



BUAP

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERIA
COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
GEODÉSICA**

**“ANÁLISIS DE REHABILITACIÓN DE UNA
LINEA DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN
LA LOCALIDAD DE SAN RAFAEL RIO SECO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO-GEODESTA

PRESENTA:
ALMA DENISE GÓMEZ ROMERO

ASESOR DE TESIS:
M. MÁXIMO ÁVILA CRUZ

PUEBLA, PUEBLA

MARZO 2022



BUAP

Oficio No. SAC/0229/2022

**C. Alma Denise Gómez Romero -201630149-
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería
Topográfica y Geodésica
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

“ANÁLISIS DE REHABILITACIÓN DE UNA LÍNEA DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA LOCALIDAD DE SAN RAFAEL RIO SECO”

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesor Interno de tema al Mtro. Máximo Ávila Cruz.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor.”
H. Puebla de Z. a 14 de febrero de 2022

M. C. Víctor Galindo López
Secretario Académico



M'VGL/barv
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

Facultad
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
222 229 55 00 Ext. 7610

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

El que suscribe: Mtro. Máximo Ávila Cruz, asesor del tema de tesis:

“ANÁLISIS DE REHABILITACIÓN DE UNA LÍNEA DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA LOCALIDAD DE SAN RAFAEL RIO SECO”

Presentada por la C. Alma Denise Gómez Romero -201630149-, pasante del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, y en atención al oficio No. SAC/0229/2022 con fecha de emisión 14 de febrero de 2022, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e
“Pensar bien, para vivir mejor”
H. Puebla de Z. a 22 de febrero de 2022


Mtro. Máximo Ávila Cruz
Asesor de Tema

M*MAC/BARV
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

DEDICATORIA

Al ser superior que me dio la vida y al Universo que me puso en la línea para estudiar esta carrera que me ha cambiado la vida y de la cual he aprendido muchas cosas.

A mis padres, María Angélica y Guillermo, por su apoyo y motivación para terminar mis estudios.

A mi segunda mamá, Sofía, por cuidarme y apoyarme cada día de mi vida, por brindarme lo mejor y ser mi pilar más fuerte.

A los amigos que formé en la universidad, con los cuales me llevo grandes momentos y anécdotas que siempre recordaré, a los que me motivaron y apoyaron para terminar este trabajo.

A todos los maestros que conocí y con los que tuve la fortuna de aprender de sus conocimientos y experiencias dentro del Colegio.

A Roberto, por ser mi ejemplo por seguir desde pequeña, por motivarme de que todo en esta vida se puede lograr si uno se lo propone y cada día hace pequeñas acciones para cruzar la meta.

A ti, Guillermo, que desde el cielo siempre me proteges y me guías como lo hacías en vida. Seguro estarías muy orgulloso por este logro.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Margarito Vázquez Romero, Regidor Tercero del municipio de Amatlán de los Reyes, por el apoyo y facilidad brindada para la realización de esta tesis.

Al Ing. Máximo Ávila Cruz, por ser un gran asesor y ayudarme a concluir con este trabajo. Por su amabilidad, tolerancia, apoyo y comprensión.

Al Arq. Diego Hernández de la Vequia, por su apoyo en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	13
1.1 ANTECEDENTES.....	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	16
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	17
CAPITULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
2.1 TOPOGRAFÍA	19
2.2 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	20
2.3 PLANIMETRÍA.....	21
2.3.1 <i>Método de intersección</i>	22
2.3.2 <i>Método del itinerario</i>	22
2.3.3 <i>Método de radiación</i>	23
2.4 ALTIMETRÍA.....	24
2.5 NIVELACIÓN	24
2.5.1 <i>Nivelación directa o geométrica</i>	26
2.5.2 <i>Nivelación simple</i>	26
2.5.3 <i>Nivelación compuesta</i>	27
2.5.4 <i>Nivelación indirecta o trigonométrica</i>	28
2.5.5 <i>Nivelación diferencial</i>	28
2.5.6 <i>Nivelación física o barométrica</i>	29
2.6 COMPROBACIÓN DE LAS NIVELACIONES.....	29
2.6.1 <i>Método de doble punto de cambio</i>	29
2.6.2 <i>Método por doble puesta de instrumento</i>	30
2.6.3 <i>Método de nivelación de ida y vuelta</i>	31
2.7 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	31
2.8 POBLACIÓN ACTUAL.....	32
2.9 POBLACIÓN DE PROYECTO	32
2.10 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA POBLACIÓN DE PROYECTO	32
2.10.1 <i>Método aritmético</i>	32
2.10.2 <i>Método geométrico</i>	34
2.10.3 <i>Método de incrementos diferenciales</i>	35
2.11 RESUMEN DE LA POBLACIÓN FUTURA	37
2.12 DISEÑO HIDRÁULICO	38
2.13 GASTOS DE DISEÑO	38
2.13.1 <i>Gasto medio</i>	38

2.13.2	<i>Gasto mínimo</i>	40
2.13.3	<i>Gasto máximo instantáneo</i>	40
2.13.4	<i>Gasto máximo extraordinario</i>	42
2.14	VARIABLES HIDRÁULICAS.....	42
2.14.1	<i>Velocidades mínimas</i>	42
2.14.2	<i>Velocidades máximas</i>	43
2.14.3	<i>PENDIENTES</i>	43
2.15	DIÁMETROS.....	46
2.15.1	<i>Diámetro mínimo</i>	46
2.15.2	<i>Diámetro seleccionado</i>	46
2.16	PROFUNDIDAD DE LAS ZANJAS.....	46
2.17	DISEÑO HIDRÁULICO.....	47
2.18	SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	49
2.18.1	<i>Definición</i>	49
2.18.2	<i>Alcantarillado sanitario</i>	49
2.18.3	<i>Alcantarillado pluvial</i>	49
2.18.4	<i>Alcantarillado combinado</i>	49
2.18.5	<i>Alcantarillado semi-combinado</i>	50
2.19	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	50
2.20	CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	51
2.21	COMPONENTES DE LA RED DE ALCANTARILLADO.....	52
2.21.1	<i>Red de atarjeas</i>	53
2.21.2	<i>Subcolectores</i>	56
2.21.3	<i>Colectores</i>	56
2.21.4	<i>Interceptores</i>	56
2.21.5	<i>Emisores</i>	56
2.22	TRAZO DE COLECTORES, INTERCEPTORES Y EMISORES.....	57
2.22.1	<i>Trazo perpendicular</i>	57
2.22.2	<i>Trazo radial</i>	58
2.22.3	<i>Trazo en forma de interceptores</i>	59
2.22.4	<i>Trazo en forma de abanico</i>	59
2.23	TUBERIAS.....	60
2.23.1	<i>Tubería de PEAD</i>	61
2.24	ESTRUCTURAS SANITARIAS ACCESORIAS.....	62
2.24.1	<i>Descarga domiciliaria</i>	62
2.24.2	<i>Pozos de visita</i>	62
2.25	ESTRUCTURAS DE CAIDA.....	65
2.25.1	<i>Caídas libres</i>	65
2.25.2	<i>Caídas adosadas (CA)</i>	65
2.25.3	<i>Pozos con caídas (CP)</i>	65
2.25.4	<i>Caída escalonada (CE)</i>	66
2.26	SIFONES INVERTIDOS.....	66
2.27	CRUCES ELEVADOS.....	67
2.28	CRUCES SUBTERRANEOS CON CARRETERAS Y VIAS DE FERROCARRIL.....	67
2.29	CRUCES SUBTERRÁNEOS CON RÍOS, ARROYOS O CANALES.....	67
2.30	MODELOS DE CONFIGURACIÓN PARA CAPTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	68
2.30.1	<i>Modelo perpendicular</i>	68
2.30.2	<i>Modelo radial</i>	68
2.30.3	<i>Modelo de interceptores</i>	68
2.30.4	<i>Modelo de abanico</i>	68

2.31	ESTRUCTURA DE DESCARGA	68
2.32	SITIOS DE VERTIDO PREVIO TRATAMIENTO	69
2.33	VERTIDO EN CORRIENTES SUPERFICIALES	69
2.34	VERTIDO EN TERRENOS	70
2.35	TRATAMIENTO Y REUSO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO CON LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE (LGEEPA)	70
2.36	EFFECTOS CAUSADOS POR PARTE DE AGUAS RESIDUALES EN LOS RÍOS.....	71
CAPITULO III. MONOGRAFÍA DE SAN RAFAEL RIO SECO.....		73
3.1	MUNICIPIO DE AMATLÁN DE LOS REYES	73
3.2	ZONA DE ESTUDIO LOCALIDAD SAN RAFAEL RIO SECO	75
3.2.1	<i>Generalidades</i>	75
3.2.2	<i>Ubicación geográfica</i>	77
3.2.3	<i>Extensión territorial</i>	78
3.2.4	<i>Demografía</i>	79
3.2.5	<i>Educación</i>	80
3.2.6	<i>Características de las viviendas</i>	81
3.2.7	<i>Red de agua</i>	81
3.2.8	<i>Accesos y comunicaciones</i>	81
3.2.9	<i>Salud</i>	82
3.2.10	<i>Economía</i>	82
3.2.11	<i>Religión</i>	83
3.2.12	<i>Relieve continental</i>	83
3.2.13	<i>Clima</i>	84
3.2.14	<i>Flora</i>	85
3.2.15	<i>Fauna</i>	85
3.2.16	<i>Hidrografía</i>	85
3.2.17	<i>Edafología</i>	87
3.2.18	<i>Geología</i>	87
3.2.19	<i>Fisiografía</i>	88
CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS PRELIMINARES.....		89
4.1	CARACTERISITICAS GENERALES DE LA PRIMERA OBRA DE REHABILITACIÓN DE DRENAJE SANITARIO	91
4.1.1	<i>Preliminares</i>	91
4.1.2	<i>Excavación</i>	91
4.1.3	<i>Red de drenaje sanitario</i>	93
4.1.4	<i>Construcción de pozos de visita</i>	93
4.1.5	<i>Relleno</i>	94
4.1.6	<i>Caja concentradora</i>	95
4.2	DESCRIPCIÓN DE LA LINEA DE DRENAJE EXISTENTE	96
4.3	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	100
CAPITULO V. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA SEGUNDA REHABILITACIÓN		102
5.1	PROBLEMAS PRESENTES EN LA LINEA DEL DRENAJE SANITARIO	102
5.2	PROPUESTA ESTABLECIDA PARA LA LINEA AFECTADA DEL SISTEMA DE DRENAJE SANIRARIO	105
5.3	EQUIPO UTILIZADO	106
5.4	METODOLOGÍA GENERAL DE LA SEGUNDA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO.....	107

5.4.1	<i>Planeación general</i>	107
5.4.2	<i>Definición de áreas de proyecto</i>	108
5.4.3	<i>Análisis del sistema de alcantarillado existente</i>	109
5.4.4	<i>Proyecto final</i>	112
5.5	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SEGUNDA REHABILITACION DE LA LINEA DE DRENAJE SANITARIO	114
5.5.1	<i>Preliminares</i>	114
5.5.2	<i>Excavación</i>	114
5.5.3	<i>Red de drenaje sanitario</i>	114
5.5.4	<i>Rellenos</i>	115
5.5.5	<i>Finales</i>	116
	CONCLUSIONES	117
	RECOMENDACIONES	118
	ANEXO 1	119
	ANEXO 2	121
	ANEXO 3	122
	ANEXO 4	126
	ANEXO 5	127
	ANEXO 6	128
	ANEXO 7	129
	ANEXO 8	130
	BIBLIOGRAFÍA	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Representación del método de intersección.	22
Fig. 2 Representación del método itinerario.....	23
Fig. 3 Representación del método de radiación.....	24
Fig. 4 Elevación del punto A en relación con una superficie de referencia	25
Fig. 5 Ejemplo de nivelación geométrica simple	27
Fig. 6 Ejemplo de nivelación geométrica compuesta	27
Fig. 7 Ejemplo de nivelación diferencial	28
Fig. 8 Método de doble punto de cambio	30
Fig. 9 Método por doble puesta de instrumento	30
Fig. 10 Método de nivelación de ida y vuelta.	31
Fig. 11 Gráfica de barras del aumento de la población según censos de INEGI.	36
Fig. 12 Gráfica de barras que muestra el número de habitantes que habrá en 10 años.	37
Fig. 13 Pendiente mínima para $v=0.6$ m/s a tubo lleno	45
Fig. 14 Trazo en bayoneta para la red de atarjeas.....	54
Fig. 15 Trazo en peine para la red de atarjeas.....	55
Fig. 16 Trazo combinado para la red de atarjeas.....	55
Fig. 17 Trazo perpendicular	58
Fig. 18 Trazo radial	58
Fig. 19 Trazo interceptor	59
Fig. 20 Trazo en abanico.....	60
Fig. 21 Tubo corrugado de polietileno de alta densidad.....	61
Fig. 22 Pozos de visita común	63
Fig. 23 Pozo tipo caja.....	63
Fig. 24 Pozo con caída adosada	66
Fig. 25 Colindantes del municipio de Amatlán de los Reyes.....	74
Fig. 26 Localización geográfica del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz.	74
Fig. 27 Ruta desde el H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes hasta la localidad de San Rafael Rio Seco.....	76
Fig. 28 Micro localización de la localidad de San Rafael Rio Seco	77
Fig. 29 Colindantes de la localidad de San Rafael Rio Seco	78
Fig. 30 División territorial de San Rafael Rio Seco.....	78
Fig. 31 Accesos para llegar a la localidad de San Rafael Rio Seco.....	82
Fig. 32 Pendientes del terreno correspondientes a la zona de estudio	84
Fig. 33 Clima y precipitación predominante en zona de estudio.	84
Fig. 34 Región hidrológica perteneciente a la zona de estudio	86
Fig. 35 Macro localización de la cuenca perteneciente al municipio de la zona de estudio.....	86
Fig. 36 Edafología predominante en la zona de estudio	87
Fig. 37 Geología de la zona de estudio.....	88
Fig. 38 Mapa de la Fisiografía del estado de Veracruz	88

Fig. 39 Excavación de zanja para instalación de tubería nueva.....	92
Fig. 40 Trazo en planta y perfil de pozos de visita.	98
Fig. 41 Trazo de planta y perfil de caja concentradora.....	99
Fig. 42 Perfil topográfico de la rehabilitación del sistema de drenaje sanitario, correspondiente a la calle Procopio Juárez.....	101
Fig. 43 Perfil topográfico de la rehabilitación del sistema de drenaje sanitario, correspondiente a la calle Julián Gutiérrez.	101
Fig. 44 Vista en planta de la ubicación de pozos de visita de la línea de drenaje sanitario a rehabilitar.....	101
Fig. 45 Inundación en calle Julián Gutiérrez y Avenida Heriberto Pérez, San Rafael Rio Seco. Fuente: Elaboración propia.	103
Fig. 46 Escurrimiento de aguas residuales por zanja de la calle Julián Gutiérrez. Fuente: Elaboración propia.	103
Fig. 47 Pozo de visita con capacidad máxima, ubicado en la calle Julián Gutiérrez...	104
Fig. 48 Salida de agua residuales de registro en la calle afectada.	104
Fig. 49 Salida de aguas residuales de un registro de la calle afectada.....	105
Fig. 50 Estación total marca Hi-Tarjet utilizada en el proyecto.....	106
Fig. 51 Plano topográfico de rehabilitación de la línea del sistema de drenaje sanitario. Fuente: Propia.....	121
Fig. 52 Establecimiento de bancos de nivel para la pendiente de la tubería.....	122
Fig. 53 Realización del levantamiento topográfico	122
Fig. 54 Estacionamiento para iniciar el levantamiento topográfico.....	122
Fig. 55 Maquinaria pesada utilizada para las excavaciones del proyecto.....	123
Fig. 56 Zanja donde pasará la línea auxiliar propuesta para el proyecto.	123
Fig. 57 Construcción de olla que conecta la línea auxiliar y el pozo de visita 14.	123
Fig. 58 Calle Julián Gutiérrez terminada.	124
Fig. 59 Tapa para olla que conecta al pozo de visita 14	124
Fig. 60 Excavación de pozo de visita 14 para realizar la conexión con la tubería.....	124
Fig. 61 Tubos utilizados para la segunda rehabilitación del sistema de drenaje sanitario	125
Fig. 62 Calle Julián Gutiérrez terminada.	125
Fig. 63 Plano del perfil de red de drenaje a rehabilitar.....	126
Fig. 64 Plano de eje de proyecto y propuesta de pendientes y ubicación de pozos de visita.....	127
Fig. 65 Plano de pendiente de proyecto propuesta para la rehabilitación de la línea de drenaje sanitario.....	128
Fig. 66 Plano de secciones transversales de proyecto.	129
Fig. 67 Tabla de cálculo hidráulico para rehabilitación del sistema de drenaje sanitario.	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registro del número de habitantes en diferentes años censados.	33
Tabla 2. Método geométrico para población futura.	34
Tabla 3 Método de incrementos diferenciales para población futura.	35
Tabla 4. Resumen de datos obtenidos sobre la población a futuro.....	37
Tabla 5. Dotación de agua potable	39
Tabla 6 Valores para el coeficiente n de Manning	41
Tabla 7. Velocidad máxima y mínima permitida.....	43
Tabla 8 Pendientes mínimas recomendadas para tubería de PVC.....	44
Tabla 9. Valores para el coeficiente de fricción de Manning.	48
Tabla 10 Distribución de la población de la localidad de San Rafael Rio Seco con datos oficiales por parte de INEGI	79
Tabla 11 Clasificación de la educación en la localidad de San Rafael Rio Seco por edad.	80
Tabla 12 Cálculo de variables de la red de alcantarillado sanitario.....	90
Tabla 13 Datos básicos para el proyecto de la segunda rehabilitación del drenaje de la localidad de San Rafael Rio Seco	108
Tabla 14 Características de los pozos de visita de la línea de drenaje.....	110
Tabla 15 Coordenadas topográficas de la calle donde pasa la línea de drenaje sanitario.....	119

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son un material extraído de los desechos domésticos o de diferentes tipos de desperdicios que no se pueden verter, por razones de salud pública y ambiental, directamente en el agua sin antes pasar por un tratamiento adecuado.

En la localidad de San Rafael Rio Seco, perteneciente al municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, se cuenta con un sistema de drenaje sanitario, sin embargo, en un sector de dicha localidad se presentan fallas en esta red, puesto que los desechos que viajan por la tubería son expulsados por los registros de las casas y en los pozos de visita que son parte de esa línea. Esto provoca malos olores y un aspecto estético desagradable para la localidad, aparte de generar un foco de impacto ambiental y de salud para las personas afectadas.

Es por esta razón que en el presente trabajo se ofrece una propuesta de enmienda en la línea red de drenaje sanitario afectada para la localidad de San Rafael Rio Seco y así lograr reducir los problemas presentes, explicados en el capítulo uno de este trabajo.

Dentro del capítulo dos se muestran métodos de acuerdo a la Ingeniería Topográfica para poder obtener datos del lugar, especificaciones técnicas que fueron utilizadas para realizar los cálculos y algunos criterios de diseño normados por la institución de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para el desarrollo de un correcto sistema de drenaje sanitario.

Pasando al capítulo tres, se expone una descripción general de la zona de estudio, donde se muestran aspectos económicos, de extensión de territorio, condiciones poblacionales, clima, ecosistema, edafología, hidrografía entre otros, para tener un contexto espacial donde se genera el problema.

En el capítulo cuatro, se encuentra información descriptiva de trabajos previos realizados para la mejora de este problema, los cuales fueron ejecutados por parte del H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, Ver.

Pasando al capítulo cinco, se analiza la situación actual del sistema de drenaje sanitario junto con las características y la metodología empleada en la segunda rehabilitación de esta parte de la red de drenaje sanitario.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones que fueron obtenidas durante el desarrollo de este trabajo, junto con algunos anexos de los planos realizados en este trabajo y de evidencia fotográfica en la realización del levantamiento topográfico.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El sistema de drenaje se considera un servicio humano básico. Al mismo tiempo, está estrechamente relacionado con la distribución de agua potable. Aun así, hay localidades que no cuentan con este servicio o es deficiente.

En este trabajo, realizada en la localidad de San Rafael Río Seco, se cuenta con un sistema de drenaje sanitario desde hace 6 años, pero en el 2019 empezó a ser deficiente una parte de la red de este sistema, mostrando irregularidades en el flujo de las tuberías, haciendo que las aguas residuales salieran por los registros y pozos de visita que corresponden a la calle afectada. Dichos problemas fueron demandados por los habitantes a las autoridades correspondientes para solicitar una solución y por eso se realizó una rehabilitación en ese mismo año, sin embargo, los problemas seguían presentes.

En México se pueden encontrar variedad de investigaciones y tesis referentes al tema de drenaje e incluso sobre rehabilitaciones a los mismos, desde el proceso de construcción por vez primera hasta la rehabilitación total o parcial de un sistema de años. Así pues, tenemos trabajos como el de “Rehabilitación de red de alcantarillado en 2 da avenida y calle 32, colonia el sol, Nezahualcóyotl, estado de México” de García González Ernesto en la UNAM o el de “Propuesta técnica-administrativa para el drenaje sanitario de la ciudad de Cuetzalan del Progreso, Puebla” realizado por Sánchez Ramírez Luis Andrés en la BUAP.

De igual manera, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) pone a disposición, el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS), con el fin de tener una referencia normada para los aspectos técnicos y de diseño para la construcción de estos sistemas, ya que resulta más eficiente y mejora la calidad de los trabajos realizados por los expertos en el tema. Por ello, se cuentan con diferentes libros dentro de este Manual enfocados a las diferentes actividades presentes en la construcción de los sistemas de drenaje sanitario o

pluvial, teniendo como ejemplo, el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario, que contiene las características de diferentes materiales de tubería que pueden ser empleadas depende del proyecto; Manual de Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Topografía y Mecánica de Suelos, que nos servirá para conocer los estudios topográficos requeridos y finalmente el manual de Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado que nos presenta algunos conceptos teóricos y guías de diseño sobre datos relevantes que conlleva un proyecto para un sistema de drenaje sanitario.

Por otro lado, del H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, estado de Veracruz, se obtuvieron datos de la primera rehabilitación realizada a la línea de drenaje sanitario de la calle Julián Gutiérrez, presentando plano topográfico de la línea de drenaje, en donde también se localizan los pozos de visita con sus respectivas elevaciones, los dibujos en planta de los pozos de visita con dimensiones y la incorporación de una caja concentradora. También se cuenta con datos de las características generales y específicas de este trabajo realizado en el 2019.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas residuales son un material que proviene de desechos domésticos o procesos industriales y no se pueden depositar, sin un previo tratamiento, en ríos, lagos o arroyos convencionales por razones de salud pública, gastos económicos y de manera estética.

En la comunidad de San Rafael Río Seco, perteneciente al municipio de Amatlán de los Reyes, dentro del estado de Veracruz, se cuenta con un sistema de drenaje sanitario deficiente, donde la mayoría de los habitantes están conectados a dicho sistema, y algunos otros solo utilizan fosas sépticas.

Sin embargo, cuando las fuertes lluvias caen sobre la región, el agua tiende a filtrarse a la tubería del drenaje por medio de los pozos de visita, dado que no se cuenta con un sistema de drenaje pluvial adecuado en la localidad, es por eso que el drenaje sanitario se ve saturado, y el contenido de las tuberías buscan salida y lo hace mediante los registros y pozos de visita que hay en la calle, por lo que se crea un ambiente idóneo para causar enfermedades, generar olores desagradables, la posible contaminación del acuífero y una mala apariencia visual para la población.

El sector que resulta afectado por estas filtraciones de aguas negras, en épocas de lluvia, es la calle Julián Gutiérrez, con una longitud de 391.277 metros aproximadamente, afectando alrededor de 78 viviendas habitadas. También se ve afectada habitantes de la colonia El Paraíso, pues el agua que sale del PV y de la caja recolectora, ya que se encuentran debajo del nivel de la calle principal y por ello, el agua tiende a desplazarse hacia esa zona.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Analizar las condiciones de la línea de la red del sistema de drenaje sanitario en la calle Julián Gutiérrez, en la localidad de San Rafael Rio Seco, así como la propuesta de la segunda etapa de la rehabilitación.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir los elementos de la Ingeniería Topográfica que influyen en la rehabilitación de un sistema de drenaje sanitario.
- Describir las características del sistema de drenaje sanitario establecidas por las normas de instituciones nacionales.
- Establecer la relación de un correcto levantamiento topográfico y el buen funcionamiento de las líneas de drenaje sanitario.
- Proponer la idea de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales o la construcción de una fosa tipo.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El sistema de drenaje se considera el servicio humano básico. Al mismo tiempo, está estrechamente relacionado con la distribución de agua potable. Aun así, hay zonas dentro de nuestro país que aún no cuentan con este servicio o en algunos casos, éste es deficiente y carece de una buena proyección a futuro, lo que genera muchos problemas, transcurrido un tiempo de su instalación.

En esta situación, en la localidad de estudio, se cuenta con un sistema de drenaje sanitario, pero que presenta problemas dentro de una línea, ubicada en la calle Julián Gutiérrez ya que cuando llueve fuertemente o se genera una gran cantidad de aguas residuales, la capacidad de las tuberías del drenaje sanitario se ve rebasado y no puede dar una correcta salida a estas aguas, haciendo que los desechos salgan por los registros y en algunos pozos de visita que se encuentran en esta calle.

En ciertas ocasiones, no se le da la importancia que debería tener a la Ingeniería Topográfica y Geodésica para la ejecución de algunos proyectos civiles, sin embargo, basándonos en los datos obtenidos por el H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, se obtuvo el plano realizado de la primera rehabilitación en el año 2019 y presenta un perfil de terreno correspondiente al lugar y junto a ello, una pendiente de proyecto adecuada en ese momento para la salida de las aguas residuales, pero conforme a lo comentado por los habitantes del lugar, la rehabilitación no funcionó de manera correcta. Lo anterior no garantiza que realmente se haya supervisado con algún equipo topográfico esa pendiente al momento de las excavaciones y de la instalación de la tubería.

Teniendo en cuenta algunos datos obtenidos de una rehabilitación anterior a esta misma línea del sistema de drenaje y con los conocimientos adquiridos durante la carrera, se buscará analizar la posible falla dentro de dicho sistema, pues se estará revisando los datos con los levantados en campo para determinar la pendiente de proyecto adecuada

para la salida de las aguas residuales. Sin embargo, no se tiene conocimiento de que la pendiente anterior fuera seguida al momento de la instalación de la tubería, puesto que las aguas residuales siguen brotando por los registros y pozos de visita de la calle involucrada. Por ello, la necesidad de buscar una alternativa factible para el tramo afectado del sistema de drenaje de la comunidad.

Así mismo, la importancia de este trabajo nos permitirá especificar los métodos topográficos empleados y las características que debe seguir la construcción de un correcto sistema de drenaje, basados en la normativa de nuestro país y así, evitar problemas que se puedan suscitar en un futuro y que se pueda lograr mejorar la situación de la línea del sistema de drenaje sanitario, la calidad de vida de los habitantes afectados, mejorar el aspecto estético de la calle y disminuir un foco de contaminación que pudiera surgir en el transcurso del tiempo.

CAPITULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 TOPOGRAFÍA

“La topografía, que recientemente se ha denominado también geomática de manera alternativa, se ha definido tradicionalmente como la ciencia, el arte y la tecnología para encontrar o determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la Tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella. Sin embargo, en un sentido más general, la topografía (geomática) se puede considerar como la disciplina que comprende todos los métodos para medir y recopilar información física acerca de la Tierra y nuestro medio ambiente, procesar esa información y difundir los diferentes productos resultantes a una amplia variedad de clientes”. (Wolf, Paul R y G. Charles D, 2016).

