

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**“DIAGNÓSTICO DE RED PÚBLICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y
ESTUDIO PARA LA UBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA
CIUDAD DE SAN MIGUEL”**

DOCENTE DIRECTOR:

ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ

PRESENTADO POR:

PÉREZ REYES, JULIO ERNESTO

QUINTANILLA AYALA, JOSUÉ ADOLFO

YANES ACOSTA, NORMA ENRIQUETA

PARA OPTAR AL TITULO

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL DICIEMBRE DE 2014

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

RECTOR

MS.D ANA MARIA GLOWER DE ALVARADO

VICE-RECTORA ACADEMICA

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL

LIC. FRANCISCO CRUZ LETONA

FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

LIC. CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ
DECANO

LIC. CARLOS ALEXADER DIAZ
VICE DECANO

LIC. JORGE ORTEZ HERNANDEZ
SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

AUTORIDADES

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO

JEFE DEL DEPARTAMENTO

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO BARDALES.

COORDINADORA GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO BARDALES.

COORDINADOR DE INGENIERIA

ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ

DOCENTE DIRECTOR

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO BARDALES.
COORDINADORA GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN

ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ
DOCENTE DIRECTOR

DEDICO ESTE TRIUNFO

A DIOS TODO PODEROSO: Por darme el privilegio de poder alcanzar esta meta, y aunque el camino ha sido largo y difícil Dios siempre está a mi lado para ayudarme a superar los obstáculos y seguir adelante.

A MI PADRE: Julio Pérez R .Hoy que se vuelve realidad este sueño quiero dedicarlo a su memoria, porque aunque él ya no está conmigo su recuerdo y sus consejos viven en mi mente, sus consejos son una guía para conducirme y luchar cada día de mi vida.

A MI MADRE: María D. Reyes por ser la mejor madre que pudo regalarme Dios, por su apoyo incondicional en las buenas y malas para superar las adversidades, por sus consejos y sacrificios para que yo pueda lograr este sueño.

A MI HERMANO: Israel F. Pérez por todo su sacrificio para que yo pueda alcanzar esta meta, por su paciencia, bondad y cariño incondicional. Hermano este triunfo es tuyo porque sin tu apoyo no fuera posible.

A MI HERMANA: Johana A. Pérez por apoyarme en las buenas y las malas, por su cariño y comprensión, por estar para animarme a seguir adelante cuando las adversidades parecían terminar con este sueño. A mi Hermana **Rhut Reyes** y sobrinas por apoyarme y darme ánimo para seguir a delante.

A MIS TÍOS: Antonio, Salvador y Enrique por su apoyo, por sus oraciones y buenos deseos para mi persona.

A MI PRIMO: Juan Carlos S. por su apoyo en las buenas y malas, por sus buenos deseos y cariño.

A MIS COMPAÑEROS DE GRUPO: Norma E. Yanes y Josué A. Quintanilla por su amistad y comprensión cuando las adversidades parecían vencernos.

A TODOS MIS AMIGOS Y AMIGAS: Que de una u otra manera me han apoyado con sus oraciones y buenos deseos.

JULIO ERNESTO PÉREZ REYES

DEDICO ESTE TRIUNFO

A DIOS TODO PODEROSO, Por darme sabiduría y proveer los medios para lograr alcanzar este triunfo en especial, y estar siempre a mi lado

A MIS QUERIDOS PADRES Rodolfo Rufino Quintanilla Y María Argelia Ayala Velis De Quintanilla, por confiar y ayudarme cada momento de mi carrera universitaria, y por seguir brindándome su amor y apoyo y ser siempre mis guías en cada paso de mi vida.

A MIS HERMANOS, Walter Alexander Quintanilla, Natividad Quintanilla, porque a pesar de las dificultades supieron darme la palabra de ánimo que necesitaba en el momento adecuado.

A MIS TIOS Manuel Lazo, Rosalina Lazo, Sagrario Ayala Veliz, Por brindarme su apoyo en los momentos que más necesite y el apoyo incondicional y la esperanza que tenían poder ver lograr superar mis metas.

A MIS PRIMOS Karla Lazo, Elisa Raymundo, Maritza Vásquez, Francisco Vásquez, Miguel Vásquez, Por brindarme su apoyo en los momentos que más necesite

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TESIS, por su apoyo incondicional y estar en ese momento de necesidad y brindarnos esa ayuda valorada.

JOSUE ADOLFO QUINTANILLA AYALA

DEDICO ESTE TRIUNFO:

A DIOS PADRE CELESTIAL: porque siempre me ha guiado por el camino correcto en todos los aspectos de mi vida y de manera especial para poder lograr uno de mis objetivos, él fue el motor principal en esta etapa, el que siempre me dio la fortaleza y sabiduría cuando todo parecía derrumbarse.

A MAMITA MARÍA: por interceder ante Dios todo poderoso y concederme la dicha de poder culminar mi carrera.

A MIS PADRES: Crisanto Yanes y Petrona Acosta por darme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, gracias padres por dar todo por mí, gracias a ustedes hoy puedo lograr un triunfo en mi vida, gracias por sus sacrificios porque muchas veces dejaron de pensar en lo que ustedes querían por dármelo a mí. Desde el fondo de mi corazón los amo y gracias por todos sus valiosos consejos.

A MIS HERMANOS: Blas Acosta, Wilfredo Acosta y Nora Yanes: Gracias hermanos por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional, gracias porque desde la distancia su apoyo se pudo sentir en todo momento.

A MI NOVIO: Juan Manuel Privado Rivera: por ser un apoyo más para mí en esta etapa de mi vida, gracias por tu amor y comprensión.

A MIS PRIMOS Y DEMÁS FAMILIARES: que de alguna u otra forma estuvieron apoyándome en el transcurso de mi carrera, gracias por todo su apoyo.

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO Y TESIS: Julio E. Pérez y Josué A. Quintanilla gracias por ser los mejores compañeros porque siempre me brindaron su apoyo en esta etapa de mi vida. Gracias de manera especial a Julio por su empeño y dedicación en nuestro trabajo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Que siempre me estuvieron apoyando que de alguna forma estuvieron brindándome su apoyo, consejos y dándome animo en todo momento.

NORMA ENRIQUETA YANES ACOSTA

ÍNDICE

CAPÍTULO I ANTEPROYECTO

1.1	Introducción.....	2
1.2	Antecedentes del problema.....	4
1.3	Planteamiento del problema.....	7
1.4	Enunciado del problema.....	9
1.5	Justificación.....	10
1.6	Objetivos.....	13
1.7	Alcances.....	14
1.8	Limitaciones.....	15
1.9	Metodología.....	17

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Aguas residuales.....	21
2.1.1	Origen de las aguas residuales.....	21
2.1.2	Tipos de aguas residuales.....	23
2.1.3	Características de las aguas residuales domésticas.....	26
2.1.4	Efectos dañinos de las aguas residuales en los cuerpos Receptores.....	33

2.1.4.1	Parámetros utilizados en los diseños de sistemas de Provisión.....	35
2.1.5	Recolección y drenaje de aguas residuales.....	38
2.1.6	Métodos de disposición de aguas residuales.....	39
2.2	Sistema de alcantarillado sanitario.....	40
2.2.1	Planificación de los sistemas de drenaje.....	40
2.2.1.1	Diseños preliminar.....	40
2.2.2	Criterios para el diseño del sistema de disposición de aguas Residuales.....	41
2.2.3	Selección del sistema de drenaje.....	42
2.2.4	Alcantarillado de aguas residuales.....	43
2.2.5	Tipos de alcantarillado	44
2.2.6	Componentes del sistema de alcantarillado.....	45
2.2.6.1	Tuberías.....	45
2.2.6.2	Equipo complementario o accesorio.....	48
2.2.6.3	Plantas de bombeo.....	52
2.2.6.4	Plantas de tratamiento.....	53
2.2.6.4.1	Ubicación de planta de tratamiento.....	53
2.2.6.4.2	Tratamiento de aguas residuales.....	54
2.2.6.4.2.1	Etapas del tratamiento.....	57

2.2.6.5	Selección de cuerpos receptores.....	67
2.2.6.5.1	Aspectos a considerar.....	68

CAPÍTULO III CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1	Antecedentes históricos de la ciudad de San Miguel.....	71
3.2	Aspectos geográficos de la ciudad de San Miguel.....	73
3.3	Delimitación del área de estudio.....	75
3.4	Caracterización ambiental.....	77
3.4.1	Fisiografía.....	77
3.4.2	Clima.....	78
3.4.3	Temperatura.....	80
3.4.4	Precipitación.....	82
3.5	Demografía.....	84
3.5.1	Método aritmético.....	85
3.6	Actividad socio-económica sector urbano.....	89
3.7	Uso de suelo urbano.....	92

CAPITULO IV DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

4.1	Datos de la red pública de aguas residuales de la ciudad de San Miguel.....	102
4.1.1	Descripción del sistema de alcantarillado.....	102
4.1.2	Características del sistema de alcantarillado sanitario de la Ciudad de san miguel en base al plano oficial de ANDA.....	103
4.1.3	Pozos de visita del sistema de alcantarillado de la ciudad de San Miguel.....	107
4.2	Datos característicos de la red de alcantarillado sanitario Existente.....	112
4.3	Descripción de los puntos de descargar.....	126
4.4	Métodos para aforar aguas residuales.....	137
4.4.1	Método volumétrico.....	137
4.4.2	Método pendiente y radio hidráulico.....	138
4.4.3	Método de medición de velocidad-molinete.....	139
4.4.4	Método área – velocidad.....	141
4.4.4.1	Sensor sumergido método área – velocidad.....	142
4.4.5	Método de estructura hidráulica.....	143
4.5	Descripción de instrumento utilizado para aforo.....	147
4.6	Cálculo de caudales.....	148

4.6.1	Calibración de molinete.....	149
4.6.2	Recolección de datos en caudal bajo.....	150
4.6.3	Cálculos de caudales de los puntos de descarga de la red de Alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel.	152
4.6.4	Recolección de datos en horas de caudal alto.....	159
4.7	Calculo de volumen de aguas residuales evacuadas por la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel.....	165

CAPITULO V SELECCIÓN PRELIMINAR PARA LA UBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO

5.1	Dimensionamiento.....	168
5.1.1	Dimensionamiento preliminar.....	168
5.1.1.1	Selecciones del sistema de tratamiento.....	168
5.1.2	Requerimientos de área en metros cuadrados.....	170
5.1.3	Eficacia del sistema de tratamiento.....	172
5.2	Identificación de puntos de desbordamientos del rio grande De San Miguel.....	175
5.3	Preselección de la zona más óptima para la ubicación de Planta de tratamiento.....	178
5.3.1	Ubicación y descripción de los sitios.....	179

5.3.2	Metodología para la selección del sitio.....	186
-------	--	-----

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	199
6.2	Recomendaciones.....	201
	Bibliografía.....	203
	Anexos.....	208

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1.5.1	Porcentaje de tratamiento.....	10
--------------	--------------------------------	----

CAPITULO II

Figura 2.1.2.1	Aguas pluviales.....	24
Figura 2.1.2.2	Aguas industriales.....	26
Figura 2.1.4.1	Principales vías de contagio de entero patógeno de Trasmisión hídrica.....	34
Figura 2.2.6.2.1	Pozo de visita de aguas negras.....	50
Figura 2.2.6.2.2	Pozo de visita de aguas negras.....	51
Figura 2.2.6.2.3	Detalle de caja de registro.....	51

CAPITULO III

Figura 3.2.1	Limitaciones geográficos de la ciudad de San Miguel.....	74
Figura 3.3.1	Área de estudio.....	76
Figura 3.3.2	Área de estudio.....	77
Figura 3.4.2.1	Zonas climáticas.....	79
Figura 3.4.3.1	Temperatura media anual.....	80
Figura 3.4.3.2	Temperatura máxima anual.....	81
Figura 3.4.3.3	Temperatura mínima anual.....	81
Figura 3.4.4.1	Lluvia acumulada.....	82

Figura 3.4.4.2	Anomalías de lluvia.....	83
----------------	--------------------------	----

CAPITULO IV

Figura 4.3.1	Ubicación de descarga prados de San Miguel.....	126
Figura 4.3.2	Ubicación de descarga Nueva Belén.....	128
Figura 4.3.3	Ubicación de descarga La Presita.....	130
Figura 4.3.4	Ubicación de descarga Jardines del Rio.....	132
Figura 4.3.5	Ubicación de descarga colonia San Miguel.....	135
Figura 4.4.1.1	Método volumétrico.....	138
Figura 4.4.2.1	Método pendiente y radio hidráulico.....	139
Figura 4.4.4.1	Método área – velocidad.....	142
Figura 4.4.4.1.1	Método sensor sumergido.....	143
Figura 4.4.5.1	Método de estructura hidráulica.....	144
Figura 4.6.1	Cálculos de caudal.....	148

CAPITULO V

Figura 5.3.1	sitio numero 1.....	181
Figura 5.3.2	sitio numero 2.....	182
Figura 5.3.3	sitio numero 3.....	183
Figura 5.3.4	sitio numero 4.....	184
Figura 5.3.5	sitio numero 5.....	185
Figura 5.3.6	sitio numero 6.....	186

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

CAPITULO II

Fotografía 2.1.2.1 Aguas residuales domésticas.....	23
---	----

CAPITULO III

Fotografía 3.7.1 Crecimiento de zonas de comercios, servicios y Oficinas.....	93
--	----

CAPITULO IV

Fotografía 4.1.3.1 Pozo de visita con tapadera.....	109
Fotografía 4.1.3.2 Pozo de visita soterrado.....	109
Fotografía 4.1.3.3 Pozo de visita sin su respectiva tapadera.....	110
Fotografía 4.1.3.4 Pozo de visita con tapadera sin inscripción.....	110
Fotografía 4.1.3.5 Pozo de visita en puntos de descarga.....	111
Fotografía 4.3.1 Descarga prados de San Miguel.....	127
Fotografía 4.3.2 Descarga de Nueva Belén.....	129
Fotografía 4.3.3 Descarga la Presita.....	131
Fotografía 4.3.4 Descarga la Jardines del Rio # 1.....	133
Fotografía 4.3.5 Descarga la Jardines del Rio # 2.....	134
Fotografía 4.3.6 Descarga de colonia San Miguel.....	136
Fotografía 4.4.3.1 Método molinete.....	140
Fotografía 4.5.1 Instrumento.....	147

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO II

Cuadro 2.2.6.4.2.1	Cuadro de clasificación de unidades de tratamiento..	56
--------------------	--	----

CAPITULO V

Cuadro 5.3.1.1	Valoraciones de criterios que deben cumplir los Sitios propuestos para la ubicación de planta de Tratamiento de la ciudad de San Miguel	193
----------------	---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla.2.1.3.1	Carga diaria promedio por persona.....	31
Tabla.2.1.3.2	Concentración de desechos en aguas residuales Domésticas.....	32
Tabla.2.1.3.3	Análisis de las características típicas aguas residuales Domésticas.....	32
Tabla.2.1.4.1.1	Parámetro utilizados en los diseños de sistemas de Provisión.....	37

CAPITULO III

Tabla 3.2.1	Límites de la ciudad de San Miguel.....	73
Tabla 3.5.1	Censos poblacionales.....	85

Tabla 3.5.1.1	Interpretación de resultados.....	88
Tabla 3.7.1	Uso de suelos urbanos en San Miguel.....	94
Tabla.3.7.2	Distribución de espacios en San Miguel.....	95
Tabla 3.7.3	Equipamiento urbano de San Miguel año 2009.....	100

CAPITULO IV

Tabla 4.1.2.1	Longitud de tubería clasificada por tipo de colector.....	104
Tabla 4.1.2.2	Longitud de tubería clasificada por diámetro.....	105
Tabla 4.1.2.3	Longitud de tuberías clasificada por material.....	106
Tabla 4.1.3.1	Construcción del sistema de alcantarillado.....	107
Tabla 4.4.5.1	Ventajas y desventajas de los dispositivos de medición de caudal.....	146
Tabla 4.6.1.1	Medición de caudales.....	150
Tabla 4.6.2.1	Recolección de datos.....	150
Tabla 4.6.3.1	Tablas resúmenes de cálculos de aforos.....	156
Tabla 4.7.1	Tabla de volúmenes de aguas residuales descargadas por la red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad de San miguel.....	166

CAPITULO V

Tabla 5.1.1.1	Rango de aplicación para sistemas de tratamiento en función de la población.....	169
---------------	---	-----

Tabla 5.1.2	Área requerida por los diferentes procesos de Tratamientos.....	171
Tabla 5.1.3	Resumen comparativo de las principales alternativas de Tratamiento de aguas residuales con relación a la Eficacia.....	173
Tabla 5.1.4	Métodos seleccionados.....	174
Tabla 5.2.1	Colonias aledañas al Rio Grande de San Miguel.....	176
Tabla 5.3.1.1	Coordenadas geográficas de ubicación de los terrenos Propuesto para la ubicación de planta de tratamiento.....	180
Tabla 5.3.2.1	Clasificación de las comunidades de acuerdo al riesgo que Representa.....	188
Tabla 5.3.2.2	el sitio está ubicado en zona de desbordamiento.....	189
Tabla 5.3.2.3	Área adecuada para albergar las instalaciones de una PTAR.....	190
Tabla 5.3.2.4	Accesibilidad a cuerpo receptor.....	190
Tabla 5.3.2.5	Distancia con respecto a las zonas habitadas.....	191
Tabla 5.3.2.6	Uso del suelo del sitio propuesto.....	191
Tabla 5.3.2.7	Topografía del sitio propuesto.....	192

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Casco urbano de la ciudad de San Miguel.

Anexo 2: Plano de desarrollo general.

Anexo 3: Uso de suelo urbano.

Anexo 4: Norma peruana para planta de tratamiento.

Anexo 5: Reglamento de ley de construcción y urbanismo.

Anexo 6: Glosario

Anexo 7: Planos

Anexo 7.1: Hoja 1/4 Zonas sin cobertura de red pública de alcantarillado sanitario en la ciudad de San Miguel.

Anexo 7.2: Hoja 2/4 Diámetros de tubería de la red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel.

Anexo 7.3: Hoja 3/4 Material de la tubería de red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel.

Anexo 7.4: Hoja 4/4 Sitios de ubicación para planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la ciudad de San Miguel.

SIGLAS

ANDA = Administración de Acueductos y Alcantarillado.

ISDEM = Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal.

ISDEMU = Instituto Salvadoreño para el Desarrollo de la Mujer.

INDES = Instituto Nacional de los Deportes del Salvador.

CNR = Centro Nacional de Registro.

PNC = Policía Nacional Civil.

INPEP = Instituto Nacional de Pensiones de los Empleados Públicos.

MINED = Ministerio de Educación.

CENTA = Centro Nacional de Registro.

ISSS = Instituto Salvadoreño del Seguro Social.

ISTA = Instituto Salvadoreño de Transformación Agraria.

MOP = Ministerio de Obras Públicas.

SERTRACEN = Servicios de Transito Centroamericanos.

DIGESTYC = Dirección General de Estadísticas y Censos.

MARN = Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

MINSAL = Ministerio de Salud.

PLAMADUR = Plan Maestro de Desarrollo Urbano.

SNET = Sistema Nacional de Estudios Territoriales.

ENMA = Estrategia Nacional de Medio Ambiente.

UES = Universidad de El Salvador.

MINEC = Ministerio de Economía.

VMVDU = Viceministerio de vivienda y Desarrollo Urbano.

A.N = Aguas Negras.

FMO = Facultad Multidisciplinaria Oriental.

CONACYT = Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

CAPITULO I

ANTEPROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial, económico y el crecimiento poblacional han generado caudales de aguas negras cada día mayores y por lo tanto mayores volúmenes de aguas descargadas directamente a los cuerpos receptores (ríos, lagos, quebradas y otros). El grado de contaminación que los cuerpos de agua han alcanzado es tal que amenaza la vida de los seres vivos.

La disposición final de las aguas negras es un problema mundial que afecta a todos los habitantes del planeta, cada día esta problemática llama más la atención de científicos, ambientalistas, políticos y en general de todos los sectores de la sociedad, que de una u otra forma es afectada por la contaminación que las aguas negras generan al no ser tratadas de forma adecuada.

Las comunidades más afectadas son las que se encuentra aguas abajo de los puntos de descargas en el caso de los ríos y quebradas. En los lagos todas las personas que hacen uso de las aguas de estos son afectadas directamente. La contaminación genera problemas de salud según datos del Ministerio de Salud MINSAL (2011) los cuales revelan que durante el año 2011 se identificó la diarrea de presunto origen infeccioso como la sexta causa de consulta, con más de 300 mil casos a nivel nacional, los cuales incluyen parasitismo intestinal, fiebre tifoidea, paratifoidea y salmonelosis, estas enfermedades están directamente ligadas a la contaminación hídrica. Es importante mencionar que las enfermedades intestinales al no ser tratadas eficazmente pueden ser mortales.

Esta problemática afecta las comunidades que se encuentran asentadas aguas abajo de los puntos de descargas de aguas negras en el Río Grande de San Miguel, el desarrollo de la ciudad en todas las áreas, la explotación demográfica y la falta de tratamiento a las aguas utilizadas, generan una contaminación muy alta del Río Grande de San Miguel que amenaza los seres vivos que utilizan el agua del río.

Este documento tiene el objetivo de dar a conocer la investigación que se realizara para el DIAGNOSTICO DE RED DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y ESTUDIO PARA LA UBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, contiene el protocolo de investigación, en el cual se detalla, la problemática donde se hace alusión a la contaminación del Rio Grande de San Miguel por las descargas de aguas residuales domesticas realizadas, y a estudios realizados por instituciones involucradas en la problemática.

El planteamiento del problema, el enunciado del problema, la justificación, objetivos, alcances, limitaciones, metodología de la investigación, la caracterización de la zona de estudio, fundamentación teórica, análisis y discusión de datos del sistema de alcantarillado sanitario, bibliografía, anexos y un cronograma de actividades a realizar.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel y particularmente la red que funciona en el casco histórico, tiene más de medio siglo de antigüedad, al realizar un recorrido por esta zona de la ciudad en busca de las tapaderas de los pozos de visita, se puede leer con dificultad el año de construcción de la red, las tapaderas de esta zona tienen grabado el año de 1958, esta referencia es el único dato más o menos confiable que se tiene, en el caso de que estas sean las mismas que se colocaron cuando se construyeron los pozos.

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), no cuenta con datos verídicos de la fecha de construcción de la red de alcantarillado sanitario, ya que la institución fue fundada en el año de 1961, anteriormente a esta fecha las alcaldías eran quienes se encargaban de controlar y administrar los acueductos y alcantarillados del país; existía una dependencia del Ministerio de Obras Públicas (MOP) llamado “Departamento de Obras Hidráulicas”.

Este se encargaba del mantenimiento y ampliaciones del servicio de agua potable. Posteriormente el “Departamento de Hidráulica” se convirtió en “Dirección de Hidráulica”, en el año 1943, se convirtió en “Dirección General de Obras Hidráulicas”, independiente del MOP, pero aún bajo el control de los cobros y pagos de los proyectos ejecutados. El 17 de octubre de 1961, según el decreto 341 del Directorio Cívico Militar de El Salvador, conformado por: Aníbal Portillo, Feliciano Avelar y Mariano Castro Morán, se creó ANDA.

El Plan Maestro de Desarrollo Urbano (PLAMADUR) de la ciudad de San Miguel, muestra que la red de alcantarillado sanitario de la ciudad tiene más de 50 años. Además el PLAMADUR indica que la tubería colocada en la zona del casco histórico de la ciudad es de 8 pulgadas de diámetro, resultando estrecha, el sistema se diseñó para que operara de forma independiente del alcantarillado pluvial, al parecer

se han realizado conexiones clandestinas que introducen aguas lluvias, la sospecha se tiene debido a que se ha podido constatar un aumento significativo de los caudales de descarga de aguas negras en épocas de lluvias.

Dichos factores han contribuido a frecuentes obstrucciones, por lo que la actividad de las brigadas de mantenimiento es desobstruir. A ello se le suma la reducción de capacidad de las tuberías debido a la densificación que ha sufrido el casco urbano. Las aguas negras de la red de alcantarillado sanitario público son descargadas directamente en un 100% sin ningún tratamiento previo, a las quebradas o directamente al Río Grande de San Miguel.

La contaminación del Río Grande de San Miguel es un problema muy serio, lo que amerita decisiones y acciones rápidas para evitar la pérdida de este importante río, la contaminación de las aguas es debido a las descargas de aguas negras proveniente de la ciudad de San Miguel sin ningún tipo de tratamiento, incrementando la contaminación de las aguas del Río Grande.

Según Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN (2012) “Catálogo de Zonas Críticas Prioritarias en Humedales Ramsar”. El agua residual de origen urbano no tratada contamina el agua con patógenos dañinos a la salud humana y vida silvestre aledaña, reduce los niveles de oxígeno, incrementa la turbidez del agua, eleva la contaminación, lo cual limita los usos del recurso hídrico así como la biodiversidad acuática.

El grado de contaminación de las aguas del Río Grande es alto. El perímetro en donde el río se contamina más por los desechos que recibe es el que bordea la ciudad de San Miguel, ya que en este tramo del río se realizan las descargas de las aguas negras de la ciudad. En la zona urbana de la ciudad de San Miguel existen once puntos de descarga de aguas residuales domesticas según el plano oficial de la red de alcantarillado sanitario de ANDA, del total de puntos de descarga seis

están bajo la responsabilidad de la autónoma, los cinco puntos de descarga restantes pertenecen a redes privadas de aguas negras, a continuación se listan los once puntos de descarga, los cuales se han ordenado a partir del primer punto que se encuentra partiendo desde el puente Urbina hacia el Sur.

- ☞ Descarga El Molino.
- ☞ Descarga Pasadena y Las Águilas.
- ☞ Descarga San Francisco.
- ☞ Descarga Prados de San Miguel.....(Bajo responsabilidad de ANDA)
- ☞ Descarga Santa Emilia
- ☞ Descarga Nueva Belén N°1.
- ☞ Descarga Nueva Belén N°2.....(Bajo responsabilidad de ANDA)
- ☞ Descarga La Presita.....(Bajo responsabilidad de ANDA)
- ☞ Descarga Jardines del Rio N° 1.....(Bajo responsabilidad de ANDA)
- ☞ Descarga Jardines del Rio N° 2.....(Bajo responsabilidad de ANDA)
- ☞ Descarga colonia San Miguel.....(Bajo responsabilidad de ANDA)

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación de los ríos de El Salvador alcanza niveles alarmantes, los estudios realizados por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, arrojan datos elevados de contaminación. Tal es el caso del informe realizado por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET. (2003) sobre la “contaminación del Río Grande de San Miguel en el cual se calificó la calidad del agua como “regular”, para indicar la amenaza que representaban las aguas para el contacto humano”.

En la investigación, SNET. (2003) “se estimó que el río presentaba valores arriba de las 1,000 bacterias coliformes (bacterias de heces fecales) por cada 100 mililitros (ml) de agua. Para marzo 2004, se presentó un deterioro mayor en la calidad de las aguas del río. En esa ocasión, se mostraron valores de coliformes fecales hasta de 2,2 millones de bacterias por 100 mililitros. La enorme contaminación, coincide con la ejecución de diversos proyectos urbanísticos según la investigación”.

Estos valores de contaminación tienen una relación directa con las descargas de aguas negras de la red de alcantarillado de la ciudad, que se efectúan sin ningún tratamiento que regularice la contaminación del agua arrojada al río. Es importante añadir que la red de alcantarillado actual de la ciudad de San Miguel es obsoleta e insuficiente para satisfacer la necesidad de evacuar las aguas utilizadas.

Según datos del MARN recolectados por la Estrategia Nacional de Medio Ambiente ENMA (2013). Que está compuesta a su vez por la estrategia de Saneamiento Ambiental declara que, “La construcción de la red de alcantarillado sanitario y aguas lluvias del país data de los años 60, encontrándose en funcionamiento tuberías de diámetros insuficientes para manejar los caudales del crecimiento poblacional de los últimos 50 años, lo que provoca el colapso de las tuberías debido a que muchos

sistemas de aguas negras aún poseen tuberías de concreto, que junto con los movimientos telúricos causan fisuras, derrames y hundimientos del terreno”.

Otro aspecto importante es la falta de planificación para el desarrollo del país, incluyendo los sistemas de alcantarillado sanitario. La problemática de la contaminación del Río Grande de San Miguel es tal que, hay investigaciones que pronostican la pérdida de todo el ecosistema del río, a causa de los niveles de contaminación que este contiene en la actualidad. Una de esas investigaciones es la realizada por la Facultad Multidisciplinaria de Oriente de la Universidad de El Salvador (UES), la que señala la gravedad de las condiciones del cuerpo de agua.

Navarro, Pedro Ulises (2001), del departamento de Ciencias Químicas, sostiene que un total de 855 millones de litros de aguas negras, se vierten al río cada mes. De seguir estos niveles de descarga, sumado a los cuerpos sólidos que se lanzan al cauce, el Río Grande de San Miguel podría desaparecer o reducir aún más en solo 15 años. Esto fue publicado por la periodista Bernal, Sonia (2008) El Río Grande se extingue. El Migueleño. El Salvador. 23 de julio de 2008.

La situación en que se encuentra el Río Grande es muy crítica y amerita de soluciones que permitan reducir la contaminación generada por las descargas de aguas negras proveniente de la ciudad, una de las opciones más viables desde el punto de vista técnico, es llevar a cabo un diagnóstico de la red de alcantarillado sanitario existente, y un estudio de lugares óptimos para la construcción de planta de tratamiento para las aguas negras de la ciudad. Evitando de esta manera las descargas de aguas contaminadas, al cauce del Río Grande.

1.4 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La contaminación del Río Grande de San Miguel tiene una relación directa con las descargas de aguas residuales al cauce del río, la construcción de una planta de tratamiento es una necesidad para recuperar el ecosistema de éste, para materializar la construcción del proyecto es necesario realizar un DIAGNOSTICO DE RED PUBLICA DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y ESTUDIO PARA LA UBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL. El estudio sentará las bases para la realización del proyecto, de la forma más económica, eficiente y rápida posible, para evitar la contaminación del Río Grande de San Miguel.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En El Salvador debido al crecimiento poblacional y mala planificación del territorio, existe una expansión urbana desordenada debido a la migración de la población rural hacia las ciudades, tal es el caso de la ciudad de San Miguel, en donde la búsqueda de mejores oportunidades en los diferentes ámbitos tales como: Laborales, estudiantiles, mejores servicios de salud y otros. Ello implica una mayor demanda de viviendas que posean los servicios básicos para la habitación de las personas.

Actualmente existe una notable deficiencia tanto en el sistema de agua potable, aguas lluvias y sobre todo en el sistema de alcantarillado sanitario esto se refleja en el gráfico que aparece en la figura 1.5.1, debido a que las instituciones responsables no han realizado el correspondiente mantenimiento a dichos sistemas.



FIGURA 1.5.1 PORCENTAJE DE TRATAMIENTO

FUENTE: MARN

Según MARN de los 262 municipios que conforman El Salvador, 168 son administrados por ANDA y 89 por alcaldías municipales, juntas de agua, empresas de capital mixto, etc.; de los administrados por ANDA, 81 municipios cuentan con sistema de alcantarillado sanitario, y de éstos, únicamente ocho cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico.

Debido a que los municipios son los responsables de prestaciones de servicios de aseo público, cementerios, rastros municipales, mercados y la regulación de actividades económicas, pero no son responsables de la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable, alcantarillado sanitario ni tratamiento de aguas residuales; según la ley esta obligación recae en ANDA, sin embargo, el marco normativo obsoleto ha provocado que el país no pueda avanzar en el tema de saneamiento ambiental, especialmente en lo que se refiere a aguas residuales tratadas.

En San Miguel según el boletín estadístico ANDA (2011), la población que cuenta con los servicios de alcantarillado sanitario en el casco urbano de la ciudad de San Miguel es de un 60.2% con respecto a una población de 175,379 habitantes. La ciudad cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario cuya red de tubería en el casco histórico excede los 50 años de antigüedad. El sistema de descarga de todos los colectores de la ciudad es por gravedad, vertiendo al Río Grande de San Miguel las aguas sin previo tratamiento, el cual se ha convertido en el principal o mejor dicho en el único cuerpo receptor de los diferentes puntos de descargas de agua residuales domésticas, ya sea directa o indirectamente mediante las quebradas que atraviesan la ciudad.

Dada la antigüedad y las constantes obstrucciones que manifiestan las tuberías por las diversas actividades humanas, y por la densificación del casco urbano es necesario realizar un diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado sanitario.

Una manera de disminuir en gran medida la contaminación provocada por las descargas de aguas negras, es que la ciudad cuente con un sistema de tratamiento, lo cual permitiría minimizar los altos daños que sufre el Río Grande de la ciudad de San Miguel.

La opción más viable para enfrentar y reducir de alguna manera la problemática de contaminación provocada por las descargas de aguas residuales al Río Grande, es que sean sometidas a un proceso de tratamiento, para poder lograr dicho propósito es necesario la construcción de una planta de tratamiento. Para llegar a la materialización de un proyecto de tal magnitud, se requiere una investigación en la que se tome en cuenta una serie de parámetros y requisitos como los siguientes:

- ☞ Topográficos.
- ☞ Hidráulico.
- ☞ Evaluación de la red de alcantarillado.
- ☞ Identificación de suelos y otros.

1.6 OBJETIVOS

Objetivo general

Diagnosticar las condiciones actuales de la red pública de alcantarillado sanitario y establecer las condiciones preliminares, para la ubicación más óptima de una planta de tratamiento de las aguas residuales domesticas de la ciudad de San Miguel.

Objetivos específicos

- ☞ Realizar una recopilación de documentos oficiales de la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel.
- ☞ Describir los datos característicos existentes, de la red pública de alcantarillado sanitario instalada en la ciudad de San Miguel.
- ☞ Indagar el estado físico de los componentes que sean visibles de la red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel.
- ☞ Efectuar los aforos de los puntos en donde descarga la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel.
- ☞ Realizar el cálculo respectivo para conocer el caudal y volumen de aguas residuales evacuadas por la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel.
- ☞ Identificar los sitios de la ciudad de San Miguel que no poseen el sistema de alcantarillado sanitario.
- ☞ Representar mediante un plano, las zonas urbanas de la ciudad que no cuentan con la red de alcantarillado sanitario en la actualidad.
- ☞ Seleccionar preliminarmente la zona más óptima para la ubicación de una planta de tratamiento.

1.7 ALCANCES

- ☞ Presentar en esta investigación toda la información que esté disponible, de la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel con el fin de que sea accesible para cualquier persona que la requiera.

- ☞ Recopilar documentos oficiales de la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel, que estén disponible en las instituciones involucradas.

- ☞ Identificar el estado físico de los elementos de la red de alcantarillado sanitario público, mediante una evaluación visual.

- ☞ Identificar en el tramo del río que bordea la ciudad de San Miguel, los puntos en donde frecuentemente se desborda, con el fin de descartarlos como posibles lugares para la ubicación de una planta de tratamiento.

- ☞ Analizar los usos del suelo de la zona urbana de la ciudad de San Miguel, con el fin de determinar el lugar más adecuado desde la perspectiva de uso del suelo, para la ubicación de una planta de tratamiento de aguas negras.

- ☞ Realizar una selección de posibles lugares para la ubicación de una planta de tratamiento para la ciudad de San Miguel, tomando como referencia criterios básicos que permitan determinar la ubicación más óptima.

1.8 LIMITACIONES

En la realización de la presente investigación se hacen evidentes una serie de limitantes, que será necesario resolver de ser posible o buscar una solución alterna, que posibilite desarrollar la investigación para alcanzar los objetivos propuestos.

- ☞ El diagnóstico se realizará únicamente en la zona urbana de la ciudad de San Miguel.
- ☞ La recopilación de documentos se realizará en las instituciones involucradas en la problemática.
- ☞ La información sobre la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel, está incompleta debido a que ANDA solo tiene información de los últimos diez años hasta la fecha actual.
- ☞ Los datos de los proyectos que se encuentran en ejecución, la normativa de ANDA restringe el acceso a la información hasta que estos sean habilitados.
- ☞ La investigación del estado físico de los componentes de la red de alcantarillado, únicamente se realizará en aquellos que sean visibles tales como: obras complementarias de los puntos de descarga y tapaderas de pozos de inspección o de visita.
- ☞ Los aforos se llevarán a cabo en seis puntos de descargas, los cuales están bajo la responsabilidad de ANDA.
- ☞ La realización de los aforos se llevará a cabo en un período de una hora para el caudal bajo y para caudal alto, haciendo uso de los métodos de el molinete y volumétrico únicamente.
- ☞ La identificación de las zonas urbanas de la ciudad de San Miguel que no poseen la red de alcantarillado sanitario, se realizará en base al plano oficial de aguas negras de la red pública de ANDA.

- ☞ La identificación de los puntos en donde el Río Grande de San Miguel sufre desbordamiento, se realizará tomando como base investigaciones realizadas por la Facultad Multidisciplinaria Oriental e instituciones gubernamentales.
- ☞ Se propondrá la zona para la ubicación de una planta de tratamiento para las aguas residuales de la ciudad de San Miguel, sin llegar a la etapa de diseño.
- ☞ La selección del sitio para la ubicación de la planta de tratamiento se realizará respetando los criterios siguientes: áreas despobladas, magnitud del área disponible, alejado de la zona urbana, accesibilidad al cuerpo receptor, ubicada en una zona donde no existan desbordamiento del cuerpo receptor, relieve del terreno y uso del suelo.
- ☞ En la investigación no se contempla la realización del levantamiento topográfico del terreno que se seleccione para la ubicación de la planta de tratamiento, únicamente se propondrá la zona más óptima para dicha obra.
- ☞ Por no poseer en El Salvador normativas para la ubicación de plantas de tratamiento, en esta investigación se utilizarán normativas internacionales.

1.9 METODOLOGÍA

La realización del diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel requerirá de la búsqueda de información bibliográfica relacionada al tema de investigación, la cual será recolectada en las instituciones involucradas en el tema; las cuales son: ANDA, Alcaldía Municipal, MARN y otras instituciones que posean datos al respecto, además se recopilará información en trabajos de graduación relacionados con el tema de dicha investigación, libros que aborden la temática de alcantarillados sanitarios, entrevistas con los responsables de las instituciones involucradas y expertos en el tema.

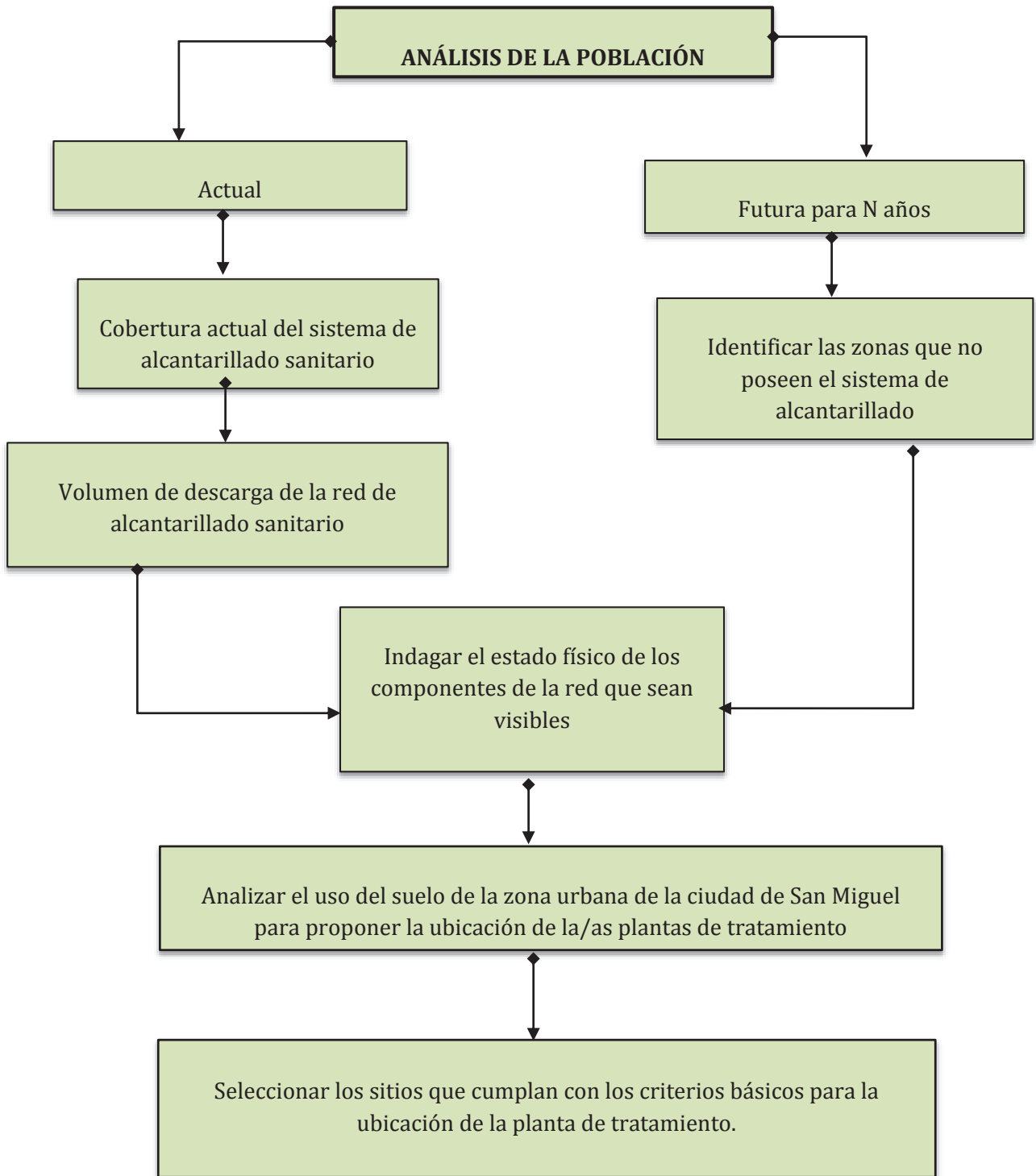
Para la recolección de datos de campo del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel, se solicitará a las instituciones responsables documentos tales como planos, mapas, reportes, investigaciones y visitas de campo para recolectar datos *in situ* que ayuden a realizar esta investigación cumpliendo así con los objetivos propuestos, una vez recolectada la información bibliográfica como de campo se procederá al análisis, cálculo y tabulación de esta para elaborar este documento.

Como ilustra el esquema siguiente se realizará un análisis de la población servida en el presente como a futuro, con el objeto de conocer la demanda actual y futura del servicio de alcantarillado sanitario de la ciudad. La población actual servida se tomará del boletín estadístico anual de ANDA y la población futura para el año N se calculará haciendo uso de la tasa de crecimiento poblacional del departamento de San Miguel publicada en el último censo poblacional disponible al público, después se procederá a la recolección de datos de campo para calcular el volumen de descarga del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel, también se tomará como base de datos el plano oficial del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel proporcionado por ANDA.

Con la información que sea posible recopilar se procederá al análisis, cálculo y tabulación de la misma. Seguidamente se procederá a la búsqueda del lugar más apropiado para el emplazamiento de la o las plantas de tratamiento que permitan reducir los contaminantes de las aguas residuales y así poder descargarlas al Río Grande sin impactar el medio ambiente de forma negativa.

Para proponer el lugar del emplazamiento de la planta de tratamiento será necesario tomar en cuenta la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad de San Miguel y el uso del suelo de la misma, con el objetivo de seleccionar el lugar más adecuado para la ubicación de la o las plantas de tratamiento. Se hará uso de programas especializados para ingeniería que permitan una mayor precisión en los cálculos y análisis de la información recopilada para la elaboración de esta investigación.

ESQUEMA METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 AGUAS RESIDUALES

El agua residual se define como un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales, a la vez por desechos de centros comerciales, fábricas o campos de riego. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo.

