdida de carga puede presentar variaciones mínimas que a juicio del operador no ameritan la ejecución del lavado; sin embargo es necesario tener mucho cuidado con este parámetro, pues el hecho de no lavar oportunamente, puede producir la compactación del material removido y almacenado en el interior de la unidad, ocasionando ineficiencia del lavado, aumento en la pérdida de carga, incremento en las actividades de operación y mantenimiento y disminución en la eficiencia del proceso de tratamiento.

### **Actividades periódicas de mantenimiento**

#### **Limpieza cámara de entrada**

- Desprender material adherido en el fondo y en paredes de la cámara, utilizando escobilla con cerdas de material sintético.

#### **Limpieza hidráulica del filtro (lavado de fondo)**

- Medir pérdida de carga.
- Cerrar entrada de agua a la unidad.
- Cerrar salida de agua filtrada.
- Abrir la válvula de apertura, dejar abierta la válvula y drenar el filtro con bomba de achicar, hasta que el agua del desagüe sea visiblemente similar al agua de lavado.
- Cerrar válvula de apertura rápida.
- Abrir entrada de agua y llenar filtro.

#### **Limpieza cámara de salida**

- Desprender material adherido al fondo y paredes de la cámara con un cepillo de cerdas sintéticas.

## Poner en funcionamiento

- Abrir salida de agua hacia el filtro cuando el efluente de la unidad recién lavada haya aclarado. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Eventualmente el efluente de la unidad se deteriora después del lavado, el operador debe estar atento para realizar los correctivos del caso.

## Revisar eficiencia del lavado del filtro

- Medir pérdida de carga y comparar con valor medido antes del lavado, si es mayor volver a lavar el filtro.

Después del lavado, la pérdida de carga debe reducirse hasta el valor que normalmente se presenta al inicio de cada carrera de filtración.

Las causas de que esta reducción no se presente puede deberse a:

- Entrada de aire al sistema de drenaje.
- Lavado ineficiente.
- Obstrucción de la tubería de drenaje.
- Obstrucción completa del medio filtrante.

En los dos primeros casos se debe drenar nuevamente el filtro; en el tercer caso, se debe introducir una sonda por el vertedero en donde se encuentran ubicados los tubos distribuidores de caudal. En el cuarto caso se debe proceder a la extracción total del lecho filtrante; antes de efectuar esta actividad se debe verificar que efectivamente la obstrucción del lecho es total, pues es una actividad costosa y laboriosa frente a las actividades de mantenimiento rutinarias. La obstrucción total se constata si al efectuar lavados consecutivos en la unidad no se logra la reducción de la pérdida de carga y si el caudal que sale por la válvula de drenaje es muy inferior a lo normal.

La diferencia en los costos de operar y mantener un sistema de filtración ascendente en serie o en capas, está representada por el tiempo requerido por el operador al efectuar la limpieza superficial de cada filtro, y por la cantidad de agua empleada al lavar uno u otro sistema. Existe sin embargo una mayor diferencia en términos del tiempo que debe permanecer cada sistema de filtración fuera de operación por ejecución del lavado.

Si las obstrucciones de los filtros ocurren por desarrollo de excesiva vegetación, organismos y limo o lodos sobre la superficie filtrante, hay varias medidas correctivas disponibles para el operador que deberá emplear tan pronto como estos problemas se presenten. Estas son:

- a) Sacar de servicio el filtro por varios días.
- c) Inundar totalmente el filtro con agua limpia y permitir que este permanezca lleno por 24 horas.

Si en el filtro aparecen olores sépticos y espumas es un signo de la condición de acidez del agua residual y puede prevenirse en tales casos, o corregirse mediante un tratamiento con cal para contrarrestar el exceso de acidez, el valor del PH en la mezcla no debe ser mayor de 7.6

Otra situación importante de mencionar es que como el sistema de tratamiento ira enterrado no habrá desarrollo en los filtros, de la mosca PSICHODA. Estas moscas son diminutas que resultan molestas para los operadores y las personas que viven cerca de las instalaciones de la planta. Estas pueden pasar a través de la tela metálica ordinaria de mosquitero que se colocan en las ventanas, y aunque no pica, se introduce en los ojos, oídos, boca y fosas nasales de las personas. Su radio de vuelo es corto, pero puede ser arrastrada por el viento, su ciclo de vida varía de tres días a una semana.