Los registros históricos topográficos más antiguos confirman que esta ciencia se originó en Egipto. Heródoto escribió que Sesostris (c. 1400 a. C.) dividió Egipto en varias partes para pagar que pagaran impuestos. La inundación anual del Nilo arrasó parte de estas parcelas y se designaron topógrafos para redefinir los límites. A estos antiguos topógrafos se les llamaba “estiracuerdas” porque sus medidas se realizaban con cuerdas con marcas unitarias a cierta distancia.

A partir de ese descubrimiento, los griegos iniciaron el desarrollo de la geometría como ciencia. Sin embargo, su avance se centró en la ciencia pura. Herón, sobresale en el año 120 a.C. por conjugar la geometría con la topografía, siendo el topógrafo más destacado entre egipcios y griegos.

Los romanos se desenvuelven en el arte de la topografía, pues su gran capacidad técnica fue resaltada en sus grandes infraestructuras dentro de su imperio y por la invención de instrumentos como la groma, la libela y el corobates.

Durante la Edad Media, el conocimiento de los griegos y egipcios se sostuvo firme a consecuencia de los árabes y la topografía no presentó avances.

En el siglo XIII, se presentaron más escritos sobre cómo realizar topografía e instrumentos nuevos como el astrolabio y el báculo de cruz, que iban a permitir realizar mediciones.

Para los siglos XVIII y XIX el avance de la topografía fue mayor, pues se presentó la necesidad de tener mapas y hacer deslindes en las fronteras de los países, para que estos no entraran en conflictos bélicos y de esta manera se introdujeron los levantamientos geodésicos.

La topografía llegó a sobresalir gracias al alza del valor de la tierra y a la necesidad de establecer los límites entre países, ciudades o pueblos, así mismo por el requerimiento de mejorar o crear los canales, ferrocarriles y autopistas de esa época.

Hasta la fecha, el desarrollo del equipo topográfico ha ido evolucionando pues de iniciar con instrumentos tradicionales, como la plancheta, el tránsito, teodolito, cintas para medir, o nivel rígido, han sido sustituidos por otros con una tecnología más desarrollada que permite la agilización de los levantamientos, como la estación total, drones, instrumentos con escáner laser y los sistemas globales de navegación por satélite.

2.2 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Los estudios topográficos se definen como el conjunto de actividades de campo y gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica, para representarlas en planos y a una escala adecuada y a su vez, la medición de cualquier extensión de tierra para algún fin topográfico se le conoce como levantamiento y se pueden catalogar en levantamientos planos y levantamientos geodésicos.

Según CONAGUA (2009), los estudios topográficos pueden ser preliminares o definitivos.

Los levantamientos topográficos preliminares nos ayudan al reconocimiento del terreno y así, se puedan elaborar anteproyectos y cuentan con una escala igual o menor a 1:1000. En cambio, los levantamientos topográficos definitivos, como su nombre lo indica, son los que serán utilizados para la ejecución del trabajo, cuentan con una precisión de 1:5000 o mayor, dependiendo de la extensión del territorio que se pretende levantar y son realizados con equipos de primer orden.

Existen diferentes tipos de levantamientos topográficos y métodos para realizarlos, así que en este trabajo se hará uso del método planimétrico y altimétrico, ya que el primero, realizado con una estación total, nos brinda el estudio completo de la morfología del terreno, tomando en cuenta el plano horizontal (x, y), obteniendo como resultado una completa descripción topográfica del mismo, así como localizar dentro de las calles la línea de la red de drenaje afectada, pozos de visita, registros y algún otro punto de interés que se requiera conocer y que pueda influir en el proyecto.

El segundo método, con la ayuda de un nivel topográfico o de la misma estación total, será la radiación los pozos de visita, en donde observaremos el valor de los puntos tomados (z) que corresponda a la profundidad de los pozos de visita, los cuales estarán ligados a un banco de nivel fijo, establecido con antelación.

Con los valores recabados conoceremos los arrastres que tiene cada pozo de visita y la pendiente entre cada uno y así, llevar un control altimétrico preciso requisito base para la ejecución de la propuesta de la nueva pendiente correspondiente a esta rehabilitación.

2.3 PLANIMETRÍA

La Planimetría es la parte de la topografía que estudia las operaciones y métodos necesarios para obtener la representación del terreno sobre un plano de comparación horizontal (coordenadas X, Y de los puntos) (CONAGUA, 2009), esto se obtiene con

diferentes métodos, de los cuales se describen los tres más utilizados en el ámbito de la Topografía de acuerdo con su orden de precisión.

2.3.1 Método de intersección

Es el método planimétrico más preciso y sirve para determinar las coordenadas planas de puntos del terreno basándose únicamente en la medición precisa de ángulos, para lo cual se empleará el teodolito o la estación total. Puede ser por intersección directa o triangulación, resulta útil cuando no se puede estacionar sobre el punto a determinar ya que no es imprescindible. Para empezar, se necesitan dos puntos con coordenadas conocidas (o una recta medida con precisión y orientada llamada base del levantamiento) que sean visibles entre sí y con el tercer punto, (de Luis, 2010).

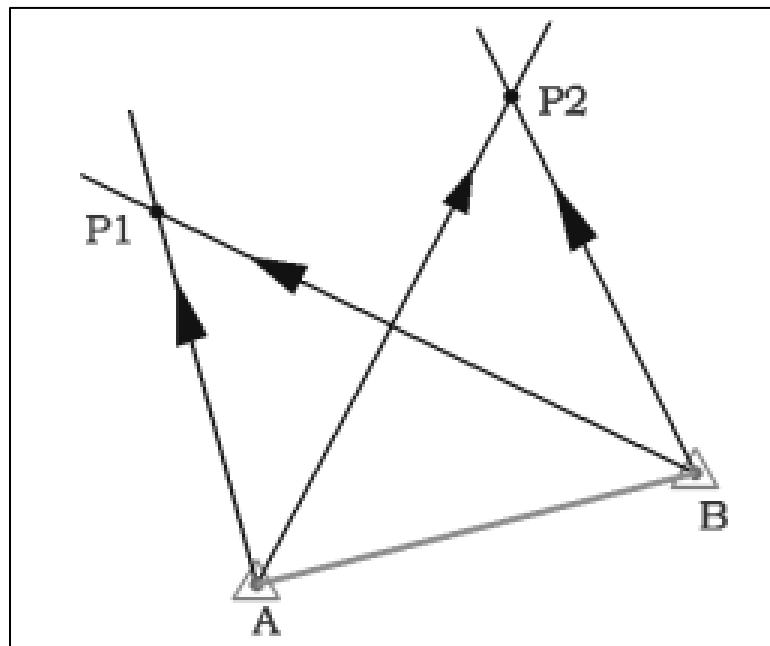


Fig. 1 Representación del método de intersección.

Fuente: (de Luis, 2010)

2.3.2 Método del itinerario

También denominada como "Poligonal", es un método planimétrico empleado en la obtención de las coordenadas de una serie de puntos sobre los que se va estacionando

sucesivamente el instrumento. Consiste en "unir" los puntos objeto del levantamiento formando un contorno poligonal, estacionando en cada vértice desde el cual se mide la longitud de los lados concurrentes, llamados ejes del levantamiento, y los ángulos horizontales H a la estación anterior (lectura atrás) y a la siguiente (lectura de frente). Dependiendo los puntos inicial y final, se tienen las poligonales abiertas y cerradas. Si se toma el tipo de ángulo horizontal, éstas pueden ser orientados y no orientados, (de Luis, 2010).

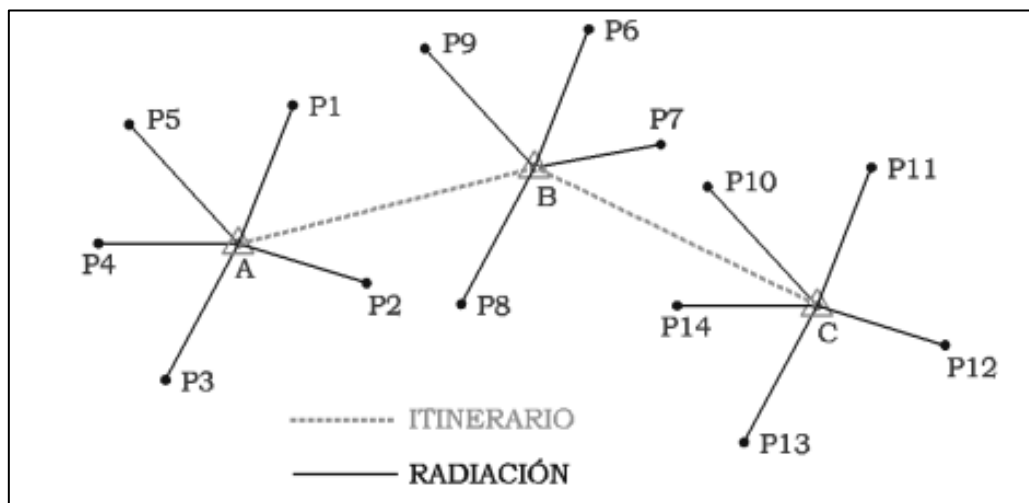


Fig. 2 Representación del método itinerario.

Fuente: (de Luis, 2010)

2.3.3 Método de radiación

Consiste en estacionar el instrumento en el centro aproximado de la zona a levantar, dirigiendo visuales hacia todos los puntos de los que se pretende determinar sus coordenadas, tomando los acimuts y las longitudes hacia esos puntos, que nos dará las coordenadas polares. Es el método menos preciso de todos los planimétricos por lo que, generalmente, se emplea para el levantamiento de puntos secundarios, (de Luis, 2010).

Éste fue el método empleado para la obtención de los valores de las coordenadas del terreno, ya que se tenía un amplio panorama de la calle afectada y no se contaba con obstrucciones a la visual, lo que facilitó la ejecución del trabajo de campo.

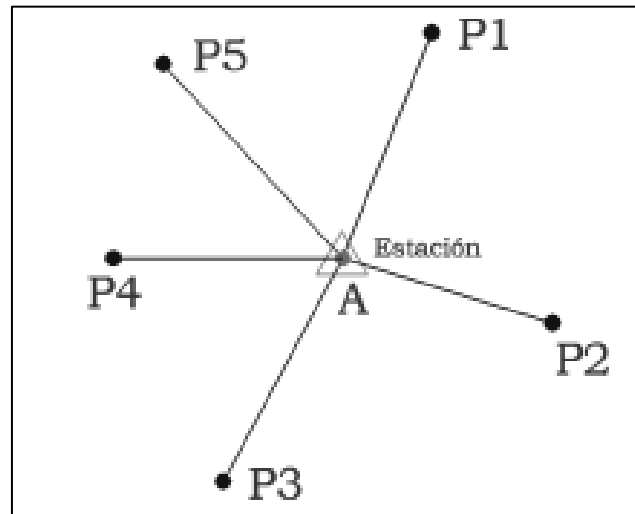


Fig. 3 Representación del método de radiación.

Fuente: (de Luis, 2010)

2.4 ALTIMETRÍA

Esta rama de la topografía se dedica al estudio del conjunto de métodos y procedimientos para establecer y representar la altura o cota de cada punto sobre un plano de referencia. Con esto, se busca trazar el relieve del terreno a través de curvas de nivel, perfiles altimétricos u otros procedimientos para representar los relieves (Navarro, 2008).

2.5 NIVELACIÓN

De acuerdo con la CONAGUA (2009) es el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales es posible determinar las cotas y desniveles entre puntos del terreno sin que sea importante su ubicación planimétrica, respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria la cual es conocida como superficie o plano de comparación.

La altitud o elevación es la distancia vertical que se mide desde una superficie de referencia hasta el punto deseado.

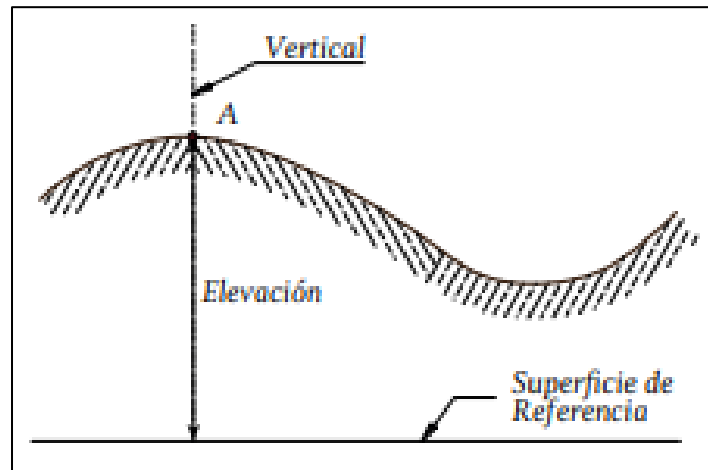


Fig. 4 Elevación del punto A en relación con una superficie de referencia

Fuente: CONAGUA, 2009.

Su objetivo principal es enlazar una serie de puntos a un plano de comparación único para que así se pueda calcular los desniveles entre los puntos visados.

Se puede expresar que dos o más puntos están a nivel cuando se encuentran en la misma cota o elevación con respecto al plano de referencia. De lo contrario, se dice que hay un desnivel entre estos.

La nivelación es parte fundamental para el ingeniero Topógrafo tanto para poder elaborar un proyecto hasta para replantearlo. Sus aplicaciones más comunes que podemos encontrar son:

- En los proyectos de carreteras y calles que exigen tener pendientes determinadas.
- Ubicar obras de construcción en base a elevaciones planeadas.
- Calcular volúmenes de tierra.
- Investigar características de drenaje y escurrimiento de superficies.

- Establecer puntos de control mediante el desplazamiento de una cota base.

Estas cotas pueden ser determinadas en forma directa o indirecta, con el nivel de precisión requerido. Las cotas pueden ser absolutas (respecto a nivel medio del mar) o relativas (respecto a un nivel de referencia arbitrario).

Para realizar un levantamiento altimétrico es necesario utilizar algún tipo de nivelación, que de acuerdo con la forma de trabajo se distinguen tres tipos:

2.5.1 Nivelación directa o geométrica

Consiste en determinar el desnivel entre dos o más puntos por diferencias entre planos horizontales, es decir, mediciones lineales en la dirección de la vertical por medio de visuales horizontales. Es el método más preciso de todos y se clasifica en nivelación simple o compuesta, (Navarro, 2008).

2.5.2 Nivelación simple

Aquella en la cual desde un punto o una sola estación de aparato se puede conocer las cotas o elevaciones de los demás puntos que se van a nivelar. Se escoge el punto más conveniente en cuanto a condiciones de visibilidad y se toma la primera lectura sobre la estadía colocada en el punto estable y fijo que se toma como un BM el cual podrá ser conocido o asumido, (Navarro,2008).

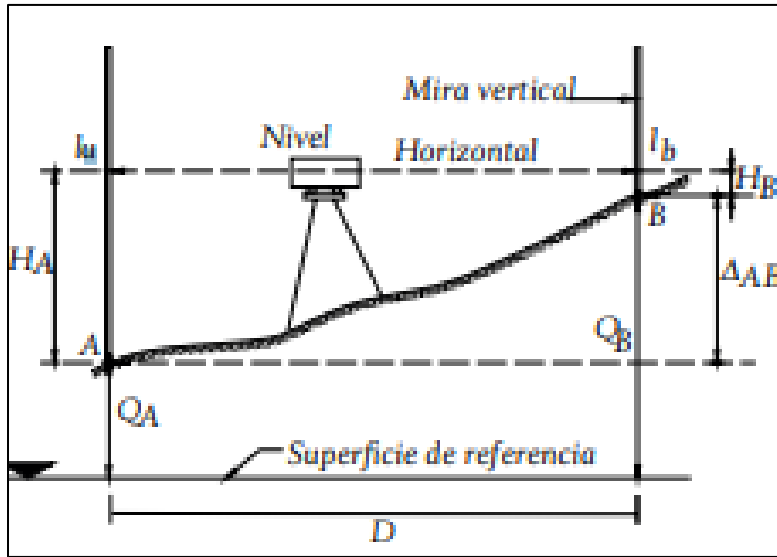


Fig. 5 Ejemplo de nivelación geométrica simple

Fuente: CONAGUA, 2009.

2.5.3 Nivelación compuesta

Es similar a la nivelación simple, pero con la diferencia de que el instrumento de medición tendrá que cambiarse varias veces de posición y, por consiguiente, la altura del instrumento será distinta en cada cambio. En concreto, una nivelación compuesta son varias series de nivelaciones simples pero entrelazadas por puntos de cambio o liga del aparato.

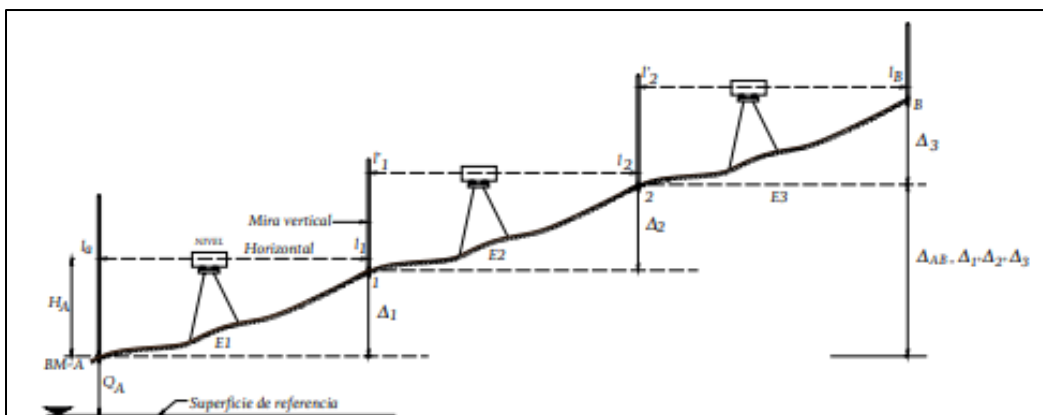


Fig. 6 Ejemplo de nivelación geométrica compuesta

Fuente: CONAGUA, 2009.

2.5.4 Nivelación indirecta o trigonométrica

Es el que determina los desniveles por medio de fórmulas matemáticas en la que intervienen funciones trigonométricas (seno o tangente) de ángulos verticales medidos con el teodolito o la estación total.

Este tipo de nivelación brinda un medio rápido para la determinación de elevaciones de puntos en terrenos bastante accidentados.

2.5.5 Nivelación diferencial

Este proceso permite entender el desnivel existente entre dos o más puntos por la diferencia entre las lecturas realizadas a los estadales o prismas observados desde un nivel topográfico.

La posición relativa de los puntos se determina directamente efectuando la resta de la lectura de atrás a la lectura realizada hacia adelante, lo cual se llamará lectura positiva (+) y lectura negativa (-) respectivamente.

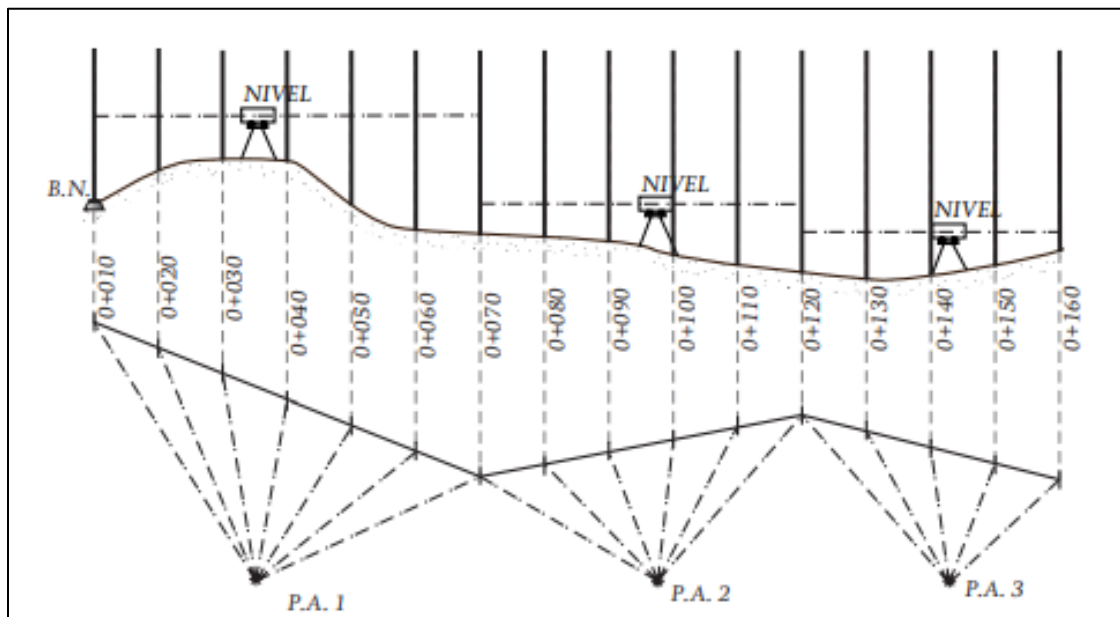


Fig. 7 Ejemplo de nivelación diferencial

Fuente: CONAGUA, 2009.

2.5.6 Nivelación física o barométrica

Requiere el uso de los barómetros para obtener la diferencia de presión atmosférica simultánea entre dos puntos, pues se utiliza la medida de la diferencia de altura entre ellos. Este método es el más impreciso de todos, pues se usa el barómetro, instrumento que considera la presión atmosférica, la cual varía tanto de día como de noche.

2.6 COMPROBACIÓN DE LAS NIVELACIONES

En cualquier nivelación el valor de la lectura de atrás debe ser igual al valor de la lectura de adelante. La suma de las lecturas atrás menos las lecturas de enfrente da como resultado la diferencia entre la cota inicial y la final. Lo anterior no indica que el trabajo haya sido realizado correctamente, solo elimina la posibilidad de alguna equivocación en los cálculos o en las anotaciones de la libreta.

Por ende, debemos tener que realizar una comprobación de los resultados, con la finalidad de identificar alguna equivocación y así se pueda controlar los errores propios del proceso natural del trabajo, Existen tres métodos de comprobación; por doble punto de cambio, por doble puesta de instrumento y por nivelación de ida y vuelta.

2.6.1 Método de doble punto de cambio

Para realizar este método, se suele usar dos puntos de cambio por cada puesta del instrumento, así como se presenta en la figura 8.

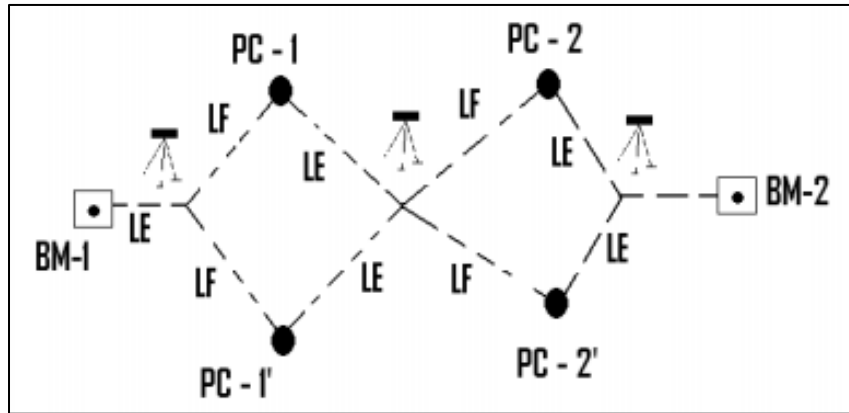


Fig. 8 Método de doble punto de cambio

Fuente: Navarro, S., 2008.

2.6.2 Método por doble puesta de instrumento

Es parecido al anterior, pero con la diferencia de que con este método se realizan dos puestas de instrumento por cada punto de cambio. Se llevan dos registros por separado, lo que hace de este método un poco lento y tedioso y se puede observar en la figura 9.

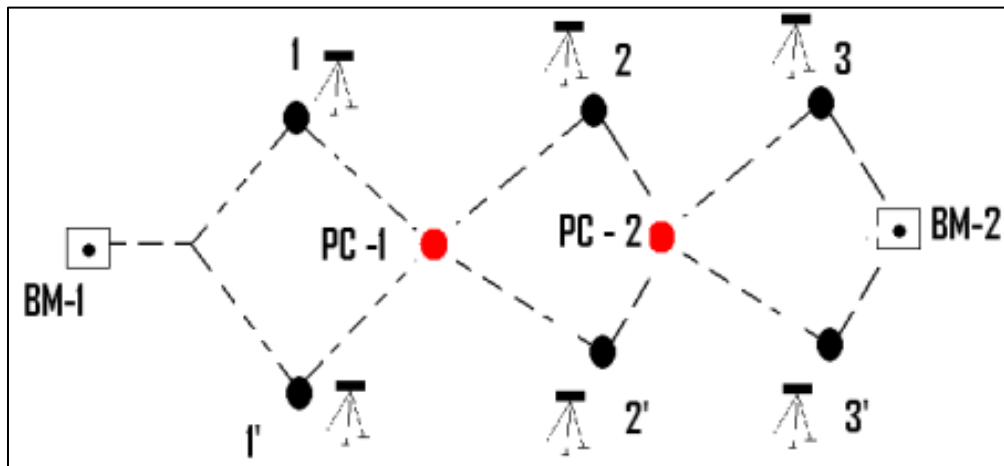


Fig. 9 Método por doble puesta de instrumento

Fuente: Navarro, S., 2008.

2.6.3 Método de nivelación de ida y vuelta

Este método es el más utilizado para comprobar el trabajo cuando no hay puntos de cota definidos, es más práctico y consiste en hacer la nivelación de un BM de partida a un BM final y luego regresar del BM final al BM inicial por otra ruta diferente, teniendo que llegar con la misma elevación.

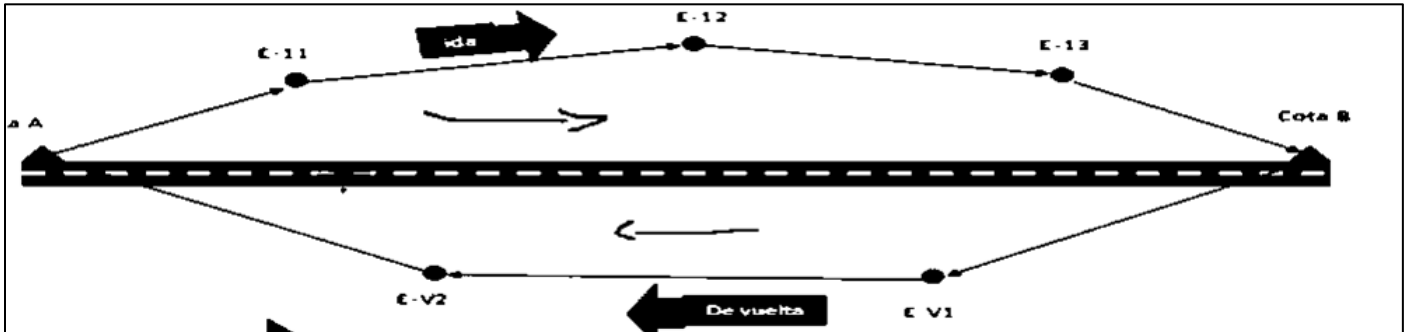


Fig. 10 Método de nivelación de ida y vuelta.

Fuente: Padilla, D. M., 2018.

2.7 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

En la planeación de un sistema de alcantarillado es necesario determinar la población de la localidad a futuro, sobre todo, al final del periodo económico de la obra. Para lograr lo anterior, se debe conocer la población actual y la forma como ha venido desarrollándose.

Las estimaciones de población se pueden tener a corto plazo (hasta 10 años) o a largo plazo (10 a 50 años o más).

Los métodos que se emplean en la estimación a corto plazo son la progresión aritmética, progresión geométrica, tasa decreciente de crecimiento y extensión gráfica.

Los métodos por emplear en la estimación a largo plazo son el ajuste a una curva matemática, comparación gráfica con otras comunidades, relación y correlación y análisis de las componentes.

En este caso, se tomó una estimación de corto plazo, 10 años, para este trabajo.