A las aguas residuales también se les llama aguas servidas, fecales o cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen muchas veces las aguas lluvias y las infiltraciones de agua del terreno. El término aguas negras también es equivalente debido a la coloración oscura que presentan. El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua producto del uso humano.

2.1.1 Origen de las aguas residuales

Portillo José y otros (2005) señalan que las aguas residuales consisten en los residuos líquidos producidos en residencias, establecimientos comerciales e instituciones; residuos líquidos descargados por industrias, y cualquier agua subterránea, superficial o de lluvia que ingrese a las alcantarillas. La primera de estas es comúnmente llamada agua residual sanitaria o domestica; la segunda residuo industrial, mientras que la tercera comprende flujo de entrada y aguas lluvias residuales. Las alcantarillas a menudo son clasificadas de acuerdo con su uso.

De esta manera las alcantarillas sanitarias conducen residuos domésticos, residuos industriales y cualquier agua subterránea, superficial o de lluvia que entra a través de uniones, tapas de pozos de inspección o de defectos en el sistema.

El uso doméstico, industrial, energético y agrario, producen efluentes de aguas servidas como se les denomina también a las aguas residuales, que se han de considerar dentro de la utilización racional del ciclo del agua, estas constituyen grandes factores contaminantes. Las aguas residuales tienen su origen dependiendo del uso que se le dé al agua limpia.

Los orígenes de las aguas residuales pueden ser:

- ☞ El uso doméstico del agua tiene como resultado, las aguas de los alcantarillados de las ciudades, aguas negras que han de retornar al ciclo hidrológico previa su depuración, y que conforman toda una problemática de saneamiento bastante compleja.
- ☞ El uso industrial puede ser que tenga lugar en un circuito cerrado y que no contamine o bien puede tratarse de un uso que utilice el agua como vehículo y que posteriormente, en sus vertidos, contamine no solamente por sí misma, sino también por la presencia de residuos industriales que salgan conjuntamente con la producción.
- ☞ El uso agrícola para regadío con la utilización intensiva de pesticidas y de otros productos químicos, constituye otro factor contaminante, muchas veces menos controlado que los usos antes mencionados (domésticos e industriales).

2.1.2. Tipos de aguas residuales.

Las aguas residuales de los distintos sistemas de alcantarillado, se pueden clasificar según su procedencia de la siguiente manera:

- ☞ *Aguas negras domesticas*
- ☞ *Aguas negras sanitarias*
- ☞ *Aguas negras combinadas*
- ☞ *Industriales,*
- ☞ *Pluviales y*
- ☞ *Agrícolas*

Aguas negras domesticas: Son las que contienen desechos humanos, animales y caseros. Además se incluyen la infiltración de aguas subterráneas. Estas provienen de las zonas residenciales, 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 habitante



FOTOGRAFIA 2.1.2.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO.

Aguas negras sanitarias: Estas incluyen además de las aguas negras domésticas, una gran parte de los desechos industriales de la población.

Aguas pluviales: Son las que se forman debido al escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen de los techos, pavimentos y otras superficies naturales de terreno. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo. Las aguas pluviales también pueden penetrar en la red de alcantarillado sanitario a través de tapaderas de pozos de registro y otras vías de entrada. Estas aguas pluviales entran en la red y se mezclan con las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales que se descargan directamente a la red, formando un agua residual bruta diluida.



FIGURA 2.1.2.1 AGUAS PLUVIALES

FUENTE: GOOGLE

Aguas negras combinadas: Son las que se forman de la mezcla de las aguas domésticas y pluviales, cuando se colectan en la misma alcantarilla.

Aguas negras industriales: Las aguas negras industriales son las aguas de desechos que provienen de los procesos industriales. En algunos casos se colectan aisladamente o se agregan a las aguas negras sanitarias o combinadas.

Incluyen todos los desechos sólidos, líquidos y gaseosos que producen las industrias de transformación y otras. Estos desechos varían tanto en cantidad como en composición, con el tipo de industria y con los procesos empleados en la misma.. El problema se ha acelerado aún más con el incremento de industrias con desechos de difícil tratamiento y disposición. En general las aguas industriales contienen materia mineral suspendida, coloidal y disuelta, así como sólidos inorgánicos, pueden ser excesivamente ácidas o alcalinas, tener alta o baja concentración de material colorante, pueden contener materiales inertes, orgánicos o tóxicos y posiblemente bacterias patógenas.

Muchas veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día. Son mucho más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar. Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.



FIGURA 2.1.2.2 AGUAS INDUSTRIALES
FUENTE: GOOGLE

Aguas residuales agrícolas

Son generadas por la producción agrícola y agropecuaria, la cual incluye:

- ☞ Desechos de animales
- ☞ Materia vegetal.

2.1.3 Características de las aguas residuales domésticas.

Las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual, varían con respecto al lugar de donde provienen. Esto, aunado a los errores a que están sujetas las pruebas para su muestreo produce una considerable incertidumbre con respecto a las características reales del agua que se está analizando, por lo cual deben realizarse programas extensivos de pruebas para poder conseguir valores que se acerquen más a los verdaderos parámetros que caracterizan dicha agua. Los valores típicos que se presentan más adelante son valores promedio que no deben ser supuestos para representar el agua de una comunidad particular.

Características físicas

Las características físicas más importante es su contenido total de solidos el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión. Las características físicas del agua incluyen la turbidez, el color, la temperatura y solidos totales.

☞ Solidos totales.

Analíticamente, el contenido total de solidos de un agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de evaporación a 103-105 grados centígrados. Los sólidos totales proceden del agua de abastecimiento, del uso industrial y del uso doméstico. Los sólidos se denominan de la siguiente forma:

- ☞ Sólidos totales. ST
- ☞ Sólidos en suspensión, SS
- ☞ Sólidos totales disueltos, $STD = ST - SS$
- ☞ Sólidos totales volátiles, STV
- ☞ Sólidos volátiles en suspensión, SVS.

☞ Turbidez.

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz, impidiendo su transmisión. Aun así, no es posible afirmar que exista una relación entre la turbiedad y la concentración de sólidos en suspensión de un agua no tratada.

☞ **Color.**

Históricamente, para la descripción de un agua residual, se empleaba el término condición junto con la composición y la concentración. Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor. El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Llegado este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

☞ **Temperatura.**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y sólo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21°C, pudiéndose tomar 15,6 °C como valor representativo.

Características químicas

Las características químicas de las aguas residuales se abordan en los siguientes cuatro apartados:

- ☞ La materia orgánica,
- ☞ La medición del contenido orgánico
- ☞ La materia inorgánica
- ☞ Los gases presentes en el agua residual.

☞ Materia orgánica

En un agua residual de intensidad media un 75% de los sólidos suspendidos y un 40% de los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, hidratos de carbono, grasas y aceites.

☞ Medición del contenido orgánico

Se ha desarrollado una serie de ensayos para determinar el contenido orgánico de las aguas residuales. Los métodos de laboratorio que se han utilizado son demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), y carbono orgánico total (COT). Como complemento a estos ensayos de laboratorio se emplea la demanda teórica de oxígeno (D.Te.O), parámetro que se determina a partir de la fórmula química de la materia orgánica.

☞ **Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O)**

El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la D.B.O a los 5 días.

☞ **Demanda química de oxígeno (D.Q.O)**

El ensayo de la D.Q.O se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas residuales como naturales. La D.Q.O de un agua es por lo general, mayor que la D.B.O porque es mayor el número de compuesto que pueden oxidarse por vía química que biológicamente. La D.Q.O puede determinarse en aproximadamente 3 horas.

☞ **Carbono orgánico total (C.O.T)**

En este ensayo, las sustancias orgánicas y, y en menor escala, las inorgánicas se transforman en productos finales estables dentro de una cámara de combustión catalizada con platino. La D.T.O se determina observando el contenido del oxígeno presente en el gas que transporta el nitrógeno.

☞ **Demanda teórica de oxígeno (D.Te.O.)**

La materia orgánica de origen animal o vegetal en las aguas residuales es, por lo general, una combinación de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno.

☞ **Materia inorgánica**

Varios componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales tienen importancia para el establecimiento y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan por la formación geológica con la que el agua entra en contacto y también por las aguas residuales tratadas o sin tratar que descargan a ella. Las aguas residuales, a

excepción de algunos residuos industriales, son raramente tratadas para la eliminación de los constituyentes inorgánicos que se añaden en el ciclo de su utilización.

☞ Gases presentes en el agua residual

Los gases más frecuentemente encontrados en el agua residual sin tratar son nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano. Los tres primeros son gases comunes de la atmósfera y se encuentran en todas las aguas que estén expuestas al aire. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual.

Características típicas

Estos valores son de mucha utilidad para el tratamiento de aguas residuales, ya que aunque no pueden ser directamente utilizados, permiten conocer los posibles valores a esperarse al realizar las correspondientes pruebas a dichas aguas. En las tablas 2.1.3.1 a 2.1.3.3 se resumen los valores de las diferentes características típicas: físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales domésticas. Los valores mostrados son concentraciones medias sobre un extenso periodo de tiempo, los valores instantáneos pueden oscilar ampliamente con respecto a estas cifras.

Tabla 2.1.3.1. Carga diaria promedio por persona.

MATERIAL	TOTAL	ORGANICO	INORGANICO
	(g/p.d)	(g/p.d)	(g/p.d)
Total de desechos	190	110	80
Sustancias disueltas	100	50	50
En suspensión	90	60	30
Sedimentable	60	40	20
No sedimentable	30	20	10

Tabla 2.1.3.2. Concentraciones de desechos en aguas residuales domésticas.

MATERIAL	TOTAL	ORGANICO	INORGANICO
	(g/p.d)	(g/p.d)	(g/p.d)
Total de desechos	12060	730	530
Sustancias disueltas	660	330	330
En suspensión	600	400	200
Sedimentable	400	270	130
No sedimentable	200	130	70

(SEGÚN EL MANUAL DE DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES, CORPORACIÓN TÉCNICA REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA).

Tabla 2.1.3.3 Análisis de las características típicas de las aguas residuales domesticas

CONSTITUYENTES	CONCENTRACION		
	Alta	Media	Baja
Solidos totales	1000	500	200
Volátiles	700	350	120
Fijos	300	150	60
Totales en suspensión	500	300	100
volátiles	400	250	70
Fijos	200	100	50
Totales disueltos	500	200	100
Volátiles	300	100	50
Fijos	200	100	50
Sedimentables	12	8	4
DBO ₅	300	200	100
Consumo de oxígeno	150	75	30
Oxígeno disuelto	0	0	0
Nitrógeno total	85	60	25
Orgánico	35	20	10
Amoniacal	30	30	15
Nitrito	0.1	0.05	0
Nitrato	0.4	0.2	0.1
Cloruros	175	100	15
Alcalinidad (C ₂ CO ₃)	200	100	50
Grasas y aceites	40	20	0

(SEGÚN EL MANUAL DE DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES, CORPORACIÓN TÉCNICA REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA)

2.1.4 Efectos dañinos de las aguas residuales en los cuerpos receptores

El agua es un recurso natural renovable en la medida en que el hombre lo utilice en forma racional. El proceso de contaminación de las aguas se ha acelerado en el presente siglo debido al crecimiento industrial y urbano, y a la expansión de las áreas agrícolas. Todo proyecto afecta positiva o negativamente su área de influencia, independientemente de que el objetivo del mismo sea la preservación de la salud o el mejoramiento de la calidad de vida de una comunidad, como sucede con los sistemas de acueducto, alcantarillado y plantas de tratamiento de líquidos residuales. La contaminación de las aguas se produce al descargar en las corrientes, aguas residuales que contienen microorganismos patógenos o sustancias tóxicas que alteran los procesos naturales. El vertimiento de aguas residuales de origen urbano, sin tratamiento previo, a las aguas es una práctica generalizada en las ciudades y pueblos. Estos vertimientos se producen a través de los sistemas de alcantarillado y, en algunos casos, en forma directa provocando efectos de eutrofización y disminución de biodiversidad.



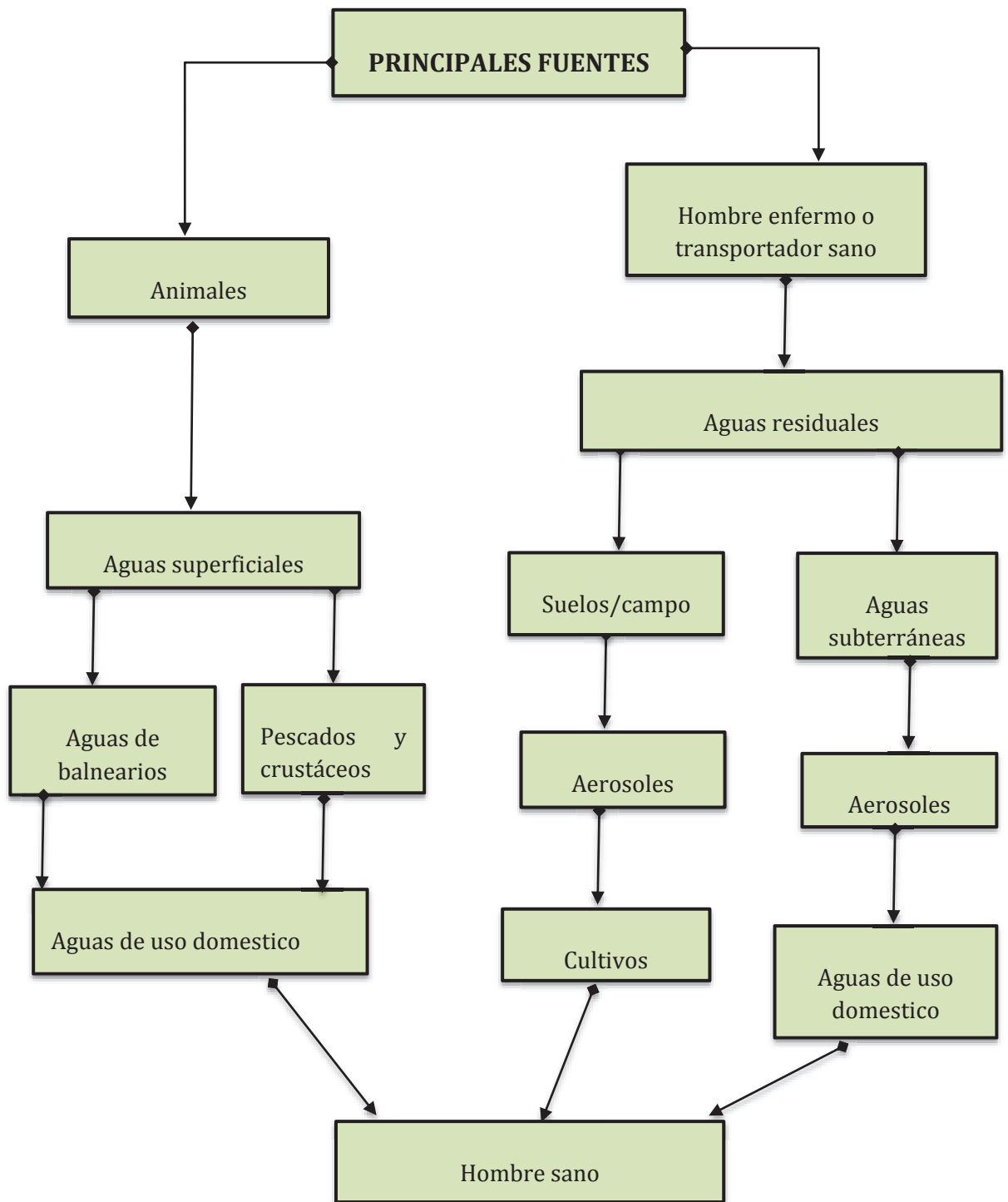


FIGURA. 2.1.4 .1 PRINCIPALES VÍAS DE CONTAGIO DE ENTERO PATÓGENO DE TRANSMISIÓN HÍDRICA.

FUENTE: MANUAL DE INGENIERÍA SANITARIA.

2.1.4.1 Parámetros utilizados en los diseños de sistemas de provisión

Los niveles máximos permisibles de los parámetros que la norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario, ANDA (2005), deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos o adecuación de procesos. Para alcanzar dichos niveles no serán permitidas descargas de:

- ☞ Materias sólidas y líquidas, que por sí solas o por interacción con otras, puedan solidificarse o dar lugar a obstrucciones o dificulten el normal funcionamiento de los sistemas de recolección de aguas residuales.
 - ☞ Fragmentos de piedra, cenizas, vidrio, arena, basura, fragmentos de cuero.
 - ☞ Textiles
 - ☞ Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio
 - ☞ Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán, lacas
 - ☞ Gasolina, petróleo, aceites lubricantes, aceites vegetales, grasas, ácidos y álcalis
 - ☞ Fosgeno, sulfuro de hidrógeno, cianuro de hidrógeno.
 - ☞ Otras sustancias con propiedades similares.
- ☞ Líquidos explosivos o inflamables.
- ☞ Líquidos volátiles, gases y vapores inflamables o tóxicos.
- ☞ Materias que por su naturaleza, propiedades y cantidad, ya sea por ellas mismas o por interacción con otras, puedan originar la formación de mezclas inflamables o explosivas con el aire o bien produzcan olores desagradables.
- ☞ Materias que como consecuencia de procesos y reacciones que puedan llevarse a cabo dentro de la red, manifiesten alguna propiedad corrosiva o incrustante, capaz de dañar el material de las instalaciones y perjudiquen al personal encargado de la inspección.

- ☞ Elementos o sustancias radioactivas en cantidades y concentraciones que infrinjan las reglamentaciones establecidas al respecto por las autoridades competentes.
- ☞ Residuos provenientes de establecimientos hospitalarios, clínicas, laboratorios clínicos y otros similares que no posean tratamientos especiales para eliminar los desechos biológicos infecciosos.
- ☞ No se acepta la dilución con aguas ajenas al proceso del establecimiento emisor como procedimiento de tratamiento de los efluentes líquidos, para lograr una reducción de cargas contaminantes.
- ☞ En caso de descargas discontinuas deberá utilizarse un sistema adecuado a fin de regular el flujo, evitando descargas puntuales de grandes volúmenes.
- ☞ Los sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de los sistemas de tratamiento de efluentes líquidos no podrán disponerse en sistemas de recolección de aguas residuales para su disposición final.
- ☞ Descargas de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario.
- ☞ Las descargas al alcantarillado en cualquier punto sin autorización.

Tabla 2.1.4.1.1 parámetros utilizados en los diseños de sistemas de provisión

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMISBLE
Aceite y grasas	mg/l	150
Aluminio (Al)	mg/l	10
Arsénico (As)	mg/l	1.0
Boro (B)	mg/l	3
Cadmio (Cd)	mg/l	1
Cianuro total (CN)	mg/l	1
Cinc (Zn)	mg/l	5
Cobalto (Co)	mg/l	0.5
Cobre (Cu)	mg/l	3
Color real		
Compuestos fenólicos	mg/l	5
Cromo hexavalente (Cr)	mg/l	0.5
Cromo total (Cr)	mg/l	3
DBO ₅	mg/l	400
Detergentes (SAAM)	mg/l	35
DQO	mg/l	1000
Fluoruros (F)	mg/l	6
Fosforo total (P)	mg/l	45
Herbicidas totales	mg/l	0.1
Hidrocarburos	mg/l	20
Hierro total (Mn)	mg/l	20
Manganeso total (Mn)	mg/l	4
Materiales flotantes	mg/l	Ausentes
Mercurio (Hg)	mg/l	0.02
Molibdeno (Mo)	mg/l	4
Níquel (Ni)	mg/l	4
Nitrógeno total (N)	mg/l	100
Organoclorados	mg/l	0.05
Órgano fosforados y carbamatos	mg/l	0.25
PH	mg/l	5.5-9.0
Plata (Ag)	mg/l	3
Plomo (Pb)	mg/l	1.0
Selenio (Se)	mg/l	0.15
Solidos sedimentables	mg/l	20
Solidos suspendidos totales	mg/l	450

FUENTE: PLAN HIDRO 2009 NORMA PARA REGULAR CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL DESCARGADAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO.

2.1.5 Recolección y drenaje de aguas residuales

En las zonas densamente pobladas es necesario recolectar y remover las diferentes clases de agua y aguas residuales provenientes de todo lugar habitado. Además de cumplir con una necesidad sanitaria e higiénica, este proceso contribuye a mantener una calidad de vida adecuada.

Se presentan problemas cuando la construcción de edificaciones da lugar a la pavimentación de grandes terrenos, haciendo necesario el drenaje de las aguas pluviales. Después de varios años, esto puede provocar la disminución del nivel freático de aguas subterránea. A menudo, este efecto se acentúa debido a que el agua pluvial, que antes podía escurrirse con lentitud y sin control alguno, una vez desarrolladas las construcciones, drena rápidamente y termina en las alcantarillas o en los cursos de agua. La vegetación, cuya importancia para el bienestar humano es cada vez más reconocida, sufre inevitablemente las consecuencias de este efecto. Los efectos de una pavimentación casi total de ciudades. Es posible que surjan cambios en el patrón de flujo del agua subterránea tiende a fluir a lo largo de las tuberías del sistema o porque se infiltra en el mismo.

La recolección, disposición y tratamiento de las aguas residuales representan un factor de costo que no responde a beneficios a corto plazo. Es comprensible que en los países en desarrollo, el drenaje y tratamiento de las aguas residuales resulten poco económicos y solo puedan realizarse a un costo razonablemente bajo. Sin embargo, la disposición de aguas residuales es una condición previa para satisfacer las necesidades más elementales de una población y dar paso a la industrialización. Tanto las aguas residuales como las pluviales deben ser evacuadas de las áreas pavimentadas.

2.1.6 Métodos de disposición de aguas residuales.

La disposición de las aguas residuales industriales, comerciales y domésticas pueden realizarse mediante dos métodos:

- ☞ El primero se basa en la recolección en el lugar de origen y evacuación posterior, a través de diversos medios de transporte.
- ☞ El segundo es el método de transporte hidráulico, es decir la evacuación y recolección se efectúan de una forma inmediata mediante estructuras hidráulicas (alcantarillas, canales y otros).

En el primer método, las aguas residuales se recolectan en pozos, los cuales son descargados con regularidad, por ejemplo, por medio de depósitos móviles tirados por animales o vehículos motorizados, y llevadas a un lugar adecuado para su tratamiento. Este método presenta grandes desventajas por ejemplo al ser transportado y en las operaciones de carga y descarga causa contaminación a la atmósfera y el suelo. Este método resulta solamente apropiado con efluentes reducidos y cuando la planta de tratamiento no se encuentra muy alejada. El segundo método está compuesto por un sistema de alcantarillado y sus respectivas estructuras, *conocidas como sistema de alcantarillado o de desagüe*.

Los efluentes deben evacuarse rápidamente y a través de rutas cortas, para evitar que se descompongan en las alcantarillas. El sistema de alcantarillado puede recolectar otros tipos de aguas residuales de la misma zona de drenaje, como agua pluvial, agua foránea, etc. Los efluentes recolectados son transportados hasta una planta de tratamiento de aguas residuales y sometidos a diferentes procesos. El agua residual satisfactoriamente purificada puede reutilizarse o descargarse en aguas receptoras. La materia sólida que quede en la planta después del tratamiento puede ser reutilizada, descargada o incinerada.

2.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.2.1 Planificación de los sistemas de drenaje

Colocho, Luis Eduardo y otros, (1998) detallan que el diseño básico de los sistemas de evacuación de las aguas residuales de ciudades o zonas industriales, por lo general, está a cargo de las autoridades públicas. Estas pautas aseguran que el planeamiento de la administración del agua en las zonas en desarrollo este de acuerdo con los planes que se ejecuten a nivel nacional y regional.

Un sistema de alcantarillado deberá ser diseñado y administrado siguiendo iguales consideraciones a las aplicadas en el caso de un sistema de abastecimiento de agua. El diseño de un sistema de alcantarillado requiere un alto grado de conocimiento y experiencia, por lo tanto, solo deberá estar a cargo de ingenieros que sean competentes.

2.2.1.1 Diseño preliminar

Como regla fundamental, todo sistema de alcantarillado deberá ser estudiado considerando las variaciones posibles con el fin de encontrar la mejor solución. La solución óptima, se decidirá en base a criterios que consideran aspectos naturales, sociales, técnicos y económicos.

- ☞ Los criterios de índole natural son: disponibilidad de las aguas receptoras, condición del suelo, perfil del subsuelo, calidad de las aguas residuales, condiciones climatológicas, extensión del área de drenaje.
- ☞ Los criterios sociales se refieren a: el grado de adquisición compulsiva de propiedades rurales o urbanas; asistencia gubernamental incluidas las reducciones o retrasos en otros rubros del gasto social.
- ☞ Los criterios técnicos y económicos requieren principalmente que se elija la solución menos costosa.

El diseño de un sistema de alcantarillado generalmente incluye los siguientes aspectos:

- ☞ Diseños preliminares a modo de perfil general
- ☞ Un diseño que sirva para obtener el permiso de construcción (diseño maestro)
- ☞ Un diseño detallado de las estructuras, que incluya descripciones, dibujos y cálculos estáticos e hidráulicos, procesamiento de datos en computadora, cálculos (plan de costos) y costos estimados de operación.

Los diseños preliminares y los diseños maestros deberán comprender abundante información técnica y las justificaciones relativas a cada caso. La descripción deberá proporcionar una información exhaustiva sobre las razones para optar por un determinado diseño, así como explicaciones sobre la ejecución técnica, los costos, la eficiencia y los posibles efectos del sistema en términos de la administración del recurso y en términos económicos.

Los dibujos comprenden: plano general, plano de ubicación, secciones longitudinales, plano de estructuras y dibujos especiales o de detalles. Los cálculos hidráulicos y estáticos comprenden, en general todos los datos necesarios para establecer la dimensión de las alcantarillas y otras estructuras. Los cálculos deben presentarse de manera tal que permitan ser verificados.

2.2.2 Criterios para el diseño del sistema de disposición de aguas residuales.

El diseño de un sistema de alcantarillado debe ser elaborado tomando en cuenta los códigos o normas de zonificación respectivos. Por lo general, toda la zona designada se conectara a un solo sistema de alcantarillado. También es posible que una sola área, sea drenada por medio de varios sistemas por ejemplo, diferentes zonas industriales pueden contar con sistemas de alcantarillado propios.

Lo importante es encontrar la solución adecuada para la evacuación de las aguas residuales en cada parte del área. En primer lugar, el diseño deberá presentar el tipo de sistema de drenaje seleccionado, el cuerpo receptor, la planta de tratamiento y el método de disposición de lodos.

2.2.3 Selección del sistema de drenaje

El tipo de sistema de drenaje seleccionado, dependerá de varios principios técnicos y económicos. Estos criterios deberán interrelacionarse, deberá evaluarse cada alternativa desde el punto de vista económico (dinero, materiales, mano de obra). Las soluciones de menor costo deberán ser examinadas con mayor profundidad.

Los aspectos más importantes a ser considerados son:

- ☞ Si las aguas residuales de una ciudad y de las zonas industriales circundantes se drenaran en forma conjunta o separada.
- ☞ Método de drenaje: sistemas de alcantarillado combinado, separado o mixto.
- ☞ Diversos alineamientos posibles de los colectores principales.
- ☞ Diversos cursos receptores, de los cuales se seleccionará los más cercanos y económicos.
- ☞ Diferentes lugares de ubicación de la planta de tratamiento.
- ☞ Descargas en el cuerpo receptor.
- ☞ Gestión de riesgo.
- ☞ Disposición de lodos (descarga en terrenos) o utilización en la agricultura.

Los cálculos económicos y técnicos deberían realizarse para cada alternativa, incluyendo los siguientes elementos:

- ☞ Desembolso total de capital.
- ☞ Posible desembolso gradual de capital.
- ☞ Desembolso mínimo para mantenimiento de los sistemas.

- ☞ Costos (de capital y de operación) de la recolección y tratamiento de las aguas residuales y la disposición de lodos.

Para definir las alternativas, se necesitan los datos siguientes:

- ☞ Volumen de las aguas residuales.
- ☞ Calidad de las aguas residuales.
- ☞ Parámetros del proceso de tratamiento de las aguas residuales.
- ☞ Utilización existente del agua.
- ☞ Estudios topográficos.
- ☞ Estudios geológicos e hidrológicos en caso que éstos sean requeridos.
- ☞ Calidad del cuerpo receptor.

Todos estos estudios deben llevarse a cabo considerando las normas y regulaciones públicas establecidas por las instituciones competentes.

2.2.4 Alcantarillado de aguas residuales

Los sistemas de alcantarillado, tienen como función el retiro de las aguas que ya han sido utilizadas en una población, estas aguas reciben el nombre genérico de “aguas residuales”. Las investigaciones realizadas por López Rodríguez, Ginelly Veraliz y otros (2012). Batres Mina, José Gerardo y otros (2010) denominan alcantarillado o red de alcantarillado, al sistema de tuberías y estructuras complementarias necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población. La misión de la red de alcantarillado es recoger las aguas residuales de las zonas habitadas y transportarlas hasta un punto definido para su evacuación. Sin embargo, actualmente se ha tomado conciencia del peligro que significa, para la salud pública y al medio ambiente, el descargar aguas residuales a un curso de agua, por lo que éstas deben someterse a un adecuado tratamiento.

2.2.5 Tipos de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado son clasificados según el tipo de agua que transportan, de la siguiente forma:

Alcantarillado sanitario: Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales, domésticas e industriales.

Alcantarillado pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.

Alcantarillado combinado: Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas domésticas, industriales y lluvias.

Al escoger un tipo de alcantarillado se debe tomar en cuenta ciertas características como el tamaño, topografía y condiciones económicas. Aunque en la actualidad el alcantarillado combinado ya no se utiliza, que a pesar de ser una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, no es una solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas residuales, debido a que éste caudal combinado es muy variable en cantidad y calidad lo cual genera perjuicios en los procesos de tratamiento.

Otra clasificación de los sistemas de alcantarillado puede ser según sus características hidráulicas, como se presentan a continuación:

Alcantarillado por gravedad: Se utilizan para la recolección de aguas residuales de origen doméstico, comercial, industrial e institucional.

Alcantarillado a presión: Se usa para la recolección de aguas residuales en zonas residenciales donde la construcción de la red por gravedad es problemática. Además se pueden incluir aguas residuales de origen comercial y solo una pequeña fracción de origen industrial. Este tipo de redes son generalmente pequeñas y su

diseño no incluye aportaciones de aguas procedentes de infiltraciones de terrenos ni de aguas lluvias.

2.2.6 Componentes del sistema de alcantarillado

Con la finalidad de retirar el agua que ya fue utilizada en una localidad, llamada agua residual o servida se requiere la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario con el propósito de alejar las aguas negras y con ello evitar enfermedades de tipo hídrico.

El sistema de alcantarillado, está compuesto por todos o algunos de los siguientes elementos: red de atarjeas, colectores, interceptores, emisores, planta de tratamiento de aguas residuales, estaciones de bombeo, sitio de vertido o descarga y obras conexas o accesorias.

2.2.6.1 Tuberías

La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de las aguas negras.

En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: hermeticidad, resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de manejo e instalación, flexibilidad y facilidad de mantenimiento y reparación.

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales, siendo los más utilizados: concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), plástico policloruro de vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) así como acero. En los sistemas de alcantarillado sanitario a presión se pueden utilizar diversos tipos de tuberías para conducción de agua potable, siempre y cuando reúnan las características para conducir aguas negras.

Sin embargo ANDA establece en las normas técnicas para alcantarillado de aguas negras en el numeral 10, que se usarán tuberías de PVC, cemento-arena, concreto simple, concreto reforzado o hierro fundido dúctil de sección circular; para interceptores o emisarios se podrá usar canales con secciones de diferente forma (trapezoidal, rectangular, herradura, ovoide, etc.) cuando razones técnicas o económicas lo justifiquen. En el numeral 5 se establecen los coeficiente de rugosidad que debe de cumplir la tubería dependiendo del material, n será de 0.015 para colectores de cemento-arena o concreto y de 0.011 para PVC.

Alcantarillas o colectores

Son las tuberías encargadas de recoger las aguas residuales, vertiendo su contenido a algún sistema de depuración o tratamiento o hacia un cuerpo receptor. Se colocan a profundidades de 1 a 3 metros. La norma técnica de ANDA establece en el numeral 7 que el diámetro mínimo de los colectores son los siguientes:

- ☞ Colectores de pasajes peatonales (vivienda de interés social) PVC 6" si su longitud \leq 100 m.
- ☞ Acometidas domiciliarias Φ 6"
- ☞ Colectores terciarios Φ 8" (cemento ó PVC)

Los límites de profundidad establecidos en la norma técnica en el numeral 11 son:

- ☞ En los tramos de conexión domiciliar, los límites de profundidad de tuberías en las zanjas, para protección contra las variaciones de carga viva e impacto serán de 1.20 a 3.00 m de relleno sobre la corona de la tubería.
- ☞ Si el espesor del relleno es menor de 1.20 m. habrá que proteger la tubería con losetas de hormigón armado sobre muros laterales de mampostería; a profundidades mayores que 3.0 m se diseñarán colectores superficiales paralelos para conectar las acometidas domiciliarias.

- ☞ Cuando se trate de viviendas de interés social y específicamente a tuberías de drenaje de aguas negras instaladas en pasajes peatonales, la profundidad podrá ser como mínimo 0.8 m sin necesidad de protecciones.

Los colectores son clasificados de acuerdo a su importancia de la siguiente manera:

Colector domiciliario

Conducen las aguas residuales desde el interior de las viviendas hacia otro colector. La descarga domiciliar se inicia en un registro principal, localizado en el interior del predio, provisto de una tapa de cierre hermético que impide la salida de malos olores, con un diámetro mínimo de 15 cm, una profundidad mínima de 60 cm y una pendiente mínima del 1%; se conecta a la atarjea por medio de un codo de 45 grados y un slant. Se debe garantizar que la conexión del albañal a la atarjea, sea hermética. Dependiendo del tipo de material de la atarjea o colector, se debe de seleccionar de preferencia el mismo material en la tubería de albañal y en las piezas especiales, así como el procedimiento de conexión correspondiente.

Colector secundario

Son las tuberías que reciben los afluentes de los colectores domiciliarios, suelen ser de diámetro pequeño.

Alcantarilla o colector principal

Son tuberías principales de gran dimensión que reciben los afluentes de los colectores secundarios.

2.2.6.2 Equipo complementario o accesorio

Son obras e instalaciones complementarias del sistema de alcantarillado sanitario, los cuales comprenden:

Pozos de registro o de inspección

Son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado. Se utilizan generalmente en la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente. (Ver Fig. 2.2.6.2.1 y 2.2.6.2.2).

Según la norma técnica de ANDA numeral 14 y 16, los pozos de visita deberán permitir sin riesgos ocupacionales y con la mínima interferencia hidráulica, fácil acceso para la observación y mantenimiento del alcantarillado.

Los pozos de visita se preverán principalmente para inspección, eventual limpieza y desobstrucción de tuberías, así como para aforo, muestreo y análisis de aguas residuales, consecuentemente se proyectarán al inicio de colectores, puntos de convergencia de colectores, cambios de diámetro o sección, cambios de dirección o pendiente, cambio de materiales de la tubería. En tramos rectos la distancia entre pozos de visita no excederá de 100 m si $\Phi \leq 24"$.

Podrán utilizarse pozos de visita prefabricados siempre que se comprueben su funcionalidad y resistencia. En el caso de los pozos de visita con cajas de sostén la norma técnica establece que si la tubería entrante alcanza el pozo de visita a más de un metro sobre el nivel del fondo se construirá un pozo con caja de sostén; la caída no excederá de 4.00 m, hasta 7.50 m. se usarán cajas dobles. Cuando el material que sea utilizado (PVC) las cajas de sostén se podrán sustituir por accesorios del mismo material. Cuando desemboquen tuberías de diferente diámetro, en un pozo de visita, la de menor diámetro tendrá una caída mínima igual a la mitad del diámetro mayor.

Cajas de inspección

Son estructuras que conectan a los elementos que evacuan las aguas negras del interior de las edificaciones a los colectores secundarios o laterales de la red. La ley de ANDA en el numeral 15 establece que si la cama hidráulica del pozo se encuentra a una profundidad mayor de 1.40 m se construirá un pozo de diámetro interno =1.10 m si la profundidad es menor se construirá una caja de 1.00 x 1.00x h.m. (Ver fig. 2.2.6.2.3)

Caja de conexión domiciliar

Se realiza por medio de tubería de 6" de diámetro, la cual va de caja de registro a la tubería secundaria que en la mayoría de los casos es de 8" de diámetro. La llegada de la tubería domiciliar a la secundaria es en ángulo de 45° en dirección del flujo del agua, utilizando para ello el accesorio denominado Yee-Tee. Solamente en casos especiales es permitida la conexión directa de una vivienda o edificación a un pozo de registro.

Tanques de lavado

Son dispositivos destinados a provocar descargas periódicas de agua para limpieza de los colectores, en tramos donde no haya posibilidad de mantener la pendiente mínima para asegurar velocidades de auto limpieza.

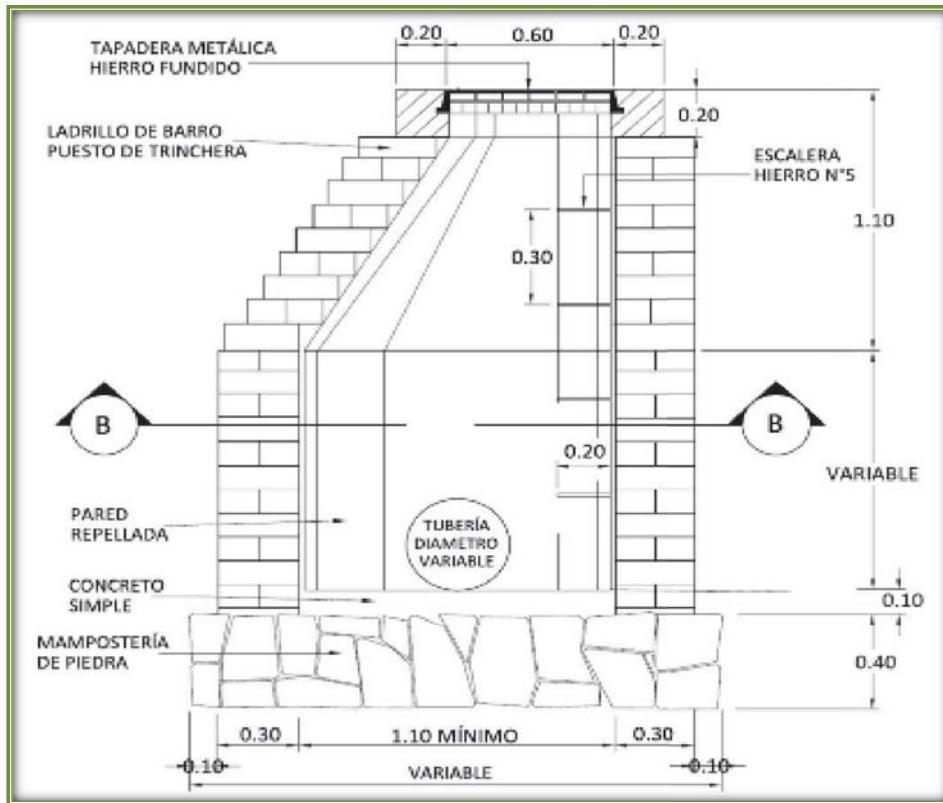


FIGURA 2.2.6.2.1

DETALLE POZOS DE VISITA DE AGUAS NEGRAS

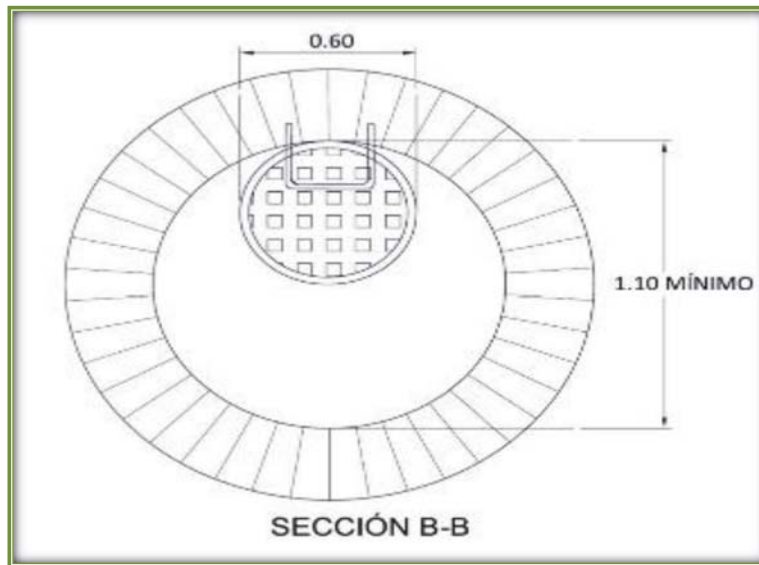


FIGURA 2.2.6.2.2

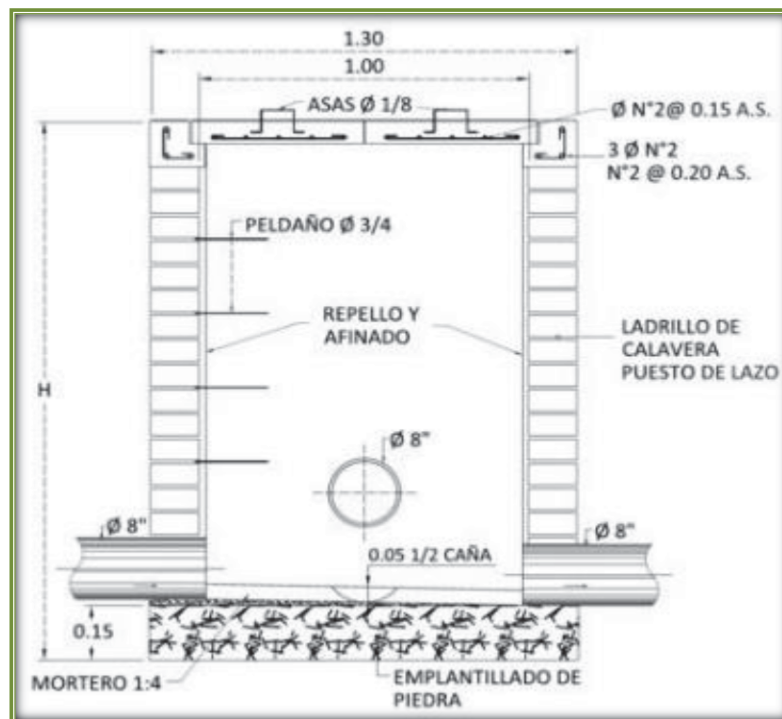


FIGURA 2.2.6.2.3 DETALLE DE CAJA DE REGISTRO

FUENTE: TESIS "REDISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE AGUAS LLUVIAS PARA EL MUNICIPIO DE SAN LUIS DEL CARMEN, DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO".

2.2.6.3 Plantas de bombeo

Son instalaciones electromecánicas y obras civiles destinadas a elevar las aguas, evitando de esa forma, la profundidad excesiva de las tuberías y en otros casos para posibilitar la entrada en las estaciones de depuración o la descarga final en el cuerpo de agua receptor.

La norma técnica de ANDA en el numeral 19 establece que cuando la red de alcantarillado sanitario requiera de plantas de bombeo debido a las dificultades operacionales y de mantenimiento se evitará incluir estaciones elevadoras en los sistemas de alcantarillado de aguas negras; no obstante cuando sean indispensables se diseñarán considerando las características básicas siguientes: Límites de velocidad para diseño de tuberías: Máxima en succión = 1.50 m/s, máx. en impelencia = 2.00 m/s diámetro mínimo de tuberías de succión e impelencia = 4"; succión positiva, caudal de bombeo superior al máximo aducido, tiempo de retención de 10 a 15 min. volumen reducido de almacenamiento-succión, impulsadores inobstruibles, velocidad angular reducida (1750 rpm), válvulas de compuerta de disco sólido y juntas de desmontaje en la succión, períodos mínimos de funcionamiento start-stop de 5 min., previsión de golpe de ariete.

