

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA, DEPARTAMENTO DE USulután”**

PRESENTADO POR:

**DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2015.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARÍA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZABALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

Ph.D. ING. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA, DEPARTAMENTO DE USulután”**

PRESENTADO POR:

**DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores

**ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO
ING. EDGAR GAVIDIA PAREDES
ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO**

San Salvador, Marzo de 2015

Trabajo de Graduación Aprobado por:

DOCENTES ASESORES :

ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO

ING. EDGAR GAVIDIA PAREDES

ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Es de gran valor el protagonismo que asumieron aquellas personas e instituciones que de manera desinteresada nos brindaron su apoyo. No nos queda más que expresarles nuestra más sincera gratitud a:

La Universidad de El Salvador, que por medio de la Escuela de Ingeniería Civil nos apoyó de diferentes formas y aprobó que se realizara el presente tema como trabajo de graduación.

La Alcaldía del Municipio de Alegría del departamento de Usulután, por brindar la compañía y apoyo con la información aportada sobre los datos actuales de la localidad.

La Unidad de Salud de Alegría, por los datos sobre los censos realizados de población de los últimos años.

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA, por su ayuda en cada una de las diferentes formas, en especial a la Dra. Beatriz Yarza y don Luis Avelar.

El Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, VMVDU, por la información que nos brindó para utilizarla para el cuerpo del trabajo.

Nuestros asesores Ing. Joaquín Serrano Choto, Ing. Edgar Paredes Gavidia, Ing. Cristian González Cornejo, por orientarnos y estar siempre dispuestos a ayudarnos en todo momento.

Los ingenieros que nos brindaron su apoyo incondicional de diferentes maneras, Ph.D. Ing. Edgar Peña Figueroa, Ing. Ranulfo Cárcamo y Cárcamo, Ing. Jorge Rivera Flores, Ing. Vladimir Najarro, Ing. Nicolás Guevara.

A nuestros compañeros de la Universidad, Ing. Orlando Martínez, Ingra. Jessica Portillo, Ing. Edwin Ventura, Ing. Manuel Guzmán, Lidia López.

A todos nuestros amigos, familiares y todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente de manera desinteresada al desarrollo y culminación de este trabajo de graduación.

AGRADECIMIENTOS

Este regalo se lo debo primero a Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo, sin ellos no hubiera podido iniciar este sueño y llevarlo a su culminación, les estoy totalmente agradecido, porque me movieron montañas que como ser humano veía imposible cruzar, también a mi madrecita María por sus ruegos ante el Padre Dios.

A mis padres terrenales, MARÍA TRANCITO NIETO, TORIBIO SANTOS DÍAZ, que con mucho amor, sacrificios, comprensión y consejos, han dado todo lo que tenían para que luchara por alcanzar esta meta.

A mis hermanos, MIGUEL DÍAZ, JUAN DÍAZ, VILMA DÍAZ, FRANCISCO DÍAZ, RICARDO DÍAZ, y sobrinos JAVIER DÍAZ, ADRIANA DÍAZ, DAYMERY DÍAZ, que me han apoyado en cada momento de diferentes formas, ya que en muchas ocasiones son los únicos que sabían mis sacrificios y desvelos.

A mis compañeros de tesis por su apoyo, entrega y comprensión, que dedicaron para ejecutar cada parte de este proyecto, que en momentos veíamos difícil y a la vez decirles que de una u otra forma esos momentos de alegría y enojos quedan gravados en mi mente y corazón.

A todos los hermanos en Cristo, que oraron por mí y demás personas que tuvieron algo que ver, para que mi grupo de tesis pudiera lograr esta meta.

Reynaldo Santos Díaz Nieto.

AGRADECIMIENTOS

“Él da esfuerzo al cansado, y multiplica las fuerzas al que no tiene ningunas. Los muchachos se fatigan y se cansan, los jóvenes flaquean y caen; pero los que esperan a Jehová tendrán nuevas fuerzas; levantarán alas como las águilas; correrán, y no se cansarán; caminarán, y no se fatigarán”.

Isa. 40: 29-31.

Con mucha alegría en mi corazón, agradezco a mi Dios Todo Poderoso por multiplicar mis fuerzas cada vez que lo necesité y porque si he culminado mis estudios Universitarios, ha sido por su bendita misericordia hacia este ser imperfecto que ha encontrado gracia ante sus ojos. Desde el primer día hasta el último sus promesas se han cumplido, porque solo Él es fiel y verdadero.

A mi madre Marcelina Corado Campos, por creer en mí siempre, porque su apoyo ha sido incondicional, por la paciencia y el amor con los que me ha guiado, porque aunque nos separe la distancia jamás la he sentido lejos, siempre ha sido mi brazo fuerte la persona que cada vez que caí me levantó con mano suave, me consoló bajo su regazo y con palabras firmes y amorosas me animo a seguir adelante, porque me enseñó que con el favor de Dios todo es posible, y porque nunca me faltó la provisión económica de Dios a través de ella.

A mi padre Francisco Orlando Esquivel, por su apoyo incondicional, por darme aliento cuando lo he necesitado, por estar siempre pendiente de mi cuidándome aun en la distancia, gracias porque al igual que mi madre nunca me faltó provisión de Dios a través de él.

A mis hermanos, Baudilio Esquivel, César Esquivel y Yesenia Esquivel, por su apoyo incondicional, por creer en su hermanita menor y porque nunca me negaron su ayuda cuando la necesité. Cada uno ha sido parte del proceso que he llevado para la culminación de esta etapa de mi vida, de forma distinta; pero ninguno menos importante que el otro, ya que de cada uno de ellos he aprendido y recibido cosas diferentes, cosas que han contribuido a mi formación para enfrentar con sabiduría cada uno de los retos que la vida me ha presentado hasta ahora.

A mis amigos y compañeros de Universidad: Jorge Valdez, Jessica Portillo, Jhony Gámez, Walther Ríos, Carolina Fabián, Daniel Ramírez, Nely Jiménez y Lidia López, quienes me acompañaron en esta travesía, y me mostraron siempre su amistad incondicional.

A mis compañeros de Tesis: Reynaldo Santos, quien más que mi compañero, ha sido un amigo y hermano para mí, gracias por aceptarme siempre a pesar de mí, yo sé que es difícil por eso mil gracias mi querido amigo. Y a Fernando Fuentes por ser mi compañero y mi amigo, por esa originalidad que le caracteriza y que lo hace un ser humano especial. A ambos mil gracias por todo

este tiempo que con mucho esfuerzo y dedicación se entregaron a nuestro trabajo de graduación día y noche hasta verlo culminado.

A todos mis seres queridos que confiaron en mí y me apoyaron siempre, gracias.

A Dios sea toda la gloria y toda la honra, ya que esto no es para mí propia exaltación si no para que Dios se glorifique a través de mí y me use según sea su bendita voluntad.

Ledy Marisela Esquivel Corado.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por rodearme de tantas bendiciones y de afortunadas casualidades, de personas muy especiales que Él ha puesto en mi camino para ayudarme y sostenerme en tiempos difíciles y para celebrar en tiempos felices.

A mi mamá, Mirna Gálvez, por ser mi pilar y mi fuerza. Has sido una madre ejemplar, un padre soñado, una fuente infinita de amor y cariño; cuando nos visitó la tragedia muy temprano en nuestras vidas no abandonaste, luchaste por mí y mis hermanas, nos sacaste adelante con una fuerza y determinación que nos marcó la vida. Me enseñaste una lección muy valiosa: A no dejarnos vencer, que de la mano de Dios todo se puede, que la familia es primero. Gracias por darme la mejor herencia de todas: valores, buenos principios y una buena educación. Te debo todo en la vida.

A mi papá, Benito Fuentes (Q.E.P.D.), por motivarme a soñar y a descubrirme a mí mismo. Aunque físicamente no estuviste presente, espiritualmente recibí de ti tus cuidados y un abrazo a la distancia. Este triunfo también es para ti.

A mis hermanas, Idalia Fuentes y Karla Fuentes, por crecer conmigo. Recordar esos momentos que hemos pasado juntos, lo que hemos vivido, pareciera que se detiene el tiempo, que seguimos siendo niños. Con todo el cariño del mundo puedo decir, gracias por estar en mi vida.

A mi abuelita Filiberta (Q.E.P.D.), por ser mi ángel guardián. Por cuidarme tantos años, por estar conmigo desde el kínder hasta la universidad, por

recibirme siempre con los brazos abiertos y una sonrisa en el rostro. Por aconsejarme siempre: Estudia. Estudia. Nunca lo olvidaré.

A mis compañeros de tesis, mis colegas en la batalla, mis amigos. Gracias Ledy, por hacerme reír y enojar a menudo, por tus puntos de vista y por hacerme caer en razón muchas veces, aprendí mucho de ti. Gracias Reynaldo por las bromas, las palabras sabias y las pláticas a la hora del café, por ayudar a acercarme más a Dios. Ha sido un honor trabajar con Uds.

A mi mejor amigo en la vida, Manuel Guzmán. Te lo he dicho muchas veces hermano, tu amistad es una bendición. Gracias por estar, gracias a ti y a tu familia. A mis amigos del colegio, Astrid y Dennys, porque el tiempo y la distancia no son nada en contra nuestra.

A mis amigos de la universidad: Edwin Ventura, Néstor Hernández, Haydeé Márquez, Roberto Chicas, Carmen Castro, Rafael Sánchez, Carlos Campos, Josué Soriano, Karen Cruz, Walther Ríos, Jhony Gámez, Zulma Rodríguez, Adriana Castro, Francisco Renderos, Saúl Robles, Norma Granados, Mercedes Pineda, Margarita Miranda, María José, Josué Hernández, Ricardo Rivera. Gracias por hacer de este viaje una aventura.

A toda mi familia, amigos cercanos, profesores del colegio y universitarios, que han estado al pendiente de mí y de cada uno de mis pasos para lograr esta meta. A todos muchas gracias.

Fernando José Fuentes Gálvez.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1:	<i>GENERALIDADES</i>	1
1.1	INTRODUCCIÓN	2
1.2	ANTECEDENTES	3
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.4	OBJETIVOS	10
1.4.1	Objetivo General	10
1.4.2	Objetivos Específicos.....	10
1.5	ALCANCES	11
1.6	LIMITACIONES	12
1.7	JUSTIFICACIÓN	13
CAPÍTULO 2:	<i>CONDICIONES DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO</i>	16
2.1	CONDICIONES DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA	17
2.1.1	Ubicación y División Política y Administrativa del Área de Planeamiento	17
2.1.2	Estructura Urbana	18
2.1.3	Vías de Comunicación	20
2.1.4	Uso del Suelo Urbano.....	21

2.1.5	Recursos Hídricos	23
2.1.6	Orografía	23
2.1.7	Tipos de Rocas y Suelos.....	23
2.1.8	Servicios Básicos e Infraestructura.....	24
2.1.9	Población.....	27
2.2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO	30
2.2.1	Agua Residual	30
2.2.2	Composición de las Aguas Residuales de Tipo Doméstico	31
2.2.3	Métodos de Recolección de las Aguas Residuales	32
2.2.4	Tipos de Sistemas de Alcantarillados Convencionales	33
2.2.5	Criterios de Selección del Sistema de Alcantarillado Sanitario	35
2.2.6	Estudio de las Alternativas de Evacuación y/o Disposición Final de las Aguas Residuales	36
2.2.7	Modelos de Configuración para Colectores	39
2.2.8	Componentes y Accesorios para Sistemas de Alcantarillado Sanitario	43
2.2.9	Procedimientos Generales para el Desarrollo del Alcantarillado Sanitario	50
2.2.10	Metodología del Diseño de la Red	55
2.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	68
2.3.1	Selección del Método de Diseño.....	68
2.3.2	Descripción del Programa Storm Water Management Model 5.0 (EPA SWMM 5.0)	69
2.3.3	Criterios de Diseño establecidos por ANDA	85

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA	87
3.1 CRITERIOS Y CONSIDERACIONES UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO POR GRAVEDAD	88
3.1.1 Elementos del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	88
3.1.2 Ubicación del Punto de Descarga.....	90
3.2 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN	90
3.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	94
3.3.1 Uso Residencial	95
3.3.2 Uso Urbanizable	97
3.3.3 Otros Usos de Suelo	98
3.3.4 Cálculo de Caudales	99
3.4 APLICACIÓN DEL SOFTWARE EPA SWMM 5.0 EN EL DISEÑO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA	114
3.4.1 Definición de los Valores por Defecto de los Objetos que Componen el Sistema a Diseñar .	114
3.4.2 Representación Gráfica de los Objetos Físicos del Sistema a Diseñar	116
3.4.3 Edición de las Propiedades de los Objetos.....	119
3.4.4 Definición de las Opciones de Simulación.....	132
3.4.5 Realización de la Simulación y Resultados	134
3.4.6 Interpretación de los Resultados de la Simulación	142

CAPÍTULO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PRESUPUESTO.....	151
4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	152
4.1.1 Obras Preliminares.....	152
4.1.2 Trazo y Nivelación	155
4.1.3 Excavación.....	157
4.1.4 Desalojo.....	161
4.1.5 Materiales	162
4.1.6 Instalación de Tuberías	169
4.1.7 Relleno Compactado con Suelo Natural.....	172
4.1.8 Relleno Compactado con Suelo Cemento.....	173
4.1.9 Concreto.....	175
4.1.10 Morteros.....	181
4.1.11 Acero de Refuerzo	183
4.1.12 Enconfrados.....	185
4.1.13 Pozos	187
4.1.14 Prueba de Estanqueidad en Tuberías y Pozos.....	190
4.1.15 Remoción y Reparación de Pavimentos	193
4.2 PRESUPUESTO	199
5 CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	203
5.1 CONCLUSIONES	204
5.2 RECOMENDACIONES	208

ANEXOS.....	210
A. <i>Memoria Fotográfica</i>.....	211
B. <i>Cálculo – Caudal Residual por Áreas</i>	214
C. <i>Mapa Normativo de las Funciones y Equipamiento Urbano del Municipio de Alegría</i>	227
D. <i>Planos</i>.....	229
BIBLIOGRAFÍA	240

CAPÍTULO 1:

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de asentamientos urbanos en los que existan condiciones adecuadas para la preservación del medio ambiente y de la salud de sus pobladores ha tenido gran auge en los últimos años. Una de las instituciones responsables de dicha tarea en nuestro país es la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), que en coordinación con las municipalidades, acude a los profesionales de la ingeniería civil para resolver el problema de la contaminación de las aguas para consumo y uso doméstico.

Cada vez más los organismos garantes de la salud pública están valorando la prevención de enfermedades como la solución ante brotes relacionados con la contaminación del agua que aquejan a nuestro país. Dentro de las medidas de prevención más eficaces se encuentra la apropiada evacuación de aguas residuales mediante un sistema de alcantarillado sanitario.

Las municipalidades están interesadas en la implementación de redes de alcantarillado sanitario que permitan el traslado de las aguas residuales de los hogares a las plantas de tratamiento, evitando con ello la infiltración de las mismas a mantos acuíferos y otras fuentes de agua que pudiesen resultar contaminadas con el uso de sistemas tradicionales como letrinas de hoyo seco y fosas sépticas.

La ciudad de Alegría, municipio de Alegría, departamento de Usulután, es una de las localidades que presenta esta problemática ya que carece de un sistema

de aguas residuales. Para ofrecer una solución a esta necesidad se realiza como trabajo de graduación una propuesta de diseño de alcantarillado sanitario, al mismo tiempo que se ofrece como una herramienta guía para el desarrollo y elaboración de dicho diseño de manera ordenada, planificada y puntual.

1.2 ANTECEDENTES

Uno de los mayores problemas generadores de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas a nivel nacional es la descarga de aguas residuales sin tratamiento previo, además del acelerado crecimiento poblacional y expansión de zonas urbanas que por lo general no cuentan con los servicios básicos de un sistema de evacuación y tratamiento de aguas residuales.

Las aguas residuales sin tratar llevan una peligrosa carga de bacterias infecciosas, virus, parásitos y sustancias químicas tóxicas, que al terminar en los mantos freáticos, de donde procede agua para consumo y para fines recreativos, causan graves daños a la salud de los seres humanos y en el medio ambiente.

La Bahía de Jiquilisco, ubicada en el departamento de Usulután, es uno de los recursos naturales más importantes a nivel nacional. Dicho recurso se encuentra altamente contaminado por las descargas de aguas residuales, generadas en los municipios que se encuentran a lo largo de su cuenca.

Aunque no todos descargan directamente en aguas superficiales, siempre representan una fuente de contaminación a través de las aguas subterráneas.

El municipio de Alegría, el cual se localiza en la zona alta de la cuenca a la que pertenece la Bahía de Jiquilisco, contribuye a dicha problemática. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13° 32' 20" LN (extremo septentrional) y 13° 27' 10" LN (extremo meridional); 88° 26' 29" LWG (extremo oriental) y 88° 31' 35" LWG (extremo occidental).

Alegría está limitada al norte con Mercedes Umaña, al este con Jucuapa y Santiago de María, al sur con Santiago de María y Tecapán, y al oeste por Berlín. El área total del municipio es de 40.4 kilómetros cuadrados, lo que representa el 1.9%, con relación al área total del departamento.

El municipio de Alegría constituye un núcleo urbano de baja densidad, ubicando así al municipio como uno de los núcleos con menor densidad dentro de la Región de Usulután. Sin embargo, en los últimos años se ha convertido en uno de los centros turísticos más importantes del país debido a su diversidad de atracciones, entre estas la laguna de Alegría o como popularmente es reconocida, la "Esmeralda de América".

La cabecera de este municipio es la ciudad de Alegría, situada a 18.8 kilómetros al norte de la ciudad de Usulután y a 1150.0 metros sobre el nivel del mar. La ciudad de Alegría es un núcleo urbano que tiene grandes bellezas paisajísticas y urbanas, su principal actividad económica es el turismo.

El área urbana cuenta con una superficie de 0.362 km², incluyendo las zonas de desarrollo urbano proyectadas a futuro y zonas fuera de ordenación municipal.

Figura 1.1 VISTA DE LA CIUDAD DE ALEGRÍA

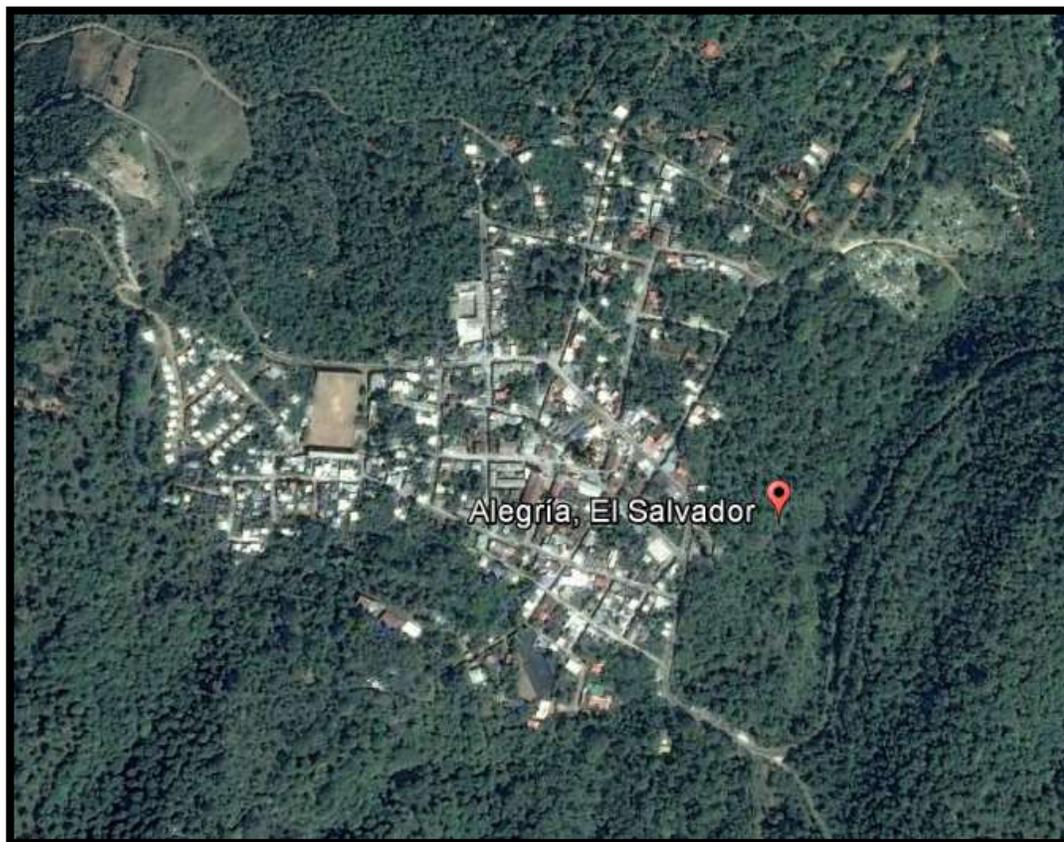


FUENTE: [http://es.wikipedia.org/wiki/Alegria_\(El_Salvador\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Alegria_(El_Salvador))

La ciudad de Alegria cuenta con una población de 1920 habitantes¹. En el área urbana de Alegria predomina el uso residencial, la tipología de habitación característica es la vivienda unifamiliar. El uso habitacional ocupa el 68.81% del suelo urbano, el resto está constituido por hostales, restaurantes y comercios varios, además de los establecimientos públicos y de equipamiento social.

¹ Sistema de Información de Ficha Familiar Censo año 2011, Ministerio de Salud 2014

Figura 1.2 VISTA SATELITAL DEL LA CIUDAD DE ALEGRÍA



FUENTE: Google Earth

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo al Diagnóstico Nacional de Calidad de Aguas Superficiales publicado en marzo de 2007 el 83% de nuestros ríos presentan algún grado de contaminación, ya que las aguas vertidas contienen, además de elementos químicos, gran cantidad de desechos orgánicos derivados del hombre, los cuales contaminan con bacterias que provocan y transmiten enfermedades.

El Ministerio de Salud aporta datos sobre diagnósticos de diarrea y enfermedades gastrointestinales que ocupan el tercer lugar en el departamento

de Usulután, se deben en su mayoría a la contaminación de las aguas utilizadas para consumo en esta zona. Los casos más dramáticos se observan en las ciudades costeras, donde las aguas servidas se vierten directamente al mar, como sucede en la mayoría de territorios de la Bahía de Jiquilisco.

Alegría es uno de los municipios que contribuye a la contaminación de las aguas en el departamento de Usulután debido a la carencia de un sistema de alcantarillado sanitario. Esta ciudad se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca y cuenta con el 70% de cobertura de agua potable. Aunque este servicio es casi total en el área urbana, la ciudad carece de un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de las aguas residuales que se producen a diario.

Existe una necesidad urgente de encontrar una solución que obligue a la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario como proyectos municipales a corto o mediano plazo, tal como lo establece el plan de ordenamiento territorial elaborado por el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano².

Debido a la falta de estudios previos para tratamiento de aguas residuales y a la evidente ausencia de alcantarillado sanitario, las aguas provenientes de los quehaceres domésticos o aguas grises y las aguas negras son tratadas en cada una de las viviendas y negocios mediante la construcción de fosas

² VMVDU, Plan de Desarrollo Territorial para la Región Usulután 2013

sépticas u otro medio alternativo como el uso de letrinas de hoyo seco. Cabe recalcar que estas unidades de tratamiento son construidas por los pobladores de forma empírica, es decir sin un diseño previo realizado por un profesional.

Estas prácticas de tratamiento solamente resuelven una necesidad a corto plazo, pero generan consecuencias más graves que tienen repercusiones a largo plazo. Además de contaminar los mantos acuíferos con las aguas que son vertidas de forma directa en ellos, la mayoría de viviendas y establecimientos comerciales lanzan las aguas grises a las calles. Este fenómeno causa el deterioro de los pavimentos y por lo tanto un costo económico por en mantenimiento, además de la proliferación de focos de contaminación generadores de vectores que causan enfermedades.

Figura 1.3 VERTIDO DIRECTO DE AGUAS GRISES EN LAS CALLES, CIUDAD DE ALEGRÍA



FUENTE: Visita de Campo, julio 2014, octubre 2014

Figura 1.4 DAÑOS EN PAVIMENTOS POR VERTIDO DIRECTO DE AGUAS GRISES



FUENTE: Visita de Campo, julio 2014

Por esta razón, el personal de la Unidad de Salud de la ciudad de Alegría ha transmitido esta problemática a la institución competente (ANDA), para dar una solución favorable a este problema latente, considerando de mucha importancia la implementación de un proyecto de saneamiento integral en beneficio de los pobladores.

Como consecuencia final, las aguas residuales provenientes de Alegría contaminan con sus vertidos los mantos freáticos que directamente fluyen a la Bahía de Jiquilisco, lo que representa un grave problema para la salud de los habitantes de las zonas más bajas de la cuenca.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Alegría, municipio de Alegría, departamento de Usulután, bajo las normas y disposiciones técnicas vigentes de ANDA.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar zonas de futuro crecimiento poblacional y desarrollo urbano para tomarlas en consideración en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Alegría.
- Utilizar el software EPA Storm Water Management Model 5.0 (SWMM 5.0) como herramienta para el análisis hidráulico y simulación de la red.
- Diseñar los componentes principales de la infraestructura civil de la red de alcantarillado sanitario, tales como: tuberías, cajas de inspección, pozos de visita, y todo lo relacionado al sistema hidráulico.
- Elaborar los planos del diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Alegría.
- Determinar el costo total del diseño a través de la elaboración de un presupuesto en base a costos unitarios que incluyen materiales, equipo y mano de obra.

- Detallar las especificaciones técnicas que servirán como base para el desarrollo del proyecto en la construcción de la infraestructura civil.

1.5 ALCANCES

- Se presentará el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la ciudad de Alegría, que cubrirá la población con que cuenta el área urbana incluyendo las colonias y lotificaciones en zonas aledañas, donde se pretende que establecimientos poblacionales se desarrollen.
- Para el diseño de la red es indispensable contar con los datos topográficos de la ciudad, conteniendo altimetría, planimetría y puntos de interés. Estos datos topográficos se apoyarán en planos proporcionados por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), la municipalidad y levantamiento topográfico realizado como parte del trabajo de graduación.
- El diseño incluye: los cálculos de población; caudales, pendientes, velocidades de flujo; materiales, longitud y diámetro de tuberías; dimensiones de pozos y cajas de inspección.
- El diseño contendrá la elaboración de planos de distribución de colectores de la red de alcantarillado sanitario diseñada, detalle de sus componentes, así como las especificaciones técnicas para el proyecto, sobre el tipo y calidad de los materiales, procesos y otros requerimientos constructivos necesarios para la obra civil.

- Se elaborará el presupuesto del proyecto el cual incluirá costos directos y costos indirectos, basados en costos unitarios que incluyen precios actuales de materiales, mano de obra, uso de herramientas y equipo, para conformar las diferentes partidas del costo total de la obra.
- Se desarrollarán los conceptos teóricos y metodología de diseño del sistema de alcantarillado sanitario, los cuales se presentarán como una guía para la elaboración del mismo.
- El software EPA SWMM 5.0 será únicamente una herramienta de diseño, es decir, no se especificará a detalle el funcionamiento del mismo, solamente su aplicación en el diseño presentado y los resultados obtenidos.

1.6 LIMITACIONES

- La propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario será capaz de transportar solamente el agua residual doméstica. Si en un futuro se da el caso que alguna industria quiera conectarse a la red, tendrá que realizar su propio tratamiento previo para que las características de sus aguas residuales sean similares y no dificulten el tratamiento del conjunto de aguas residuales antes de ser vertidas a un cuerpo receptor.
- El diseño estará limitado a nivel de propuesta, el cual no contará con documentación como son: aprobación de planos, factibilidades, permisos ambientales, ni gestiones para la ejecución del proyecto.

- El diseño será realizado únicamente aplicando las disposiciones contenidas en las “NORMAS TÉCNICAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADOS DE AGUAS NEGRAS” (ANDA 1998), vigentes y establecidas por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
- Este diseño está limitado a la red de alcantarillado sanitario, es decir, no incluye el diseño de la planta de tratamiento, dejando abierto el tema para darle continuidad en futuros trabajos de graduación.

1.7 JUSTIFICACIÓN

La contaminación que generan las aguas residuales es una de las principales causas de la degradación medio ambiental de nuestro país. Al ser descargada a los cuerpos de agua y/o infiltrados a los mantos freáticos en el subsuelo, dicha contaminación constituye una amenaza inminente a la salud de las poblaciones que aprovechan las fuentes de agua para diferentes usos.

La lucha por conservar las aguas limpias, para evitar en la medida posible la propagación de enfermedades debido a la contaminación por las aguas residuales, nos involucra en la necesidad de crear sistemas de evacuación de las mismas hacia lugares donde pueda dársele un adecuado tratamiento. De esta manera se evita que las aguas residuales se mezclen con las aguas de consumo y uso doméstico, provenientes de las aguas superficiales; ríos, lagos, lagunas, etc., y de las aguas subterráneas.

La recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales es uno de los objetivos que se persiguen en la mayoría de casos para dotar de un sistema de alcantarillado sanitario de las zonas urbanas de las ciudades.

La ciudad de Alegría, municipio de Alegría, en el departamento de Usulután, resulta directamente afectada por esta problemática, pues carece de una red de alcantarillado sanitario y de un adecuado sistema de evacuación y disposición de las aguas residuales. La mayoría de su población hace uso de fosas sépticas y letrinas de hoyo seco cuya estructura y construcción no corresponden a un diseño apropiado, ni se les brinda el mantenimiento requerido.