2.8 POBLACIÓN ACTUAL

Tomando como base los datos obtenidos en el censo poblacional y de vivienda del 2020 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se tiene una población total de 1,578 habitantes y usando diferentes métodos, se puede deducir una población a futuro.

2.9 POBLACIÓN DE PROYECTO

También conocida como la población futura se basará en el crecimiento histórico local y teniendo en cuenta el tipo de población, el año esperado dependerá del tipo de población, teniendo en consideración lo siguiente: se considerará una población rural hasta 2500 habitantes y su proyección será a 8 o 10 años. Por otra parte, será una población urbana cuando el número de habitantes sea mayor a 2500 y se proyectará a 15 o 20 años. (Jiménez, p.43)

2.10 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA POBLACIÓN DE PROYECTO

Utilizaremos tres métodos para calcular nuestra población de proyecto con respecto al proyecto en la localidad de estudio, San Rafael Río Seco, el primero será el método aritmético, el segundo será método geométrico y concluyendo con el método de incrementos diferenciales.

2.10.1 Método aritmético

Este procedimiento deduce que el crecimiento poblacional es constante y, por ende, se debe obtener el promedio anual en años anteriores y aplicarlo en la ecuación (1) para obtener la población futura.

Para obtener el incremento medio anual, se usa la ecuación (2).

$$P_f = P_a + I * N \quad (1)$$

$$I = \frac{P_a - P_p}{n} \quad (2)$$

Donde:

$P_f =$ Población futura

$P_a =$ Población actual

$P_p =$ Población pasada

$I =$ Incremento Medio Anual

$N =$ Diferencia de tiempo entre P_f y P_p en años

$n =$ Diferencia de tiempo entre P_a y P_p en años

En la tabla 1 se muestra el registro obtenido de los censos desde 1990 hasta 2020 del número de habitantes de la localidad en cuestión, para obtener la población futura con los diferentes métodos presentados.

Tabla 1. Registro del número de habitantes en diferentes años censados.

AÑO DEL CENSO	NO. DE HABITANTES
1990	1265
2000	1377
2010	1468
2020	1578

$$I = \frac{1578 - 1468}{10}$$

$$I = 11 \text{ Hab./año}$$

$$P_f = 1578 + (11) * (10) = 1,688$$

$$\mathbf{P_f = 1,688 habitantes}$$

2.10.2 Método geométrico

Este método asume el aumento, pero no en forma absoluta, sino en porcentaje, el valor medio se puede calcular y aplicar a años futuros.

Para ello tenemos la ecuación (3).

$$\text{Log } P_f = \text{Log } P_a + N \text{Log}(1 + r) \quad (3)$$

Donde:

$\text{Log } P_f = \text{Logaritmo de la Población futura o población de diseño}$

$\text{Log } P_a = \text{Logaritmo de la Población actual}$

$N = \text{Diferencia de años entre los censos}$

$r = \text{Promedio de } \text{Log}(1 + r)$

Los resultados los encontramos en la tabla 2.

Tabla 2. Método geométrico para población futura.

AÑO DEL CENSO	NO. DE HABITANTES	Log. Pob.	DIFERENCIA	Log (1+r) = (Diferencia/10)
1990	1265	3.102090526	-	-
2000	1377	3.13893394	0.036843415	0.003684341
2010	1468	3.166726056	0.027792115	0.002779212
2020	1578	3.198106999	0.031380943	0.003138094
			Σ	0.009601647

$$\text{Promedio de } \text{Log}(1 + r) = \frac{0.009601647}{3} = 0.003200549$$

$$\text{Log } P_f = 3.198106999 + 10 * (0.003200549) = 3.230112$$

$$P_f = \text{Antilogaritmo } (3.230112) = 10^{(3.230112)}$$

$$P_f = 1698.68358$$

$$P_f = 1,699 \text{ habitantes}$$

2.10.3 Método de incrementos diferenciales

En este método se estima que la segunda diferencia entre los datos de la población es constante, por lo cual se busca ajustar los datos a los de una parábola de segundo grado.

En esta ocasión, se obtuvieron el incremento del número de habitantes y después, el incremento de este mismo incremento, así como se puede observar la tabla 3. Después se obtiene el promedio de ambos (Ec. 4) y se hace la operación correspondiente, obteniendo un nuevo valor que será sumado al último registro del número de habitantes de la localidad.

Tabla 3 Método de incrementos diferenciales para población futura.

AÑO DEL CENSO	NO. DE HABITANTES	INCREMENTO	INCREMENTO DEL INCREMENTO
1990	1265		
2000	1377	112	
2010	1468	91	-21
2020	1578	110	19
	Σ	313	-2

Promedio de incrementos

$$Promedio = \frac{\Sigma \text{ de incrementos}}{\text{Número de datos}} \quad (4)$$

$$Promedio = \frac{313}{3} = 104.33$$

$$\text{Promedio} = \frac{-2}{2} = -1$$

$$\text{Incremento Decenal} = 104.33 - 1 = 103.33$$

$$\text{Población futura (2030)} = 1578 + 103.33 = 1,681.33$$

Población futura final (2030) = 1,681 habitantes

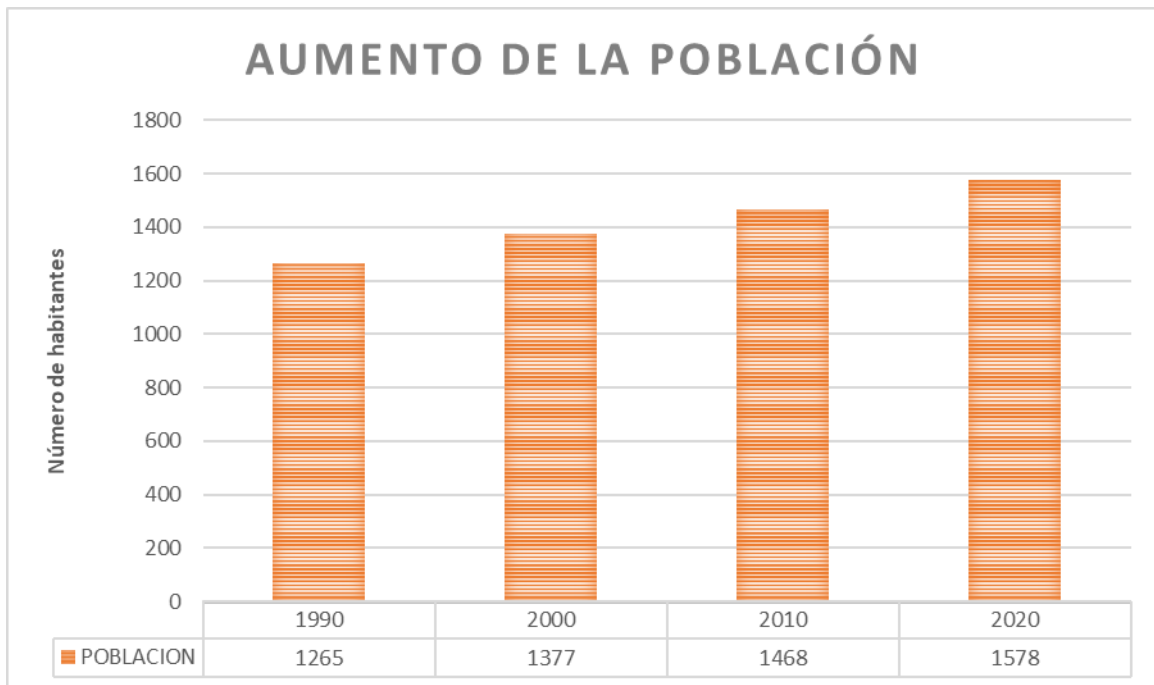


Fig. 11 Gráfica de barras del aumento de la población según censos de INEGI.

Fuente: Propia.

2.11 RESUMEN DE LA POBLACIÓN FUTURA

Con la intención de generar un valor más certero y aproximado a la población futura para el año 2030, se procede a obtener un promedio general usando los resultados de cada uno de los diferentes métodos analizados.

Tabla 4. Resumen de datos obtenidos sobre la población a futuro.

MÉTODO	POBLACIÓN A FUTURO OBTENIDA
Aritmético	1,688
Geométrico	1,699
Incrementos diferenciales	1,681
Σ	5,068

$$\text{Promedio} = \frac{5,068}{3} = 1,689.33$$

Población final de proyecto (2030) = 1,689 habitantes

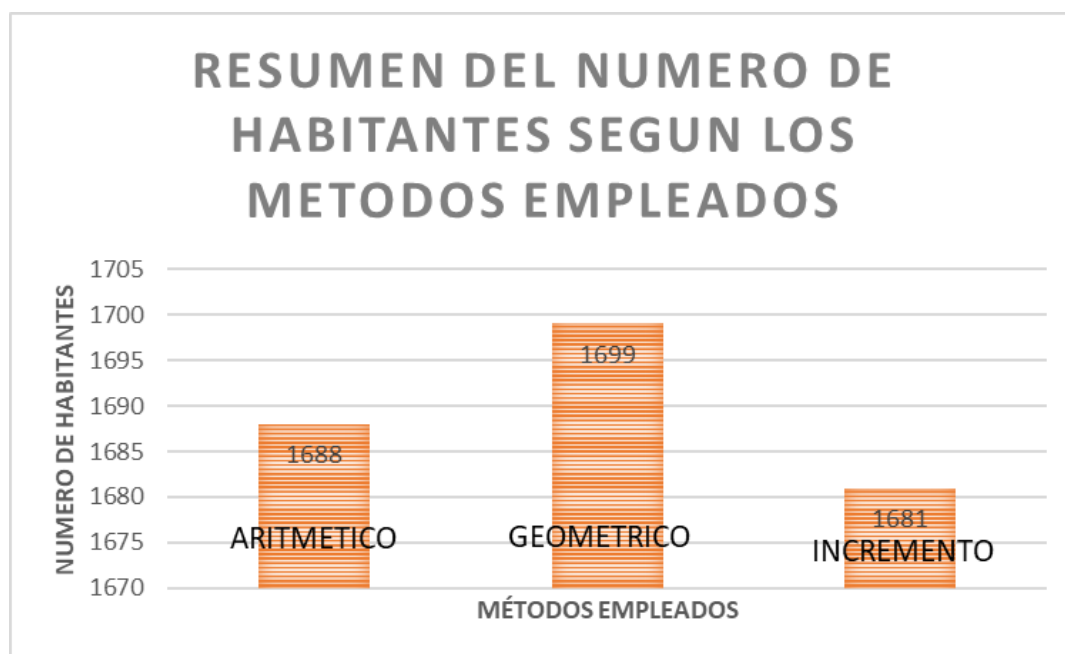


Fig. 12 Gráfica de barras que muestra el número de habitantes que habrá en 10 años.

Fuente: Propia.

2.12 DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño de la red de atarjeas, según La Comisión Nacional del Agua - CONAGUA- (2009), debe adecuarse a la topografía de la localidad, siguiendo alguno de los modelos de configuración de red de atarjeas. La conducción dentro de las tuberías deberá analizarse bajo un sistema a superficie libre y las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno. En el caso de que existan en la localidad zonas sin drenaje natural, se emplearan las pendientes de diseño mínimas, que cumplan con las condiciones de tirante mínimo y máximo dentro de una tubería, así como las de velocidades máximas y mínimas en la conducción del flujo.

2.13 GASTOS DE DISEÑO

Se establece el criterio de valorar el gasto de dotación de drenaje sanitario como un porcentaje del gasto de consumo de agua potable. Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son los siguientes:

2.13.1 Gasto medio

Es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año (CONAGUA, 2009). Para calcular el gasto medio de aguas residuales, se requiere definir la aportación de aguas residuales de las diferentes zonas identificadas en los planos de uso de suelo.

$$Q_{med} = \frac{A_p * P}{86,400} \quad (5)$$

Donde

Q_{med} = Gasto medio de aguas residuales en l/s.

A_p = Aportación en litros por habitante al día.

P = Población de proyecto en número de habitantes

86,400 = *Número de segundos del día*

Aunque es viable considerar como aportación de aguas residuales entre el 70 y el 75 por ciento de la dotación de agua potable, en l/Hab al día, considerando que el restante se consume antes de llegar a las atarjeas (IMTA, 1993), siempre es preferible hacer trabajo de campo sobre la medición de aguas residuales para ver el rango de dicho valor, aunque en la mayoría de los casos también se presentan infiltraciones al alcantarillado procedentes de mantos acuíferos, corrientes o de la misma red de agua potable que pueden hacer variar este factor.

En caso de no contar con datos sobre la dotación de agua potable, se pueden tomar los valores que se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 5. Dotación de agua potable

Población de proyecto (habitantes)	Dotación (Litro por habitante al día)
De 2,500 a 15,000	100
De 15,000 a 30,000	125
De 30,000 a 70,000	150
De 70,000 a 150,000	200
Mayor a 150,000	250

$$Q_{med} = \frac{(100 \text{ litros/habitante/día}) * (1,689 \text{ habitantes})}{86,400}$$

$$Q_{med} = 1.954 \text{ litros por segundo}$$

2.13.2 Gasto mínimo

Resulta ser el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presentan en una tubería. Este valor es igual a la mitad del gasto medio. Se recomienda que el alcantarillado debe construirse herméticamente, por lo que no se adicionará al caudal de aguas negras el volumen por infiltraciones y se calcula con la fórmula 6.

$$Q_{min} = 0.5 * Q_{med} \quad (6)$$

Donde:

Q_{min} = Gasto mínimo

Q_{med} = Gasto medio de aguas residuales

$$Q_{min} = 0.5 * 1.95 \text{ litros por segundo}$$

$$Q_{min} = 0.977 \text{ litros por segundo}$$

2.13.3 Gasto máximo instantáneo

Presenta el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado y se obtiene a partir del coeficiente de Harmon (M) multiplicado por el gasto medio.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (7)$$

Donde:

M = Coeficiente de variación de Harmon

P = Población servida expresada en miles

En tramos con una población acumulada menor de 1,000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8 y cuando es mayor a 63,454 habitantes se considera de 2.17, así pues, este valor no sigue con la ley que Harmon estableció.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1.689}}$$

$$M = 3.64$$

Continuando con la expresión para el cálculo del gasto máximo instantáneo se tiene que:

$$Q_{max. inst.} = M * Q_{med} \quad (8)$$

Donde:

Q_{med} = Gasto medio de aguas residuales

$$Q_{max. inst.} = 3.64 * 1.954 \text{ litros por segundo}$$

$$Q_{max. inst.} = 7.115 \text{ litros por segundo}$$

Tabla 6 Valores para el coeficiente n de Manning

Material	Coficiente n
Concreto liso	0.012
Concreto áspero	0.016
Concreto presforzado	0.012
Concreto con buen acabado	0.014
Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxi	0.011
Acero sin revestimiento	0.014

Material	Coefficiente n
Fibrocemento	0.01
Polietileno de alta densidad	0.009
PVC	0.009

2.13.4 Gasto máximo extraordinario

Según la CONAGUA (2009) es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

$$Q \text{ max. ext.} = C_s * Q \text{ max. inst.} \quad (9)$$

Donde:

$C_s =$ *Coefficiente de seguridad con valor de 1.5*

$Q \text{ max. inst.} =$ *Gasto máximo instantáneo*

En el caso de aportaciones normales el coeficiente C_s será de 1.0; para condiciones diferentes, este C_s puede definirse mayor a 1 y como máximo 1.5 bajo aprobación de la autoridad local del agua y dependiendo de las condiciones particulares de la localidad.

$$Q \text{ max. ext.} = 1.5 * 7.115 \text{ litros por segundo}$$

$$Q \text{ max. ext.} = 10.673 \text{ litros por segundo}$$

2.14 VARIABLES HIDRÁULICAS

2.14.1 Velocidades mínimas

Se considera que la velocidad mínima es la velocidad a la que no se permite que los sólidos se asienten en el alcantarillado que provocan azolves y obstrucciones.

Teniendo en cuenta el caudal mínimo y el rendimiento de la tubería, la velocidad mínima permitida es de 0,3 m/s y el caudal mínimo es de 1 lt/s.

2.14.2 Velocidades máximas

La velocidad máxima es el límite superior del diseño, en un intento de evitar la corrosión de las paredes de tuberías y estructuras de drenaje sanitario.

Según la norma oficial de CONAGUA (2009), nos brinda los valores que adquiere la velocidad máxima permitida para diferentes tipos de materiales en la siguiente tabla.

Tabla 7. Velocidad máxima y mínima permitida.

Material	Velocidad (m/s)	
	Máxima	Mínima
Acero (sin revestimiento, revestido y galvanizado)	3	0.3
Concreto reforzado	5	
Concreto simple		
Fibrocemento		
Polietileno alta densidad (PEAD)		
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)		
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	3	

2.14.3 PENDIENTES

La CONAGUA (2009) define que el objeto de limitar los valores de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, el azolve y la erosión de las tuberías, para que estas puedan durar todo el tiempo proyectado.

Para minimizar la excavación, estas pendientes deben seguir los perfiles obtenidos del terreno natural tanto como sea posible, pero teniendo en cuenta las limitaciones de velocidad y planitud mínima del tramo anterior, así como la ubicación y el terreno del lote a servir.

En la figura 13, se observan las pendientes mínimas recomendadas para los distintos tipos de tuberías. Estas pendientes podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificación en cada caso.

Tabla 8 Pendientes mínimas recomendadas para tubería de PVC

DIÁMETRO	SERIE 25		SERIE 20		SERIE 16.5	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
mm	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m	mm/m
110	-	-	1.12	203.23	1.12	204.28
160	1.23	120.55	1.22	122.35	1.22	123.99
200	1.32	89.39	1.32	90.72	1.31	92.07
250	1.44	66.38	1.43	67.39	1.42	68.27
315	0.86	48.78	0.86	49.48	0.85	50.17
355	0.90	41.59	0.90	42.18	0.89	42.78
400	0.94	35.45	0.94	35.98	0.93	36.47
450	0.70	30.31	0.69	30.73	0.69	31.17
500	0.57	26.23	0.57	26.72	0.56	27.09
630	0.51	19.35	0.51	19.62	0.51	19.90

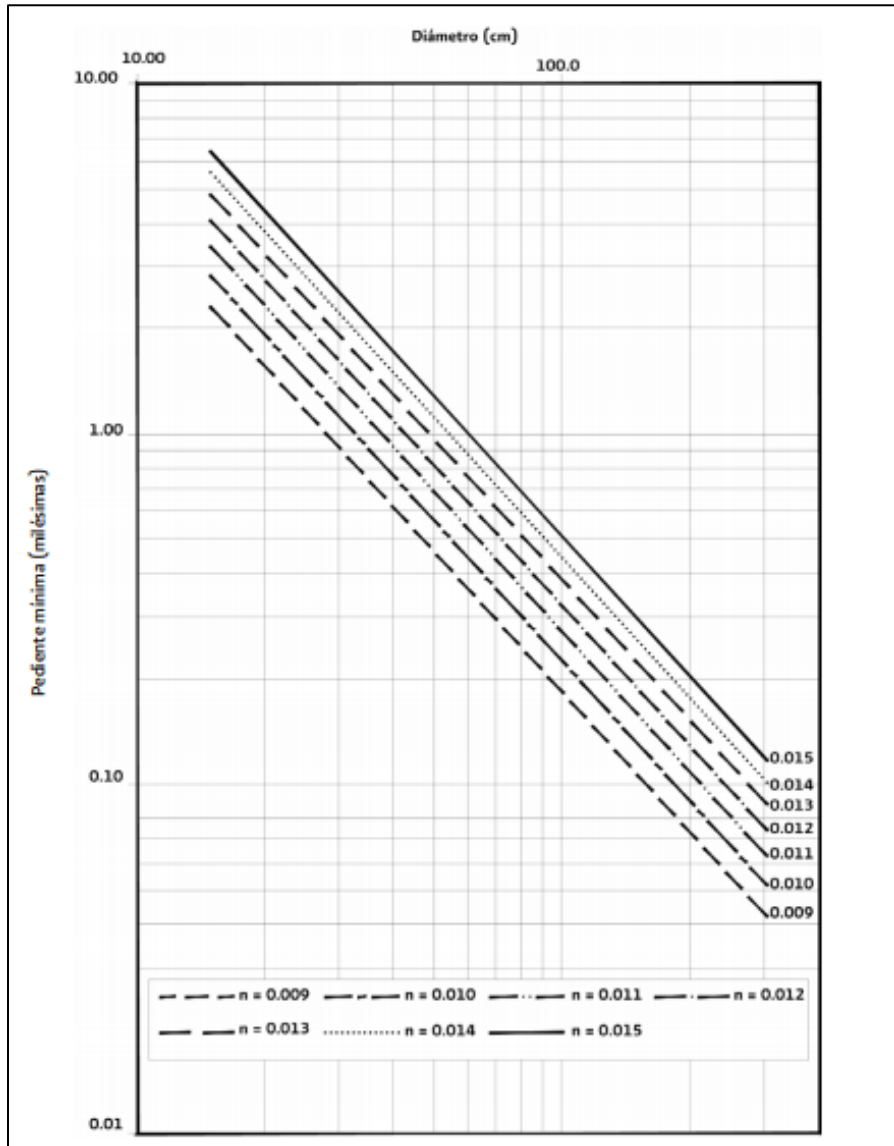


Fig. 13 Pendiente mínima para $v=0.6$ m/s a tubo lleno

Fuente: CONAGUA,2009.

2.15 DIÁMETROS

2.15.1 Diámetro mínimo

Con la experiencia en el mantenimiento y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, de expertos en el tema, se ha demostrado que se evita obstrucciones, utilizando el diámetro mínimo de la tubería de 25 cm (10”).

2.15.2 Diámetro seleccionado

Este tipo de diámetro estará en relación con los resultados obtenidos del cálculo hidráulico.

En el caso de este proyecto se utilizó un diámetro de 18” (45.72 cm), aumentando 6” con respecto al diámetro de la tubería anterior, para que los desechos fluyan de una mejor manera.

2.16 PROFUNDIDAD DE LAS ZANJAS

Generalmente, la tubería utilizada para estos trabajos va enterrada para evitar daños y se recomienda que el relleno contenga un valor de 0.90 metros como altura mínima partiendo del lomo del tubo, si se usa un tubo con diámetro menor o igual a 0.90 m. En caso de que el diámetro sea mayor, la altura varía entre 1.0 y 1.5 m.

Para obtener el ancho de la zanja se usa un ancho “B” mayor que el diámetro exterior del tubo, con la siguiente ecuación.

$$B = \frac{4}{3}d_e + 400 \quad (10)$$

Donde:

$B =$ Ancho de la zanja en mm

$d_e =$ Diámetro nominal del tubo en mm

$$B = \frac{4}{3}(457.2 \text{ mm}) + 400$$

$$B = 1,009.60 \text{ mm}$$

El valor obtenido, pasado a metros, nos arroja 1.0096 metros que será un valor de proyecto mínimo y que podrá ser ajustado de acuerdo a las necesidades del trabajo.

Para el fondo de la zanja, este se tendrá que encontrar de manera uniforme, pues si se presentan deformaciones o materiales, pueden afectar la tubería nueva a corto o largo plazo. Por ello, se debe excavar mínimo 0.50 metros debajo de la línea disponible para el fondo.

Ya teniendo todo instalado dentro de la zanja, se continuará con el encamado y relleno del material seleccionado para el trabajo, tratando de evitar rocas y piedras de gran tamaño, ya que pudieran dañar la tubería.

2.17 DISEÑO HIDRÁULICO

Fórmula de continuidad para un escurrimiento continuo permanente. (ec.11)

$$Q = V * A \quad (11)$$

Donde:

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

$V = \text{Velocidad en } m/s$

$A = \text{Área transversal del flujo en } m^2$

- Cálculo hidráulico del alcantarillado que utiliza la fórmula de Manning. (ec.11)

$$V = \frac{1}{n} * r_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Donde:

$V =$ Velocidad en m/s.

$r_h =$ Radio hidráulico en metros.

$S =$ Pendiente del gradiente hidráulico de la tubería adimensional

$n =$ Coeficiente de fricción

Los valores de n que se recomiendan para diferentes materiales de la tubería se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9. Valores para el coeficiente de fricción de Manning.

Material de la tubería	n
Asbesto cemento	0.010
Concreto liso	0.012
Concreto áspero	0.016
Acero galvanizado	0.014
Fierro fundido	0.013
Acero soldado sin revestimientos	0.014
Acero soldado con revestimientos interior a base de resinas epóxicas o similar	0.011
Plástico PVC	0.009

El radio hidráulico se calcula con la ecuación 13:

$$r_h = \frac{A}{P_m} \quad (13)$$

Donde:

$A =$ Área transversal del flujo en metros

$P_m =$ Perímetro mojado en metro

Como ocurre con cualquier proyecto de ingeniería, el sistema de tratamiento de aguas residuales debe considerar las alternativas necesarias y definir el trabajo principal requerido para cada sistema a nivel esquemático. Para cada alternativa, se deben considerar sus costos de construcción e inversión. Las alternativas elegidas pueden garantizar un funcionamiento correcto al menor costo.

2.18 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

2.18.1 Definición

Según Carmona (2013, p.3) define como “el conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas servidas; fruto de las actividades humanas, o las que provienen como fruto de la precipitación pluvial”.

Así mismo, existen diferentes sistemas de alcantarillado de acuerdo con el tipo de agua que conducen, por lo que tenemos:

2.18.2 Alcantarillado sanitario

Es una red general de ductos a través de la cual las aguas residuales municipales (domiciliarias o establecimientos comerciales) deben descargarse de manera rápida y segura a una planta de tratamiento, y finalmente descargarse a un lugar de descarga que no cause daños ni molestias.

2.18.3 Alcantarillado pluvial

El sistema capta y conduce el agua de lluvia para su tratamiento final, que puede ser tratada por infiltración, almacenamiento o sedimentos y canales naturales.

2.18.4 Alcantarillado combinado

Este sistema puede capturar y conducir el total del agua en el sistema anterior al mismo tiempo, pero debido a su método de disposición, su tratamiento posterior es muy

difícil y provocará graves problemas de contaminación cuando se vierte en canales naturales, y debido a restricciones ambientales, esto es imposible que se pueda infiltrar.

2.18.5 Alcantarillado semi-combinado

Se trata de un sistema que lleva el total de las aguas residuales generadas en un área o grupo de áreas, y el porcentaje de agua de lluvia captada en el área es menor al 100%. Esta agua de lluvia se considera excesiva, y el sistema a veces se trata como una medida de mitigación para sistema de infiltración y/o agua de lluvia para evitar inundaciones en carreteras y/o zonas residenciales.

La primera tarea en cualquier desarrollo urbano es proporcionar agua potable, pero una vez satisfecha esta demanda, surge el problema de la expulsión de aguas residuales. Por lo tanto, es necesario construir un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas residuales generadas por los residentes (incluidas las industriales y comerciales) en las zonas urbanas.

2.19 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Como lo menciona la Comisión Nacional del Agua -CONAGUA- (2009), una red de alcantarillado sanitario se compone de varios elementos certificados, tales como de tuberías, conexiones, anillos y obras accesorias: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte, en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas residuales.

La expectativa de vida útil de los elementos que conforman una red de alcantarillado sanitario debe ser de al menos 50 años. Todos los elementos que conforman la red de alcantarillado sanitario y su instalación deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 Sistema de alcantarillado sanitario – Especificaciones de hermeticidad.

2.20 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos según CONAGUA (2009): convencionales o no convencionales. Los sistemas de alcantarillado sanitario han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debida en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad poblacional y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo. Los sistemas de alcantarillado no convencionales surgen como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor definición y control de en los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y, en gran medida, de la cultura en la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener.

1. Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican en: Alcantarillado separado: es aquel en el cual se independiza la evacuación de aguas residuales y lluvia. a) Alcantarillado sanitario: sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales. b) Alcantarillado pluvial: sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación. Alcantarillado combinado: conduce simultáneamente las aguas residuales, domesticas e industriales, y las aguas de lluvia.
2. Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de las aguas residuales:
 - a) Alcantarillado simplificado: un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.

b) Alcantarillado condominales: Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional.

c) Alcantarillado sin arrastre de sólidos. Conocidos también como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro de energía uniforme y que, por tanto, pueden trabajar a presión en algunas secciones. El tipo de alcantarillado que se use depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto.

Los sistemas combinados tienen la característica de captar tanto las aguas residuales, como las pluviales, con lo cual el diseño, construcción y operación en apariencia es más económico. En este aspecto, los sistemas separados implican mayores inversiones y pueden resultar menos atractivos especialmente cuando se trate de sistemas de drenaje nuevos. Sin embargo, debe tenerse en consideración que los problemas a resolver entre el alcantarillado sanitario y el drenaje pluvial urbano son distintos, siendo el objetivo del segundo el desalojo de escurrimiento pluvial, que puede poner en riesgo a la población y la infraestructura de la comunidad.

2.21 COMPONENTES DE LA RED DE ALCANTARILLADO

A partir de lo que establece la Comisión Nacional del Agua - (CONAGUA) – (2009), la red de alcantarillado sanitario se compone de elementos como tuberías, atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores, interceptores y estructuras accesorias, como se describe a continuación.

Se proyecta una vida útil de dichos elementos de la red de alcantarillado al menos de 30 a 50 años y asegurándose de que cumplan con la normativa oficial mexicana.

2.21.1 Red de atarjeas

El propósito de la red de alcantarillado es recolectar el vertido de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales y transportarlo a colectores e interceptores. La red consta de un conjunto de tuberías a través de las cuales se conduce el agua residual captada hasta la tubería.

La red parte de la superficie exterior de la casa, que es el drenaje o alcantarillado de la vivienda. En la mayoría de los casos, el diámetro de la alcantarilla es de 15 cm, que es el mínimo recomendado, sin embargo, el tamaño puede variar según las normativas locales. La conexión entre el alcantarillado y la tubería de drenaje debe ser hermética, y la tubería de interconexión debe ser su pendiente mínima debe ser del 1%.

Luego están las atarjeas, generalmente ubicadas en el centro de la calle, que recolectan el aporte del alcantarillado. El diámetro mínimo utilizado en la red de alcantarillas de un sistema de drenaje independiente es de 20 cm, y su diseño suele ser siempre apegado a los límites de velocidad máxima y mínima y las condiciones mínimas de conexión y se debe seguir la pendiente natural del terreno.

La estructura de enlace típica entre las dos partes de la red es un pozo de visita, que permite el acceso externo para las operaciones de inspección y limpieza. También tiene la función de ventilar la red para eliminar gases. La conexión entre la red de tuberías y los pozos de visita debe estar sellada. Estos deben ubicarse en todas las intersecciones y cuando se genere un cambio de dirección, pendiente y diámetro y las secciones que exceden la longitud máxima se recomienda dividirse para las operaciones de limpieza y ventilación.

Por lo regular, el trazo de atarjeas se ejecuta haciendo coincidir el eje longitudinal de cada calle con la ubicación de los frentes de los lotes.

Así que se tienen agrupados los trazos más comunes en los siguientes tipos:

2.21.1.1 Trazo en bayoneta

Es cuando se comienza el trazo en una cabeza de atarjea y se desarrolla de forma de zigzag o en escalera, como se muestra en la fig. 14.

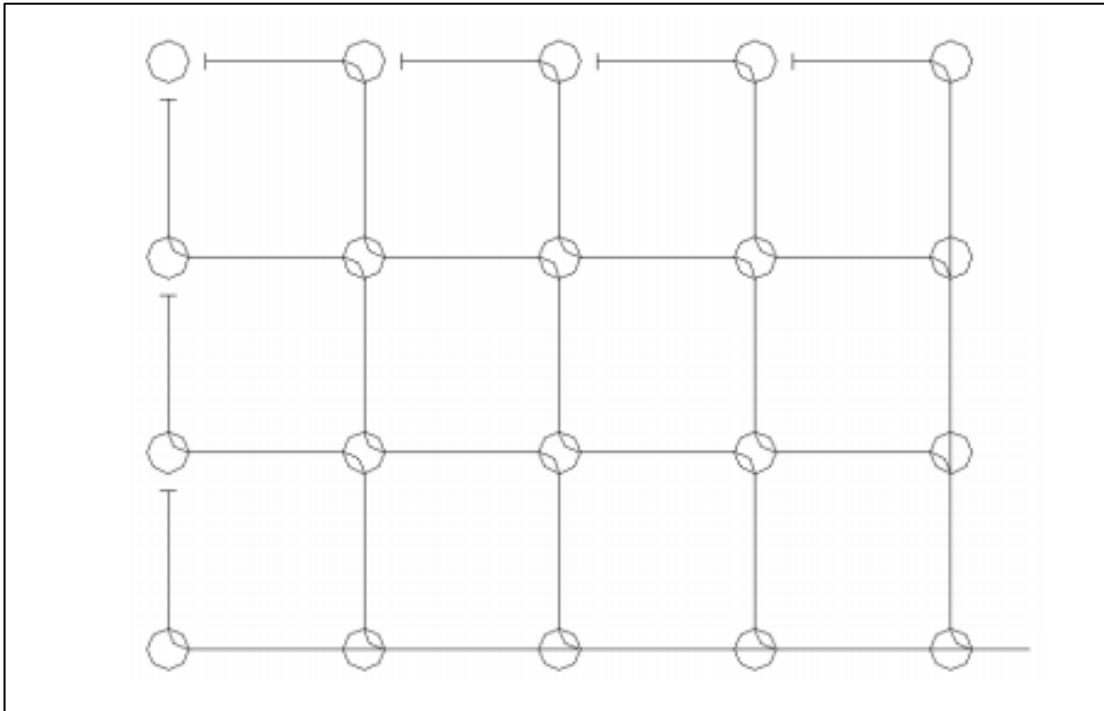


Fig. 14 Trazo en bayoneta para la red de atarjeas

Fuente: Jiménez, J.M.

2.21.1.2 Trazo en peine

Se encuentra cuando varias atarjeas tienden a ser paralelas, inician en una cabeza de atarjea, descargando los desechos en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas.

Es un trazo de diseño utilizado cuando la topografía del lugar es muy irregular, pues cuenta con una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjea.

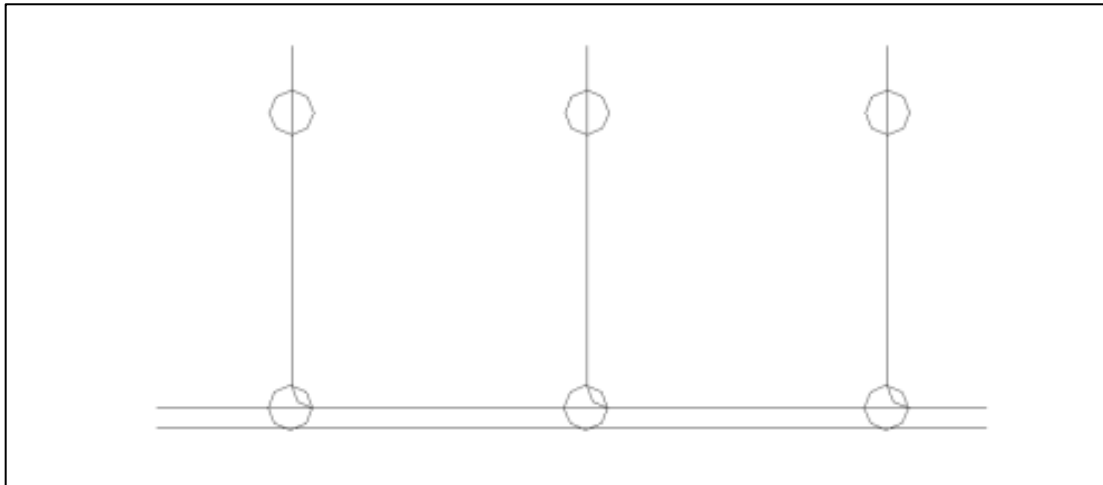


Fig. 15 Trazo en peine para la red de atarjeas

Fuente: Jiménez, J.M.

2.21.1.3 Trazo combinado

Se refiere a una combinación de ambos trazos anteriores y a trazos particulares forzados por los accidentes topográficos de la zona.

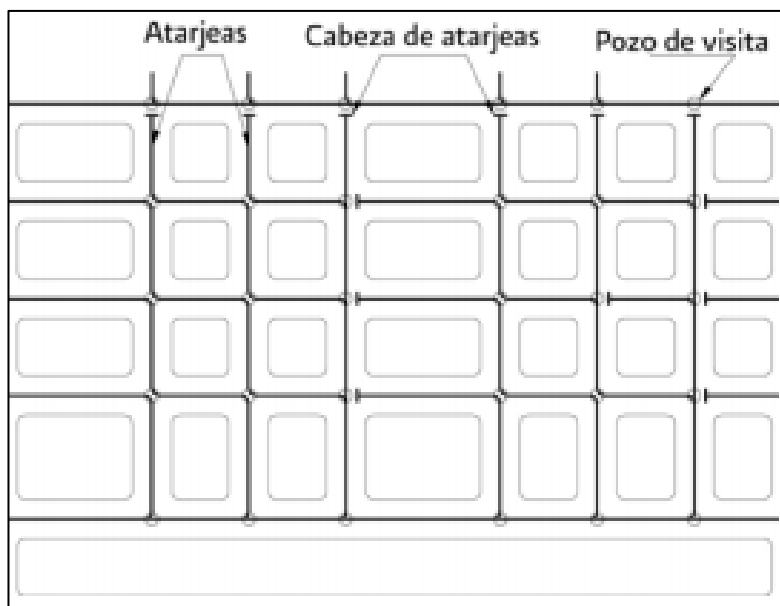


Fig. 16 Trazo combinado para la red de atarjeas

Fuente: CONAGUA, 2009.

2.21.2 Subcolectores

Es la tubería que recibe las aguas residuales de la tubería de drenaje y luego se conecta al colector. Su diámetro suele ser inferior a 61 cm, por lo que no es necesario recurrir al uso de madrinas.

2.21.3 Colectores

Es una tubería que recoge las aguas residuales del alcantarillado. Puede finalizar en un interceptor, emisor o en la planta de tratamiento. No se permite conectar el alcantarillado directamente al colector, en este caso el diseño debe prever una alcantarilla paralela al colector.

2.21.4 Interceptores

Son tuberías que interceptan las aguas residuales de dos o más colectores y eventualmente ingresan a un emisor o a la planta de tratamiento.

2.21.5 Emisores

Es un conducto que recibe agua de uno o más colectores o interceptores, no recibe líquido complementario (agua de lluvia o alcantarillado doméstico) en el camino, su función es conducir las aguas residuales a la planta de tratamiento de aguas residuales. El emisor también puede ser el conducto que transporta agua tratada (aguas residuales) de la planta de proceso al sitio de descarga. (CONAGUA, 2009)

Por razones económicas, los recolectores, interceptores y emisores deberían tender a ser réplicas subterráneas del drenaje natural. La escorrentía debe depender de la gravedad, a menos que se presenten condiciones muy especiales y se llegue a necesitar el bombeo. Según CONAGUA (2009), existen dos tipos de emisores que se describen a continuación:

2.21.5.1 Emisores a gravedad

Las aguas residuales del emisor suelen ser causadas por la gravedad y se dirigen por tuberías o canales, o en términos especiales de condiciones del proyecto (gasto, profundidad, etc.) cuando lo requieran.

2.21.5.2 Emisores a presión

Cuando la topografía del lugar no da paso a que el emisor pueda ser por gravedad, se llega a utilizar un emisor a presión. De igual manera, cuando la ubicación de la planta de tratamiento o del lugar de vaciado, puede requerir un tramo de emisor a bombeo.

En estos casos, es necesario construir una estación de bombeo para aumentar el caudal de un emisor a otro a gravedad, para llegar a otra zona que requiera una mayor altitud o el nivel de agua más alto. La sección de presión debe diseñarse hidráulicamente y se deben estudiar los métodos alternativos necesarios para establecer la ubicación, el tipo y la categoría de tubería más adecuados, así mismo, las características de la planta de bombeo y estructura de drenaje.

2.22 TRAZO DE COLECTORES, INTERCEPTORES Y EMISORES

Para la recolección final de las aguas residuales de la localidad, es importante el uso del trazo geométrico para dibujar la serie de tuberías que estarán configuradas conforme a la topografía del lugar, el trazado de las calles, el o los sitios de descarga, y a la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Los trazos más usuales son los siguientes:

2.22.1 Trazo perpendicular

Se colocan las tuberías perpendiculares a la corriente y se le agrega un interceptor paralelo a la misma. Este trazo es utilizado cuando la localidad se sitúa a lo largo de una corriente y el terreno tiene una pendiente moderada hacia ella.

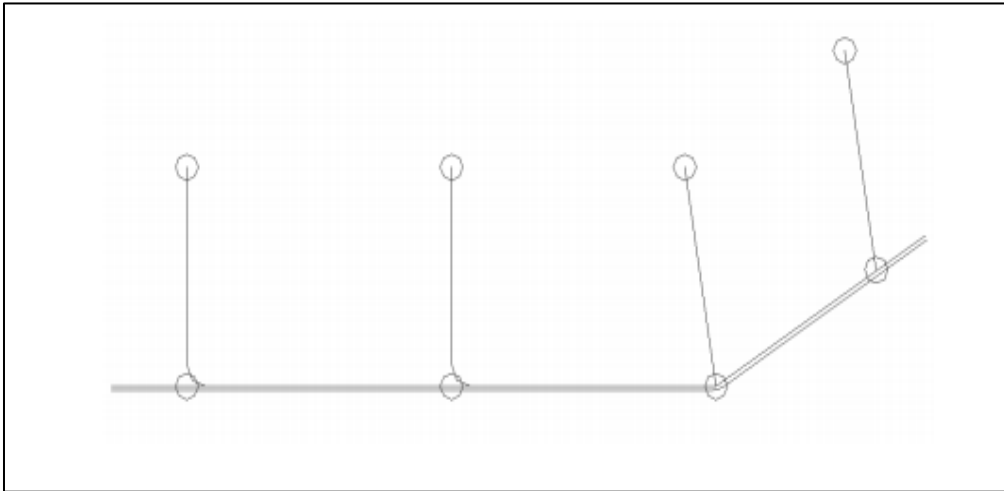


Fig. 17 Trazo perpendicular

Fuente: Jiménez, J.M.

2.22.2 Trazo radial

En este trazo, las aguas negras corren hacia fuera de la localidad en cuestión en forma radial por medio de los colectores, así como se ve en la fig. 18.

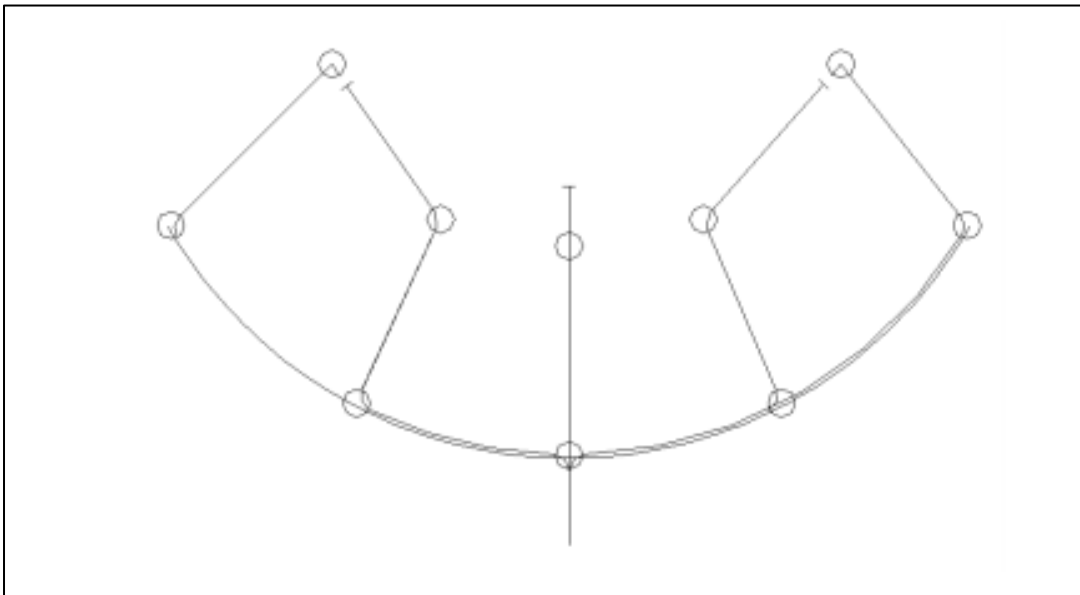


Fig. 18 Trazo radial

Fuente: Jiménez, J.M.

2.2.2.3 Trazo en forma de interceptores

Este trazo es empleado cuando las curvas de nivel de la población que se quieren recolectar están más o menos paralelas entre sí y sin presentar grandes desniveles y donde los colectores se conectan a un interceptor que traslada el agua hacia una planta de tratamiento.

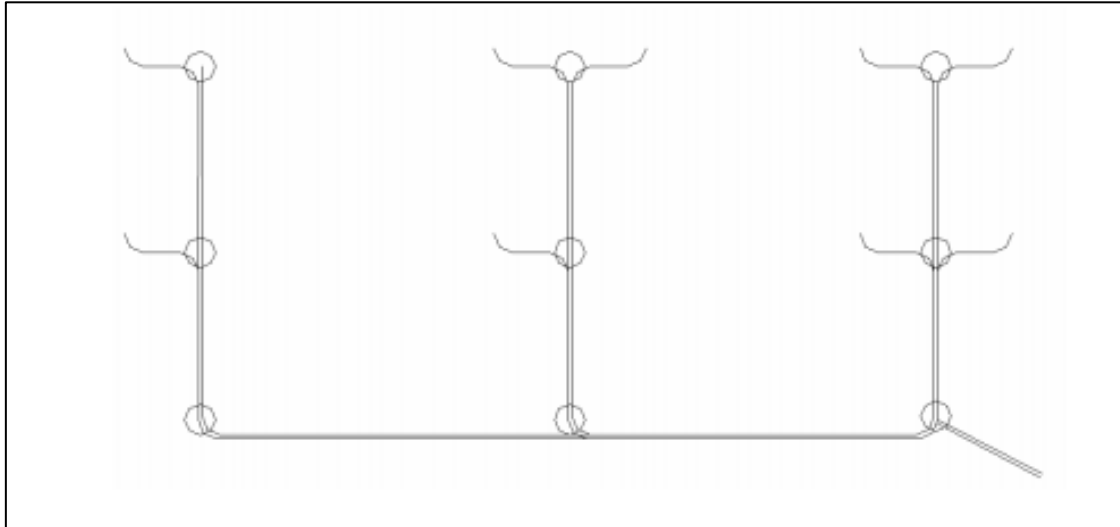


Fig. 19 Trazo interceptor

Fuente: Jiménez, J.M.

2.2.2.4 Trazo en forma de abanico

Este trazo se maneja cuando la localidad en cuestión se ubica en un valle, haciendo que se manejen las líneas de tuberías coincidentes al colector, que estará localizado en un punto profundo de la localidad ocasionando la existencia de una sola tubería de descarga.

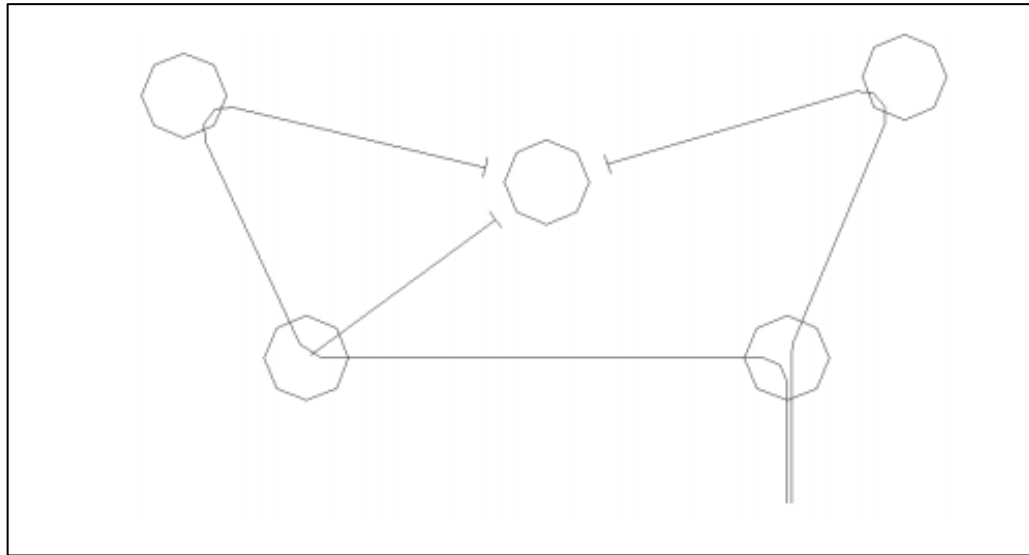


Fig. 20 Trazo en abanico

Fuente: Jiménez, J.M.

2.23 TUBERIAS

La tubería de alcantarillado se compone de tubos y conexiones acoplados mediante un sistema de unión hermético, el cual permite la conducción de las aguas residuales. En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: resistencia mecánica, resistencia estructural del material, durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño y facilidad de mantenimiento y reparación.

En el proyecto del sistema de alcantarillado sanitario es importante conocer la organización de los servicios básicos con los que cuenta la localidad, como agua potable, ductos de gas, teléfono, entre otros, para prevenir que la tubería de alcantarillado que se desea instalar no coincida con las otras infraestructuras, ya sea identificándolos en la zona de trabajo o con planos previamente entregados y revisados. A su vez, se debe asegurar que la red de la tubería de agua potable quede por arriba de la tubería del drenaje sanitario.

A continuación, se detallan las características de la tubería de alcantarillado que se presentó en este proyecto de rehabilitación.

2.23.1 Tubería de PEAD

Según la norma N-CMT-3-06/10 del libro CMT. Características de los materiales, en la parte número 3, dentro del título 06 “Tubos corrugados de polietileno de alta densidad” nos dice que son ductos de sección circular fabricados con resina termoplástica, formados por una pared interior lisa y corrugaciones exteriores anulares, provistos de un sistema de unión espiga-campana con empaque elastomérico, esto con la intención de obtener juntas herméticas al agua; estos tubos conectados entre sí, forman una tubería continua, la cual evita embalses o inundaciones.

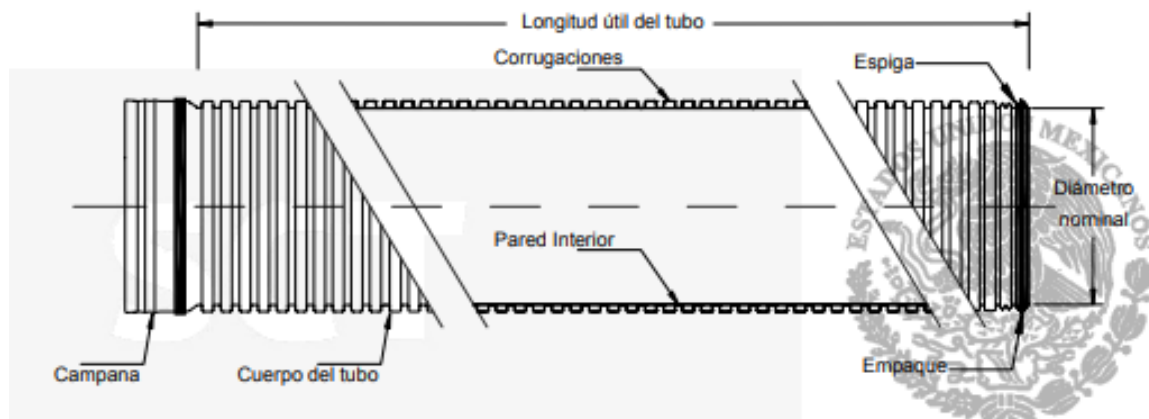


Fig. 21 Tubo corrugado de polietileno de alta densidad.

Fuente: N-CMT-3-06/10

Según la Comisión Nacional del Agua -CONAGUA- (2012) se utilizarán materiales clase IA (agregados, manufacturados: graduación abierta, limpios), clase IB (agregados procesados, manufacturado graduados densamente, limpios), clase II (suelos de grano grueso, limpios; suelos de grano grueso, en la frontera entre materiales limpios y con

finos), clase III (suelos de grano grueso con finos), clase IV-A (suelos con grano fino (inorgánicos)).

Depende el material que se escoja para el relleno, se debe contener la humedad en los niveles requeridos, sino puede sufrir una deflexión excesiva en la zona del tubo. También estos materiales deben deberán elegirse dependiendo la capacidad de densificarse rápido mientras son saturados.

Como recomendación, se debe de colocar o recubrir la tubería cuando no exista agua en la zanja o que se tenga conciencia de que no existen aguas subterráneas en la zona de trabajo, pues esto puede provocar que la estabilidad de los materiales sea deficiente.

2.24 ESTRUCTURAS SANITARIAS ACCESORIAS

Comúnmente usadas para mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado podemos encontrar como obra accesoria las siguientes:

2.24.1 Descarga domiciliaria

La descarga domiciliaria o “albañal exterior”, es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, del registro domiciliario a la atarjea.

2.24.2 Pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías incidentes (de diferente material o tecnología.) Los pozos de visita pueden ser prefabricados o contruidos en sitio de la obra, los pozos contruidos en sitio de la obra se clasifican en: a) Pozos de visita tipo común. b) Pozos de visita tipo especial. c) Pozos tipo caja. d) Pozos comunes. e) Pozos tipo caja de flexión. f) Pozos con

caída. g) Pozos con caída libre. h) Pozos con caída adosada i) Pozos con caída escalonada.

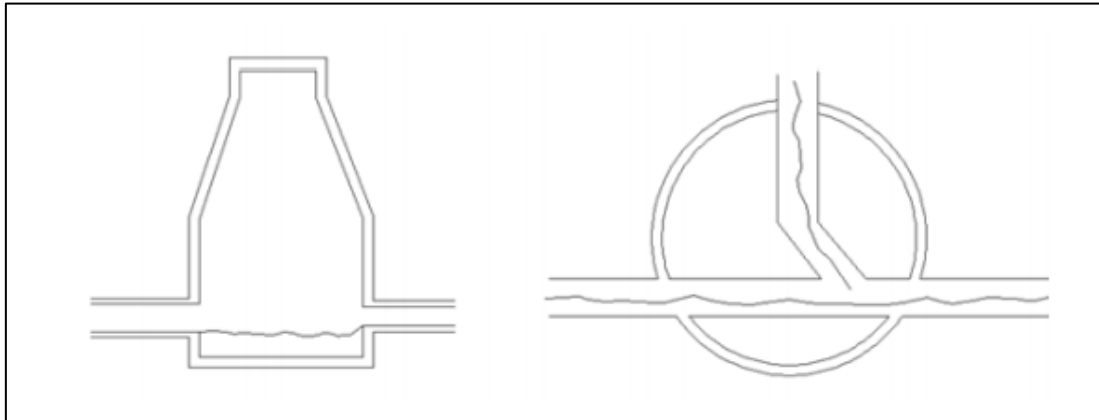


Fig. 22 Pozos de visita común

Fuente: Jiménez, J.M

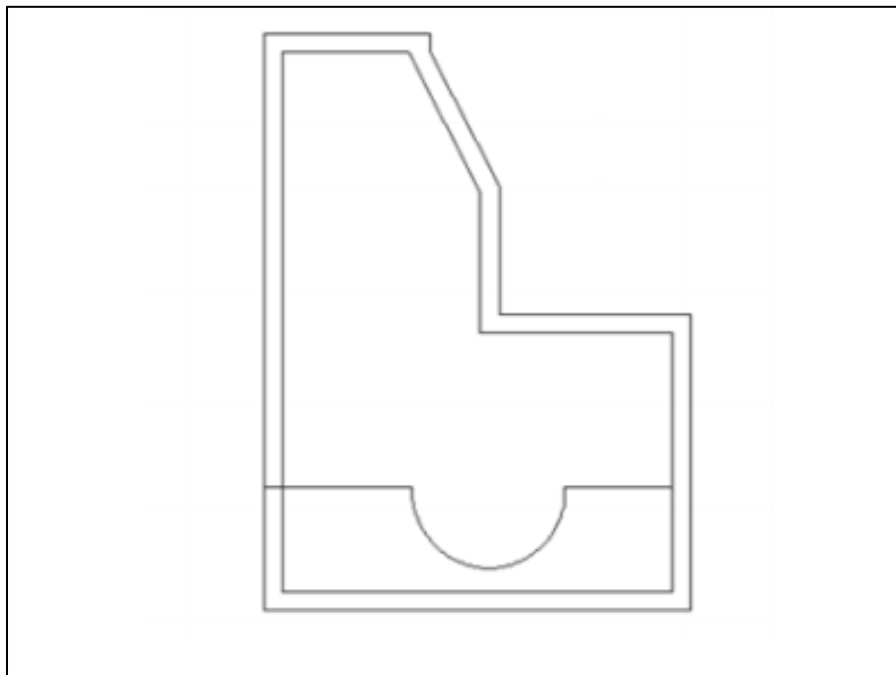


Fig. 23 Pozo tipo caja

Fuente: Jiménez, J.M.