Deberá instalarse un número apropiado de equipos de bombeo para cuando se suspenda la operación de una de las bombas y de esta manera evitar que se interrumpa la evacuación de las aguas negras. Se utilizarán check del tipo resorte. Las estaciones elevadoras pueden tener pozo húmedo y pozo seco o bien sólo pozo húmedo; utilizando en el último caso conjuntos sumergibles de acoplamiento y operación automática con barras guías e interruptores-alternadores basculantes de mercurio. El diseño hidráulico del pozo húmedo incluirá rebose, drenaje, rejilla para protección de las bombas, fondo con una inclinación mínima de 45°, sumergencia adecuada para la bomba o tubería de succión y provisiones de funcionamiento sin

turbulencia ni vórtices. El diseño de la estación elevadora debe presentar condiciones adecuadas de ventilación, iluminación y seguridad ocupacional.

2.2.6.4 Plantas de tratamiento

Dentro de los límites específicos de los sistemas de aguas y aguas residuales que se vayan a diseñar normalmente como lo detalla Fiar. Geyer (2000), se deberán determinar en relación óptima, la posición, la naturaleza y el tamaño de las plantas de tratamiento necesarias respecto a:

- ☞ La fuente y calidad del agua que se va a tratar.
- ☞ El origen y composición de las aguas residuales producidas
- ☞ La naturaleza de las aguas receptoras en las que se vayan a dispersar las aguas residuales.
- ☞ La configuración y topografía de la comunidad y sus zonas circundantes.
- ☞ La población anticipada, el crecimiento industrial y la expansión del área.

2.2.6.4.1 Ubicación de planta de tratamiento

La topografía, las cimentaciones y los riesgos físicos son los determinantes clave de la ubicación en la construcción de la planta. Los costos de construcción de las plantas que operan con mucha pérdida de carga se pueden reducir si se colocan en la ladera de una colina. Otras ventajas posibles consisten en tener la entrada a nivel del suelo a los pisos superiores de los edificios de servicio. No es de menor importancia, que como una ciudad asentada sobre una colina, una planta de aguas o aguas residuales, tampoco se puede ocultar.

Las condiciones de la cimentación son importantes tanto durante la construcción de la planta como después de ella. Los sitios húmedos se deben deshidratar mientras se efectúa la construcción y las estructuras terminadas pueden requerir que se las lastre para contrarrestar el levantamiento hidrostático. Cuando las cimentaciones

son pobres, las estructuras se deben de colocar sobre pilotes o placas de revestimiento.

La inundación es un peligro común que comparten las plantas de tratamiento tanto de aguas como de aguas negras. Frecuentemente las fuentes de aguas y las aguas receptoras se encuentran próximas y pueden, en ocasiones conducir flujos de inundación de magnitud considerable. Entre las distintas formas de proteger las plantas vulnerables se encuentran:

- ☞ Construir las por encima del nivel máximo de las agua.
- ☞ Rodearlas de diques.
- ☞ Construir herméticas las estructuras de los sótanos
- ☞ Ubicar el equipo delicado sobre el nivel de inundación.

2.2.6.4.2. Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. La tesis fundamental para el control de la polución por aguas residuales ha sido tratar las aguas residuales en plantas de tratamiento que hagan parte del proceso de remoción de los contaminantes y dejar que la naturaleza lo complete en el cuerpo receptor.

Para ello, el nivel de tratamiento requerido es función de la capacidad de auto purificación natural del cuerpo receptor. A la vez, la capacidad de auto purificación natural es función, principalmente, del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno, y de su "habilidad" para reoxigenarse. Por lo tanto el objetivo del tratamiento de las aguas residuales es producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización.

Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables. Al final del sistema de alcantarillado sanitario, es importante implementar una planta de tratamiento. Para seleccionar el tipo de tratamiento que se aplicara es importante considerar:

- ☞ La ley de medio ambiente.
- ☞ Las metas de protección de la salud y el ambiente (podrían ir más allá que la ley).
- ☞ Factores económicos; recuperación de costos de construcción y operación.
- ☞ Terrenos disponibles, valores de terrenos.
- ☞ Capacidad de operación y mantenimiento.
- ☞ La clasificación de los tratamientos se resume en el cuadro 2.2.6.4.2.1. El nivel de tratamiento recomendable dependerá del uso final de las aguas tratadas y también se relacionara con el factor económico.

2.2.6.4.2.1 Cuadro de clasificación de unidades de tratamiento

CLASIFICACION	UNIDAD DE TRATAMIENTO	DESCRIPCION
Tratamiento preliminar o pre-tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Rejas ☞ Desarenador 	Es el conjunto de unidades que tiene como finalidad de eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema de conducción de la planta.
Tratamiento primario	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Tanque séptico ☞ Tanque Imhoff 	La finalidad es de remover sólidos suspendidos removibles por medio de sedimentación, filtración, flotación y precipitación.
Tratamiento secundario	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Reactor UASB 1 ☞ Lagunas de estabilización 2 ☞ Lodo activad convencional ☞ Filtro percolador ☞ Humedales ☞ Filtro anaerobio ☞ Zanja de oxidación ☞ Biofísico 	La finalidad es de remover material orgánico y en suspensión. Se utiliza procesos biológicos, aprovechando la acción de microorganismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno).
Tratamiento terciario	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Microcribado ☞ Coagulación-floculación ☞ Filtros rápidos ☞ Adsorción Oxidación química ☞ Electrodialisis ☞ Intercambio iónico ☞ Precipitación química ☞ Nitrificación-desnitrificación ☞ Precipitación con cal 	Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad fisicoquímica biológica alto para cuerpos de agua receptores sensitivos o ciertos tipos de reúso. Normalmente se trata de remover nutrientes (nitrógeno y fosforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas.
Desinfección	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Físicos: Filtración, ebullición, rayos ultravioleta. ☞ Químicos: Aplicación de cloro, bromo, yodo, ozono, etc. 	Es el tratamiento adicional para remover patógenos.
Tratamiento de lodos	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Digestión anaerobia ☞ Tratamiento con cal ☞ Compostaje ☞ Patio de secar 	Es el tratamiento de la porción "sólida" (actualmente, más de 80 % agua) removido del agua contaminada. La finalidad del proceso es de secarlo y tratarlo como una combinación de tiempo y temperatura para matar los patógenos.

FUENTE: TESIS "APOYO DIDACTO AL APRENDIZAJE DE LA ASEGURATURA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"

2.2.6.4.2.1 Etapas del Tratamiento

☞ Tratamiento primario

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí que se conoce también como tratamiento mecánico.

☞ Remoción de sólidos o Cribado

La remoción de los sólidos habitualmente se realiza mediante el cribado. Los sólidos que se remueven son de gran tamaño, por ejemplo, botellas, palos, bolsas, balones, llantas, etc. Con esto se evita tener problemas en la planta de tratamiento de aguas, ya que si no se remueven estos sólidos pueden llegar a tapar tuberías o dañar algún equipo.

☞ Remoción de arena

Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

☞ **Investigación y maceración**

El líquido libre de abrasivos es pasado a través de pantallas arregladas o rotatorias para eliminar material flotante y materia grande como trapos; y partículas pequeñas como chícharos y maíz. Los escaneos son recolectados y podrán ser regresados a la planta de tratamiento de fangos o podrán ser dispuestos al exterior hacia campos o incineración. En la maceración, los sólidos son cortados en partículas pequeñas a través del uso de cuchillos rotatorios montados en un cilindro revolvente, es utilizado en plantas que pueden procesar esta basura en partículas. Los maceradores son, sin embargo, más caros de mantener y menos fiables que las pantallas físicas.

☞ **Sedimentación**

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que pueden ser tratados separadamente.

Los tanques primarios de asentamiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los fangos recogidos hacia una tolva en la base del tanque donde, mediante una bomba, se pueden llevar hacia otras etapas del tratamiento.

☞ Tratamiento secundario

El tratamiento secundario está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual, el cual deriva los desechos orgánicos provenientes de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales utilizan procesos biológicos aeróbicos para este fin.

☞ Desbaste

Consiste habitualmente en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o autolimpiable, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla. Esta operación no solo reduce la carga contaminante del agua a la entrada, sino que permite preservar los equipos como conducciones, bombas y válvulas, frente a los depósitos y obstrucciones provocados por los sólidos, que habitualmente pueden ser muy fibrosos: tejidos, papeles, etc.

☞ Fangos Activados o Lodos Activados

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoniaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

☞ Camas filtrantes (camas de oxidación)

En plantas más viejas y plantas receptoras de cargas variables, se utilizan camas filtrantes de goteo, en las que el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón), piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos. Tales medios deben tener altas

superficies para soportar las biopelículas que se forman. El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central. El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie del medio y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Esta biopelícula es alimentada a menudo por insectos y gusanos.

☞ **Placas rotativas y espirales**

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un flóculo biótico que proporciona el substrato requerido.

☞ **Reactor biológico de cama móvil**

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- a) Mantener una alta densidad de población de biomasa
- b) Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos (MLSS)
- c) Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de fangos activos (RAS).

☞ **Filtros aireados biológicos**

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurren en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un solo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxicas. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

☞ **Reactores biológicos de membrana**

MBR es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos. El coste de construcción y operación de MBR es usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

☞ **Sedimentación secundaria**

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida. En una planta de tratamiento rural, se realiza en el tanque de sedimentación secundaria.

☞ **Tratamiento terciario**

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

☞ **Filtración**

La filtración de arena retiene gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración retiene las toxinas residuales.

☞ **El tratamiento de los fangos**

Los sólidos primarios gruesos y los biosólido secundarios acumulados en un proceso del tratamiento de aguas residuales se deben tratar y disponer de una manera segura y eficaz. Este material a menudo se contamina inadvertidamente con los compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos (por ejemplo: metales pesados). El propósito de la digestión es reducir la cantidad de materia orgánica y el número de los microorganismos presentes en los sólidos que causan enfermedades. Las opciones más comunes del tratamiento incluyen la digestión anaerobia, la digestión aerobia, y el abonamiento.

☞ **La digestión anaeróbica**

La digestión anaeróbica es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. El proceso puede ser la digestión termofílica en la cual el fango se fermenta en tanques en una temperatura de 55 °C o mesofílica, en una temperatura alrededor de 36 °C. Sin embargo permitiendo tiempo de una retención más corta, así en los

pequeños tanques, la digestión termofílica es más expansiva en términos de consumo de energía para calentar el fango.

La digestión anaerobia genera biogás con una parte elevada de metano que se puede utilizar para el tanque y los motores o las micro turbinas del funcionamiento para otros procesos en sitio. En plantas de tratamiento grandes, se puede generar más energía eléctrica de la que las máquinas requieren. La generación del metano es una ventaja dominante del proceso anaeróbico. Su desventaja dominante es la del largo plazo requerido para el proceso (hasta 30 días) y el alto costo de capital.

☞ **Ventajas**

Con respecto a la tecnología, se puede decir que lo que influye es la soportabilidad, la cual en este tipo de tratamiento puede sostener altas cargas orgánicas aun operando a tiempos de residencia hidráulica muy cortos y el tiempo, ya que puede soportar altos períodos sin alimentación del proceso y también se puede llegar a obtener una alta concentración de biomasa contenida en los sistemas. Cabe destacar que la consolidación de esta tecnología, se basa en el diseño y la operación del mismo. Que a diferencia del sistema aerobio es necesario zonas aerobias, y estabilidad de la sedimentación.

Otro aspecto es el volumen, ya que en efectos anaerobios, la producción de este tratamiento se puede llevar a cabo utilizando el 80 % menos de lodo en comparación con los sistemas aerobios y también llegar a producir gas. Este tipo de gas se le denomina como el gas metano, el cual tiene un aprovechamiento en la planta, ya que no requiere mucho consumo energético durante su operación y sirve para que se pueda utilizar como una fuente de energía alterna, usando la demanda de requerimientos nutricionales, los cuales son bajos y no la demanda de los desechos industriales que necesita el sistema aerobio.

Y en base a la infraestructura en comparación con los sistemas aerobios, no se requiere de grandes espacios, ya que el tratamiento anaerobio se puede usar una infraestructura relativamente pequeña para la alta tasa de los sistemas. La planta de tratamiento de aguas residuales de Goldbar en Edmonton, Alberta, Canadá utiliza actualmente el proceso. Bajo condiciones del laboratorio es posible generar directamente cantidades útiles de electricidad del fango orgánico usando bacterias electroquímicas activas naturales. Potencialmente, esta técnica podría conducir a una forma ecológica de generación de energía, pero para ser eficaz, una célula de combustible microbiana debe maximizar el área de contacto entre el efluente y la superficie bacteria-revestida del ánodo, lo que podría disminuir seriamente el rendimiento del proceso.

☞ **La digestión aeróbica**

La digestión aeróbica es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el dióxido de carbono. Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias. Esta etapa del proceso se conoce como respiración endógena. La reducción de los sólidos ocurre en esta fase. Porque ocurre la digestión aeróbica mucho más rápidamente, los costos de capital de digestión aerobia son más bajos. Sin embargo, los gastos de explotación son característicos por ser mucho mayores para la digestión aeróbica debido a los costes energéticos para la aireación necesitada para agregar el oxígeno al proceso.

☞ **La composta o abonamiento**

El abonamiento o composta es también un proceso aeróbico que implica el mezclar de los sólidos de las aguas residuales con fuentes del carbón tales como aserrín, paja o virutas de madera. En presencia del oxígeno, las bacterias digieren los sólidos de las aguas residuales y la fuente agregada del carbón y, al hacer eso, producen una cantidad grande de calor. Los procesos anaerobios y aerobios de la digestión pueden dar lugar a la destrucción de microorganismos y de parásitos causantes de enfermedades a un suficiente nivel para permitir que los sólidos digeridos que resultan sean aplicados con seguridad a la tierra usada como material de la enmienda del suelo (con las ventajas similares a la turba) o usada para la agricultura como fertilizante a condición de que los niveles de componentes tóxicos son suficientemente bajos.

☞ **La despolimerización termal**

La despolimerización termal utiliza pirolisis acuosa para convertir los organismos complejos reducidos al aceite. El hidrógeno en el agua se inserta entre los vínculos químicos en polímeros naturales tales como grasas, las proteínas y la celulosa. El oxígeno del agua combina con el carbón, el hidrógeno y los metales. El resultado es aceite, gases combustibles de la luz tales como metano, propano y butano, agua con las sales solubles, bióxido de carbono, y un residuo pequeño del material insoluble inerte que se asemeja a la roca y al carbón pulverizado. Se destruyen todos los organismos y muchas toxinas orgánicas. Las sales inorgánicas tales como nitratos y fosfatos siguen siendo en el agua después del tratamiento en los niveles suficientemente altos que el tratamiento adicional está requerido.

La energía de descomprimir el material se recupera, y el calor y la presión de proceso se accionan generalmente de los gases combustibles ligeros. El aceite se trata generalmente más lejos para hacer un grado ligero útil refinado del aceite, tal como algunos diésel y aceites de calefacción, y después se vende. La elección de un método de tratamiento sólido de las aguas residuales depende de la cantidad de sólidos generados y de otras condiciones específicas del lugar.

Sin embargo, generalmente el abonamiento es lo más a menudo posible aplicado a los usos en pequeña escala seguidos por la digestión aerobia y entonces la digestión anaerobia para grandes escalas como en los municipios.

Deposición de fangos

Cuando se produce un fango líquido, un tratamiento adicional puede ser requerido para hacerlo conveniente para la disposición final. Típicamente, los fangos se espesan (desechado) para reducir los volúmenes transportados para la disposición. Los procesos para reducir el contenido en agua incluyen lagunas en camas de sequía para producir una torta que pueda ser aplicada a la tierra o ser incinerada; el presionar, donde el fango se filtra mecánicamente, a través de las pantallas del paño para producir a menudo una torta firme; y centrifugación donde el fango es espesado centrífugo separando el sólido y el líquido.

Los fangos se pueden disponer por la inyección líquida para aterrizar o por la disposición en un terraplén. Hay preocupaciones por la incineración del fango debido a los agentes contaminadores del aire en las emisiones, junto con el alto coste de combustible suplementa, haciendo esto medios menos atractivos y menos comúnmente construidos del tratamiento y de la disposición del fango.

No hay proceso que elimine totalmente los requisitos para la disposición de biosólido. En Australia del sur, después de la centrifugación, el fango entonces es secado totalmente por la luz del sol. Los biosólido ricos en nutrientes entonces se proporcionan a los granjeros para utilizar como fertilizante natural. Este método ha reducido la cantidad de terraplén generada por el proceso cada año.

2.2.6.5 Selección de cuerpos receptores

La selección de los cuerpos receptores dependerá de las condiciones naturales, es decir, de los cuerpos de agua ahí presentes y de las normas relativas a la descarga de aguas residuales; o sea se deberá escoger el lugar más factible que cumpla los requisitos económicos, ambientales y topográficos. El volumen máximo a ser descargado, se determinará por la capacidad asimilativa del cuerpo receptor. Por lo general, será necesario obtener el permiso respectivo antes de descargar el agua residual. La ubicación de la descarga se determinará contando con la aprobación de las autoridades encargadas de la administración del recurso. La evacuación deberá hacerse en algún punto, río abajo de la ciudad. Se deberán considerar los siguientes criterios al momento de seleccionar el cuerpo receptor:

El cuerpo receptor y la desembocadura deberán hallarse lo más cercanos posible de la ciudad o la zona industrial donde se utiliza el sistema de alcantarillado, teniéndose en cuenta la cantidad de estructuras necesarias para transportar las aguas residuales hasta dicho receptor. Esto afecta el desembolso de capital y los costos de operación del proceso de descarga. Los costos adicionales que significaría una variación en el curso del agua (ampliación, desviación, excavación, etc.) influirán, también, en la selección del lugar apropiado.

Otro aspecto importante a ser investigado, es el uso del agua que se encuentra aguas abajo del área de drenaje, que podría estar siendo utilizada para agua potable, piscinas públicas, etc. Si se prevén problemas relacionados con la descarga de residuales en el receptor, el proyecto deberá incluir recomendaciones para los cambios constructivos necesarios de los cursos de agua, tales como ensanchamiento, desviación, profundización, etc.

2.2.6.5.1 Aspectos a considerar.

El vertido final del caudal de aguas residuales que conduce el alcantarillado sanitario, se realiza posterior a su tratamiento, por lo que el dimensionamiento de esta estructura se considerará para el caudal de producción de la planta de tratamiento; en caso de que se programe a futuro la construcción de la planta, el caudal de diseño de la estructura de vertido, será el caudal máximo extraordinario; para el diseño es necesario considerar lo siguiente:

- ☞ Localización adecuada del sitio de vertido, procurando que quede lo más alejado posible de la zona urbana.
- ☞ Si la descarga se realiza a una corriente de agua superficial se pueden considerar una o varias salidas a distintos niveles de acuerdo a la fluctuación del tirante del río, siempre aguas debajo de la localidad y verificando el uso que tenga el agua de esta corriente aguas abajo.

La disposición final de las aguas residuales puede hacerse de varias formas, siendo las más comunes las siguientes:

- ☞ Vertido en corrientes superficiales.
- ☞ Vertido en terrenos.
- ☞ Vertido al mar.
- ☞ Vertido en lagos y lagunas.
- ☞ Recarga de aguas subterráneas.

Vertido en corrientes superficiales.

Los ríos y arroyos, han sido utilizados como el principal sitio de vertido, aun cuando el agua residual no se haya tratado, causando con esto la contaminación de las corrientes superficiales. Para tratar de evitar lo anterior es importante saber los usos que hagan de la corriente aguas abajo, para con ello determinar el tipo de tratamiento que se le debe realizar al agua residual. Para el diseño de la estructura de descarga se debe considerar lo siguiente:

- ☞ Caudal mínimo y máximo de las aguas residuales que se descargarán.
- ☞ Secciones topográficas (transversales) en la zona de vertido, indicando los niveles de aguas mínimas, máximas normales y máximas extraordinarias, esto se realizará en un tramo recto de la corriente
- ☞ Características geotécnicas del cauce
- ☞ Elevación de la plantilla del emisor.

CAPITULO III

CARACTERIZACION DE

LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

Dada la importancia que tiene la ciudad en el conjunto de la subregión, y el significado que ha tenido la evolución histórica de la ciudad en la conformación de su estructura urbana (ver anexo 1) y su grado de desarrollo, se presenta a continuación una breve reseña histórica de San Miguel.

La ciudad de San Miguel fue fundada el 8 de mayo de 1530, en el marco de las festividades del arcángel Miguel por orden del conquistador español Pedro de Alvarado a su sobrino el capitán Don Luis de Moscoso. El territorio fue poblado originalmente, en la época precolombina por grupos Lencas de los cuales la zona a un posee grandes vestigios. El proceso no fue muy benéfico para los primeros habitantes del territorio, pues todas las personas fueron sometidas a un sin fin de maltratos físicos, no obstante marcó el inicio de los asentamientos urbanos a este lado del río Lempa.

Durante más de cuatro siglos de existencia, San Miguel ha evolucionado de forma sorprendente, también ha sobrevivido a muchas adversidades. Entre sus glorias cuenta el haber recibido el título de ciudad en el año de 1586 debido a su pujante desarrollo, lo que más tarde la llevó a recibir el sobrenombre de “La Sultana de Oriente” o “La Perla de Oriente”. La ciudad que se caracteriza por su clima caluroso y su emblemático volcán Chaparrastique que durante el año de 1763 hizo su primera erupción de gran magnitud, según los testimonios plasmados en los libros de historia, se narra que esta erupción estuvo a punto de desaparecer la urbe.

EL sobrenombre “La Perla de Oriente”, se lo adjudicaron por ser una ciudad muy desarrollada y sobresaliente en la zona oriental; también se le conoce con el nombre de la “Ciudad muy Noble y Leal”, el cual lo adquirió el 15 de julio de 1812 y fue otorgado por las cortes generales y extraordinarias. Posteriormente en la era pos independentista, el 12 de junio de 1824 es nombrada como provincia independiente

de la alcaldía mayor de San Salvador, fecha en que se dio el nombre con que se conoce en la actualidad, esto llenó de mucho júbilo a los habitantes de esa época, pues eso significaba ser libres y empezar a formarse como ciudad autónoma.

Sin embargo no todos los hechos para la ciudad han sido de glorias, también ha sufrido penas como la del 12 de marzo de 1856 en que fue destruida por un incendio, para esa fecha las viviendas estaban construidas con madera lo que la hizo más vulnerable, pero no acabó con el espíritu luchador de los migueleños que supieron levantar de entre las cenizas a la ciudad. En el ámbito cultural “La Perla” le ha dado al país grandes personajes como el General Juan José Cañas, poeta laureado, autor de la letra del Himno Nacional. El campo militar también se nutrió de grandes líderes como el Capitán General Gerardo Barrios, unos de los más grandes estadistas que ha tenido el país y el gran promotor que introdujo el cultivo del café a El Salvador.

Como toda metrópoli San Miguel fue de las primeras ciudades en contar con línea telegráfica en el siglo XIX (1874). Para el 15 de septiembre de 1892 la ciudad ya se podía ver iluminada a través del servicio de energía eléctrica, fue la primera de la zona. La jurisdicción de esta ciudad era más extensa en sus inicios, hasta que en 1865, durante el gobierno de Francisco Dueñas, se determinó que el departamento se redujera para darle vida a los departamentos de La Unión, Morazán y Usulután. Aunque esto disminuyó geográficamente al departamento, no impidió que “La Perla” siguiera creciendo y modernizándose (Ver Anexo 2).

3.2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

La ubicación geográfica de la ciudad de San Miguel es 13° 28' 57" LN y 88° 10' 48" LW. El municipio de San Miguel tiene un área de 593,98 km², su perímetro es de 105 km., contando este con un área rural de 579.12 km² y un área urbana de 14.86 km²; situado a una altitud media de 110 msnm. Se encuentra asentado en un valle al Nor-Este del volcán de San Miguel, que también es parte de la sub cuenca del Río Grande de San Miguel, la cual abarca una superficie aproximada de 2,050 km². A 132.5 km. al Oriente de la ciudad de San Salvador. Riegan su territorio numerosos ríos y quebradas, entre los que destaca el Río Grande de San Miguel, otros son: Las Cañas, Yamabal, Taisihuat, Las Lajas, Miraflores y Zamorán. Su hidrografía también cuenta con las lagunas de Aramuaca, San Juan, El Jocotal, parte de la Laguna de Olomega, y Laguneta El Coco. Los límites de la ciudad de San Miguel son los municipios que se presentan a continuación (Ver tabla 3.2.1).

San Miguel es la cabecera del departamento homónimo, ubicado en la zona oriental de El Salvador. Limita con los siguientes municipios:

Tabla 3.2.1 Límites de la ciudad de San Miguel

<u>Noroeste:</u> Quelepa y Moncagua	<u>Norte:</u> Chapeltique, Moncagua, Yamabal y San Carlos	<u>Noreste:</u> Comacarán y El Divisadero
<u>Oeste:</u> San Rafael Oriente, El Tránsito, San Jorge, Chinameca y Moncagua		<u>Este:</u> Uluazapa, Comacarán y Yayantique
<u>Suroeste:</u> Jucuarán y El Tránsito	<u>Sur:</u> Chirilagua	<u>Sureste:</u> El Carmen

3.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio para la elaboración de la investigación será la que se muestra dentro del perímetro marcada con color rojo en las imágenes que a continuación se muestran (Figuras 3.3.1 y 3.3.2).

Al Este de la ciudad de San Miguel el límite del área de la investigación será la ribera del Río Grande de San Miguel, específicamente desde el Puente Urbina hasta llegar a la calle principal de la colonia San Miguel, esta calle tiene su final en la ribera del Río Grande. Hacia el Norte de la ciudad el límite será la Carretera Panamericana, desde la intercepción de la calle Ontario con la Carretera Panamericana hasta el Puente Urbina sobre la carretera Ruta Militar.

Al Sur de la ciudad estará limitada con la intercepción de la carretera que de San Miguel conduce hacia Usulután con la calle principal de la colonia San Miguel. Hacia el Oeste de la ciudad el límite geográfico del área de estudio estará regido por el alineamiento de la red de alcantarillado público de la ciudad, es decir que el estudio implicará las colonias que cuenten con el servicio de la red de alcantarillado público, según el plano de la red de aguas negras de la ciudad de San Miguel.

ÁREA DE ESTUDIO

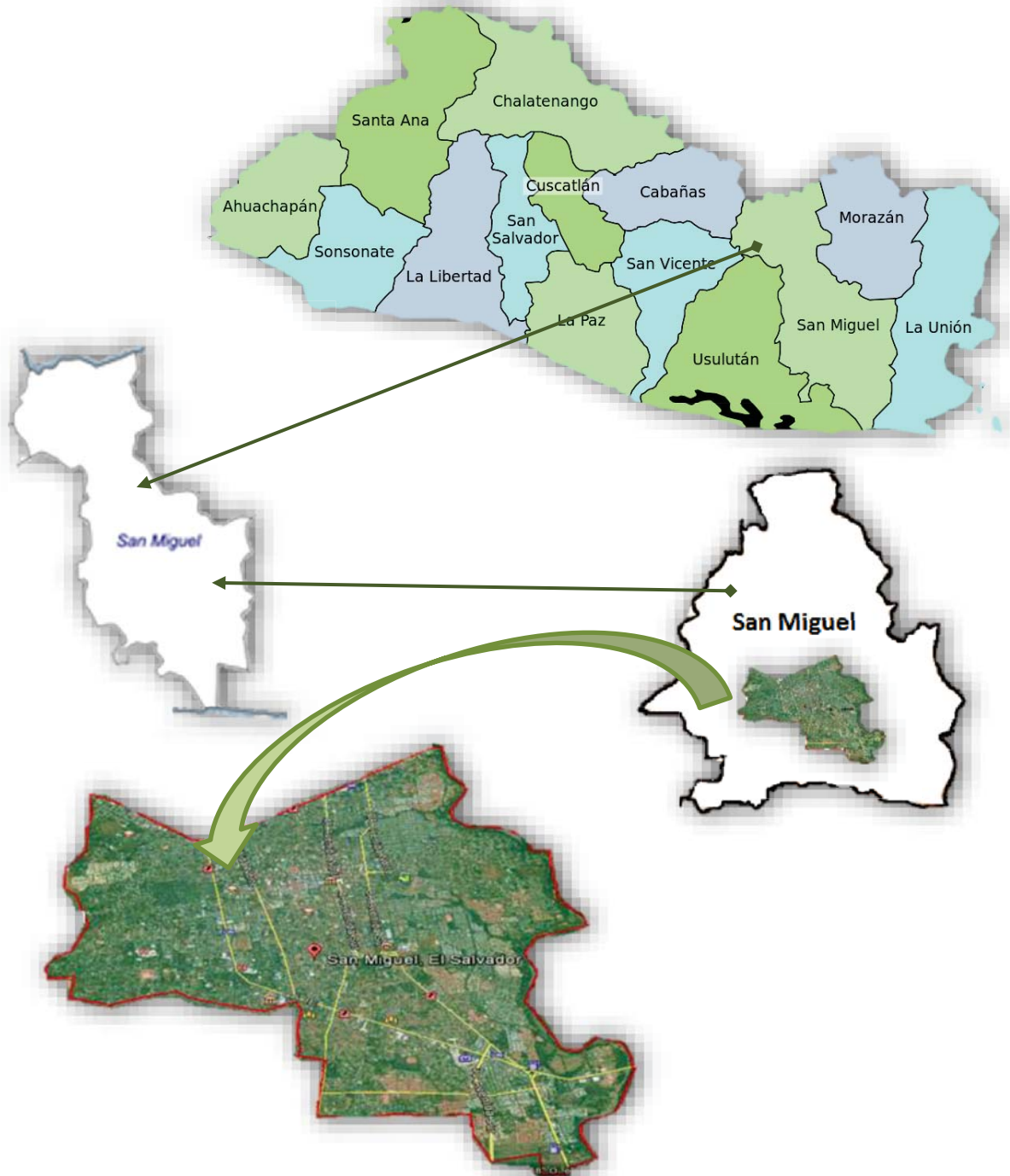


FIGURA 3.3.1 ÁREA DE ESTUDIO

FUENTE: GOOGLE EARTH

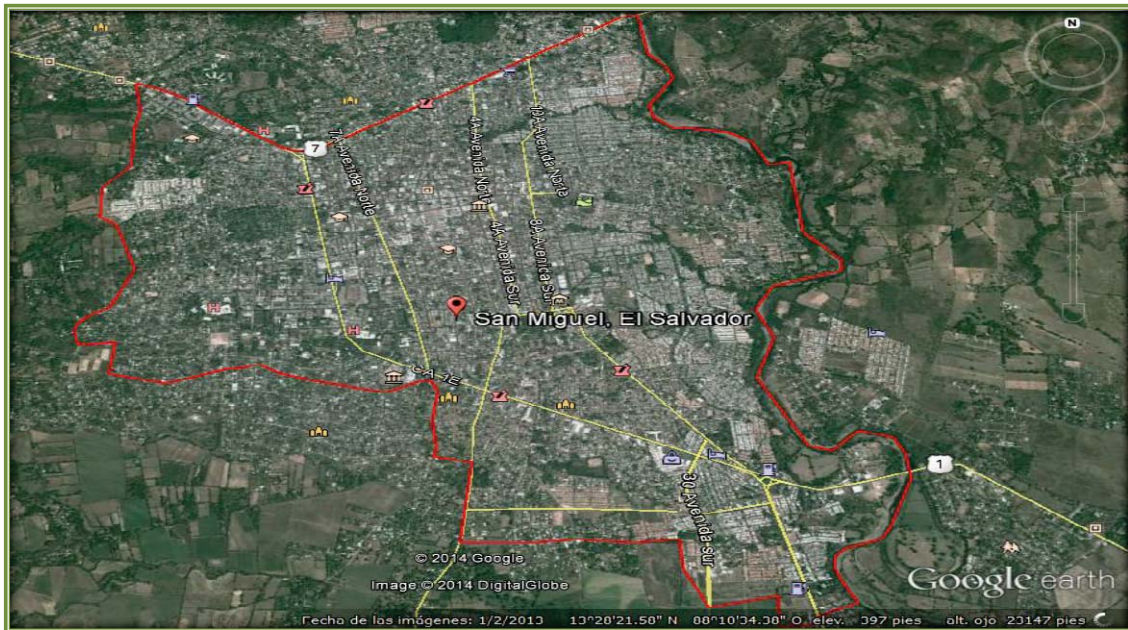


FIGURA 3.3.2 ÁREA DE ESTUDIO FUENTE: GOOGLE EARTH

3.4 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

3.4.1 Fisiografía

Como consecuencia directa de la actividad volcánica existe una cuenca circunferencial que fue causada por la depresión de la superficie terrestre como resultado del retiro del magma y la formación de altos picos volcánicos. Esta cuenca está parcialmente rellena de emisiones y deslaves aluviales depositados por los ríos tributarios de la depresión. Las zonas más hundidas de la cuenca, como la de la Laguna de Olomega, están caracterizadas por depósitos lacustres y aluviales de grano fino.

Las pendientes situadas arriba y abajo de la ciudad de San Miguel se componen de aluvión más grueso, que descansa sobre depósitos de tobas. El desagüe madre de la Laguna de San Juan, según la interpretación de la historia cuaternaria de su curso, lleva a la conclusión de que aun cuando ahora corre hacia el oriente, en un tiempo anterior a su estancamiento por corrientes de lava y a la creación de la

laguna de San Juan, fluía en dirección opuesta alrededor del extremo de las alturas compuestas de tobas pomáceas, a través de las cuales el Río Grande de San Miguel, en épocas geológicas más recientes, ha excavado un cañón.

Los márgenes exteriores de la depresión de San Miguel están limitadas por fallas tangenciales a la orilla de la depresión. Las rocas duras inferiores son lavas de basalto y andesita, tobas claras y conglomerados volcánicos cementados. Las faldas del volcán y las planicies de los valles más extensos están cubiertas con capas de ceniza volcánica clara, pómez, escoria o aluvión de estos mismos materiales.

3.4.2 Clima

El Salvador está situado en la parte exterior del cinturón climático de los trópicos. Durante el año, los cambios en las temperaturas son pequeños, en contraste a las lluvias que muestran grandes oscilaciones en el transcurso del año. Se presentan dos estaciones (seca y lluviosa) y dos transiciones (seca lluviosa y lluviosa seca). Al final de la estación seca ocurren las máximas temperaturas en los meses de marzo y abril. Otra característica de los trópicos exteriores son los vientos alisios que predominan procedentes del sector Nor-Este. El país presenta un buen desarrollo del sistema de brisas de mar en las planicies costeras, moviéndose hacia los valles y planicies internas después del mediodía. También son típicos los máximos en la actividad lluviosa unas semanas después del paso del sol sobre el Cenit. (Al mediodía el sol brilla perpendicularmente, no proyecta sombra).

El Salvador está clasificado en las siguientes zonas climáticas: Sabana tropical caliente o tierra caliente con elevaciones desde 0 a 800 m.s.n.m; Sabana tropical calurosa o tierra templada con elevaciones desde 800 a 1200 m.s.n.m. y tierras frías cuyas elevaciones van de 1200 a 2700 m.s.n.m (ver figura 3.4.2.1). La ciudad de San Miguel se encuentra ubicada en la zona climática salvadoreña de sabana

tropical caliente o tierra caliente, y se caracteriza por su clima cálido, propio de la altura a la que se encuentra y por el ecosistema alrededor de la ciudad. Se le considera una de las ciudades más calurosas del istmo centroamericano, alcanzando temperaturas máximas extremas en los meses de marzo, abril y recientemente mayo se ha convertido en un mes muy caluroso.

En el boletín climatológico anual de MARN (2012), se encuentra el mapa de zonas climáticas de El Salvador, Este mapa ejemplifica las diferentes zonas climáticas del país, la zona climática en la que se clasifica San Miguel es sabanas tropicales calientes, planicies costeras de 0-200 m.s.n.m. Es importante mencionar que la ciudad de San Miguel alcanza una altura promedio sobre el nivel del mar de 110 m

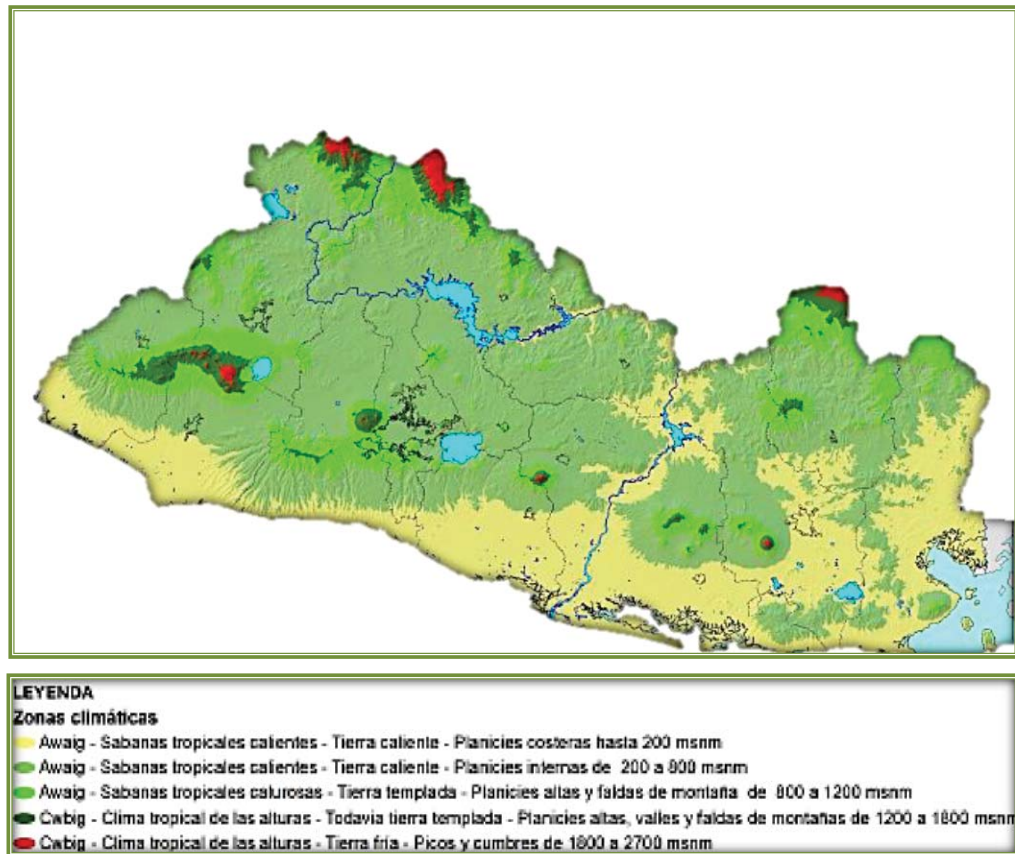


FIGURA. 3.4.2.1 ZONAS CLIMÁTICAS

FUENTE: SNET

3.4.3 Temperatura

Al comparar la temperatura media anual del año 2012, con las normales climatológicas, se observa que se presentaron aumentos de temperaturas en algunas estaciones del litoral costero. En el boletín climatológico anual de 2012 MARN se presenta el grafico número 5 (figura 3.4.3.1) “Temperatura media anual de 2012 para estaciones en zonas calientes (planicies costeras e internas bajas 15-350 m.s.n.m)” el cual se ha realizado con los resultados medidos por las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), particularmente los datos tomados por la estación meteorológica San Miguel UES se tomaran para el desarrollo de esta investigación, el grafico de temperatura media anual de 2012 refleja la temperatura promedio y temperatura promedio normal, el valor de temperatura promedio medido es de 26.9°C y de 27.8°C la temperatura promedio normal, esto indica que durante el año 2012 se registró un ligero descenso en la temperatura promedio de la ciudad de San Miguel.

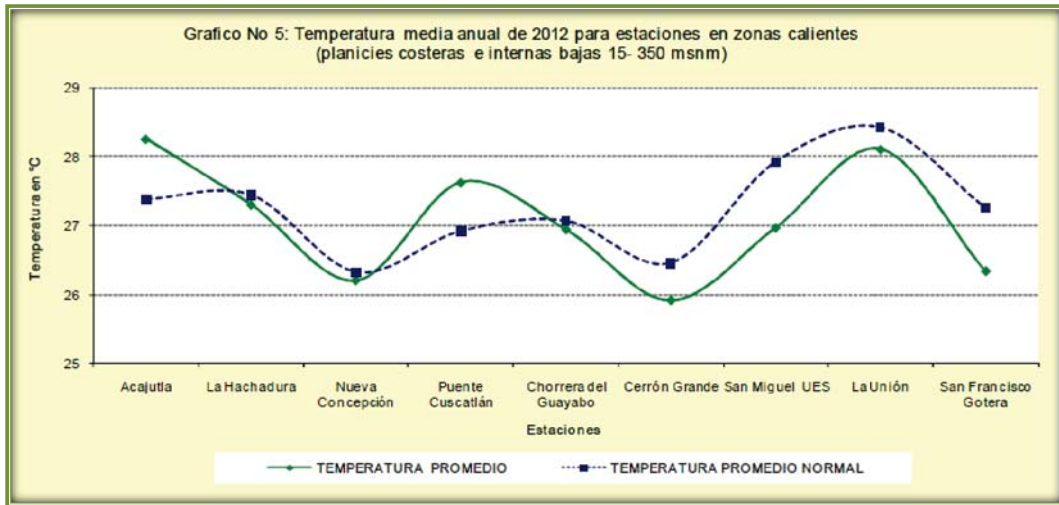


FIGURA 3.4.3.1 TEMPERATURA MEDIA ANUAL

FUENTE: SNET

El grafico número 8 (figura 3.4.3.2) “Temperatura máxima anual de 2012” muestra que la temperatura máxima registrada fue de 35.7°C este valor está por encima del valor 35.5°C de la temperatura máxima promedio normal para el año 2012.

En el grafico número 11 (figura 3.4.3.3) “Temperatura mínima anual de 2012”, muestra que la temperatura mínima registrada fue de 21.9°C mientras que la temperatura mínima promedio normal fue de 20.8°C

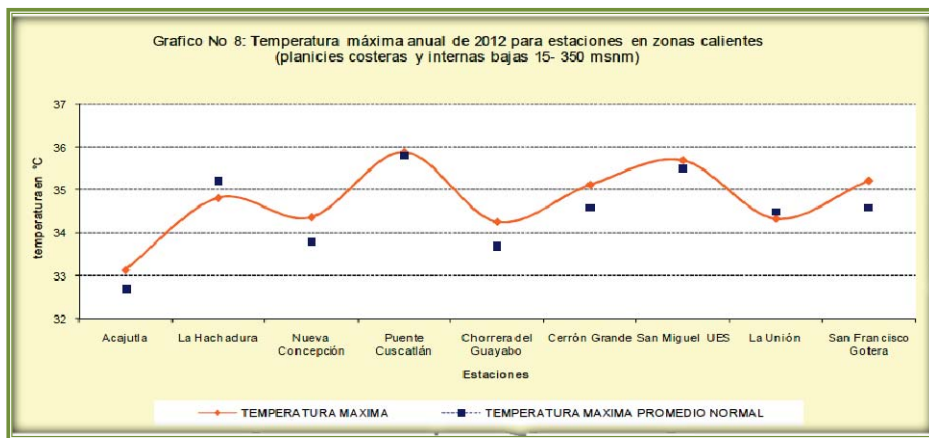


FIGURA. 3.4.3.2 TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL

FUENTE: SNET

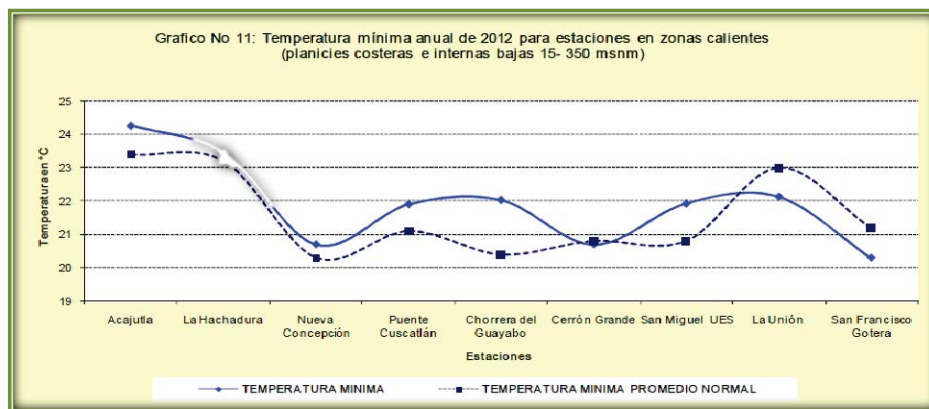


FIGURA.3.4.3.3 TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL

FUENTE: SNET

3.4.4 Precipitación

Al revisar el boletín climatológico anual del año 2012 se encuentra el gráfico número 1 (figura 3.4.4.1) del cual se puede apreciar que la lluvia acumulada en mm medida por la estación meteorológica San Miguel UES en el año 2012 fue de 1500 mm. Si se compara este valor con la normal climatológica para San Miguel, la cual es de 1450 mm. Se puede concluir que la precipitación está dentro del valor normal esperado para la zona de San Miguel.