Las aguas vertidas poseen, además de sustancias nocivas producidas por actividad turística del municipio, gran cantidad de desechos orgánicos derivados del hombre, los cuales son un foco de proliferación de enfermedades.

Por lo tanto, el diseño y construcción del sistema de alcantarillado sanitario del área urbana de Alegría constituye un beneficio de gran relevancia social para sus pobladores. Al mismo tiempo que se mejora la calidad de vida de los habitantes al garantizar condiciones propicias de salubridad, limpieza y prevención de enfermedades derivadas del uso y consumo de aguas contaminadas, se crea un ambiente favorable para el desarrollo y mejora del

sector turístico del municipio, atrayendo inversiones y mejorando la actividad económica del lugar.

Para ello se debe apoyar de una adecuada planeación, diseño, construcción y supervisión de los sistemas de alcantarillado sanitario bajo la responsabilidad de un personal capacitado, ya que los diseños se elaboran proyectados para un futuro debido a que la población tiende a crecer en el tiempo y los sistemas deben seguir funcionando bajo estas condiciones.

La transición de un método artesanal de disposición de excretas y aguas residuales a un sistema de alcantarillado sanitario diseñado y construido bajo las normas vigentes de ANDA, certifica la calidad y eficacia de la obra. Además, favorecerá directamente a la red vial del municipio, ya que una apropiada recolección y conducción de las aguas servidas bajo su estructura le permite aumentar su durabilidad y disminuir los costos del mantenimiento del mismo.

La implementación de este trabajo de graduación como parte de los planes de desarrollo del municipio de Alegría se convertirá en un punto de partida en el que comercios, hostales, escuelas, instituciones públicas, viviendas y demás población en general conformen en dicho municipio un destino turístico más atractivo, fomentando la conservación del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

CAPÍTULO 2:

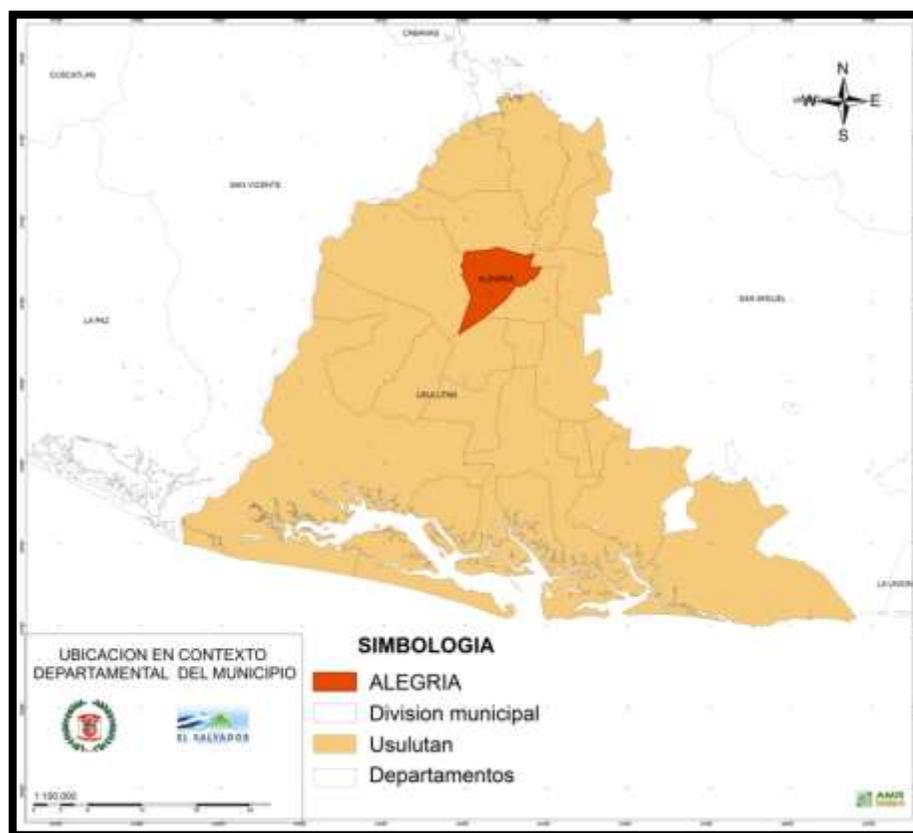
CONDICIONES DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.1 CONDICIONES DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA

2.1.1 UBICACIÓN Y DIVISIÓN POLÍTICA Y ADMINISTRATIVA DEL ÁREA DE PLANEAMIENTO

En el mapa correspondiente a la Figura 2.1 puede apreciarse la ubicación del municipio de Alegría en el departamento de Usulután.

Figura 2.1 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA EN EL DEPARTAMENTO DE USULUTÁN



FUENTE: Etapa 2: Diagnóstico Participativo del Municipio de Alegría. Asistencia Técnica para la Formulación del Plan Estratégico Participativo con Énfasis en el Desarrollo Económico del Municipio de Alegría 2013

El área urbana del municipio de Alegría se encuentra internamente dividido por barrios y colonias, listados de forma organizada en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 DIVISIÓN POLÍTICA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA

ZONA URBANA	
BARRIOS	COLONIAS
El Calvario	Altos de Guadalupe
El Centro	Las Américas
Santa Lucía	
Guadalupe	

FUENTE Fase 1: Condiciones Previas. Capacitación y Asistencia Técnica sobre Presupuesto de Inversión Participativo del Municipio de Alegría 2013

2.1.2 ESTRUCTURA URBANA

El área urbana de Alegría se extiende con una trama de cuadrícula ortogonal (con orientación noreste) en su casco original, emplazada en un pequeño valle enclavado en la montaña, rodeada de las elevaciones de los Cerros de la Sierra Tecapa, al oriente, al poniente y al sur del área urbana. Consiste en un núcleo urbano pequeño y compacto, cuya trama está formada por una serie de cuadras de dimensiones muy irregulares.

Este núcleo urbano no denota cambios significativos debido a dos premisas a considerar; la primera, la población no ha ejercido fuertes presiones, reflejándose por tanto un lento crecimiento urbano en los años anteriores. La segunda consideración a la que obedece este comportamiento de la trama urbana, es que los espacios disponibles con topografía aceptable para urbanizar son escasos.

Figura 2.2 ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE ALEGRÍA



FUENTE: Centro Nacional de Registro

Esta estructura urbana se conserva en el esquema gráfico del núcleo urbano de Alegría que presenta la monografía del CNR del año 1992. La zona más antigua del núcleo se configura a partir de dos ejes principales: la Calle Manuel Enrique Araujo y Calle Alberto Masferrer (orientación este-oeste) y las avenidas Prof. Camilo Campos y Ave. Gólgota (orientación norte-sur), la cual es discontinua en su simetría. Se colocan en estos ejes viales principales los equipamientos más importantes del área urbana, como Alcaldía Municipal e iglesia colonial.

En los reducidos espacios de los alrededores de esta cuadrícula se expanden las zonas correspondientes a los pocos desarrollos recientes, relacionados con las conexiones viales hacia los municipios vecinos, como la carretera hacia Berlín al poniente del área urbana donde se implantó la Colonia Altos de Guadalupe. A pesar de las consideraciones anteriores se ven iniciativas de crecimiento residencial al norte del municipio como la lotificación Cartagena.

2.1.3 VÍAS DE COMUNICACIÓN

Cuenta con acceso por las dos carreteras principales del país: La Carretera Litoral (CA-2) y La Carretera Panamericana. La primera, entrando en el desvío de Santiago de María, que conecta los municipios de Ozatlán, Tecapán, Santiago de María y Alegría. El otro acceso al municipio, es por la carretera Panamericana, ingresando por el desvío de Mercedes Umaña, que conecta este último municipio con Berlín y Alegría.

Esta conectividad le permite al municipio la integración hacia los principales mercados y núcleos poblacionales; no obstante, debido su geografía y su relieve montañoso, son zonas susceptibles a deslizamientos y derrumbes, lo cual es un factor de riesgo. Además se conecta por carretera mejorada con las ciudades de Jucuapa y Santiago de María, los cantones y caseríos se enlazan por caminos vecinales a la cabecera municipal.

2.1.4 USO DEL SUELO URBANO

Alegría es un núcleo urbano que tiene grandes bellezas paisajísticas y urbanas, conserva la imagen y tranquilidad características de una villa urbana. El suelo habitacional se complementa con usos institucionales básicos y presentan una actividad comercial, como se muestra en la Tabla 2.2 . No incluye área proyectadas como futuro desarrollo y zonas fuera de ordenación municipal.

Tabla 2.2. OCUPACIÓN DEL SUELO URBANO EN LA CIUDAD DE ALEGRÍA

USO DE SUELO URBANO	M ²	HECTÁREAS	%
Uso Habitacional	176,344.00	17.63	68.81
Uso Comercio – Servicios – Oficinas	9,281.30	0.93	3.63
Uso Industrial	0.00	0.00	0.00
Equipamiento en suelo urbano			
Institucional, Educativo, funerario, culturales y religiosos	58,780.00	5.88	22.95
Áreas abiertas y parque urbano	11,845.00	1.18	4.61
Total	256,250.30	25.62	100.00

FUENTE: VMVDU Plan de Desarrollo Territorial para la Región Usulután 2013

Las dependencias ubicadas en el área urbana del municipio de Alegría que proporcionan atención a la población se listan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. EQUIPAMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE ALEGRÍA

INSTITUCIONAL	EDUCATIVO	SANITARIOS Y ASISTENCIALES	CULTURALES Y RELIGIOSOS
Alcaldía Juzgados Policía Nacional Civil	Instituto Nacional de Alegría Centro Escolar Alberto Masferrer Escuela de Formación Parvularia Doctor Ramón Bautista	Unidad de Salud Alcohólicos Anónimos	Casa Comunal Iglesia Católica Cementerio Museo

FUENTE: VMVDU, Plan de Desarrollo Territorial para la Región Usulután 2013

Los usos del suelo en cuanto a comercio y servicio en el núcleo urbano de Alegría, no pueden ser definidos específicamente. En toda la ciudad se desarrollan iniciativas de empresas familiares principalmente en la venta de plantas ornamentales en viveros caseros, hostales, comedores en casas antiguas y pequeñas tiendas con artículos de primera necesidad para suministro de la población. De acuerdo al Censo Económico 2005, es en este sector que se concentra la mayor parte de los negocios del municipio (65%).

Tabla 2.4 HOSTALES EXISTENTES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA

HOTEL	Nº HABITACIONES
1. Casa de huéspedes "La Palma" y "María Mercedes"	6
2. La Estancia de Daniel	5
3. Hostal Mi Pueblito	3
4. Hostal y Café Entre Piedras	6

FUENTE: Visita de campo, noviembre 2014

El municipio posee una oferta turística, la cual ha venido creciendo con los últimos años. Se pueden encontrar los alojamientos en casas de familia que han sido acondicionadas para tal fin, y terrenos propios donde se han construido cabañas para brindar el servicio de alojamiento.

2.1.5 RECURSOS HÍDRICOS

En el municipio se identifican 4 nacimientos de agua que abastecen el consumo de la población. Éstos son: El Gallinal, en el cantón El Zapotillo; Lenguar, en el cantón El Quebracho; Río Plata, Barrio Guadalupe de la ciudad; y Chavarría, en el cantón San Juan. También se localizan como recursos hídricos la quebrada Río Viejo y la Laguna de Alegría.

2.1.6 OROGRAFÍA

Alegría pertenece a la Sierra Tecapa – Chinameca, que es una cadena de cerros, volcanes y montañas que atraviesa los municipios del norte de Usulután. Esta sierra está conformada por los volcanes de Usulután, Tecapa, El Pacayal y Chaparrastique, así como por los cerros Oromontique, El Tigre y Taburete.

Entre los rasgos orográficos más notables que se pueden apreciar en el municipio se tienen: los cerros El Pinal, Cuzco, Meseta de Quemela y Alegría o Sabana; las Lomas, Los Tres Monos, Los Ramírez y San Juan. El Pinal está situado a 3.4 km al suroeste de la ciudad de Alegría, demarcando el límite entre Berlín y Alegría con una elevación de 1183 m.s.n.m., además en esta zona también se localiza el volcán Tecapa.

2.1.7 TIPOS DE ROCAS Y SUELOS

En cuanto a las rocas predominan los tipos de lavas andesíticas y basálticas y materiales piroclásticos. Los tipos de suelo que se encuentran son regosoles,

latosoles arcillo rojizos y andosoles, entisoles, alfisoles e inceptosoles (fases alomadas a montañas accidentadas).

2.1.8 SERVICIOS BÁSICOS E INFRAESTRUCTURA

2.1.8.1 SALUD

Alegría cuenta con una Unidad de Salud en el área urbana, la cual brinda atención preventiva y curativa de primer nivel, con un personal que incluye cuatro médicos generales, dos odontólogos y dos enfermeras. La información proporcionada por la Unidad de Salud indica la presencia de enfermedades comunes relacionadas con la contaminación del agua (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 MORBILIDAD POR ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO MUNICIPIO DE ALEGRÍA

PERÍODO DE CONSULTAS	ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS	ENFERMEDADES DEL SISTEMA DIGESTIVO	TOTALES
Del 01/01/2013 al 30/06/2013	1054	454	1508
Del 01/07/2013 al 31/12/2013	700	374	1074
Del 01/01/2013 al 30/06/2014	920	410	1330
Totales	2674	1238	3912

FUENTE: Unidad de Salud de la Ciudad de Alegría 2014

2.1.8.2 EDUCACIÓN

Para 2011 según la base de Centros Escolares del MINED, Alegría cuenta con 17 Centros Escolares todos públicos y de los cuales 3 se encuentran en la zona urbana y 14 en la zona rural, con un total de 3,499 alumnos, 809 en el área urbana y 2,690 en el área rural.

Tabla 2.6 CENTROS EDUCATIVOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA 2011

NOMBRE DEL CENTRO EDUCATIVO	CANTIDAD DE ALUMNOS/AS
Instituto Nacional De Alegría	203
Escuela De Educación Parvularia Doctor Ramón Bautista	78
Centro Escolar Alberto Masferrer	528

FUENTE: Etapa 2: Diagnóstico Participativo del Municipio de Alegría. Asistencia Técnica para la Formulación del Plan Estratégico Participativo con Énfasis en el Desarrollo Económico del Municipio de Alegría 2013

2.1.8.3 AGUA POTABLE

Para el año 2007 de los 2,570 hogares que poseía el municipio de Alegría tan solo 450 de ellos tenían acceso a agua potable lo cual representa solo un 17.5%, dejando una muy fuerte brecha que corregir de más del 80% de la población sin acceso al servicio de agua potable dentro de su casa o propiedad.

Tabla 2.7 COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE ALEGRÍA, 2007

HOGARES	COBERTURA	COBERTURA (%)	BRECHA (%)
2,570	450	17.5%	82.5%

FUENTE: Etapa 2: Diagnóstico Participativo del Municipio de Alegría. Asistencia Técnica para la Formulación del Plan Estratégico Participativo con Énfasis en el Desarrollo Económico del Municipio de Alegría 2013

Es relevante señalar que según datos proporcionados por ANDA para el área urbana, la cobertura de agua potable es de 70%, el cual representa un porcentaje notable y lo es aún más si lo comparamos con el 9.4% de cobertura en el área rural del municipio.

2.1.8.4 SANEAMIENTO

El área urbana del municipio de Alegría como ya se ha mencionado en varias ocasiones, carece de un sistema de alcantarillado sanitario. La población dispone las aguas negras mediante el uso de fosas sépticas, mientras que las aguas grises en su mayoría son vertidas directamente a las calles.

2.1.8.5 VIVIENDA

Tabla 2.8. PROPIEDAD DE VIVIENDA EN LA CIUDAD DE ALEGRÍA, AÑO 2007

ÁREA		CANTIDAD
Total de hogares		356
Propia		273
Propia pagándose a plazos	Institución Pública	0
	Institución Privada	1
	ONG's	0
Alquilada		51
Ocupante Gratuito		31
Otras Tenencias		0

FUENTE: Etapa 3: Plan Estratégico Participativo. Asistencia Técnica para la Formulación del Plan Estratégico Participativo con Énfasis en el Desarrollo Económico del Municipio de Alegría 2013

En el tema de tenencia de viviendas se observa en la Tabla 2.8 que, exceptuando las viviendas desocupadas y basándose en cantidad de hogares, la gran mayoría son propietarios de sus residencias.

Aunque no existe un censo de vivienda actualizado puede tomarse como fuente para estimar la cantidad de viviendas existentes en el área urbana del municipio de Alegría en la actualidad, el VI Censo de Población y V de Vivienda del 2007

proporciona datos que estiman una cantidad de 356 viviendas en la ciudad de Alegría, albergando cada una de ellas un promedio de 4.3 personas.

2.1.9 POBLACIÓN

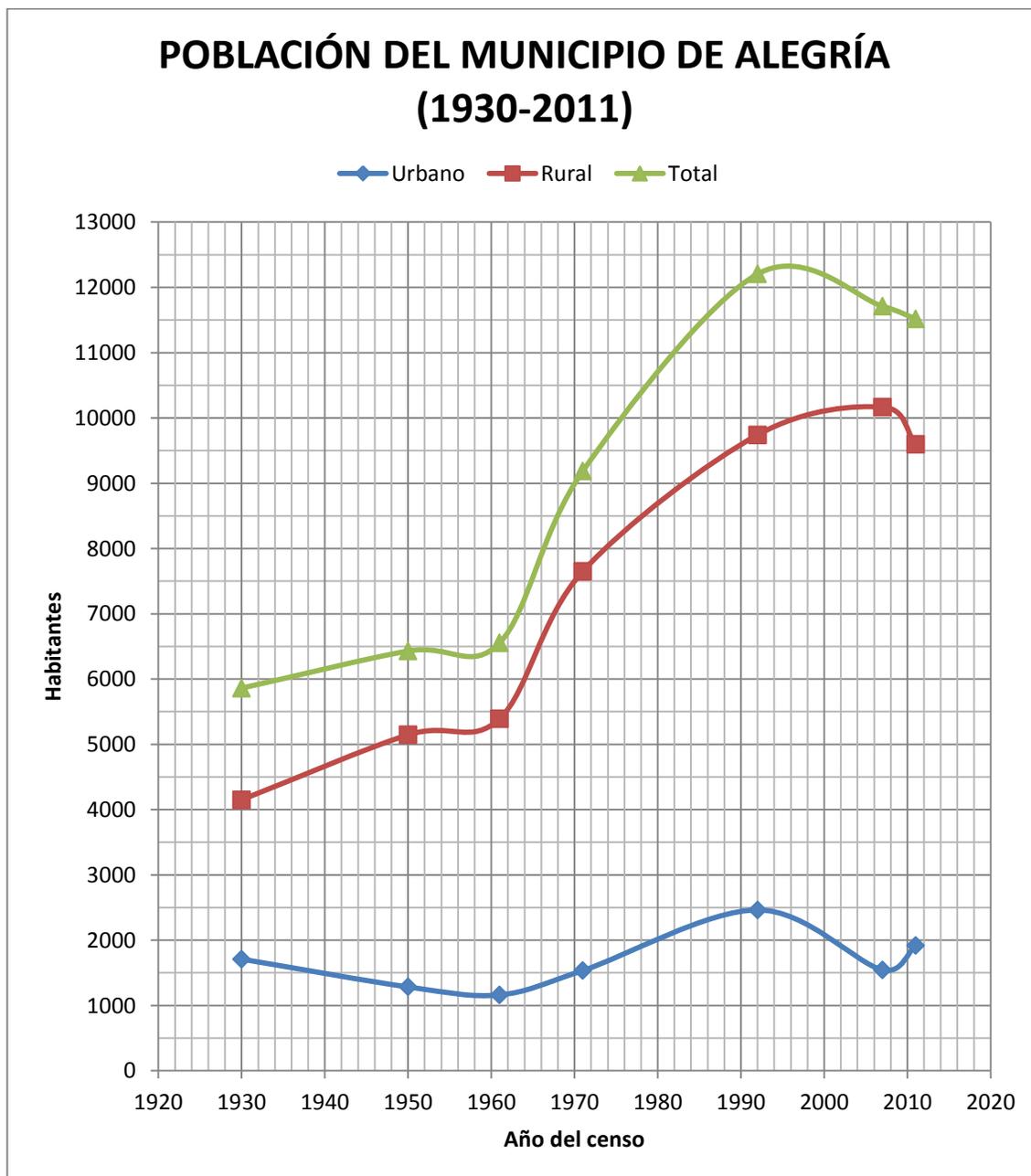
De acuerdo con los censos oficiales realizados en El Salvador y con información local proporcionadas por la Unidad de Salud de la ciudad de Alegría, la población en los años indicados ha evolucionado como se muestra en la Tabla 2.9 y Gráfico 2.1.

Tabla 2.9 POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA

AÑO	URBANO			RURAL			TOTAL	DENSIDAD (Habitantes/Km ²)
	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL		
1930	772	938	1710	2068	2083	4151	5861	134
1950	553	731	1284	2603	2543	5146	6430	147
1961	536	626	1162	2652	2741	5393	6555	150
1971	701	834	1535	3853	3799	7652	9187	210
1992	1155	1309	2464	4806	4935	9741	12205	279
2007	707	838	1545	4957	5210	10167	11712	268
2011	926	994	1920	4731	4865	9596	11516	264

FUENTE: Monografía del Departamento de Usulután 1992 Dirección General de Estadísticas y Censos DIGESTYC 2007 , Ministerio de Salud, Sistema De Información De Ficha Familiar 2011

Gráfico 2.1 CRECIMIENTO POBLACIONAL MUNICIPIO DE ALEGRÍA



FUENTE: Monografía del Departamento de Usulután 1992 , Dirección General de Estadísticas y Censos
DIGESTYC 2007 , Ministerio de Salud, Sistema De Información De Ficha Familiar 2011

El municipio de Alegría contaba con una población de 11,712 habitantes para el año 2007. Los indicadores poblacionales del municipio de Alegría para los censos de los años 1992 y 2007, mostrados en la Tabla 2.10, reflejan un decrecimiento poblacional de área urbana de 37.3%, mientras que el área rural presenta un crecimiento poblacional del 4.4%.

Tabla 2.10. INDICADORES POBLACIONALES DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA (1992 - 2007)

DESCRIPCIÓN	1992 (HABITANTES)	2007 (HABITANTES)	VARIACIÓN
Población urbana	2,464	1,545	-37.3%
Población rural	9,741	10,167	4.4%
Total de población	12,205	11,712	-4.0%

FUENTE: USAID, Plan de Competitividad Municipal de Alegría 2012 - 2016 2012

No obstante, tal como puede observarse en la Tabla 2.11, los indicadores poblacionales del municipio de Alegría para los censos de los años 2007 y 2011, mientras que la población urbana experimento un aumento considerable del 24.3%, la tasa de crecimiento de la población en el área rural decreció levemente en 5.6%.

Tabla 2.11. INDICADORES POBLACIONALES DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA (2007-2011)

DESCRIPCIÓN	2007 (HABITANTES)	2011 (HABITANTES)	VARIACIÓN
Población urbana	1545	1920	24.3%
Población rural	10167	9596	-5.6%
Total de población	11,712	11,516	-1.7%

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.2.1 AGUA RESIDUAL

Según el Reglamento de Aguas Residuales de El Salvador, se define al agua residual como aquella “Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor”³.

2.2.1.1 AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL

Según el Reglamento de Aguas Residuales de El Salvador, se define al agua residual de tipo especial como “Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todo tipo de residuo líquido que no se considere de tipo ordinario”⁴.

2.2.1.2 AGUAS RESIDUALES DE TIPO DOMÉSTICO

Según el Reglamento de Aguas Residuales de El Salvador, se define al agua residual de tipo doméstico, denominada como agua residual de tipo ordinario en la legislación, aquella “Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios,

³ Asamblea Legislativa, Decreto 39 Reglamento Especial de Aguas Residuales de El Salvador 2000

⁴ Asamblea Legislativa, Decreto 39 Reglamento Especial de Aguas Residuales de El Salvador 2000

fregaderos, lavado de ropa y otras similares”⁵. La distinción del agua residual de tipo ordinario, es decir agua doméstica, en aguas negras y aguas grises, se ha vuelto una práctica habitual en tiempos modernos.

AGUAS NEGRAS

Conocidas también con el nombre de aguas servidas, aguas residuales, aguas fecales o cloacales; forman parte de las aguas residuales de tipo doméstico y la conforma el agua contaminada con sustancias fecales y orina, ya sean producidas éstas de desechos orgánicos humanos o animales, y procedan de inodoros, orinales, etc.

AGUAS GRISES

Parte de las aguas residuales de tipo doméstico conformada por el agua contaminada procedente de limpieza de vajilla y ropa, y aseo personal como ducha y baños de inmersión, piletas y bañeras.

2.2.2 COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE TIPO DOMÉSTICO

Elementos físicos, químicos y biológicos son los componentes del agua residual, ya sea suspendidos o disueltos en el agua, en una mezcla de materia orgánica e inorgánica. Este tipo de aguas residuales de origen doméstico está compuesto por agua y sólidos suspendidos, coloidales y disueltos.

⁵ Asamblea Legislativa, Decreto 39 Reglamento Especial de Aguas Residuales de El Salvador 2000

El agua constituye cerca de 99.9% en peso, mientras que el resto son sólidos que apenas representan el 0.1%. A pesar que el agua constituye un porcentaje superior en peso, es la minúscula porción de sólidos la que ostenta las mayores dificultades en su tratamiento y disposición. De esta forma, el agua se ve limitada a ser únicamente el vehículo para el traslado de los sólidos.

2.2.3 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

En El Salvador, los métodos de recolección de aguas residuales mayormente utilizados son los siguientes:

- a) Método Seco para coleccionar los excrementos humanos
- b) Método Moderno de conducción con agua

2.2.3.1 MÉTODO SECO PARA COLECTAR LOS EXCREMENTOS HUMANOS

Radica en el depósito de las excretas en letrinas, también conocidas como hoyo seco, o en locales especiales. Las excretas pueden trasladarse en vehículos apropiados para su evacuación definitiva, o bien, enterrarse con cualquier material de relleno en el lugar. Comúnmente, el sistema de letrinas se utiliza en ciertas poblaciones como una alternativa ante la posible dificultad técnica y económica de introducción de un sistema de alcantarillado sanitario a la zona.

2.2.3.2 MÉTODO MODERNO DE CONDUCCIÓN CON AGUA

Radica en la mezcla de las excretas con agua en cantidad suficiente para que actúe como un vehículo, que viene a conformar lo que se conoce como aguas

negras. Son conducidas y evacuadas por efecto de flotación y velocidad de escurrimiento del agua a través de un sistema de tuberías, que las recolecta y las traslada para su disposición final. Dicha mezcla de materias sólidas diluidas en el agua se compone en una proporción, excretas/agua de transporte, tal que permite su flujo bajo las leyes de la hidráulica aplicables al agua. Con ello se facilita su traslado efectivo al punto donde sean depositadas finalmente o sometidas a tratamiento.

2.2.4 TIPOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS CONVENCIONALES

Un sistema de alcantarillado sanitario es “un conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales; tal conjunto o sistema comprende: las alcantarillas sanitarias con sus pozos de visita, los colectores y los sistemas de tratamiento”⁶.

Los alcantarillados convencionales son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta el lugar de disposición final.

Los tipos de sistemas convencionales son:

- a) Alcantarillado separado
- b) Alcantarillado combinado

⁶ ANDA, Norma para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario 2005

2.2.4.1 ALCANTARILLADO SEPARADO

El transporte se hace mediante sistemas independientes; es decir, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial, se conducen a su disposición final de manera que no se interfiera uno al otro.

Entre sus principales ventajas pueden mencionarse:

- Tuberías, pues se emplean colectores de menor diámetro.
- Las aguas lluvias se puede desembocar en algún río.
- Las aguas negras a tratar son en menor volumen, comparadas con el alcantarillado combinado y hace menor el costo.

Entre sus desventajas, mayormente económicas, pueden mencionarse:

- Se requiere excavaciones para cada sistema por separado.
- Gasto extra en tuberías para cada sistema.
- Se requieren más pozos ya que cada sistema por separado los necesita.

2.2.4.2 ALCANTARILLADO COMBINADO

En este sistema tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema hasta el sitio de disposición final. Cabe aclarar que este tipo de sistema no es aplicable a nuestro país debido a que las “Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de

Aguas Negras” (ANDA 1998) no permiten esta modalidad de recolección de las aguas residuales y aguas lluvias.

2.2.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

La planificación de alcantarillado sanitario deberá estar a cargo de personal especializado y conforme con los planes de desarrollo urbanístico e industrial del área en donde se ubicará el proyecto. De acuerdo a las normas de alcantarillado sanitario⁷, deberá proyectarse para funcionar exclusivamente para aguas residuales, no se permite el ingreso de aguas lluvias.

Todo sistema de alcantarillado sanitario, deberá ser estudiado considerando las diferentes alternativas, con el fin de encontrar la mejor solución al menor costo económico. La mejor solución se decidirá en base a criterios que consideren aspectos naturales, sociales, técnicos y económicos.

- ***Criterios de índole natural:*** Se deberá tomar en cuenta, la capacidad del cuerpo receptor, topografía del terreno, condiciones climatológicas, extensión del área de drenaje, etc.
- ***Criterios de índole social:*** Se refiere al grado de aceptación del sistema por parte de la comunidad, disponibilidad de terrenos y servidumbres, costumbres de la población, etc.