2.24.2.1 Separación entre pozos de visitas

La distancia máxima entre pozos de registro debe ser suficiente para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. Se recomiendan las siguientes distancias en función del diámetro:

- De 20 hasta 61 cm de diámetro, 125 metros de separación.
- De diámetros mayores a 61 cm y menor o igual a 305 cm, son 175 metros de separación.
- De diámetros mayores a 122 cm y menor o igual a 305 cm, 175 metros.

Estas distancias se pueden incrementar según la distancia del cruce a la calle, hasta un máximo del 10%.

2.24.2.2 Cambios de dirección

Para el cambio de dirección, la deflexión necesaria en los diferentes tramos de tubería procede de la siguiente manera:

- Si el diámetro de la tubería es de 61 cm o menos, el cambio de dirección es un máximo de 90 grados, y deben hacerse con un pozo ordinario.
- Si el diámetro es superior a 61 cm e inferior o igual a 122 cm, el cambio máximo de dirección es de 45 grados y se debe hacer un pozo especial.
- Si el diámetro es superior a 122 cm e inferior o igual a 305 cm, estos cambios son hasta 45 grados y se utiliza en un pozo caja de deflexión.

2.25 ESTRUCTURAS DE CAIDA

Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

2.25.1 Caídas libres

En los pozos de visita común, la caída libre es hasta 50 cm para tuberías de 25 cm de diámetro. En este caso, la caída libre se mide de la plantilla del tubo de llegada a la clave del tubo de salida.

2.25.2 Caídas adosadas (CA)

Se construye sobre tuberías de entrada de hasta 25 cm de diámetro, con caídas hasta 200 cm y se adosa a pozo común. La caída se mide desde la clave del tubo de entrada hasta la clave del tubo de salida.

2.25.3 Pozos con caídas (CP)

Están contruidos en tuberías de entrada y salida de 30 a 76 cm de diámetro, no permiten uniones, y la caída es hasta 300 cm. La caída se mide desde la plantilla del tubo de entrada hasta la plantilla del tubo de salida.

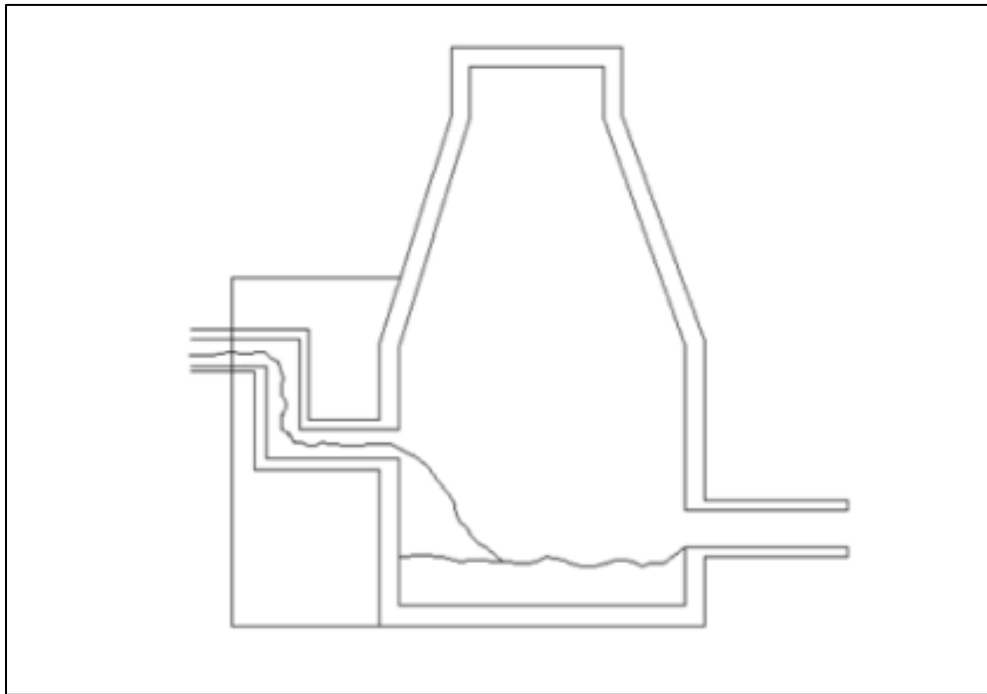


Fig. 24 Pozo con caída adosada

Fuente: Jiménez, J.M.

2.25.4 Caída escalonada (CE)

Están contruidos en tuberías de entrada y salida mayores a 76 cm de diámetro, no permiten intersecciones, y la caída es hasta 250 cm. La caída se mide desde la plantilla del tubo de entrada hasta la plantilla del tubo de salida.

2.26 SIFONES INVERTIDOS

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos. La topografía local puede exigir la ejecución de obras especiales dada la necesidad de superar obstáculos como, quebradas, ríos, canalizaciones de aguas pluviales, aductoras, cruce de túneles (metros), cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, tubería o

viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos.

2.27 CRUCES ELEVADOS

Cuando por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca longitud, generalmente se logra por medio de una estructura que soporte la tubería. La tubería para el paso por un puente vial, ferroviario o peatonal debe ser de acero y estar suspendida del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de las vibraciones a la tubería, la que debe colocarse en un sitio que permita su protección y su fácil inspección o reparación. A la entrada y a la salida del puente, se deben construir cajas de inspección o pozos de visita.

2.28 CRUCES SUBTERRANEOS CON CARRETERAS Y VIAS DE FERROCARRIL

Para este tipo de estos cruces, la práctica común es usar tubería de concreto o tubería de acero con un revestimiento de concreto. En algunos casos el revestimiento se coloca únicamente para proteger a la tubería de acero del medio que la rodea. En cruces ferroviarios, una solución factible cuando el diámetro de la tubería de alcantarillado es menor o igual a 30 cm, es introducir la tubería dentro de una camisa formada por un tubo de acero hincado previamente en el terreno, el cual se diseña para absorber las cargas exteriores. Este tipo de cruces deben de construirse de acuerdo con las especificaciones de los FFCC, quienes deben de aprobar el proyecto.

2.29 CRUCES SUBTERRÁNEOS CON RÍOS, ARROYOS O CANALES

Se debe de tener especial cuidado en desplantar el cruzamiento a una profundidad tal que la erosión de la corriente no afecte a la estabilidad de éste. Este tipo de cruzamiento subterráneo se recomienda hacerlo con tubería de acero, revestida de concreto simple o reforzado según lo marque el diseño correspondiente.

2.30 MODELOS DE CONFIGURACIÓN PARA CAPTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

2.30.1 Modelo perpendicular

Si la comunidad es paralela a una corriente existente en el lugar y el terreno se inclina suavemente hacia él, es mejor colocar tuberías perpendiculares al arroyo para lograr la mejor de recolección de aguas residuales.

2.30.2 Modelo radial

En este modelo, las aguas residuales fluyen radialmente fuera de la localidad, a través de colectores.

2.30.3 Modelo de interceptores

Este tipo de modelo se utiliza para recolectar aguas residuales en un área que tiene curvas de nivel relativamente paralelas, no tiene una gran pendiente y cuya tubería principal (colector) está conectada a una tubería más grande (interceptor), que es más grande y el responsable de transportar las aguas residuales a la fuente de descarga o planta de tratamiento.

2.30.4 Modelo de abanico

Cuando el sitio de interés está en un valle, la línea de convergencia se puede llevar a la tubería principal (colector) ubicada dentro del sitio, y así, la línea de convergencia comienza desde una sola tubería de descarga.

2.31 ESTRUCTURA DE DESCARGA

Se denomina estructura de descarga a la obra que se encuentra al término del sistema de alcantarillado que garantiza una descarga continua a una corriente destinada. Estas estructuras pueden echar las aguas de un emisor compacto en conductos cerrados o de canales, así que se consideran dos tipos de estructuras para las descargas.

Las características de la estructura de descarga de la disposición final dependerán del lugar escogido para decantarla, del gasto de descarga, del tipo de emisor, por mencionar algunos aspectos, procurando que este mecanismo vierta las aguas a presión atmosférica.

Previo a lo antes mencionado, es imprescindible el tratamiento de las aguas residuales y deberá ajustarse a las normas técnicas ecológicas vigentes y acorde al estudio realizado del impacto ambiental de la localidad.

2.32 SITIOS DE VERTIDO PREVIO TRATAMIENTO

El tratamiento final de las aguas residuales se puede realizar de diversas formas, complementando el trabajo de la depuradora mediante procesos naturales. Es importante señalar que todas las emisiones no tratadas son temporales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales más comunes se describen a continuación.

2.33 VERTIDO EN CORRIENTES SUPERFICIALES

A menos que se haya tratado los vertidos antes de la descarga a las corrientes superficiales, y de acuerdo con las regulaciones de CONAGUA será el tratamiento del referido vertido.

Para depositar las aguas residuales de una planta de tratamiento en una corriente receptora se debe emplear una estructura de descarga que pueda encaminarla debidamente a la corriente.

Para el diseño de la estructura de descarga se tendrá que prever la siguiente información:

- Tener en cuenta el gasto mínimo y máximo de aguas residuales tratadas que ofrece el emisor

- La sección o secciones topográficas de la zona de vaciado, intentando que sea un tramo recto y estable de la corriente, señalando los niveles de aguas mínimas, normales y extraordinarias.
- Particularidades geotécnicas del cauce.
- Elevación de la plantilla del emisor en la descarga.

2.34 VERTIDO EN TERRENOS

Es el agua residual tratada bajo la normativa de la SEMARNAT para poder utilizarla en el riego de áreas verdes, con fines recreativos o para recargar acuíferos.

Para ello, se solicita la siguiente información para el trabajo y para escoger el sitio de vertido:

- Establecer el tipo de cultivo que se regará con esas aguas.
- Sistema de riego que se instaurará.
- Gastos mínimos y máximo de aguas residuales tratadas que suministra el emisor.
- Tipo de suelo.
- Permeabilidad del terreno y factibilidad para drenarlo.
- Elevación del nivel freático.
- Topografía del lugar relacionada a la del emisor de las aguas residuales.

2.35 TRATAMIENTO Y REUSO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO CON LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE (LGEEPA)

El art. 92 de la LGEEPA, corregido en 1996, estipula que las autoridades deben promover (entre otras cosas) el tratamiento y la reutilización de las aguas residuales para asegurar el suministro de agua y reducir los niveles de desechos. Por ello, uno de los estándares ecológicos establecidos por la LGEEPA sobre la prevención y control de la contaminación es que el agua se utilice en actividades productivas vulnerables a la

contaminación, y es necesario ser responsable del tratamiento de las emisiones, y reintegrarla para ser adecuado al uso en otras actividades y mantener la ecología en condiciones para el equilibrio del sistema (art.117, fracc.III).

Es importante conocer lo anterior para que, al momento de la planeación y ejecución de un proyecto, este sea guiado por la parte legal en la que no se comprometa el medio ambiente y sea un proyecto sustentable.

2.36 EFECTOS CAUSADOS POR PARTE DE AGUAS RESIDUALES EN LOS RÍOS

En el flujo de agua superficial normal, ocurre un ciclo que resulta en un equilibrio entre la vida vegetal y animal, lo que también indica la interdependencia de diferentes grupos biológicos.

Si por acciones del ser humano, la tubería del drenaje no cuenta con una correcta estructura de descarga final, puede causar que la contaminación que genera en la corriente ya sea por residuos domésticos o industriales en grandes cantidades, rompa el ciclo equilibrado de los organismos.

Las consecuencias de esta contaminación según Valdez, E., & Vázquez, A. (2003, p. 46) son las siguientes:

- a) Los microorganismos patógenos en las aguas residuales convierten el agua natural en aquellos que fluyen hacia fuentes de suministro inseguras para recreo y criaderos de animales como almejas y mariscos.
- b) La descomposición de la materia orgánica inestable desprenderá al agua de su oxígeno y, por lo tanto, hará que los peces mueran.
- c) Además, los ácidos, aceites y otros materiales tóxicos pueden aniquilar a los peces y a cualquier otra vida acuática o harán que no se puedan comer.

- d) La descomposición de la materia orgánica puede producir olores y condiciones desagradables, al punto de afectar negativamente la naturaleza del agua.

Es por lo anterior que se pudiera comentar al H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes y al personal encargado de Obras Públicas, la posibilidad de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, puesto que este sistema de drenaje carece de una, haciendo que las descargas lleguen al río directamente, contaminando parte de este.

En caso de que la idea de una planta de tratamiento no fuera aceptada, se menciona como opción la construcción de una fosa séptica, con algunos desniveles y diferentes materiales en su interior, para la filtración de las aguas que reciba del sistema de drenaje y de las cuales lleguen al río, pero con un menor índice de contaminantes.

CAPITULO III MONOGRAFÍA DE SAN RAFAEL RIO SECO

3.1 MUNICIPIO DE AMATLÁN DE LOS REYES

De acuerdo con la página del Gobierno del estado de Veracruz el nombre de este municipio proviene del náhuatl “Amatl”, amate y “Tlan”, junto a, que significa “lugar donde hay muchas higueras o amates”.

Fundada en 1456 la villa de Amatlán, aunque según el antropólogo Luis Reyes García, su origen data del año 900 a.C.

Ubicada en la zona centro montañosa del estado de Veracruz, con coordenadas geográficas 18° 50' 51" latitud norte y 96° 54' 55" longitud oeste, a una altura de 742 metros sobre el nivel del mar.

Colinda con los municipios de Córdoba, Atoyac e Ixhuatlán del Café al norte; al este con los municipios de Atoyac y Yanga: al sur con los municipios de Yanga, Cuichapa, Omealca, Coetzála, Naranjal y Fortín; al oeste con los municipios de Fortín y Córdoba.

Cuenta con una superficie de 151.5 km^2 , número que representa un 0.21% de la extensión total del estado.

Es un municipio que cuenta con 80 localidades y una población total de 38, 287 habitantes.

Sus recursos naturales se basan en minerales tales como el aluvión, mosaicos acotitla y calizas; hoy en día se tiene maderas blancas como recursos forestales, pues algunas ya se están extinguiendo como el cedro y xochitcuahuitl. También se cuentan con montañas de las cuales se extraen grava, calhidra y bloques de mármol.

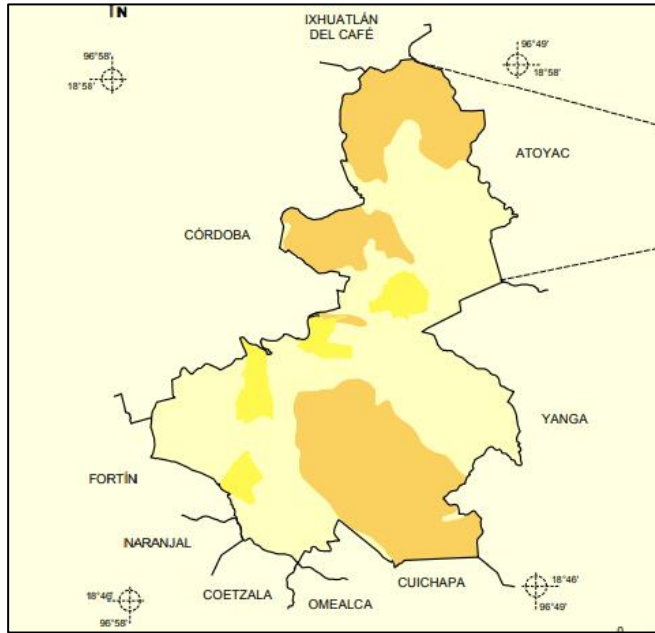


Fig. 25 Colindantes del municipio de Amatlán de los Reyes.

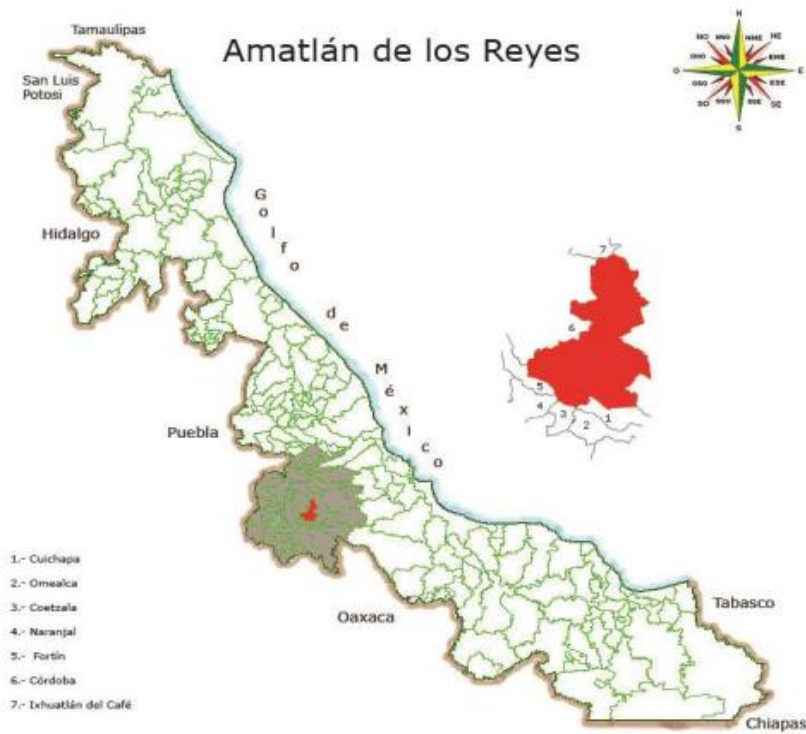


Fig. 26 Localización geográfica del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz.

Fuente: CEIEG Veracruz (<http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2018/05/Amatl%C3%A1n-de-los-Reyes.pdf>)

3.2 ZONA DE ESTUDIO LOCALIDAD SAN RAFAEL RIO SECO

3.2.1 Generalidades

Dentro del estado de Veracruz se encuentra el municipio de Amatlán de los reyes que, con sus 77 localidades, nos centraremos en San Rafael Rio Seco, ubicada en la zona de las altas montañas.

A dicha comunidad se llega partiendo de la Cabecera Municipal de Amatlán de los Reyes hacia el norte por la avenida 21 de Mayo, girar a la derecha sobre 16 de septiembre y luego a la izquierda sobre Allende, pasando una cuadra, levemente girar a la derecha sobre la calle Benito Juárez, después de 150 metros, doblar a la derecha sobre la avenida Morelos hasta llegar al entronque, nuevamente a la derecha para incorporarse con la carretera Boca del Río-Córdoba (Córdoba-Minatitlán) con sentido hacia el este, aproximadamente 3.5 kilómetros. Tomar la salida a la derecha a Veracruz-La Tinaja Libre, mantenerse sobre el carril izquierdo para tomar la carretera Córdoba-Peñuela y avanzado 300 metros, a la derecha tomar la desviación a Potrero, pasando por la colonia Las Gardenias y cerca de 1 kilómetro, doblar a la izquierda para entrar a la localidad de San Rafael Río Seco, tal como se puede observar en la fig. 27.

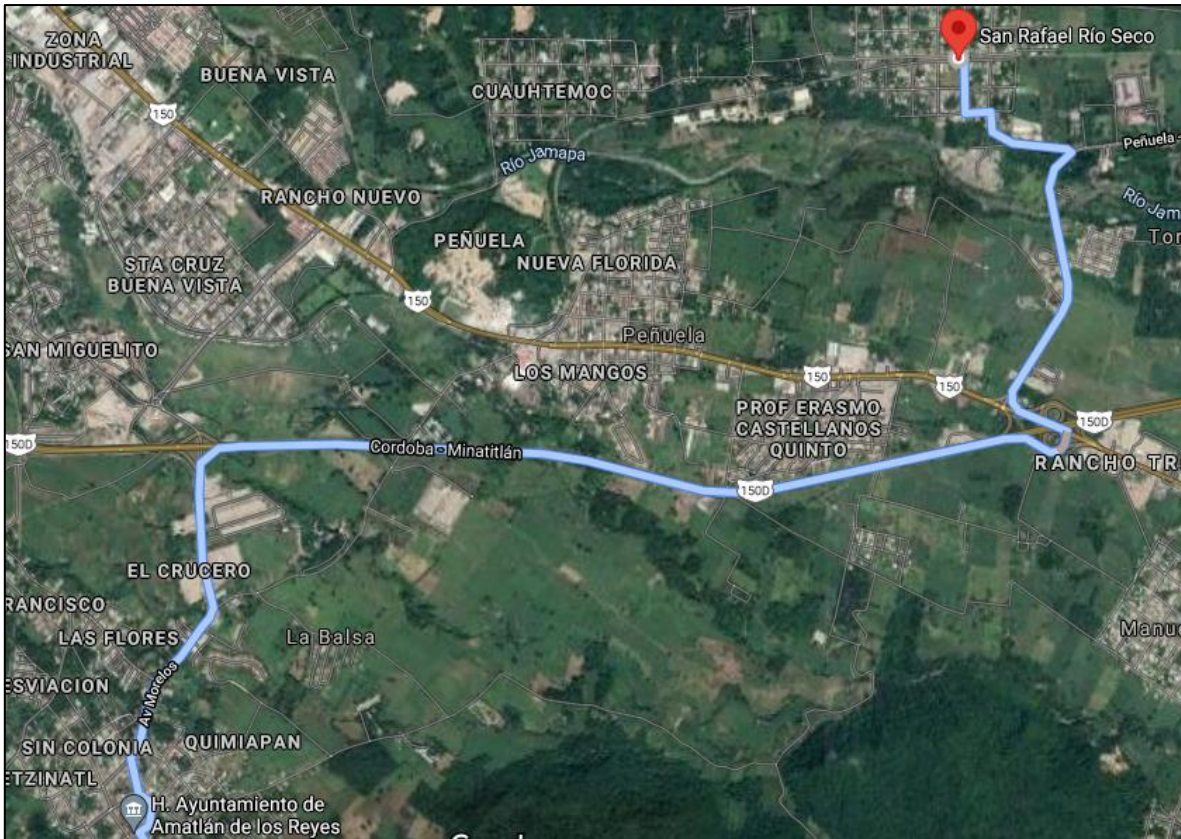


Fig. 27 Ruta desde el H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes hasta la localidad de San Rafael Río Seco.

Fuente: Google Earth

El tipo de localidad que se encuentra es un poblado tradicional, donde su abasto de alimentos gira entorno al frijol, maíz, harina o tortillas de maíz, harina o pan de trigo, arroz, leche y huevo.

Cuenta con alumbrado público la mayor parte de las calles de la localidad, sistema de agua potable y drenaje.

El nivel de rezago social en dicha localidad está dentro de un rango bajo y el tamaño de la localidad se ubica en el lugar 4, de 14 rangos de tamaño existentes.

Presenta espacios culturales y recreativos como cancha deportiva, campos de fútbol, plaza pública, parque con juegos infantiles, biblioteca y salón de usos múltiples.

3.2.2 Ubicación geográfica

La localidad de San Rafael Río Seco se ubica en la longitud 18° 52' 33.0" y latitud -96° 52' 49.0", con una altitud 698 metros sobre el nivel del mar.

La zona de trabajo está comprendida dentro de los límites siguientes, los cuales se pueden ubicar en la fig. 29:

- Al Norte: Colonia José María Morelos (Santa Ana).
- Al Sur: Con entrada los Pinos.
- Al Este: Localidad de Paraje Nuevo.
- Al Oeste: Colonia San Felipe.



Fig. 28 Micro localización de la localidad de San Rafael Río Seco

Fuente: INEGI.

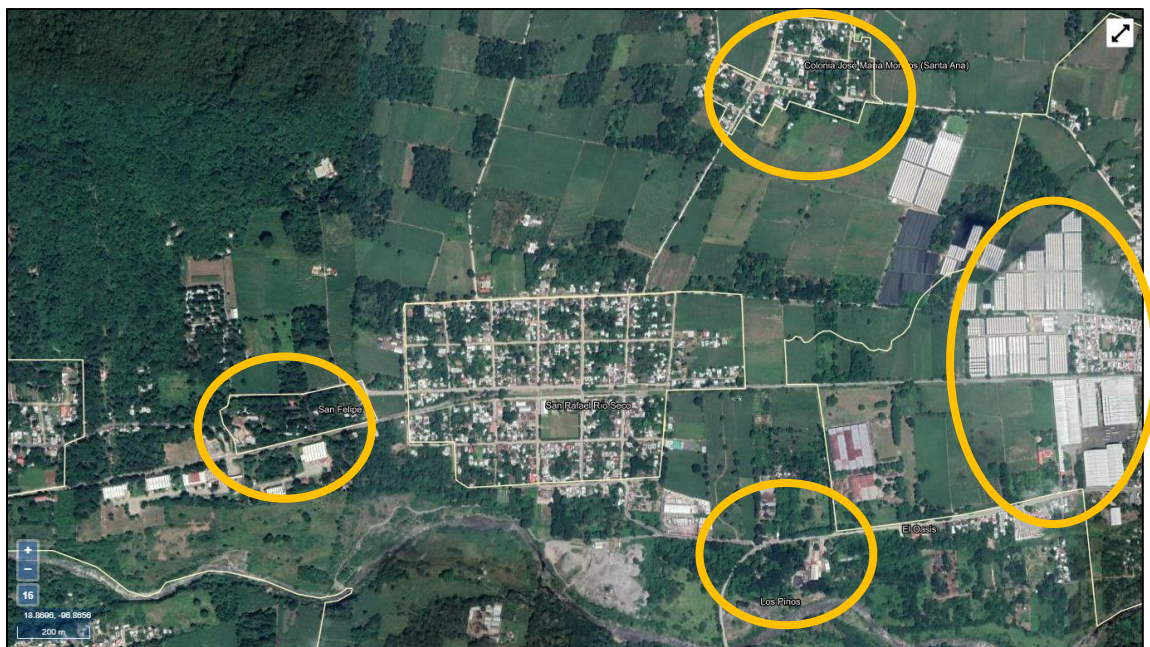


Fig. 29 Colindantes de la localidad de San Rafael Rio Seco

Fuente: INEGI

3.2.3 Extensión territorial

La extensión de la localidad es de 439,988.936 m² y está dividida en un total de 27 manzanas, como se puede observar en la figura 30.



Fig. 30 División territorial de San Rafael Rio Seco

Fuente: INEGI

3.2.4 Demografía

Se muestra con datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI de 2020, la clasificación de la población de acuerdo con su edad, teniendo un total de 1,578 habitantes en la localidad de San Rafael Rio Seco.