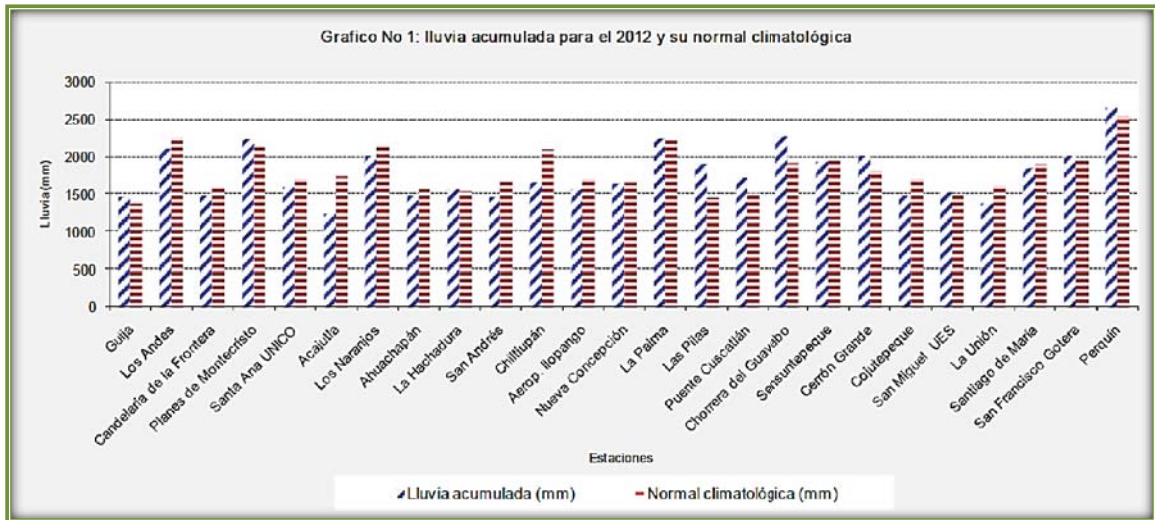


FIGURA. 3.4.4.1 LLUVIA ACUMULADA

FUENTE: SNET

El mapa de anomalías de lluvias en % para el 2012 en El Salvador (figura 3.4.4.2) que fue publicado en el boletín climatológico anual de 2012 del (MARN). Se puede observar que la ciudad de San Miguel experimento dos rangos de anomalías de lluvias, la zona Norte de la ciudad experimento un porcentaje de 0 a 10 % menor que el porcentaje de lluvia normal, la zona Sur de la ciudad experimento un porcentaje de 0 a -10 % menor que el porcentaje de lluvia normal. En conclusión el porcentaje de anomalías de lluvia estuvo en un rango de \pm el 10%.

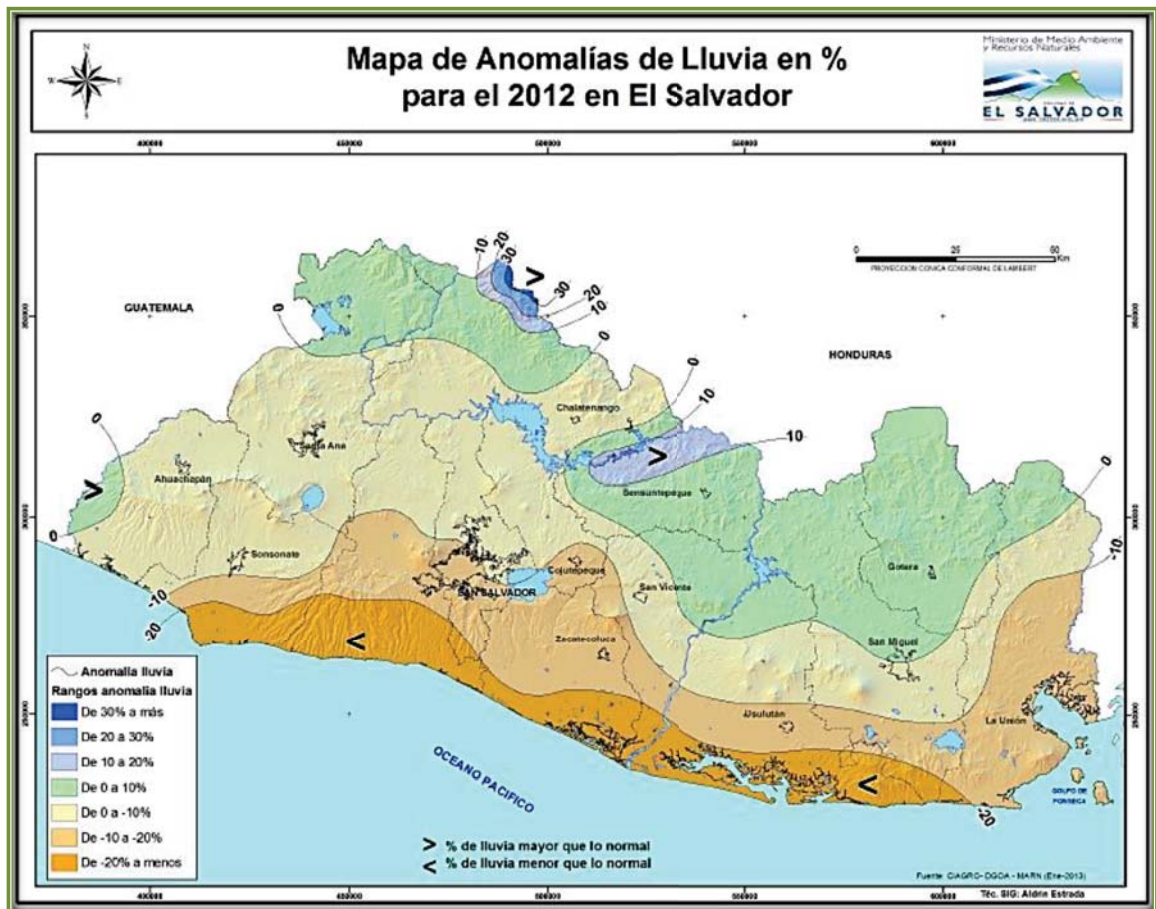


FIGURA. 3.4.4.2 ANOMALÍAS DE LLUVIA

FUENTE: SNET

3.5 DEMOGRAFÍA

Según la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC) en el área de la ciudad de San Miguel para el año de 2007 existían 71,054 viviendas y un promedio de 4 personas por cada una, haciendo un total de 218,410 habitantes, para la zona urbana se tenían 158,136 habitantes.

Según datos del Plan de Desarrollo Territorial de la Subregión de San Miguel Componente I Diagnostico Territorial (sociales e integrados) Volumen 1B DS-Población y Sociedad, establece que la ciudad de San Miguel tiene una tasa de crecimiento de 1.66%.

Proyección de la población actual

El estudio de la población será de gran utilidad para el diagnóstico de red pública de aguas residuales domésticas y estudio para la ubicación de planta de tratamiento de la ciudad de San Miguel. La población futura se determina de acuerdo a la norma técnica de ANDA, numeral 2 incisos 2.1 con un período mínimo de 20 años. Para la realización de la proyección de la población actual se considerara un periodo de 25 años a partir del año 2014

Se requiere establecer en la forma más exacta posible la población futura. El crecimiento de una población es un fenómeno muy complejo que envuelve diversos factores económicos, geopolíticos y sociales, su determinación precisa resulta un tanto difícil, pero en la práctica se utilizarán métodos de extrapolación cuyos resultados, aunque aproximados resultan aceptables.

La población final del período de diseño se calculará por: **Método aritmético**

Para realizar el cálculo de la población se utilizaran los datos de la tabla 3.5.1

Tabla 3.5.1. Censos poblacionales

AÑO	POBLACIÓN
1951	26,702
1961	39,949
1971	61,949
1989	99,309
1992	127,696
2007	158,136

FUENTE: CENSOS 1992 Y ANTERIORES, PLAMADUR 1996 Y DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS

3.5.1 Método aritmético

Este método se basa en que la tasa de crecimiento es constante, o sea que la población varía linealmente en el tiempo, siendo por lo tanto la ecuación de la línea recta la que lo define. La validez de este método se puede verificar examinando el crecimiento de la comunidad para determinar si se han producido incrementos aproximadamente iguales entre los censos recientes

En términos matemáticos puede ser expresado como:

$$K = \frac{dP}{dt}$$

Donde:

K = constante, se puede determinar graficamene a partir de los censos anteriores

$\frac{dP}{dt}$ = tasa de cambio de la poblacion

Se tiene que:

$$dP = (P2 - P1) \text{ y } dt = (t2 - t1)$$

$P2 - P1$ = poblacion de censos anteriores

$t_2 - t_1 =$ años en que se realizaron

posteriormente la población futura es estimada a partir de:

$$P_n = P_0(1 + rn) \quad (1)$$

Donde:

P_n = población al final del período de diseño

P_0 = población actual

r = tasa de crecimiento aritmético

n = período de proyección de la población en años

Primeramente se obtendrá una tasa de crecimiento aritmético

$$r = [(P_2 - P_1)/P_1n] \times 100 \quad (2)$$

se procederá a calcular la población futura de la ciudad con los datos de la tabla anterior

Para los años 1951 – 1961 se tiene:

$P_1 = 26,702$ Habitantes en el año 1951

$P_2 = 39,949$ Habitantes en el año 1961

Sustituyendo la ecuación (2)

$r = [(P_2 - P_1)/P_1n] \times 100$ se obtiene:

$$r = [(39,949 - 26,702)/(26,702 \times 10)] \times 100$$

$r = 4.96$ % anual

Para los años 1961 – 1971 se tiene:

$P_1 = 39,949$ Habitantes en el año 1961

$P_2 = 61,949$ Habitantes en el año 1971

Sustituyendo la ecuación (2)

$r = [(P_2 - P_1)/P_1n] \times 100$ se obtiene:

$$r = [(61,949 - 39,949)/(39,949 \times 10)] \times 100$$

$r = 5.5\%$ anual

Se obtendrá una tasa de crecimiento aritmético ponderada para la proyección de población del año 2,007 de la siguiente manera:

$$r_{\text{ponderado}} = [(4.96 \times 10) + (5.5 \times 10) + (3.35 \times 18) + (9.53 \times 3) + (1.59 \times 15)]/56$$

$r_{\text{ponderado}} = 3.88\%$ anual.

Proyectando la población para el año 2014

Utilizando $P_n = P_0(1 + r n)$

$P_0 = 158,136$ habitantes para el año 2007

$P_n =$ Población al final del año 2014

$n = 7$ años

$r =$ tasa de crecimiento aritmético 3.88%

Sustituyendo se tiene que $P_n = 158,136 (1 + 0.0388 \times 7)$

P_n para el año 2014 = 201,086 Habitantes

Proyectando la población al final del período de diseño:

Repetiendo procedimiento anterior.

$P_0 = 201,086$ Habitantes para el año 2014

$P_n =$ Poblacion al final del año 2039

$r =$ tasa de crecimiento aritmetico 3.88%

$n = 25$ años período de proyeccion en años

Se tiene que $P_n = 201,086 (1 + 0.0388 \times 25)$

☛ **$P_{2039} = 396,140$ Habitantes**

Estimando la población con la tasa de crecimiento establecida en PROYECCIONES DEPARTAMENTALES 2005 A 2020 DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA, la cual es de 1.66% y mediante la aplicación de la formula $P_n = P_0(1 + r \times n)$ se calculó que para el año 2039 la población será la siguiente.

$$P_{32} = 158,136 (1 + 0.0166 \times 32)$$

$$P_{32} = 242,138 \text{ Habitantes}$$

Tabla 3.5.1.1 Interpretación de los resultados obtenidos

TASA DE CRECIMIENTO	POBLACIÓN AL FINAL DEL PERIODO DE DISEÑO
3.88 %	396,140
1.66 %	242,138

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

La población a utilizar será la que se calculó en base a la tasa de crecimiento establecida por PROYECCIONES DEPARTAMENTALES 2005 A 2020 dado que esta fue calculada en base a las proyecciones de crecimiento poblacional a futuro y proyecciones de crecimiento económico realizadas por el MINISTERIO DE ECONOMÍA, la población calculada mediante la tasa de crecimiento que se dedujo por el método aritmético se descarta debido a que, para estimarla se tomó la población del periodo de la guerra civil. La población calculada con la tasa de 1.66%, será la utilizada para el cálculo del área, necesaria para la ubicación de una planta de tratamiento en la ciudad de San Miguel.

3.6 Actividad socio-económica sector urbano

El estudio del medio socioeconómico es de gran importancia para el desarrollo de la investigación, permite determinar el beneficio que brindaría la implementación del proyecto, se estudiarán los diversos componentes de este medio.

Las remesas se han convertido en un factor importante de la economía salvadoreña, de hecho las remesas forman parte de los pilares que sostienen la economía actual, permite el consumo interno y posibilita seguir con el sistema monetario dolarizado, sin embargo de igual forma que existen beneficios, las remesas poseen externalidades contaminantes a la sociedad salvadoreña, entre las que se encuentran la desintegración familiar, la globalización del fenómeno de las maras, el crecimiento económico basado en consumismo y muy poco en inversiones, es decir un espejismo de bienestar económico y reducción de la pobreza, pero que no contribuye a crear mayores dinámicas locales, ni empleos sostenibles en el tiempo.

En la publicación del Ministerio de Economía (MINEC). Asesores Juniors. (2005) se establece que la mayoría de los trabajadores se dedica al sector comercial (alrededor de un 60 %), los sectores de servicios y de industria tienen porcentajes

bastantes cercanos, el primero es de aproximadamente 23% y el segundo de aproximadamente 17%. La ciudad de San Miguel no sobre sale en un solo sector productivo, se destacaba tanto en actividades industriales y comerciales. En el área industrial se pueden mencionar la producción de azúcar, materiales prefabricados para el área de la construcción entre otros. En cuanto a lo comercial se refiere están los productos alimenticios y actividades de servicios como: cooperativas de ahorro, crédito y transporte. De la actividad económica de la ciudad de San Miguel, se puede concluir que la mano de obra requerida por la economía no se encuentra en un solo sector. La ciudad se ha desempeñado históricamente como un centro de comercio regional de prestación de servicios, centro de transporte regional y comunicaciones. Esta tendencia continúa hasta el presente. Según PLAMADUR, cerca del 95% de los establecimientos industriales de San Miguel son microempresas que procesan productos agrícolas y reparan herramientas y equipos relacionados con la agroindustria, la agricultura y los transportes.

En abril de 1997 los resultados económicos, no negaban que la ciudad de San Miguel asumía un papel importante, como un centro de comercio de la región oriental. La ciudad sirve de canal para la venta de productos elaborados en la región; para la distribución y comercialización de bienes importados. Anteriormente se reconocía a la ciudad de San Miguel como: la capital política de oriente; capital comercial y financiera, la “ciudad de los Micro-Empresarios” y como el centro más importante de la región para presentación de servicios de salud y educación.

Los mercados tienen una gran importancia en la economía local y de la región. Esta actividad económica incluye mercados municipales, comercios mayoristas, bodegas y distribución de productos. La ciudad de San Miguel cuenta con mercados, cerrados y ambulantes, ubicados en el centro de la ciudad, generando serios problemas de congestión vehicular y de contaminación. Todas las rutas de transporte urbano atraviesan el centro de la ciudad, existen cuatro calles principales

que están bloqueadas por comercios en las vías y aceras. El problema de las ventas callejeras en San Miguel es tan antiguo como la ciudad misma.

Los diagnósticos socio-económicos del PLAMADUR, han identificado una serie de inquietudes con respecto a la salud de la economía local de San Miguel, incluyendo los siguientes puntos:

- ☞ La vocación económica de la ciudad de San Miguel se fundamentó en su rol como una ciudad secundaria en la jerarquía de asentamientos humanos en el país. Tradicionalmente San Miguel ha desarrollado un papel como centro de comercio, de transporte, etc. Sin embargo con el conflicto armado de los años 80 y de la destrucción de la infraestructura regional, San Miguel ha perdido en parte su integración económica con el resto del país, y su rol como el centro urbano de la región oriente.
- ☞ La economía migueleña no es tan diversificada. Hay una dependencia excesiva en las remesas familiares; en el largo plazo esta fuente de recursos se desaparecerá. La industria tiene poca relevancia; el sector está atomizado y tiene baja productividad.
- ☞ La infraestructura de la ciudad no respalda bien las actividades económicas que existen. El sistema de mercados municipales se encuentra en desorden. El rastro municipal está funcionando bajo condiciones no higiénicas, hace daños al medio ambiente, y está en conflicto con los usos del suelo en sus alrededores.

Las principales actividades económicas del municipio son el comercio y los servicios, principalmente logísticos. Existe todo tipo de comercio local (hoteles, gasolineras, agencias bancarias, almacenes, farmacias, tiendas generales, restaurantes y cafeterías y todo tipo de pequeños negocios). Existe una cierta especialización en servicios de logística y de atención sanitaria tanto pública como privada.

La agricultura sigue presente en la zona rural del municipio, cultivándose granos básicos, café, caña de azúcar, hortalizas y frutas. El algodón puede considerarse como marginal hoy en día. En el rubro pecuario existe la crianza de ganado bovino y porcino y una cierta actividad de avicultura y pesca artesanal en las lagunas. San Miguel produce el 80% de toda la subregión. Existen igualmente industrias extractivas de gravas y arenas y fábricas de ladrillo en la parte Sureste, sobre todo en la carretera Panamericana hacia La Unión.

Las principales industrias del municipio se sitúan en la Carretera Panamericana, en los límites municipales con Quelepa: Embotelladoras de bebidas, fábricas de productos de alimentación como la producción de pollos y concentrados; panadería industrial, material para la construcción y muebles de madera. El resto lo constituyen pequeños establecimientos o micro industrias. En este contexto es posible observar como este país es convertido en un mercado de inversiones que va desde los restaurantes de comida rápida, hasta la expansión de los bancos transnacionales que actualmente controlan la banca salvadoreña.

En la ciudad de San Miguel la población que habita las lotificaciones periurbanas, en primer lugar, se encuentran altos niveles de delincuencia que tienen como base la falta de oportunidades de empleo, mendicidad infantil, prostitución, analfabetismo. La mayoría de su población no alcanza estudios universitarios, las niñas a temprana edad dejan la escuela y se convierten en la mayoría de los casos en madres solteras, mucha población sobrevive del comercio informal, los que encuentran un trabajo público o privado no ganan más que un salario de \$186, que constituye el salario mínimo y que no cubre el alto costo de la canasta básica.

3.7 Uso de suelo urbano.

El uso predominante en el área urbana de San Miguel es el habitacional, de alta, media y baja densidad, abarcando incluso algunos cantones y caseríos calificados

en la actualidad como rurales (ver anexo 3). El centro urbano presenta una zona bastante extensa de comercio, servicios y oficinas, así como de usos institucionales. Además, en su carácter de centro regional, cuenta con todos los equipamientos urbanos y regionales, ubicados de manera dispersa.

Sobre la carretera Panamericana, hacia San Antonio Silva, se ubica una serie de usos que provocan conflictos de tráfico vehicular: ladrilleras, graveras, usos ganaderos, residenciales, comerciales y de servicios y recreativos, entre otros. Las zonas de uso comercio-servicios-oficinas se ubican tanto en el núcleo central original, como en el resto del centro urbano, mezcladas con las zonas residenciales; aunque en los últimos años se han localizado a lo largo de las principales vías de la ciudad: Avenida Roosevelt, Ruta Militar, la carretera Panamericana y las vías de mayor tráfico (Ver Fotografía 3.7.1).



FOTOGRAFIA 3.7.1. CRECIMIENTO DE ZONAS DE COMERCIOS, SERVICIOS Y OFICINAS SOBRE LA AVENIDA ROOSEVELT

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

No se observa mucha presencia de usos industriales ni logísticos, excepto sobre las carreteras de acceso a la ciudad (Panamericana y Ruta Militar).

La siguiente tabla presenta un resumen de las superficies ocupadas por los principales usos del suelo urbano presentes en el municipio, según la clasificación del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

Tabla 3.7.1. Uso de suelos urbanos en San Miguel.

USO DE SUELO	SUPERFICIE CONSOLIDADA (HA)	%	SUPERFICIE TOTAL (HA)	%
Habitacional de baja densidad	590.14	20.42	2131.61	73.74
Habitacional de media densidad	972.75	33.66		
Habitacional de alta densidad	568.52	19.67		
Comercio-servicios-oficinas	262.21	9.07	262.21	9.07
Industrial	64.81	2.24	64.81	2.24

FUENTE: INFORME FINAL: TOMO 1 VOLUMEN 1-DS-URBANISMO, VIVIENDA Y EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS

Tabla 3.7.2. Distribucion de Espacios en San Miguel

USO DE SUELO	SUPERFICIE CONSOLIDADA (HA)	%	SUPERFICIE TOTAL (HA)	%
Logístico	23.87	0.83	23.87(0.83)	
Infraestructura	18.05	0.62	18.05(0.62)	
Equipamiento institucional	52.57	1.82	389.98 (13.49)	
Equipamiento sanitario y asistencial	25.43	0.88		
Equipamiento educativo	111.59	3.86		
Equipamiento recreativo urbano	157.82	5.46		
Equipamiento cultural y religioso	20.09	0.70		
Equipamiento funerario	19.17	0.66		
Equipamiento transporte y abasto	3.31	0.11		
Total suelo urbano consolidado	2,890.53	100.00		
Suelo urbano no consolidado			1,323.90	31.41
Total del centro urbano			4,214.43	100

FUENTE: INFORME FINAL: TOMO 1 VOLUMEN 1-DS-URBANISMO, VIVIENDA Y EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS

Habitacional

El uso predominante en el área urbana de San Miguel es el habitacional, predominando la densidad media, sobre todo al Norte, Oriente y Sur - Este de la ciudad (34.39% del total del suelo urbano consolidado). En el centro predomina la densidad alta, y en la periferia y colonias nuevas, la baja densidad. En las afueras, cerca de otros cantones y caseríos se encuentran zonas de baja densidad.

Algunos ejemplos de uso habitacional reciente son:

- ☛ Ciudad Pacífica, ubicada sobre la cota 250, en las faldas del volcán. Este desarrollo cuenta con sus propios equipamientos urbanos: parque, hospital, escuela, iglesia, terreno para centro comercial, y 5,000 viviendas de alta densidad. Está programada para desarrollarse en 5 etapas, faltando 2,000 viviendas por construir. El lote tipo es de 5 x 12 o 5 x14 metros.
- ☛ Residencial El Sitio, de baja densidad, ubicada al Nor-Oeste de la ciudad. Es la zona más cara, y cuenta con parques, canchas y accesos controlados.
- ☛ Residencial Hacienda San Andrés, ubicada entre San Miguel y Quelepa. Proyecto de aproximadamente 2,000 viviendas de media densidad, con áreas verdes centrales. Actualmente se encuentra sin completar, con muy pocas viviendas construidas.

En San Miguel, las viviendas son unifamiliares; en su mayoría constan de un nivel, y en algunos casos, de dos niveles; no existen proyectos de vivienda en altura. Según información proporcionada por la alcaldía municipal, se identifican un mínimo de mesones y tugurios.

En general, los usos habitacionales se mezclan con los comerciales, de servicios e institucionales, sin ningún criterio de compatibilidad, lo que ocasiona conflictos, y problemas de saneamiento, entre otros.

Algunas lotificaciones carecen de servicios de drenajes de aguas negras y lluvias, y únicamente cuentan con abastecimiento de agua potable y energía eléctrica.

El uso habitacional ocupa el 73.74 % del total del suelo urbano.

Comercio-servicios-oficinas

El uso comercio-servicios-oficinas se concentra en su mayoría a lo largo de la Avenida Roosevelt, la Ruta Militar (hacia Santa Rosa de Lima), la Carretera Panamericana (hacia La Unión), la Carretera Litoral (hacia El Delirio) y otras calles principales del centro histórico.

Las actividades comerciales y de servicios son muy variadas, ya que San Miguel es el centro regional de servicios: hoteles, moteles, restaurantes, centros comerciales, bancos, instituciones financieras, talleres, ventas de materiales de construcción, ferreterías, salas de belleza, tiendas varias, salas de recepciones, discotecas, clubes nocturnos, pequeños negocios comerciales, tiendas de artículos de primera necesidad, ciber cafés, y una gran variedad de oficinas privadas. En San Miguel se ha identificado un total de 850 establecimientos comerciales y de servicios, el 95% de los cuales consisten en microempresas.

Comerciales.

En San Miguel se han construido recientemente varios centros comerciales, sobre todo en el sector Sur de la ciudad, sobre la Carretera Panamericana, así como también muchos otros centros comerciales ubicados de manera dispersa en todo el centro urbano.

El mercado municipal se ubica en el centro histórico, ocupando dos manzanas: el mercado municipal No. 1 y No. 2. En uno se comercializan artesanías, ropa y calzado; y en el otro, carnes, verduras, lácteos, flores, alimentos cocinados, etc. Se ubican entre la 1ª Y 2ª Calle Oriente, y la 1ª y 3ª avenidas Sur y Norte. La construcción original está rodeada de ventas informales, que abarcan cuatro manzanas. Además, las ventas informales han cerrado el parque Barrios en sus cuatro costados. San Miguel cuenta con un rastro municipal, ubicado sobre la 8ª Avenida Sur, 1ª y 3ª Calle Oriente. Este rastro da servicio a todos los municipios vecinos.

Este uso equivale al 9.07 % del total del suelo urbano.

Institucional

El uso institucional en San Miguel es importante, pero se encuentra disperso en la ciudad, aunque algunas instituciones se han concentrado en un centro de gobierno, ubicado en la antigua fábrica de hilados y tejidos (ANDA, Museo Regional de oriente, casa de la cultura, defensoría del consumidor, seguridad ciudadana, registro de catastro, migración, ISDEM, ISDEMU, INDES, CNR, PNC, oficina de correos, INPEP, y junta de carrera docente del MINED).

Por ser el centro regional de servicios, San Miguel cuenta con una gran cantidad de instituciones: Alcaldía Municipal, ubicada en tres inmuebles; casa comunal, PNC, juzgado de paz (Centro Judicial Isidro Menéndez), un cementerio municipal situado en las afueras del casco urbano, un cementerio privado, las oficinas departamentales de los ministerios de salud y educación, varias oficinas gubernamentales dispersas (Ministerio de Hacienda, CENTA, Ministerio de Educación, ISSS, ISTA, MOP/VMVDU, entre otras), registro de armas, SERTRACEN, la 3ª brigada de infantería, un centro penitenciario, y los

equipamientos sociales que se describen en el siguiente numeral. El uso institucional equivale al 13.49 % del total del suelo urbano.

☞ Logístico.

Sobre la carretera Panamericana, al ingresar a la ciudad de San Miguel, en los límites con Quelepa, se ubican centros de distribución de la Embotelladora Salvadoreña entre otros; y en la salida a La Unión y al Delirio, se ubican diversas bodegas de almacenamiento.

Equivale apenas al 0.83 % del total del suelo urbano consolidado.

☞ Industrial.

En San Miguel hay pocas instalaciones industriales considerables; más bien, son pequeñas industrias con dos o tres empleados, localizadas dentro del área urbana, mezcladas con otros usos. Se identifican como micro industrias.

Entre las industrias de mayores dimensiones en la ciudad de San Miguel se destacan el ingenio Chaparrastique, ubicado sobre la salida al Delirio, frente a la Universidad Nacional; Pastelería, en la colonia Ciudad Jardín; y Restaurantes, ubicados en diferentes inmuebles: dos granjas avícolas, una ubicada en cantón El Brazo y otra en cantón San Carlos, y la fábrica de concentrados, en el cantón El Delirio.

Equivale al 2.24 % del total del suelo urbano consolidado.

Equipamiento Urbano del Municipio.

A escala urbana, el municipio de San Miguel está dotado de todos los equipamientos urbanos y regionales, destinados a salud, educación, cultura, y religión, recreativos, funerarios, transporte terrestre y abasto, según la clasificación del VMVDU.

La siguiente tabla presenta la situación actual del municipio en lo referente a equipamientos a escala urbana.

Tabla. 3.7.3. Equipamiento urbano de San Miguel año 2009.

INSTITUCIONAL	SANITARIOS Y ASISTENCIALES	EDUCATIVO	RECREATIVO URBANO	CULTURAL Y RELIGIOSO	FUNERARIOS	TRANSPORTE Y ABASTO
Alcaldía	Unidad de salud (10)	Centro educativo (parvularia y básica) (133)	Parque urbano local (11)	Iglesias evangélicas (54)	Funerarias (5)	Mercado (3)
PNC				Iglesias católicas (13)		
Cuerpos de agentes metropolitanos						
Juzgado	Consultorio (6)	Educación media superior (38)	Parque deportivo local (82) incluye 75 canchas y 7 centros deportivos	Iglesias mormonas(3)		
Correos				Casa comunal (3)		
ANDA				Casa de la cultura (1)		
Oficinas jurídicas	Guardería infantil	Parque temático (5)	Casa parroquial (2)	Cementerios (2)	Terminal de buses	
	laboratorios					

FUENTE:

INFORME FINAL: TOMO 1 VOLUMEN 1-DS-URBANISMO, VIVIENDA Y EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS

CAPITULO IV

DIAGNOSTICO DE LA

RED DE

ALCANTARILLADO

SANITARIO

4.1 DATOS DE LA RED PÚBLICA DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

4.1.1 Descripción del sistema de alcantarillado.

Según PLAMADUR la ciudad de San Miguel cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario cuya red de tubería del casco histórico sobrepasa los 50 años de antigüedad. El sistema funciona totalmente separado del alcantarillado pluvial. Todos los colectores de la ciudad descargan las aguas residuales domésticas por gravedad, sin ningún tratamiento previo hacia el Río Grande de San Miguel, que se ha convertido en el único cuerpo receptor de los diferentes puntos de descargas de aguas negras, sean directas o indirectas mediante las quebradas que atraviesan la ciudad de Oeste a Este.

El sistema de alcantarillado se ha desarrollado a partir de su casco histórico, que es el más antiguo del sistema, y del cual se ha expandido hacia el Norte sobre la 14ª calle Poniente-Oriente; al Oriente en la 8ª Avenida Norte-Sur; al Sur en la Avenida Roosevelt hasta el empalme con la Avenida José Simeón Cañas; y al poniente sobre la Avenida Roosevelt. En esa área de expansión, se han efectuado las diferentes conexiones de las redes de alcantarillado sanitario de las colonias y urbanizaciones de la ciudad, se han construido colectores de relleno, todo ello a medida que se ha desarrollado la zona urbana de San Miguel.

Basándose el plano oficial de ANDA, de la red de alcantarillado sanitario, se observa que actualmente existen zonas urbanas en la ciudad de San Miguel, que carecen de red de alcantarillado sanitario, las zonas sin dicho servicio se ubican principalmente al Suroeste de la ciudad, al Norte de esta a partir de la Ruta Militar, al Noreste de la ciudad las colonias que se encuentran aledañas al río. (Ver anexo 7 plano número 1).

4.1.2 Características del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel en base al plano oficial de ANDA.

Para conocer los datos característicos de la red de aguas residuales de la ciudad de San Miguel, se tomó como base el plano de aguas negras proporcionado por ANDA, con el cual se llevó a cabo la recolección de datos de longitud de tubería, diámetros y material del que están constituidas estas, todo ello con el objetivo o fin de conocer la cantidad de tubería instalada actualmente en la red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad, para tener un mejor conocimiento y así poder establecer las posibles ampliaciones y darle cobertura a los sectores del casco urbano que no cuentan aún con dicho servicio.

Actualmente la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel, está compuesta por 200.97 km de tuberías. Correspondiendo 9.794 km de estas a colectores de alivio, 0.296875 km de colectores interceptores, 1.95 km de colectores primarios y 188.93 km de colectores secundarios (ver tabla 4.1.2.1). Los diámetros de las tuberías comprenden un rango de 6 a 48 pulgadas en los diferentes materiales como son concreto, acero colado y PVC. Como se muestra en la tabla 4.1.2.2 y 4.1.2.3. de igual forma en el anexo 7, en el plano número 2 se representan los diámetros y en el plano 3 los materiales, donde se puede apreciar de una mejor manera como está distribuida la red de tuberías con su respectivo diámetro y material.

En general como se mencionó anteriormente la red tiene más de 50 años de vida, con lo que ha superado con creces su vida útil, la red se encuentra en mal estado, pues aunque se le da mantenimiento correctivo reparando o ampliando nuevos servicios no tiene ningún mantenimiento preventivo, y fundamentalmente su estado es consecuencia del mismo deterioro por el normal uso en tan largo período de tiempo.

Tabla 4.1.2.1. Longitud de tubería clasificada por tipo de colector

TIPO DE COLECTOR	COLECTOR ALIVIO (M)	COLECTOR INTERCEPTOR (M)	COLECTOR PRIMARIO (M)	COLECTOR SECUNDARIO (M)	TOTAL DE TUBERÍA (M)
Total	9794.375	296.875	1950	188931.69	200972.94

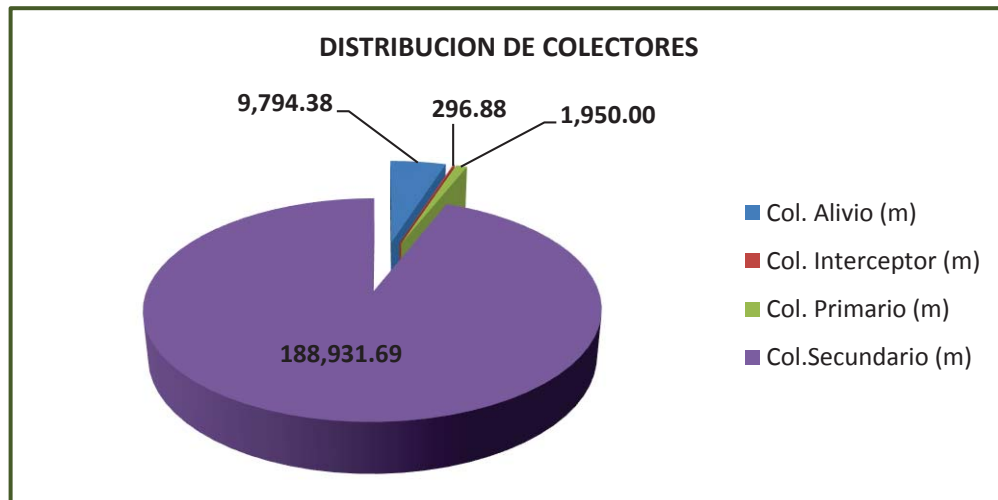
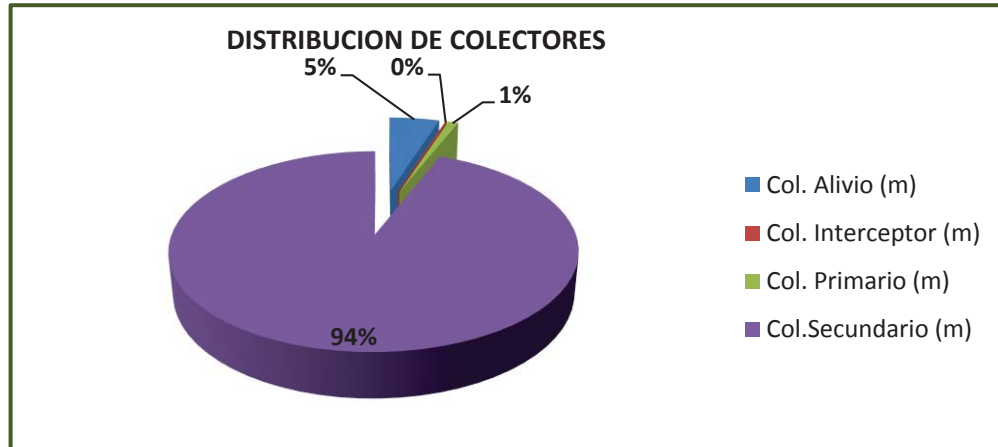


Tabla 4.1.2.2 Longitud de tubería clasificada por diámetro

DIÁMETRO (PULG)	LONGITUD (M)	DIÁMETRO (PULG)	LONGITUD (M)
Ø 6	200.000	Ø 18	2435.000
Ø 8	181826.260	Ø 24	2995.000
Ø 10	6765.625	Ø 36	1610.000
Ø 12	2821.055	Ø 48	110.000
Ø 15	2210.000	Total	200972.940

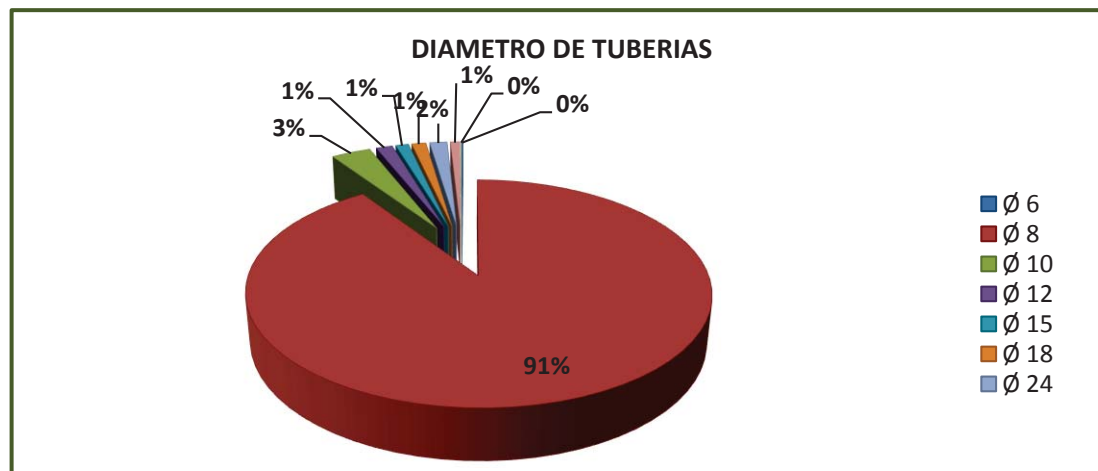
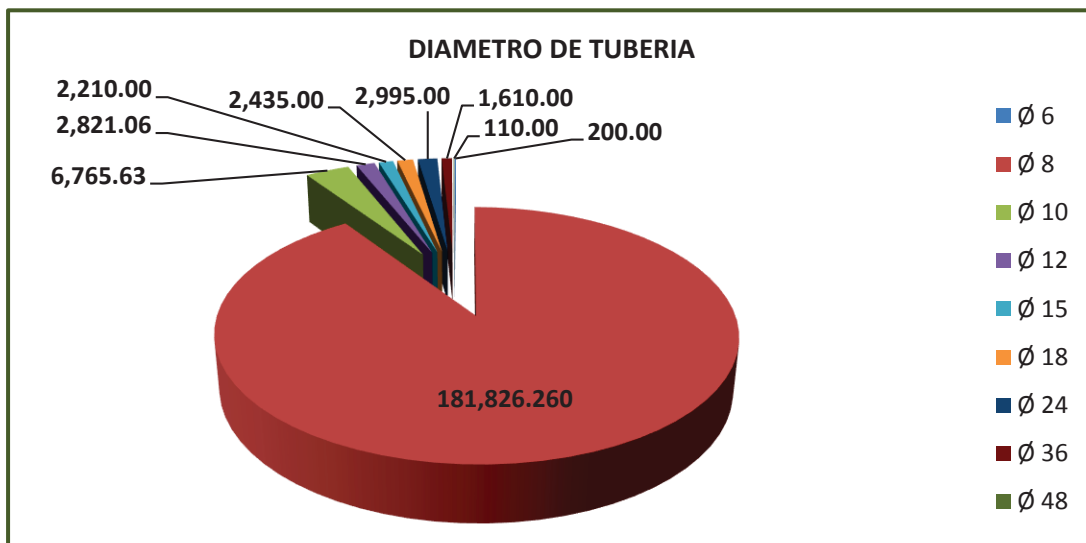
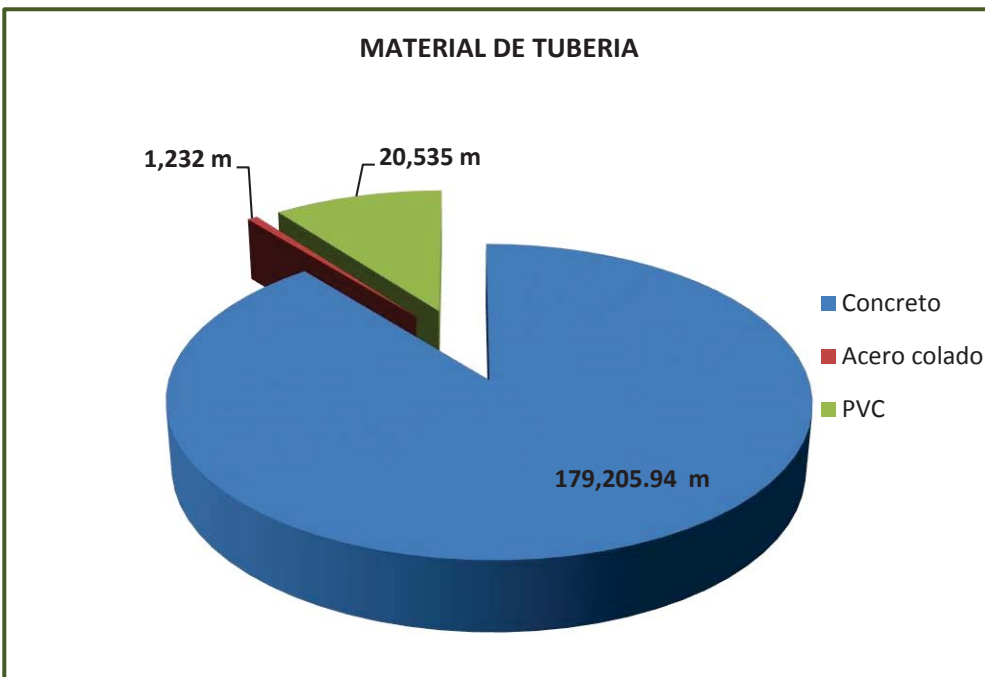
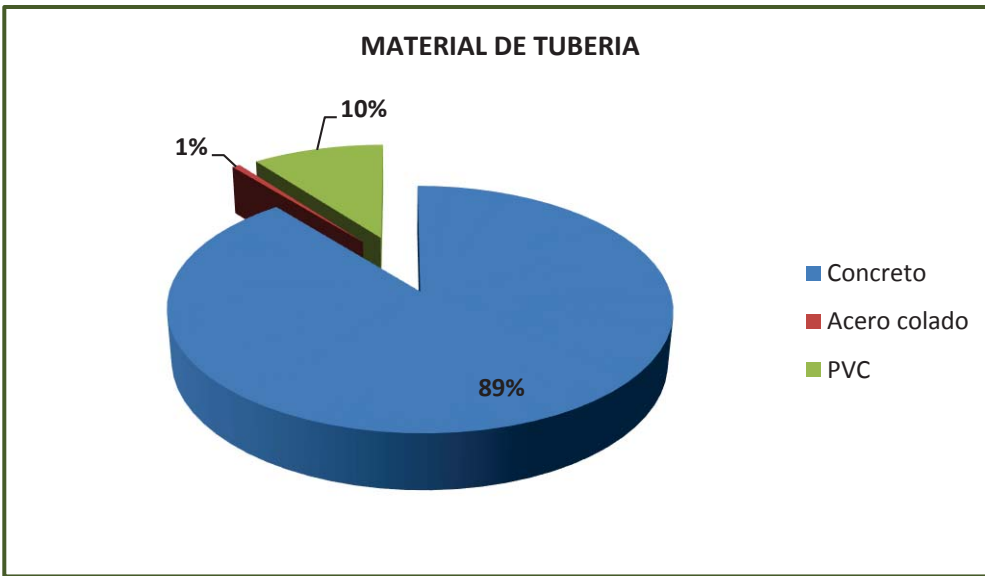


Tabla 4.1.2.3 Longitud de tubería clasificada por el material la tubería.