La larva de estas moscas prefiere reproducirse en un lugar húmedo pero no muy mojado y pueden estar presentes en un filtro que funcione normalmente, ya que la mosca es uno de los organismos biológicos naturales que se alimentan del lodo y de la película biológica que cubre el medio filtrante, ayudando de esta manera a la descomposición de la materia. Sin embargo, un excesivo número de dichas moscas indica que la vida biológica en el filtro no está en equilibrio, probablemente debido a una sobrecarga orgánica.



Como la operación del filtro depende de la vida biológica, es evidente que, cuando empieza a funcionar un filtro, hace falta tiempo para que se desarrolle una población adecuada de microorganismos en el medio filtrante. Esto es válido no solamente para las unidades nuevas, sino para aquellas que por haber estado ociosas durante mucho tiempo han ocasionado la muerte de los microorganismos por falta de sustento y agua. Por lo tanto debe evitarse en lo posible aislar o separar del servicio a una unidad durante un período de tiempo muy grande. La descarga del agua ya tratada se efectúa hacia el sedimentador secundario.

#### 4.4 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Para evitar la formación de lodos flotantes se recomienda usar uno o varios de los siguientes procedimientos:

1. Disminuir la entrada de flujo al sedimentador secundario con problemas de lodos en el fondo.
2. Mejorar la recolección de lodos en el fondo.
3. Disminuir la edad de los lodos del sistema

Para evitar el abultamiento se recomienda investigar los siguientes parámetros y, en caso de encontrarlos inadecuados corregirlos:

1. Características del residuo líquido
2. Contenido de oxígeno disuelto
3. Carga orgánica
4. Retorno de lodos
5. Contenido de nutrientes
6. Operación del sedimentador secundario

En caso de presentarse una emergencia se recomienda dosificaciones de cloro o peróxido de hidrógeno.

Para una correcta operación, debe evitarse lo siguiente:

1. Insuficiencia del retorno
2. Cortocircuito
3. Introducir manga y por bombeo extraer el lodo por empresa debidamente autorizada por el Ministerio de Ambiente.

La descarga del agua ya tratada se efectúa hacia pozos de absorción.

## 4.5 MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA

Las estructuras de la planta de aguas residuales, como son los canales, tanques y pozos de inspección, tienen que desaguar cuando menos una vez al año, para revisarlos y aplicar alguna capa protectora de pintura si fuese necesario. En la planta puede existir la posibilidad que se produzca ácido sulfhídrico, por lo tanto, no debe usarse pintura a base de plomo. En el mercado hay muchas pinturas especiales y de buena calidad, que son satisfactorias para usarse en la planta.

Para el metal y el concreto que estén en contacto con las aguas residuales o lodos, las pinturas asfálticas, usualmente, presentan un servicio satisfactorio.

## 5. SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Aunque este manual está dedicado primordialmente al operador de una planta de tratamiento de aguas residuales, es bien sabido que los operadores de muchas plantas pequeñas tienen responsabilidades relativas al mantenimiento del alcantarillado y, como las medidas que se aplican al tratamiento de aguas residuales, se aplican igualmente al alcantarillado daremos algunas recomendaciones sobre la misma.

La prevención de accidentes es el resultado de la aplicación de unos cuantos principios básicos y el conocimiento de los peligros potenciales. Hay que saber cómo ser cuidadoso y qué se debe evitar. Con estos conocimientos se está capacitado para pensar y practicar la seguridad.

### LOS RIESGOS

En general los peligros de un accidente son prácticamente los mismos en los pozos de inspección, en las estaciones de bombeo o en las plantas de tratamiento. Estos riesgos consisten en:

1. Daños físicos.
2. Contaminaciones corporales con riesgos de infección corporal.
3. Peligros ocasionados por gases nocivos o vapores venenosos, y falta de oxígeno.

Estos riesgos son en algunos casos, inherentes al diseño, de manera que una vez reconocidos pueden corregirse fácilmente, al menos, protegerse mediante advertencias y procedimientos adecuados de seguridad.