Tabla 10 Distribución de la población de la localidad de San Rafael Rio Seco con datos oficiales por parte de INEGI

Población	Total
De 0 a 2 años	52
De 3 años y más	1,526
De 5 años y más	1,478
De 12 años y más	1,298
De 15 años y más	1,211
De 18 años y más	1,135
De 18 a 24 años	189
De 60 años y más	200
De 65 años y más	142
POBLACIÓN TOTAL	1,578

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI.

3.2.5 Educación

Es un indicador que nos permite analizar el grado de desarrollo de un pueblo o nación, ya que es parte fundamental sobre los cuales se pueden apoyar los programas en materia de salud.

La localidad cuenta con un centro de educación preescolar, un centro de educación primaria y una escuela telesecundaria, para impartir clases a los habitantes entre 3 y 15 años de la localidad.

Tabla 11 Clasificación de la educación en la localidad de San Rafael Rio Seco por edad.

POBLACIÓN	TOTAL
De 15 a 17 años que asiste a la escuela	57
De 18 a 24 años que asiste a la escuela	51
De 8 a 14 años que no sabe leer y escribir	2
De 15 años y más analfabeta	61
De 15 años y más sin escolaridad	55
De 15 años y más con primaria incompleta	183
De 15 años y más con primaria completa	283
De 15 años y más con secundaria incompleta	36
De 15 años y más con secundaria completa	278
De 18 años y más con educación pos-básica	344
Grado promedio de escolaridad	8.12

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI.

Así mismo, se presenta con un grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años mayor a 7.0 hasta 8.4 con una frecuencia de 56 y un porcentaje mayor a 91.1 hasta 97.0 y frecuencia de 46 dentro de las personas de 15 años y más alfabetos.

3.2.6 Características de las viviendas

Según el Censo del 2020 por parte del INEGI, se encuentra un total de 592 viviendas particulares en la localidad, de las cuales sólo 482 están habitadas, del número anterior, 467 cuentan con recubrimiento de piso y 480 con agua entubada. Y sólo 459 presentan servicio sanitario y 479 cuentan con un servicio de drenaje.

3.2.7 Red de agua

El abastecimiento de agua entubada que llega a la localidad es mediante mangueras y cuenta con una red de distribución que lleva el agua desde un manantial, el cual es el abastecimiento para dicha localidad y algunas alrededor.

Los habitantes aprovechan demasiado este líquido vital, puesto que solo tienen acceso a él durante un par de horas y tres veces a la semana, si es que no se presentan problemas externos a la localidad. Así pues, guardan el agua en cubetas, tanques, tinacos o cisternas.

3.2.8 Accesos y comunicaciones

Para acceder a la localidad de San Rafael Rio Seco, se utiliza el camino pasando por San Felipe o la carretera con desviación a Potrero Nuevo.

Se tiene acceso por caminos de terracería viniendo de la colonia José María Morelos y hacia la comunidad de Paraje Nuevo.

Se cuenta con medio de transporte público, en este caso, autobuses con corridas cada media hora y taxis que llegan a pasar por la localidad.

De igual manera, dentro de la localidad existen los servicios de teléfono público, internet, servicio de televisión de paga y señal de teléfono celular.



Fig. 31 Accesos para llegar a la localidad de San Rafael Rio Seco

Fuente: INEGI.

3.2.9 Salud

En el ámbito de la salud, tenemos a 387 personas sin afiliación y a 1,191 personas afiliadas a servicios de salud.

Dentro de las personas afiliadas, 726 están asociadas al IMSS, 22 al ISSSTE, 418 al Instituto de Salud para el Bienestar, 25 al IMSS BIENESTAR y 1 persona adscrita en una institución privada.

3.2.10 Economía

Su principal actividad económica es el comercio, ya que cuenta con tiendas de abarrotes, tienda Diconsa, papelerías, tortillerías y negocios particulares.

Hay un total de 766 personas de 12 años y más económicamente activas y 528 personas dentro de ese mismo rango, pero no económicamente activas.

749 personas de 12 años y más, ocupada y en ese mismo rango, pero con un total de 17 personas desocupadas, hablando económicamente.

3.2.11 Religión

En la localidad de San Rafael Rio Seco, la religión católica predomina en la población con un total de 1,374, seguido de los grupos religiosos protestante, cristiano evangélico con 141 personas.

El número de la población sin religión o sin adscripción religiosa corresponde a 63 personas.

3.2.12 Relieve continental

El relieve continental es el que se encuentra en zonas emergentes dentro de la litosfera. Es por ello por lo que en la localidad de estudio se puede tener pendientes del terreno en un rango entre 0% hasta 6%, lo que se puede deducir que está en una zona de valle de laderas tendidas.

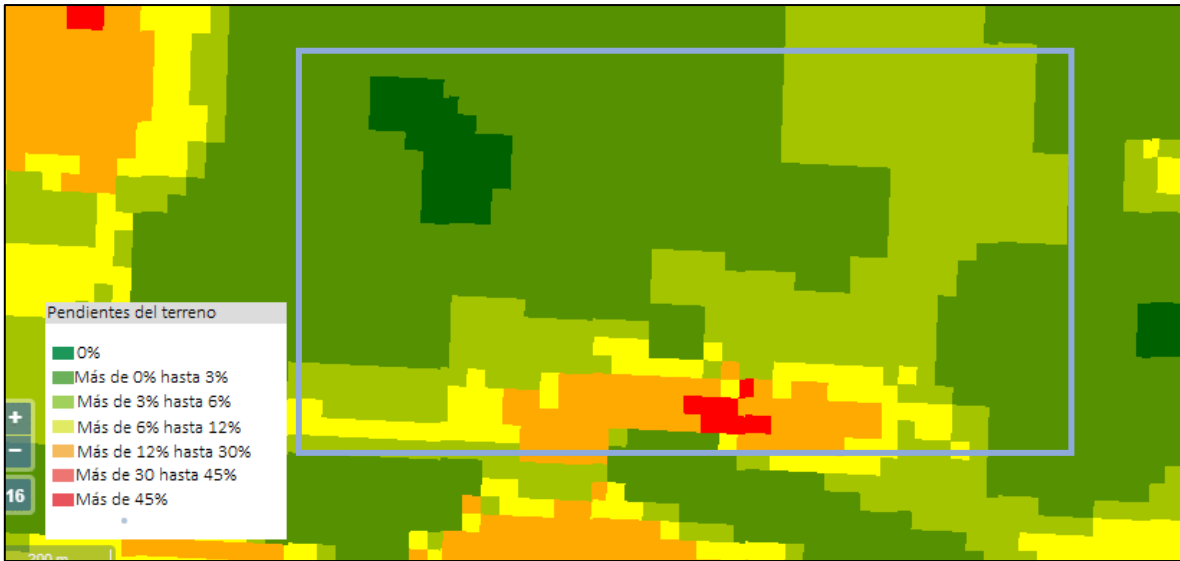


Fig. 32 Pendientes del terreno correspondientes a la zona de estudio

Fuente: INEGI

3.2.13 Clima

La temperatura media anual que predomina en la localidad oscila entre los 18°C y 23°C; la precipitación media anual está alrededor de los 1100 mm.

Dentro de las unidades climáticas, la localidad se encuentra en una región cálido semicálido húmedo.



Fig. 33 Clima y precipitación predominante en zona de estudio.

3.2.14 Flora

Los ecosistemas que coexisten en el municipio son el de bosque templado caducifolio, selva mediana subperennifolia y secundaria predominando especies como el ocozote, encino, fresno, álamo y sauce.

3.2.15 Fauna

En la zona se desarrolla una fauna compuesta por poblaciones de mamíferos silvestres como conejo, zorros, perdices, tlacuaches, armadillos, ardillas, tuzas, ratones, ratas, aves como paloma mora, colibríes, paloma tehuacanera, primavera, tortolitas y tordos, reptiles como palanca, víboras, coralillo y culebras y anfibios como sapos y ranas.

3.2.16 Hidrografía

Pertenece a la región hidrológica 28, perteneciente al Papaloapan y a su vez a la subcuenca del R. Atoyac, (fig. 34 y 35).



Fig. 34 Región hidrológica perteneciente a la zona de estudio

Fuente: Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL)

/



Fig. 35 Macro localización de la cuenca perteneciente al municipio de la zona de estudio

Fuente: INEGI

3.2.17 Edafología

Según la Real Academia Española, la edafología es la ciencia que trata de la naturaleza y condiciones del suelo, en su relación con las plantas. En base a lo anterior, se muestra el mapa de la figura 36, que la localidad se localiza dentro del grupo agrícolas bastante fértiles y con un suelo dominante de tipo vertisol.



Fig. 36 Edafología predominante en la zona de estudio

Fuente: INEGI

3.2.18 Geología

Pertenece a la provincia geológica del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, la cual atraviesa el centro del territorio mexicano y al estado de Veracruz de igual manera en su parte central, pasando por el municipio de Amatlán de los Reyes y sus colindantes. Está constituida por rocas sedimentaria, principalmente caliza, que fueron depositadas durante los periodos cuaternario y cretácico.



Fig. 37 Geología de la zona de estudio

Fuente: INEGI

3.2.19 Fisiografía

Pertenece a las provincias fisiográficas de la Llanura Costera del Golfo Sur en un 85% y al Eje Neovolcánico en un 15% y particularmente a la subprovincia de la Llanura Costera Veracruzana en un 85% y Chiconquiaco con un 15%.

También hay que mencionar que la zona de estudio se encuentra dentro de un sistema de topoformas, perteneciente a lomerío.

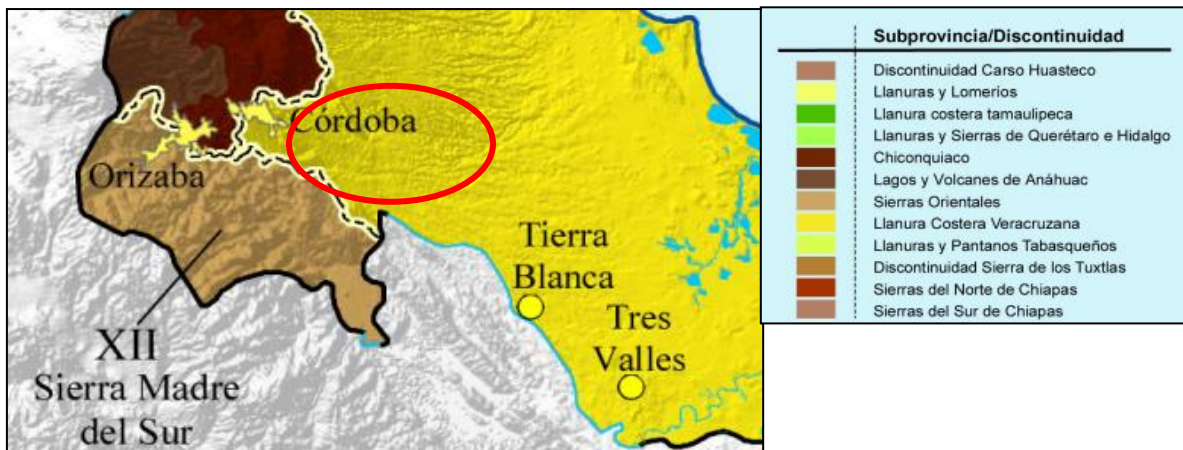


Fig. 38 Mapa de la Fisiografía del estado de Veracruz

Fuente: INEGI

CAPITULO IV DESCRIPCIÓN DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS PRELIMINARES

El sistema de drenaje sanitario general de la localidad tuvo una primera rehabilitación en el mes de septiembre del año 2019, después de pasados 4 años de su construcción, en una de sus líneas de drenaje, ubicada a lo largo de la calle Julián Gutiérrez, se presentan problemas con la circulación de los desechos sanitarios. Con el fin de lograr detener a los fluidos que se regresaban hacia los registros y pozos de visita y salieran de estos hacia la calle, y que provocaba molestias a una parte de los habitantes de la localidad, se decide realizar la primera rehabilitación a este sistema.

Viendo a lo anterior, se procedió a instalar una válvula en un registro de inspección, para que cuando la tubería y los pozos de visita se viera rebasada de sus niveles, este artefacto pudiera dar salida al contenido del drenaje, pero impidiendo la entrada de este. También, se construyó una caja concentradora, en la esquina de la calle Julián Gutiérrez y Av. José Navarro, la cual pudiera recibir todos los desechos de esa zona, como un receptor más para después conectarse a la otra mitad del sistema que se encuentra pasando la vía del ferrocarril y poder dar una mejor fluides de salida a las aguas residuales. Pero esto sólo benefició a un grupo pequeño de pobladores, sin poder obtener resultados favorables para el resto de los afectados, es por ello por lo que se solicitó al H. Ayuntamiento de Amatlán, una segunda rehabilitación de la línea de drenaje afectada.

De la rehabilitación realizada en septiembre del 2019, se pudo obtener una parte de la descripción de ese proyecto con sus componentes principales y aspectos constructivos, así como el plano en físico del perfil del terreno y de las dimensiones con las que se construyeron los pozos de visita y la caja concentradora. Esta última fue una

nueva solución propuesta para que ahí fuera depositada las aguas negras generadas dentro de la línea de drenaje y fuera de ayuda para desaguar los pozos de visita que se veían rebasados de su capacidad.

Estos datos que fueron brindados por el H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes ayudaron a tener una idea sobre lo que se había hecho anteriormente y que fue base para poder realizar una segunda rehabilitación al sistema de drenaje.

En la tabla 11, se pueden encontrar los valores de las variables que fueron obtenidas para el cálculo de la red de alcantarillado sanitario de toda la localidad, mismas que fueron utilizadas para la construcción de este sistema.

Tabla 12 Cálculo de variables de la red de alcantarillado sanitario

VARIABLE	VALOR
Población de Proyecto	1,689 habitantes
Dotación	100 litros/habitante/día
Aportación del 75% de la dotación	75 litros/habitante/día
Gasto Medio	1.99 litros por segundo
Gasto Mínimo	0.99 litros por segundo
M (Coeficiente de Harmon)	3.63
Gasto Máximo Instantáneo	7.22 litros por segundo
Gasto Máximo Extraordinario	10.83 litros por segundo
Longitud total de la red de alcantarillado a rehabilitar	265.50 metros
Cálculo de la densidad lineal (Habitantes por metro lineal)	6.36 habitantes/metro

Cálculo de la densidad lineal (Habitantes por metro lineal)

$$DI = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Longitud total de la red}} \quad (14)$$

$$DI = \frac{1,689}{265.50}$$

$$DI = 6.36 \text{ habitantes/metro}$$

4.1 CARACTERISITICAS GENERALES DE LA PRIMERA OBRA DE REHABILITACIÓN DE DRENAJE SANITARIO

4.1.1 Preliminares

En esta etapa solo se realizaron dos fases, como se describe a continuación:

- Desazolve de línea existente obstruida entre tramos de hasta 100 metros por medios manuales, incluye herramienta, materiales y mano de obra.
- Trazo y nivelación de terreno, con medios topográficos, estableciendo ejes de las tuberías y referencias en superficie, incluye mano de obra, herramienta y equipo necesarios.

4.1.2 Excavación

Las excavaciones son necesarias para la ejecución de la obra, pues corresponden con las líneas marcadas en el terreno, los niveles y profundidades establecidas en los planos topográficos o durante el proceso de la rehabilitación para las zanjas.

Para este caso, se hizo uso de una maquinaria pesada (retroexcavadora sobre llantas) para remover el material extraído y fuera más rápido el trabajo. A continuación, se presenta las características de las excavaciones realizadas en el tramo:

- Excavación a máquina en material tipo II de 0.00 a 2.00 metros de profundidad, incluye; mano de obra, herramienta y equipo necesario.
- Excavación a máquina en material tipo II de 0.00 a 4.00 metros de profundidad, incluye; mano de obra, herramienta y equipo necesario.

- Extracción de tubería existente en mal estado, sin recuperación del material, incluye, mano de obra y herramienta necesaria.
- Excavación a máquina en material tipo ii de 0.00 a 4.00 m de profundidad, incluye: mano de obra, herramientas y equipo necesario.
- Afine de fondo por medios manuales, sobre excavación en terreno tipo II, efectuada por medios mecánicos, espesor promedio 15.0 cm. Incluye compactación con bailarina, herramienta y mano de obra.
- Acarreo en camión primer kilómetro, de material mixto producto de la excavación, en camino plano pavimentado al punto de tiro, incluye carga con máquina.



Fig. 39 Excavación de zanja para instalación de tubería nueva.

Fuente: Propia

4.1.3 Red de drenaje sanitario

Para la instalación de la red de drenaje sanitario se tomaron los siguientes aspectos:

- Suministro y tendido de cama de arena para tuberías, incluye: apisonado y acostillado, material, mano de obra, herramienta y equipo necesario.
- Suministro e instalación de tubo de P.V.C drenaje sanitario campana espiga de 300 mm, S-25 (12"), incluye; suministro de materiales, maniobras, equipo, herramienta y mano de obra.

4.1.4 Construcción de pozos de visita

Se tienen diferentes características, puesto que no se construyeron los mismos pozos en toda la línea afectada, ya que puede que algunos requieran mayor profundidad de acuerdo con la pendiente de proyecto dada, por lo que se presenta a continuación los datos de la construcción de estos pozos de visita:

- Pozo de visita de muro de tabique de 0.25 m a tizón, aplanado pulido, desplante sobre mampostería, escalones, no incluye: brocal y tapa, diámetro de 0.60 a 0.90 m sobre tubo de 0.30 a 0.45 m., profundidad de la rasante hidrológica 1.50 m a 1.80 m.
- Pozo de visita de muro de tabique de 0.25 m a tizón, diámetro de 1.50 m a 0.60 m, aplanado pulido, desplante sobre mampostería a base de piedra braza de la región, con una sección de 0.50 m por un diámetro interior de 1.50 m y hasta 1.20 m de altura, escalones, no incluye: brocal y tapa, diámetro de 0.60 a 0.90 m sobre tubo de 0.30 a 0.45 m., profundidad de rasante hidrológica 3.50 m.

- Pozo de visita de muro de tabique de 0.25 m a tizón, diámetro de 1.70 m a 0.60 m, aplanado pulido, desplante sobre mampostería a base de piedra braza de la región, con una sección de 0.50 m por un diámetro interior de 1.70 m y hasta 2.00 m de altura, escalones, no incluye: brocal y tapa, diámetro de 0.60 a 0.90 m sobre tubo de 0.30 a 0.45 m., profundidad de la rasante hidrológica 5.00 m.
- Pozo de visita de muro de tabique de 0.25 m a tizón, diámetro de 1.70 m a 0.60 m, aplanado pulido, desplante sobre mampostería a base de piedra braza de la región, con una sección de 0.50 cm por un diámetro interior de 1.70 m y hasta 2.00 m de altura, escalones, no incluye: brocal y tapa, diámetro de 0.60 a 0.90 m sobre tubo de 0.30 a 0.45 m, profundidad de rasante hidrológica 3.50 m.
- Renivelación pozo de visita existente, utilizando tabique de 0.25 m a tizón, aplanado pulido, incluye: retiro de brocal existente en mal estado sin recuperación de material, compactación y relleno de la zona perimetral.
- Suministro y colocación de brocal y tapa de polietileno (pesado).

4.1.5 Relleno

El material sobrante proveniente de las excavaciones realizadas se puede examinar para ver si será factible utilizarlo para el llenado de las zanjas abiertas o si solamente, tendrá que ser retirado fuera de la zona de trabajo y se procederá a traer material diferente de un banco de material. Se debe tener en cuenta la realización de compactación y tener bajo control la humedad de compactación, como se describe a continuación:

- Relleno de cepas con material de banco compactado con equipo manual (bailarina) al 85% PROCTOR incluye: volteo con pala, mano de obra, herramienta y equipo necesario.
- Relleno de cepas con material “a” o “b” producto de la excavación, compactado con equipo manual (bailarina) al 85% PROCTOR incluye: volteo con pala, mano de obra, herramienta y equipo necesario.
- Suministro de material de banco tipo balastre sobre el área afectada por excavación, tendido por medios mecánicos a 10 cm de espesor.
- Suministro y tendido de cama de arena para tuberías, incluye: apisonado y acostillado, material, mano de obra, herramienta y equipo necesario.

La prueba PROCTOR, es una de las más utilizadas e importantes dentro de la mecánica de materiales para realizar el estudio y control de calidad de la compactación de un terreno, teniendo como objetivo conocer la densidad seca máxima de un terreno en función con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

En este caso, se dice que se llevó a cabo una compactación al 85% PROCTOR, haciendo referencia de que alcanza el 85% de la máxima densidad del PROCTOR Estándar.

4.1.6 Caja concentradora

Durante la rehabilitación a esta línea del sistema de drenaje se optó por la construcción de una caja concentradora, que pudiera contener la llegada de las aguas de los registros de las calles Julián Gutiérrez y Procopio Juárez y de las avenidas Heriberto Pérez y José Navarro, para que una vez en esa caja, este no se viera saturado y se diera salida hacia la otra mitad del sistema de drenaje y evitar que las aguas se regresaran a los registros y pozos de visita y brotaran a la superficie. Por ello, se presenta las características con las que fue construido este elemento.

- Construcción de losa de desplante y empotramiento para columnas, a base de concreto $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ hecho en obra, con revolvedora de 1 saco, armada con malla electrosoldada 6-6/10x10 de 12 cm de espesor. Incluye: suministro de los materiales. fabricación del concreto, vaciado, tendido, curado, herramienta y mano de obra.
- Construcción de columna de concreto $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ hecho en obra, con revolvedora de 1 saco, habilitado acero de refuerzo según proyecto. De 40 cm x 40 cm. Incluye: habilitado del acero de refuerzo, cimbra común a dos caras, fabricación del concreto, colado, vaciado, vibrado.
- Construcción de muro de mampostería de piedra braza de la región asentada con mortero cemento arena 1:6 en espesor de 0.40 m hasta una altura de 3.00 m. incluye: suministro de los materiales a primera estación, acarreo, fabricación del mortero, herramienta y mano de obra.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA LINEA DE DRENAJE EXISTENTE

La línea de drenaje cuenta con líneas de atarjeas, 14 pozos de visita tipo común, con tubería de 8" y 12" de diámetro con caídas adosadas y caída libre a pozo de visita.

Dentro de los pozos de visita 9 y 10 se encuentra una línea secundaria con pendiente de 12 milésimos. De la línea ubicada en la calle Julián Gutiérrez, se tiene una pendiente de 5 milésimos, mientras que en la calle Procopio Juárez y José Navarro se tiene pendientes de 20 milésimos entre el pozo de visita 1 y 2; de 10 milésimos del pozo de visita 2 al 7 y en la avenida Francisco Muñoz, se cuenta con una pendiente de 39 milésimos.

Primeramente, se inició con un levantamiento topográfico para lograr obtener la localización de los pozos de visita y su elevación, para así, poder construir el perfil topográfico y lograr obtener el desnivel entre los mismos.

Lo anterior es parte de una rehabilitación a la red de drenaje sanitario, en el cual se modificó la dirección de la línea de drenaje, puesto que todas las líneas del sistema caían a una sola, la calle Julián Gutiérrez y ésta a su vez se veía congestionada recibiendo las aguas sanitarias. Así que se cambió el sentido de las líneas y se optó por construir una caja concentradora, como se muestra en la figura 41, en la que se pudieran depositar las aguas de esa línea y después de ahí, se diera salida con otro tubo para la línea que está del otro lado de la vía del ferrocarril.

En esta rehabilitación, se construyó una caja concentradora con la intención de que en ella pudiera caer todas las aguas negras, y que las tuberías de la línea de red afectada estuvieran un poco más desahogadas, sin embargo, el resultado no fue el esperado, pues a pesar de ejecutar este cambio al sistema de drenaje, seguían presentándose problemas afuera de algunos registros de las casas de habitantes de la calle Julián Gutiérrez y en los pozos de visita que se encuentra dicha calle, pues seguía saliéndose las aguas negras, generando fuertes olores y un aspecto visual malo para los habitantes, además de que se podía originar un foco de infecciones respiratorias por el mal olor que esto generaba.

Otro factor que influye en que las tuberías se aglomeren y no tenga buena circulación dentro de estas, es debido a que no se cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial, ni una limpieza en las zanjas que hay en las calles, por ende, en días de precipitaciones largas, el agua de lluvia corre por las calles, entrando a los pozos de visita y así, sobrepasando la capacidad de la tubería.

Aunado a esto, se presenta el inconveniente de que la tubería de la red de drenaje sanitario pasa debajo de la vía del ferrocarril, perteneciente a FERROMEX, misma organización que no accede fácilmente para que se pueda hacer una excavación para poder examinar la unión y la pendiente de la tubería. También de que piden remuneración económica por realizar ese trabajo, pues es una vía que es transitada diariamente por trenes que tienen su trayecto establecido y el hecho de que se obstruya el paso por cierto tiempo, genera pérdidas para la compañía.

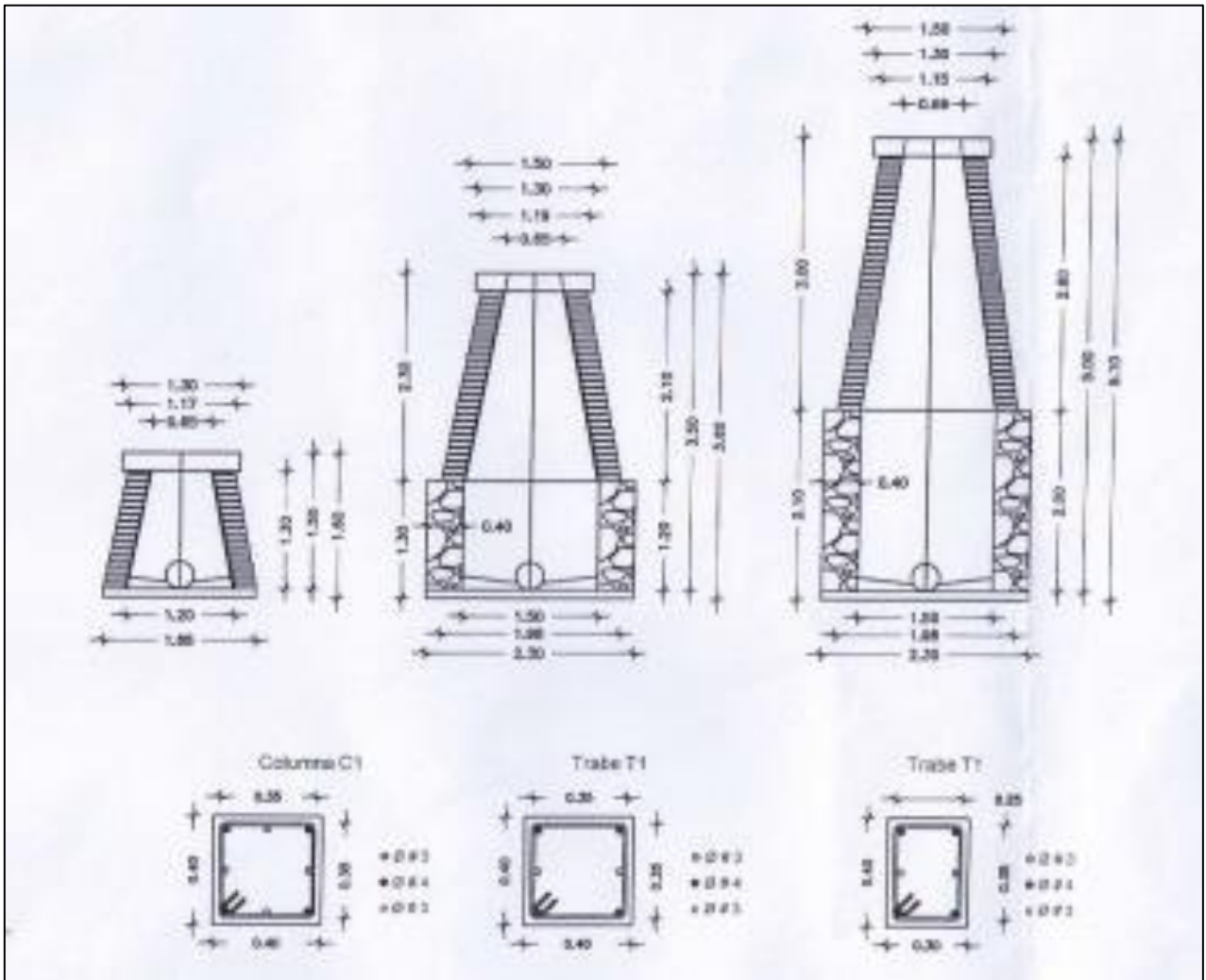


Fig. 40 Trazo en planta y perfil de pozos de visita. Fuente: H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, Ver.