MATERIAL	CONCRETO	ACERO COLADO	PVC	TOTAL
Longitud (M)	179,205.94	1,232.00	20,535.00	200972.94



4.1.3 Pozos de visita del sistema de alcantarillado de la ciudad de San Miguel.

Los pozos de visita de todo sistema de alcantarillado sanitario, son componentes fundamentales para la operatividad de la red, pues permiten realizar cambios de dirección, pendiente y la desobstrucción de la tubería. En esta investigación se realizó un conteo del número de pozos de visita que tiene la red de alcantarillado público de la ciudad de San Miguel, el cual se hizo en base al plano oficial de la red de alcantarillado sanitario de la ciudad, el plano fue proporcionado por ANDA, dicho conteo proporcionó como resultado un número total de pozos de visita de **1,467**.

Mediante visitas de campo, se realizó un sondeo para verificar el año en que fue construida la red en las diferentes colonias de la ciudad de San Miguel, basándose en la fecha que tienen grabadas las tapaderas de los pozos de visita; el resultado del sondeo se muestra en la tabla 4.1.3.1.

Tabla 4.1.3.1 Construcción del sistema de alcantarillado.

CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO			
COLONIAS	AÑO DE ALCANTARILLADO	COLONIAS	AÑO DE ALCANTARILLADO
18 De Mayo	1994	La Esperanza	1992
Ciudad Real	1989 y 1992	Santa Lucia	1994
San Pablo	1990	Palo Blanco	1990
Panamericana	2003	Presita I	2004
Tesoro I	2009	Presita II	1996
San José de La Montaña	1992	Nueva Belén	2010
Reparto Los Héroes	1995	Las Águilas	1997
Abdala	2014	Las Unidas	2000
Satélite	1994	Rio Grande	1979
Las Palmeras	1998 y 1999	La Molino	1983, 1984 y 1993
Colonia Esmeralda	2005 y 2001	California	1992
Divina Asunción	1998	Jucuapa N° 2	2013
López	2011	3 De Mayo	2011
Ciudad Jardín III	2012		

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Los problemas evidentes que presentan los pozos de visita de la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel, afectan la operatividad de esta o pueden llegar a generar problemáticas mayores de no darle solución. Las condiciones físicas y estructurales de los pozos de visita se resumen a continuación:

- ☞ Tapaderas en mal estado (fracturadas).
- ☞ Tapaderas que no pertenecen a la red de la ciudad, ni a la red de aguas negras, lo que hace difícil identificar a qué tipo de alcantarillado pertenece el pozo (ver fotografía 4.1.3.1).
- ☞ Pozos soterrados por basura y ripio, debido a que están ubicados en zonas deshabitadas (ver fotografía 4.1.3.2).
- ☞ Tapaderas que no tienen ninguna inscripción debido a su antigüedad (ver fotografía 4.1.3.3)
- ☞ Pozos sin tapadera, que favorecen la introducción de objetos que obstruyen las tuberías. (ver fotografía 4.1.3.4).
- ☞ Pozos que la zona en donde están ubicados a sufrido erosión del suelo, y no se ha realizado ninguna obra complementaria que corrija o evite mayor daño al pozo (ver fotografía 4.1.3.5).



FOTOGRAFIA 4.1.3.1: POZO DE VISITA CON TAPADERA QUE NO PERTENECE A LA CIUDAD

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO



FOTOGRAFIA 4.1.3.2: POZO DE VISITA SOTERRADO DE BASURA Y RIPIO

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO



FOTOGRAFIA 4.1.3.3: POZO DE VISITA SIN SU RESPECTIVA TAPADERA

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO



FOTOGRAFIA 4.1.3.4: POZOS DE VISITA CON TAPADERA SIN INSCRIPCION

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO



FOTOGRAFIA 4.1.3.5: POZOS DE VISITA EN LOS PUNTOS DE DESCARGA

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Según diagnóstico realizado por C. Lotti & Associati – ITS-1997, las condiciones físicas estructurales de la red se resumen a lo siguiente:

- ☞ Pozos de visita: en su mayoría en buen estado pero algunos sin tapaderas.
- ☞ Colectores del casco urbano: en mal estado estructural, dada su antigüedad y son de concreto simple, baja capacidad de conducción hidráulica en comparación con el caudal que conducen.
- ☞ Colectores secundarios de colonias y urbanizaciones: en regular estado los de concreto simple y buen estado de los colectores de PVC.
- ☞ Emisores e interceptores: de regular a buen estado, tanto estructural como de funcionamiento hidráulico.

4.2 Datos característicos de la red de alcantarillado sanitario existente.

La recolección de datos de la red de alcantarillado sanitario, es un objetivo de este diagnóstico. Para tal fin se hizo una recopilación de datos en las carpetas técnicas de proyectos de aguas negras realizados en la ciudad que demuestran la expansión de la red de alcantarillado de la ciudad de San Miguel. Estos proyectos han sido ejecutados en el período comprendido entre el año 2009 al 2014, debido a que la institución no posee registros de datos de proyectos de la red que se han realizado en años anteriores al período mencionado. A continuación se muestran datos proporcionados por ANDA de las colonias que en los últimos años, se les ha brindado el servicio de alcantarillado sanitario.

Urbanización Nueva Belén:

Urbanización Nueva Belén, ubicada entre la colonia Presita II y Residencial San Francisco de la ciudad de San Miguel. Resolución No 014/2009 fecha de 27 de octubre de 2009; comprende la habilitación parcial de 95 servicios domiciliarios y habilitación del proyecto “Urbanización Nueva Belén”.

Datos de la Red

Superficie total: 69,936.75 M²

Superficie útil: 33, 747.64 M²

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	499
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	2,994
DOTACIÓN	125 LTS/PERSONAS/DIA
DEMANDA MEDIA DIARIA	4.3 LTS/SEG
DEMANDA MÁXIMA	5.6 LTS/SEG (K ₁ =1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	10.3 LTS/SEG (K ₂ =2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	19.3 LTS/SEG

Colonia Jucuapa No 2

Ubicada al Sur-Oriente de colonia 15 de Septiembre y al poniente de Urbanización Prados de San Miguel del municipio de San Miguel; departamento de San Miguel aprobado por ANDA según resolución 086/2013 ref.com. 260.400.2013 de fecha 25 de julio del 2013.

COLECTOR DE ALCANTARILLADO SANITARIO			
VÍA	LONGITUD EN METROS	DIÁMETRO DE COLECTO	CONEXIONES Ø6" PVC
Calle Benedicto	423.93	Ø 8" PVC	41
Calle Francisco Gavidia	243.28	Ø 8" PVC	43
Calle Otto	245.00	Ø 8" PVC	27
6ta Calle Oriente	289.60	Ø 8" PVC	0
Avenida San José	94.05	Ø 8" PVC	4
Avenida Doctor Alvarenga	223.20	Ø 8" PVC	0
Avenida San Jorge	48.60	Ø 8" PVC	3
TOTAL	1,567.66	Ø 8" PVC	118

POZOS AGUAS NEGRAS		
VIA	Nº DE POZOS	ID DE POZO
Calle Benedicto	6	P-9,P-10,P-11, P-21-A, P-24 Y P-25
Calle Francisco Gavidia	3	P-14, P-15 Y P-16
Calle Otto	5	P-17, P-18, P-19,P-20 Y P-21
6ta Calle Oriente	5	P-1, P-2, P-3, P-4, Y P-5
Avenida San José	0	0
Avenida Doctor Alvarenga	3	P-6, P-7 Y P-8
Avenida San Jorge	2	P-12, Y P-13
TOTAL	24	

Alcantarillado: La descarga de las aguas negra podrá ser incorporada a un pozo del colector Ø48" existente en avenida Ahuachapán y calle libertad de Colonia Unidas del municipio y departamento de San Miguel.

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	118
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	708 Habitantes
DOTACIÓN	200.00 L/S
DEMANDA MEDIA DIARIA	1.6 L/S
DEMANDA MÁXIMA	2.1 L/S (K1 = 1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	3.8 L/S (K2 = 2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	6.1 L/S

Colonia Abdala No 1

Proyecto de la comunidad “ABDALA No 1”, ubicada en final 7ª avenida Norte, calle Ruta Militar, colonia Abdala No 1 del municipio y departamento de San Miguel.

COLECTOR DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
VÍA	LONGITUD EN METROS	DIÁMETRO DE COLECTOR	ACOMETIDAS (YEE-TEE Ø8" A Ø6")	ID DE ACOMETIDAS
Paso aéreo en Quebrada (Tramo 8)	29.70	Ø 8" Acero al Carbón		
Pasaje n° 1 (Tramo 9)	28.66	Ø 8" PVC		
Avenida Principal	62.42	Ø 8" PVC		
Calle Principal (tramo 5)	66.10	Ø 8" PVC	9 Acometidas de Ø 6"	19,20,21,22,23, 24,25,26 y 25
Calle Principal (tramo 6)	66.10	Ø 8" PVC	6 Acometidas de Ø 6"	28,29,30,31,32 y 33
Calle Principal (tramo 2)	62.02	Ø 8" PVC	6 Acometidas de Ø 6"	7,8,9,10,11 y 12
Avenida Abdala (tramo 3)	60.72	Ø 8" PVC	4 Acometidas de Ø 6"	13 y 14
Avenida Abdala (tramo 4)	36.08	Ø 8" PVC	2 Acometidas de Ø 6"	15,16,17 y 18
Prolongación Calle Principal	56.33	Ø 8" PVC	6 Acometidas de Ø 6"	1,2,3,4,5 y 6
TOTAL	468.13	Ø 8" PVC	33 Acometidas de Ø 6"	

POZOS AGUAS NEGRAS		
VIA	N° DE POZOS	ID DE POZO
Pasaje n° 1	1	P-9
Avenida Principal	2	P-1 y P-2
Calle Principal	1	P-3
Calle Principal	1	P-4
Avenida Abdala	2	P-5 Y P-6
Prolongación Calle Principal	2	P-8 Y P-7
TOTAL	9	Pozos de Registro

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	40
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	240 Habitantes
DOTACIÓN	150.00 L/S
DEMANDA MEDIA DIARIA	0.4 L/S
DEMANDA MÁXIMA	0.5 L/S (K1 = 1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	1.0 L/S (K2 = 2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	1.6 L/S

Colonia 3 de Mayo

Ubicación: cantón el sitio del municipio de San Miguel, departamento de San Miguel
 resolución N° 072/2011 ref.com.260.559.2011.

COLECTOR DE ALCANTARILLADO SANITARIO			
VÍA	LONGITUD EN METROS	DIÁMETRO DE COLECTO	ACOMETIDAS (YEE-TEE Ø8" A Ø6")
Calle Principal	159.90	Ø 8" PVC	18 Acometidas de Ø 6
Calle Juan Arévalo	244.50	Ø 8" PVC	24 Acometidas de Ø 6"
Calle a Ciudad Toledo	65.20	Ø 8" PVC	2 Acometidas de Ø 6
Pasaje Bustillo	78.00	Ø 8" PVC	1 Acometidas de Ø 6
TOTAL	547.60	Ø 8" PVC	45 Acometidas de Ø 6

POZOS AGUAS NEGRAS		
VIA	Nº DE POZOS	ID DE POZO
Calle Principal	3	P-1,P-2,Y P-3
Calle Juan Arévalo	7	P-4, P-5,P-6, P-7, P-8, P-9 Y P-10
Calle a Ciudad Toledo	2	P-11, Y P-13
Pasaje Bustillo	1	P-12
TOTAL	13	Pozos de Registro

Alcantarillado: La descarga de las aguas negras puede realizarse al sistema de Ø15" de cemento existente en calle antigua al sitio, en intersección de calle principal y pasaje arévalo de colonia 3 de Mayo, municipio y departamento de San Miguel.

`DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	45
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	270 Habitantes
DOTACIÓN	150.00 L/S
DEMANDA MEDIA DIARIA	0.5 L/S
DEMANDA MÁXIMA	0.7 L/S (K1 = 1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	1.2 L/S (K2 = 2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	1.09 L/S
PERIODO DE DISEÑO	20 años
TUBERÍA	PVC

Colonias Unidas.

Alcantarillado: la descarga de las aguas negras podrá ser incorporada al sistema Ø8" PVC existente en 6ta calle oriente Colonia unidas municipio de San Miguel departamento de San Miguel siempre y cuando entre en funcionamiento el proyecto de colonia Jucuapa No 2 y el mismo haya sido habilitado por ANDA.

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	17
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	102 Habitantes
DOTACIÓN	150.00 L/S
DEMANDA MEDIA DIARIA	0.2 L/S
DEMANDA MÁXIMA	0.5 L/S (K1 = 1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	0.3 L/S (K2 = 2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	0.8 L/S
PERIODO DE DISEÑO	20 años
TUBERÍA	PVC

COLECTOR DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
VÍA	LONGITUD EN METROS	DIÁMETRO DE COLECTOR	ACOMETIDAS (YEE-TEE Ø8" A Ø6")	ID DE ACOMETIDA
6ta Calle Oriente (tramo 1)	50.93	Ø 8" PVC	3 Acometidas de Ø 6	1,2 y3
6ta Calle Oriente (tramo 2)	52.87	Ø 8" PVC	2 Acometidas de Ø 6"	4 y 5
TOTAL	547.60	Ø 8" PVC	5 Acometidas de Ø 6	

POZOS AGUAS NEGRAS		
VIA	N° DE POZOS	ID DE POZO
6ta Calle Oriente	3	P-1,P-2,Y P-3
TOTAL	3	Pozos de Registro

Colonia Los Lirios

Ubicación: costado Sur de la urbanización Villa Montecarlo del municipio de San Miguel departamento de San Miguel.

Aprobado por ANDA, según Resolución No 064/2011 Ref.Com. 260.530.2011 de fecha de octubre de 2011 y comprende la habilitación de 73 servicios de tipo domiciliar.

Se detallan a continuación los servicios domiciliarios que se habilitan:

ALCANTARILLADO SANITARIO

DETALLE		
TUBERIA DE \varnothing 8"	POZOS DE AGUAS NEGRAS (C/TAPADERA DE HO.FO)	ACOMETIDAS DE AGUAS NEGRAS
571.89 mts	10 Pozos	73 Acometidas \varnothing 6"

Constancia final de recepción final del proyecto colonia Los Lirios instalaciones aprobadas y recibidas en campo.

DETALLE	LONGITUD
Tubería de \varnothing 8"	701.56 mts
11 Pozos	
78 Acometidas \varnothing 6"	

La descarga de las aguas negras podría ser incorporada al sistema de diámetro de 8" PVC existente en prolongación calle principal de colonia Kury y senda las magnolias, municipio de San Miguel departamento de San Miguel.

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	73
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	438
DOTACIÓN	150LTS/PERSONAS/DIA
DEMANDA MEDIA DIARIA	0.8 LTS/SEG
DEMANDA MÁXIMA	1.0 LTS/SEG (K ₁ =1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	1.9LTS/SEG (K ₂ =2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	3.0LTS/SEG

Tubería de aguas negras.

Ubicada en prolongación de calle principal de colonia Kury, senda las magnolias, pasaje las flores, pasaje las rosas y avenidas talleres. Longitud, diámetro y material: 701.56 ml, diámetro de ø8" de pvc.73 acometidas de ø 6" pendiente de la tubería real 1.00% aprobada 1%.

Colonia Esmeralda sector oriente

Ubicación: Al Norte de la urbanización Satélite de Oriente del municipio de San Miguel, departamento de San Miguel.

Aprobado por anda Resolución no 082/2011 Fecha 31 de octubre de 2011.

Habilitación: 26 servicios de tipo domiciliar.

DETALLE SANITARIO		
TUBERIA DE Ø 8"	POZOS DE A.N	ACOMETIDAS DE A.N
286.92 MTS	5 POZOS	26 ACOMETIDAS DE Ø6"

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	26
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	132
DOTACIÓN	150LTS/PERSONAS/DIA
DEMANDA MEDIA DIARIA	0.3 LTS/SEG
DEMANDA MÁXIMA	0.4 LTS/SEG (K ₁ =1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	10.7LTS/SEG (K ₂ =2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	1.1 LTS/SEG

Periodo de diseño

Este será de 25 años, que con un mantenimiento apropiado se podrá ampliar hasta los 50 años

Población actual

De acuerdo a censo levantado alrededor del área de influencia del proyecto el número de viviendas existentes es de 26 familias N° hab. = 156 personas. El N° de habitantes proyectado para 25 años y una tasa de crecimiento del 2.97%.

Población futura.

El N° de habitantes proyectado para un periodo de 25 años a una tasa de crecimiento del 2.97% será de 175 personas.

Colonia San Pablo II

Ubicación: contiguo a Metrocentro San Miguel del municipio y departamento de San Miguel.

Proyecto ejecutado por la alcaldía y donado a ANDA.

Detalles del sistema de alcantarillado sanitario aguas negras 1481.24 m de tubería pvc, 8" de diámetro de 100 PSI.145 Acometidas domiciliars de aguas negras 17 pozos de visita con tapadera de hierro fundido

INSTALACIÓN DE AGUAS NEGRAS APROBADAS			
APROBADOS	TUBERIA DE Ø 8"	POZOS DE REGISTRO	ACOMETIDAS
TOTAL	1492.41	17	213

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	213
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	1,278
DOTACIÓN	150 LTS/PERSONAS/DIA
DEMANDA MEDIA DIARIA	2.2 LTS/SEG
DEMANDA MÁXIMA	2.9 LTS/SEG (K ₁ =1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	5.3 LTS/SEG (K ₂ =2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	7.48 LTS/SEG

Colonia Ciudad Jardín III

Informe de infraestructura de comunidad "colonia Ciudad Jardín N°3" Fecha: 28 de agosto del 2012

Ubicación: al costado Oeste del hospital nacional de San Juan de Dios del municipio y departamento de San Miguel.

Tubería PVC Ø8" 100 PSI: 1,306.59 m. Acometidas de aguas negras 94 .00 unidades .Pozos con tapaderas de Ho Fo: 17.00 unidades.

COLECTOR DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
VÍA	LONGITUD EN METROS	DIÁMETRO DE COLECTOR	ACOMETIDAS DE Ø6"	POZOS
AVENIDA UTILIA	229.20	Ø 8" PVC	17	0
22 AVENIDA SUR	248.01	Ø 8" PVC	15	3
35 AVENIDA SUR	31.72	Ø 8" PVC	3	1
3 CALLE PONIENTE	60 .00	Ø 8" PVC	7	1
CALLE MAQUILISHUAT	332.72	Ø 8" PVC	49	5
CALLE LAS BRISAS	223.50	Ø 8" PVC	19	3
CALLE LAS FLORES	212.92	Ø 8" PVC	16	3
TOTAL	547.60	Ø 8" PVC	126 ACOMETIDAS DE Ø 6	16

DATOS CARACTERÍSTICOS	
NÚMERO DE VIVIENDAS	126
HABITANTES/ VIVIENDA	6
NÚMERO DE HABITANTES	756
DOTACIÓN	150 lts/personas/día
DEMANDA MEDIA DIARIA	1.6 lts/seg
DEMANDA MÁXIMA	2.4 lts/seg (k1=1.3)
DEMANDA MÁXIMA HORARIA	3.8 lts/seg (k2=2.4)
CAUDAL DE DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	lts/seg
PERIODO DE DISEÑO	20 años
TUBERÍA	PVC

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE DESCARGAS

Descarga Prados de San Miguel

La descarga se sitúa en la colonia Prados de San Miguel, al Sur-Este de la ciudad de San Miguel, 200 metros al final de la calle principal, las coordenadas de ubicación son 13°28'42.54"N; 88°9'20.80"O. (Ver figura 4.3.1).

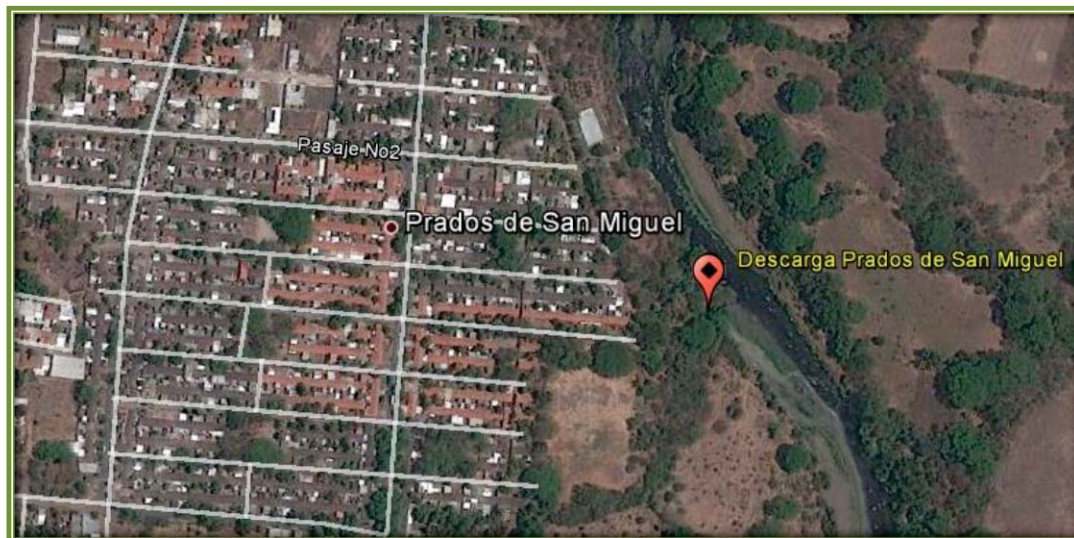


FIGURA 4.3.1 UBICACIÓN DE DESCARGA PRADOS DE SAN MIGUEL.

FUENTE: GOOGLE EARTH

Las obras complementarias con las que cuenta esta descarga son las siguientes: gradas disipadoras, aletones de mampostería y cuenta con una tubería de concreto, la cual tiene un diámetro de 48 pulgadas. En este punto descargan las aguas negras provenientes de la zona Nor-Oeste de la ciudad, como son residencial el Sitio, colonia Chaparrastique, 3ra Brigada, colonia San Carlos, Barrio San Francisco, ciudad Toledo colonia Abdala, Tapachulteca, Ciudad Satélite, Las Palmeras, Gavidia, colonia El Molino, Andalucía, Metrópolis y colonia Prados de San Miguel. Todas estas aguas llegan a un pozo de inspección el cual no cuenta con su tapadera respectiva, otro de los aspectos importantes a mencionar es el acceso a este punto,

debido a la maleza que se encuentra dentro de los terrenos baldíos. (Ver fotografía 4.3.1)



FOTOGRAFIA 4.3.1: DESCARGA PRADOS DE SAN MIGUEL
FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Descarga Nueva Belén

Está ubicada en la colonia Nueva Belén, situada contiguo a la cancha de futbol. Las coordenadas de ubicación de dicha descarga son 13°28'24.34"N y 88° 9'37.34"O.

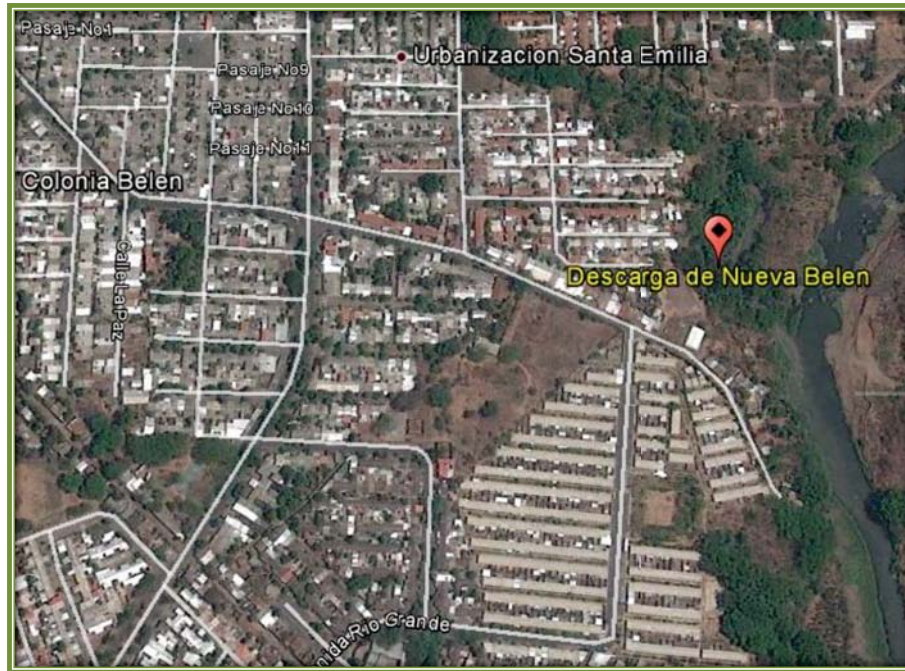
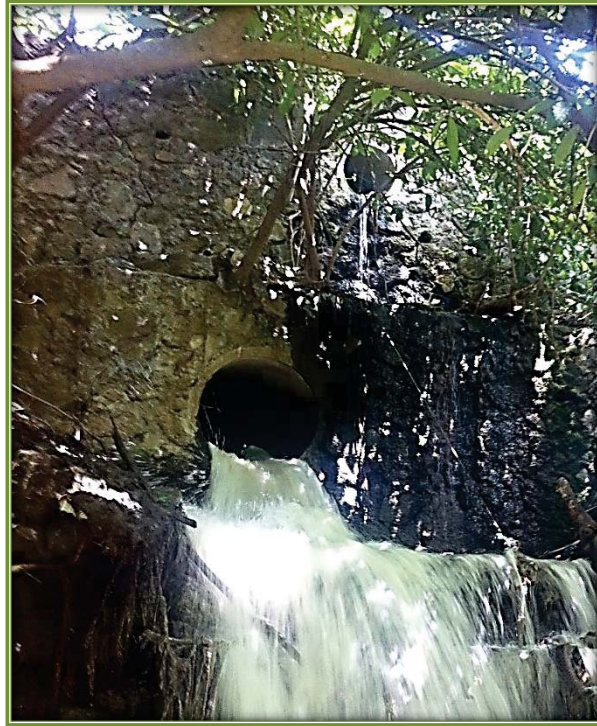


FIGURA 4.3.2: UBICACIÓN DE DESCARGA NUEVA BELEN
FUENTE: GOOGLE EARTH

Esta descarga cuenta con sus respectivas obras de resguardo, también se puede observar que sobre la descarga se observa una tubería de aguas lluvias. El caudal que se libera en este punto ha provocado socavamiento en las gradas disipadoras de energía, que permiten encausar el volumen de agua a una canaleta, conduciéndola hasta la quebrada el Tixcuco. Esta descarga se encuentra rodeada de vegetación que puede obstruir la canaleta (ver fotografía 4.3.2). La tubería que llega a esta descarga es de concreto con un diámetro de 24 pulgada. En época de lluvia la quebrada puede alcanzar hasta 20 metros de altura según los pobladores de esta zona; otro problema es el mal olor que se incrementa al final de la época seca.

Las zonas que conectan a esta descarga son: La colonia Belén y la Nueva Belén de acuerdo a la información proporcionada por el jefe de la cuadrilla de A.N de ANDA.



FOTOGRAFIA 4.3.2: DESCARGA DE NUEVA BELEN
FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Descarga La Presita

Esta descarga se encuentra ubicada en la colonia La Presita en el sector el campo a 100 mts al final de la calle principal, las coordenadas de ubicación son $13^{\circ}27'59.69''N$ y latitud $88^{\circ}9'35.94''O$. (ver figura 4.3.3).

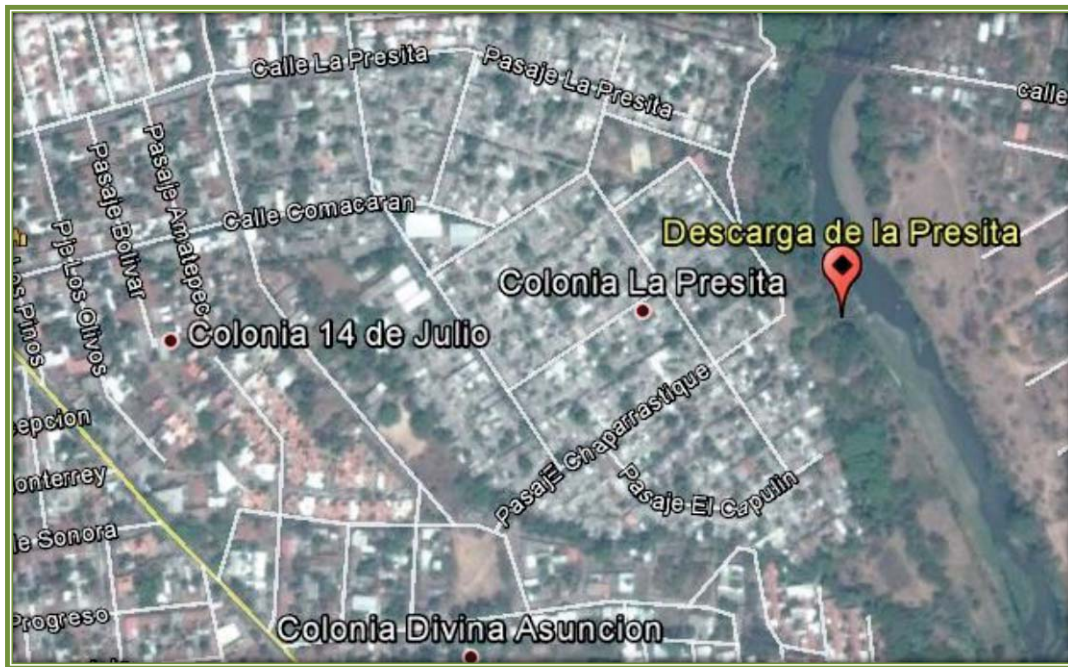
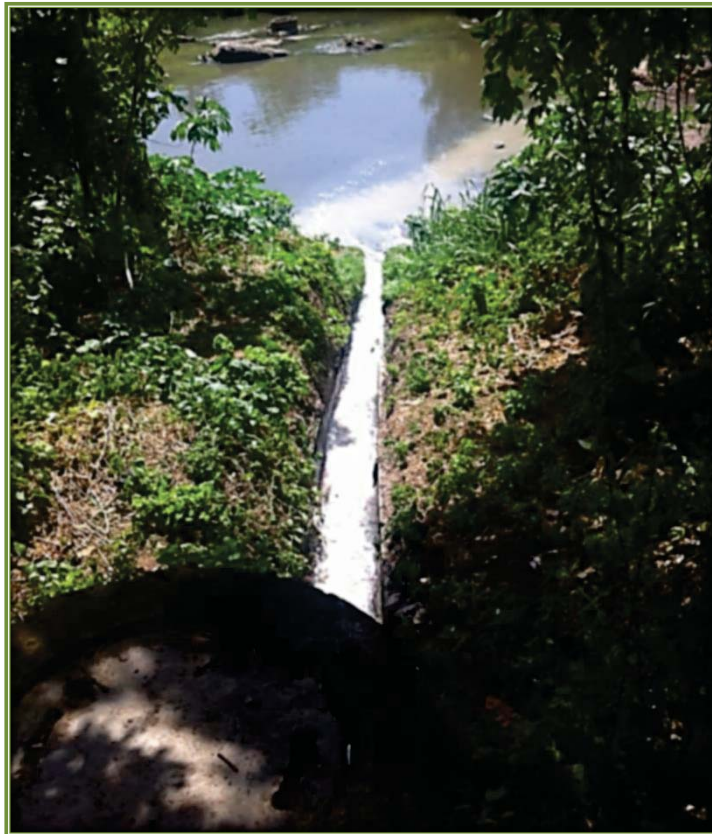


FIGURA 4.3.3: UBICACION DE DESCARGA LA PRESITA

FUENTE: GOOGLE EARTH

En este punto la descarga no cuenta con sus obras complementarias, también es una de las descargas con mayor particularidad, debido a que el caudal que es vertido al cuerpo receptor es desde la base del pozo de visita, el cual tiene una canaleta que conduce el agua hasta el cauce del río. En este punto descargan las aguas provenientes de la colonia España, colonia Santa Lucía, Palo Blanco I y II, colonia Sevilla y colonia Presita I y II, (Ver fotografía 4.3.3).



FOTOGRAFIA 4.3.3: LA PRESITA
FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Descargas I y II de la Jardines del Río.

La colonia Jardines del Río se encuentra al Sur-Este de la ciudad de San Miguel, en este punto ANDA tiene conocimiento de dos puntos de descargas. La primera se localiza a 50 mts al final de la calle las Amapolas polígono "A". Las coordenadas de ubicación de dicha descarga son las que se muestran $13^{\circ}27'18.05''N$; $88^{\circ}9'24.01''O.$, la segunda descarga se ubicada en las coordenadas longitud $13^{\circ}27'16.60''N$; latitud $88^{\circ}9'25.28''O.$ (ver figura 4.3.4).

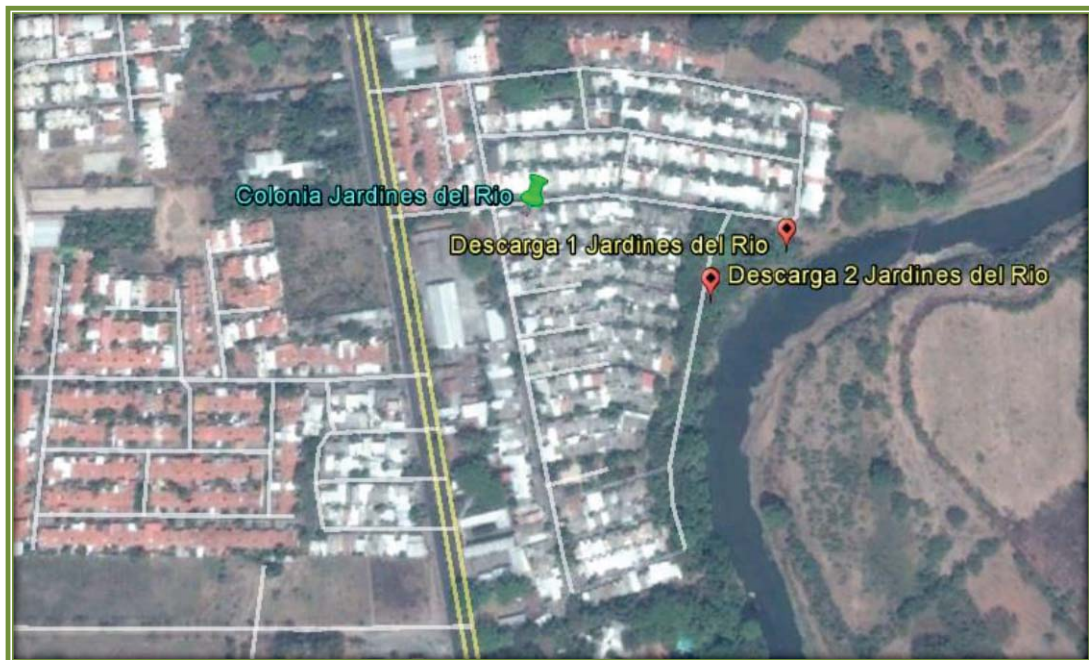


FIGURA 4.3.4: UBICACION DE DESCARGAS JARDINES DEL RIO.

FUENTE: GOOGLE EARTH

El primer punto de descarga se sitúa bajo un talud natural, en donde la tubería sobre sale sin su respectiva obra de protección, provocando que la cantidad de agua descargada en este punto tenga una caída libre de aproximadamente 2.5 metros; la energía que es liberada por la caída ha provocado el desgaste del talud donde se encuentra. La tubería que llega a este punto es una tubería de PVC con un diámetro

de 10 pulgadas, esta tubería ha presentado fracturas que son provocadas por el mismo desgaste que sufre. (Ver fotografía 4.3.4).



FOTOGRAFIA 4.3.4: DESCARGA JARDINES DEL RIO #1

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO.

La segunda descarga se encuentra a una distancia de 76.50 mts del primer punto de descarga. La tubería que llega a este punto es de concreto con un diámetro de 36 pulgadas, la estructura complementaria de esta descarga se encuentra en deterioro (ver fotografía 4.3.5). Ambas descargas tienen un acceso difícil, la primera

descarga debido a su ubicación, la segunda, debido al apilamiento de basura y la inestabilidad del suelo; lo que hace que su acceso sea complicado. Las aguas que llegan a este punto de descarga son provenientes de urbanización María Julia I, II y III, Brisas del Volcán, colonia Jerusalén, y Jardines del Río.



FOTOGRAFIA 4.3.5: DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Descarga colonia San Miguel

En la lotificación San Miguel está ubicada la descarga de la colonia San Miguel, las coordenadas de ubicación son longitud 13°27'3.23"N; latitud 88° 9'21.95"O. (ver figura 4.3.5).



FIGURA 4.3.5: UBICACIÓN DE DESCARGA COLONIA SAN MIGUEL.

FUENTE: GOOGLE EARTH

Este punto de descarga se encuentra a una altura de aproximadamente de 10 metros, la tubería que llega a este es de concreto con un diámetro de 36 pulgadas. Las aguas residuales son vertidas al río desde una altura considerable, es importante mencionar que el lugar es inaccesible ya que está ubicado en un paredón a la ribera del río. En este punto el colector es de concreto con un diámetro de 36 pulgadas; debido a inaccesibilidad en la que se encuentra ubicado este punto no es posible verificar si el punto de descarga cuenta con obras complementarias. (Ver fotografía 4.3.6).

En este punto descargan la colonia San Pablo, Metro Centro, colonia Ciudad Real, colonia 18 de Mayo, etc., según la información proporcionada por el jefe de la cuadrilla de A.N de ANDA.



FOTOGRAFIA 4.3.6: DESCARGA SAN MIGUEL

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

4.4 MÉTODOS PARA AFORAR AGUAS RESIDUALES

4.4.1 Método Volumétrico

La medición de caudal por este método se realiza de forma manual y se requiere de un cronómetro y un recipiente graduado, generalmente un balde o probeta.

Consideraciones a tener en cuenta para la realización de este método

- ☞ El procedimiento consiste en recolectar un volumen de muestra (V) y medir el tiempo transcurrido (t) entre el comienzo de la recolección y el retiro del recipiente desde el flujo. La relación de estas dos medidas, permite determinar el caudal (Q) en ese período.
- ☞ Dado que ambas mediciones, V y t son simultáneas, se debe tener especial cuidado de ser rigurosos en esta operación.
- ☞ Se recomienda, para la obtención de un valor reproducible, que se repita cada medición al menos 2 veces, de manera de informar el promedio de caudal para dicho tiempo.
- ☞ El caudal se calcula como $Q = V/t$ y normalmente se expresa en l/s.
- ☞ Este método es confiable, siempre y cuando el punto donde se realiza el aforo permita que se reciba toda el agua que está saliendo por la descarga (durante el tiempo t) en el receptáculo. Para lograr esto, generalmente es necesario que el agua residual tenga caída libre desde la tubería.

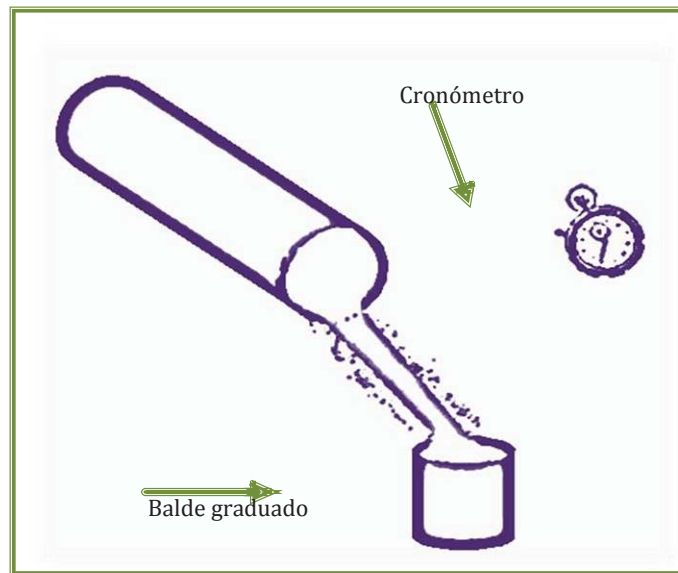


FIGURA 4.4.1.1 MÉTODO VOLUMÉTRICO

FUENTE: MANUAL OPERATIVO DE LA NORMA DE MUESTREO A.R NCH411/10

4.4.2 Método Pendiente y Radio Hidráulico.

Para calcular el caudal, mediante la fórmula de Manning, se debe medir la pendiente y el perímetro mojado a lo largo de una sección uniforme de una cañería o canal.

Para utilizar esta fórmula se deben considerar los siguientes factores:

- ☞ Pendiente
- ☞ Superficie del agua
- ☞ Altura
- ☞ Factor de rugosidad (Dependiente del material de la tubería)

Nota: Tomar muy en cuenta que en evidente corrosión el método no es aplicable.

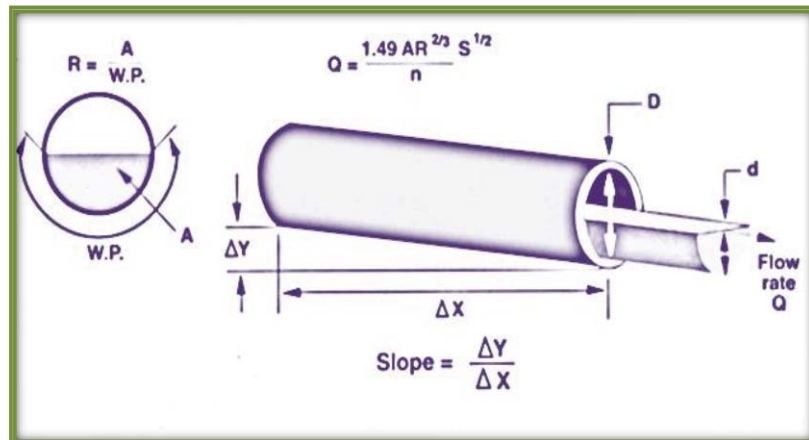


FIGURA 4.4.2.1 MÉTODO PENDIENTE Y RADIO HIDRÁULICO.

FUENTE: MANUAL OPERATIVO DE LA NORMA DE MUESTREO A.R NCH411/10

4.4.3 Método de Medición de Velocidad-Molinete

Una de las formas de medir velocidad en un flujo de agua consiste en la utilización de molinetes, que es un dispositivo constituido por paletas que giran al estar en contacto con una corriente de agua, siendo el número de revoluciones proporcional a la velocidad de la corriente.