⁷ ANDA, Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras 1998 .

- ***Criterios técnicos y económicos:*** se refiere a la aplicación de normas, leyes y reglamentos en la proyección de la red de alcantarillado sanitario, grado de cobertura, población a servir, fuentes de financiamiento, desarrollo por etapas, proyecciones de crecimiento, usos proyectados de suelo, calidad de las aguas residuales, etc.

2.2.6 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE EVACUACIÓN Y/O DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los estudios de alternativas son elaborados de la combinación de sistemas de disposición de las aguas residuales. Dependiendo de las características geográficas y demográficas, junto con el costo económico, deberá observarse la conveniencia de la utilización de un sistema u otro. Se clasifican en:

- Sistema en el sitio
- Sistema central
- Sistema de varios puntos
- Sistema de captación de alcantarillado adjunta integrada

2.2.6.1 SISTEMA EN EL SITIO

Es el estudio alternativo básico, contempla el uso de fosas sépticas o letrinas en el área de planificación para la disposición de las aguas residuales en el sitio.

2.2.6.2 SISTEMA CENTRALIZADO

Consiste en someter la totalidad de las aguas residuales en una única planta de tratamiento ubicada dentro del área de planificación, bajo un sistema centralizado de recolección.

- **Ventaja:** Presenta poca complejidad en su operación y mantenimiento, ya que se trata de solamente una planta de tratamiento en funcionamiento.
- **Desventaja:** Debe desarrollarse completamente la red de colectores, o de lo contrario, para captar el total de aguas residuales originadas en el área de planificación habrá que esperar que se desarrolle toda la red, especialmente en las zonas con mayor distancia a la planta. Pueden ser requeridas estaciones de bombeo, las cuales ocasionan un incremento del costo total, para trasladar las aguas residuales a la planta de tratamiento.

2.2.6.3 SISTEMA DE VARIOS PUNTOS

Resulta de la división del área de planificación en zonas de captación, donde cada una de ellas posee su propia planta de tratamiento, como un sistema de varios puntos.

- **Ventaja:** No requiere desarrollar por completo la red de colectores y, a diferencia del sistema centralizado, permite el tratamiento de aguas residuales desde áreas remotas.
- **Desventaja:** Los costos de capital, de operación y mantenimiento se incrementan debido al funcionamiento de más de una planta de tratamiento.

2.2.6.4 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE ALCANTARILLADO ADJUNTA INTEGRADA

El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario integrado a un área adjunta, plantea la posibilidad que las aguas residuales producidas en el área de planificación se recolectan y se conducen a un área vecina, donde se cuenta con sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento existente.

- **Ventaja:** Significan un importante ahorro en operación y mantenimiento ya que una sola planta de tratamiento sirve a varias áreas de planificación, cuando en estas áreas no existen este tipo de instalaciones.
- **Desventaja:** Tiempo y recursos son requeridos para hacer la conexión a áreas alejadas, ya que todos los colectores deben estar conectados a la misma planta de tratamiento. Sumado a esto, en ciertas áreas puede ser obligatoria la utilización de estaciones de bombeo para trasladar a la planta de tratamiento las aguas residuales.

2.2.7 MODELOS DE CONFIGURACIÓN PARA COLECTORES

Para recolectar las aguas residuales de una localidad se debe seguir un modelo de configuración para el trazo de los colectores primarios, secundarios y terciarios. Deben de realizarse los análisis de alternativas que se requieran, tanto para definir el número de plantas de tratamiento, su ubicación y sitios de vertido⁸. Las actividades mencionadas anteriormente se realizan con el objetivo de asegurar el proyecto de la alternativa técnico-económica más adecuada, con lo cual se elaboran los planos generales y de alternativas.

La elección del modelo de configuración de la red de alcantarillado sanitario depende de los siguientes factores:

- a) Topografía predominante
- b) Trazo de calles
- c) Sitios de vertido
- d) Disponibilidad de terreno para ubicar la o las plantas de tratamiento

Entre los modelos de configuración más ampliamente utilizados se encuentran:

- Modelo perpendicular
- Modelo radial
- Modelo de interceptores
- Modelo de abanico

⁸ : CONAGUA (México), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario 2009

2.2.7.1 MODELO PERPENDICULAR

En el caso de una comunidad paralela a una corriente, con terreno con una suave pendiente hacia ésta, la mejor forma de coleccionar las aguas residuales se logra colocando tuberías perpendiculares a la corriente. Se debe analizar la conveniencia de conectar los colectores secundarios con un colector primario paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas.

2.2.7.2 MODELO RADIAL

En este modelo las aguas residuales fluyen hacia el exterior de la localidad en forma radial a través de colectores primarios.

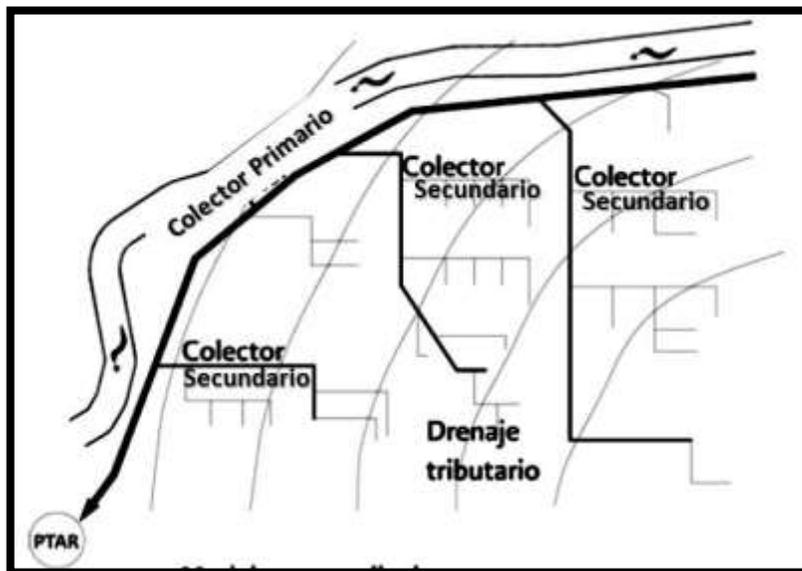
2.2.7.3 MODELO DE INTERCEPTORES

Este tipo de modelo se emplea para recolectar aguas residuales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas, sin grandes desniveles y cuyas tuberías (colectores secundarios) se conectan a una tubería mayor (interceptor o colector primario), que es la encargada de transportar las aguas residuales hasta un emisor o una planta de tratamiento.

2.2.7.4 MODELO DE ABANICO

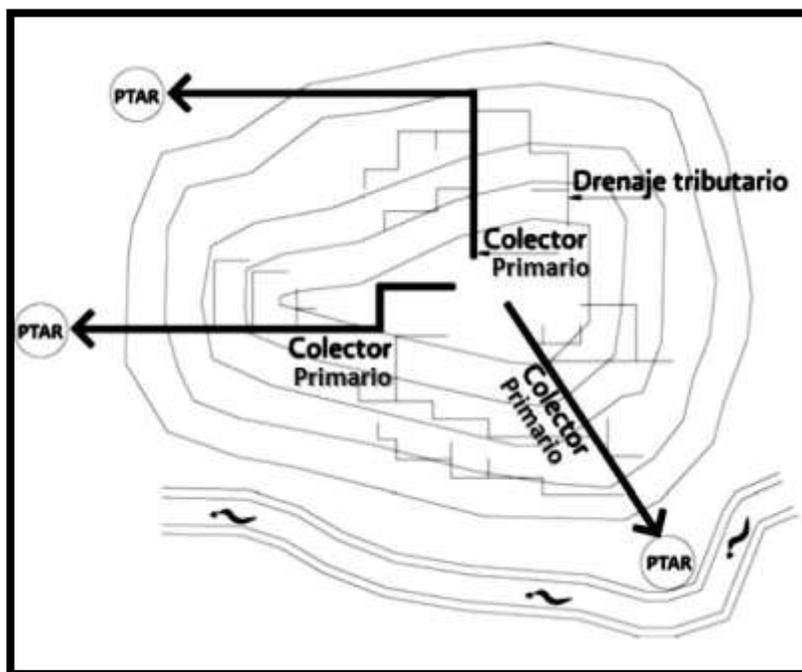
Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se pueden utilizar las líneas convergentes hacia una tubería principal (colector primario) localizada en el interior de la localidad, originando una sola tubería de descarga.

Figura 2.3 MODELO PERPENDICULAR



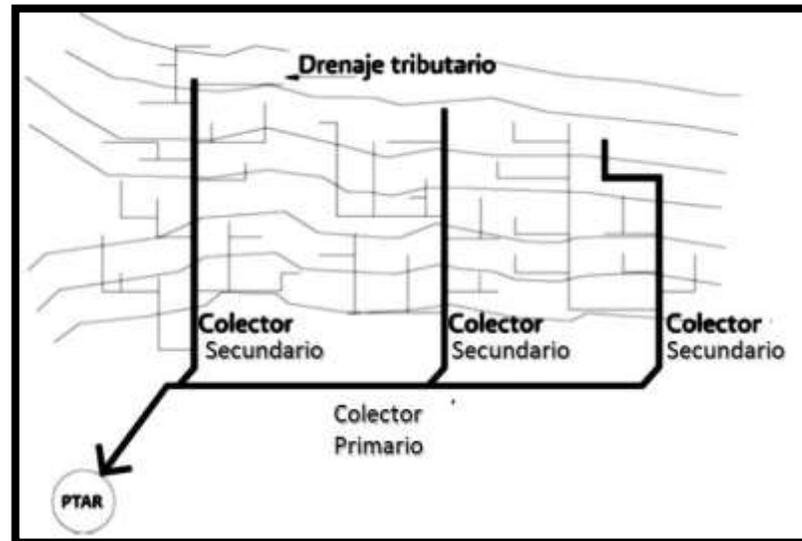
FUENTE: CONAGUA (México), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario 2009

Figura 2.4 MODELO RADIAL



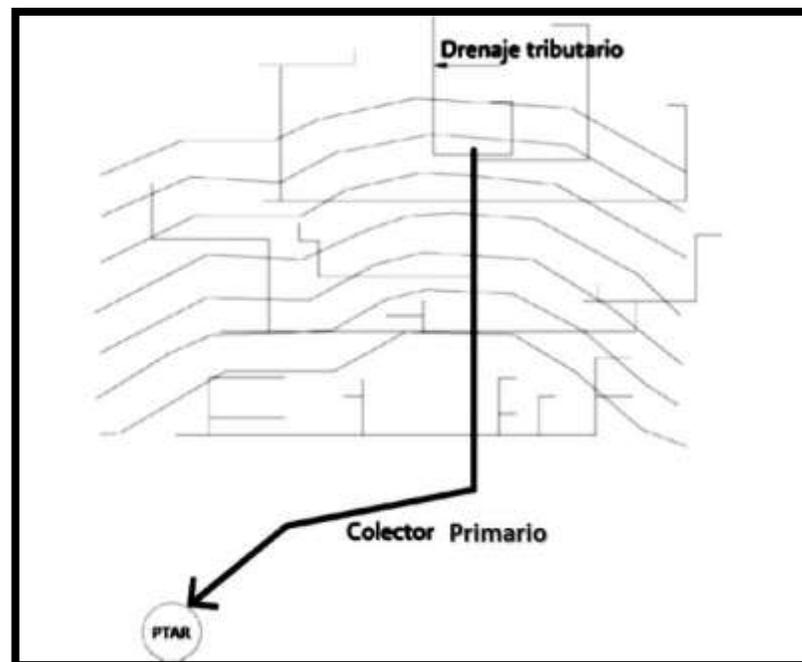
FUENTE: CONAGUA (México), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario 2009

Figura 2.5 MODELO DE INTERCEPTORES



FUENTE: CONAGUA (México), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario 2009

Figura 2.6 MODELO DE ABANICO



FUENTE: CONAGUA (México), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario 2009

2.2.8 COMPONENTES Y ACCESORIOS PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Un sistema de alcantarillado sanitario está formado por:

- Estructuras de recolección y transporte de las aguas residuales.
- Planta de tratamiento
- Estructuras de disposición final

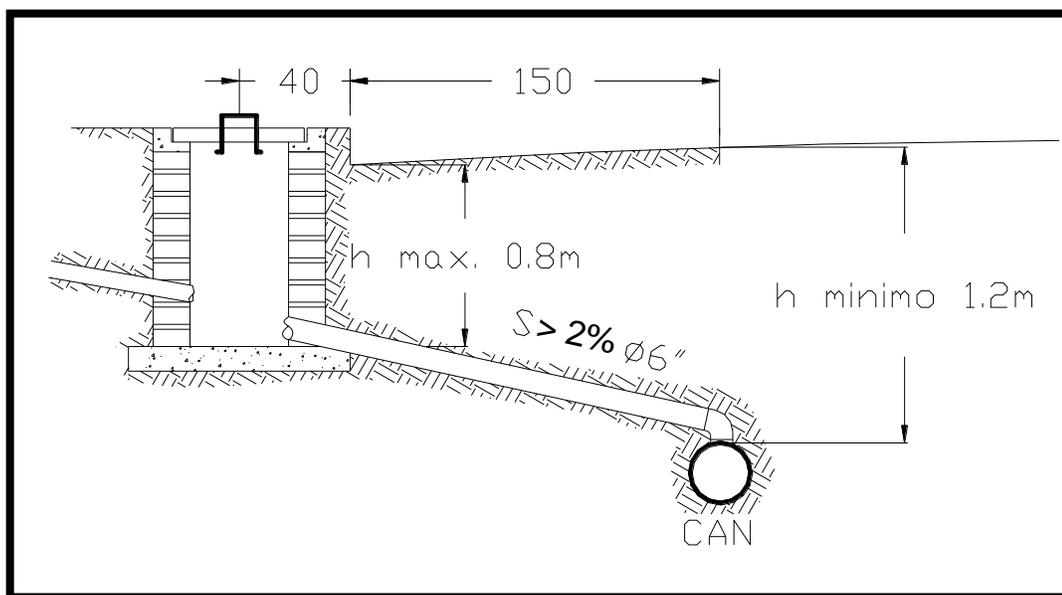
Dentro de las estructuras de recolección y transporte se encuentran:

- Caja de conexión domiciliar
- Tuberías
- Cajas de inspección
- Pozo de visita (con caja de sostén si es requerido)

2.2.8.1 CAJA DE CONEXIÓN DOMICILIAR

Son estructuras que conectan a los elementos que evacuan las aguas negras del interior de las edificaciones a los colectores secundarios de la red. Las conexiones domiciliarias no se conectarán a pozos de visita ni a colectores cuya profundidad exceda de 3.0 m.

Figura 2.7 CAJA DE CONEXIÓN DOMICILIAR



FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

Según el Manual de Planificación de Alcantarillo (ANDA 2009), la conexión domiciliar deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Pendiente mínima de conexión domiciliar 2%
- El diámetro mínimo es 6"
- Profundidad máxima en el punto de conexión de la vivienda 0.80 m
- La caja de conexión se deberá ubicar a 0.40 m del cordón
- Las conexiones domiciliarias no se conectarán a pozos de visita ni a colectores cuya profundidad exceda de 3.0 m.
- En caso de profundidades de colector mayores a 3.0 m, se deberá colocar un colector auxiliar para realizar la conexión domiciliar.

2.2.8.2 TUBERÍAS

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías. Las tuberías a su vez pueden estar clasificadas de la siguiente forma:

- **Colector domiciliario o terciario:** Conducen las aguas residuales de los edificios o viviendas hasta otro colector.
- **Colector secundario:** Son tuberías de pequeño diámetro que recibe los efluentes de los colectores domiciliarios.
- **Colector troncal o principal:** Son las tuberías principales de gran dimensión que recibe los efluentes de varios colectores secundarios.⁹

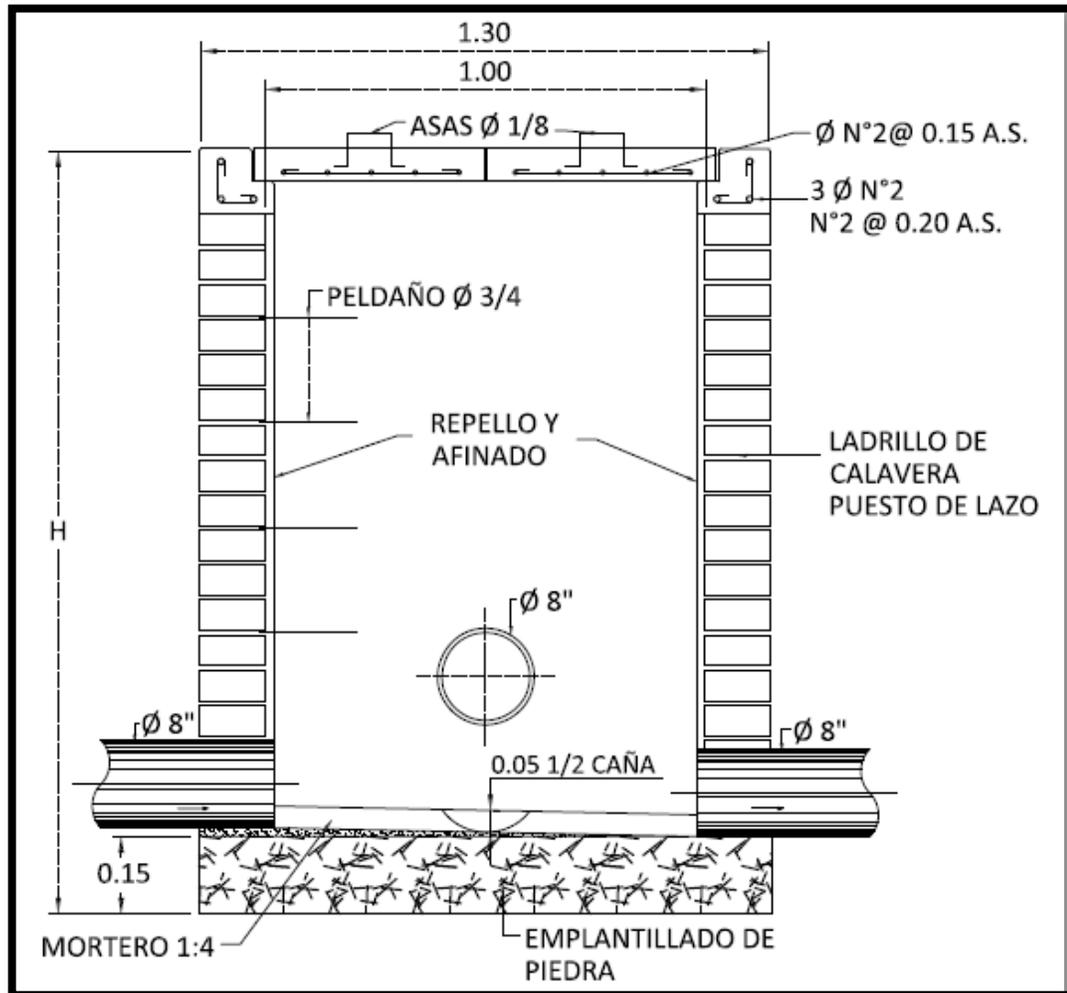
2.2.8.3 CAJAS DE INSPECCIÓN

Si la cama hidráulica del pozo se encuentra a una profundidad mayor de 1.40 m se construirá un pozo de diámetro interno de 1.10 m, si la profundidad es menor se construirá una caja de 1.0 m por lado y con profundidad de acuerdo al diseño del colector¹⁰.

⁹ ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

¹⁰ ANDA, Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras 1998

Figura 2.8 CAJA DE INSPECCIÓN



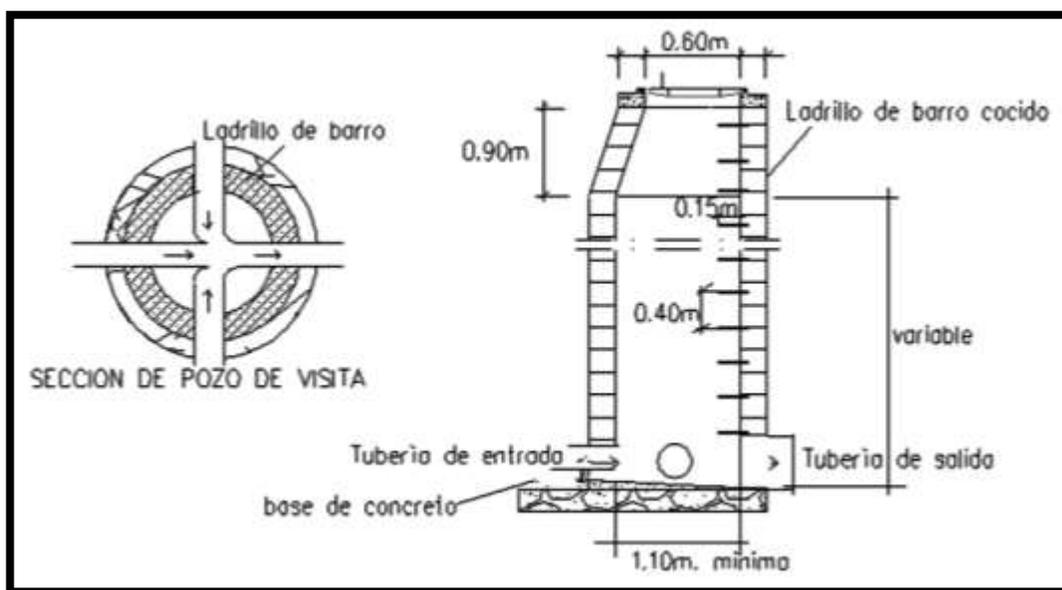
FUENTE: UES Rediseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, Diseño del Alcantarillado Sanitario y de Aguas Lluvias para el Municipio de San Luis del Carmen, Departamento de Chalatenango 2010

2.2.8.4 POZOS DE VISITA

Los pozos de visita son estructuras que están formadas por la fundación, cilindro, cono y tapadera, estos suministran el acceso a las alcantarillas para la inspección y limpieza.

Están localizados en los cambios de dirección, cambios en los diámetros de la tubería, cambios sustanciales de pendiente y a intervalos de 100 metros, en el inicio de todo colector, en todos los empalmes de los colectores, en los cambios de material, en los puntos donde se diseñan caídas en los colectores, en todo lugar que sea necesario por razones de inspección y limpieza¹¹.

Figura 2.9 SECCIÓN DE POZO DE VISITA PARA AGUAS NEGRAS



El diámetro interno del pozo de visita depende del diámetro de la tubería, para colectores de hasta 15", el diámetro interno será de 1.10 m. Para el cambio de dirección del colector, se deberá tomar en consideración el ángulo de deflexión "α" máximo y el diámetro interno del pozo de visita.

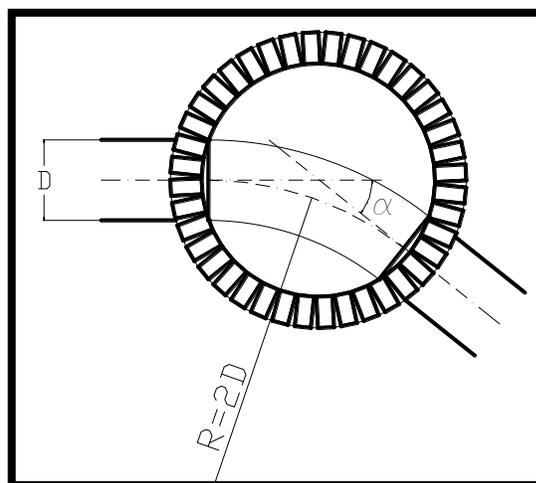
¹¹ ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

Tabla 2.12 ÁNGULO DE DEFLEXIÓN SEGÚN DIÁMETRO DEL COLECTOR EN POZOS DE VISITA

TIPO DE POZO	1	2	3	4	5
Ø interno del cilindro	1.20m	1.50m	1.80m	1.95m	2.10m
Ø del colector	Valor máximo de la deflexión α dentro del pozo				
18" (45 cm)	55°~60°	60°~75°	75°~85°	85°~90°	
24" (60 cm)	30°~45°	45°~55°	55°~70°	70°~75°	75°~80°
30" (75 cm)	0°~30°	30°~45°	45°~55°	55°~60°	60°~65°
36" (90 cm)		0°~35°	35°~45°	45°~50°	50°~55°
42" (105 cm)		0°~30°	30°~35°	35°~40°	40°~45°
48" (120 cm)			0°~30°	30°~35°	35°~40°
60" (150 cm)					0°~30°

FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

Figura 2.10 SECCIÓN DE POZO DE VISITA



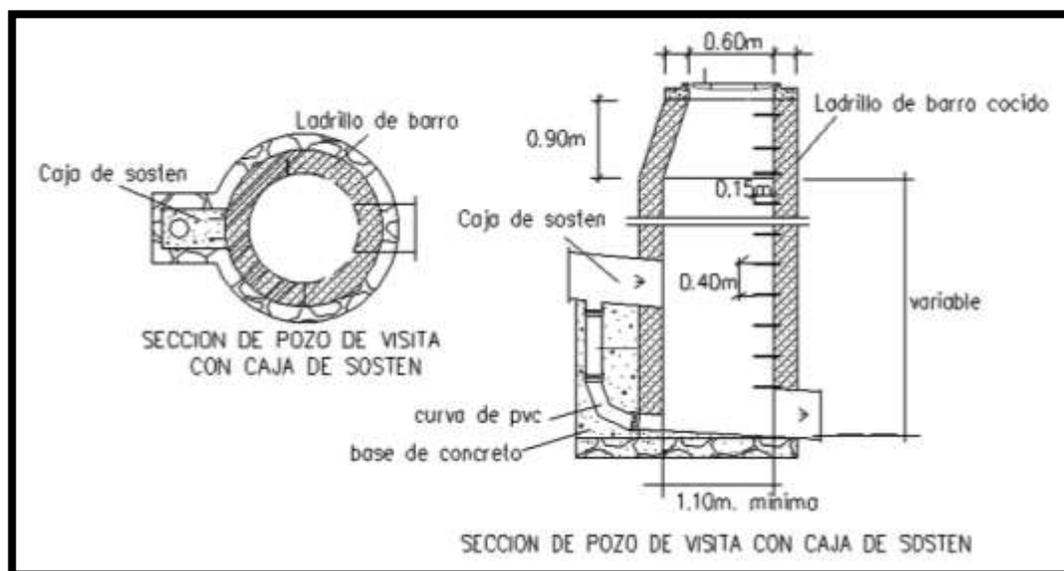
FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

2.2.8.5 POZOS DE VISITA CON CAJAS DE SOSTÉN

Las cámaras de caída son estructuras de conexión frecuentes en terrenos con pendiente pronunciada, con el objeto de evitar velocidades mayores de las máximas permisibles.

Si la tubería entrante alcanza el pozo de visita a más de un metro sobre el nivel del fondo se construirá un pozo con caja de sostén; la caída no excederá de 4.00 m; hasta 7.50 m. de caída se usarán cajas dobles. Cuando el material de la tubería sea PVC las cajas de sostén se podrán sustituir por accesorios del mismo material. Para colectores afluentes menores de 300 mm de diámetro puede analizarse la alternativa de no construir la cámara de caída pero proveer un colchón de agua en la parte inferior del pozo que amortigüe la caída¹².

Figura 2.11 SECCIÓN DE POZO DE VISITA CON CAJA DE SOSTÉN



¹² ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

2.2.9 PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA EL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

2.2.9.1 ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO: INFORMACIÓN BÁSICA

Como primer paso dentro de las etapas del diseño de la red de alcantarillado sanitario para la recolección de las aguas residuales se encuentra la identificación y delimitación del área de intervención. Como respaldo y sustento de este proceso se cuenta con la topografía, sistema de drenaje natural, geología y clima del lugar a tomar en consideración. En resumen, los estudios básicos que deben realizar para la identificación del área de planificación contienen información sobre lo siguiente:

- Aspecto físico – geográfico
- Incidencia de enfermedades hídricas
- Desarrollo económico – social
- Sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario
- Bases de referencia al diseño de alcantarillado sanitario

ASPECTO FÍSICO – GEOGRÁFICO

- ***Topografía y Sistema de Drenaje Natural:***

El tamaño del área de planificación es generalmente limitado por dichas características, para lo que deberá contar con una descripción de la ubicación y área total cubierta del área de planificación, y de la topografía y sistema de

drenaje natural. Estos datos son primordiales para la propuesta de las posibles ubicaciones de los colectores que permitan su funcionamiento por gravedad.

- ***Accidentes Geográficos y Obstáculos Artificiales:***

Estos tienen la capacidad de limitar el área de cobertura y volver obligatoria la construcción de obras de paso y estaciones de bombeo que logren una mayor cobertura del plan, incrementando con ello los costos del proyecto. Entre los accidentes geográficos podemos mencionar montañas, cerros, ríos, quebradas, barrancos, etc.; y entre los obstáculos artificiales (creados por el hombre), puentes, vías férreas, carreteras, taludes, bóvedas, etc.

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES HÍDRICAS

Con el fin de evidenciar la necesidad de la red de alcantarillado sanitario, debe incluirse datos sobre la incidencia de enfermedades ocasionadas por aguas contaminadas como disentería, cólera, entre otras; o bien, que favorezcan las condiciones para la propagación de enfermedades transmitidas por vectores.

DESARROLLO ECONÓMICO – SOCIAL

- ***Administración y Servicios Públicos:***

Dentro del área de cobertura del plan de alcantarillado sanitario, se deberá incluir datos acerca de número de ciudades, colonias, etc., población, entre

otra información específica, de los sitios a los cuales el sistema de alcantarillado sanitario dará servicio.