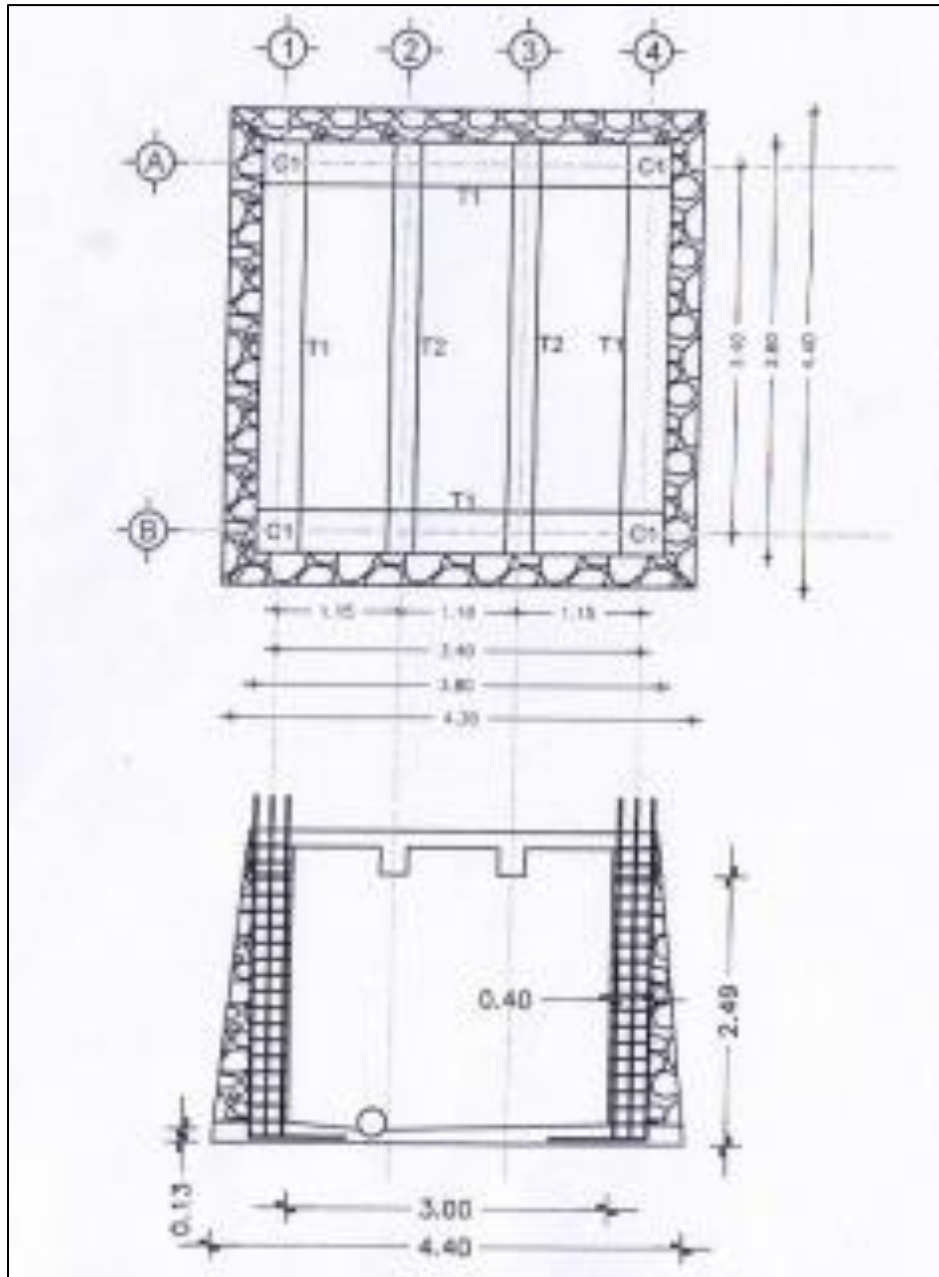


Fig. 41 Trazo de planta y perfil de caja concentradora. Fuente: H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, Ver.

4.3 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Posteriormente revisada la información brindada por el municipio de Amatlán, sólo se pudo analizar un plano donde se encontraba el perfil del terreno donde se hizo la rehabilitación, comentándonos que se había realizado con estación total de la marca Hi-Target y prisma marca Sokkia.

Estos levantamientos topográficos fueron necesarios puesto que, de ahí se obtuvo el perfil de la línea de la red del sistema de drenaje con sus pendientes y así poder hacer la modificación que por parte del Ayuntamiento se planteó en una pendiente de proyecto.

El día 29 de mayo de 2021 se realizó otro levantamiento topográfico más en la calle Julián Gutiérrez, esto con la intención de obtener puntos que nos permita obtener un perfil sanitario del lugar correspondiente a la línea afectada y compararlo con el que se obtuvo anteriormente. De este modo, obtener la localización de los pozos de visita que existen en dicha línea y poder analizar el trabajo más conveniente para reducir los problemas presentados ya que, con este levantamiento, se obtuvieron las cotas de cada pozo de visita y se conoce el desnivel entre la caja concentradora y los pozos de visita.

Conociendo el desnivel presente entre la caja concentradora y el pozo de visita 14, se puede plantear de nuevo la rehabilitación de la línea de drenaje con un desnivel que sea favorable y acorde a las condiciones del proyecto.

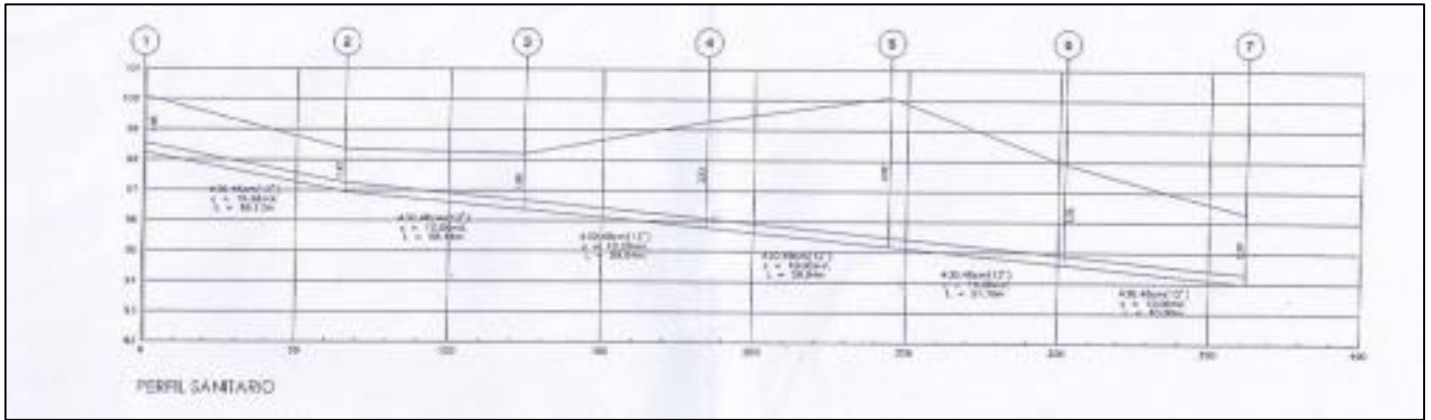


Fig. 42 Perfil topográfico de la rehabilitación del sistema de drenaje sanitario, correspondiente a la calle Procopio Juárez.

Fuente: H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, Ver.

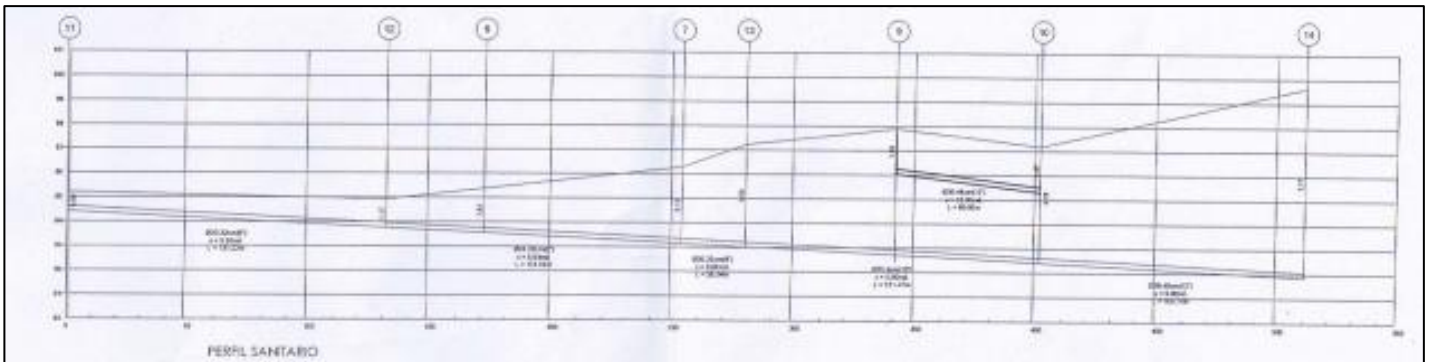


Fig. 43 Perfil topográfico de la rehabilitación del sistema de drenaje sanitario, correspondiente a la calle Julián Gutiérrez.

Fuente: H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, Ver.

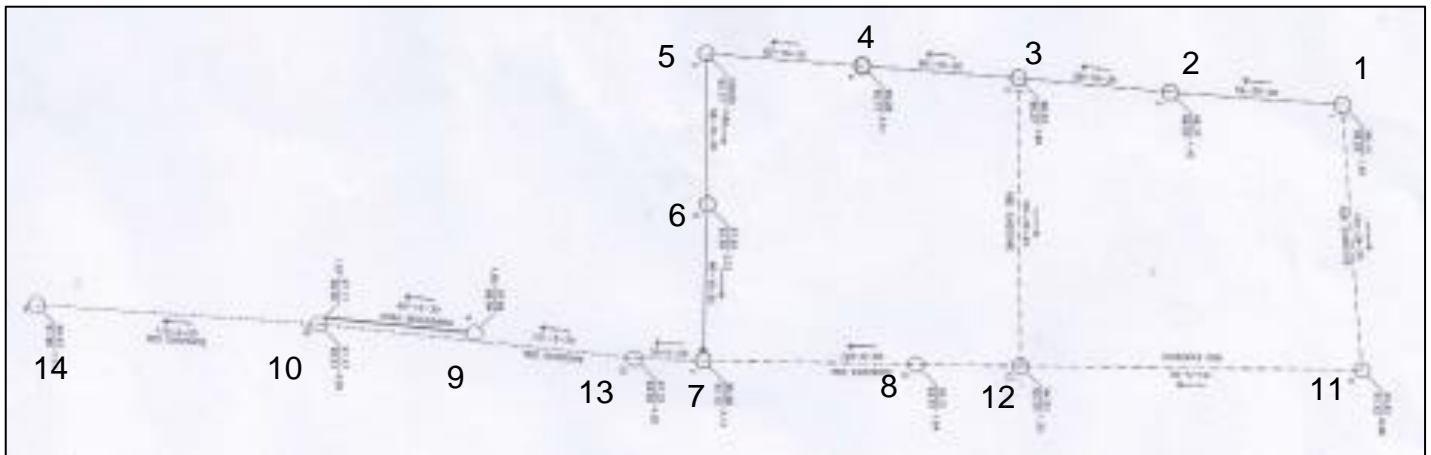


Fig. 44 Vista en planta de la ubicación de pozos de visita de la línea de drenaje sanitario a rehabilitar.

Fuente: H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes, Ver.

CAPITULO V ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA SEGUNDA REHABILITACIÓN

5.1 PROBLEMAS PRESENTES EN LA LINEA DEL DRENAJE SANITARIO

Después de unos años de la primera rehabilitación realizada a este sistema, el problema seguía presentándose, haciendo un desagrado por parte de los habitantes de la localidad que se veían afectados pues, aunque ya no se brotaba las aguas residuales por los pozos de visita de la calle, aún salía en los registros de algunas viviendas, corriendo por las laterales de la calle, provocando malos olores y un aspecto desagradable como se puede observar en las figuras 43 a la 47.

Nos damos cuenta de que otros problemas frecuentes que se presentan en las tuberías del sistema de alcantarillado son la existencia de aglomeraciones, lo que provoca la pérdida de la capacidad de la tubería, pues esto se produce cuando se acumulan sólidos que impiden total o parcialmente el flujo correcto de las aguas residuales, generando un estancamiento de estos. Esto se puede producir por la introducción de materiales ajenos al drenaje, como arena, tierra o piedras que se encuentren en la calle, por las tapas de los pozos de visita, ya que algunas pueden presentar ciertas fracturas o por los mismos orificios con los que vienen prefabricadas estas tapas, ya que la comunidad no cuenta con la construcción de un sistema de drenaje pluvial, ocasionando que, en días lluviosos, el agua corra por las calles, provocando que se filtre a los pozos de visita (fig.45).

Sumando otro contratiempo, se tiene el hecho de que la tubería de la línea de drenaje pasa debajo de la vía del ferrocarril, por lo cual, si se pretende hacer maniobras que involucren el cruce de la vía, se tendrá que hacer un permiso correspondiente con la empresa Ferrosur, para que puedan autorizarlo, pues es una vía de comunicación activa.



*Fig. 45 Inundación en calle Julián Gutiérrez y Avenida Heriberto Pérez, San Rafael Río Seco.
Fuente: Elaboración propia.*



*Fig. 46 Escurrimiento de aguas residuales por zanja de la calle Julián Gutiérrez.
Fuente: Elaboración propia.*



Fig. 47 Pozo de visita con capacidad máxima, ubicado en la calle Julián Gutiérrez.

Fuente: Elaboración propia



Fig. 48 Salida de agua residuales de registro en la calle afectada.

Fuente: Elaboración propia



Fig. 49 Salida de aguas residuales de un registro de la calle afectada.

Fuente: Elaboración propia

5.2 PROPUESTA ESTABLECIDA PARA LA LINEA AFECTADA DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

Se analizó parte del proyecto realizado por parte del H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes el cual tenía como prioridad la rehabilitación de una línea en la red de drenaje de la localidad, para eliminar los problemas presentados. Sin embargo, en ese momento solo se vio un mejoramiento en una parte de toda la calle afectada, dejando el problema sin resolver en su totalidad.

Mostrado el descontento por parte de los habitantes, se retomó el camino para coadyuvar a la segunda parte de la rehabilitación de dicha línea del sistema de drenaje sanitario, aportando con lo aprendido durante toda la carrera universitaria, con

información recabada y presentada en esta tesis y junto a los estudios recolectados como antecedentes de levantamientos topográficos realizados, sumando el levantamiento actual.

La propuesta de la rehabilitación, hablando en el ámbito de la Ingeniería Topográfica, fue presentada en un plano a escala 1:2000 de manera digital, en el cual se localizaba toda la información necesaria como los puntos del terreno natural levantados, la triangulación, curvas de nivel, el eje del camino y el perfil de este, la ubicación de los pozos de visita y la pendiente propuesta, en este caso 5 al millar, para tener un mejor flujo de salida para los desechos residuales.

5.3 EQUIPO UTILIZADO

Para los levantamientos topográficos se utilizó una estación total marca Hi-Target modelo HTS-220R con compensador de doble eje para la eliminación automática de errores, con una precisión angular de 2" y de 2 mm + 2 ppm, junto con 2 prismas de la marca Sokkia con constante -30 mm.

Para las excavaciones, se utilizó maquinaria pesada, como lo es una excavadora grande sobre oruga con ancho de pala de 1.20 m y una retroexcavadora, ambas de la marca Caterpillar.



Fig. 50 Estación total marca Hi-Tarjet utilizada en el proyecto.

5.4 METODOLOGÍA GENERAL DE LA SEGUNDA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

5.4.1 Planeación general

Como ya se ha abordado, se inicia con la recolección de datos anteriores de levantamientos topográficos realizados sobre el sistema de drenaje sanitario, encontrando un plano topográfico en físico a escala 1:1000 en donde se muestra el perfil sanitario de la calle en cuestión, las dimensiones y ubicación de los pozos de visita, además de las dimensiones de la columna y trabes implementadas y las medidas de la caja concentradora que fue incorporada en esa primera rehabilitación.

Teniendo los datos anteriores, se procede a planear la solución conforme a la situación para poder mitigar los problemas presentes y darles una correcta salida a los desechos generados por parte de los habitantes. Se procede a realizar el levantamiento topográfico de la calle afectada, obteniendo coordenadas y elevaciones de los pozos de visita que se encuentran en el camino.

Analizando la información recabada con ayuda del software AutoCAD y CivilCAD, se dibuja la calle, se ubican los pozos de visita y se genera una triangulación para así, obtener las curvas de nivel con una separación de un metro. A su vez, se dibuja un eje sobre la línea que tienen actualmente los pozos de visita en el lugar, para poder obtener el perfil de terreno y sobre este se dibuja una línea de proyecto con una pendiente adecuada de 3 al millar, revisando el proyecto en el software, conviene insertar una línea auxiliar paralela 5 metros a la existente conectada a tres nuevos pozos de visita, esto con el propósito de que la línea existente no se sature con la conexión que ya trae de otras líneas perpendiculares a esta.

5.4.2 Definición de áreas de proyecto

Con el primer plano de la rehabilitación se localizó la línea del drenaje sanitario afectada, para proceder con un nuevo levantamiento topográfico para ubicar los pozos de visita y obtener un perfil sanitario, para compararlo con el de la primera rehabilitación y revisar que la pendiente de proyecto sea correcta, para que las aguas residuales puedan tener mejor salida.

Con lo anterior, se presenta que los pozos 13, 9, 10, 14 y la caja concentradora estarán dentro de esta nueva rehabilitación, ubicados sobre toda la calle Julián Gutiérrez.

También se obtienen los valores para el proyecto, mismos que se presentan en la tabla 13 y que fueron calculados dentro de los capítulos II y III.

Tabla 13 Datos básicos para el proyecto de la segunda rehabilitación del drenaje de la localidad de San Rafael Rio Seco

CARACTERISTICA	VALOR
Población actual (2020)	1,578 hab.
Población de proyecto (2030)	1,681 hab.
Temperatura media anual	18°C – 23°C
Clima	Cálido semicálido húmedo
Clase socioeconómica	Popular
Dotación	100 l/hab/día
Porcentaje de aportación de aguas residuales	75%
Gasto medio	1.954 l/seg
Gasto mínimo	0.977 l/seg
Gasto máximo extraordinario	7.115 l/seg
Velocidad mínima	0.3 m/seg

CARACTERISTICA	VALOR
Velocidad máxima	5 m/seg
Naturaleza del sitio de vertido	Rio
Sistema de eliminación	Gravedad
Material de tubería	PAD corrugado
Coefficiente de rugosidad	0.009

5.4.3 Análisis del sistema de alcantarillado existente

Se realiza el recorrido en la línea del drenaje afectada junto con personal de trabajo y el equipo adecuado para poder destapar las tapas de los pozos de visita, indicados en el plano topográfico de la primera rehabilitación y revisar el azolve que presenta cada uno tomando las elevaciones con ayuda de una estación total.



La topografía para este problema nos ayuda a encontrar los desniveles entre pozos de visita y obtener una pendiente de proyecto idónea para la instalación de esta línea auxiliar en el sistema de drenaje sanitario de la comunidad, puesto que los pozos de visita 13, 9 y 10 se ven rebasados en su capacidad. En cambio, el pozo de visita 14 no cuenta con una saturación de aguas negras.



Así bien, se obtiene el desnivel horizontal entre la caja concentradora y el pozo de visita 14 para plantear una adecuada pendiente que ayude a que el agua fluya correctamente por la tubería sin necesidad de estancarse en la misma ni en los pozos de visita.


En la tabla 14, podemos encontrar los detalles de los pozos de visita que pertenecen a la línea de drenaje afectada, con datos obtenidos in situ, y los cuales fueron destapados con ayuda del personal del H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes y en presencia de autoridades de la localidad, para darnos cuenta de que la mayoría de los

pozos estaban ensolvados con tierra y algunas piedras, lo cual no permitía de manera correcta la circulación de las aguas residuales haciendo que se estancaran y brotaran por dichos pozos y registros ligados a la línea.

Tabla 14 Características de los pozos de visita de la línea de drenaje.

NO. POZO DE VISITA	CARACTERISTICAS	FOTO
7	<p>AZOLVE AL 75% EN DIA NORMAL SIN LLUVIA. TAPA DEL POZO DE VISITA DETERIORADA AL 30%, CON MALEZA ALREDEDOR. ELEVACIÓN: 96.28 PROFUNDIDAD: 3.13 m</p>	
13	<p>AZOLVE AL 75% EN DIA NORMAL SIN LLUVIA. TAPA DEL POZO DE VISITA DETERIORADA AL 20%, CON MALEZA ALREDEDOR. ELEVACIÓN: 97.22 PROFUNDIDAD: 4.20 m</p>	

NO. POZO DE VISITA	CARACTERISTICAS	FOTO
9	<p>AZOLVE AL 80% EN DIA NORMAL SIN LLUVIA. TAPA DEL POZO DE VISITA DETERIORADA AL 10% ELEVACIÓN: 97.89 PROFUNDIDAD: 1.85 m</p>	
10	<p>AZOLVE AL 75% EN DIA NORMAL SIN LLUVIA. TAPA DEL POZO DE VISITA DETERIORADA AL 20% ELEVACIÓN: 97.17 PROFUNDIDAD: 4.76 m</p>	

NO. POZO DE VISITA	CARACTERISTICAS	FOTO
14	AZOLVE AL 15% EN DIA NORMAL SIN LLUVIAS. TAPA DEL POZO DE VISITA DETERIORADA AL 10%. ELEVACIÓN: 99.63 PROFUNDIDAD: 7.77 m	

Al realizar parte de la excavación, nos percatamos de que la tubería existente se estaba hundiendo, ya que los tubos se estaban pandeando debido a que por debajo de éstos no se contaba con el encamado adecuado, provocando que las aguas negras se quedaran estancadas y no tuvieran una salida correcta, lo anterior pudo afectar el funcionamiento desde la primera rehabilitación.

5.4.4 Proyecto final

Se inicia marcando sobre el terreno, la nueva línea auxiliar del drenaje sanitario con calhidra para que la maquinaria realice la excavación correspondiente. El material obtenido de estas excavaciones se dispondrá a un lado de la zanja, pero de manera que no obstruya el paso a los trabajadores y para los habitantes que serán afectados por unos días mientras se realiza la maniobra, ya que este material será ocupado para relleno más adelante.

En esta segunda rehabilitación, se incorporará una nueva línea que se conectará directamente del pozo de visita 14 hasta el pozo de visita 13, con apoyo de un pozo auxiliar con diámetro de 2 metros construida de piedra con una altura de 3 metros hasta la corona y de ahí, se usaran 4 metros de tabique rojo para que esta, pueda contener mejor las aguas residuales y de ahí conectarlas al pozo de visita 14 con tubería de PAD corrugada de 18”.

Este pozo auxiliar conectado con tubería de 18” nos servirá para dar mejor salida a las aguas residuales, sin la preocupación de que vuelva a sufrir un congestionamiento dentro de esta.

Como la red del drenaje actual está en servicio, sólo se tuvo que taponear los pozos de visita activos mientras se instalaba la tubería correspondiente, esto para que los albañiles no trabajaran entre las aguas residuales que sale de los pozos de visita y evitar molestias con los habitantes de esa zona. Cada que terminaba la jornada de trabajo, se quitaba el tapón para que se desahogaran los pozos de visita.

En cuestión al problema con los permisos con Ferrosur, ya no fueron necesarios pues no se tuvo la necesidad de realizar maniobras debajo de la vía, pues sólo se instalará un tubo de PAD corrugado antes de cruzarla de 18” en el pozo de visita, ya que desde ese punto se va a ejecutar la nueva pendiente calculada para este proyecto.

Durante la excavación, la maquinaria rompió un registro ciego que tenía la entrada de dos tubos de 8” pero solo daba salida a uno de ellos, por lo que, en el momento de destruirlo, las aguas negras salieron en la zanja, pero a su vez, los pozos de visita 10 y 9 que se encontraban a su mayor capacidad, fueron desahogados, dándonos cuenta de que se estaba estancando los desechos y con la instalación de la nueva línea de tubería con la pendiente determinada por proyecto, se puede lograr el objetivo.

Para corroborar que la instalación de la tubería quedara con las pendientes propuestas en el proyecto, se requirió de un viaje de media pipa de agua para depositarla dentro de la caja concentradora, verificando que esta fluyera de manera correcta por la nueva línea establecida y con los pozos destapados, nos percatamos de que estos ya no rebasaban su capacidad y las aguas residuales tenían buena salida por la tubería.

5.5 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SEGUNDA REHABILITACION DE LA LINEA DE DRENAJE SANITARIO

5.5.1 Preliminares

- Trazo y nivelación de terreno, con medios topográficos, estableciendo ejes y referencias en superficie, incluye mano de obra, herramienta y equipo necesario.

5.5.2 Excavación

- Corte en caja por medios mecánicos para abrir caja con equipo excavadora sobre bandas 320, en material tipo II sobre niveles de proyecto para permitir la excavación directa a una profundidad no mayor a 5.00 m. Incluye mano de obra, herramienta y equipo necesario, no incluye acarreo del material de corte.
- Excavación a máquina con equipo tipo excavadora con ancho de pala de 1.20 m en material tipo II con presencia de rocas, en profundidades de 0.00 a 5.00 m, sin afine. Incluye mano de obra, herramienta y equipo necesario.
- Carga y acarreo temporal, sobre camión primer kilómetro, de material mixto producto de la excavación, para despejar área de trabajo y maniobra de maquinaria, al punto de tiro fuera del área de trabajo, para posterior reutilización. No incluye carga con máquina.

5.5.3 Red de drenaje sanitario

- Afine a mano de fondo de excavación en terreno tipo II, efectuada por medios mecánicos, espesor promedio 0.15 cm.

- Suministro y colocación de cama estabilizadora de 10 para nivelación y desplante, acostillado de tubería y cubierta de la misma, hasta 0.20 cm por sobre la tubería con material de banco tipo base granulada, para suelos con alto nivel freático. Incluye materiales, acarreo desde punto de descarga, herramienta y mano de obra.
- Suministro y colocación de tubería de 18" (46 cm) de diámetro, de polietileno de alta densidad corrugada (PAD) marca "ADS" para drenaje sanitario. Incluye empaque, material, mano de obra, herramienta y equipo necesario.
- Pozo de visita de muro de tabique de 0.25 m a tizón, aplanado pulido, desplante sobre mampostería a base de piedra braza de la región, con una sección de 1.20 m de base por 0.50 m de corona, por un diámetro interior de 1.50 m y hasta 3.00 m de altura, escalones diámetro de 0.60 m a 1.50 m sobre tubo de 0.30 a 0.45 m. Profundidad de la rasante hidrológica igual a 6.60 m.
- Suministro y colocación de brocal y tapa de polietileno (pesado). Incluye fijación mediante losa de concreto F'c 250 kg/cm² de 20 de espesor y 2.00 m x 2.00 m de sección armada con acero del No. 3. A 0.20 cm en ambos sentidos, incluye mano de obra, herramienta y equipo necesario.