Las consideraciones que deben tenerse en cuenta para aplicar esta metodología de medición de caudal, son las siguientes:

- ☞ La sección a medir, debe ser un canal abierto, de fácil acceso y sin turbulencias.
- ☞ Medir el ancho de la sección y dividirla en franjas, tomando las distancias entre puntos.
- ☞ En la parte central de cada una de estas franjas medir la altura de la lámina de agua (h).

- ☞ Ajustar el molinete a 0,4 h y medir el número de revoluciones en un tiempo definido (puede ser cada 1 min.). Medir al menos dos veces a dicha altura y evaluar la reproducibilidad. Si existen diferencias significativas, se debe repetir la lectura.
- ☞ Ajustar el molinete a 0.6h y medir nuevamente la velocidad en duplicado en cada punto.
- ☞ Luego, aplicar los factores de corrección, dependiendo del tamaño de las aspas del molinete usado para el cálculo final de la velocidad.



FOTOGRAFIA 4.4.3.1 MÉTODO MOLINETE

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

4.4.4 Método Área - Velocidad.

Los pasos previos a seguir en la realización de medición de caudal con el sensor sumergido área velocidad son:

- ☞ Cuando el sensor área velocidad forma parte del muestreador como módulo, se debe fijar primeramente el módulo de inserción al equipo muestreador automático.
- ☞ Cuando la operación señalada anteriormente esté realizada, o cuando se utilice un medidor A-V independiente, proceder como sigue:
 - ☞ Fijar el sensor sumergido área velocidad en el anillo de montaje a emplear según las características del canal de conducción del flujo donde se va a medir.
 - ☞ Instalar el anillo de montaje o soporte, con el sensor en el canal de conducción del flujo.
 - ☞ De forma obligatoria, el sensor de medición debe quedar orientado en contra o a favor del flujo, según las indicaciones del fabricante.
- ☞ Para una adecuada medición de caudal se debe observar que existan las siguientes condiciones físicas adecuadas en el canal de conducción del flujo:
 - ☞ Forma regular del canal.
 - ☞ Existencia de niveles de flujo suficientes para el funcionamiento de los sensores.
 - ☞ No existencia de sólidos en exceso y sólidos gruesos que puedan obstruir los sensores.
 - ☞ No existencia de turbulencia.
 - ☞ Canal de conducción rectilíneo, sin curvas en las zonas de aproximación y con pendiente moderada.

Realizadas las operaciones anteriores, se debe proceder a la programación del equipo. Es indispensable realizar un adecuado ajuste de medición de nivel del sensor de presión hidrostática. Para esta operación, debe considerarse lo siguiente:

En el mismo lugar donde se encuentra ubicada la sonda de medición, se debe medir manualmente el nivel de agua con una regleta graduada, para lo cual se debe colocar la regleta de canto y en el sentido del flujo del agua residual.

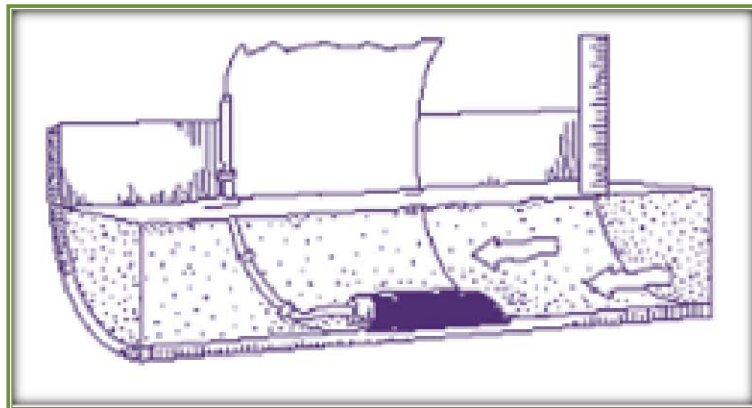


FIGURA 4.4.4.1 MÉTODO ÁREA - VELOCIDAD.

FUENTE: MANUAL OPERATIVO DE LA NORMA DE MUESTREO A.R NCH411/10

4.4.4.1 Sensor Sumergido Método Área - Velocidad.

- ☞ Seleccionar la opción de programación del equipo señalada como ajuste de nivel. Durante la programación normal del muestreador, el equipo muestra esta opción en pantalla, o también, a través de un PC. Para cualquier operación complementaria, seguir las instrucciones del fabricante.
- ☞ En la eventualidad que no exista flujo al momento de realizar esta operación, se puede realizar el ajuste de nivel en un balde graduado, para lo cual se ubica el sensor al fondo del mismo y se realiza el procedimiento según lo indica el manual operativo del fabricante.

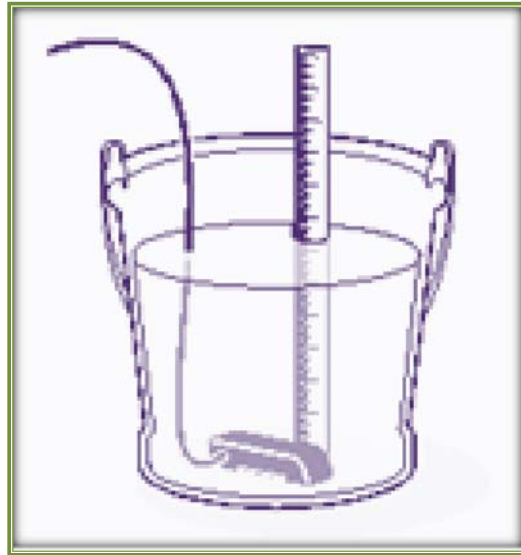


FIGURA 4.4.4.1.1 SENSOR SUMERGIDO MÉTODO ÁREA - VELOCIDAD.

FUENTE: MANUAL OPERATIVO DE LA NORMA DE MUESTREO A.R NCH411/10

- ☞ La verificación de funcionamiento del sensor área velocidad, consiste en la comparación (posterior al ajuste) del valor de nivel indicado por el equipo y la medición manual de nivel realizada en el mismo punto de ubicación de la sonda. Los valores observados deben quedar registrados en un registro, evidenciando correcto funcionamiento.

4.4.5 Método de Estructura Hidráulica.

En esta metodología de medición de caudal, se debe contar con un dispositivo primario estándar y un dispositivo secundario que permita registrar valores de nivel. Entre los dispositivos primarios, están los:

- ☞ Vertederos
- ☞ Canaletas.

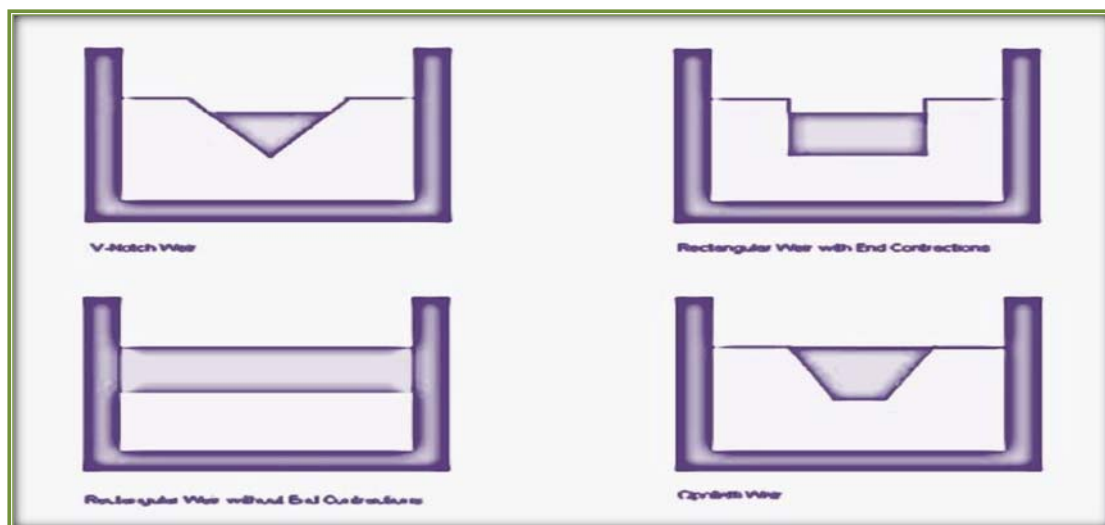


FIGURA 4.4.5.1 MÉTODO DE ESTRUCTURA HIDRÁULICA

FUENTE: MANUAL OPERATIVO DE LA NORMA DE MUESTREO A.R NCH411/10

En la utilización de esta metodología con los dispositivos primarios de tipo vertederos, se deben tener presente los siguientes aspectos:

- ☞ Utilizar vertederos tipo estándar.
- ☞ Instalar perpendicular al flujo y sellar las orillas, evitando filtraciones de aguas.
- ☞ Medición exacta de longitud desde la cresta de la superficie del agua al vértice del ángulo.
- ☞ La altura (H) placa del vertedero debe ser al menos 2 veces la altura del flujo esperada.
- ☞ La zona de aproximación del canal debe ser recta, sin pendiente, en un tramo de 20 veces la altura (H) máxima estimada del flujo.
- ☞ La cresta del vertedero debe quedar por sobre la altura (H) máxima esperada del flujo (Evitar trabajar sumergido).
- ☞ Acumulación de sólidos debe ser controlada.
- ☞ El proveedor de este tipo de equipo, junto a quien lo instale, deberán certificar una correcta instalación y un óptimo funcionamiento.

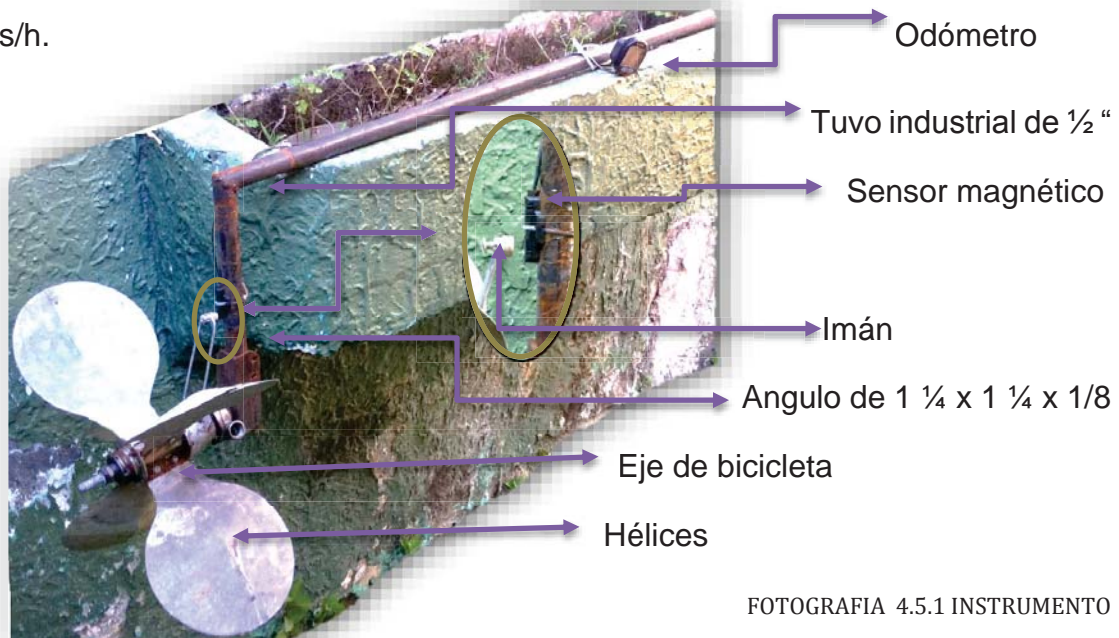
- ☞ En la utilización de esta metodología con los dispositivos primarios de tipo canaletas se deben tener presente los siguientes aspectos:
 - ☞ Tipo estándar. Verificar las medidas.
 - ☞ Deben estar localizadas en sección recta, sin curvas aguas arriba del dispositivo.
 - ☞ La zona de aproximación del flujo a la canaleta, debe tener una distribución uniforme en toda su sección, escurrimiento llano sin acumulación de sólidos.
 - ☞ Deben funcionar en condiciones de descarga libre, de modo que el cálculo de caudal este dado por la altura (H) de escurrimiento antes de pasar por la garganta.

Tabla 4.4.5.1 Ventajas y desventajas de los dispositivos de medición de caudal

METODOLOGIA DE MEDICIÓN	CARACTERÍSTICAS		ASPECTOS CRÍTICOS Y METODO RECOMENDADO				
	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FLUJOS BAJOS	ACUMULACIÓN SÓLIDOS	DESCARGA	EXISTENCIA	TUBERÍAS
Área – Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Fácil de instalar. ☞ No requiere vertedero o canaleta. ☞ No requiere estimar pendiente o rugosidad. ☞ Ajuste manual de nivel. ☞ No requiere calibración de velocidad. ☞ Realiza medidas de la Profundidad y de la velocidad del flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Sensores no registran velocidad para o niveles bajos (1 pulgada). ☞ No aplicable para alto contenido de sólidos (obstrucción parcial o total de sensor) 	Recomendado para niveles ≥ 1 pulgada.				
Estructura Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Exactitud máxima bajo condiciones libres del flujo. ☞ Requiere la instalación dispositivos primarios. ☞ Requiere solamente la medida de profundidad del flujo. ☞ Instalación vertederos bajo costo y fácil instalación. ☞ Las canaletas auto limpiantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Canaletas tiene mayor costo y mayor complejidad de instalación. ☞ Vertederos limpieza periódica. ☞ Vertederos no aplicables para residuos con alto contenido de sólidos. 	Recomendado	Recomendado en el caso de canaletas.		Recomendado	
Pendiente - radio Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Medición de altura manual en condiciones adversas a la tecnología. ☞ Requiere dato de pendiente de la superficie del agua, la altura del líquido y el facto de rugosidad, dependiente del tipo de material. ☞ Bajo costo de Equipamiento 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Factor de rugosidad afectado por las condiciones internas de la tubería o canal (incrustaciones o corrosión). ☞ Mayor complejidad de cálculo. 	Recomendado		Recomendado solo si sólido no afecta en la medición de nivel.		Recomendado
Volumétrica	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Aplicable a bajos volúmenes de descarga. ☞ Bajo costo de equipamiento 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Mayor costo operacional ☞ Solo aplicable en volúmenes ≤ 1.0 l/s y aforos ≥ 60 s. ☞ Solo aplicable en descargas de Caída 	Recomendado				Recomendado

4.5 DESCRIPCIÓN DE MOLINETE UTILIZADO PARA AFORO.

El instrumento utilizado para realizar el aforo en los diferentes puntos de descarga es un molinete el cual está compuesto por: cuatro hélices, un eje de bicicleta, y un velocímetro de bicicleta. Las hélices están hechas de lámina en forma cónica para permitir el movimiento al momento de su introducción en los puntos de descargas de aguas residuales; se encuentran soldadas a un eje de bicicleta el cual tienen una separación angular de 90° , a una distancia de 3cm de las hélices tiene instalado un rayo de bicicleta en forma de "U" donde tiene ubicado un imán en forma horizontal, paralelo a este se colocó un sensor magnético; al momento que el imán pasa paralelo al sensor realiza un cambio de polaridad lo que permite registrar la velocidad con que el molinete completa una revolución; dicho sensor está instalado a una distancia adecuada en un tubo industrial de $\frac{1}{2}$ ". En la parte superior del tubo tiene colocado un odómetro digital el cual permite observar la velocidad con que se mueven las hélices; el conjunto sensor-odómetro permite ajustar la distancia desde el eje de rotación hasta la parte superior de las hélices, al introducirlas al efluente de los puntos de descarga, la unidades en las que mide la velocidad son en km/h y Millas/h.



FOTOGRAFIA 4.5.1 INSTRUMENTO

FUENTE: EQUIPO DE TESIS.

4.6 CALCULO DE CAUDALES

Las tuberías de un sistema de alcantarillado son diseñadas para que el fluido no ocupe toda la sección de la tubería, con el fin de que no trabaje a presión si no por gravedad y que hidráulicamente se comporte como un canal, esto proporciona ventajas ya que las tuberías que trabajan parcialmente llenas se caracterizan por la posibilidad de tener una velocidad media y caudales mayores a los que correspondería a tubo lleno.

Uno de los parámetros más importantes, si no el principal a la hora tanto de elegir el sistema de depuración a adoptar, como su dimensionamiento es el conocimiento del caudal a tratar, es decir, el volumen de agua residual por unidad de tiempo que va entrar a la estación depuradora.

Arturo Rocha mediante consideraciones geométricas define las fórmulas para el cálculo de las variables hidráulicas que se utilizan en las tuberías parcialmente llenas. Las formulas utilizadas son las siguientes:

$$h = \frac{D}{2} \left[1 - \cos \frac{\theta}{2} \right]$$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left[1 - \frac{2h}{D} \right]$$

$$A = \frac{D^2}{8} [\theta - \sin \theta]$$

$$P = \frac{1}{2} \theta D$$

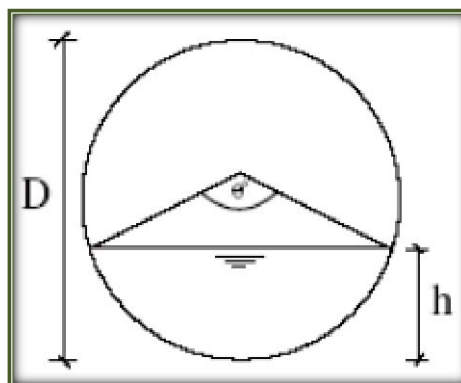


FIGURA 4.6.1: CÁLCULO DE CAUDALES

FUENTE: HIDRÁULICA DE TUBERÍAS Y CANALES

Dónde:

H = Altura del tirante.

θ =Angulo que se forma en el centro de la tubería con respecto a la altura del tirante .

A = Área hidráulica.

P =Perímetro mojado de la tubería.

D = diámetro de la tubería.

Métodos utilizados para realizar los aforos de los puntos de descarga

Para llevar a cabo el aforo de los puntos de descarga de la red pública de aguas residuales domesticas de la ciudad de San Miguel, se implementaron los métodos siguientes:

- ☞ Método volumétrico.
- ☞ Método de molinete.

4.6.1 calibración de molinete

Para la calibración del molinete se efectuó una comparación entre el método volumétrico y método de molinete para la realización de aforos, durante una hora realizando mediciones cada quince minutos, en total se realizaron 4 mediciones de cada método durante la hora produciendo los resultados que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 4.6.1.1. Medicion de caudales.

NUMERO DE MEDICIÓN	MEDICIÓN DE CAUDAL MÉTODO VOLUMÉTRICO	MEDICIÓN DE CAUDAL MÉTODO DE MOLINETE	DIFERENCIA ENTRE MÉTODOS
1	1.954 lt/seg	1.091 lt/seg	0.863
2	2.084 lt/seg	1.560 lt/seg	0.524
3	2.284 lt/seg	1.247 lt/seg	1.037
4	1.862 lt/seg	1.463 lt/seg	0.399
Promedio	2.046 lt/seg	1.340 lt/seg	0.706

Se tomara como factor de calibración el promedio de la diferencia entre los dos métodos que es $F = 0.706$ que se le sumara a cada valor medido con el molinete esta compensación se debe a la perdida de energía cinética debido a la fricción de los rodamientos del molinete.

4.6.2 Recolección de datos en caudal bajo.

La toma de datos de los aforos realizados en los puntos de descarga de la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel en horas de caudal bajo se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4.6.2.1 Recolección de datos.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 1			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (Km/h)	Tirante (m)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	2:13 PM	13.0	0.05	PVC	8''
2	2:28 PM	14.0	0.05	PVC	8''
3	2:43 PM	14.0	0.06	PVC	8''
4	3:03 PM	14.6	0.06	PVC	8''

Tabla 4.6.2.2. Recoleccion de datos

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2			METODO DE AFORO VOLUMETRICO		
Nº	Hora	Volumen de recipiente (Lts)	Tiempo llenado de recipiente (seg.)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	9:16 AM	114	58.32	Concreto	52''
2	9:31 AM	114	54.67	Concreto	52''
3	9:46 AM	114	49.90	Concreto	52''
4	10:01 AM	114	61.20	Concreto	52''

Tabla 4.6.2.3. Recolección de datos.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (km/h)	Tirante (m)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	9:16 AM	1.4	0.015	Concreto	52''
2	9:31 AM	1.6	0.02	Concreto	52''
3	9:46 AM	1.6	0.015	Concreto	52''
4	10:01 AM	1.5	0.02	Concreto	52''

Tabla 4.6.2.4. Recolección de datos.

DESCARGA PRADOS DE SAN MIGUEL			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (km/h)	Tirante (m)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	12:15 PM	14.4	0.17	Concreto	48''
2	12:30 PM	13	0.18	Concreto	48''
3	12:45 PM	12.5	0.16	Concreto	48''
4	1:00 PM	12.5	0.15	Concreto	48''

Tabla 4.6.2.5. Recolección de datos.

DESCARGA LA PRESITA			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (km/h)	Tirante (m)	Canaleta	
				Material	Sección (m)
1	9:30 AM	17.5	0.05	Ladrillo	0.4 x 0.6
2	9:45 AM	17.2	0.035	Ladrillo	0.4 x 0.6
3	10:00 AM	17.2	0.035	Ladrillo	0.4 x 0.6
4	10:15 AM	15.5	0.04	Ladrillo	0.4 x 0.6

Tabla 4.6.2.6. Recolección de datos.

DESCARGA NUEVA BELEN			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (km/h)	Tirante (m)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	10:50 AM	17.7	0.08	Concreto	32''
2	11:05 AM	17.3	0.07	Concreto	32''
3	11:20 AM	17.7	0.085	Concreto	32''
4	11:35 AM	17.9	0.09	Concreto	32''

4.6.3. Cálculos de caudales de los puntos de descarga de la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel.

Los cálculos de los caudales se realizaron con los datos mostrados anteriormente en las tablas y utilizando las formulas mostradas al inicio del numeral 4.5. A continuación se presentan tres procedimientos completos los cuales se realizaron para calcular los caudales de la descarga Jardines del Río y la Presita, a manera de ejemplos para que el lector tenga una idea clara de cómo se realiza el cálculo de los caudales.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 1

Método por el molinete

Medición 1 **Hora: 2:13 PM** **Velocidad del flujo: $13.0 \frac{Km}{h}$**

Material de tubería: PVC Tirante: 0.05 m

Diámetro de tubería: 8'' $D = 20.32 \text{ cm}$ $D = 0.203 \text{ m}$

$$V = 13.0 \frac{km}{h} \times \frac{1 h}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} = 3.611 \text{ m/s}$$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left[1 - \frac{2h}{D} \right]$$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left[1 - \frac{2(0.05\text{m})}{0.203 \text{ m}} \right]$$

$$\theta = 119.02^\circ \quad \theta = 2.077 \text{ rad}$$

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen } \theta)$$

$$A = \frac{0.203^2}{8} (2.077 \text{ rad} - \text{sen } 119.02)$$

$$A = 0.0062 \text{ m}^2$$

$$Q = A \times V$$

Donde V: Velocidad

$$Q = (0.0062 \text{ m}^2) \times (3.611 \text{ m/s})$$

$$Q = 0.0224 \text{ m}^3/\text{s} \quad \mathbf{Q = 22.4 \text{ lt/seg}}$$

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2

Método volumétrico:

Se utilizó un recipiente con un volumen máximo de 114 lt de capacidad y un cronometro para medir el tiempo.

Medición 1 Hora: 9:16 AM Volumen recolectado: 114 lt.

Tiempo: 58.32 seg. Utilizando la formula $Q = V/t$

Donde

V: volumen

T: tiempo

$$Q = 114 \text{ lt} / 58.32 \text{ seg}$$

$$Q = 1.9547 \text{ lt} / \text{seg}$$

DESCARGA LA PRESITA

Método por el molinete

Medición 1 **Hora: 9:30 AM** **Velocidad del flujo: $17.5 \frac{Km}{h}$**

Material de tubería: Concreto Tirante: 0.05m

Área de la sección del canal = $0.60 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 0.24 \text{ m}^2$

Área de la sección ocupada por el agua ($A_{ocupada}$)

$$A_{ocupada} = 0.6 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 0.03 \text{ m}^2$$

$$V = 17.5 \frac{km}{h} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} = 4.861 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = (0.03 \text{ m}^2) \times (4.861 \text{ m/s})$$

$$Q = 0.1458 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 145.80 \text{ lt/seg}$$

TABLAS RESÚMENES DE CÁLCULOS DE AFOROS

Tabla 4.6.3.1. Cálculo de datos.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 1	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	23.106	0.023
2	24.806	0.025
3	31.406	0.031
4	32.706	0.032
Promedio	28.000	0.028

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.3.2. Cálculo de datos.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2	METODO DE AFORO VOLUMETRICO	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	1.9547	0.0019547
2	2.0841	0.0020841
3	2.2845	0.0022845
4	1.8627	0.0018270
Promedio	2.0465	0.0020465

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.3.3. Cálculo de datos.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	1.796	0.0018
2	2.266	0.0023
3	1.953	0.0020
4	2.169	0.0022
Promedio	2.046	0.0020

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.3.4. Cálculo de datos.

DESCARGA PRADOS DE SAN MIGUEL	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	395.706	0.395
2	388.166	0.388
3	314.592	0.314
4	300.596	0.300
Promedio	349.765	0.349

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.3.5. Cálculo de datos.

DESCARGA LA PRESITA	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	146.506	0.146
2	142.366	0.142
3	100.876	0.101
4	104.006	0.104
Promedio	123.438	0.123

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.3.6. Cálculo de datos.

DESCARGA NUEVA BELEN	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	130.006	0.130
2	104.841	0.104
3	142.446	0.142
4	156.576	0.157
Promedio	133.467	0.133

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

4.6.4 Recolección de datos en horas de caudal alto

En las tablas que se presentan a continuación se muestran los datos de los aforos, realizados en los puntos de descarga de la red de alcantarillado sanitario público de la ciudad de San Miguel, en horas de caudal alto.

Tabla 4.6.4.1. Recoleccion de datos.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 1			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (Km/h)	Tirante (m)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	05:09 AM	16.6	0.101	PVC	8''
2	05:24 AM	16.5	0.101	PVC	8''
3	05:39 AM	16.0	0.101	PVC	8''
4	05:54 AM	15.9	0.10	PVC	8''

Tabla 4.6.4.2. Cálculo de datos.

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (Km/h)	Tirante (m)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	05:50 AM	4.2	0.05	Concreto	52''
2	06:05 AM	4.2	0.05	Concreto	52''
3	06:20 AM	4.0	0.04	Concreto	52''
4	06:35 AM	4.0	0.04	Concreto	52''

Tabla 4.6.4.3. Recoleccion de datos.

DESCARGA PRADOS DE SAN MIGUEL			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (Km/h)	Tirante (m)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	06:05 AM	19.9	0.34	Concreto	48''
2	06:20 AM	19	0.33	Concreto	48''
3	06:35 AM	19.5	0.34	Concreto	48''
4	06:35 AM	19.7	0.34	Concreto	48''

Tabla 4.6.4.4. Recoleccion de datos

DESCARGA LA PRESITA			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	Hora	Velocidad (Km/h)	Tirante (m)	Canaleta	
				Material	Sección (m)
1	7:10 AM	17.7	0.18	Ladrillo	0.4 x 0.6
2	7:25 AM	17.9	0.185	Ladrillo	0.4 x 0.6
3	7:40 AM	17.6	0.175	Ladrillo	0.4 x 0.6
4	8:05 AM	16	0.15	Ladrillo	0.4 x 0.6

Tabla 4.6.4.5. Recoleccion de datos

DESCARGA NUEVA BELEN			METODO DE AFORO MOLINETE		
Nº	HORA	VELOCIDAD (KM/H)	TIRANTE (M)	Tubería	
				Material	Diámetro (pulg)
1	05:50 AM	23.6	0.16	Concreto	32''
2	06:05 AM	23.8	0.16	Concreto	32''
3	06:20 AM	24.1	0.165	Concreto	32''
4	06:35 AM	24.0	0.17	Concreto	32''

TABLAS RESÚMENES DE CÁLCULOS DE AFOROS

Tabla 4.6.4.6. Cálculo de caudales

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 1	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	74.706	0.074
2	73.706	0.073
3	71.706	0.071
4	71.706	0.071
Promedio	72.956	0.073

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.4.7. Cálculo de caudales

DESCARGA JARDINES DEL RIO # 2	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	19.706	0.020
2	19.706	0.020
3	13.706	0.014
4	13.706	0.014
Promedio	16.706	0.017

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.4.8. Cálculo de caudales

DESCARGA PRADOS DE SAN MIGUEL	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL +F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	1471.706	1.472
2	1346.706	1.347
3	1442.706	1.443
4	1456.706	1.457
Promedio	1429.456	1.4290

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.4.9. Cálculo de caudales

DESCARGA LA PRESITA	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	532.706	0.533
2	552.706	0.553
3	513.706	0.514
4	399.706	0.400
Promedio	499.706	0.500

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.4.10. Cálculo de caudales

DESCARGA NUEVA BELEN	METODO DE AFORO MOLINETE	
Nº	CAUDAL + F	
	(LTS / SEG)	M ³ / SEG.
1	472.706	0.473
2	476.706	0.477
3	508.706	0.509
4	520.706	0.521
Promedio	494.706	0.495

F = Factor de compensación = 0.706; por la calibración del molinete.

Tabla 4.6.4.11. Resúmenes de caudales promedios.

DESCARGA	Q.PROMEDIO EN HORAS DE Q BAJO POR DESCARGA EN M ³ / S.	Q.PROMEDIO EN HORAS DE Q ALTO POR DESCARGA EN M ³ / S.
Jardines del Rio N° 1	0.0280	0.0729
Jardines del Rio N° 2	0.0020	0.0167
Prados de San Miguel	0.3497	1.4294
La Presita	0.1234	0.4997
Nueva Belén	0.1334	0.4997
San Miguel	0.0196	0.0196
Total	0.6561	2.5330

4.7 CALCULO DE VOLUMEN DE AGUAS RESIDUALES EVACUADAS POR LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PÚBLICO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

En este diagnóstico se supondrá que las horas de caudal bajo serán las comprendidas en el período de 8 AM a 10 PM, teniendo así un período total de caudal bajo de 14 horas. Y el tiempo en el cual el caudal es alto es de 4 AM a 8 AM en total período de caudal alto son 5 horas. Esta estimación se realiza tomando como referencia los horarios de las actividades laborales de los habitantes de la ciudad de San Miguel.

Para calcular el volumen de aguas residuales que son descargadas al Río Grande de San Miguel se multiplicara el número de horas en las que el caudal es alto por la sumatoria del caudal promedio en sus horas respectivas, y de manera similar se calculara el volumen de aguas residual descargadas en las horas de caudal bajo.

A continuación se presenta el cálculo respectivo:

En un segundo la red descarga.

Caudal bajo: $0.6561 M^3/seg$

Caudal alto: $2.5330 M^3/seg$

Volumen de aguas residuales descargado para una hora, cuando el caudal es bajo.

$V = \text{caudal} \times \text{factores de conversion a horas}$

$$V = 0.6561 M^3/seg \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \times 1 \text{ hora}$$

$$V = 2,361.96 M^3$$

Volumen de aguas residuales para una hora cuando el caudal es alto.

$V = \text{caudal} \times \text{factores de conversion a horas}$

$$V = 2.5330 \text{ M}^3/\text{seg} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \times 1 \text{ hora}$$

$$V = 9,118.80 \text{ M}^3$$

4.7.1 Tabla de volúmenes de aguas residuales descargadas por la red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel.

HORAS DE CAUDAL	VOLUMEN POR DÍA (M ³)	VOLUMEN POR SEMANA (M ³)	VOLUMEN POR MES (M ³)	VOLUMEN POR AÑO (M ³)
Bajo	44,877.24	314,140.68	1,346,317.20	16,155,806.40
Alto	45,594.00	319,158.00	1,367,820.00	16,413,840.00
Total de M³	90,471.24	633,298.68	2,714,137.20	32,569,646.40

CAPITULO V

SELECCIÓN

PRELIMINAR PARA LA

UBICACIÓN DE PLANTA

DE TRATAMIENTO

5.1 DIMENSIONAMIENTO

5.1.1 Dimensionamiento preliminar.

Para seleccionar la zona más óptima de ubicación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), es necesario conocer los requerimientos mínimos de espacio, el área requerida está en función de la población de diseño y del tipo de sistema de tratamiento que se requiera, según las características físicas, químicas y concentración de los contaminantes disueltos en el agua a tratar. En esta investigación el diseño de la PTAR está fuera de los alcances del estudio, sin embargo; para seleccionar el lugar más adecuado será necesario realizar un dimensionamiento preliminar, con el fin de conocer el área mínima necesaria para ubicar una planta de tratamiento para las aguas transportadas por la red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel.

5.1.1.1 Selecciones del sistema de tratamiento.

Población de diseño

Este parámetro permitirá realizar una evaluación del tipo de sistema necesario para tratar las aguas residuales doméstica, en función del número de personas al final del periodo de diseño; ya que cada sistema de tratamiento presenta limitantes con respecto al número de habitantes. La tabla 5.1.1.1 presenta la eficiencia de los sistemas de tratamiento en función del tamaño de la población. Para el caso particular de la ciudad de San Miguel la población urbana en el año 2007 era de 158,136 habitantes según el censo del 2007, de acuerdo a esta población y a la estimada para el año 2039 con una tasa de crecimiento de 1.66 % la población sería de 242,138 habitantes, por lo tanto los sistemas más adecuados en base a la tabla antes mencionada serían:

- ☞ Aireación prolongada (Lodos activados)
- ☞ Filtros biológicos (Lechos bacterianos)
- ☞ Lagunas aireadas
- ☞ Lagunas anaerobias
- ☞ Lagunas facultativa

Tabla 5.1.1.1 Rango de aplicación para sistemas de tratamiento en función de la población.

SISTEMA	POBLACION							
	100	200	500	1000	2,000	5,000	10,000	>20,000
Fosa séptica	Op	A	L					
Tanques Imhoff	A	A	Op	Op	Op	A		
Zanjas y lechos Filtrantes	Op	Op	Op	A	L			
R.A.F.A	Sa	Sa	L	A	Op	Op	A	
Zanjas de Oxidación	Sa	Sa	Sa	A	A	Op	Op	Op
Aireación Prolongada (Lodos Activados)	A	A	Op	Op	Op	Op	Op	A
Filtros Biológicos (Lechos Bacterianos)	Sa	L	A	Op	Op	Op	A	L
Lagunas Aireadas	Sa	Sa	L	A	Op	Op	Op	Op
Lagunas Anaerobias	A	A	Op	Op	Op	Op	Op	A
Lagunas Facultativas	L	A	Op	Op	Op	Op	Op	Op
Limite (L) Aceptable(A) Optimo(Op) Sin Aplicación (Sa)								

FUENTE: REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALCANTARILLADO PLUVIAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CIUDAD DE ARMENIA

5.1.2 Requerimientos de área en metros cuadrados.

El requerimiento de área necesaria por habitante, es un factor aproximado para conocer el área total requerida para la planta de tratamiento, en base a la población al final del período de diseño. En el caso de la ciudad de San Miguel, esto podrá ser una limitante para la aplicación de un tipo de sistema en particular, ya que en la ciudad no existen muchos sitios despoblados aledaños a esta y al Río Grande que sería el cuerpo receptor más adecuado. La tabla 5.1.2 establece los requerimientos de área en m²/hab. Para los diversos sistemas de tratamiento.

☞ Aireación prolongada (Lodos activados).....	0.20-0.30
☞ Filtros biológicos (Lechos bacterianos).....	0.50-0.70
☞ Lagunas aireadas	0.25-0.50
☞ Lagunas anaerobias.....	1.50-3.50
☞ Lagunas facultativas.....	2.50-5.00

De los cinco sistemas seleccionados a partir del parámetro de población de diseño, los primeros tres son los más adecuados en base al requerimiento de área, ya que se necesita menor área por habitante que otros sistemas.

En el caso de la ciudad de San Miguel debido a la expansión demográfica no existen muchos sitios despoblados aledaños a esta, con un área adecuada para ubicar una planta de tratamiento, por lo tanto el requerimiento de área de cada sistema es un parámetro fundamental para seleccionar el método de tratamiento a implementar y el sitio más adecuado.

Tabla 5.1.2 Área requerida por los diferentes procesos de tratamiento

PROCESOS DE TRATAMIENTO	AREA REQUERIDA (m ² /hab)
Lagunas de estabilización	
Laguna facultativa	2.50-5.00
Laguna anaerobia + Laguna facultativa	1.50-3.50
Laguna aireada facultativa	0.25-0.50
Laguna aireada mezcla completa + Laguna de sedimentación	0.20-0.50
Laguna + Estanques de maduración	3.00-6.00
Laguna + Lago de alta tasa	2.00-5.50
Laguna + Remoción de algas	1.50-5.00
Tratamientos anaerobios (y asociados)	
Estanque séptico + Lecho anaerobio	0.20-0.40
Estanque séptico + Infiltración	1.00-5.00
UASB (Reactor Anaerobio de flujo Ascendente y manto de lodos)	0.05-0.10
UASB + Lodos Activados	0.25-0.35
UASB + Lecho anaerobio	0.15-0.25
UASB + Lecho biológico de baja carga	0.50-0.70
UASB + Lagunas de maduración	1.50-2.50
UASB + Ecurrimiento superficial	1.00-6.00
Tratamientos aerobios - Variaciones de lodos activados (LA)	
LA convencional	0.20-0.30
LA por aireación prolongada	0.25-0.35
LA por reactor por lote	0.20-0.30
LA con remoción biológica de N	0.20-0.35
LA con remoción biológica de N/P	0.25-0.35
LA con remoción química y biológica de N/P	0.30-0.40
LA con remoción biológica/química de N/P + filtración	0.30-0.40
LA + Desinfección	0.20-0.30
Tratamientos aerobios - Variaciones de biopelícula fija	
Lecho biológico de baja carga	0.50-0.70
Lecho biológico de alta carga	0.30-0.45
Biofiltro aireado sumergido (BAF)	0.04-0.10
Bidiscos	0.15-0.25
Tratamiento Físico - Químico	
Tratamiento primario avanzado (CEPT - TPA)	0.002-0.005

FUENTE: VON SPERLING (1998)

5.1.3 Eficacia del sistema de tratamiento

La remoción de los contaminantes de las aguas residuales domesticas depende de la eficacia del método de tratamiento implementado, ya que no todos los sistemas de tratamiento tienen la misma eficacia para eliminar un contaminante en particular. Para seleccionar un tipo de tratamiento es indispensable realizar análisis físicos y químicos al efluente para conocer los contaminantes que transporta.

Los contaminantes característicos de las aguas residuales domesticas se establecen en la tabla 5.1.3. De estos contaminantes el DBO es el referente más importante para evaluar la eficacia del sistema de tratamiento. La demanda biológica de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión.

Al evaluar los métodos que se seleccionaron en base al requerimiento de área (*Lodos activados, Filtros biológicos, Lagunas aireadas*) con la eficacia en la eliminación de DBO, los métodos *de Lodos activados y Filtros biológicos* son los más eficientes, los porcentajes de eficiencia para cada método son:

☞ Aireación prolongada (Lodos activados)	85-93
☞ Filtros biológicos (Lechos bacterianos).....	85-93
☞ Lagunas aireadas.....	75-90

Tabla 5.1.3 Resumen comparativo de las principales alternativas de tratamiento de aguas residuales con relación a la eficacia

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	EFICACIA DE ELIMINACION (%)				TRH (días)
	DBO	N	P	CF	
Tratamiento preliminar	0-5	0	0	0	-
Tratamiento primario	35-40	10-25	10-20	30-40	0.1-0.5
Estanque facultativo					
Estanque anaerobio-estanque facultativo	75-85	30-50	20-60	60-99	15-30
	75-90	30-50	20-60	60-99.99	12-24
Laguna aireada facultativa	75-90	30-50	20-60	60-96	3-9
Laguna aireada de mezcla completa-	75-90	30-50	20-60	60-99	4-9
Laguna de sedimentación					
Lodos activados convencional	85-93	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	0.4-0.6
Lodos activados por aireación prolongada	93-98	15-30 (a)	10-20 (a)	65-90	0.8-1.2
Sequencing batch reactor	85-95	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	0.4-1.2
Trickling filter de baja velocidad	85-93	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	NA
Trickling filter de alta velocidad	80-90	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	NA
UASB	60-80	10-25	10-20	60-90	0.3-0.5
Tanque séptico- filtro anaerobio	70-90	10-25	10-20	60-90	1.0-2.0

NOTAS NA: NO APLICABLE. (A) SE PUEDE CONSEGUIR UNA ELIMINACIÓN MAYOR DE NUTRIENTES MODIFICANDO EL PROCESO. REFERENCIA: VON SPERLING (1996).

Para estimar el área mínima requerida para ubicar la planta de tratamiento de la ciudad de San Miguel, se tomará como base el requerimiento de área de los métodos de tratamiento, que superaron los criterios anteriormente expuestos. La población de diseño se estimó en 242,138 habitantes basándose en la tasa de crecimiento poblacional calculada a partir de la tasa de crecimiento poblacional para el departamento de San Miguel en la sección 3.5 y para un período de diseño de 25 años. Se tomará el valor menor del rango, de requerimiento de área para cada método de tratamiento.

Cálculo

Área mínima = factor de area × poblacion de diseño

Área mínima para método de lodos activados.

$$\text{Área mínima} = \frac{0.20\text{m}^2}{\text{hab.}} \times 242,138 \text{ hab.} = \mathbf{48,427.6 \text{ m}^2}$$

Área mínima para método de filtros biológicos.

$$\text{Área mínima} = \frac{0.50\text{m}^2}{\text{hab.}} \times 242,138 \text{ hab.} = \mathbf{121,069.0 \text{ m}^2}$$

De acuerdo a los datos que se han calculado en base a la población, y a los requerimientos de área de cada sistema; se concluye que los sistemas más recomendados para la ciudad de San Miguel son los que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 5.1.4 Métodos seleccionados

MÉTODOS DE TRATAMIENTO	AREA REQUERIDA (M2/HAB)	ÁREA MINIMA (M ²)
Aireación prolongada (Lodos activados)	0.20-0.30	48,427.6
Filtros biológicos (Lechos bacterianos)	0.50-0.70	121,069.0

5.2 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE DESBORDAMIENTOS DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL

La ciudad de San Miguel sea desarrollado al costado Oeste del Río Grande, por lo que el crecimiento de la ciudad provoca que los proyectos habitacionales se realicen cada vez más cerca de la ribera del río, esto genera que cuando éste se desborda inunde las colonias que se encuentran aledañas.

Los puntos de desbordamiento del Río Grande de San Miguel han sido identificados por varias instituciones gubernamentales y en trabajos de grado realizados en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, entre los documentos que abordan esta problemática se pueden listar los siguientes: Plan invernal 2013; tesis de Campos Ayala Edwin Ricardo y otro (2011); tesis de Contreras Herrera Balmore Antonio y otro (2007) y tesis de Ponce Contreras Ana Delmy y otros (2012).

En esta investigación se toman como referencia los documentos antes mencionados, para identificar los puntos de desbordamiento del Río Grande, la zona de interés de esta investigación iniciará desde el puente Urbina, ubicado sobre la carretera Panamericana hasta el cantón el Jute, en este tramo del río se identificarán las residenciales, colonias, urbanizaciones y cantones que tienen colindancia con la ribera del Río Grande, con el fin de descartar esos sitios como posibles lugares para ubicar una planta de tratamiento, es importante mencionar que la dirección en la que fluye el cauce del río es de Norte a Sur. En La tabla 5.2.1 se muestran las colonias, lotificaciones y urbanizaciones que colindan con la ribera del río y en las que el éste se desborda.