Es necesario conocer el estado de los servicios públicos en el área de planificación, es decir la descripción de las condiciones en las que se encuentran calles de acceso, electricidad, disposición de excretas y redes de agua lluvia, recolección y disposición final de desechos, entre otros, como información relevantes para la elaboración del diseño y presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario.

- ***Catastro y Planes de Desarrollo Territorial:***

Abarca los usos de tierra y datos de proyecciones de desarrollo territorial. Estos datos deben mostrar: Áreas industriales y comerciales futuras de acuerdo al plan de desarrollo, proyectadas en el periodo de planificación de alcantarillado sanitario, dispersión de la población existente en la zona de captación, niveles de población futura, uso existente de tierra y zonas de desarrollo.

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

- ***Sistema de Abastecimiento de Agua Potable:***

Muestra las condiciones en que se encuentra el sistema de abastecimiento de agua es requerida su descripción cubriendo aspectos como caudal disponible, caudal extraído, cobertura de acometidas domiciliarias y población servida.

- **Sistema de Alcantarillado Sanitario Existente:**

Muestra las condiciones en que se encuentra el sistema de alcantarillado sanitario existente, por medio de su descripción e incluyendo aspectos como el caudal y las características de las aguas residuales en el sistema existente. Debe determinarse en el bosquejo la ubicación y número de conexiones, estimación de población por zonas de drenaje, descargas directas y PTAR si existiesen, además de fosas sépticas y letrinas existentes, que como alternativas al saneamiento deben ser consideradas en lugares donde no sea técnica ni económicamente factible proyectar un sistema de alcantarillado sanitario.

BASES DE REFERENCIA AL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Todo proyecto de alcantarillado sanitario debe realizarse acorde a las leyes, reglamentos y normativas vigentes relacionadas tanto al plan de alcantarillado sanitario como al área de planificación.

Tabla 2.13 LINEAMIENTOS LEGALES DEL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DOCUMENTO	INFORMACIÓN RELEVANTE
Planes de Desarrollo Urbano	Usos de suelo
Normas Técnicas de ANDA	Diseño de redes de alcantarillado sanitario
Ley del Medio Ambiente	Evaluación de los impactos ambientales y medidas de mitigación
Norma Salvadoreña Obligatoria: NSO.13.49.01:09 “ AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR”	Calidad de agua descargada al cuerpo receptor
Otras leyes y reglamentos	Relacionados con las aguas residuales

FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

2.2.9.2 DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DE CAPTACIÓN

Los límites de captación incluyen áreas de crecimiento y deben considerar posibles desarrollos que podrán conectarse a la red de alcantarillado sanitario dependiendo del uso de suelo, cuyos caudales deben tomarse en consideración para el diseño de colectores.

2.2.9.3 PROYECCIÓN DEL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES

Para determinar el alcance de la red de alcantarillado sanitario, es necesario especificar el área de cobertura, junto con el uso de tierras, la población actual y futura, así como las disposiciones de desarrollo territorial de la zona de captación. Esta información será de utilidad para la estimación de los caudales actuales y futuros de aguas residuales que pueden verificarse a partir de dichos datos.

2.2.9.4 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Dadas las condiciones topográficas, sistema de drenaje natural y geología del área de cobertura, deben observarse las zonas en las que un sistema de alcantarillado sanitario por gravedad no resulte técnica ni económicamente factible. Para ello deben proponerse alternativas al saneamiento como letrinas de hoyo seco y fosas sépticas en las cuales su apropiado diseño, construcción y mantenimiento pueda asegurar una disposición segura del efluente tratado.

Algunas recomendaciones para el diseño de la red de alcantarillado sanitario son las siguientes:

- En lo posible, las viviendas deben ser dotadas con un sistema de alcantarillado sanitario centralizado que funcione por gravedad; y a su vez erradicar el uso de sistemas de letrina de hoyo seco y fosa séptica pues tienden a no brindárseles un mantenimiento apropiado.
- Garantizar la salud pública y calidad del agua, asegurando las medidas de protección ambiental al conducir las aguas residuales crudas directamente a los colectores y posteriormente a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

2.2.10 METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE LA RED

La metodología de diseño de una red de alcantarillado sanitario tiene su fundamento en una serie de parámetros generales, los cuales definen el orden lógico a seguir para la elección de criterios básicos de diseño, tomando en cuenta las normativas específicas de cada región.

2.2.10.1 PLANIFICACIÓN GENERAL DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

Para garantizar un buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario es necesario que su planificación sea realizada por un profesional especializado en el área y bajo los lineamientos de las normativas vigentes establecidas por la

institución correspondiente, de acuerdo con los planes de desarrollo urbanístico e industrial del sitio donde se desarrolle el proyecto.

2.2.10.2 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño es por definición el tiempo que transcurre desde la iniciación del servicio del sistema, hasta que por falta de capacidad o desuso sobrepasa las condiciones establecidas en el proyecto. Permite definir el tiempo para el cual se estima que el sistema va a funcionar satisfactoriamente.

El establecimiento del periodo de diseño del proyecto depende de diferentes aspectos tales como la vida útil de las instalaciones y recursos financieros. Además de lo anterior, el periodo de diseño depende de los siguientes factores:

- a) La vida útil de las estructuras o equipamientos teniéndose en cuenta su obsolescencia o desgaste.
- b) La facilidad o dificultad de la ampliación de las obras existentes.
- c) Las tendencias de crecimiento de la población futura con mayor énfasis el del posible desarrollo de sus necesidades comerciales e industriales.
- d) El comportamiento de las obras durante los primeros años, es decir cuando los caudales iniciales son inferiores a los caudales de diseño.

Si el período de diseño de un proyecto es corto, inicialmente el sistema requerirá una inversión menor, pero luego exigirá inversiones sucesivas de acuerdo con el crecimiento de la población. Por otro lado, la ejecución de un

proyecto con un período de diseño mayor requerirá mayor inversión inicial, pero luego no necesitará de nuevas inversiones por un buen tiempo.

Además, con periodos de diseño largos, el flujo en las alcantarillas estará por muchos años debajo del caudal de diseño, por lo cual las velocidades serán menores a las previstas y el desempeño del sistema será menor al esperado.

Tabla 2.14 PERÍODOS DE DISEÑO PARA UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

EN FUNCIÓN DE LA POBLACIÓN	PERIODO DE DISEÑO
Entre 1000 y 15,000 habitantes	De 10 a 15 años
Entre 15,000 y 50,000 habitantes	De 15 a 20 años
Más de 50,000 habitantes	30 años, podrá ser mayor siempre que se justifique
EN FUNCIÓN DE LOS COMPONENTES	PERIODO DE DISEÑO
Colectores primarios y secundarios	De 20 a 30 años
Colectores interceptores y emisarios	De 30 a 50 años
Equipos mecánicos	De 5 a 10 años
Equipos eléctricos	De 10 a 15 años

FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

De acuerdo a las Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras (ANDA 1998), el periodo de diseño “n” deberá ser como mínimo de 20 años. Según el Manual de Planificación de Alcantarillados de la misma institución (ANDA 2009), clasifica los periodos de diseño en función de dos factores, la población y los componentes del sistema del alcantarillado sanitario (Tabla 2.14).

2.2.10.3 POBLACIÓN DE DISEÑO

Un dato muy importante es la población de diseño, ya que contribuye directamente a la definición de la dimensión del proyecto; lo que se traduce en cantidad y longitud de tuberías, cantidad de pozos de visita, cajas de registros y cajas de conexión domiciliar.

Estos componentes dependen en proporción a la población a servir, y del crecimiento proyectado de la misma. Los tipos de población que normalmente se toman en cuenta para el diseño son:

- **Población actual:** Es la población existente en el momento de la elaboración de los diseños de ingeniería.
- **Población al inicio del proyecto:** Es la población que va a existir en el área estudiada al inicio del funcionamiento de las redes.
- **Población al final del proyecto:** Es la población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado sanitario, al final del período del proyecto.

MÉTODOS DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

Se deberá elegir el método más conveniente para el cálculo de la población futura, basándose en estudios demográficos dentro de los cuales se consideren todos los aspectos que afectan el desarrollo demográfico de la comunidad (censos, situación socioeconómica, crecimiento vegetativo,

migraciones, etc.), con el objetivo de cubrir las demandas de la población para el período de diseño considerado.

La población de diseño será igual, según el caso, al 100% de la población futura o un porcentaje menor, el uso de un porcentaje menor deberá ser justificado tomando en consideración limitaciones de orden físico, natural o legal que restrinjan el desarrollo de áreas de la ciudad y de sus habitantes. A continuación se listan los métodos de proyección de población, recomendados por el Manual de Planificación de Alcantarillado de ANDA.

- Método Aritmético de Proyección de Población
- Método Geométrico de Proyección de Población
- Método Exponencial de Proyección de Población
- Método de Proyección en Base a la Densidad Poblacional

2.2.10.4 CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de diseño del sistema de alcantarillado sanitario es necesario conocer el consumo de agua de la población, ya que de ello depende directamente la producción de aguas residuales. Cada persona tiene costumbres diferentes en cuanto al uso o consumo de agua, influenciadas por una serie de factores de tipo social, económico y de disponibilidad de agua.

La dotación de agua potable es fundamental, ya que el caudal de aguas negras es calculado como un porcentaje de ésta. La dotación consiste en el volumen

de agua que una persona consume por unidad de tiempo. De acuerdo a estudios estadísticos realizados, se estima que el consumo per cápita de agua puede variar entre 80 y 350 litros al día¹³. Las Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras (ANDA 1998) definen las dotaciones de agua potable por uso de establecimiento, como se muestra en la Tabla 2.15.

CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIO DIARIO

El caudal medio de aguas residuales varía dependiendo del tipo de alcantarillado sanitario que se elija, y puede comprender el caudal doméstico, comercial, institucional, industrial y de infiltración.

- **Caudal doméstico:** Flujos de locales residenciales e institucionales.
- **Caudal comercial:** Flujos de oficinas, las tiendas y los restaurantes.
- **Caudal institucional:** Flujos principalmente de escuelas y universidades.
- **Caudal industrial:** Flujos de varios procesos industriales.

El caudal de diseño de aguas residuales será igual al 80% del consumo máximo horario de agua potable correspondiente al final del período de diseño más una infiltración potencial a lo largo de la tubería, de 0.20 L/s/Ha para tubería de cemento y 0.10 L/s/Ha para tubería PVC.

¹³ ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

Tabla 2.15 TABLA DOTACIONES DE AGUA POTABLE

TIPO DE ESTABLECIMIENTO	DOTACIÓN
Dotación total urbana \geq	220 L/p/d
Locales comerciales	20 L/m ² /d
Hoteles	500 L/hab/d
Pensiones	350 L/hab/d
Restaurantes	50 L/m ² /d
Escuelas	
Externos	40 L/alumno/d
Internados	200 L/p/d
Personas no residentes	50 L/p/d
Hospitales	
Cama	600 L/cama/d
Clínicas	
Médicas	500 L/consultorio/d
Dentales	1000 L/consultorio/d
Vivienda	
Mínima	80 - 125 L/p/d
Media	125 - 175 L/p/d
Alta	175- 350 L/p/d
Otros	
Cines, teatros	3 L/asiento/d
Oficinas	6 L/m ² /d
Bodegas	20 L/m ² /d
Mercados, puestos	15 L/m ² /d
Gasolineras	300 L/bomba/d
Estacionamientos	2 L/m ² /d
Industria	80 L/p/turno
Jardines	1.5 L/m ² /d
Lavanderías	50 L/kg/r.sec.
Cantareras	\geq 30 L/p/d

FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

El caudal medio diario se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 2.1 Caudal medio diario en función de la población

$$Q_{md} = \frac{PD}{86400}$$

Donde:

Q_{md} : Caudal medio diario en L/s D : Dotación en L/hab/d

P : Población de diseño

Ecuación 2.2 Caudal medio diario en función de la densidad poblacional

$$Q_{md} = \frac{A_d \rho D}{86400}$$

Donde:

Q_{md} : Caudal medio diario en L/s D : Dotación en L/hab/d

A_d : Área de drenaje en m² ρ : Densidad poblacional en hab/m²

Ecuación 2.3 Caudal medio diario en función del área tributaria

$$Q_{md} = \frac{A_d D}{86400}$$

Donde:

Q_{md} : Caudal medio diario en L/s D : Dotación en L/m²

A_d : Área de drenaje en m²

El Manual de Planificación de Alcantarillado (ANDA 2009) recomienda que, en el caso que ya se cuente con un sistema de alcantarillado sanitario, resulta conveniente calcular la dotación por usos. Esto servirá para obtener una buena aproximación del caudal de aguas residuales.

CÁLCULO DE CAUDALES PICOS

Tomando en cuenta que el caudal de aguas residuales es una función del consumo de agua potable, durante el día se presentarán fluctuaciones en el caudal, por lo que será requerido considerar los caudales máximo horario, máximo diario y mínimo horario.

Ecuación 2.4 Caudal máximo diario

$$Q_{máxd} = K_1 Q_{md}$$

Ecuación 2.5 Caudal máximo horario

$$Q_{máxh} = K_2 Q_{md}$$

Ecuación 2.6 Caudal mínimo horario

$$Q_{mính} = K_3 Q_{md}$$

Donde:

Q_{md} : Caudal medio diario en L/s

$Q_{máxd}$: Caudal máximo diario en L/s

$Q_{máxh}$: Caudal máximo horario en L/s

$Q_{mính}$: Caudal mínimo horario en L/s

K_1 : Coeficiente de variación diaria (de 1.2 a 1.5)

K_2 : Coeficiente de variación máxima horaria (de 1.8 a 2.4)

K_3 : Coeficiente de variación mínima horaria (de 0.1 a 0.3) ¹⁴

¹⁴ ANDA, Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras 1998

CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño de aguas residuales se define mediante la Ecuación 2.7.

Ecuación 2.7 Caudal de Diseño de las Aguas Residuales

$$Q_d = 0.8Q_{máxh} + Q_i$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño de aguas residuales en L/s

$Q_{máxh}$: Caudal máximo horario en L/s

Q_i : Caudal por infiltración

La capacidad de las tuberías será igual al caudal de diseño multiplicado por un factor de seguridad (fs), el cual dependerá del diámetro propuesto para el diseño en cada tramo, de acuerdo a la Tabla 2.16.

Tabla 2.16 FACTORES PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO SEGÚN DIÁMETRO DE TUBERÍA

\varnothing COLECTOR	FACTOR	\varnothing COLECTOR	FACTOR
$8'' \leq \varnothing \leq 12''$	2.00	36 "	1.40
15''	1.80	42''	1.35
18''	1.60	48''	1.30
24''	1.50	Interceptores o emisarios	1.20
30''	1.45		

FUENTE: ANDA, Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras 1998

Ecuación 2.8 Caudal de Diseño de las Aguas Residuales

$$Q_d = fs * (0.8Q_{máxh} + Q_i)$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño de aguas residuales en L/s

$Q_{máxh}$: Caudal máximo horario en L/s

Q_i : Caudal por infiltración

f_s : Factor de seguridad

2.2.10.5 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

A lo largo de la historia las investigaciones acerca de los métodos de cálculo de redes de alcantarillado sanitario han evolucionado, desde realizar los cálculos manuales hasta la aplicación de programas de cómputo que facilitan su diseño. Independientemente el camino que se elija, sea manual o a través de la aplicación de un software, los cálculos hidráulicos están basados en los mismos fundamentos teóricos.

La diferencia radica en que los procedimientos manuales asumen simplificaciones debido a la complejidad que presentan ciertos comportamientos del flujo, de manera que los cálculos suelen limitarse a un análisis estático. Es aquí donde la aplicación de un software es mucho más conveniente y funcional.

En la actualidad existe software en el mercado que permite analizar el comportamiento del flujo en una red de alcantarillado sanitario con una aproximación más real; es decir, permiten un nivel de cálculo más detallado y preciso mediante análisis cinemáticos y dinámicos, aumentando el nivel de

exactitud dependiendo del método y el objetivo para el cual se está realizando la simulación de la red de alcantarillado sanitario.

2.2.10.6 PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PLANOS

Una vez obtenido el diseño definitivo deben presentarse los planos respectivos, estos son elementos gráficos que muestran la ubicación de cada uno de los componentes que forman parte del sistema, sobre el plano arquitectónico del área de planificación del sistema de alcantarillado sanitario.

Estos deben ser claros y mostrar a detalle la ubicación de tuberías, pozos y cajas de registro, además deben contener los respectivos cuadros de detalle y simbología para facilitar su lectura e interpretación.

Aparte de los planos de ubicación del sistema de alcantarillado sanitario en planta, se deben incluir planos de los perfiles de calles y avenidas de la ciudad donde se muestre la ubicación de los componentes del sistema a detalle. Deben señalarse la longitud de tuberías entre pozos, profundidad de tuberías y pozos, pendientes, diámetros, entre otros, conteniendo toda la información relevante para la interpretación de los mismos.

Una vez construido el proyecto, deben corregirse los planos originales y elaborar los planos de cómo quedó realmente el proyecto, ya que durante la

construcción surgen inconvenientes, imprevistos o mejoras que obligan a realizar cambios al diseño.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas engloban toda una serie de características relacionadas con la construcción del proyecto; en ellas se detallan aspectos esenciales para su ejecución, por ejemplo:

- Material, longitud, profundidad, pendiente y diámetros de tuberías.
- Material, forma geométrica, dimensiones y profundidad de pozos y cajas de inspección.
- Material de compactación, espesor de capas, rasantes de tubería.

Además de las características antes listadas también se detalla la maquinaria a utilizar y los procesos constructivos en general.

2.2.10.7 ELABORACION DE PRESUPUESTO

Una vez se ha finalizado el diseño, basándose a los planos y especificaciones técnicas, se elabora un presupuesto de la alternativa, tomando en cuenta las cantidades de obra obtenidas a partir de los planos, materiales, equipos y mano de obra descritos en las especificaciones técnicas. Estos cálculos deben basarse en precios unitarios de mercado, los cuales deben estar actualizados, para que los resultados sean lo más cercano posible al costo real del proyecto.

2.2.10.8 PROYECTO DEFINITIVO

Está compuesto por el diseño completo de la red, el cual comprende los cálculos necesarios para determinar las pendientes, velocidades, dimensiones y capacidad de la red de alcantarillado sanitario así como el diseño de cada uno de los componentes del sistema, incluyendo sus respectivos planos. El proyecto definitivo debe contener además de todo lo mencionado anteriormente, las especificaciones técnicas y presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario.

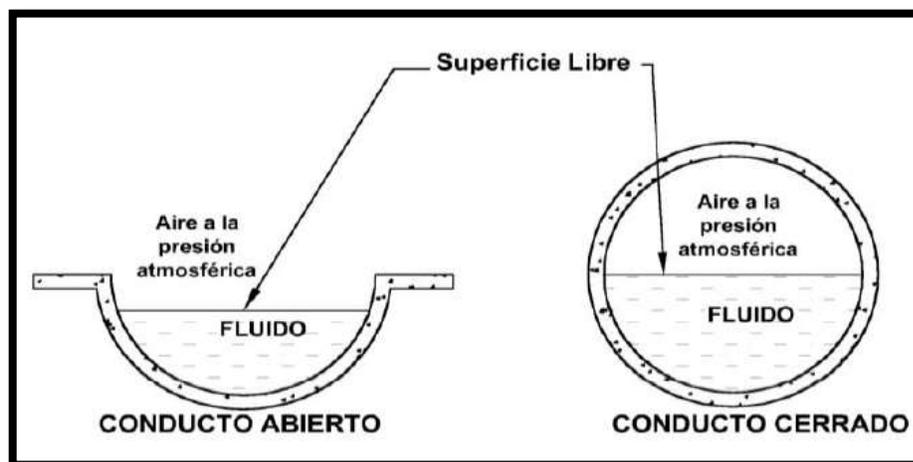
2.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.3.1 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO

El diseño de colectores o alcantarillas se realiza bajo la suposición que éstas se comportan como un canal abierto, en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión. Bajo este concepto, se asume que la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera, esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso.

El análisis del funcionamiento hidráulico permite llevar a cabo la revisión y diseño de una red de alcantarillado sanitario, y de acuerdo con los resultados obtenidos proporcionar soluciones factibles dentro de los límites razonables de seguridad y economía.

Figura 2.12 COMPARACIÓN ENTRE UN CANAL ABIERTO Y UNA TUBERÍA PARCIALMENTE LLENA



FUENTE: Rodríguez Ruiz, Pedro. Hidráulica de Canales 2008

Tomando en cuenta que actualmente existen en el mercado muchos paquetes de cómputo que permiten realizar una simulación hidráulica y de calidad del agua para redes de drenaje y alcantarillado pluvial, el diseño de los componentes de la red de alcantarillado sanitario se realizará mediante la aplicación del software Storm Water Management Model 5.0 (SWMM 5.0) de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos.

2.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA STORM WATER MANAGEMENT MODEL 5.0 (EPA SWMM 5.0)

El programa de cómputo Storm Water Management Model 5.0 (SWMM 5.0) presenta un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para realizar simulaciones en estado permanente y en periodos extendidos de redes de drenaje pluvial y alcantarillado urbano. EPA SWMM 5.0

es capaz de seguir la evolución del caudal en las conducciones, los niveles en los pozos de visita y la calidad del agua mejor conocida como carga contaminante durante la simulación.

Este programa de manera general cuenta con cinco módulos para representar el comportamiento de un sistema de drenaje: tres hidrológicos, uno hidráulico y uno de calidad del agua. Cuando se requiere realizar el diseño de un alcantarillado sanitario, se utiliza únicamente el modelo hidráulico de transporte, el cual se describe a continuación.

- **Módulo Hidráulico de Transporte:** Contiene la red de drenaje y los caudales sanitarios definidos en este mismo módulo. Con él se pueden determinar los caudales y niveles dentro de la red de drenaje además del funcionamiento de los elementos complementarios, como lo son los pozos de visita y las estructuras de descarga entre otros; todo esto bajo condiciones iniciales y de frontera establecidas.

El programa EPA SWMM 5.0 incluye un conjunto flexible de herramientas de simulación de características hidráulicas utilizadas para modelar el flujo debido a la escorrentía superficial y los aportes externos de caudal a través de una red de tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, y otros elementos de la red de alcantarillado.

2.3.2.1 CARACTERISTICAS DEL EPA SWMM 5.0

El software Storm Water Management Model 5.0, a través de sus herramientas, posee capacidades ventajosas para el diseño del alcantarillado sanitario:

- Manejar redes de tamaño ilimitado.
- Utilizar una amplia variedad de geometrías para las conducciones, tanto abiertas como cerradas, así como los canales naturales.
- Modelar elementos especiales como unidades de almacenamiento y tratamiento, bombas, vertederos y orificios.
- Aplicar caudales externos y concentraciones para determinar la calidad de las aguas superficiales, intercambio de caudales con los acuíferos, caudales de infiltración en los colectores dependiendo de la precipitación, caudales sanitarios en tiempo seco y aportes externos definidos por el usuario.
- Realizar el análisis hidráulico por distintos métodos, como el flujo uniforme, la onda cinemática o la modelación completa por onda dinámica.
- Modelar distintos regímenes de flujo, como pueden ser remanso, entrada en carga, flujo inverso y acumulación en superficie.
- Aplicar controles dinámicos definidos por el usuario para simular el funcionamiento de las bombas, la abertura de los orificios o la posición de la cresta de un vertedero.

2.3.2.2 LIMITANTES DEL EPA SWMM 5.0

El programa de cómputo no permite la interacción con bases de datos, ya que carece de una plataforma para el manejo de este tipo de archivos. Tampoco permite la importación desde archivos de dibujo asistido por computadora (CAD), por lo que toda red de alcantarillado sanitario debe integrarse manualmente elemento por elemento.

2.3.2.3 MODELOS DE SIMULACION DEL EPA SWMM 5.0

EPA SWMM 5.0 en su modelación emplea los principios de conservación de la masa, de la energía y de la cantidad de movimiento. El transporte por cualquiera de los conductos modelados está gobernado por las ecuaciones que definen matemáticamente estos principios, tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio.

El usuario puede elegir el nivel de sofisticación con el que desea resolver estas ecuaciones, para ello existen tres modelos hidráulicos de transporte que se describen a continuación.

MODELO DE FLUJO UNIFORME

Este modelo representa la forma más simple de modelar el comportamiento del agua en el interior de los conductos. Para ello se asume que en cada uno de los incrementos de tiempo de cálculo considerado el flujo es uniforme, para este análisis se emplea la ecuación de Manning.

Ecuación 2.9 Velocidad Manning

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

v : Velocidad en m/s

R_h : Radio hidráulico en m, para tuberías llenas $R_h = D/4$

s : Pendiente en m/m

n : Coeficiente de rugosidad

Debido a las limitaciones de este modelo hidráulico no se puede tomar en cuenta el almacenamiento de agua que se produce en los conductos, los fenómenos de resalto hidráulico, las pérdidas a la entrada y a la salida de los pozos de visita, el flujo inverso o los fenómenos de flujo presurizado.

MODELO DE ONDA CINEMÁTICA

Este modelo hidráulico de transporte resuelve la ecuación de continuidad junto con una forma simplificada de la ecuación de cantidad de movimiento en cada una de las conducciones. Esta última requiere que la pendiente de la superficie libre del agua sea igual a la pendiente del fondo del conducto.

En los modelos cinemáticos se resuelven las ecuaciones Saint Venant considerando en la ecuación de equilibrio exclusivamente las componentes de gravedad y fricción. Por lo tanto, el modelo se limita al caudal máximo que puedan llevar los conductos en superficie libre; es decir, el punto donde se llena

toda su sección transversal determinado por la ecuación de Manning. Cualquier exceso de caudal sobre este valor en el nudo de entrada en el conducto se pierde del sistema o bien puede permanecer estancado en la parte superior del nudo de entrada y entrar posteriormente en el sistema cuando la capacidad del conducto lo permita.

El modelo de la onda cinemática permite que tanto el caudal como el área varíen tanto espacial como temporalmente en el interior del conducto. No obstante este modelo de transporte no puede considerar efectos como el resalto hidráulico, las pérdidas en las entradas o salidas de los pozos de registro, el flujo inverso o el flujo presurizado, así como su aplicación está restringida únicamente a redes ramificadas.

Si alguno de los efectos especiales mencionados con anterioridad no se presentan en el sistema o no son significativamente importantes en el mismo, el modelo de la onda cinemática es una alternativa suficientemente precisa y eficiente para el modelo de transporte con tiempos de simulación largos.

MODELO DE ONDA DINÁMICA

Este modelo resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y por tanto teóricamente genera los resultados más precisos. Suponen la aplicación de la ecuación de continuidad y cantidad de movimiento en las conducciones y la continuidad de los volúmenes en los nudos.

Con este tipo de modelo de transporte es posible representar el flujo presurizado cuando una conducción se encuentra completamente llena, de forma que el caudal que circula por la misma puede exceder el valor de caudal a tubo completamente lleno obtenido mediante la ecuación de Manning.

Este modelo puede tratar efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos, las pérdidas en las entradas y en las salidas de los pozos de registro, el flujo inverso y el flujo presurizado. Debido a que resuelve de forma simultánea los niveles de agua en los nudos y los caudales en los conductos, puede utilizarse para cualquier tipo de configuración en la red.