5.5.4 Rellenos

- Relleno de cepas con material "A" o "B" producto de la excavación, compactado con equipo manual (bailarina) al 85% PROCTOR. Incluye volteo con pala, mano de obra. Herramienta y equipo necesario.
- Formación y compactación de terraplén compactado al 90% PROCTOR, con material producto del corte. Incluye sobre acarreo del material con carga sobre

camión de volteo, desde el punto de depósito hasta el punto de nivelación, maquinaria, mano de obra, herramienta y equipo necesario.

5.5.5 Finales

- Carga y acarreo, sobre camión volteo al primer kilómetro, del material mixto producto de la excavación, excedente. Incluye carga con máquina.
- Revestimiento del área afectada por los procesos de excavación, con material de banco tipo balastre, en capa de 10 cm de espesor. Incluye suministro y tendido del material.

CONCLUSIONES

Durante la investigación se pudo dar a conocer los componentes necesarios utilizados para la construcción o rehabilitación de un sistema de drenaje sanitario de acuerdo con lo que establece la Comisión Nacional del Agua y lo aportado por otros trabajos de grado realizados en diferentes lugares y universidades, para brindar un mejor funcionamiento que, junto con las técnicas correspondientes a la Ingeniería Topográfica aseguran un proyecto eficiente y de buena calidad.

Con el análisis realizado en el presente trabajo, nos damos cuenta de que la línea del drenaje sanitario si tenía deficiencias en cuestiones de la pendiente, pues, aunque en los planos se mostraba una correcta pendiente de proyecto, en el momento de ejecutarla no fue de una manera correcta, generando los problemas mencionados durante este trabajo. Además de que el encamado no fue el adecuado, originando que las aguas residuales se estancaran dentro de la tubería ya que con el paso de tiempo se fue hundiendo por los mantos freáticos que existen en la zona haciendo que los desechos regresaran hacia los registros de las casas de la calle afectada y los pozos de visita de la misma calle.

Para esta segunda rehabilitación a la línea del sistema de drenaje sanitario de la comunidad de San Rafael Rio Seco, se establece la construcción de una línea auxiliar paralela a la existente con la construcción de tres nuevos pozos de visita conectados con tubería de PAD corrugada de 18" (45.72 cm), con una pendiente de proyecto al 3 de millar, de acuerdo a las condiciones del terreno natural para darle salida a las aguas residuales.

Finalmente, se deja esta nueva tubería con la comprobación de que las aguas residuales tienen una correcta circulación dentro de los tubos y esta información recopilada como base para trabajos a futuros en esta misma localidad.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar el mantenimiento y limpieza de tuberías y pozos de visita en tiempos considerables para evitar que se congestione el sistema y así, el sistema de drenaje sanitario opere correctamente.
- Se propone la idea de solicitar al H. Ayuntamiento de Amatlán de los Reyes la construcción de un sistema de drenaje pluvial o al menos tener las zanjas ubicadas en las laterales de las calles desazolvadas, para que el agua pluvial no se filtre a los pozos de visita del sistema de drenaje sanitario y éste no se vea rebasado de su capacidad.
- Se sugiere la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para las mismas que salen de este sistema y no sean depositadas directamente al río conocido como el Río Seco o en su defecto registros de tratamiento de aguas al final de la red de drenaje, para tratar de limpiar un poco el agua de drenaje y no sea un foco de contaminación al río.
- Se recomienda tener en cuenta los parámetros hidráulicos obtenidos para el sistema de alcantarillado, de la localidad de San Rafael Río Seco respetando las normas y especificaciones técnicas regidas por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) para trabajos de ampliación o rehabilitaciones a futuro.
- Buscar un mantenimiento adecuado para el sistema de drenaje sanitario, planificarlo para que brinde excelente funcionamiento y evitar futuras obstrucciones.
- Concientizar a la población de la localidad sobre el uso correcto del sistema de drenaje sanitario para garantizar sus años de vida útil de proyecto y el funcionamiento esperado.

ANEXO 1

Tabla 15 Coordenadas topográficas de la calle donde pasa la línea de drenaje sanitario.

PUNTO	X	Y	Z	CODIGO
1	1008.37	993.742	99.827	REF
2	997.782	1010.9	100.619	PV1
3	997.771	1010.885	99.419	PV1
4	997.311	1010.933	92.388	PV1
5	1004.849	1002.437	99.813	TN
6	1039.952	1003.612	98.859	TN
7	1039.161	1007.303	99.011	TN
8	1001.777	1006.545	100.025	TN
9	998.984	1013.526	99.744	TN
10	997.246	1012.969	99.862	TN
11	1002.242	992.453	99.811	TN
12	997.053	992.181	100.138	TN
13	997.949	982.007	100.359	REF
14	1039.107	999.238	98.903	TN
15	1107.888	1009.642	97.171	ALCANT
16	1107.74	1001.101	97.304	ALCANT
17	1109.54	1009.409	97.149	ALCANT
18	1109.445	1001.109	97.296	ALCANT
19	1116.893	1010.062	97.15	TN
20	1117.231	1001.328	97.183	TN
21	1114.3	1005.702	97.209	PV
22	1116.236	1008.475	97.17	PV
23	1115.721	1008.752	93.091	PV
24	1113.716	1006.172	93.597	PV
25	1154.229	1012.242	94.752	TN
26	1154.701	1006.484	94.829	TN
27	1154.408	1008.483	94.873	TN
28	1175.562	1009.187	95.108	PV
29	1175.468	1010.586	95.117	PV
30	1174.783	1009.547	96.162	PV
31	1154.283	1012.318	97.589	TN
32	1154.568	1006.498	97.662	TN
33	1154.246	1008.579	97.709	TN
34	1175.554	1009.179	97.956	TN
35	1175.462	1010.608	97.956	TN
36	1235.403	1014.146	97.524	OLLA
37	1235.059	1013.896	93.425	OLLA
38	1244.14	1015.456	97.229	VIA
39	1243.859	1011.313	97.358	VIA

PUNTO	X	Y	Z	CODIGO
40	1245.127	1015.46	97.343	VIA
41	1244.896	1010.991	97.441	VIA
42	1246.191	1015.596	97.641	VIA
43	1245.991	1011.142	97.779	VIA
44	1248.153	1015.499	97.64	VIA
45	1247.813	1011.269	97.731	VIA
46	1249.475	1015.21	97.214	VIA
47	1249.338	1011.497	97.249	VIA
48	1251.186	1015.191	96.799	VIA
49	1252.082	1011.775	96.96	VIA
50	1262.108	1012.599	96.001	PV
51	1262.224	1016.477	95.996	PV
52	1258.55	1016.545	96.003	PV
53	1258.608	1012.97	95.974	PV
54	1261.822	1015.514	93.495	PV
E1	1000	1000	100.044	PV
55	997.382	1010.966	92.609	PV_F

ANEXO 2

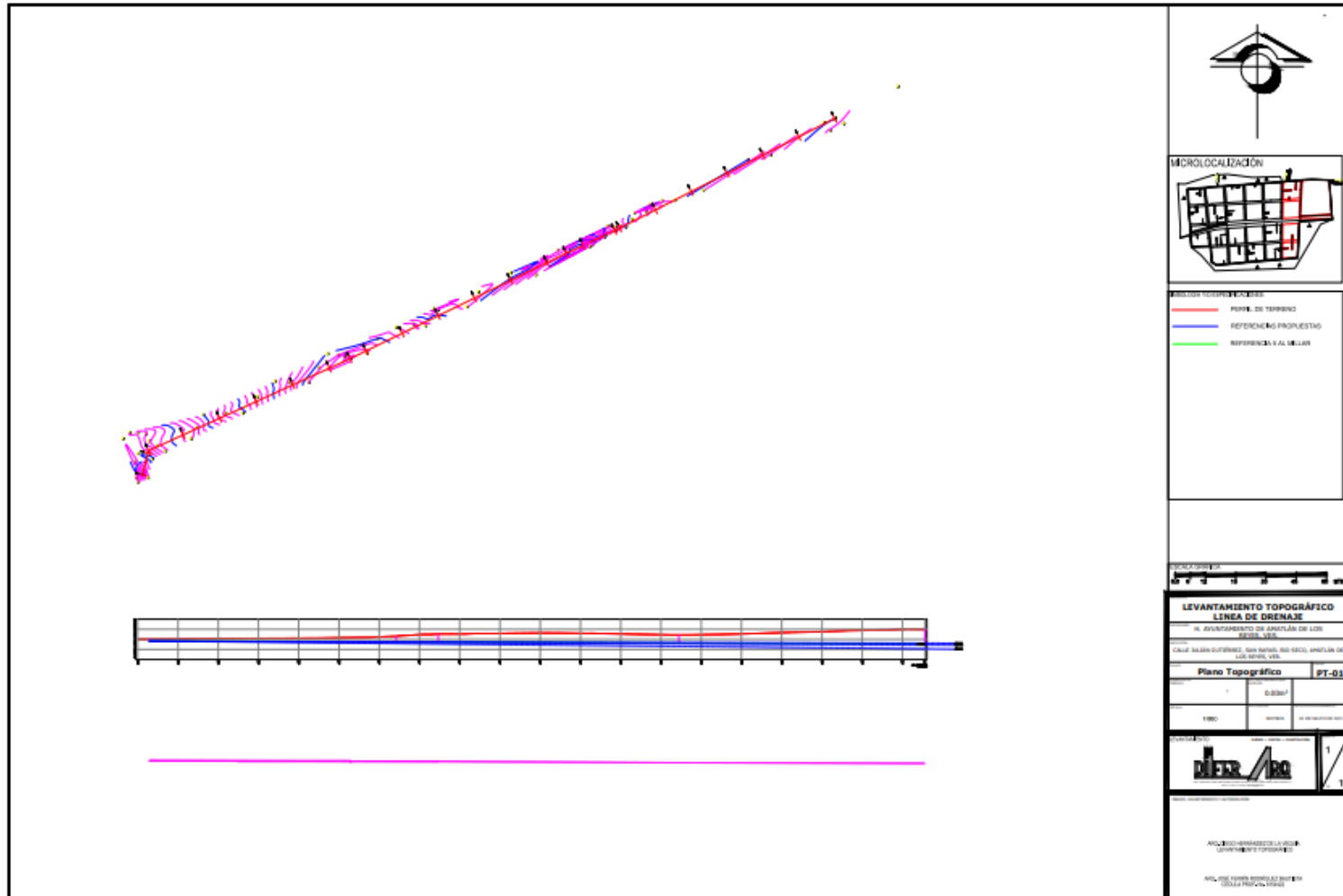


Fig. 51 Plano topográfico de rehabilitación de la línea del sistema de drenaje sanitario.
 Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3



Fig. 54 Estacionamiento para iniciar el levantamiento topográfico.
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 53 Realización del levantamiento topográfico.
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 52 Establecimiento de bancos de nivel para la pendiente de la tubería.
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 55 Maquinaria pesada utilizada para las excavaciones del proyecto. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 56 Zanja donde pasará la línea auxiliar propuesta para el proyecto. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 57 Construcción de olla que conecta la línea auxiliar y el pozo de visita 14. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 60 Excavación de pozo de visita 14 para realizar la conexión con la tubería.

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 58 Tapa para olla que conecta al pozo de visita 14.

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 59 Calle Julián Gutiérrez terminada.

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 62 Calle Julián Gutiérrez terminada.

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 61 Tubos utilizados para la segunda rehabilitación del sistema de drenaje sanitario.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4

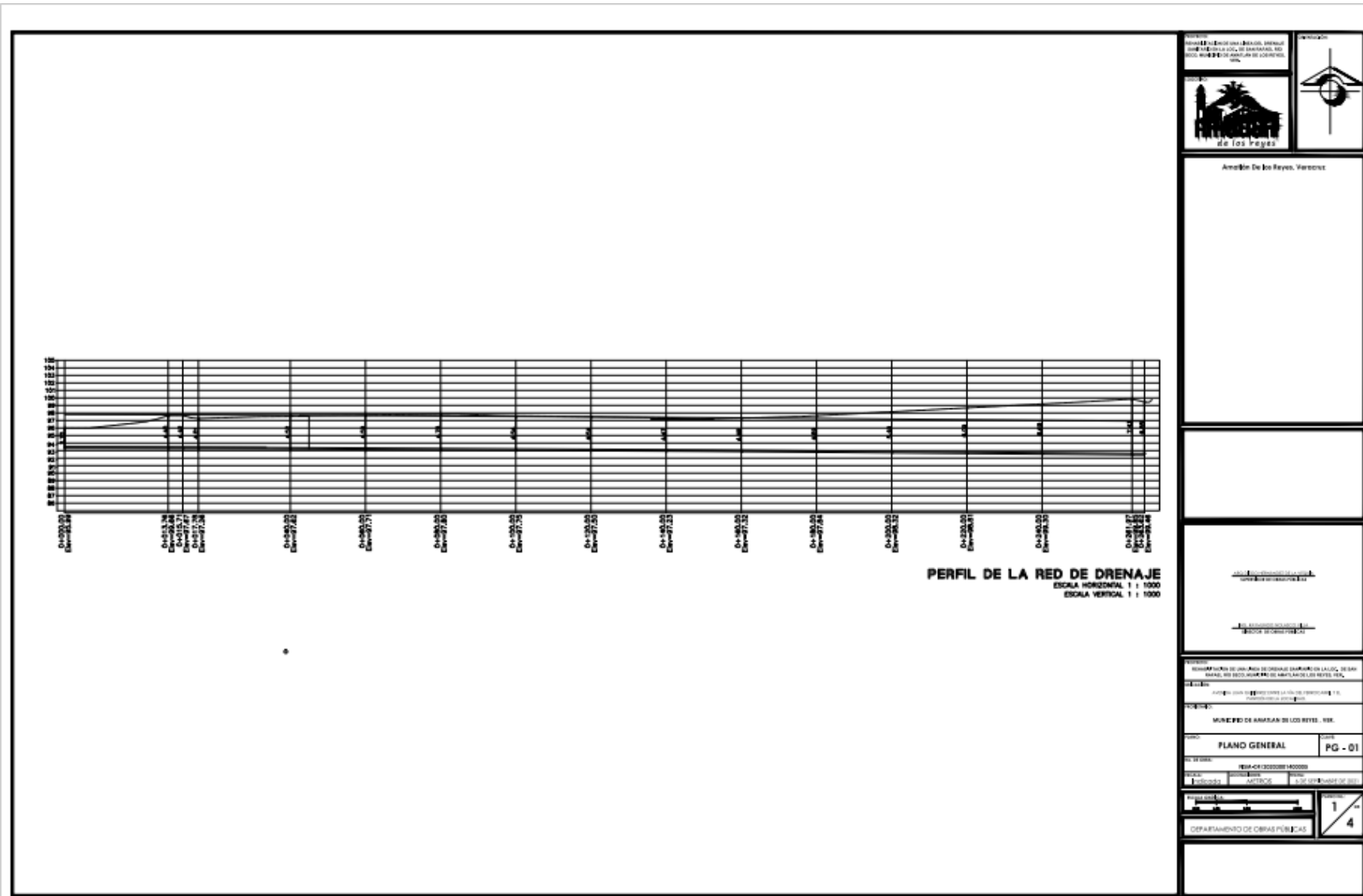


Fig. 63 Plano del perfil de red de drenaje a rehabilitar.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5

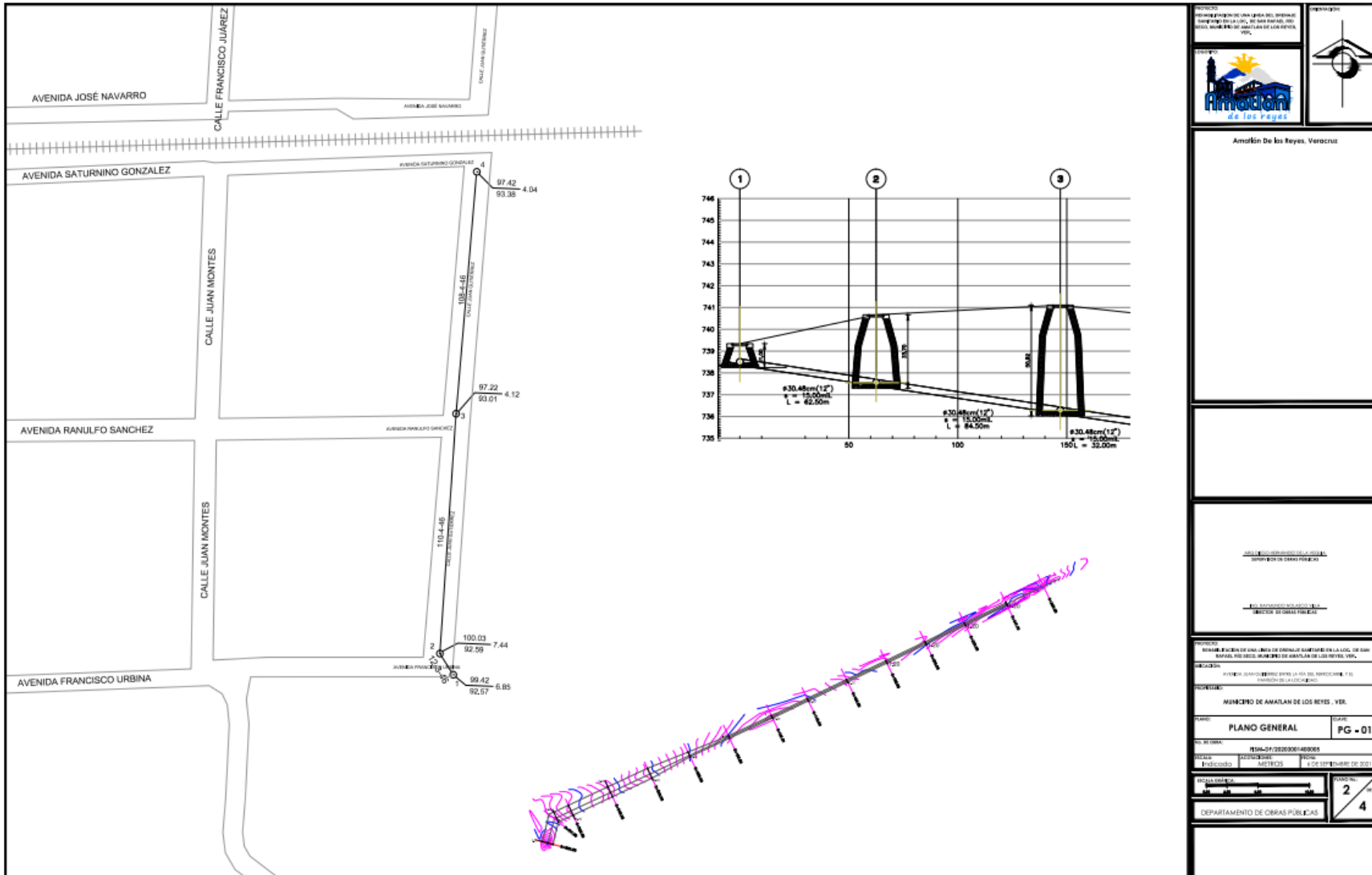


Fig. 64 Plano de eje de proyecto y propuesta de pendientes y ubicación de pozos de visita.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 7

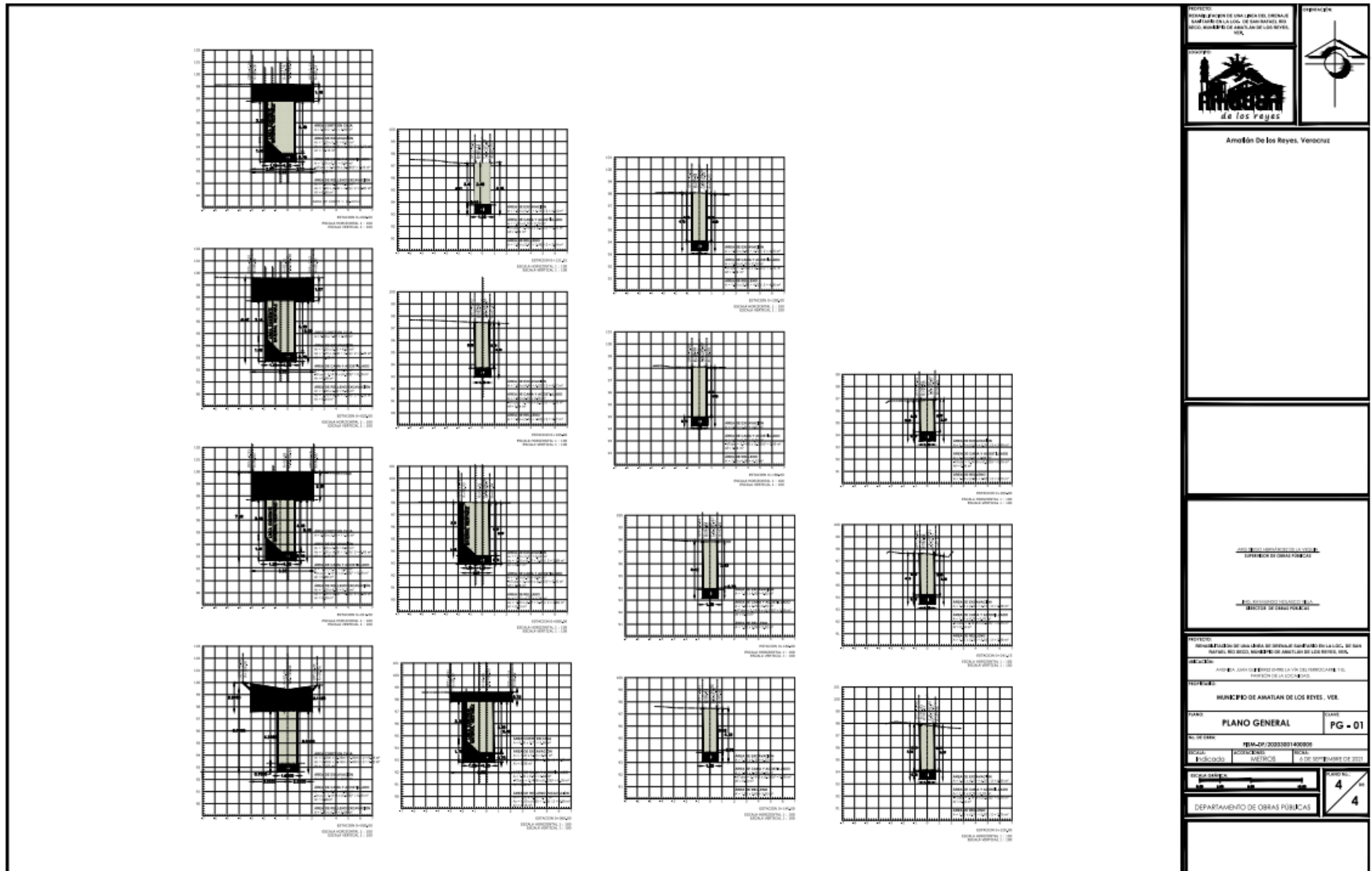


Fig. 66 Plano de secciones transversales de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 8

DATOS BASICOS	
POBLACION DE PROYECTO	1,689 HABITANTES
DOTACION	100 l/hab/dia
APORTACION	75%
ELIMINACIÓN	Gravedad
VERTIDO	Río
COEF. DE SEG.	1.5
COEF. DE HARMON	3.64
GASTO MÍNIMO	0.977 l/seg
GASTO MEDIO	1.954 l/seg
GASTO MÁXIMO INST.	7.115 l/seg
GASTO MÁXIMO EXTR.	10.673 l/seg
COEFICIENTE DE FRICCIÓN (n)	0.009
LONGITUD TOTAL DE RED	265.50 mts.

TRAMO	LONGITUD (m)			POBLACION	COEF. DE HARMON	GASTOS (l/seg)			COTAS DE TERRENO (m)		PENDIENTE (m/km)		DIAMETRO	
	TRAMO	TRIBUTARIA	TOTAL			Qmed	Qmin	Qmax	Inicial	Final	Terreno	Propuesta	Cálculo (cm)	Comercial (cm)
1-2	12	0	12	1681	3.64	1.954	0.977	7.115	99.440	99.930	-42.609	3	45	45.72
2-3	110	12	122	1681	3.64	1.954	0.977	7.115	99.930	97.180	24.930	3	45	45.72
3-4	119	122	241	1681	3.64	1.954	0.977	7.115	97.180	97.610	-3.603	3	45	45.72

Coef. Rug. Manning	TUBO LLENO		RELACIÓN DE GASTOS		RELACIÓN VELOCIDAD		VELOCIDAD (m/s)		COTA CLAVE		COTA BATEA (m)	
	Q II (lps)	V II (m/s)	Qmin / Q II	Qmax / Q II	Vmin / V II	V max / V II	V min	V max	Inicial	Final	Inicial	Final
0,009	27.071	0.835	0.03609	0.26283	0.35928	5.98802	0.3	5	95.093	95.003	94.889	94.799
0.009	27.071	0.835	0.03609	0.26283	0.35928	5.98802	0.3	5	95.003	94.679	94.799	94.475
0,009	27.071	0.835	0.03609	0.26283	0.35928	5.98802	0.3	5	94.679	94.319	94.475	94.115

Fig. 67 Tabla de cálculo hidráulico para rehabilitación del sistema de drenaje sanitario.

Fuente: Elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

- Carmona, R. P. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Ecoe Ediciones.
- CEA Querétaro. (s. f.). Manual para las Instalaciones de agua Potable, Agua Tratada, Drenaje Sanitario y Drenaje Pluvial de los fraccionamientos de la Cd. Comisión Estatal de Aguas Querétaro. Recuperado 2 de mayo de 2021, de <https://www.ceaqueretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2017/11/II-Alcantarillado-Sanitario-2013.pdf>
- CONAGUA. (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, alcantarillado y Saneamiento: Topografía y Mecánica de Suelos*. Recuperado 28 de febrero de 2021, de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro5.pdf>
- CONAGUA. (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. Recuperado 28 de abril de 2021, de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro5.pdf>
- de Luis Ruíz, J. M. (2010). Apuntes Topografía y Geodesia unidad didáctica III Métodos Topográficos. Recuperado 2 de marzo de 2021, de https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1433/course/section/1858/UD%2520III%2520_Todo_def_.pdf

Diario Oficial de la Federación. (1988, 28 enero). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. Recuperado 29 de abril de 2021, de <https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>

García González, E. (2017). “*REHABILITACIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO EN 2 DA AVENIDA Y CALLE 32, COLONIA EL SOL, NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO*” *PRESENTA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA*. Recuperado 13 de marzo de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14526/Tesis.pdf?sequence=1>

Giovannelli, C. (2021). *San Rafael Río Seco*. Recuperado 25 de mayo de 2021, de <http://www.nuestro-mexico.com/Veracruz-de-Ignacio-de-la-Llave/Amatlan-de-los-Reyes/San-Rafael-Rio-Seco/>

INEGI. 1990,2000,2010,2020. Censos de Población y Vivienda.

Jiménez, J. M. (s. f.). MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO. Recuperado 2 de marzo de 2021, de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Navarro, S. J. (2008). Manual de Topografía-Altimetría. Recuperado 4 de abril de 2021, de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/modulo-i-introduccion-a-altimetria1.pdf>

SIAPA. (s. f.). CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES. ALCANTARILLADO SANITARIO. Recuperado 1 de abril de 2021, de

https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf

Terán, J., (s.f.). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CAMPUS XALAPA UNIVERSIDAD VERACRUZANA*. Recuperado 20 de marzo de 2021, de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Valdez, E., & Vázquez, A. (2003). Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. *Fundación Ica, AC México DF, México. 341p.*

Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2016). *TOPOGRAFIA* (14.^a ed.). México: Alfaomega.