Tabla 5.2.1 Colonias aledañas al Río Grande de San Miguel

COMUNIDADES COLINDANTES AL RÍO GRANDE.	ZONAS DE DESBORDE
1. Colonia Jardines de San Miguel.	✓
2. Colonia Siloe.	✓
3. Colonia Jardines del Río.	✓
4. Residencial María Julia.	
5. Colonia Carrillo I.	✓
6. Urbanización Santa Lucia.	
7. Urbanización Palo Blanco.	
8. Colonia Nueva Jerusalén.	
9. Lotificación Adelaida.	
10. Urbanización Presita I.	✓
11. Urbanización Presita II.	✓
12. Caserío Las Chilcas.	
13. Lotificación Concepción.	
14. Urbanización Prados de San Miguel.	✓
15. Colonia las Brisas II.	✓
16. Colonia Brisas del Río.	✓
17. Lotificación Agua Fría.	
18. Colonia La Fuerteza.	
19. Comunidad el Tiangue.	
20. Colonia Las Palmeras.	
21. Colonia Urbina.	
22. Colonia Escalón.	
23. Colonia Dolores.	✓
24. Caserío Nacascolo.	
25. Colonia Las Violetas.	

FUENTE: "PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS CAUSADOS POR LA INUNDACIÓN DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUB-URBANO"

Las zonas descritas anteriormente en la tabla 5.2.1, son las que se encuentran ubicadas en las márgenes del Río Grande de San Miguel, en la misma tabla también están identificadas las comunidades donde el río se desborda y por lo tanto se producen inundaciones. Es importante mencionar que esta problemática ocurre porque estas colonias no cumplen con el margen de seguridad que establece la Ley De Urbanismo Y Construcción en el artículo 50, sobre zonas de protección para accidentes naturales.

Las colonias, residenciales y lotificaciones que en la tabla anterior se establecen son en las que el río se desborda, y por lo tanto son inadecuadas para ubicar una planta de tratamiento, porque al ocurrir fenómenos como: Tormentas tropicales, huracanes, etc., se perdería la operatividad de la planta de tratamiento, también es de mucha importancia mencionar la contaminación que se produciría en las zonas aledañas a la planta de tratamiento y aguas abajo del cuerpo receptor, afectando a muchas comunidades. Por lo anteriormente expuesto, en esta investigación los lugares en donde el Río Grande se desborda, quedan descartados como posibles sitios para la ubicación de una planta de tratamiento.

5.3 PRESELECCIÓN DE LA ZONA MÁS ÓPTIMA PARA LA UBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO.

La selección del sitio más óptimo para la ubicación de una planta de tratamiento, capaz de tratar las aguas residuales de toda ciudad, requiere de un análisis cuidadoso, y que tome como referencia muchos aspectos que son determinantes para la selección del lugar, algunos de los aspectos a tomar en cuenta son:

- ☞ Topografía del lugar.
- ☞ Elevación del lugar con respecto a la red de alcantarillado sanitario
- ☞ Cuerpo receptor.
- ☞ Distancia entre las zonas habitadas y la ubicación de plantas de tratamiento.
- ☞ Zonas de riesgos por desbordamiento e inundaciones en la ribera del cuerpo receptor.
- ☞ Uso del suelo del lugar seleccionado.
- ☞ Normativas de las instituciones responsables, para la ubicación de plantas de tratamiento.

En El Salvador la institución encargada de los acueductos y alcantarillados es ANDA, sin embargo la institución no cuenta con una normativa propia que proporcione los lineamientos básicos para esta actividad, por ello, en este trabajo, se realizó una búsqueda de normativas de otros países, para la ubicación de plantas de tratamiento, que sirva como referencia para realizar este estudio, de la búsqueda realizada se encontró la norma OS.090 para plantas de tratamiento de aguas residuales de Perú. La cual se tomará como referencia para la selección del sitio para ubicar una planta de tratamiento. A continuación se muestran textualmente un fragmento de la norma antes mencionada que a juicio del grupo de trabajo es lo más importante para la selección del sitio para ubicar una planta de tratamiento.

NORMA OS.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES de Perú establece en el capítulo 5 lo siguiente:

“Los sistemas de tratamiento deben ubicarse en un área suficientemente extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a torrentes y avenidas, y en el caso de no ser posible, se deberán proyectar obras de protección. El área deberá estar lo más alejada posible de los centros poblados, considerando las siguientes distancias:

- ☞ 500 m como mínimo para tratamientos anaerobios*
- ☞ 200 m como mínimo para lagunas facultativas*
- ☞ 100 m como mínimo para sistemas con lagunas aeradas*
- ☞ 100 m como mínimo para lodos activados y filtros percoladores.*

Las distancias deben justificarse en el estudio de impacto ambiental. El proyecto debe considerar un área de protección alrededor del sistema de tratamiento, determinada en el estudio de impacto ambiental. El proyectista podrá justificar distancias menores a las recomendadas si se incluye en el diseño procesos de control de olores y de otras contingencias perjudiciales.”

5.3.1 Ubicación y descripción de los sitios

La identificación de los sitios para la ubicación de una planta de tratamiento en la ciudad de San Miguel se realizó mediante el uso del programa Google Earth, con el cual se identificaron los lugares despoblados aledañas a la ciudad y al Río Grande, dando como resultado seis posibles sitios, de los cuales se hace una descripción breve de cada uno de ellos. A continuación en la tabla 5.3.1 se muestra el área, elevaciones y las coordenadas geográficas de los sitios propuestos para la ubicación de una planta de tratamiento.

Tabla 5.3.1.1 Áreas y coordenadas geográficas de ubicación de los sitios propuestos para la ubicación de planta de tratamiento.

LUGAR	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ELEVACIONES MTS	AREA M ²
	LATITUD	LONGITUD		
Sitio N° 1	13°28'59.40"N	88° 9'28.60"O	94.65	7,469.767
Sitio N° 2	13°28'36.57"N	88° 9'19.61"O	97.07	11,108.129
Sitio N° 3	13°27'37.44"N	88° 9'26.90"O	95.46	57,641.900
Sitio N° 4	13°27'26.99"N	88° 9'16.16"O	90.82	64,661.025
Sitio N° 5	13°26'50.79"N	88° 9'10.35"O	88.5	189,411.905
Sitio N° 6	13°26'27.76"N	88° 8'46.21"O	86.90	265,061

SITIO NÚMERO 1:

Está ubicado en la colonia Jucuapa No II, colinda al Norte con la colonia Unidas, al Oriente con la ribera del río, al Oeste y al Sur con la colonia Jucuapa No II. Con la ayuda de Google Earth se puede visualizar que el terreno actualmente se encuentra baldío y cuenta con un área aproximadamente de 7,469.767 m². (Ver figura 5.3.1).

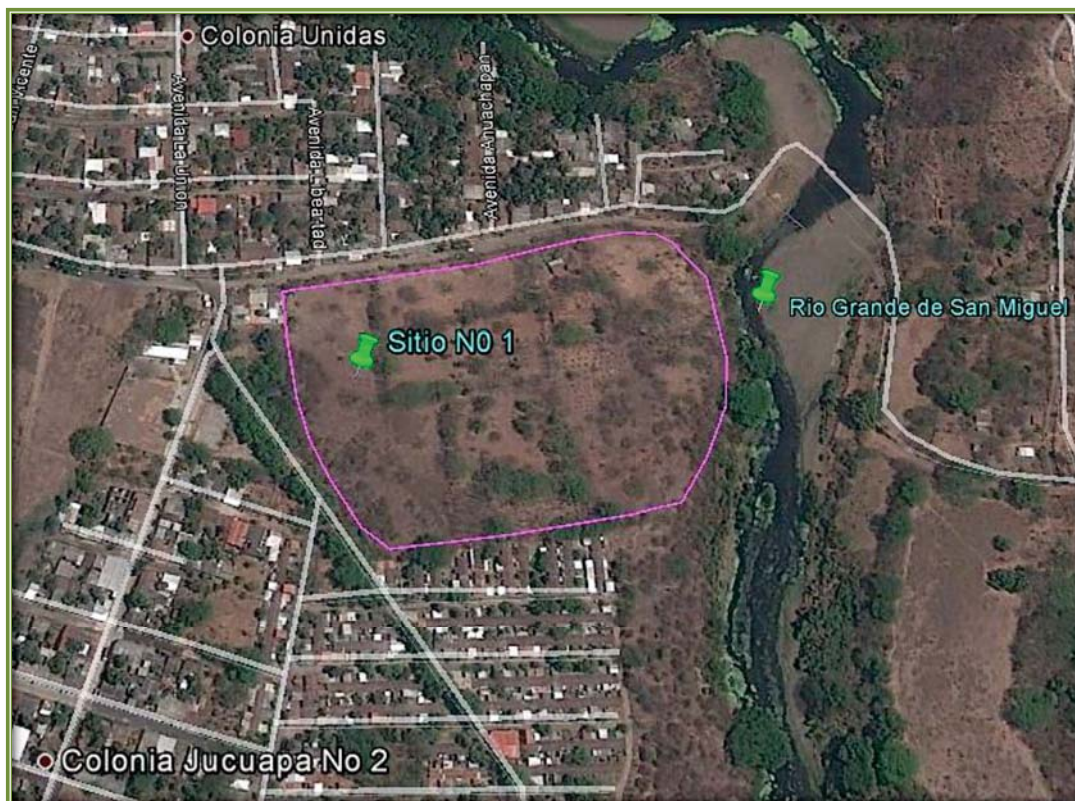


FIGURA 5.3.1 SITIO NUMERO 1

FUENTE: GOOGLE EARTH

SITIO NÚMERO 2:

El sitio número dos está ubicado en la colonia Prados de San Miguel contiguo a la cancha de futbol, colindando al Norte, Oeste y al Sur con la con dicha colonia, al costado Oriente colinda con el Río Grande de la ciudad de San Miguel. Este sitio posee un área aproximadamente de 11,108.129 m². (Ver figura 5.3.2).



FIGURA 5.3.2 SITIO NUMERO 2.

FUENTE: GOOGLE EARTH

SITIO NÚMERO 3

El sitio número tres está ubicado contiguo a la colonia Palo Blanco, al Norte y Oriente colinda con el Río Grande de San Miguel, al Oeste con la colonia Palo Blanco de la ciudad de San Miguel, al Sur colinda con la carretera que conduce hacia La Unión. Este posee un área aproximadamente de 57,641.900 m². (Ver figura 5.3.3).



FIGURA 5.3.3 SITIO NUMERO 3

FUENTE: GOOGLE EARTH

SITIO NÚMERO 4:

El sitio número cuatro está ubicado en la colonia María Julia de la ciudad de San Miguel, al costado Norte el sitio colinda con la carretera panamericana, al Oriente con el Río Grande de San Miguel, al Oeste con la colonia donde se encuentra ubicado, al costado Sur colinda con la colonia Jardines del Río y también con el río. Posee un área aproximadamente de 64,661.025 m². (Ver figura 5.3.4).

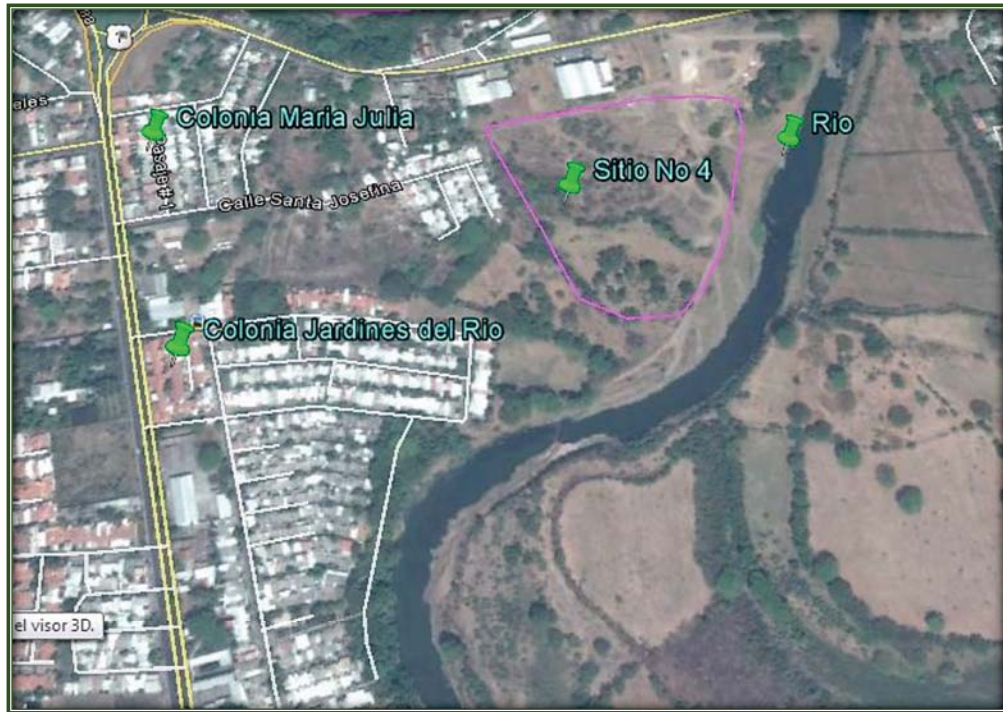


FIGURA 5.3.4 SITIO NUMERO 4

FUENTE: GOOGLE EARTH

SITIO NÚMERO 5

Este sitio está ubicado en la colonia San Miguel, colindando al costado Nor-Oeste con la ribera del Río Grande de San Miguel, con la colonia donde está situado y con la Carretera Litoral, al costado Sur colinda con el caserío la Morita ubicado en cantón El Jute. Este cuenta con un área aproximadamente de 189.411.905 m² (ver figura 5.3.5)



FIGURA 5.3.5 SITIO NUMERO 5

FUENTE: GOOGLE EARTH

SITIO NÚMERO 6

Está ubicado en el cantón El Jute, específicamente en el caserío La Morita. Colinda al Norte con la calle principal de este caserío, al Oeste con la Carretera Litoral, al costado Este como todos los sitios antes mencionados con la ribera del río, al costado Sur con las instalaciones del Ingenio Chaparrastique. Este sitio posee un área de aproximadamente 265,061 m² (ver figura 5.3.6)



FIGURA 5.3.6 SITIO NUMERO 6

FUENTE: GOOGLE EARTH

5.3.2 Metodología para la selección del sitio

Tomando como base las normas antes mencionadas en la sección 5.3 se procedió a realizar la evaluación de los sitios, para cumplir con el objetivo de determinar el sitio más adecuado para la ubicación de una planta para el tratamiento de las aguas que son transportadas por la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel, como resultado de la búsqueda se identificaron seis posibles sitios, los cuales deben cumplir con los criterios que a continuación se presentan.

- ☞ Espacios deshabitados aledaños a la ribera izquierda del Río Grande de San Miguel, en el tramo comprendido desde el puente Urbina hasta el cantón el Jute a la altura de ingenio Chaparrastique.
- ☞ Debe de cumplir con un área adecuada para albergar la infraestructura de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

- ☞ Que el terreno se encuentre ubicado a una distancia como mínimo de 100mts de zonas habitadas.
- ☞ Que se encuentre ubicado a la orilla de un cuerpo receptor.
- ☞ El terreno debe estar ubicado en una zona que no sea propensa a desbordamientos o inundaciones.
- ☞ Debe de presentar una topografía plana con pendientes suave; lo cual permitiría la disminución de costos en la etapa de construcción de la planta.

Para la evaluación de los criterios antes mencionados se procedió a asignar rangos de valores a cada categoría, en la cual la condición más desfavorable se evalúa con el menor puntaje, como se muestra en las tablas N^o 5.3.1.2 hasta la tabla N^o 5.3.1.7.

Para que un sitio propuesto sea tomado como adecuado para la ubicación de una planta de tratamiento deberá obtener un 80% de la suma total de los puntajes individuales que se le asignarán a cada uno de los criterios.

La evaluación para determinar si los sitios propuestos se encuentran ubicados en una zona donde el río se desborda, tendrá una ponderación de 25 puntos como máximo que se le asignaran a aquellos sitios que se encuentren ubicados en una zona donde el riesgo por desbordamiento sea bajo o nulo. La clasificación del riesgo por desbordamiento que presentan los sitios, se tomará en base a la tabla 5.3.1.1 realizada por Contreras Balmore Antonio y otro (2007).

Tabla 5.3.2.1 Clasificación de las comunidades de acuerdo al riesgo que representa.

COMUNIDAD.		ZONA CRÍTICA.	ZONA DE MODERADO RIESGO.	ZONA DE BAJO RIESGO.
1	Colonia Jardines de San Miguel.		X	
2.	Colonia Siloe.		X	
3.	Colonia Jardines del Río.	X		
4.	Residencial María Julia.		X	
5.	Colonia Carrillo I.	X		
6.	Urbanización Santa Lucia.			X
7.	Urbanización Palo Blanco.		X	
8.	Colonia Nueva Jerusalén.			X
9.	Lotificación Adelaida.		X	
10.	Urbanización Presita I.			X
11.	Urbanización Presita II.			X
12.	Caserío Las Chilcas.		X	
13.	Lotificación Concepción			X
14.	Urbanización Prados de San Miguel.			X
15.	Colonia las Brisas II.		X	
16.	Colonia Brisas del Río.		X	
17.	Lotificación Agua Fría.			X
18.	Colonia La Fuerteza.		X	
19.	Comunidad el Tiangué.		X	
20.	Colonia Las Palmeras.			X
21.	Colonia Urbina.		X	
22.	Colonia Escalón.		X	
23.	Colonia Dolores.	X		
24.	Caserío Nacascolo.		X	
25.	Colonia Las Violetas.			X
26.	Colonia La Confianza II.			X

FUENTE: "PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACIÓN DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO"

Dado que la clasificación antes mencionada se realizó únicamente en el tramo desde el puente Urbina hasta La colonia Jardines del Río, para los sitios que estén fuera de ese tramo se realizó visitas de campo para investigar con los pobladores, si la zona es afectada por el desbordamiento del río. El puntaje que se le asignara a cada categoría será como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5.3.2.2: El sitio está ubicado en zona de desbordamiento
(Rango de valores asignado)

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Alto	0
Medio	12
Bajo	25

El criterio que permitirá evaluar si un sitio que se proponga cuenta con un área adecuada para ubicar una planta de tratamiento, tendrá una ponderación máxima de 25 puntos, que se le asignara al sitio que tenga un área igual o mayor al área mínima requerida para ubicar la planta de tratamiento, en el caso de los sitios que no cuenten con el área mínima la puntuación estará en función del área de cada sitio con respecto al área mínima necesaria. Como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 5.3.2.3: Área adecuada para albergar las instalaciones de una PTAR.

(Rangos asignados por M² de área disponible)

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Área ≥ 50,000 m ²	25
50,000 > Área ≥ 45,000	20
45,000 > Área ≥ 40,000	15
40,000 > Área ≥ 35,000	10
35,000 > Área ≥ 30,000	5
Área < 30,000	0

Para evaluar la accesibilidad de un sitio al cuerpo receptor, se asignará una puntuación máxima de veinte puntos a aquellos sitios que estén ubicados a una distancia mayor de 50 metros y menor de 100 metros de la ribera del cuerpo receptor. En el caso de los sitios que estén ubicados a una distancia mayor que 100 metros y menor a 500 metros, se le asignará un puntaje, en función de la distancia a la que estén situados con respecto al cuerpo receptor, ver tabla siguiente.

Tabla 5.3.2.4: Accesibilidad a cuerpo receptor

(Rangos asignados)

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
100 m > Distancia ≥ 50 m	20
200 m > Distancia ≥ 100 m	10
500 m > Distancia ≥ 200 m	5
Distancia > 500 m	0

La evaluación de la distancia de los sitios propuestos con respecto a las zonas habitadas tendrá una ponderación de diez puntos como máximo, que se le asignaran al sitio que tenga una distancia igual o mayor de 100 m. En el caso de los sitios que estén ubicados a menos de 100 m. de las zonas habitadas, se le asignara una puntuación como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 5.3.2.5: Distancia con respecto a las zonas habitadas

(Rangos de asignación de puntos.)

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Distancia \geq 100 m.	10
100 m $>$ Distancia \geq 50 m	5
Distancia $<$ 50 m.	0

La ponderación que se le asignará al criterio que facilitara evaluar el uso del suelo de los sitios propuestos tendrá una asignación de diez puntos como máximo, que se otorgará al sitio que este ocioso, es decir que no tenga un uso de beneficio para el ser humano. En el caso que el suelo del sitio propuesto sea utilizado como agrícola o habitacional, se le asignara una puntuación como se establece en la tabla siguiente.

Tabla 5.3.2.6: Uso del suelo del sitio propuesto

(Rango asignado al tipo de suelo)

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Ocioso	10
Agrícola	5
Habitado	0

Para evaluar el criterio de topografía de los sitios propuestos, se asignara un puntaje máximo de 10, que se le otorgaran al sitio propuesto que presente una topografía plana; es decir que tenga una pendiente suave. En el caso de que la topografía del sitio sea irregular o abrupta se le asignara un puntaje como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 5.3.2.7: Topografía del sitio propuesto

(Rangos asignados a la topografía)

DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
Plana	10
Irregular	5
Abrupta	0

Cuadro 5.3.2.1 Valoraciones de criterios que deben cumplir los sitios propuestos para la ubicación de planta de tratamiento de la ciudad de San Miguel.

PUNTAJE	CRITERIOS	SITIO N° 1	SITIO N° 2	SITIO N° 3	SITIO N° 4	SITIO N° 5	SITIO N° 6
25	Está ubicado en zona que no sea propensa a desbordamiento	0	0	0	0	25	25
25	Área adecuada para albergar las instalaciones de una PTAR (50,000 m ²)	0	0	25	25	25	25
20	Accesibilidad a cuerpo receptor	20	20	20	20	20	20
10	Distancia con respecto a las zonas habitadas (como mínimo 100 metros)	10	10	10	10	10	10
10	Uso del suelo del lugar propuesto	10	10	5	10	5	5
10	Topografía (relieve del terreno)	10	5	10	5	10	10
TOTAL		50	45	70	70	95	95

FUENTE: EQUIPO DE TRABAJO

Análisis del cuadro de valoración de sitios propuestos

En el cuadro 5.3.2.1 se muestra la valoración que se le asignó a cada uno de los sitios propuestos, se llevó a cabo mediante la asignación de puntaje a cada criterio de valoración. A continuación se realiza un resumen de la valoración de cada sitio.

- ☞ El sitio uno obtuvo 50 puntos de 100 posibles, debido a que obtuvo cero puntos por estar ubicado en una zona propensa a desbordamiento y el mismo puntaje por no contar con un área igual o mayor a la mínima requerida. Obtuvo 20 puntos por contar con una buena accesibilidad hacia el cuerpo receptor, diez por estar a una distancia prudente de las zonas habitadas y diez debido a que el uso del suelo es ocioso e igual puntaje por la topografía. Este sitio se descarta por no haber obtenido el 70% de la sumatoria total de los puntos.

- ☞ El sitio dos obtuvo 45 puntos, dado que se le asignó cero puntos por estar ubicado en una zona propensa a desbordamiento y por no contar con un área igual o mayor a la mínima requerida, obtuvo veinte puntos por tener una buena accesibilidad al cuerpo receptor, diez puntos por cumplir con los criterios de estar ubicado a una distancia prudente, uso del suelo y cinco por tener una topografía irregular. solo cumple con cuatro criterios de evaluación, es decir: Accesibilidad al cuerpo receptor, el uso del suelo, la topografía del terreno, distancia requerida de separación de la zona urbana. Este sitio se descarta por no haber obtenido el 70% de la sumatoria total de los puntos.

☞ El sitio tres obtuvo 70 puntos, dado que se le asignó cero puntos por estar ubicado en una zona propensa a desbordamiento, obtuvo veinticinco por cumplir con el área mínima requerida, veinte puntos por tener una buena accesibilidad al cuerpo receptor, diez puntos por cumplir con los criterios de estar ubicado a una distancia prudente, uso del suelo y cinco por tener una topografía irregular.

Este sitio se descarta por no haber obtenido el 80% de la sumatoria total de los puntos.

☞ El sitio cuatro obtuvo 70 puntos, dado que se le asignó cero puntos por estar ubicado en una zona propensa a desbordamiento, obtuvo veinticinco puntos por cumplir con el área mínima requerida, veinte puntos por tener una buena accesibilidad al cuerpo receptor, diez puntos por cumplir con los criterios de estar ubicado a una distancia prudente, uso del suelo y cinco por tener una topografía irregular.

Este sitio se descarta por no haber obtenido el 80% de la sumatoria total de los puntos.

☞ El sitio cinco obtuvo 95, dado que se le asignó veinticinco puntos por no estar ubicado en una zona propensa a desbordamiento, obtuvo veinticinco puntos por cumplir con el área mínima requerida, veinte puntos por tener una buena accesibilidad al cuerpo receptor, diez puntos por cumplir con los criterios de estar ubicado a una distancia prudente, cinco uso del suelo y diez por tener una topografía plana.

Este sitio es aceptado como una opción para la ubicación de la planta de tratamiento por cumplir con 95% de la sumatoria total de puntos.

- ☞ El sitio seis obtuvo 95, dado que se le asignó veinticinco puntos por no estar ubicado en una zona propensa a desbordamiento, obtuvo veinticinco puntos por cumplir con el área mínima requerida, veinte puntos por tener una buena accesibilidad al cuerpo receptor, diez puntos por cumplir con los criterios de estar ubicado a una distancia prudente, cinco uso del suelo y diez por tener una topografía plana.

Este sitio es aceptado como una opción para la ubicación de la planta de tratamiento por cumplir con 95% de la sumatoria total de puntos.

En resumen los sitios más adecuados son el número cinco y seis, ya que cumplen con todos los criterios de valoración. Es importante mencionar que las desventajas que los sitios cinco y seis tienen, es que, en estos lugares es necesario conducir las aguas residuales a una distancia considerable, aproximadamente 3.5 km desde la descarga de la colonia Prados de San Miguel, hasta el sitio cinco, y 4.2 km hasta el sitio seis, tomando en cuenta que la distancia es medida en línea recta. Otra desventaja es que la diferencia entre las cotas de elevación entre el punto de descarga más alejado y los sitios 5 y 6 no cumple con la pendiente mínima establecida en el numeral 8 de las normas técnicas para proyectos de alcantarillado de ANDA que es de 0.5%, por tanto es necesario que se implemente un sistema de bombeo. A continuación por motivos de comprobación se muestra el cálculo de la pendiente que hay entre el punto de descarga Prados de San Miguel, y los sitios 5 y 6, ya que este punto de descarga es el más alejado de los sitios antes mencionados.

ELEVACIONES

Punto de descarga Prados de San Miguel = 102.10 mts

Sitio número 5 = 88.5 mts

Sitio número 6 = 86.9 mts

Distancias de Punto de Descarga a cada sitio

Punto de Descarga a sitio numero 5 = 3,500 mts

Punto de Descarga a sitio numero 6 = 4,200 mts

Calculo de la pendiente

$$\mathbf{Pendiente} = \frac{\mathbf{Elev PD - Elev sitio}}{\mathbf{Dist PD a sitio}} \times 100$$

Pendiente de punto de descarga a sitio numero 5

$$Pendiente = \frac{102.10 \text{ mts} - 88.5 \text{ mts}}{3500 \text{ mts}} \times 100$$

$$\mathbf{Pendiente = 0.39 \%}$$

Pendiente de punto de descarga a sitio numero 6

$$Pendiente = \frac{102.10 \text{ mts} - 86.9 \text{ mts}}{4200 \text{ mts}} \times 100$$

$$\mathbf{Pendiente = 0.37 \%}$$

CAPITULO V I

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al haber finalizado el proceso de investigación se pueden generar las siguientes conclusiones:

- ☞ Durante la recopilación de información técnica de la red de alcantarillado pública de la ciudad de San Miguel, se encontró que no existe una base de datos completa, ya que solo se cuenta con datos de los últimos diez años.
- ☞ La red de alcantarillado público de la ciudad de San Miguel está constituida de la siguiente manera: 200.97 km de tuberías, el diámetro de la tubería varía de 6 pulgadas a 48 pulgadas, el 89% de la tubería es de concreto, 10 % de PVC y un 1% de acero colado. El sistema también cuenta con un total de 1467 pozos de visita o inspección.
- ☞ El estado físico de los pozos de visita, en su mayoría en buen estado, los problemas más frecuente que estos presentan es el extravió de sus tapaderas, pérdida de ubicación de estos debido al recarpeteo de calles, pozos con tapaderas sin identificación.
- ☞ El estado físico de las obras complementarias de los puntos de descarga de las aguas de la red de alcantarillado público de la ciudad de San Miguel, es crítico debido a que estas han sufrido deterioro por la erosión producida por el mismo flujo.
- ☞ La red de alcantarillado sanitario publica de la ciudad de San Miguel descarga sus aguas en seis puntos, situados en la ribera Oeste del Río Grande de la ciudad de San Miguel.
- ☞ En base a los aforos realizados en los puntos de descargas, el caudal promedio horario de aguas residuales evacuadas por la red pública de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel es de 3.1891 m³/seg.

- ☞ Las zonas de la ciudad de San Miguel, que no cuentan con red alcantarillado sanitario son las que se encuentran al Suroeste, al Norte y al Noreste.
- ☞ Las zonas más adecuadas para ubicar una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en la ciudad de San Miguel es la que se encuentra al Sureste de la ciudad.
- ☞ En base al estudio preliminar realizado se determinó que los sitios más adecuados para ubicar una planta de tratamiento son los sitios cinco y seis, dado que estos sitios se encuentran ubicados en la zona baja de la ciudad de San Miguel.
- ☞ Debido a la diferencia de nivel que San Miguel tiene, la pendiente que hay entre la descarga más alejada y los sitios seleccionados, no satisface la normativa que regula la pendiente mínima de colectores para el sistema de alcantarillado sanitario.

6.2 RECOMENDACIONES

- ☞ Realizar un catastro de la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Miguel.
- ☞ Realizar un reordenamiento de las tapaderas de los pozos de visita, para facilitar la identificación de los pozos que pertenecen a la red de alcantarillado sanitario.
- ☞ Reponer las tapaderas de los pozos de visita que se han extraviado, para evitar la obstrucción de las tuberías por la introducción de todo tipo de materiales y objetos.
- ☞ Intervenir a la brevedad posible las obras complementarias de los puntos de descarga de la red pública de alcantarillado sanitario, para prevenir la pérdida total de las obras existentes.
- ☞ Los puntos de descarga deben de tener una estructura adecuada, para realizar aforos periódicos.
- ☞ Se recomienda utilizar los sitios cinco y seis para ubicar la planta de tratamiento.
- ☞ Debido a que la pendiente que existe entre los puntos de descarga y los sitios seleccionados para ubicar la planta de tratamiento, no satisface la normativa de ANDA donde regula la pendiente mínima para la construcción de colectores, se recomienda implementar un sistema de bombeo.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- ☞ Cárdenas, Joaquín Ernesto
Sucesos Migueleños
Año 1939

- ☞ Fair. Geyer y otros
Ingeniería sanitaria y aguas residuales
México, 2000

- ☞ López Cualla, Ricardo Alfredo

Diseño de acueductos y alcantarillados

Colombia, 2000

- ☞ Pérez F. de Galeano, Josefina

G. de Landós, Irma Yolanda

Investigación científica como entender y aplicar el método de investigación científica.

El Salvador, 2006

- ☞ PLAMADUR : Capitulo II: Metas y Objetivos
- ☞ PLAMADUR: Evaluación de Tierras y Viviendas
- ☞ PLAMADUR: Diagnostico Sectorial del Plan de Ordenamiento Territorial.

- ☞ Jiménez Terán José Manuel
Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario
Año 2010

- ☞ ANDA, Administración Nacional de Acueducto y Alcantarillado
Boletín Estadístico
Año 2011

- ☞ Plan de Desarrollo Territorial de la Subregión de San Miguel Componente I
Diagnostico Territorial (sociales e integrados) Volumen 1B DS- Población y
Sociedad

- ☞ Arturo Rocha Felices
Hidráulica de Tuberías y Canales
Perú, 2007

PUBLICACIONES

- ☞ Bernal Sonia (2004) Las aguas negras del Río Grande. El Diario de Hoy. El Salvador. 2 de julio de 2004.
- ☞ Asesores Juniors. (2005) Concentración laboral en actividades productivas por departamento (excluyendo al sector agropecuario).
- ☞ Protección Civil (2013). Plan invernal para el municipio de San Miguel
- ☞ SNET (2004) Regionalización de Caudales máximos y medios en el Salvador

TESIS

- ☞ Cruz Martínez, José Rolando; García Girón, Iris Margarita; Ríos ventura, Suyapa Verónica. 2004. “Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Santa Elena Departamento de Usulután” Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Oriente Departamento de Ingeniería y Arquitectura.
- ☞ Aguilar, Eugenio Andrés; González, Stephanie Concepción; Huevo Nancy Lyli; Lazo, Rodolfo Francisco; Sibrían, Diego Benjamín y Valdivieso Roberto Arturo. (Publicación 2005). Concentración laboral en actividades productivas por departamento (excluyendo al sector agropecuario). Programa de asesores Juniors. Ministerio de Economía. San Salvador. Pág. 19-20.
- ☞ Contreras Herrera, Balmore Antonio; Montepeque Parada, Jorge Valentín. 2007. “Propuesta de diseño de obras de mitigación de riesgos causadas por la inundación del Río Grande de San Miguel en el sector suburbano”

Universidad de El Salvador. Facultad Multidisciplinaria de Oriente
Departamento de Ingeniería y Arquitectura

- ☞ Flores Hernández, Rudis Yilmar. (2009). “Globalización y espacio urbano en la ciudad de San Miguel”. Sociólogo, Profesor de la Universidad de El Salvador, San Miguel, C.A
- ☞ López Rodríguez, Ginelly Veraliz; Rodríguez Carranza, Francisco Alexander. (2012). “Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario, Alcantarillado Pluvial y propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Armenia.”
- ☞ Batres Mina, José Gerardo; Flores Ventura, David Israel; Quintanilla Hernández, Alberto Enrique. (2010). “Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable, diseño del alcantarillado sanitario y de aguas lluvias para el municipio de San Luis del Carmen, departamento de Chalatenango”.
- ☞ Benítez Cordero, Julio Rafael; Campos Ayala, Edwin Ricardo. 2011 “Propuesta de zonificación de riesgo natural y antropogénico en la ciudad de San Miguel”.
- ☞ Martínez Lazo, Carlos Alfredo; Navarro Villegas, Pedro Ulises. 2001 “Determinación de la calidad físico-química de las descargas de aguas residuales municipales de la ciudad de San Miguel.”
- ☞ Ayala Fanola, Rodrigo Marcelo; Gonzales Márquez, Greby.2008. “Apoyo didáctico en la enseñanza de la asignatura de planta de tratamiento de aguas residuales, Cochabamba Bolivia.

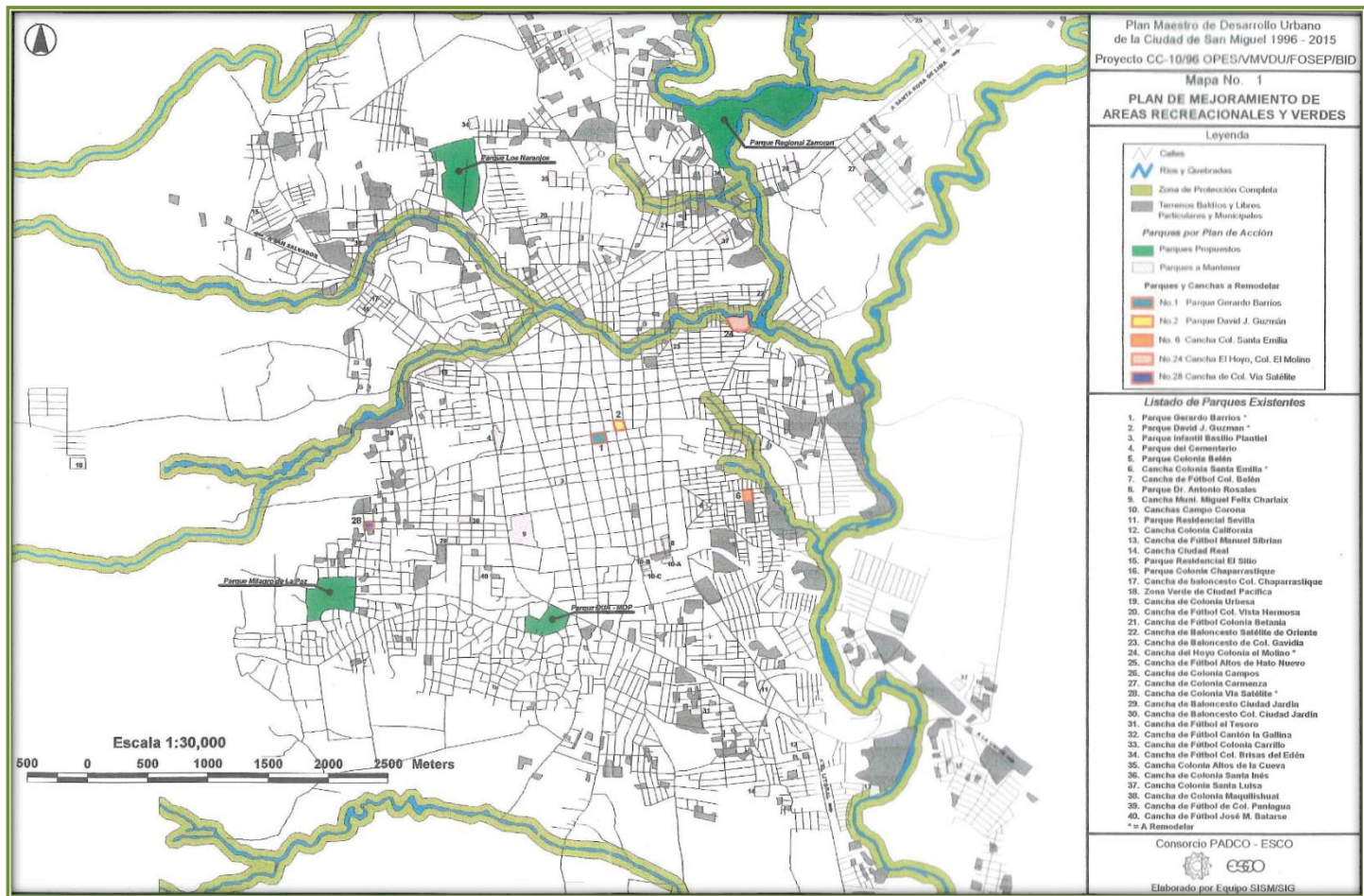
PÁGINA WEB

- ☞ Texto_de_la_Licencia_Creative_Commons_Atribuci (2014) Aguas residuales #An.C3. A1lism.C3.A1s frecuentes para aguas residuales, (En línea)
http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales#An.C3.A1lism.C3.A1s_frecuentes_para_aguas_residuales
- ☞ Copyright © 1998-2014 Lenntech B.V | Email: info@lenntech.com Read more: <http://www.lenntech.es/biblioteca/enfermedades/enfermedades-transmitidas-por-el-agua.htm#ixzz2yQu7RHbH>
- ☞ <http://www.conetur.com/articulo.php?id=838&PHPSESSID=788083f1d4a8d824b0dda9e5ab87bc9>
- ☞ <http://www.marn.gob.sv/>.Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv. Año de consulta enero de 2014
- ☞ <http://www.aguasabes.org/>.SABES. Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Alternativas. El Salvador. Correo electrónico: sabes.agua@integra.com.sv. Año de consulta enero de 2014.
- ☞ <http://www.oas.org/OSDE/publications/Unit/oea34s/ch051.htm>.
- ☞ Normas legales
http://www.construccion.org.pe/normas/rne2009/rne2006/files/titulo2/03_OS/RNE2006_OS_090.pdf

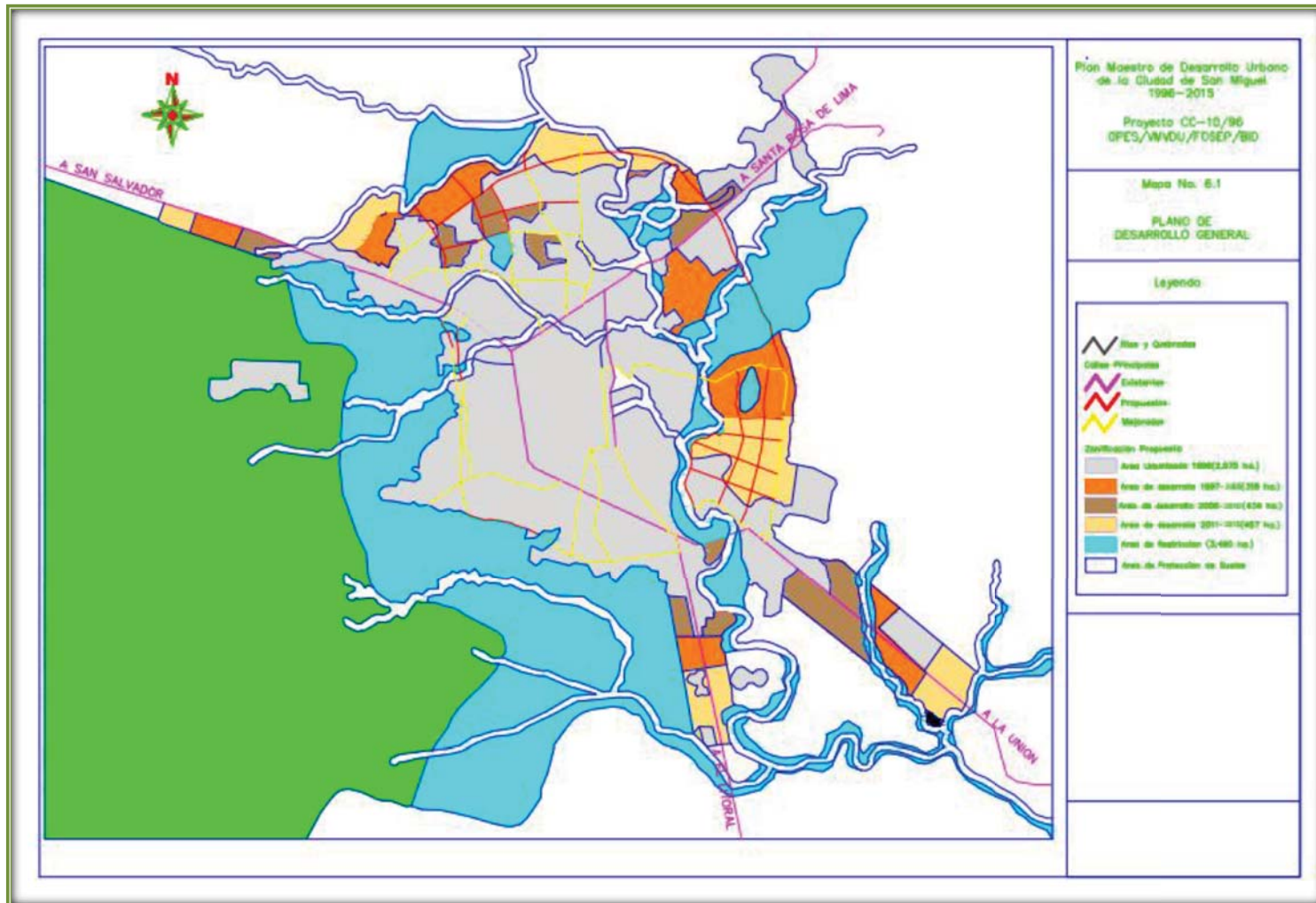
ANEXOS

ANEXO 1

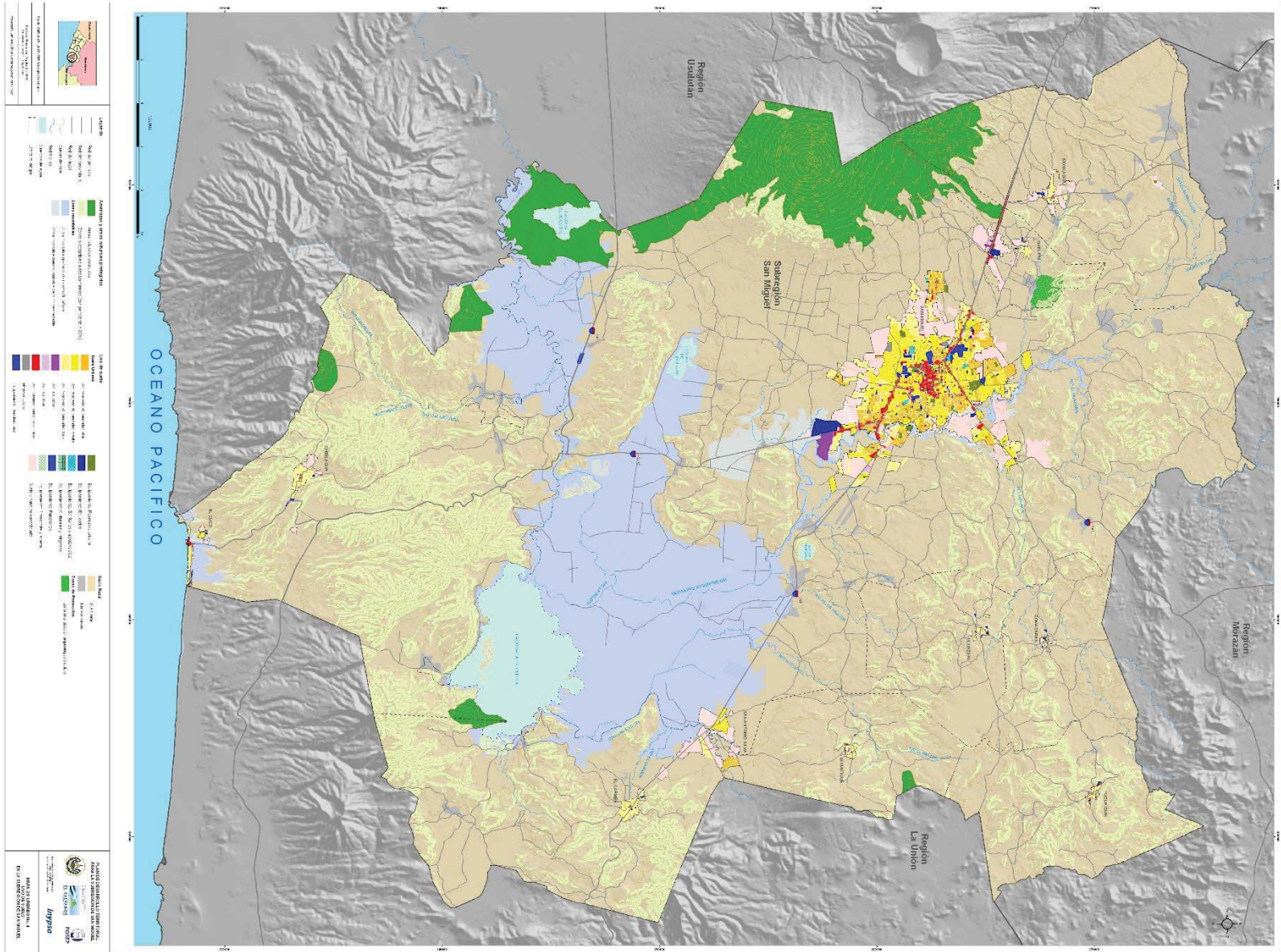
CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL



ANEXO 2



ANEXO 3



ANEXO 4

NORMA PERUANA PARA PLANTA DE TRATAMIENTO

5.1. ASPECTOS GENERALES

5.1.1. En el caso de ciudades con sistema de alcantarillado combinado, el diseño del sistema de tratamiento deberá estar sujeto a un cuidadoso análisis para justificar el dimensionamiento de los procesos de la planta para condiciones por encima del promedio. El caudal de diseño de las obras de llegada y tratamientos preliminares será el máximo horario calculado sin el aporte pluvial.