2.3.2.4 ECUACIONES DE SAINT VENANT

ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

La ecuación de continuidad en forma conservativa puede escribirse en términos del caudal (Q) y del área (A) de la siguiente manera:

Ecuación 2.10 Continuidad

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial x} = 0$$

ECUACIÓN DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO

La ecuación de cantidad de movimiento en forma conservativa puede escribirse en términos del caudal (Q), área (A), profundidad (y), pendiente del canal (S_0), pendiente de fricción (S_f) y de la gravedad (g) de la siguiente manera:

Ecuación 2.11 Cantidad de Movimiento

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_o - S_f) = 0$$

Tabla 2.17 ECUACIONES DE SAINT VENANT PARA ONDA DINÁMICA Y CINEMÁTICA

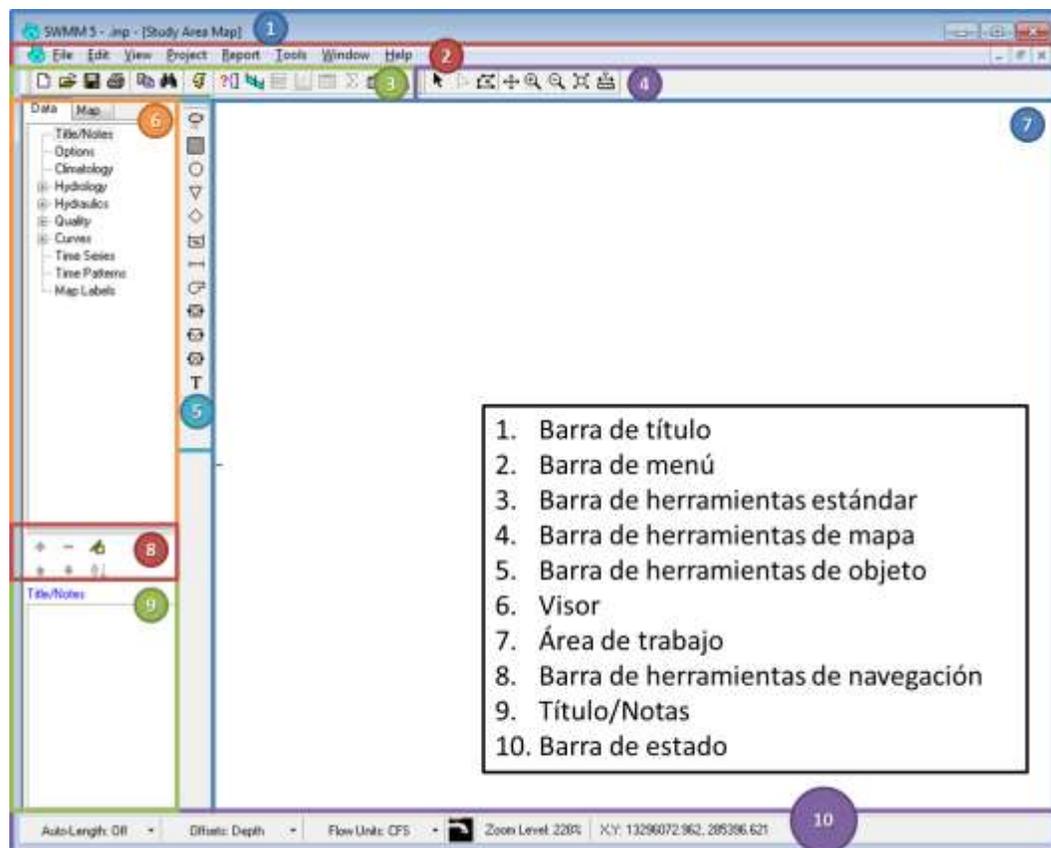
TÉRMINOS DE LA ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO						
Aproximación	$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t}$	$+\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right)$	$+g \frac{\partial y}{\partial x}$	$-gS_o$	$+gS_f$	$= 0$
	Término de aceleración local	Término de aceleración convectiva	Término de fuerza de presión	Término de fuerza gravitacional	Término de fuerza de fricción	
	<i>Términos inerciales</i>					
Onda dinámica	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí
Onda cinemática	✗ No	✗ No	✗ No	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí

FUENTE: http://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaciones_de_Saint-Venant_en_1D

2.3.2.5 ENTORNO DE TRABAJO DEL EPA SWMM 5.0

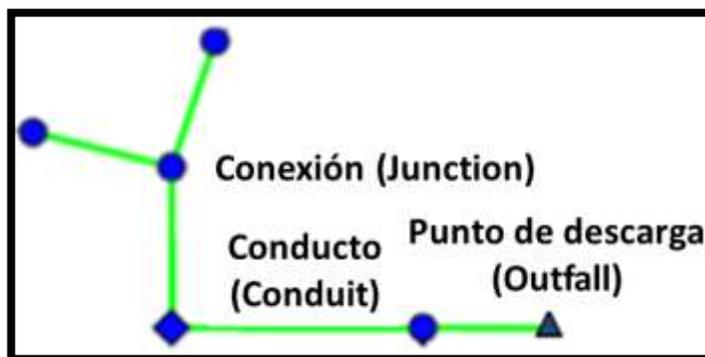
El software EPA SWMM 5.0 está ambientado para el sistema Windows, lo que facilita la interacción con el usuario y brinda una interfaz gráfica amigable. La ventana principal del programa está compuesta como se muestra en la Figura 2.13, con sus diferentes secciones.

Figura 2.13 ENTORNO DE TRABAJO EPA SWMM 5.0



2.3.2.6 COMPONENTES FÍSICOS DEL EPA SWMM 5.0 PARA ALCANTARILLADO SANITARIO

Figura 2.14 COMPONENTES FÍSICOS DEL SWMM 5.0



FUENTE: EPA, Manual de Usuario SWMM 5.0 2005

CONEXIONES O NUDOS DE CONEXIÓN

Las conexiones son nudos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes líneas entre sí, físicamente pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, pozos de registro del sistema de drenaje o elementos de conexión de tuberías. Los aportes externos del caudal entran al sistema a través de las conexiones.

Los parámetros principales de entrada de una conexión son:

- Nombre del pozo (nudo)
- Cota de fondo o fondo del pozo que puede encontrarse en la conexión
- Profundidad del pozo

CONDUCTOS

Los conductos son tuberías o canales por los que se desplaza el agua de un nudo a otro del sistema de transporte, el programa permite seleccionar la sección transversal de las distintas variedades geométricas abiertas y cerradas definidas por el mismo.

Los parámetros principales de entrada de un conducto son:

- Nombre de la tubería (conducto)
- Nombre de los nudos de entrada y salida

- Altura del conducto medida desde de la cota de fondo de los pozos en los nudos inicial y final
- Longitud del conducto
- Coeficiente de Manning
- Geometría de la sección transversal del conducto

PUNTO DE DESCARGA

El punto de descarga es el nodo final de la red, el cual representa físicamente la descarga del caudal transportado por el sistema. Puede haber varios puntos de descarga definidos en el diseño dependiendo de la configuración de la red.

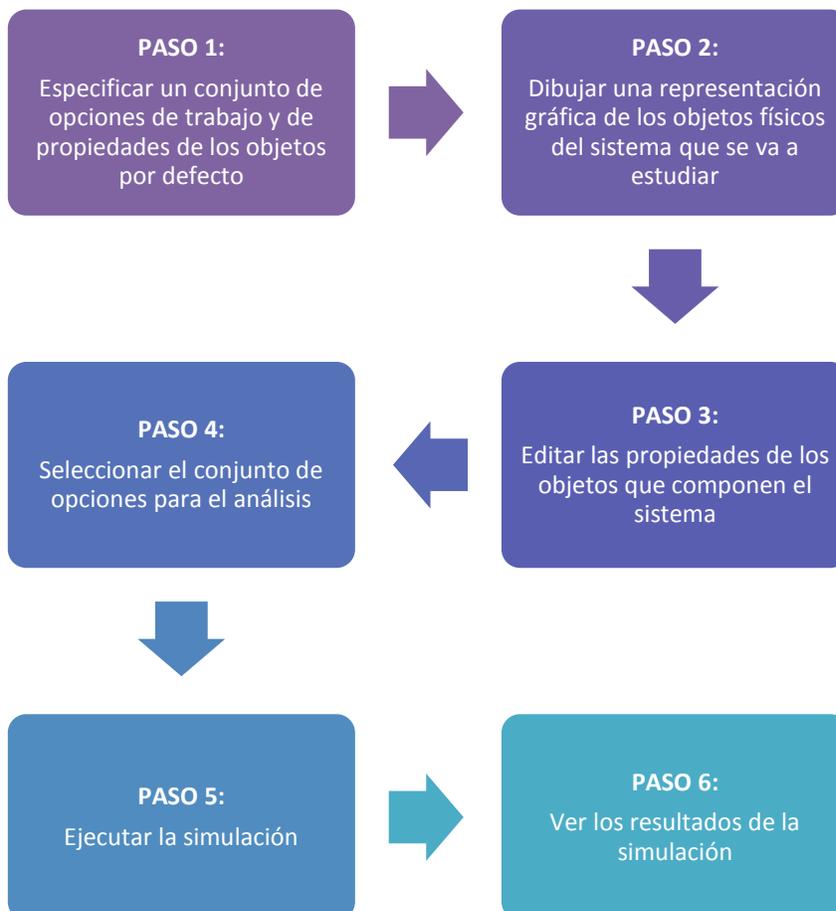
Los parámetros principales de entrada son:

- El nombre del nodo
- La cota de fondo del nodo
- El tipo de vertido

2.3.2.7 PASOS DE SIMULACIÓN EPA SWMM 5.0

La simulación de una red de alcantarillado sanitario, de manera simplificada, puede seguir un proceso de ejecución como se muestra en la Figura 2.15.

Figura 2.15 PASOS DE SIMULACIÓN SWMM 5.0



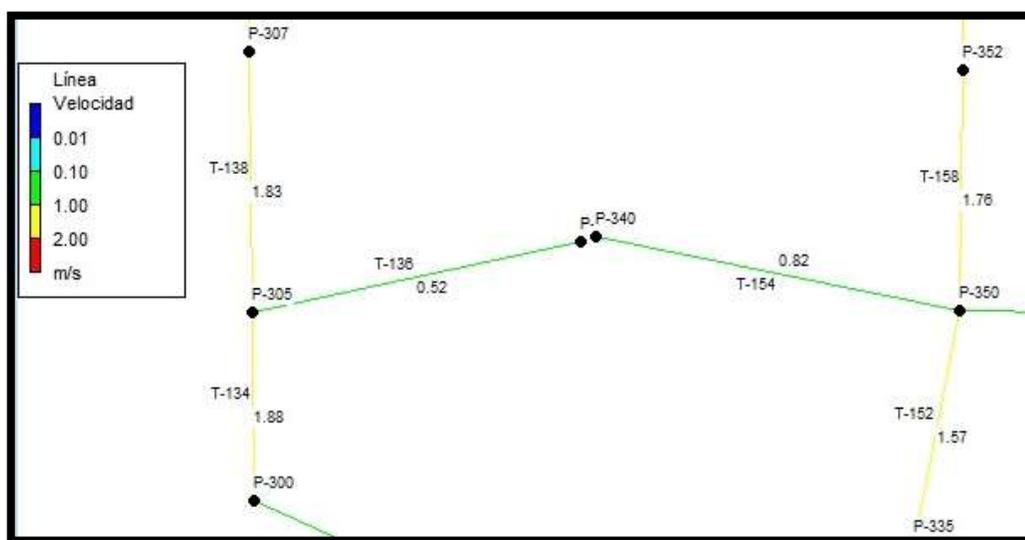
2.3.2.8 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS EPA SWMM 5.0.

El software EPA SWMM 5.0 complementa el proceso de diseño con la revisión del sistema de alcantarillado sanitario, ya que ofrece la opción de observar resultados del comportamiento de cada uno de los conductos que integran el sistema. Es decir, no sólo se puede observar la representación gráfica del problema, sino que además se pueden observar las características y el comportamiento de los conductos mientras se realiza la simulación virtual.

VELOCIDAD

Una vez realizada la simulación del sistema de alcantarillado sanitario, el software ofrece la opción de visualizar en el plano la variación de la velocidad del flujo de aguas residuales dentro de cada conducto.

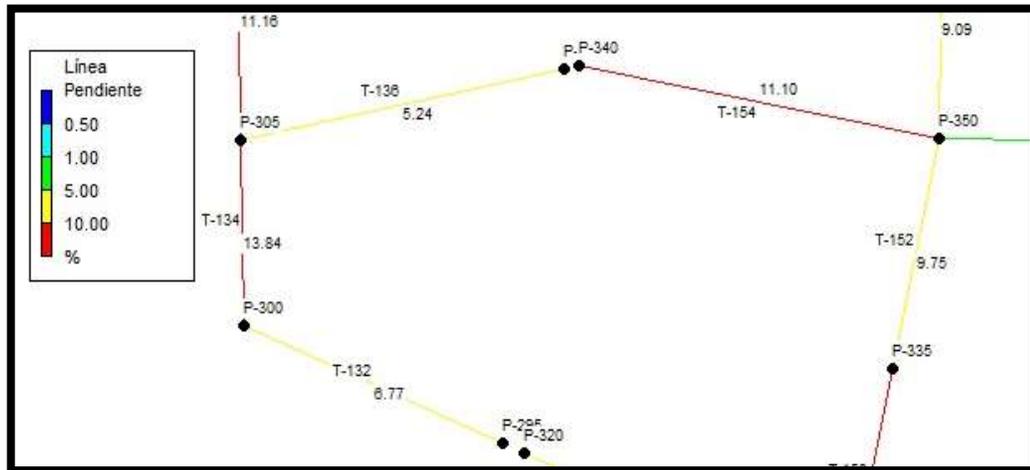
Figura 2.16 VELOCIDADES EN TUBERÍAS



PENDIENTE

A través de la geometría dada a la red, el programa calcula la pendiente de cada uno de los tramos de tubería, este parámetro es posible visualizarlo de forma directa en el mapa del sistema, facilitando el proceso de diseño del mismo y de esta forma hacer las correcciones pertinentes hasta obtener el diseño definitivo.

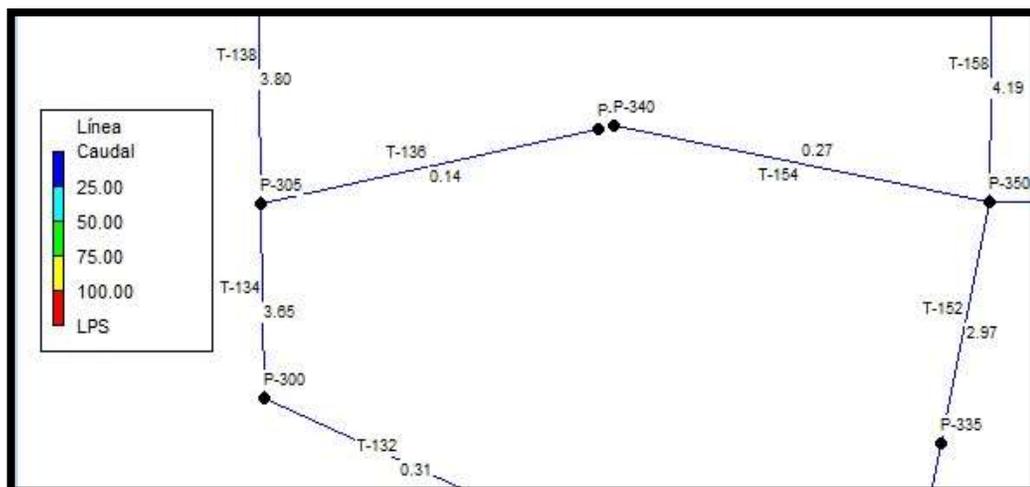
Figura 2.17 PENDIENTE EN TUBERÍAS



CAUDAL

Esta opción ofrece la facilidad de visualizar el caudal acumulado que transporta cada una de las tuberías que conforman la red, lo cual es muy importante en el proceso de diseño para verificar la continuidad del sistema.

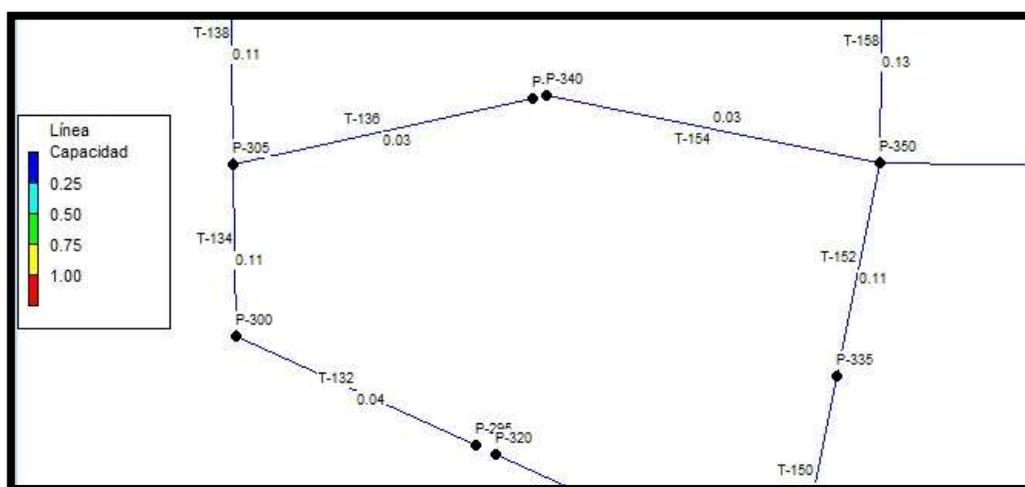
Figura 2.18 CAUDAL EN TUBERÍAS



CAPACIDAD

Esta función ofrece al usuario la facilidad para visualizar el valor en relación al total de su capacidad al que está funcionando el conducto. Es decir, si un conducto presenta un valor de capacidad igual a 0.5, el conducto está desalojando el gasto correspondiente a la mitad de su máxima capacidad.

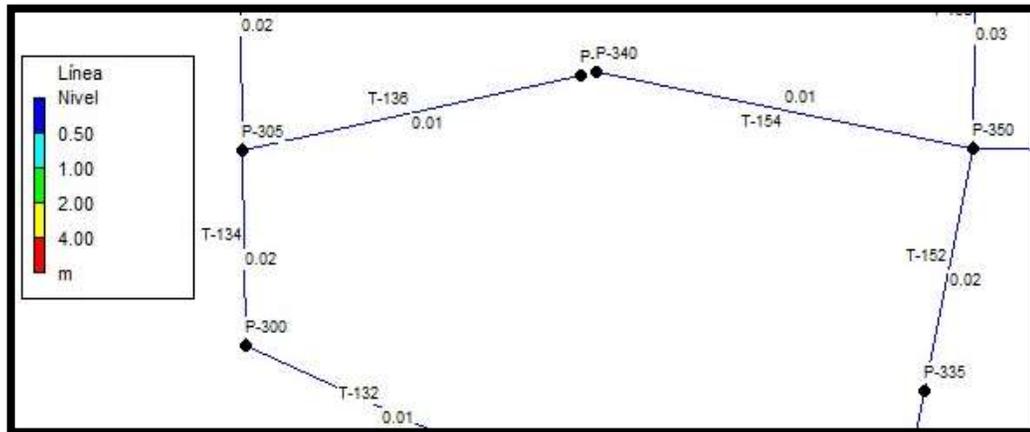
Figura 2.19 CAPACIDAD EN TUBERÍAS



NIVEL

Dentro del software SMWW 5.0 existe una función que permite observar en el plano los valores del tirante que se presentan dentro de los conductos, ésta función recibe el nombre de nivel.

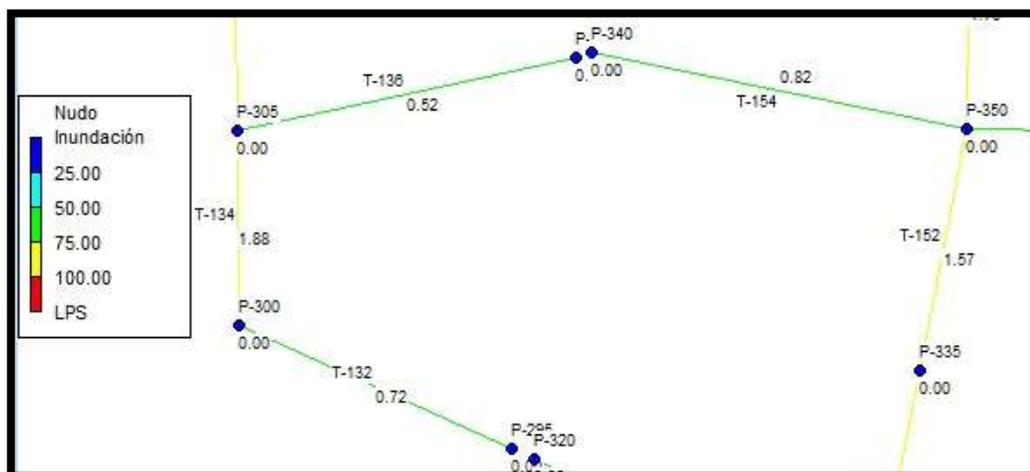
Figura 2.20 NIVEL EN TUBERÍAS



INUNDACIÓN

Otra opción de gran utilidad para observar el comportamiento del sistema de alcantarillado sanitario es la inundación. Esta opción indica al usuario que el sistema no está desalojando la totalidad del volumen de agua, lo cual provocaría inundaciones en las calles debido al llenado total y desbordamiento de los pozos de inspección.

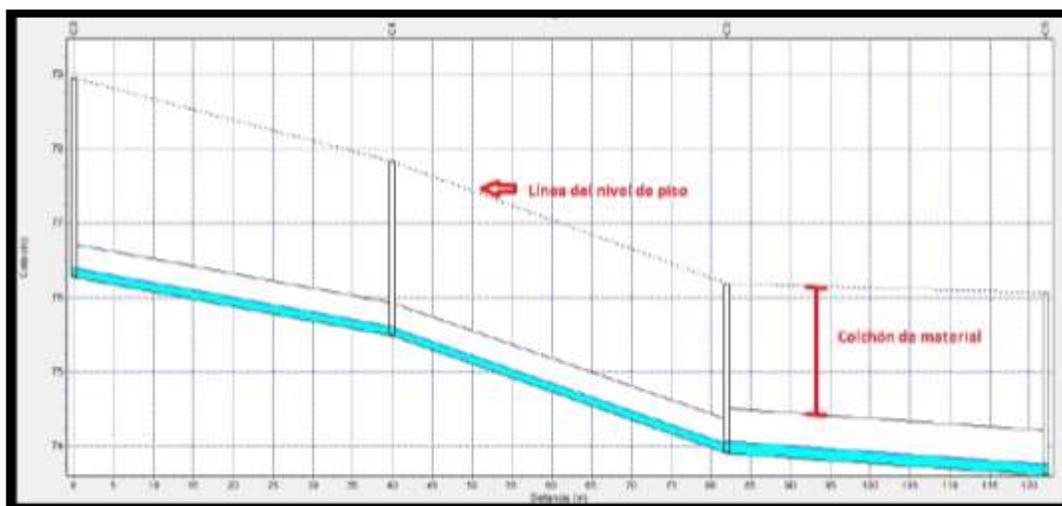
Figura 2.21 INUNDACIÓN EN LOS POZOS



PERFIL LONGITUDINAL

El software ofrece también la función de presentar uno o varios conductos que están conectados entre sí, formando una ruta de desalojo de aguas residuales. Esta función se conoce como perfil longitudinal y proporciona al usuario una imagen del perfil de uno o varios conductos seleccionados, con sus respectivos nudos inicial y final, y su nivel de tirante en el instante de la simulación.

Figura 2.22 PERFIL LONGITUDINAL DE TUBERÍA



2.3.3 CRITERIOS DE DISEÑO ESTABLECIDOS POR ANDA

2.3.3.1 VELOCIDADES EN LOS COLECTORES

La velocidad mínima real en colectores primarios y secundarios, será 0.5 m/s durante el primer año de funcionamiento. En caso de urbanizaciones, se utilizará el criterio de diámetro mínimo y pendiente mínima, de forma que la velocidad real mínima sea de 0.5 m/s.

Tabla 2.18 VELOCIDAD REAL MÁXIMA EN COLECTORES

MATERIAL	V_{max}
PVC	5.0 m/s
Hierro	4.0 m/s
Cemento y concreto	3.0 m/s

FUENTE: ANDA, Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras 1998

Estos límites de velocidad son para diseños a tubo lleno. Sin embargo, podrá diseñarse a caudal real, es decir a tubo parcialmente lleno, para permitir mayores pendientes en el caso de PVC o similar.

2.3.3.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

El coeficiente de rugosidad n será de 0.015 para colectores de cemento-arena o concreto y de 0.011 para colectores de PVC.

2.3.3.3 PENDIENTE MÍNIMA EN COLECTORES PARCIALMENTE LLENOS

La pendiente mínima en los tramos iniciales de la red será de 1% en casos debidamente justificados se aceptará pendiente mínima de 0.5% siempre que sea PVC y en tramos no iniciales.

2.3.3.4 DIÁMETRO MÍNIMO EN COLECTORES

El diámetro mínimo en colectores de aguas negras, será 200 mm (8") y en conexiones domiciliarias será 150 mm (6"). Para proyectos de interés social, en pasajes peatonales, se podrá utilizar hasta 150 mm (6") en colectores, si la longitud es menor de 100 m y no se tiene posibilidad de crecimiento.

CAPÍTULO 3:

***DISEÑO DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO
DEL ÁREA URBANA DEL
MUNICIPIO DE ALEGRÍA***

3.1 CRITERIOS Y CONSIDERACIONES UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO POR GRAVEDAD

Para el diseño del alcantarillado sanitario del área urbana del municipio de Alegría, departamento de Usulután, se emplearon los siguientes criterios y consideraciones para un diseño eficiente, económico y funcional.

3.1.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

- Se utilizan las Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras (ANDA 1998) y el Manual de Planificación de Alcantarillado (ANDA 2009).
- El sistema de alcantarillado opera por gravedad, con comportamiento del flujo en los colectores como canales abiertos. Para la topografía existente, la dirección del flujo de la red será desde la zona más alta al sur hacia la zona más baja al norte del área urbana del municipio.
- El material a utilizar para las tuberías es PVC, al cual corresponde un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.011.
- El caudal de diseño es calculado en base al 80% del caudal máximo horario de agua potable, utilizando un factor de variación máximo horaria de 2.1, más infiltraciones incontroladas en la tubería de 0.1 L/s/Ha para material de tubería PVC.
- La proyección de población es para un período de diseño de 20 años, a través del método aritmético de proyección de población.

- Para el cálculo de caudales se utilizan las dotaciones de agua potable, se establecen áreas de influencia para cada uno de los tramos de la red.
- La velocidad mínima real requerida para el arrastre de sedimentos en la tubería es de 0.5 m/s, mientras que la velocidad máxima permisible es de 5 m/s para material PVC.
- Los pozos se ubican a cada 100 m como máximo, en cambios de dirección en planimetría y elevación, cambios de diámetro y de material, y donde sea requerido por la topografía del terreno.
- La pendiente mínima en tuberías es del 1%, mientras que en tramos no iniciales y para material PVC puede justificarse usar hasta 0.5%.
- El factor de seguridad por diámetro de tubería es de 2, para tuberías de 8 a 12 pulgadas.
- Las tuberías son diseñadas de tal forma que la capa de relleno de suelo compactado sobre ellas, sea como mínimo 1.20 m de espesor, para evitar la construcción de protección especial por carga vehicular; y a una profundidad máxima de 3.00 m para no requerir de colectores paralelos.
- El cálculo y distribución de los caudales se realiza con el soporte de hojas cálculo, las cuales serán explicadas en este capítulo.
- El funcionamiento en condiciones reales de la red se establece con la utilización del software EPA SWMM 5.0, para el que se determinan datos de entrada y resultados, los que serán definidos en este capítulo.

3.1.2 UBICACIÓN DEL PUNTO DE DESCARGA

- Debe favorecer el traslado de las aguas residuales del área de planeamiento a través de un sistema de alcantarillado sanitario por gravedad, eliminando así la necesidad y costos producidos con la instalación de plantas de bombeo.
- Debe estar libre en la medida posible de asentamientos poblacionales, estar fuera de áreas de futuro crecimiento proyectadas para el área de planeamiento, ni interferir con las actividades que se desarrollen dentro de la misma.
- Debe contar con el espacio suficiente para la construcción de cada uno de los elementos que conforman la planta de tratamiento, terrenos de pendiente suave y relativamente planos para facilitar los procesos constructivos involucrados.
- Debe situarse en las cercanías de un cauce de agua para el depósito del efluente proveniente de la planta tratamiento.

3.2 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) recomienda diferentes métodos para la proyección de la población futura, la cual consistirá en la población beneficiada a considerar en el diseño. Esta se determinará en base a la población inicial y un crecimiento poblacional para un periodo considerado, según el método de proyección seleccionado.

La población de diseño será el 100% de la población futura proyectada al final del período de diseño. Los censos que se utilizaran para el cálculo de la población futura se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 POBLACIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA

AÑO	POBLACIÓN (habitantes)
2007	1545
2011	1920

FUENTE: Dirección General de Estadísticas y Censos DIGESTYC 2007

Unidad de Salud de la Ciudad de Alegría 2014

La elección del método a utilizar está determinado por las características económico – sociales de cada localidad, y esencialmente en base a la cantidad de población inicial. En el caso de proyectos de urbanización, la población futura se calcula según el número de viviendas y número de habitantes por unidad habitacional.

Para la estimación de población futura se hace uso del Método Aritmético, tomando en cuenta las condiciones de crecimiento poblacional leve de esta ciudad. Este método es aplicable a ciudades no industrializadas, de crecimiento representativo lineal y poblaciones alrededor de dos mil habitantes.