## PREVENCIÓN DE DAÑOS FÍSICOS

La prevención de los daños físicos empieza por un buen orden interno. Las herramientas y objetos empleados en el mantenimiento deben guardarse en un lugar adecuado, además de que deben permanecer limpios durante el almacenaje. Deben proveerse además de señales de advertencia, barandales en tanques abiertos y pozos de inspección en uso.

## POZOS DE INSPECCIÓN

Para el trabajo en los pozos de inspección de las áreas internas del proyecto, la seguridad requiere medidas completas de protección contra el tránsito. Las señales de advertencia y banderas rojas deben instalarse a distancia adecuada de cada lado del pozo de inspección. En las calles excesivamente transitadas conviene situar hombres con banderas, que mediante señales hagan disminuir la velocidad a los vehículos más rápidos. En las calles anchas puede estacionarse junto al pozo de inspección el camión o vehículo de servicio, en dirección opuesta a la dirección del tráfico. Es importante disponer del personal suficiente para el trabajo que se presente, cuando menos debe haber dos hombres en los trabajos de inspección, una baranda alrededor del mismo facilita la entrada al mismo así como la consecuente protección que provee al peatón y animales domésticos. Las tapaderas de los pozos de inspección deben levantarse con un gancho hecho especialmente para ajustar con el gancho o las asas de la tapa, cualquier herramienta que no se ajuste adecuadamente puede soltarse y provocar heridas, a no ser que la tapadera sea muy pesada, es recomendable que un hombre la maneje solo para su mayor seguridad.

Cuando dos hombres trabajan en equipo deben coordinarse adecuadamente para evitar lesionarse las manos y los pies, y una tapa no debe removerse parcialmente, solo en caso de tomar una muestra de aire, después de lo cual debe colocarse de nuevo inmediatamente.

En el caso de que alguna persona ingrese a un pozo y exista en ellos escalones de acero o hierro galvanizado, debe primero tantear la resistencia con el pie, el acero y el hierro galvanizado suelen corroerse a niveles que los hacen inseguros, las botas de hule suelen ayudar mucho para evitar resbalones y evitar contaminaciones.

## BANDAS DE SEGURIDAD

En las alcantarillas pequeñas, no se debe ingresar sin un cinturón de seguridad o en su defecto una cuerda atada bajo los brazos, esto también se incluye en los lugares profundos en donde pueda haber riesgo de caerse o resbalar.

## ALUMBRADO

Siempre que sea posible reflejar la luz solar por medio de espejos hacia adentro de un pozo de inspección o de un tanque cerrado, se debe contar con un alumbrado excelente y seguro y es sumamente recomendable emplear lámparas contra explosiones. Resulta peligroso que se empleen para efectos de iluminación velas, lámparas de gas o cualquier otro elemento incandescente.

## PREVENCION DE LA CONTAMINACION E INFECCIONES CORPORALES

Los operadores que manejan las aguas residuales, están expuestos a todos los peligros de las enfermedades de origen hídrico, incluyendo la fiebre tifoidea, la paratifoidea, la disentería amebiana, ictericia infecciosa, el cólera morbus y otras infecciones intestinales, también debe protegerse contra el tétanos y las infecciones de la piel.

### Primeros Auxilios.

Excepto en los casos de lesiones leves deberá ser un médico el encargado de tratar las heridas. Se debe procurar que el o los operarios reciban instrucciones de primeros auxilios. Por pequeño que parezca un rasguño o cortadura deberá recibir atención médica, y se debe contar con un botiquín con desinfectantes básicos para asepsia de las heridas, tales como tintura de yodo o mertiolate, que se deben aplicar sobre las heridas, después de lavarlas con abundante agua potable y jabón, y como se mencionó, deben ser revisadas por un médico tan pronto como sea posible.

### Vestimenta y accesorios

Deben usarse guantes de hule que son baratos y proporcionan una buena protección para las manos. En los lugares húmedos, los pies deberán protegerse con botas de hule o cubiertas de hule para los zapatos, como protección contra la humedad y la contaminación. Se llevarán ropas de trabajo o cubiertas protectoras en los sitios sucios o de riesgo de contaminación como los pozos de inspección, y se debe acostumbrar al personal a lavarse con frecuencia las manos, así como proveerse de varios cambios de ropa y mudársela con frecuencia.