5.1.2. Se incluirá un rebose antes del ingreso a la planta para que funcione cuando el caudal sobrepase el caudal máximo horario de diseño de la planta.

5.1.3. Para el diseño definitivo de la planta de tratamiento se deberá contar como mínimo con la siguiente información básica:

- ☞ Levantamiento topográfico detallado de la zona donde se ubicarán las unidades de tratamiento y de la zona de descarga de los efluentes
- ☞ Estudios de desarrollo urbano o agrícola que puedan existir en la zona escogida para el tratamiento
- ☞ Datos geológicos y geotécnicos necesarios para el diseño estructural de las unidades, incluido el nivel freático
- ☞ Datos hidrológicos del cuerpo receptor, incluido el nivel máximo de inundación para posibles obras de protección
- ☞ Datos climáticos de la zona y disponibilidad y confiabilidad del servicio de energía eléctrica.

5.1.4. El producto del diseño definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales consistirá de dos documentos: el estudio definitivo y el expediente técnico. Estos documentos deberán presentarse teniendo en consideración que la

contratación de la ejecución de las obras deberá incluir la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

5.1.4.1. Los documentos a presentarse comprenden:

- ☞ Memoria técnica del proyecto
- ☞ La información básica señalada en el numeral 5.1.3
- ☞ Los resultados del estudio del cuerpo receptor
- ☞ Resultados de la caracterización de las aguas residuales y de los ensayos de tratabilidad de ser necesarios
- ☞ Dimensionamiento de los procesos de tratamiento
- ☞ Resultados de la evaluación de impacto ambiental y el - manual de operación y mantenimiento.

5.1.4.2. El expediente técnico deberá contener:

Planos a nivel de ejecución de obra, dentro de los cuales, sin carácter limitante deben incluirse:

- ☞ Planimetría general de la obra, ubicación de las unidades de tratamiento.
- ☞ Diseños hidráulicos y sanitarios de los procesos e interconexiones entre procesos, los cuales comprenden planos de planta, cortes, perfiles hidráulicos y demás de talles constructivos.
- ☞ Planos estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos
- ☞ Planos de obras generales como obras de protección, caminos, arreglos interiores, laboratorios, vivienda del operador, caseta de guardianía, cercos perimétricos, etc.
 - ☞ Memoria descriptiva.
 - ☞ Especificaciones técnicas.
 - ☞ Análisis de costos unitarios.
 - ☞ Metrados y presupuestos.
 - ☞ Fórmulas de reajustes de precios.

- ☞ Documentos relacionados con los procesos de licitación, adjudicación, supervisión, recepción de obra y otros que el organismo competente considere de importancia.

5.1.5. Los sistemas de tratamiento deben ubicarse en un área suficientemente extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a torrentes y avenidas, y en el caso de no ser posible, se deberán proyectar obras de protección. El área deberá estar lo más alejada posible de los centros poblados, considerando las siguientes distancias:

- ☞ 500 m como mínimo para tratamientos anaerobios
- ☞ 200 m como mínimo para lagunas facultativas
- ☞ 100 m como mínimo para sistemas con lagunas aeradas y
- ☞ 100 m como mínimo para lodos activados y filtros percoladores.

Las distancias deben justificarse en el estudio de impacto ambiental. El proyecto debe considerar un área de protección alrededor del sistema de tratamiento, determinada en el estudio de impacto ambiental. El proyectista podrá justificar distancias menores a las recomendadas si se incluye en el diseño procesos de control de olores y de otras contingencias perjudiciales.

5.1.6. A partir del ítem 5.2 en adelante se detallan los criterios que se utilizarán para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento y estructuras complementarias. Los valores que se incluyen son referenciales y están basados en el estado del arte de la tecnología de tratamiento de aguas residuales y podrán ser modificadas por el proyectista, previa presentación, a la autoridad competente, de la justificación sustentatoria basada en investigaciones y el desarrollo tecnológico. Los resultados de las investigaciones realizadas en el nivel local podrán ser incorporados a la norma cuando ésta se actualice. Asimismo, todo proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales deberá ser elaborado por un ingeniero sanitario colegiado, quien asume la responsabilidad de la puesta en marcha del sistema. El ingeniero

responsable del diseño no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad. En el expediente técnico del proyecto, se deben incluir las especificaciones de calidad de los materiales de construcción y otras especificaciones relativas a los procesos constructivos, acordes con las normas de diseño y uso de los materiales estructurales del reglamento nacional. La calidad de las tuberías y accesorios utilizados en la instalación de plantas de tratamiento, deberá especificarse en concordancia con las normas técnicas peruanas relativas a tuberías y accesorios.

ANEXO 5

Reglamento de ley de construcción y urbanismo

Art. 50: Todo accidente natural dentro de una parcelación o colindante con otra deberá contar con una zona de protección con las excepciones reguladas en el Art. 51 del reglamento antes mencionado. El ancho de la zona de protección se establecerá basándose en los criterios siguientes:

a) Profundidad de la quebrada el ancho de la zona de protección en quebrada se determinará multiplicando su profundidad por el factor 1.5 y se medirá paralela a partir de dicha orilla y a todo lo largo del terreno en la parte afectada. La profundidad de la quebrada se medirá a partir de la orilla próxima inferior al borde inmediato superior o el borde inferior cuando el lecho se encuentre al pie de un cerro o fuerte desnivel topográfico. El ancho de la zona de protección solamente podrá modificarse según lo dispuesto en el Art. 51 de este Reglamento.

b) Estudio de área de reconocimiento. El ancho de la zona de protección de un río o de una quebrada caudalosa deberá ser determinado por un estudio de las áreas de recogimiento o influencia de los mismos con el cual se determinará el área hidráulica necesaria de acuerdo con el caudal máximo instantáneo resultante. Este estudio deberá determinar al menos la altura máxima probable que alcanzará la corriente adyacente al terreno el ancho de la zona de protección y las obras de protección necesarias con sus detalles y características correspondientes (inclinación de taludes, tipos de secciones de muros, etc.). Dicho estudio deberá ser realizado por profesionales o empresas debidamente acreditadas.

c) Diferencia natural de nivel dentro del terreno con sus terrenos colindantes

El ancho de la zona de protección en cambios de nivel se determinará multiplicando la profundidad próxima al nivel inferior de la inferencia natural de nivel de terreno por el factor 1.5 y se medirá paralela a partir de dicho nivel inferior y a todo lo largo del terreno en la parte afectada.

ANEXO 6

GLOSARIO

Aforo: Medición de caudal.

Aguas Negras: Son los fluidos procedentes de vertidos cloacales, de instalaciones de saneamiento; son líquidos con materia orgánica, fecal y orina, que circulan por el alcantarillado.

Aguas abajo: Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente. Otra expresión también usada es río abajo.

Aguas Residuales: Es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico, comercial e industrial.

Caudal máximo diario: Las necesidades de agua de la población no son constantes a lo largo del año, los días más calurosos se consumirá más agua que en los días fríos, por ejemplo. El caudal máximo diario sería el del día con máximo consumo en el año. Convencionalmente se determina incrementando de un determinado porcentaje el caudal medio diario, utilizando un factor generalmente denominado K1, que varía entre 1.2 y 1.5.

Caudal máximo horario: El uso que cada individuo hace de la cantidad de agua que consume en el día no es constante a lo largo de las 24 horas del día, hay horarios en que se consume mucha agua, y otros en que no se consume casi.

Caudal medio diario: Es la forma de determinar la demanda de agua de una población o de una localidad. Se obtiene multiplicando la dotación diaria por la población, actual o futura, así se obtendría en litros por día

Cenit o cénit (Zenit): Es la intersección de la vertical de un lugar y la esfera celeste. Es el punto más alto en el cielo con relación al observador, que se encuentra justo

sobre su cabeza (90°). La vertical de un lugar, o dirección de la gravedad en ese lugar, corta a la esfera celeste en dos puntos

Clima: Conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella

Coliformes fecales: Bacterias presentes en materia fecal de humanos y otros vertebrados como aves y mamíferos, cuya presencia en agua o alimentos indican contaminación por excretas, lo cual implica riesgos a la salud humana.

Contaminación del agua: Es una modificación de esta, generalmente provocada por el ser humano, que la vuelve impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural

Cuerpo de agua: Es una masa o **extensión de agua**, tal como un lago, mar u océano que cubre parte de la Tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales, como los estanques, aunque la mayoría son naturales.

Demografía: Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas, de su dimensión, estructura, evolución y características generales.

Descarga: Es todo tipo de aguas residuales que se vierten o disponen en el alcantarillado sanitario

Dotación diaria: Es el volumen de agua que se considera como necesario para el consumo de una persona en un día, incluyendo el agua para beber, para cocinar, para la higiene personal, el lavado de ropa, e higiene de la vivienda. Se expresa en litros por habitante y por día

DBO'5: Demanda Bioquímica de Oxígeno, medida a los cinco días de tomada la muestra y a veinte grados centígrados, consistiendo en la cantidad de oxígeno en

miligramos por litros necesarios para degradar la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua.

Erosión: La erosión es la degradación y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra.

Precipitación: Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.

Revolución: Es una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular.

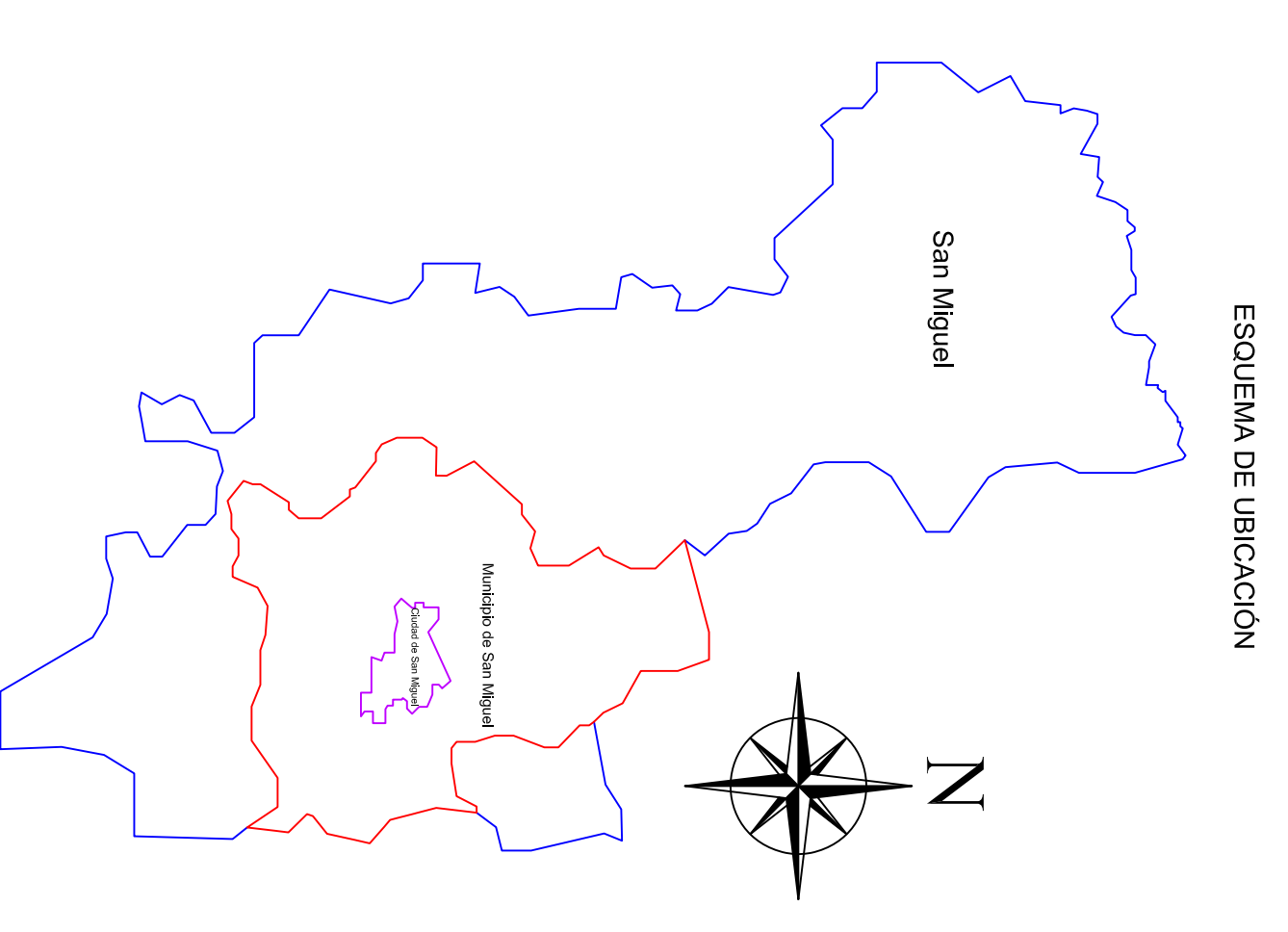
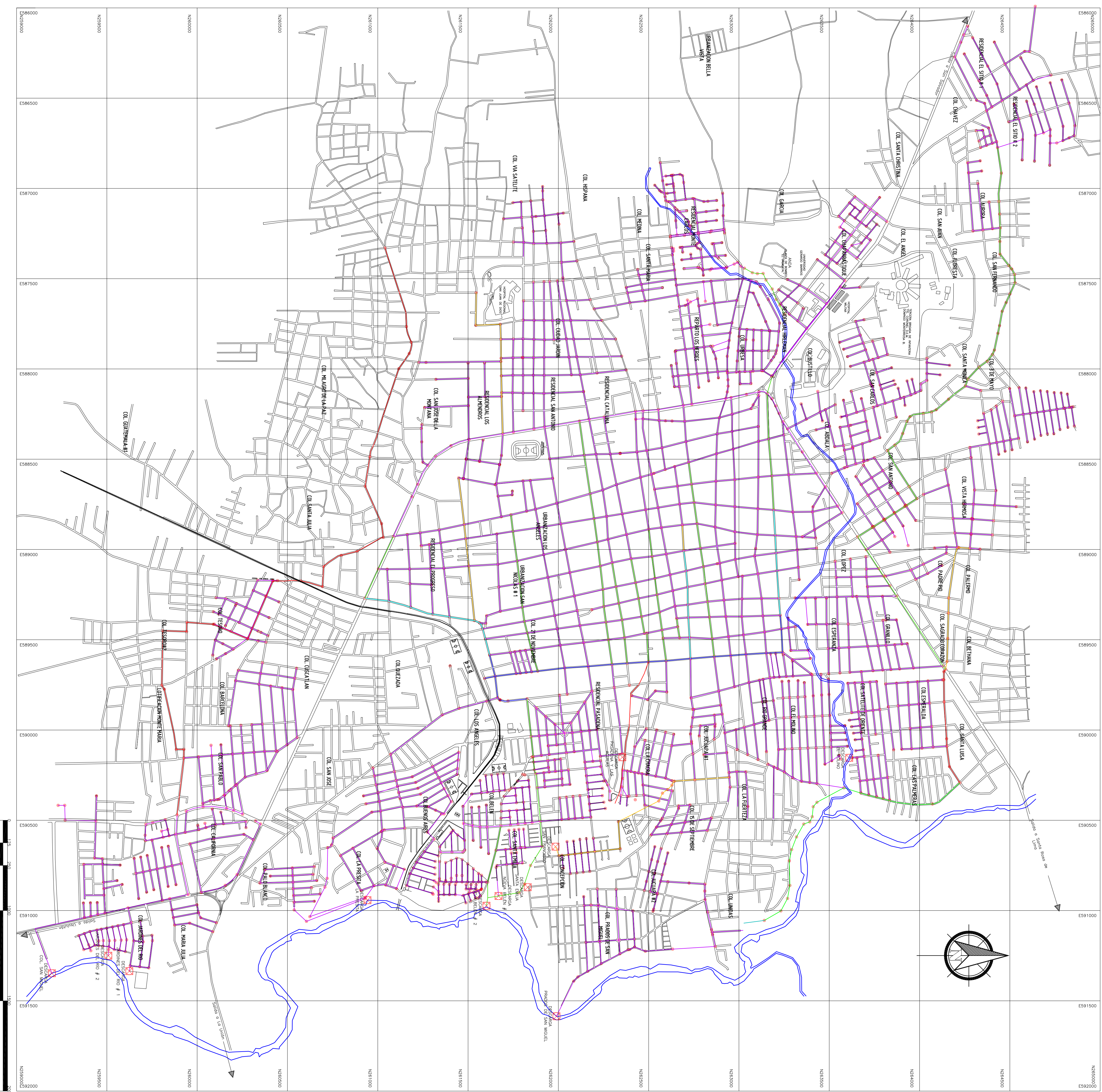
Río: Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente.

Socavamiento: Excavar algo por debajo, dejándolo sin apoyo y expuesto a hundirse.

Uso de suelo: Son los fines particulares actuales o futuros a que se determine dedicar zonas o predios de un centro de población, conforme a lo que establezcan los programas de desarrollo urbano.

Vertedero: es una estructura hidráulica destinada a permitir el pase, libre o controlado, del agua en los escurrimientos superficiales.

Cuerpo receptor: se refiere al cuerpo de agua superficial expuesto a recibir descarga.

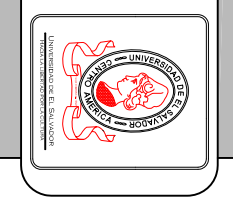


SIMBOLOGÍA

- Descarga
- Pozo de visita
- Tubería de 8 pulg.
- Tubería de 10 pulg.
- Tubería de 12 pulg.
- Tubería de 15 pulg.
- Tubería de 18 pulg.
- Tubería de 24 pulg.
- Tubería de 30 pulg.
- Tubería de 48 pulg.

PROYECTO: DIAGNÓSTICO DE RED PÚBLICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA Y ESTUDIO PARA LA UBICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

PROPIETARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE ING. Y ARQ.
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL



UBICACIÓN: CIUDAD DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR, C.A.

CONTENIDO: DIÁMETROS DE TUBERÍAS DE LA RED PÚBLICA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

ESCALA: 1:10700

HUJA #:

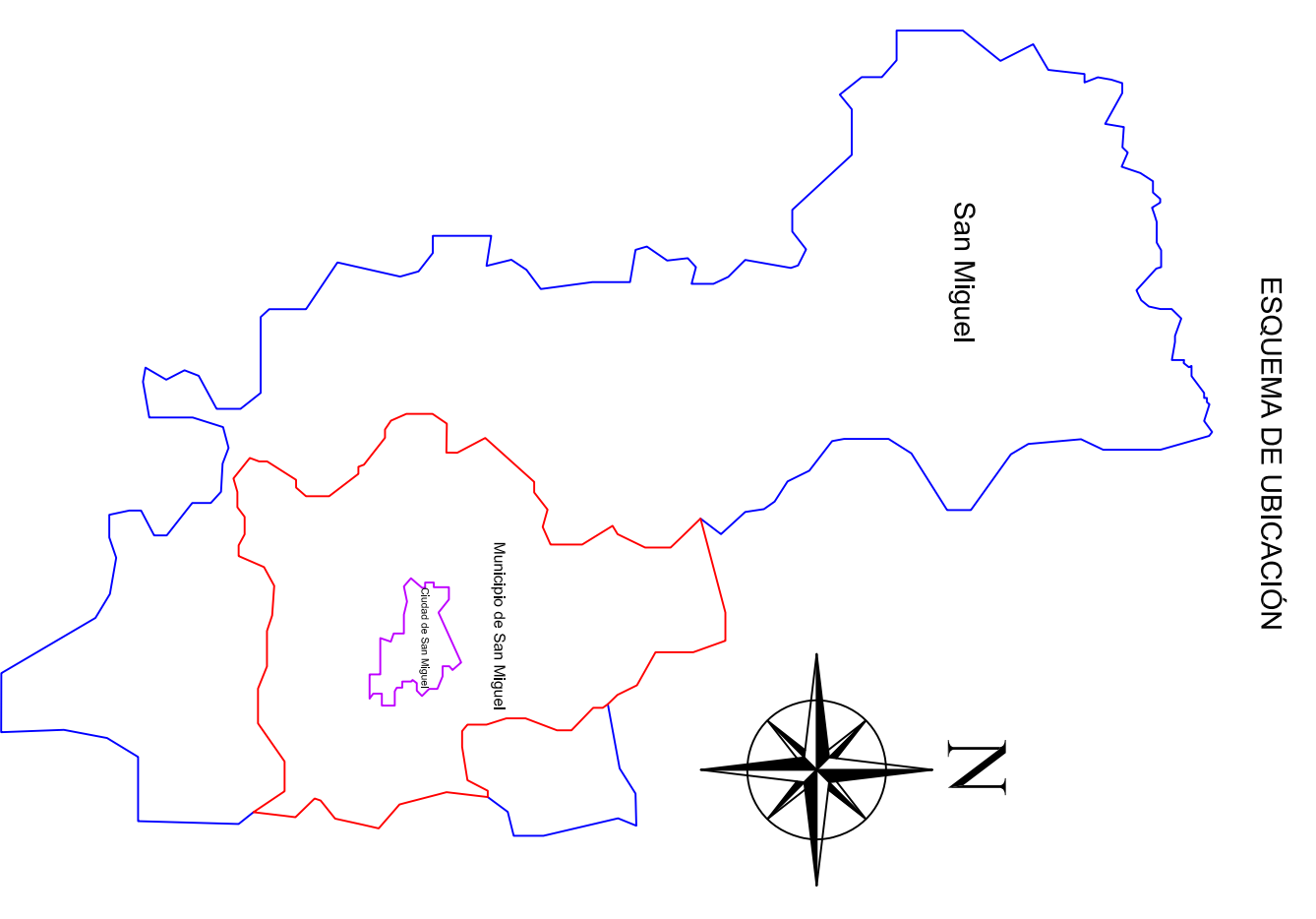
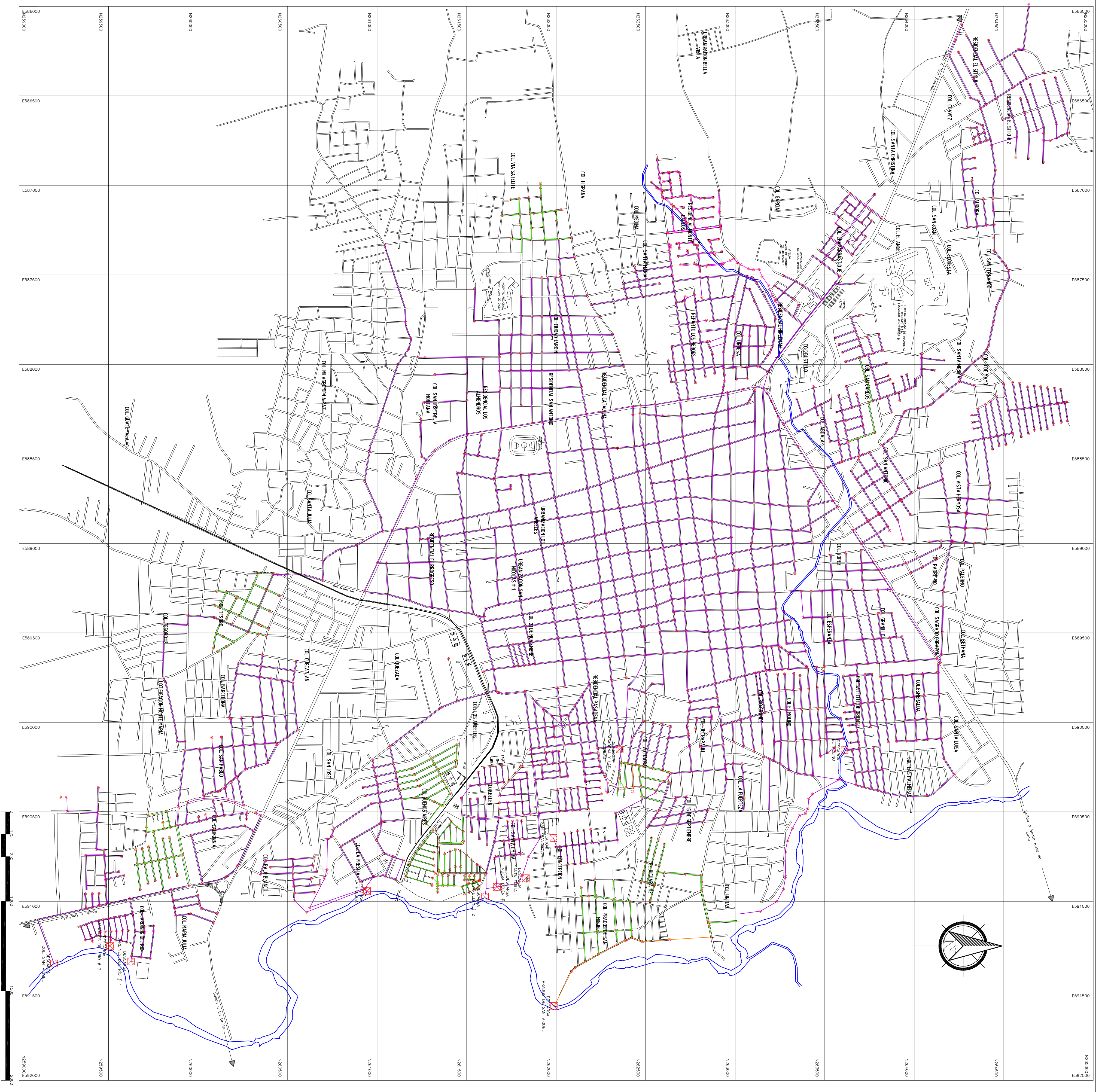
FECHA: DICIEMBRE DE 2014

DOCENTE DIRECTOR: ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ S.

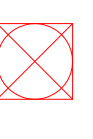
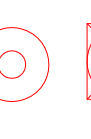




24

JULIO ERNESTO PÉREZ REYES
JOSUÉ ADOLFO QUINTANILLA AYALA
NORMA ENRIQUETA YANES ACOSTA

P R E S E N T A

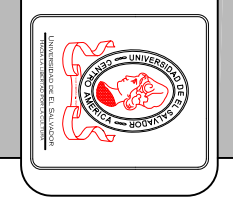


SIMBOLOGÍA

-  Descarga
-  Pozo de visita
-  Tubería de concreto
-  Tubería de PVC
-  Tubería de ADS
-  Tubería de AC.

PROYECTO: DIAGNOSTICO DE RED PUBLICA DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICA Y ESTUDIO PARA LA UBICACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

PROPIETARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE ING. Y ARQ.
CARRERA: INGENIERIA CIVIL



UBICACIÓN: CIUDAD DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR, C.A.

CONTENIDO: MATERIAL DE LA TUBERIAS DE RED PUBLICA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

ESCALA: 1:11500

HUJA #:

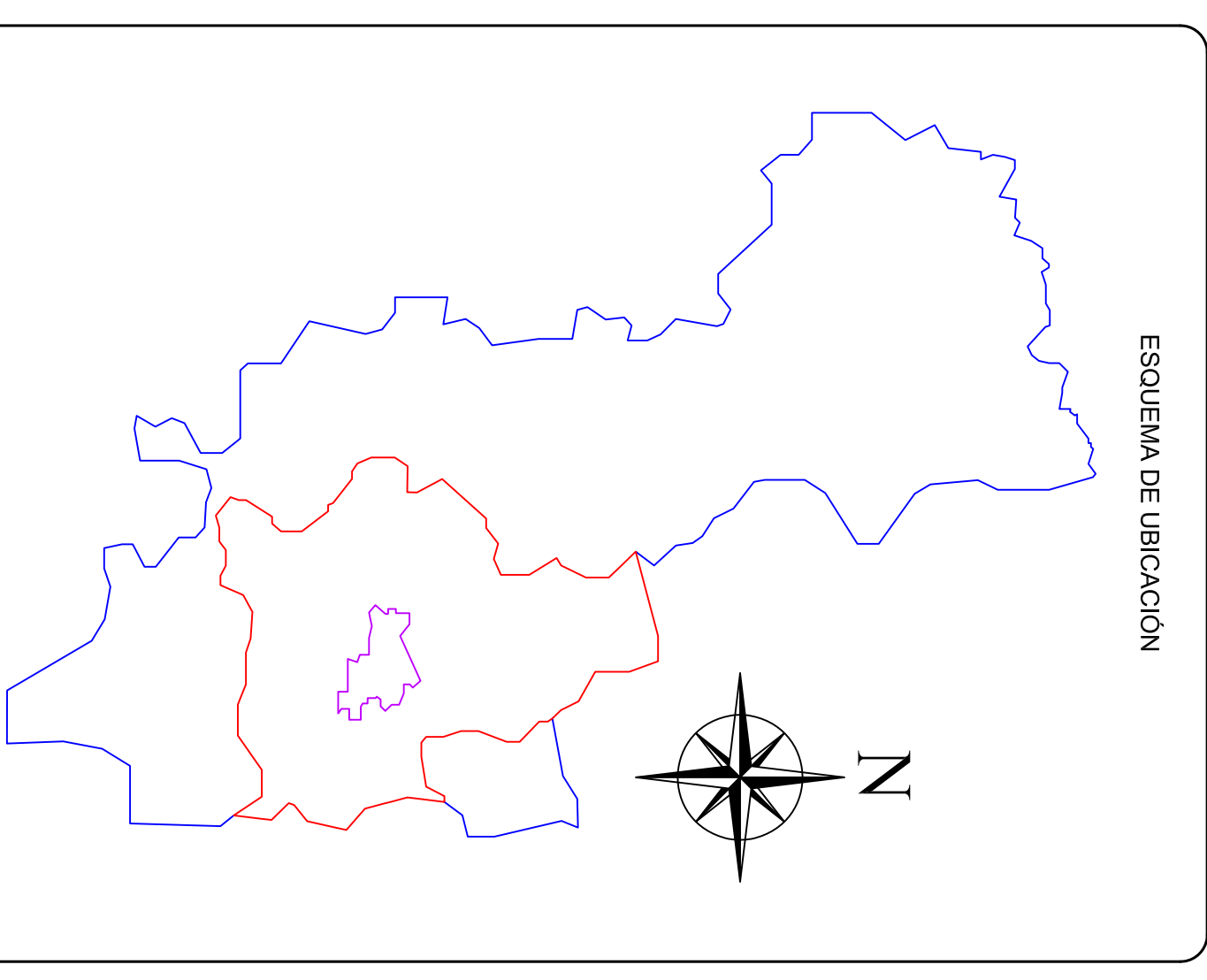
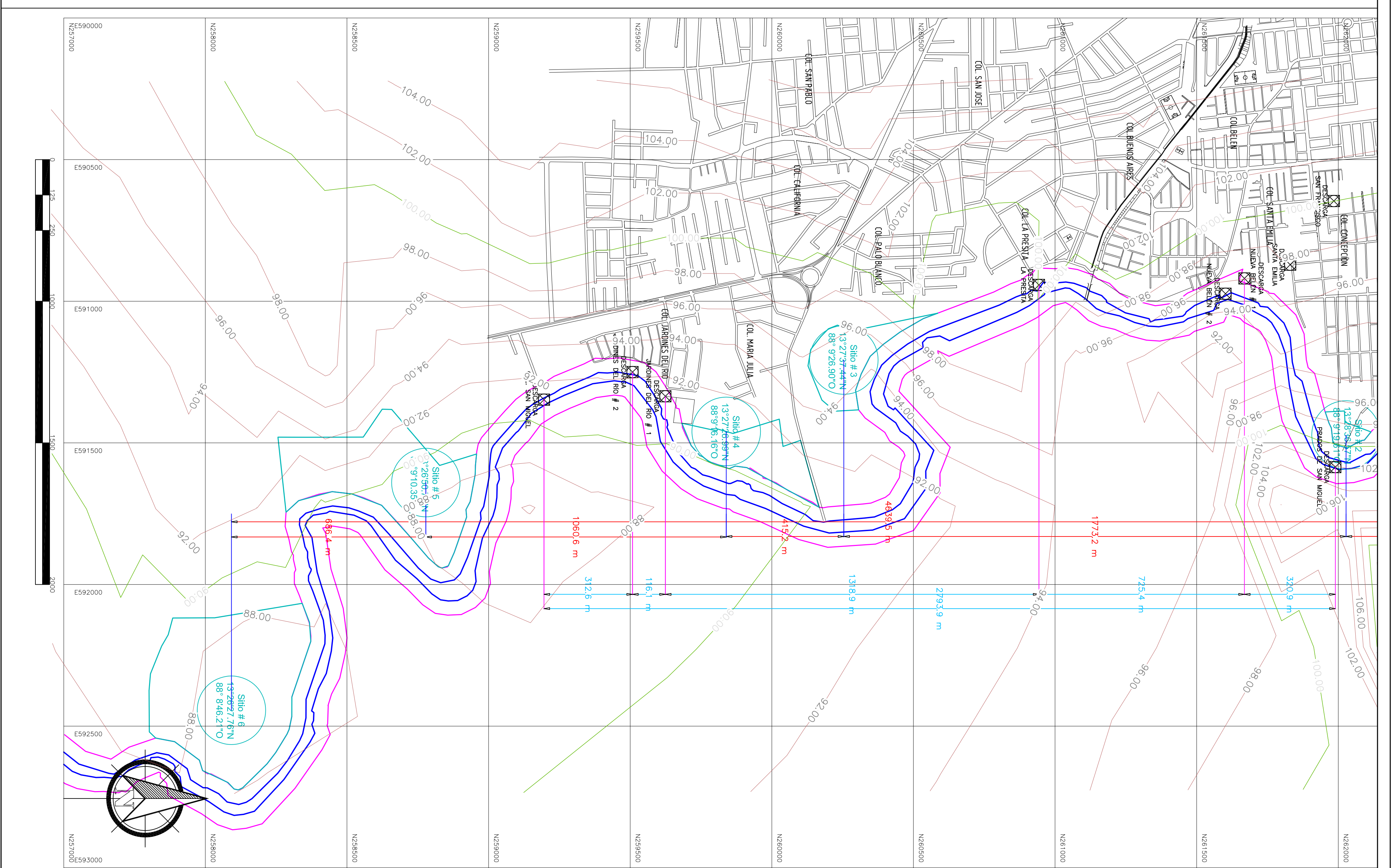
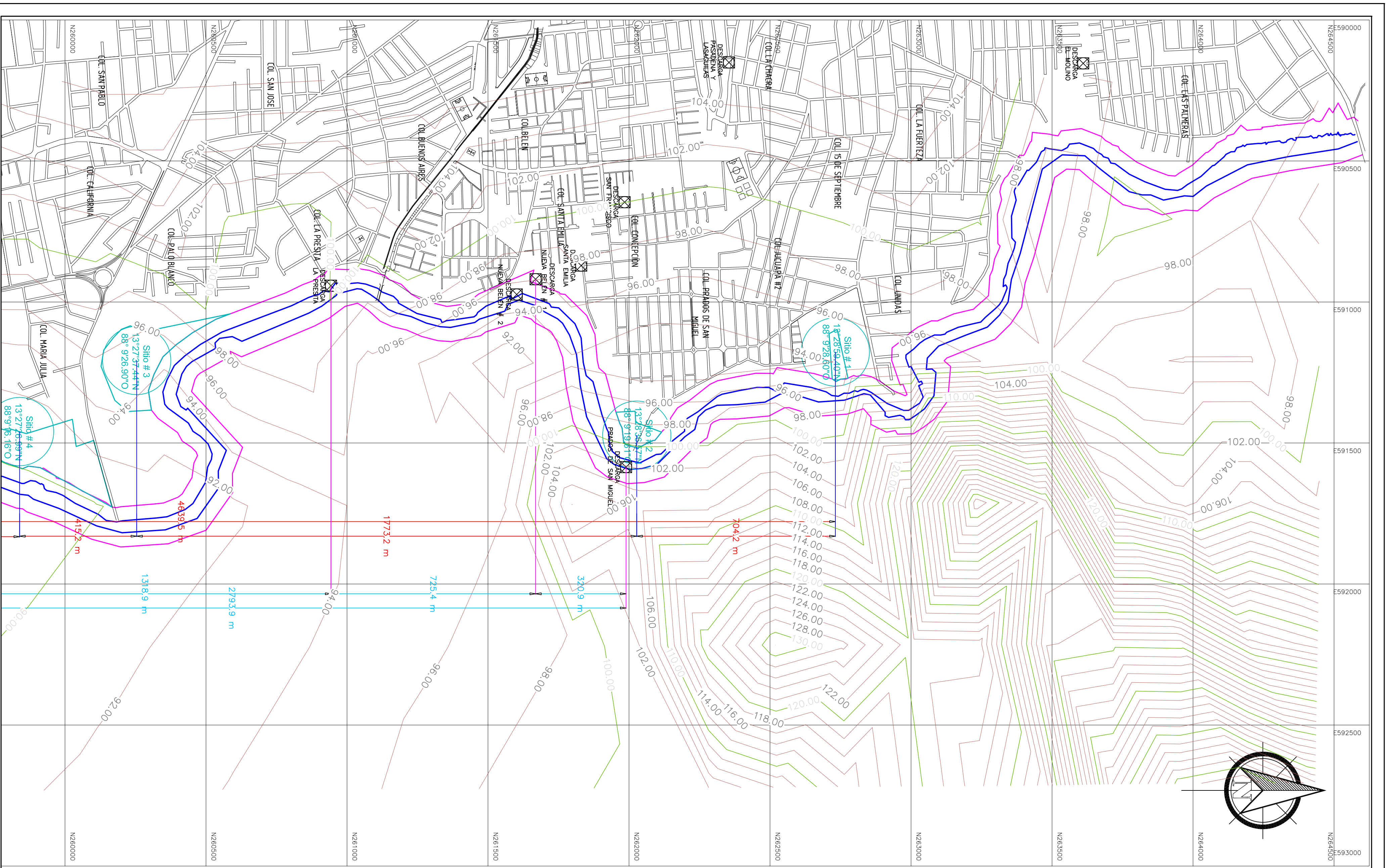
FECHA: DICIEMBRE DE 2014

DOCENTE DIRECTOR: ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ S.

3/4

JULIO ERNESTO PÉREZ REYES
JOSUÉ ADOLFO QUINTANILLA AYALA
NORMA ENRIQUETA YANES ACOSTA

P R E S E N T A



ESQUEMA DE UBICACION

DESCARGA

Intervalo de curvas de nivel
Muestras a cada 10 m.
Seccionadas a cada 2 m.

MATRIZ DE DISTANCIAS ENTRE LOS SITIOS Y PUNTOS DE DESCARGA (m)

Puntos de referencia	Silo # 1	Silo # 2	Silo # 3	Silo # 4	Silo # 5	Silo # 6
Descarga Prados de San Miguel	704.2	2477.4	2808.6	3003.1	3060.3	3060.3
Descarga Nueva Solen	1775.2	2288.8	2482.9	2585.1	2687.3	2687.3
Descarga La Presita	1286.2	1286.2	424.2	0	0	0
Descarga Jardines del Rio #1	2051.2	3240.2	3124.8	3009.6	0	0
Descarga Jardines del Rio #2	1644.4	3240.2	3009.6	2047.7	1644.4	1644.4
Descarga San Miguel	742.2	1000.2	3124.8	3009.6	3009.6	3009.6
Descarga Nueva Solen	1000.2	1000.2	3124.8	3009.6	3009.6	3009.6
Descarga Prados de San Miguel	1000.2	1000.2	3124.8	3009.6	3009.6	3009.6
Descarga Jardines del Rio #1	1000.2	1000.2	3124.8	3009.6	3009.6	3009.6
Descarga Jardines del Rio #2	1000.2	1000.2	3124.8	3009.6	3009.6	3009.6
Descarga San Miguel	1000.2	1000.2	3124.8	3009.6	3009.6	3009.6

PROYECTO: DIAGNOSTICO DE RED PUBLICA DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICA Y ESTUDIO PARA LA UBICACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE ING. Y ARQ. CARRERA: INGENIERIA CIVIL

UBICACION: CIUDAD DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR, C.A.

CONTENIDO: SITIOS DE UBICACION PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

ESCALA: 1:10700

FECHA: DICIEMBRE DE 2014

DOCENTE DIRECTOR: ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ S.

**JULIO ERNESTO PEREZ REYES
JOSUE ADOLFO QUINTANA LA AVILA
NORMA ENRIQUETA YANES ACOSTA**