Este es el método más sencillo de extrapolación. Consiste en calcular la cifra media de aumento de la población en un lapso de tiempo y aumenta o disminuye una cantidad uniforme por cada año transcurrido después del último registro. Los incrementos de la población son una constante para cada período,

lo que indica que la velocidad de crecimiento es constante. Para esta proyección del crecimiento de la población, se utiliza las siguientes fórmulas:

Ecuación 3.1 Población final – Método Aritmético

$$P_f = P_o + k\Delta t$$

Donde:

P_f : Población futura

k : Tasa de crecimiento anual

P_o : Población inicial

Δt : Período de tiempo

Ecuación 3.2 Tasa de Crecimiento Anual – Método Aritmético

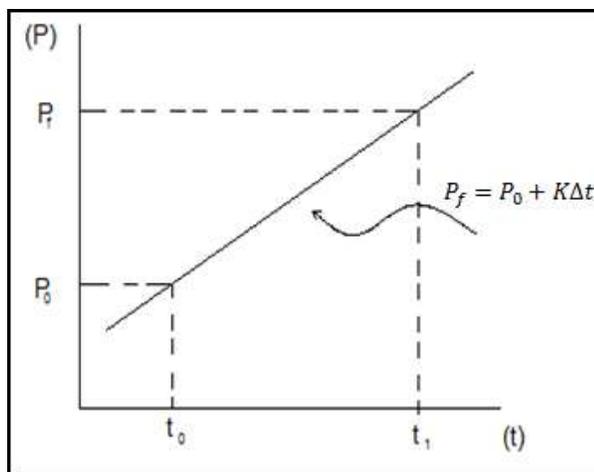
$$k = \frac{P_{(\text{último censo})} - P_{(\text{censo anterior})}}{\Delta t}$$

Donde:

$P_{(n)}$: Población para cada condición

Δt : Número de años entre censos

Figura 3.1 CRECIMIENTO ARITMÉTICO DE POBLACIÓN

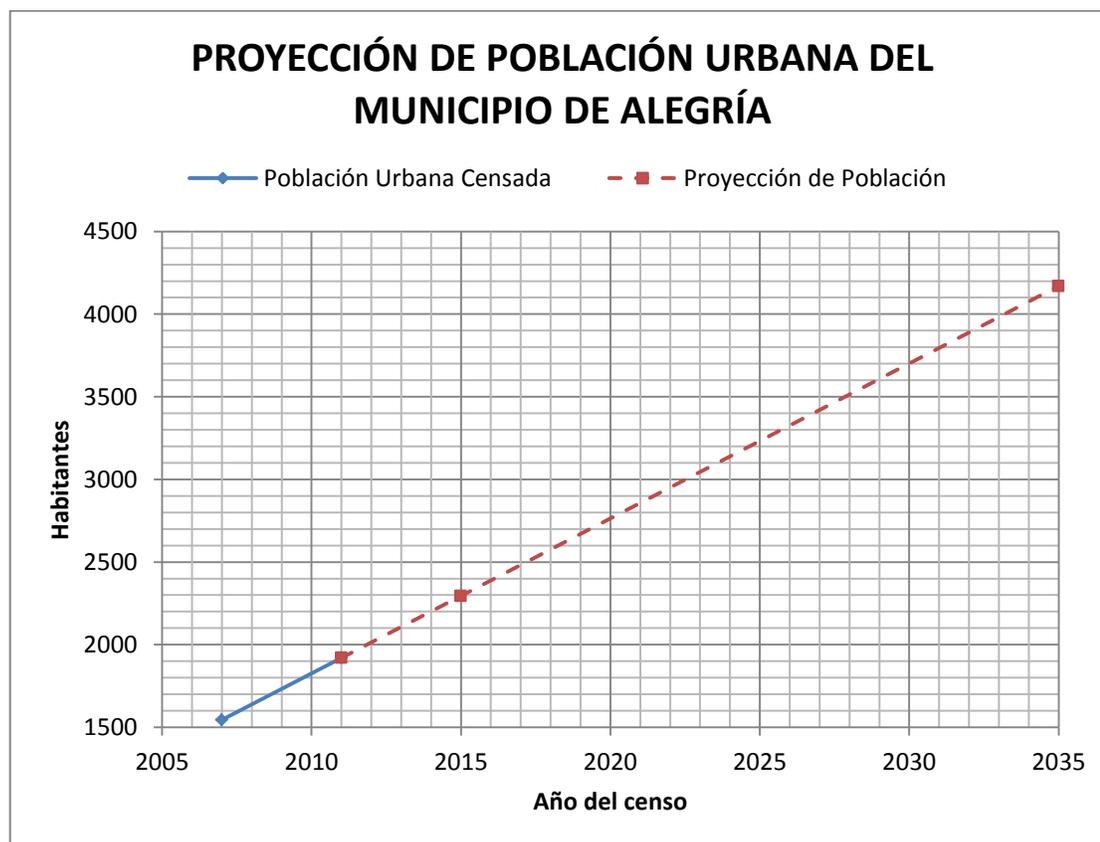


FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

Aplicando la Ecuación 3.1 y la Ecuación 3.2 a los datos de población presentados en la Tabla 3.1 se obtienen los resultados siguientes:

- Población del último censo (2011): $P_{(\text{último censo})} = 1920$ habitantes
- Población del censo anterior (2007): $P_{(\text{censo anterior})} = 1545$ habitantes
- Número de años entre censos: $\Delta t = 4$ años
- Tasa de crecimiento anual: $k = 93.75$ habitantes/año
- Proyección al año de elaboración del diseño: $P_{(2015)} = 2295$ habitantes
- Proyección al final del periodo de diseño: $P_{(2035)} = 4170$ habitantes

Gráfico 3.1 Proyección de población urbana del municipio de Alegría



Se considera además los usos de suelos y equipamiento del área urbana para el cálculo de caudales de aguas residuales, en cada tipo particular de área. De esta manera, la población de diseño calculada se concentrará únicamente en las zonas urbanas de uso residencial.

3.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

La estimación del caudal de diseño establece como base el Mapa Normativo de las Funciones y Equipamiento Urbano del Municipio de Alegría, departamento de Usulután, proporcionado por el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano dentro del Plan de Desarrollo de la Región Usulután, y elaborado en agosto del 2013. En él puede apreciarse los diferentes usos de suelos por actividad, clasificándolos en: residencial, comercial, equipamientos y zonas urbanizables. (Ver Anexo C)

Tabla 3.2 DOTACIONES EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

TIPO DE ESTABLECIMIENTO	DOTACIÓN
Locales comerciales	20 L/m ² /d
Hostales	350 L/hab/d
Restaurante	50 L/m ² /d
Escuela	40 L/alumno/d
Clínica Médica	500 L/consultorio/d
Uso residencial	150 L/p/d
Lugares de reunión: (Iglesias, alcohólicos anónimos, etc.)	3 L/asiento/d
Oficinas	6 L/m ² /d
Lavadero	≥ 30 L/p/d

FUENTE: ANDA Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras 1998

3.3.1 USO RESIDENCIAL

El Mapa Normativo de las Funciones y Equipamiento Urbano del Municipio de Alegría¹⁵ realiza la distinción en 3 tipos de uso residencial, los cuales se definen a continuación:

- **Uso Residencial Densidad Alta:** Su densidad poblacional es calculada en base a la densidad de saturación por lote. El área de lote mínimo, según el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano¹⁶, se fija como 140 m²; el cual se satura con un máximo de 5 habitantes por lote. Su densidad poblacional resulta de 0.0357 personas/m².

$$\rho_{alta} = \frac{\text{No. máximo de habitantes}}{\text{Lote mínimo}} = \frac{5 \text{ personas}}{140 \text{ m}^2} = 0.0357 \text{ personas/m}^2$$

Tomando como parámetro la densidad alta del cálculo anterior, se asigna para este diseño la cantidad de habitantes correspondientes a las zonas de densidad alta del área de planeamiento. El área para uso residencial de densidad alta es de 13,314.51 m² (Tabla 3.3). Para la densidad alta calculada se obtiene:

$$n_{alta} = \rho_{alta} A_{alta} = 0.0357 (13,314.51) = 476 \text{ personas}$$

¹⁵ VMVDU Plan de Desarrollo Territorial para la Región Usulután 2013

¹⁶ VMVDU Marco Normativo Ventanilla Unica 2011

- **Uso Residencial Densidad Media:** Su densidad poblacional es calculada en base a la densidad media para uso residencial; es decir la población futura proyectada al final del periodo de diseño entre el área total para uso residencial, dando como resultado 0.0176 personas/m².

$$\rho_{media} = \frac{P_{futura}}{A_{residencial}} = \frac{4170 \text{ personas}}{237,116.58 \text{ m}^2} = 0.0176 \text{ personas/m}^2$$

Tomando como parámetro la densidad media del cálculo anterior, se asigna para este diseño la cantidad de habitantes correspondientes a las zonas de densidad media del área de planeamiento. El área para uso residencial de densidad media es de 110,231.95 m² (Tabla 3.3). Para la densidad media calculada se obtiene:

$$n_{media} = \rho_{media} A_{media} = 0.0176 (110,231.95) = 1939 \text{ personas}$$

- **Uso Residencial Baja Densidad:** Dadas las densidades anteriores, se define su densidad poblacional como el resto de la población entre el área de uso residencial de baja densidad; es decir, la que no corresponde a las zonas de densidad alta y media. El área para uso residencial de densidad media es de 113,570.12 m² (Tabla 3.3). En consideración a lo mencionado anteriormente se obtiene:

$$n_{baja} = P_{futura} - n_{alta} - n_{media} = 4170 - 476 - 1939 = 1756 \text{ personas}$$

$$\rho_{baja} = \frac{n_{baja}}{A_{baja}} = \frac{1756}{113,570.12} = 0.0155 \text{ personas/m}^2$$

Tabla 3.3 POBLACIÓN RESIDENCIAL POR DENSIDAD

TIPO DE ÁREA RESIDENCIAL	ÁREA (m ²)	DENSIDAD (personas/m ²)	HABITANTES
Residencial densidad alta	13314.51	0.0357	476
Residencial densidad media	110231.95	0.0176	1939
Residencial densidad baja	113570.12	0.0155	1756
		Total	4170

Una vez obtenida cada una de las densidades, se realiza el cálculo de caudal multiplicando la densidad correspondiente por el área a la cual sirve; una vez obtenida la cantidad de personas (Tabla 3.3), se aplica una dotación de caudal para vivienda media expresada en L/persona/día.

3.3.2 USO URBANIZABLE

El Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, en el Marco Normativo Ventanilla Única publicado en 2011, establece en su apartado 7.1 el tamaño de los lotes mínimos para zonas urbanizables en función de la pendiente natural del terreno. Para ello, se ha calculado el número de lotes para las áreas urbanizables proyectadas en función de los parámetros mencionados, los cuales se listan a continuación en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 TAMAÑO MÍNIMO DE LOTE

PENDIENTE	LOTE MÍNIMO
Hasta 15%	140 m ²
Hasta 20%	200 m ²
Hasta 25%	400 m ²
Hasta 30%	800 m ²

FUENTE: VMVDU Marco Normativo Ventanilla Unica 2011

Calculados el número de lotes según cada área establecida, se asume una densidad de saturación de lotes de 5 personas por lote; una vez obtenida la cantidad de personas (Tabla 3.5), se aplica para el cálculo de caudales una dotación para vivienda media, expresada en L/persona/día.

Tabla 3.5 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE LOTES

CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	PENDIENTE (%)	LOTE (m ²)	NÚMERO DE LOTES (Área/Lote)	No. DE PERSONAS (Área*5 personas/lote)
34A	1183.00	22.86	400	3	15
34B	3524.92	23.83	400	9	45
34C	3624.41	23.16	400	10	50
34D	3627.42	24.84	400	10	50
34E	4018.78	23.41	400	11	55
34F	1568.85	24.55	400	4	20
36A	2899.94	23.75	400	8	40
36B	2383.19	22.27	400	6	30
37A	2631.87	19.43	200	14	75
37B	2278.67	17.28	200	12	60
37C	2120.59	19.75	200	11	55
37D	2882.91	19.42	200	15	75
37E	3704.52	17.20	200	19	95
37F	2130.97	15.09	200	11	55
37G	2350.15	15.31	200	12	60
Total					775

3.3.3 OTROS USOS DE SUELOS Y EQUIPAMIENTO

Los usos de suelos como clínicas médicas, comercios, escuelas, hostales, lavaderos, lugares de reunión y oficinas, se calculan de manera directa multiplicando la cantidad requerida en unidad conveniente por la dotación correspondiente para dicho uso de suelo o equipamiento.

De esta manera, si la dotación para el uso de suelo o equipamiento está expresada en metros cuadrados por persona por día (m^2 /persona/día), como comercios y restaurantes, la cantidad solicitada para esta dotación serán metros cuadrados; así respectivamente con el resto de dotaciones (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 RESUMEN DE USOS DE SUELOS PRESENTES EN LA CIUDAD DE ALEGRÍA

TIPO DE ESTABLECIMIENTO	ÁREA (m^2)	DOTACIÓN		UNIDAD	CANTIDAD
Clínica Médica	1061.73	500	L/consultorio/día	Consultorios	6
Comercio	51155.32	20	L/ m^2 /día	Metros cuadrados	50954.78
Escuela	5207.49	40	L/alumno/día	Estudiantes	809
Hostal	2504.35	350	L/habitación/día	Habitaciones	20
Lavadero	233.61	30	L/persona/día	Personas	12
Lugar de reunión	3166.36	3	L/asiento/día	Asientos	645
Oficina	9712.83	6	L/ m^2 /día	Metros cuadrados	9712.83
Residencial alta densidad	13314.51	150	L/persona/día	Personas	476
Residencial media densidad	110231.95	150	L/persona/día	Personas	1939
Residencial baja densidad	113570.12	150	L/persona/día	Personas	1756
Restaurante	11296.57	50	L/ m^2 /día	Metros cuadrados	11296.57
Urbanizable	40930.19	150	L/persona/día	Personas	775

3.3.4 CÁLCULO DE CAUDALES

Se realizaron una serie de tablas en las que paso a paso se define cada uno de los cálculos seguidos para llevar desde los datos de cuencas de drenaje hasta los datos de entrada requeridos para la utilización del software EPA SWMM 5.0. A continuación se explica cada una de ellas:

- **Caudal residual por áreas:** (Ver Anexos Tabla B.1) Se utiliza para definir el caudal residual de cada área por uso de suelo o equipamiento.
- **Caudal de diseño por tubería:** (Tabla 3.7) Asigna cada caudal residual definido por áreas a la tubería a la que sirve, aplicando el factor por diámetro.
- **Distribución del caudal de diseño por pozos:** (Tabla 3.8) Detalla cada uno de los pozos con las tuberías que drenan en ellos, calculando el caudal de aporte que será un dato de entrada del software EPA SWMM 5.0.

3.3.4.1 CAUDAL RESIDUAL POR ÁREAS

Figura 3.2 COLUMNAS – CAUDAL RESIDUAL POR ÁREA

Columna 1	Columna 2	Columnas 3A-3B		Columna 4	Columna 5	Columna 6
Nº DE CUADRA	Nº DE CUENCA DE DRENAJE	ÁREA		USO	DOTACIÓN	CANTIDAD
		m ²	Ha			
		Columna 7	Columna 8	Columna 9	Columna 10	
		CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL DE INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	

- **Columna 1:** Contiene el identificativo de la cuadra en el plano.
- **Columna 2:** Contiene el identificativo del área tributaria de drenaje.

Nº DE CUADRA
1

Nº DE CUENCA DE DRENAJE
01A

- **Columna 3A-3B:** Presenta el área en metros cuadrados y hectáreas del área tributaria de drenaje especificada.

ÁREA	
m ²	H
680.58	0.0681

- **Columna 4:** Establece el tipo de uso de suelo o equipamiento para el área tributaria de drenaje especificada.

USO
Comercial

- **Columna 5:** Define el valor numérico de la dotación para el tipo de uso de suelo o equipamiento y las unidades en que se expresa.

DOTACIÓN
20 L/m ² /día

- **Columna 6:** Presenta la cantidad requerida en las unidades solicitadas para cada tipo de dotación establecido.

CANTIDAD
680.58

- **Columna 7:** Muestra el caudal de agua potable para el área de drenaje, tipo de uso de suelo o equipamiento y cantidad establecidos.

CAUDAL POTABLE (L/s)
0.3308

$$Q_{potable} = \frac{K(Columna\ 5)(Columna\ 6)}{86400} = \frac{2.1(680.58)(20)}{86400} = 0.3308\ L/s$$

- **Columna 8:** Convierte el caudal de agua potable en caudal máximo horario de aguas residuales.

CAUDAL RESIDUAL (L/s)
0.2647

$$Q_{residual} = 0.8(Columna\ 7) = 0.8(0.3308) = 0.2647\ L/s$$

- **Columna 9:** Presenta el caudal de infiltración debido al área tributaria de drenaje, especificada en hectáreas.

CAUDAL DE INFILTRACIÓN (L/s)
0.0068

$$Q_{infiltración} = 0.1(Columna 3) = 0.1(0.0681) = 0.0068 \text{ L/s}$$

- **Columna 10:** Acumula el caudal máximo horario de aguas residuales y el caudal de infiltración para el área tributaria de drenaje especificada.

CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)
0.2715

$$Q_{residual\ total} = Columna\ 8 + Columna\ 9 = 0.2647 + 0.0068 = 0.2715 \text{ L/s}$$

3.3.4.2 CAUDAL DE DISEÑO EN TUBERÍAS

Figura 3.3 COLUMNAS – CAUDAL DE DISEÑO POR TUBERÍA

Columna 1	Columnas 2A-2B		Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	DIÁMETRO DE TUBERÍA (pulg)	CAUDAL DE RESIDUAL (L/s)	FACTOR	CAUDAL DE DISEÑO (L/s)

- **Columna 1:** Define la tubería que transporta el caudal residual total para las áreas tributarias de drenaje que le sirven.

TUBERÍA
T-4

- **Columna 2A y 2B:** Asigna el pozo de entrada de caudal y el pozo de salida de caudal para la tubería establecida.

POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA
P-5	P-10

- **Columna 3:** Muestra la longitud del tramo de tubería especificado.

LONGITUD (m)
42.76

- **Columna 4:** Establece el diámetro de la tubería especificada en pulgadas.

DIÁMETRO (pulg)
8

- **Columna 5:** Muestra el caudal residual para la tubería definida, expresado en L/s.

CAUDAL RESIDUAL (L/s)
0.410

- **Columna 6:** Asigna el valor del factor de capacidad de tubería para el diámetro en pulgadas establecido.

FACTOR
2.0

- **Columna 7:** Muestra el caudal de diseño para la tubería para el diámetro y factor correspondiente.

CAUDAL DE DISEÑO (L/s)
0.410

$$Q_{diseño} = \text{Columna 6} \times \text{Columna 7}$$

Tabla 3.7 CAUDAL DE DISEÑO POR TUBERÍA

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	FACTOR	CAUDAL DE DISEÑO (L/s)
T-4	P-5	P-10	42.76	8	0.205	2.00	0.410
T-6	P-10	P-25	63.72	8	0.415	2.00	0.829
T-8	P-15	P-20	59.84	8	0.711	2.00	1.422
T-10	P-20	P-25	42.21	8	0.153	2.00	0.306
T-12	P-25	P-30	38.52	8	0.167	2.00	0.334

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	FACTOR	CAUDAL DE DISEÑO (L/s)
T-14	P-30	P-35	27.53	8	0.103	2.00	0.207
T-16	P-35	P-40	17.82	8	0.364	2.00	0.727
T-18	P-40	P-45	15.94	8	0.000	2.00	0.000
T-20	P-45	P-47	34.84	8	2.277	2.00	4.554
T-22	P-47	P-90	42.57	8	0.022	2.00	0.044
T-28	P-60	P-65	33.55	8	0.069	2.00	0.138
T-30	P-65	P-75	58.41	8	0.171	2.00	0.343
T-32	P-70	P-75	51.03	8	0.434	2.00	0.868
T-34	P-75	P-85	43.22	8	0.185	2.00	0.369
T-36	P-80	P-85	60.59	8	0.738	2.00	1.476
T-38	P-85	P-90	40.64	8	0.167	2.00	0.334
T-40	P-90	P-95	47.34	8	0.014	2.00	0.029
T-42	P-95	P-105	14.43	8	0.000	2.00	0.000
T-44	P-100	P-105	49.83	8	0.134	2.00	0.268
T-46	P-105	P-135	74.45	8	0.870	2.00	1.740
T-48	P-110	P-115	43.08	8	0.188	2.00	0.375
T-50	P-115	P-130	16.32	8	0.055	2.00	0.110
T-52	P-120	P-125	53.34	8	0.838	2.00	1.676
T-54	P-125	P-130	39.00	8	0.423	2.00	0.847
T-56	P-130	P-135	37.95	8	0.334	2.00	0.669
T-58	P-135	P-170	59.21	8	0.555	2.00	1.109
T-60	P-140	P-145	58.54	8	0.207	2.00	0.414
T-62	P-145	P-170	47.87	8	0.527	2.00	1.053
T-64	P-150	P-155	36.82	8	0.250	2.00	0.499
T-66	P-155	P-165	26.90	8	0.000	2.00	0.000
T-68	P-160	P-165	57.94	8	0.496	2.00	0.993
T-70	P-165	P-170	74.60	8	1.291	2.00	2.582
T-72	P-170	P-172	29.95	8	0.306	2.00	0.612
T-74	P-172	P-175	29.18	8	0.278	2.00	0.556
T-76	P-175	P-177	24.91	8	0.072	2.00	0.144
T-78	P-177	P-180	25.04	8	0.268	2.00	0.535
T-80	P-180	P-185	35.01	8	0.380	2.00	0.760
T-82	P-185	P-255	35.58	8	0.248	2.00	0.495
T-84	P-190	P-195	39.10	8	0.111	2.00	0.222

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	FACTOR	CAUDAL DE DISEÑO (L/s)
T-86	P-195	P-200	39.73	8	0.150	2.00	0.299
T-88	P-200	P-205	52.39	8	0.062	2.00	0.124
T-90	P-205	P-210	14.88	8	0.046	2.00	0.091
T-92	P-210	P-240	22.11	8	0.000	2.00	0.000
T-94	P-220	P-222	14.96	8	0.380	2.00	0.759
T-96	P-222	P-225	14.97	8	0.168	2.00	0.336
T-98	P-225	P-227	9.95	8	0.387	2.00	0.774
T-100	P-227	P-230	10.20	8	0.442	2.00	0.884
T-102	P-230	P-235	19.95	8	0.000	2.00	0.000
T-104	P-235	P-240	23.91	8	0.588	2.00	1.176
T-106	P-240	P-245	26.48	8	0.270	2.00	0.540
T-108	P-245	P-250	49.98	8	0.696	2.00	1.391
T-110	P-250	P-255	59.03	8	0.179	2.00	0.358
T-112	P-255	P-257	19.89	8	0.000	2.00	0.000
T-114	P-257	P-260	20.18	8	0.207	2.00	0.415
T-116	P-260	P-262	19.83	8	0.000	2.00	0.000
T-118	P-262	P-265	22.94	8	0.235	2.00	0.470
T-120	P-265	P-280	24.95	8	0.021	2.00	0.042
T-122	P-270	P-275	57.09	8	2.599	2.00	5.197
T-124	P-275	P-280	47.27	8	0.197	2.00	0.393
T-126	P-280	P-285	72.03	8	0.122	2.00	0.244
T-128	P-285	P-290	66.49	8	0.715	2.00	1.431
T-130	P-290	P-485	66.06	8	0.269	2.00	0.538
T-132	P-295	P-300	35.97	8	0.153	2.00	0.307
T-134	P-300	P-305	23.48	8	1.520	2.00	3.040
T-136	P-302	P-305	41.87	8	0.071	2.00	0.142
T-138	P-305	P-307	32.55	8	0.035	2.00	0.069
T-140	P-307	P-310	29.79	8	0.054	2.00	0.107
T-142	P-310	P-315	43.32	8	0.181	2.00	0.362
T-144	P-315	P-365	90.78	8	4.515	2.00	9.029
T-145	P-320	P-330	44.72	8	0.107	2.00	0.214
T-146	P-322	P-324	77.49	8	0.375	2.00	0.749
T-147	P-324	P-328	19.46	8	0.077	2.00	0.154
T-148	P-326	P-328	95.07	8	0.669	2.00	1.338

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	FACTOR	CAUDAL DE DISEÑO (L/s)
T-149	P-328	P-330	73.75	8	0.122	2.00	0.243
T-150	P-330	P-335	29.87	8	0.044	2.00	0.088
T-152	P-335	P-350	29.67	8	0.044	2.00	0.089
T-154	P-340	P-350	46.22	8	0.134	2.00	0.269
T-156	P-345	P-350	54.53	8	0.435	2.00	0.869
T-158	P-350	P-352	29.94	8	0.056	2.00	0.113
T-160	P-352	P-360	37.14	8	0.143	2.00	0.285
T-162	P-355	P-360	53.47	8	0.071	2.00	0.141
T-164	P-360	P-365	41.54	8	0.036	2.00	0.072
T-168	P-365	P-430	56.19	8	0.865	2.00	1.731
T-170	P-370	P-372	39.90	6	0.452	2.00	0.904
T-172	P-372	P-390	41.72	6	0.029	2.00	0.058
T-174	P-375	P-380	97.18	8	1.031	2.00	2.061
T-176	P-380	P-385	25.35	8	0.025	2.00	0.051
T-178	P-385	P-390	56.30	8	0.522	2.00	1.043
T-180	P-390	P-392	29.94	8	0.136	2.00	0.273
T-182	P-392	P-405	31.59	8	0.149	2.00	0.298
T-183	P-395	P-400	40.20	8	0.441	2.00	0.881
T-184	P-400	P-405	60.28	8	0.602	2.00	1.203
T-186	P-405	P-430	54.83	8	0.354	2.00	0.709
T-188	P-410	P-420	64.83	8	1.238	2.00	2.476
T-190	P-415	P-420	46.56	8	0.412	2.00	0.824
T-192	P-420	P-425	30.96	8	0.613	2.00	1.226
T-194	P-425	P-430	52.14	8	0.408	2.00	0.817
T-196	P-430	P-432	39.80	8	0.277	2.00	0.554
T-198	P-432	P-435	45.16	8	0.167	2.00	0.334
T-200	P-435	P-437	40.04	8	0.153	2.00	0.306
T-202	P-437	P-440	45.84	8	0.495	2.00	0.990
T-204	P-440	P-445	68.01	8	0.088	2.00	0.176
T-206	P-445	P-447	36.00	8	0.127	2.00	0.254
T-207	P-447	P-450	32.34	8	0.127	2.00	0.254
T-208	P-450	P-465	59.45	8	0.343	2.00	0.686
T-210	P-455	P-457	29.90	8	0.246	2.00	0.493
T-212	P-457	P-460	31.72	8	0.021	2.00	0.042

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (pulg)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	FACTOR	CAUDAL DE DISEÑO (L/s)
T-214	P-460	P-465	17.54	8	0.010	2.00	0.019
T-216	P-465	P-480	79.27	8	0.099	2.00	0.197
T-218	P-470	P-475	49.06	8	0.735	2.00	1.469
T-220	P-475	P-480	27.78	8	0.007	2.00	0.015
T-222	P-480	P-485	53.81	8	0.667	2.00	1.333
T-224	P-485	P-525	61.60	10	0.145	2.00	0.290
T-226	P-495	P-500	14.65	8	0.028	2.00	0.055
T-228	P-500	P-505	30.64	8	0.053	2.00	0.107
T-230	P-505	P-510	40.07	8	0.071	2.00	0.143
T-232	P-490	P-510	39.51	8	0.066	2.00	0.132
T-234	P-510	P-520	37.27	8	0.056	2.00	0.113
T-236	P-515	P-520	57.44	6	0.070	2.00	0.140
T-238	P-520	P-522	29.93	8	0.047	2.00	0.094
T-240	P-522	P-525	30.13	8	0.045	2.00	0.089
T-260	P-525	P-527	29.90	10	0.039	2.00	0.079
T-262	P-527	P-560	40.11	10	0.049	2.00	0.097
T-264	P-530	P-535	46.68	8	0.510	2.00	1.020
T-266	P-535	P-537	20.04	8	0.012	2.00	0.025
T-268	P-537	P-550	26.13	8	0.011	2.00	0.022
T-270	P-540	P-545	42.37	6	0.065	2.00	0.130
T-272	P-545	P-547	25.06	6	0.102	2.00	0.203
T-274	P-547	P-550	27.34	8	0.010	2.00	0.021
T-276	P-550	P-552	25.03	8	0.029	2.00	0.057
T-278	P-552	P-555	29.17	8	0.055	2.00	0.109
T-280	P-555	P-557	14.89	8	0.043	2.00	0.086
T-282	P-557	P-560	14.22	8	0.000	2.00	0.000
T-284	P-560	P-562	35.01	10	0.000	2.00	0.000
T-286	P-562	P-564	30.15	10	0.000	2.00	0.000
T-288	P-564	P-565	31.29	10	0.000	2.00	0.000
T-290	P-565	P-567	30.00	10	0.000	2.00	0.000
T-292	P-567	P-570	32.96	10	0.000	2.00	0.000
T-294	P-570	P-572	45.09	10	0.000	2.00	0.000
T-296	P-572	P-575	48.52	10	0.000	2.00	0.000
T-298	P-575	PD-1	17.34	10	8.033	2.00	16.065

3.3.4.3 DISTRIBUCIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO POR POZOS

Figura 3.4 COLUMNAS – DISTRIBUCIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO POR POZOS

<i>Columna 1</i>	<i>Columna 2</i>	<i>Columna 3</i>
POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE

- **Columna 1:** Contiene el identificativo del pozo en la red.
- **Columna 2:** Asigna las tuberías que drenan al pozo establecido.
- **Columna 3:** Muestra el caudal aportado por cada tubería que llega al pozo.

POZO
P-5

TUBERÍAS DRENANTES
Ninguna

APORTE
0.000

En la Figura 3.5 se observa que la fila de subtotal acumula el caudal de aporte que sirve al pozo establecido, este procedimiento se realiza en cada uno de los pozos del sistema.