### Hábitos Personales

No debe fumarse en el interior de las alcantarillas ni en el interior de la planta. Es imposible evitar la contaminación por las aguas residuales de las boquillas de los cigarrillos, pipas, etc., y es causa principal de riesgo de fuego o explosión. Los operarios están obligados a lavarse las manos antes de comer, tomar alguna bebida o alimento, la mayoría de las infecciones llegan a través de la vía oral, nasal o por los ojos y oídos y se deben lavar concienzudamente los cubiertos empleados para comer y almacenarse en lugares seguros, alejados de roedores, moscas e insectos.

Se debe tener como obligatorio, la vacunación del personal contra las enfermedades como hepatitis A, B y C Tétanos etc., que se puedan adquirir.

## GASES O VAPORES NOCIVOS

Un gas o vapor nocivo es aquel que directa o indirectamente destruye o perjudica la salud o la vida de los seres humanos, estos vapores o gases pueden causar quemaduras, explosiones, asfixia o envenenamiento. Los gases no venenosos pueden asfixiar por el sencillo hecho de excluir mecánicamente al oxígeno.

Los gases de los alcantarillados son una mezcla de gases y no un solo gas, originados por la descomposición de la materia orgánica. En realidad son gases que proceden de los lodos de las aguas residuales que contienen alta proporción de bióxido de carbono y cantidades variables de metano, hidrógeno, ácido sulfhídrico y una cantidad pequeña de oxígeno. El peligro consiste en que se forma una mezcla explosiva con el metano y el oxígeno, o con más frecuencia, es una deficiencia de oxígeno. Esta definición no incluye los gases o vapores

extraños que pueda haber en las alcantarillas provenientes de fugas en las líneas de gas combustible o de gasolina o de otros disolventes volátiles que frecuentemente se descargan en las alcantarillas.

Deficiencia de oxígeno. El aire contiene normalmente alrededor de 21 por ciento, en volumen, de oxígeno y 79 por ciento de nitrógeno, así como trazas de otros gases. El aire que contenga menos de 13 por ciento, en volumen, es definitivamente peligroso para el hombre. Parece ser que la falta de oxígeno es la causa principal de riesgo de muerte ocurridas en áreas peligrosas.

Lugares peligrosos. Los sitios donde con mayor probabilidad puede haber peligro debido a la presencia de algún gas o vapor nocivo o a la falta de oxígeno, y que deben inspeccionarse cuidadosamente son:

1. Todas las alcantarillas principales, especialmente las de zonas domesticas e industriales.
2. Las alcantarillas situadas en la vecindad de líneas de distribución de gas combustible, o de tanques de almacenamiento de gasolina.
3. Las alcantarillas de poca pendiente donde pueden asentarse los sólidos y descomponerse.
4. Las alcantarillas con pozos de inspección que estén en tramos mayores de 90 metros, especialmente si las tapaderas de los pozos ya están usadas y las viviendas conectadas con las alcantarillas tienen trampas que impidan la ventilación a través de la instalación doméstica.
5. Todas las alcantarillas con pozos de inspección cuya profundidad sea superior a 3 metros.
6. Cualquier tanque o cámara que este bien cerrado no importa cuál sea su profundidad, como los de digestión o sedimentación.

## EQUIPO NECESARIO QUE DEBE TENER EL OPERADOR

El operador de la planta de tratamiento deberá tener un equipo personal que le servirá como protección durante la ejecución de las labores de operación y mantenimiento, ya que estará expuesto a varios peligros. El equipo necesario lo conforman los siguientes elementos:

- Mascarillas
- Botas de hule, como protección contra la humedad y las infecciones

- Guantes de algodón recubiertos de hule, le proporcionarán protección a las manos.
- Ropa de trabajo o cubiertas protectoras para los sitios sucios como pozos de inspección, debiéndose lavar con frecuencia.
- Botiquín de primeros auxilios con los medicamentos necesarios para aplicarse en caso de cortaduras o heridas.

## 6. ANEXO “A”

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

#### A

##### Aguas Residuales

Se denomina agua Residual a un agua que, durante su utilización de tipo doméstico, industrial, agrícola u otra, ha sufrido modificaciones de calidad.

##### Aguas Residuales Domésticas

El agua residual doméstica es el agua utilizada en la limpieza de la casa y las pequeñas industrias artesanales, para el lavado de ropa, artefactos sanitarios, utensilios de cocina, etc.

##### Aguas Residuales Industriales

El agua residual industrial es el agua empleada por las empresas artesanales e industrias pequeñas.

##### Aeróbico

Se refiere al proceso de depuración biológica del agua residual que se realiza en presencia de oxígeno disuelto en cualquiera de sus formas.

##### Anaeróbico

Se refiere al proceso de depuración biológica del agua residual que se realiza en ausencia del oxígeno disuelto en cualquiera de sus formas.

#### C

Cámara de Digestión Forma parte de las estructuras de la planta de tratamiento y tiene la función de que en ella se realice la digestión de la materia orgánica, es decir que se estabilice el material orgánico.



# D

## Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es un parámetro que se utiliza para medir el contenido de materias orgánicas biológicamente degradables, que se encuentran en el agua residual. Entonces, la Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria.

## Degradación de la materia

Se denomina degradación de la materia al proceso biológico por medio del cual, ocurre la descomposición de la materia orgánica.

## Drenaje sanitario

Lo constituye la tubería y demás instalaciones de la red de drenaje, que está diseñada únicamente para la recolección y transporte del agua residual ordinaria. Es decir que no tiene previsto la recolección y transporte de otro tipo de agua.

## Digestión de lodos

Es el proceso de descomposición de los lodos, el cual se lleva a cabo en la cámara de digestión. La descomposición de los materiales nutritivos contenidos en los lodos la realizan microorganismos llamados bacterias. El oxígeno contenido en los lodos se agota rápidamente, por tal razón, la descomposición es anaeróbica, es decir, en ausencia de oxígeno. En la digestión ocurre un desprendimiento de gases, tales como el metano y monóxido de carbono, además de agua.

# F

## Filtros biológicos

Consisten en varias capas de elementos octogonales de plástico a través de los cuales se hace pasar el agua residual. Después de algunas semanas de maduración, los materiales del relleno del filtro se recubren de películas gelatinosas de bacterias en la que tiene lugar la depuración de agua que es realizada eficazmente por microorganismos.

## L

### Lodos

Los lodos son suspensiones de sólidos y uno de los subproductos finales de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Tienen una consistencia acuosa, es decir con abundante agua y putrescibles. Se componen de elementos minerales y orgánicos, que se sedimentan de las aguas en la cámara de sedimentación y digestión.

### Lodos Digeridos

Se les denomina así a los lodos que ya han sido estabilizados por medio del proceso biológico que ocurre en la cámara de digestión. Transcurre aproximadamente un tiempo de 30 días para que se digieran.

## M

### Microorganismos

Los microorganismos son seres vivos muy pequeños que no pueden verse a simple vista, sino solo con ayuda de microscopio. Comprenden las bacterias, bacilos, algas, hongos, etc. Tienen la propiedad de transformar la materia orgánica al multiplicarse, y producen así la putrefacción.

### Material Filtrante

Lo constituye el material que conforma el lecho filtrante, el nuestro caso, de piezas octogonales de plástico.

## R

### Red de Drenajes

Está constituido por las tuberías e instalaciones auxiliares, que recolectan y transportan las aguas residuales.

### Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

Forma parte de las estructuras de la planta de tratamiento, y tiene la función de facilitar la sedimentación de los sólidos sedimentables. Forman una sola unidad con la cámara de digestión.

# T

## Tratamiento Primario

Consiste en la remoción de la materia sobrenadante o sedimentable por medios físicos y mecánicos. Es el resultado de la clarificación de las aguas residuales solo por sedimentación, sin ninguna acción biológica.

## Tratamiento Secundario

Consiste en la degradación de la materia por procesos biológicos.