Figura 3.5 APORTE EN EL POZO POR TUBERÍA

POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE (L/s)
P-025	T-006	0.829
	T-010	0.306
	Subtotal	1.135

$$Subtotal = \sum Aporte\ de\ tuberías$$

Tabla 3.8 DISTRIBUCIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO POR POZOS

POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE (L/s)									
P-5	Ninguna	0.000	P-65	T-28	0.138	P-110	Ninguna	0.000	P-160	Ninguna	0.000
	Subtotal	0.000		Subtotal	0.138		Subtotal	0.000		Subtotal	0.000
P-10	T-4	0.410	P-70	Ninguna	0.000	P-115	T-48	0.375	P-165	T-66	0.000
	Subtotal	0.410		Subtotal	0.000		Subtotal	0.375		T-68	0.993
P-15	Ninguna	0.000	P-75	T-30	0.343	P-120	Ninguna	0.000		Subtotal	0.993
	Subtotal	0.000		T-32	0.868		Subtotal	0.000	T-58	1.109	
P-20	T-8	1.422		P-80	Subtotal	1.210	P-125	T-52	1.676	P-170	T-70
	Subtotal	1.422	Ninguna		0.000	Subtotal		1.676	T-62		1.053
P-25	T-006	0.829	P-85	Subtotal	0.000	P-130	T-50	0.110	Subtotal		4.745
	T-10	0.306		T-34	0.369		T-54	0.847	P-172	T-72	0.612
P-30	Subtotal	1.135	P-90	Subtotal	1.845	P-135	Subtotal	0.956		Subtotal	0.612
	T-12	0.334		T-38	0.334		T-46	1.740	P-175	T-74	0.556
Subtotal	0.334	T-22		0.044	Subtotal	2.408	T-56	0.669		Subtotal	0.556
P-35	T-14	0.207	P-95	Subtotal	0.378	P-140	Ninguna	0.000	P-177	T-76	0.144
	Subtotal	0.207		T-40	0.029		Subtotal	0.000		Subtotal	0.144
P-40	T-16	0.727	P-100	Subtotal	0.029	P-145	T-60	0.414	P-180	T-78	0.535
	Subtotal	0.727		Ninguna	0.000		Subtotal	0.414		Subtotal	0.535
P-45	T-18	0.000	P-105	Subtotal	0.000	P-150	Ninguna	0.000	P-185	T-80	0.760
	Subtotal	0.000		T-42	0.000		Subtotal	0.000		Subtotal	0.760
P-47	T-20	4.554		P-155	T-44	0.268	P-190	T-64	0.499	P-190	Ninguna
	Subtotal	4.554	Subtotal		0.268	Subtotal		0.499	Subtotal		0.000
P-60	Ninguna	0.000				P-195			P-195	T-84	0.222
	Subtotal	0.000					Subtotal	0.222		Subtotal	0.222

POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE									
P-200	T-86	0.299	P-255	T-082	0.495	P-300	T-132	0.307	P-330	T-149	0.243
	Subtotal	0.299		T-110	0.358		Subtotal	0.307		T-145	0.214
P-205	T-88	0.124	P-257	Subtotal	0.853	P-302	Ninguna	0.000	P-335	Subtotal	0.457
	Subtotal	0.124		T-112	0.000		Subtotal	0.000		T-150	0.088
P-210	T-90	0.091	P-260	Subtotal	0.000	P-305	T-134	3.040	P-340	Subtotal	0.088
	Subtotal	0.091		T-114	0.415		T-136	0.142		Ninguna	0.000
P-220	Ninguna	0.000	P-262	Subtotal	0.415	P-307	Subtotal	3.182	P-345	Subtotal	0.000
	Subtotal	0.000		T-116	0.000		T-138	0.069		Ninguna	0.000
P-222	T-94	0.759	P-265	Subtotal	0.000	P-310	Subtotal	0.069	P-350	Subtotal	0.000
	Subtotal	0.759		T-118	0.470		T-140	0.107		T-152	0.089
P-225	T-96	0.336	P-270	Subtotal	0.470	P-315	Subtotal	0.107	P-352	T-156	0.869
	Subtotal	0.336		Ninguna	0.000		T-142	0.362		T-154	0.269
P-227	T-98	0.774	P-275	Subtotal	0.000	P-322	Subtotal	0.362	P-355	Subtotal	1.227
	Subtotal	0.774		T-122	5.197		Ninguna	0.000		T-158	0.113
P-230	T-100	0.884	P-280	Subtotal	5.197	P-324	Subtotal	0.000	P-360	Subtotal	0.113
	Subtotal	0.884		T-120	0.042		T-146	0.749		Ninguna	0.000
P-235	T-102	0.000	P-285	T-124	0.393	P-326	Subtotal	0.749	P-365	Subtotal	0.000
	Subtotal	0.000		Subtotal	0.435		Ninguna	0.000		T-160	0.285
P-240	T-92	0.000	P-290	T-126	0.244	P-328	Subtotal	0.000	P-370	T-162	0.141
	T-104	1.176		Subtotal	0.244		T-147	0.154		Subtotal	0.427
P-245	Subtotal	1.176	P-295	T-128	1.431	P-320	Subtotal	1.338	P-370	T-144	9.029
	T-106	0.540		Subtotal	1.431		Subtotal	1.492		T-164	0.072
P-250	Subtotal	0.540	P-295	Ninguna	0.000	P-320	Subtotal	0.000	P-370	Subtotal	9.102
	T-108	1.391		Subtotal	0.000		Ninguna	0.000		Ninguna	0.000
	Subtotal	1.391					Subtotal	0.000		Subtotal	0.000

POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE	POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE	POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE	POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE
P-330	T-149	0.243	P-372	T-170	0.904	P-420	T-190	0.824	P-460	T-212	0.042
	T-145	0.214		Subtotal	0.904		T-188	2.476		Subtotal	0.042
	Subtotal	0.457	P-375	Ninguna	0.000		Subtotal	3.300	P-465	T-208	0.686
P-335	T-150	0.088		Subtotal	0.000	P-425	T-192	1.226		T-214	0.019
	Subtotal	0.088	P-380	T-174	2.061		Subtotal	1.226	Subtotal	0.705	
P-340	Ninguna	0.000		P-385	Subtotal	2.061	P-430	T-168	1.731	P-470	Ninguna
	Subtotal	0.000	T-176		0.051	T-194		0.817	Subtotal		0.000
P-345	Ninguna	0.000	P-390	Subtotal	0.051	T-186		0.709	P-475	T-218	1.469
	Subtotal	0.000		T-172	0.058	Subtotal	3.256	Subtotal		1.469	
P-350	T-152	0.089	P-392	T-178	1.043	P-432	T-196	0.554	P-480	T-216	0.197
	T-156	0.869		Subtotal	1.101		Subtotal	0.554		T-220	0.015
	T-154	0.269	P-395	T-180	0.273	P-435	T-198	0.334		Subtotal	0.212
	Subtotal	1.227		Subtotal	0.273		Subtotal	0.334	T-130	0.538	
P-352	T-158	0.113	P-395	Ninguna	0.000	P-437	T-200	0.306	P-485	T-222	1.333
	Subtotal	0.113		Subtotal	0.000		Subtotal	0.306		Subtotal	1.871
P-355	Ninguna	0.000	P-400	T-183	0.881	P-440	T-202	0.990	P-495	Ninguna	0.000
	Subtotal	0.000		Subtotal	0.881		Subtotal	0.990		Subtotal	0.000
P-360	T-160	0.285	P-405	T-182	0.298	P-445	T-204	0.176	P-500	T-226	0.055
	T-162	0.141		T-184	1.203		Subtotal	0.176		Subtotal	0.055
	Subtotal	0.427		Subtotal	1.501	P-450	T-207	0.127	P-505	T-228	0.107
P-365	T-144	9.029	P-415	Ninguna	0.000		Subtotal	0.254		Subtotal	0.107
	T-164	0.072		Subtotal	0.000	P-455	Ninguna	0.000	P-490	Ninguna	0.000
	Subtotal	9.102	P-410	Ninguna	0.000		Subtotal	0.000		Subtotal	0.000
P-370	Ninguna	0.000		Subtotal	0.000	P-457	T-210	0.493	P-447	T-206	0.127
	Subtotal	0.000	Subtotal	0.000	Subtotal		0.493	Subtotal		0.127	

POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE	POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE	POZO	TUBERÍAS DRENANTES	APORTE
P-510	T-230	0.143	P-537	T-266	0.025	P-560	T-262	0.097
	T-232	0.132		Subtotal	0.025		T-282	0.000
	Subtotal	0.275	P-540	Ninguna	0.000		Subtotal	0.097
P-515	Ninguna	0.000		Subtotal	0.000	P-562	T-284	0.000
	Subtotal	0.000	P-545	T-270	0.130		Subtotal	0.000
P-520	T-234	0.113		P-547	Subtotal	0.130	P-564	T-286
	T-236	0.140	T-272		0.203	Subtotal		0.000
	Subtotal	0.252	P-550	Subtotal	0.203	P-565	T-288	0.000
P-522	T-238	0.094		T-268	0.022		Subtotal	0.000
	Subtotal	0.094	P-552	T-274	0.021	P-567	T-290	0.000
P-525	T-224	0.290		Subtotal	0.043		Subtotal	0.000
	T-240	0.089	P-555	T-276	0.057	P-570	T-292	0.000
	Subtotal	0.379		Subtotal	0.057		Subtotal	0.000
P-527	T-260	0.079	P-557	T-278	0.109	P-572	T-294	0.000
	Subtotal	0.079		Subtotal	0.109		Subtotal	0.000
P-530	Ninguna	0.000	P-557	T-280	0.086	P-575	T-296	0.000
	Subtotal	0.000		Subtotal	0.086		Subtotal	0.000
P-535	T-264	1.020				PD-1	T-298	16.065
	Subtotal	1.020					Subtotal	16.065

Se ubicaron 4 puntos de conexión en la red de alcantarillado diseñado, que conectan al sistema las áreas de desarrollo futuro proyectadas y zonas fuera de ordenación municipal. Esto se realizó el objetivo de incluir dentro del caudal de diseño los caudales generados por dichas áreas y que puedan incluirse dentro del alcantarillado sin temor de rebasar los límites de diseño que garantizan el funcionamiento adecuado de la red.

Tabla 3.9 PUNTOS DE CONEXIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

PUNTO DE CONEXIÓN	POZO	ÁREA	CAUDAL (L/s)	CAUDAL DE APOORTE (L/s)
PC-SE	P-45	39D	4.491	4.491
PC-SO	P-300	41B	3.040	3.040
PC-O	P-315	41A	0.577	7.163
		41C	6.586	
PC-NO	P-575	31A	0.088	16.065
		31B	0.191	
		31D	0.049	
		34A	0.111	
		34B	0.333	
		34C	0.364	
		34D	0.364	
		34E	0.401	
		34F	0.148	
		35A	7.757	
		35B	1.818	
		35C	1.184	
		35D	1.415	
		35I	0.259	
		35J	0.302	
		35K	0.305	
36A	0.291			
36B	0.223			
		37A	0.461	

3.4 APLICACIÓN DEL SOFTWARE EPA SWMM 5.0 EN EL DISEÑO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA

El diseño se realizó siguiendo los pasos descritos en la Figura 2.15 a continuación se muestra de forma descriptiva y esquemática el proceso de simulación de este diseño en específico.

3.4.1 DEFINICIÓN DE LOS VALORES POR DEFECTO DE LOS OBJETOS QUE COMPONEN EL SISTEMA A DISEÑAR

Se definieron inicialmente ciertas propiedades por defecto a los elementos que componen la red, las cuales fueron asignadas automáticamente al momento de insertar cada uno de estos objetos. Estas propiedades son:

- ID (nombre), “P” para pozos y “T” para tuberías, además se definió el incremento de numeración de cada elemento.
- Geometría de los conductos, se definió de sección circular.
- Coeficiente de Manning, de 0.011 para tubería de PVC.
- Unidades de caudal, en litros por segundo.
- Desnivel de línea, se usó la opción “DEPTH”. Esto significa que el programa usará la cota de cada tubería con respecto al fondo del pozo tanto de salida como de llegada para la simulación.
- Modelo de cálculo hidráulico, onda cinemática.

Figura 3.6 VALORES PREDETERMINADOS SWMM 5.0

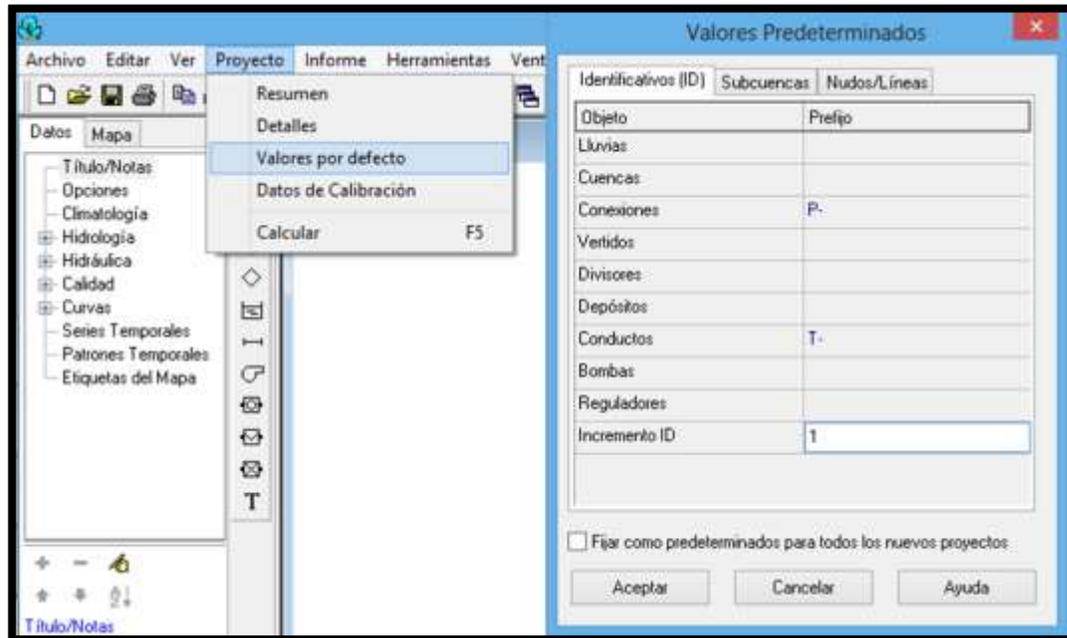
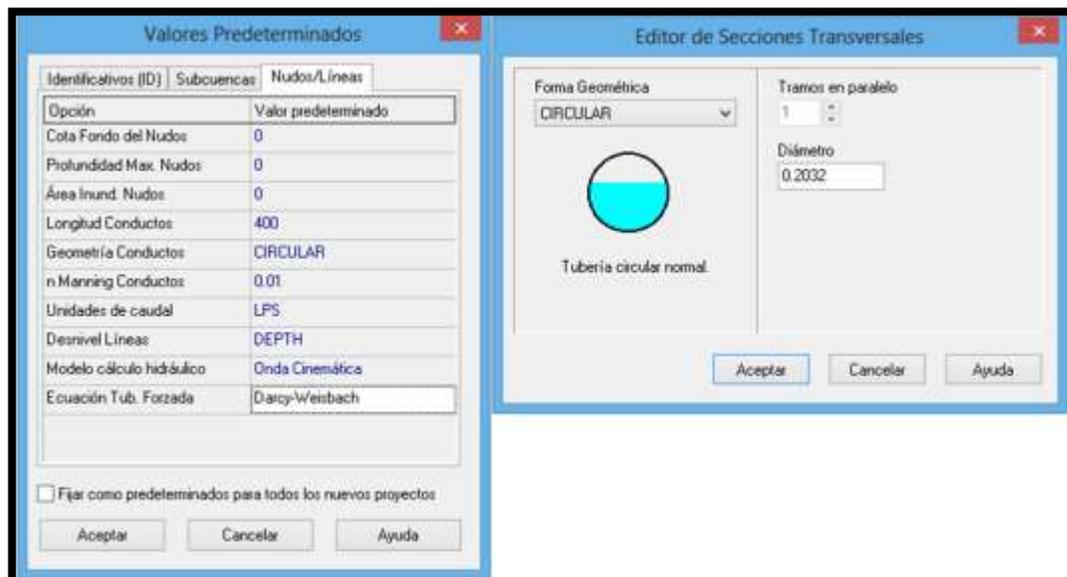


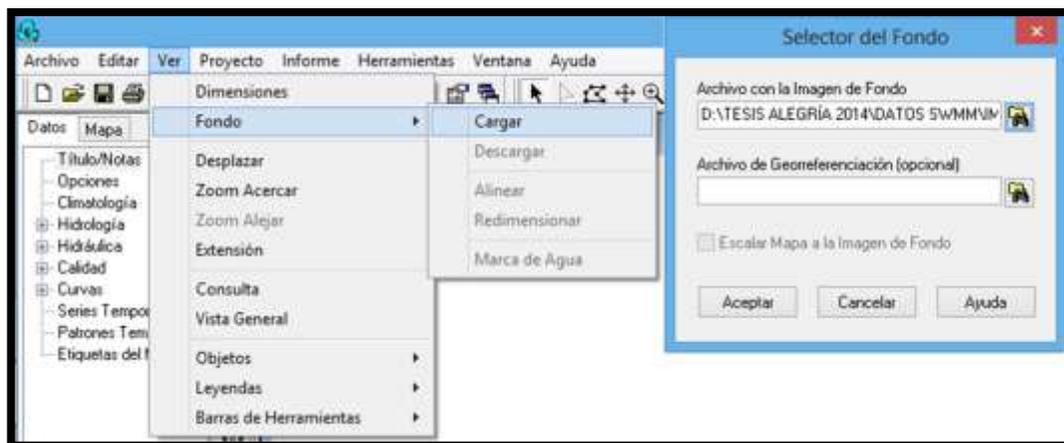
Figura 3.7 EDITOR DE SECCIONES TRANSVERSALES SWMM 5.0



3.4.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS OBJETOS FÍSICOS DEL SISTEMA A DISEÑAR

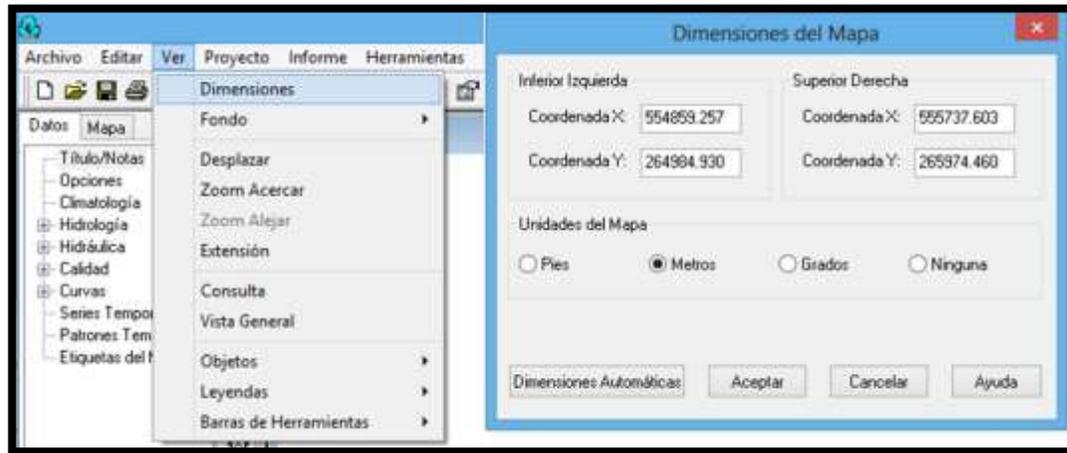
Para dibujar los pozos y tuberías que conforman la red es recomendable auxiliarse de una imagen de fondo del área de planeamiento. Para este diseño en específico se realizó el trazo de la red y se insertó con sus coordenadas originales en el software. Al introducir la imagen de fondo se configuran las coordenadas y las unidades de la imagen, como se muestra en la Figura 3.8 y Figura 3.9.

Figura 3.8 IMAGEN DE FONDO



La red se dibujó teniendo activas las coordenadas automáticas. Esto es muy útil cuando se tiene una imagen de fondo georeferenciada, ya que al insertar los objetos estos toman las coordenadas reales del punto donde se dibujan y el programa calcula automáticamente la longitud de cada tubería.

Figura 3.9 DIMENSIONES DEL MAPA



A continuación se muestra el esquema de cómo se dibujan los pozos y las tuberías que conforman la red.

Figura 3.10 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE POZOS Y TUBERÍAS

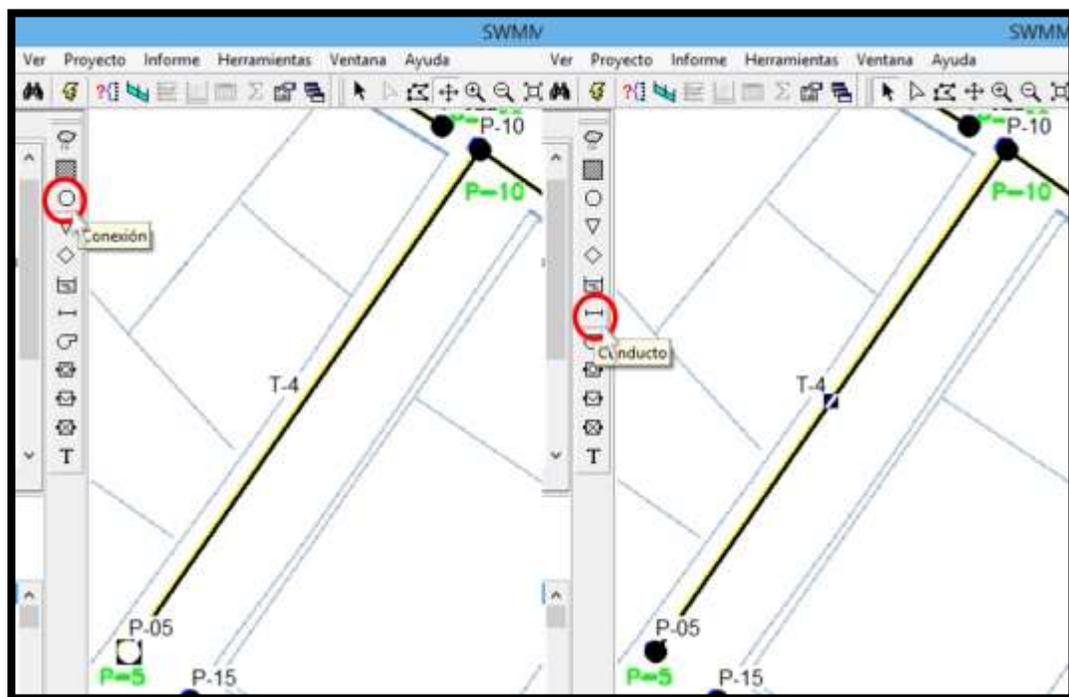


Figura 3.11 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RED



3.4.3 EDICIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS OBJETOS

3.4.3.1 DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada requeridos para realizar la simulación, son los correspondientes a los valores obtenidos de caudal para cada uno de los pozos, profundidad y cota de fondo. Para el caso de tuberías, se utiliza únicamente la cota de entrada y de salida en el pozo respectivo. Cabe recalcar que para obtener los datos definitivos que garanticen el diseño más óptimo se realizaron varias pruebas en el programa SWMM 5.0, hasta obtener la geometría definitiva que se muestra en la Tabla 3.10 y Tabla 3.11.

Para la simulación del modelo se realizó un ajuste para el diseño de los tramos iniciales de la red, asignando a cada pozo o caja inicial el caudal de la tubería de salida correspondiente, debido a que en el software el caudal es asignado a los pozos y estos en tramos iniciales no poseen caudal de aporte. Por lo tanto, si no se asigna caudal a dichos tramos éstos no presentan resultados que sirvan para comprobar el cumplimiento de los criterios de diseño requeridos.

DATOS DE ENTRADA DE POZOS/CONEXIONES

Tabla 3.10 DATOS DE ENTRADA DE POZOS

POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)	CAUDAL (L/s)	POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)	CAUDAL (L/s)	POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)	CAUDAL (L/s)
5	1185.50	1.50	1184.00	0.410	95	1170.42	2.15	1168.27	0.028	177	1152.55	2.35	1150.20	0.143
10	1181.63	1.50	1180.13	0.000	100	1175.61	2.00	1173.61	0.268	180	1149.39	3.50	1145.89	0.535
15	1185.50	1.40	1184.10	1.422	105	1170.25	2.40	1167.85	0.000	185	1144.14	3.65	1140.49	0.760
20	1183.17	1.75	1181.42	0.000	110	1170.50	1.40	1169.10	0.375	190	1164.99	1.40	1163.59	0.222
25	1180.95	2.80	1178.15	1.135	115	1170.31	2.15	1168.16	0.000	195	1161.53	3.50	1158.03	0.000
30	1180.50	3.20	1177.30	0.334	120	1178.28	1.40	1176.88	1.676	200	1155.74	1.50	1154.24	0.299
35	1180.07	4.00	1176.07	0.207	125	1175.08	3.00	1172.08	0.000	205	1153.02	3.30	1149.72	0.124
40	1176.15	3.15	1173.00	0.727	130	1169.99	2.35	1167.64	0.956	210	1149.65	3.00	1146.65	0.091
45	1173.23	1.50	1171.73	4.491	135	1169.50	3.15	1166.35	2.408	220	1167.62	2.00	1165.62	0.759
47	1173.00	2.35	1170.65	0.063	140	1169.34	2.55	1166.79	0.414	222	1165.37	3.40	1161.97	0.000
60	1181.25	1.40	1179.85	0.138	145	1165.98	1.50	1164.48	0.000	225	1161.11	2.50	1158.61	0.336
65	1178.50	1.50	1177.00	0.000	150	1168.93	1.40	1167.53	0.499	227	1158.58	2.60	1155.98	0.774
70	1180.63	1.40	1179.23	0.868	160	1169.37	1.40	1167.97	0.993	230	1155.64	2.50	1153.14	0.884
75	1177.74	3.00	1174.74	0.342	165	1168.29	2.55	1165.74	0.000	235	1150.96	2.50	1148.46	0.000
80	1180.19	1.40	1178.79	1.476	170	1165.50	3.00	1162.50	4.745	240	1146.10	2.00	1144.10	1.176
85	1176.20	2.30	1173.90	0.369	172	1161.21	3.10	1158.11	0.612	245	1141.45	1.50	1139.95	0.540
90	1172.47	3.00	1169.47	0.378	175	1156.90	3.50	1153.40	0.556	250	1140.05	1.50	1138.55	1.391

CAUDAL (L/s)	GOTA DE FONDO (m)	PROFUNDIDAD (m)	GOTA DE TAPADERA (m)	POZO	CAUDAL (L/s)	GOTA DE FONDO (m)	PROFUNDIDAD (m)	GOTA DE TAPADERA (m)	POZO	CAUDAL (L/s)	GOTA DE FONDO (m)	PROFUNDIDAD (m)	GOTA DE TAPADERA (m)	POZO
1.101	1166.33	2.10	1168.43	390	0.749	1180.10	1.40	1181.50	322	0.851	1135.99	2.70	1138.69	255
0.273	1163.35	1.90	1165.25	392	0.000	1178.67	1.90	1180.57	324	0.000	1132.05	3.55	1135.60	257
0.881	1167.75	1.40	1169.15	395	1.338	1177.08	1.40	1178.48	326	0.415	1128.29	3.45	1131.74	260
0.000	1165.52	1.50	1167.02	400	0.154	1175.61	2.70	1178.31	328	0.000	1124.77	3.35	1128.12	262
1.501	1160.55	1.50	1162.05	405	0.243	1173.35	2.65	1176.00	330	0.470	1122.82	1.50	1124.32	265
2.476	1164.79	1.40	1166.19	410	0.269	1169.18	2.85	1172.03	335	5.197	1128.83	1.40	1130.23	270
0.824	1166.88	2.05	1168.93	415	0.269	1171.40	2.10	1173.50	340	0.000	1125.58	1.50	1127.08	275
0.000	1161.69	2.20	1163.89	420	0.869	1166.95	1.40	1168.35	345	0.435	1122.50	4.50	1127.00	280
1.226	1158.94	1.50	1160.44	425	0.089	1165.50	2.50	1168.00	350	0.244	1117.97	1.50	1119.47	285
3.256	1154.71	3.35	1158.06	430	0.113	1162.79	1.55	1164.34	352	1.430	1116.44	2.55	1118.99	290
0.554	1151.90	1.85	1153.75	432	0.141	1160.59	1.40	1161.99	355	0.307	1176.86	1.40	1178.26	295
0.334	1147.29	2.15	1149.44	435	0.285	1158.40	2.60	1161.00	360	3.347	1174.03	3.40	1177.43	300
0.306	1142.77	2.75	1145.52	437	2.515	1155.01	1.50	1156.51	365	0.142	1172.10	1.40	1173.50	302
0.990	1138.52	2.00	1140.52	440	0.904	1175.69	1.60	1177.29	370	0.000	1169.81	3.10	1172.91	305
0.176	1135.60	1.80	1137.40	445	0.000	1170.77	2.20	1172.97	372	0.069	1165.20	3.00	1168.20	307
0.000	1131.32	1.50	1132.82	447	2.061	1175.54	1.40	1176.94	375	0.107	1160.56	3.50	1164.06	310
0.744	1130.35	1.50	1131.85	450	0.000	1168.91	1.50	1170.41	380	6.943	1156.54	1.50	1158.04	315
0.493	1138.26	2.60	1140.86	455	0.051	1167.86	1.50	1169.36	385	0.214	1176.63	1.40	1178.03	320

POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)	CAUDAL (L/s)	POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)	CAUDAL (L/s)
457	1136.46	3.00	1133.46	0.000	537	1130.54	4.00	1126.54	0.025
460	1132.07	1.50	1130.57	0.042	540	1136.46	1.90	1134.56	0.130
465	1131.40	2.90	1128.50	0.216	545	1131.52	2.60	1128.92	0.000
470	1128.18	1.50	1126.68	1.469	547	1128.11	3.00	1125.11	0.203
475	1123.50	1.50	1122.00	0.000	550	1123.98	3.00	1120.98	0.043
480	1123.65	2.75	1120.90	0.212	552	1119.95	2.80	1117.15	0.057
485	1118.33	3.20	1115.13	1.870	555	1115.21	3.00	1112.21	0.109
500	1130.43	1.50	1128.93	0.134	557	1111.63	3.00	1108.63	0.086
505	1129.22	2.00	1127.22	0.000	560	1108.12	2.50	1105.62	0.097
490	1131.23	2.50	1128.73	0.132	562	1104.00	2.65	1101.35	0.000
510	1126.79	2.85	1123.94	0.143	564	1100.47	2.70	1097.77	0.000
515	1122.50	1.40	1121.10	0.140	565	1096.81	2.65	1094.16	0.000
520	1122.16	3.00	1119.16	0.113	567	1093.30	2.75	1090.55	0.000
522	1118.36	2.10	1116.26	0.094	570	1089.43	2.50	1086.93	0.000
525	1115.35	2.85	1112.50	0.183	572	1084.15	2.50	1081.65	0.000
527	1112.35	3.30	1109.05	0.079	575	1078.46	1.50	1076.96	16.065
530	1139.65	2.10	1137.55	1.020	PD-1	1076.42	0.00	1076.42	
535	1134.57	3.55	1131.02	0.000					

DATOS DE ENTRADA DE TUBERÍAS/CONDUCTOS

Tabla 3.11 DATOS DE ENTRADA DE TUBERÍAS

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	GOTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	GOTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	GOTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)
T-4	5	10	43.02	0.00	8(0.2032)	T-42	95	105	14.44	0.00	8(0.2032)	T-76	175	177	25.01	0.80	8(0.2032)
T-6	10	25	63.79	0.00	8(0.2032)	T-44	100	105	50.08	0.80	8(0.2032)	T-78	177	180	25.26	1.00	8(0.2032)
T-8	15	20	59.99	0.00	8(0.2032)	T-46	105	135	74.46	0.15	8(0.2032)	T-80	180	185	35.29	1.00	8(0.2032)
T-10	20	25	42.24	0.00	8(0.2032)	T-48	110	115	43.10	0.00	8(0.2032)	T-82	185	255	35.75	1.00	8(0.2032)
T-12	25	30	38.53	0.20	8(0.2032)	T-50	115	130	16.33	0.00	8(0.2032)	T-84	190	195	39.37	1.00	8(0.2032)
T-14	30	35	27.53	1.00	8(0.2032)	T-52	120	125	53.60	0.00	8(0.2032)	T-86	195	200	39.91	0.00	8(0.2032)
T-16	35	40	17.94	1.00	8(0.2032)	T-54	125	130	39.17	0.80	8(0.2032)	T-88	200	205	52.51	1.00	8(0.2032)
T-18	40	45	15.99	0.00	8(0.2032)	T-56	130	135	37.97	0.00	8(0.2032)	T-90	205	210	15.03	1.00	8(0.2032)
T-20	45	47	34.86	0.00	8(0.2032)	T-58	135	170	59.34	0.00	8(0.2032)	T-92	210	240	22.18	0.60	8(0.2032)
T-22	47	90	42.59	0.00	8(0.2032)	T-60	140	145	58.59	0.00	8(0.2032)	T-94	220	222	15.20	1.00	8(0.2032)
T-28	60	65	33.71	0.00	8(0.2032)	T-62	145	170	47.91	0.00	8(0.2032)	T-96	222	225	15.16	1.00	8(0.2032)
T-30	65	75	58.45	0.00	8(0.2032)	T-64	150	155	36.84	0.00	8(0.2032)	T-98	225	227	10.09	1.00	8(0.2032)
T-32	70	75	51.25	0.00	8(0.2032)	T-66	155	165	26.91	0.00	8(0.2032)	T-100	227	230	10.37	1.00	8(0.2032)
T-34	75	85	43.23	0.00	8(0.2032)	T-68	160	165	58.00	0.00	8(0.2032)	T-102	230	235	20.30	1.00	8(0.2032)
T-36	80	85	60.82	0.00	8(0.2032)	T-70	165	170	74.67	0.00	8(0.2032)	T-104	235	240	24.17	0.60	8(0.2032)
T-38	85	90	40.80	0.80	8(0.2032)	T-72	170	172	30.14	1.00	8(0.2032)	T-106	240	245	26.77	0.00	8(0.2032)
T-40	90	95	47.36	0.00	8(0.2032)	T-74	172	175	29.42	1.00	8(0.2032)	T-108	245	250	50.00	0.00	8(0.2032)

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)
T-110	250	255	59.05	1.00	8(0.2032)	T-144	315	365	90.79	0.00	8(0.2032)	T-174	375	380	97.44	0.00	8(0.2032)
T-112	255	257	20.11	1.00	8(0.2032)	T-145	320	330	44.87	0.00	8(0.2032)	T-176	380	385	25.37	0.00	8(0.2032)
T-114	257	260	20.37	1.00	8(0.2032)	T-146	322	324	77.47	0.00	8(0.2032)	T-178	385	390	56.32	0.00	8(0.2032)
T-116	260	262	19.99	1.00	8(0.2032)	T-147	324	328	22.24	0.80	8(0.2032)	T-180	390	392	30.03	0.50	8(0.2032)
T-118	262	265	23.00	0.00	8(0.2032)	T-148	326	328	92.14	0.00	8(0.2032)	T-182	392	405	31.71	0.00	8(0.2032)
T-120	265	280	24.95	0.00	8(0.2032)	T-149	328	330	76.73	0.00	8(0.2032)	T-183	395	400	40.29	0.00	8(0.2032)
T-122	270	275	57.21	0.00	8(0.2032)	T-150	330	335	30.06	0.80	8(0.2032)	T-184	400	405	60.49	0.00	8(0.2032)
T-124	275	280	47.30	1.50	8(0.2032)	T-152	335	350	29.81	0.80	8(0.2032)	T-186	405	430	55.04	1.00	8(0.2032)
T-126	280	285	72.17	0.00	8(0.2032)	T-154	340	350	46.50	0.80	8(0.2032)	T-188	410	420	64.92	0.00	8(0.2032)
T-128	285	290	66.49	0.80	10(0.254)	T-156	345	350	54.56	0.00	8(0.2032)	T-190	415	420	46.75	0.80	8(0.2032)
T-130	290	485	66.06	0.80	10(0.254)	T-158	350	352	30.06	0.00	8(0.2032)	T-192	420	425	31.08	0.00	8(0.2032)
T-132	295	300	36.08	0.40	8(0.2032)	T-160	352	360	37.31	0.80	8(0.2032)	T-194	425	430	52.25	0.80	8(0.2032)
T-134	300	305	23.70	1.00	8(0.2032)	T-162	355	360	53.53	0.00	8(0.2032)	T-196	430	432	39.90	0.00	8(0.2032)
T-136	302	305	41.95	0.10	8(0.2032)	T-164	360	365	41.68	0.00	8(0.2032)	T-198	432	435	45.32	0.70	8(0.2032)
T-138	305	307	32.75	1.00	8(0.2032)	T-168	365	430	56.19	0.00	8(0.2032)	T-200	435	437	40.20	1.00	8(0.2032)
T-140	307	310	30.01	1.00	8(0.2032)	T-170	370	372	40.11	0.80	8(0.2032)	T-202	437	440	45.97	0.60	8(0.2032)
T-142	310	315	43.51	0.00	8(0.2032)	T-172	372	390	41.88	0.80	8(0.2032)	T-204	440	445	68.07	0.00	8(0.2032)

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIÁMETRO Pulg.(m)	
T-206	445	447	36.26	0.00	8(0.2032)	T-232	490	510	40	1.00	8(0.2032)	T-276	550	552	25	1.00	8(0.2032)	
T-207	447	450	32.35	0.00	8(0.2032)	T-234	510	520	37	1.00	8(0.2032)	T-278	552	555	29	1.00	8(0.2032)	
T-208	450	465	59.48	0.00	8(0.2032)	T-236	515	520	57	0.00	8(0.2032)	T-280	555	557	15	1.00	8(0.2032)	
T-210	455	457	30.14	1.00	8(0.2032)	T-238	520	522	30	0.70	8(0.2032)	T-282	557	560	14	1.00	8(0.2032)	
T-212	457	460	31.85	0.00	8(0.2032)	T-240	522	525	30	0.80	8(0.2032)	T-284	560	562	35	1.00	10(0.254)	
T-214	460	465	17.57	1.00	8(0.2032)	T-260	525	527	30	0.80	10(0.254)	T-286	562	564	30	0.80	10(0.254)	
T-216	465	480	79.55	1.00	8(0.2032)	T-262	527	560	40	0.80	10(0.254)	T-288	564	565	31	0.80	10(0.254)	
T-218	470	475	49.28	0.00	8(0.2032)	T-264	530	535	47	0.80	8(0.2032)	T-290	565	567	30	1.00	10(0.254)	
T-220	475	480	27.80	0.00	8(0.2032)	T-266	535	537	20	1.00	8(0.2032)	T-292	567	570	33	1.00	10(0.254)	
T-222	480	485	54.02	1.00	8(0.2032)	T-268	537	550	27	1.00	8(0.2032)	T-294	570	572	45	1.00	10(0.254)	
T-224	485	525	61.63	0.80	10(0.254)	T-270	540	545	43	1.00	8(0.2032)	T-296	572	575	49	0.00	10(0.254)	
T-228	500	505	30.69	0.00	8(0.2032)	T-272	545	547	25	1.00	8(0.2032)	T-298	575	PD-1	17	0.00	10(0.254)	
T-230	505	510	40.14	1.00	8(0.2032)	T-274	547	550	28	1.00	8(0.2032)							

3.4.3.2 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Una vez se dibujó toda la red, se definieron las propiedades tanto de pozos como de tuberías. A continuación se muestra de manera ilustrativa el procedimiento para editar las propiedades de los pozos y las tuberías. Se muestra únicamente como un ejemplo para una tubería y el pozo de entrada de la misma, ya que el proceso es repetitivo para los demás tramos de la red. Se incluye también la edición de un punto de descarga con los parámetros requeridos por el software.

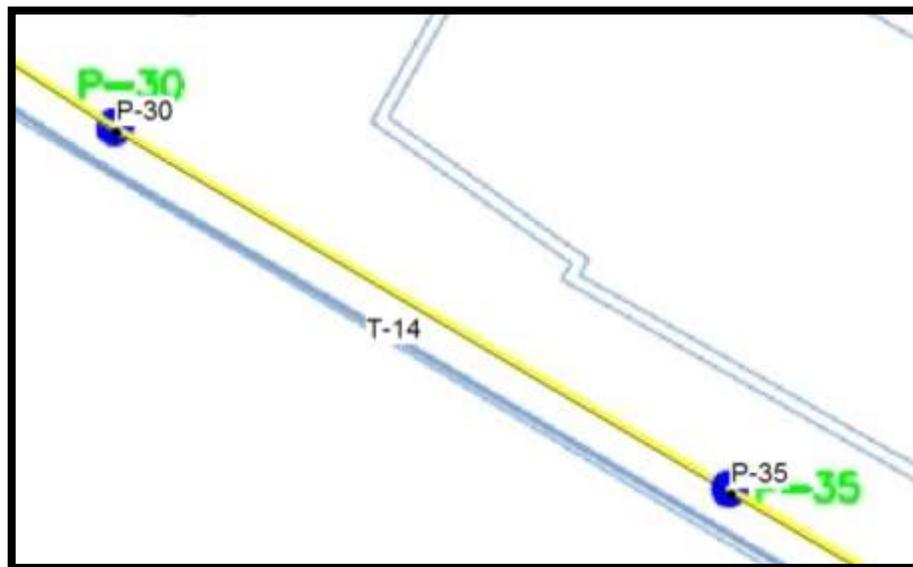
Tabla 3.12 DATOS DE TUBERÍA T-14

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	DESNIVEL DE ENTRADA (m)	DESNIVEL DE SALIDA (m)
T-14	P-30	P-35	0	1

Tabla 3.13 DATOS DE POZO DE ENTRADA P-30

NOMBRE DE POZO	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)	CAUDAL (L/s)
P-30	3.20	1177.30	0.334

Figura 3.12 ESQUEMA DE EJEMPLO DE APLICACIÓN



En la muestra la Figura 3.12 el tramo de la tubería T-14, esto se realiza únicamente para ilustrar la forma de editar los elementos de la red. El plano de la red de alcantarillado sanitario completo se muestra en el anexo Plano 2/5, compuesta por pozos y tuberías desde la parte más alta del área de planeamiento hasta el punto de descarga. Se introducen los datos de cada elemento (pozos, tuberías y punto de descarga) en las secciones que se exponen a continuación.

EDICIÓN DE POZOS/CONEXIONES

Para la edición de cada pozo basta con hacer doble clic sobre él y aparecerá el cuadro de edición, como se ilustra en la Figura 3.13.

Figura 3.13 EDICIÓN DE POZOS/CONEXIONES

Nudo P-30

Propiedad	Valor
Nombre	P-30
Coordenada X	555399.371
Coordenada Y	265060.754
Descripción	
Marca	
Aportes	YES
Tratamiento	NO
Cota del fondo	1177.30
Profundidad Máxima	3.20
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	0

Pulsar para especificar aportes externos de agua u otros compuestos que se recogen en la conexión

Aportes para el Nudo P-30

Directo | **Tiempo Seco** | Hidrogramas Unitarios

Componente: FLOW

Valor Medio (LPS): 0.334

Patrones Temporales:

- [] [] [] []
- [] [] [] []
- [] [] [] []
- [] [] [] []

Aporte = (Valor Medio) x (Patrón 1) x (Patrón 2) x (Patrón 3) x (Patrón 4)

Si el Valor Medio se deja en blanco toma valor 0. Cualquier patrón temporal que se deje en blanco toma por defecto un valor constante de 1.0.

Aceptar Cancelar Ayuda

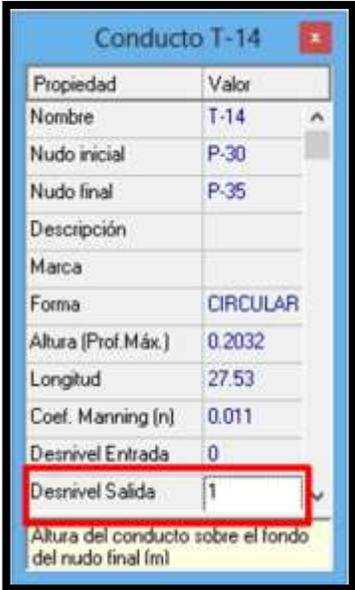
Cabe recalcar que para el caso de este diseño, por tratarse de un sistema de alcantarillado separado destinado únicamente a aguas residuales, se introduce a los pozos el caudal de diseño para tiempo seco, es decir sin aporte de caudal debido a lluvia. Esto se configura desde la casilla de Aportes, pestaña Tiempo Seco, lo que le indica al programa que el análisis se limita a un diseño exclusivamente de aguas residuales en ausencia de lluvia.

EDICIÓN DE TUBERÍAS/CONDUCTOS

La edición de las tuberías se vuelve relativamente sencilla, ya que se ha utilizado una imagen de fondo de la red georreferenciada y al dibujarlas se activó la opción Longitudes Automáticas para que de esta forma el programa calculara la longitud real de las mismas en base a la imagen de fondo cargada. Además al inicio se definieron ciertos valores por defecto como la geometría, el coeficiente de Manning y el diámetro, por lo que solo se editan las casillas de Desnivel Entrada y Desnivel Salida.

Para este diseño se definió que el desnivel de entrada de todas las tuberías será de cero, esto significa que todas las tuberías salen del fondo del pozo. Por lo tanto, el único parámetro a editar es el desnivel de salida.

Figura 3.14 EDICIÓN DE TUBERÍAS/CONDUCTOS



Propiedad	Valor
Nombre	T-14
Nudo inicial	P-30
Nudo final	P-35
Descripción	
Marca	
Forma	CIRCULAR
Altura (Prof. Máx.)	0.2032
Longitud	27.53
Coef. Manning (n)	0.011
Desnivel Entrada	0
Desnivel Salida	1

Altura del conducto sobre el fondo del nudo final (m)

EDICIÓN DEL PUNTO DE DESCARGA

El último elemento a editar es el punto de descarga, el punto final de la red. Pueden existir varios puntos de descarga; para este caso se propone un solo sitio de descarga en el cual se sugiere debe construirse una planta de tratamiento. Dicho punto se escoge basándose en el sitio que sea más adecuado acorde a las condiciones topográficas del terreno en el área de planeamiento. Cabe aclarar que este punto es solo una propuesta, ya que el Trabajo de Graduación no incluye diseño de la planta de tratamiento; se limita únicamente al diseño de la red de alcantarillado sanitario.

Figura 3.15 ESQUEMA DE UBICACIÓN DEL PUNTO DE DESCARGA DE LA RED

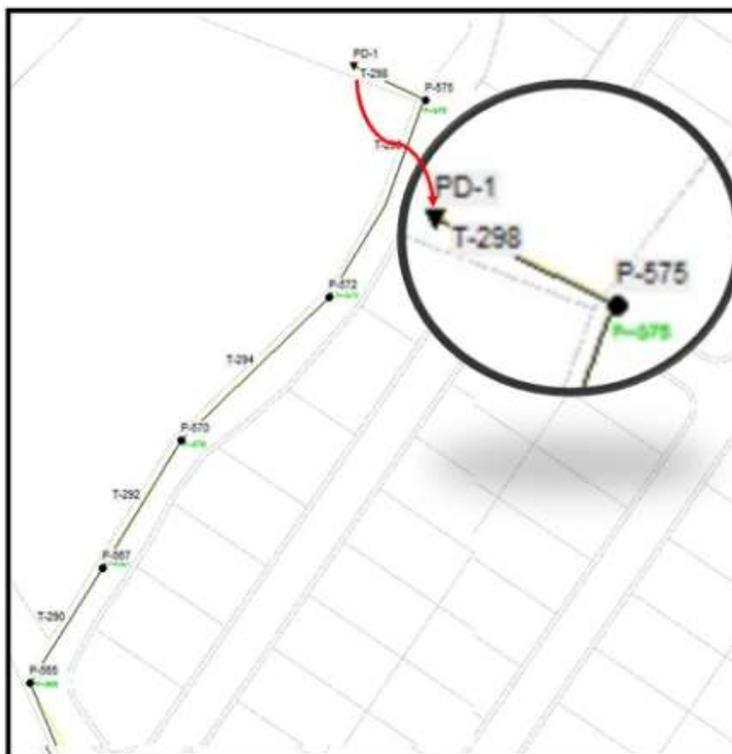


Figura 3.16 EDICIÓN DE PUNTO DE DESCARGA

Propiedad	Valor
Nombre	PD-1
Coordenada X	555339.653
Coordenada Y	265892.929
Descripción	
Marca	
Aportes	NO
Tratamiento	NO
Cota del fondo	1076.42
Compuerta antirretorno	NO
Tipo	NORMAL
Vertido a nivel fijo	FREE
Tipo de condición de contorno	NORMAL
	FIXED
	TIDAL
	TIMESERIES

- Se asignó al punto de descarga el nombre de PD-1.
- No se asignó ningún caudal en la casilla Aporte a este punto debido a que es el punto de descarga, el caudal que sale por él es el caudal total que transporta la red.
- La casilla Cota de fondo se definió como la elevación natural del terreno, asumiendo que la tubería saldrá a la superficie en el punto de descarga.
- La casilla Tipo corresponde a la condición de contorno a aplicar en el nodo, utilizando para este diseño la condición tipo normal. Con esta opción se le ordena al programa que utilice la condición del calado normal del conducto (altura o tirante normal) en el nodo. Esto significa

que el nivel de salida del agua será tomado igual al tirante normal en el punto de descarga, asumiendo que la tubería descargue en un canal que encausara el agua a su tratamiento primario.

3.4.4 DEFINICIÓN DE LAS OPCIONES DE SIMULACIÓN

Una vez se han editado todos los elementos que componen la red se deben definir las opciones de simulación, las cuales son las siguientes:

- **Pestaña General:** El modelo a procesar es el de transporte en la red, es decir solo aguas residuales, el cual se define en la sección Procesar los modelos. En la Sección Varios se debe activar la opción Informe – Resumen de Datos, esto le indica al programa que debe presentar un informe al final de la simulación. En la sección Modelo Hidráulico de Transporte para este caso se utilizó el modelo de Onda Cinemática (OC); para este diseño en particular no hay ninguna diferencia en utilizar el modelo de onda cinemático u onda dinámica debido a que no se han utilizado curvas patrón y por lo tanto la simulación es para el instante en el que la red transporte el caudal máximo, muy similar a tomar una fotografía del comportamiento del flujo en el instante en el que el sistema transporta el caudal máximo horario (Figura 3.17).
- **Pestaña Fecha:** En esta pestaña se debe de tener en cuenta que al establecer la fecha del Inicio del Análisis, el Inicio del Informe y el Final del

Análisis, deben ser al menos iguales para que no haya incongruencia en la simulación (Figura 3.18).

- **Pestañas Intervalos, Onda Dinámica y Archivo:** Se dejan con sus propiedades por defecto, ya que debido a que no se cuenta con patrones de caudal no tiene caso definir ningún intervalo de análisis; en el caso de la Onda Dinámica, no es necesario configurar sus propiedades ya que el modelo que se está utilizando es el modelo de onda cinemática.

Figura 3.17 OPCIONES GENERALES DE SIMULACIÓN

Opciones de Simulación

General Fechas Intervalos Onda Dinámica Archivos

Procesar los Modelos:

- Lluvia/Escoorrentía
- Deshielo de Nieve
- Flujo Subterráneo
- Transporte en la Red
- Calidad del Agua

Varios

- Permitir estancamiento
- Informe - Acciones de Control
- Informe - Resumen de Datos
- Saltar Periodos Estacionarios

Pendiente Mínima en Conductos
0.5 (%)

Modelo de Infiltración

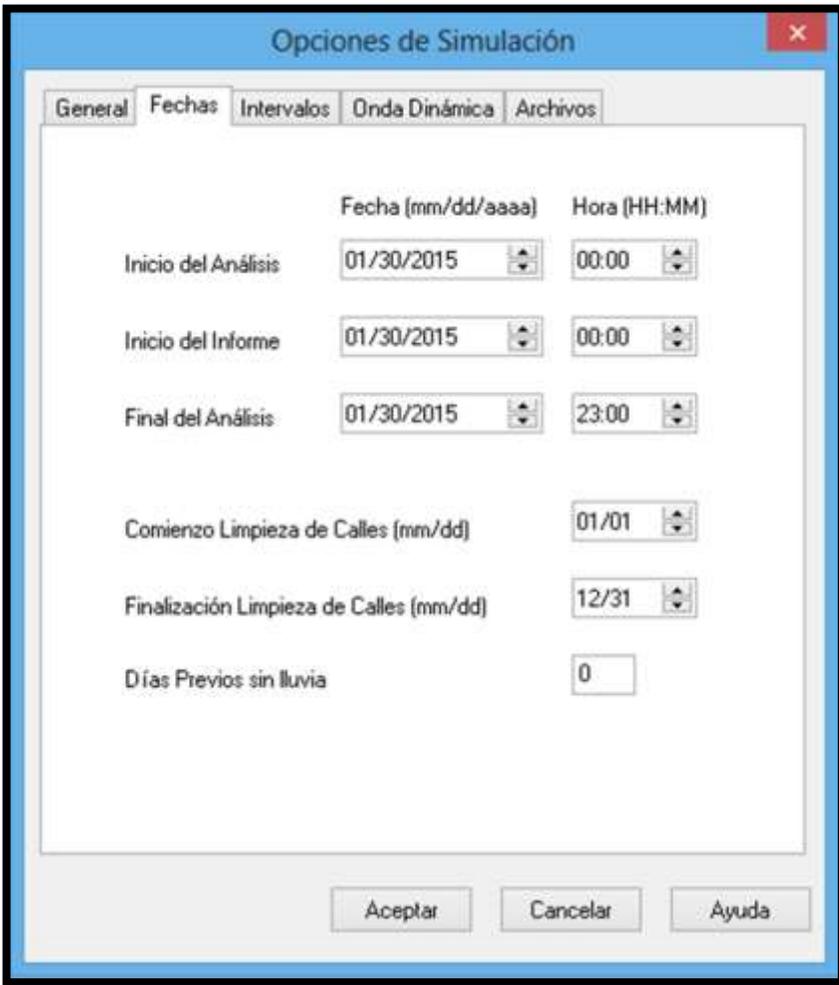
- Ec. Horton
- Ec. Green-Ampt
- Número de Curva SCS

Modelo Hidráulico de Transporte

- Régimen Uniforme (RU)
- Onda Cinemática (OC)
- Onda Dinámica (OD)

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 3.18 OPCIONES DE FECHA EN LA SIMULACIÓN



The image shows a software dialog box titled "Opciones de Simulación" with a close button (X) in the top right corner. The dialog has five tabs: "General", "Fechas", "Intervalos", "Onda Dinámica", and "Archivos". The "Fechas" tab is selected. The dialog contains several input fields for date and time settings:

	Fecha (mm/dd/aaaa)	Hora (HH:MM)
Inicio del Análisis	01/30/2015	00:00
Inicio del Informe	01/30/2015	00:00
Final del Análisis	01/30/2015	23:00
Comienzo Limpieza de Calles (mm/dd)	01/01	
Finalización Limpieza de Calles (mm/dd)	12/31	
Días Previos sin lluvia	0	

At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda".

3.4.5 REALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN Y RESULTADOS

Una vez se han dibujado todos los elementos que componen la red, se han editado todas sus propiedades y se han definido las opciones de análisis, solo resta realizar la simulación. Es importante recordar que antes de la simulación se debe guardar el archivo y luego proceder con la simulación, haciendo clic en el icono con forma de rayo en la barra de herramientas (Figura 3.19).

Figura 3.19 SIMULACIÓN DEL SISTEMA

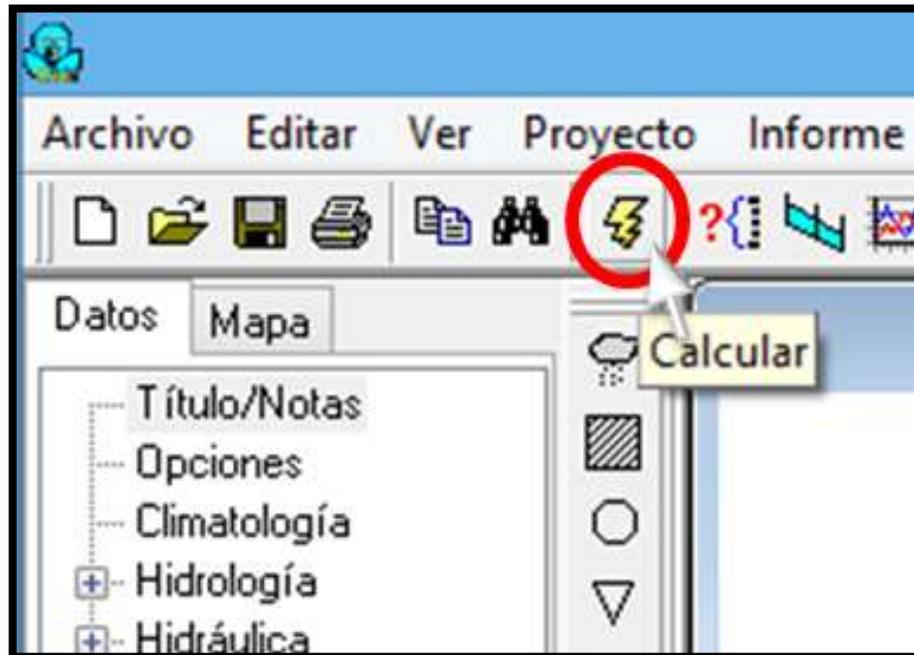
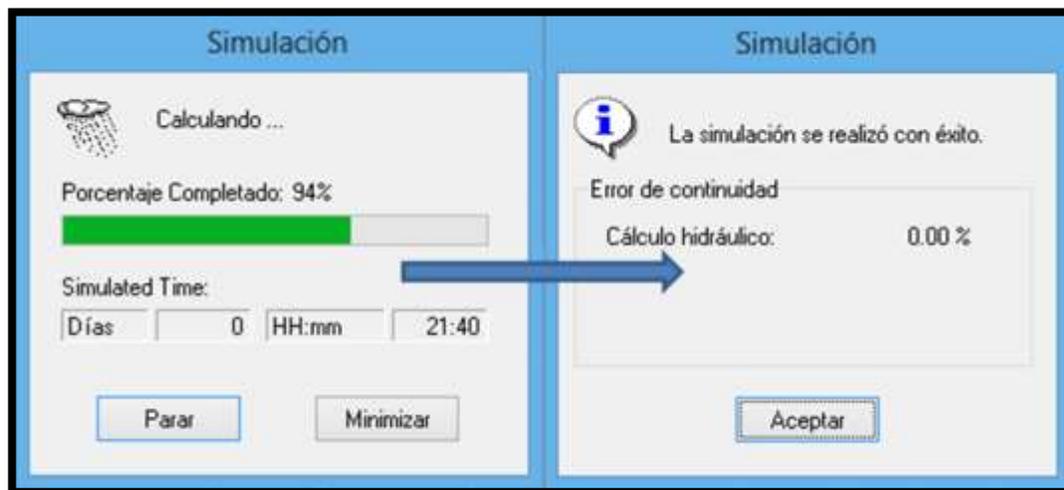


Figura 3.20 AVANCE DE LA SIMULACIÓN Y RESULTADO DEL CÁLCULO HIDRÁULICO



Como se puede observar la Figura 3.20 la simulación se realizó con éxito, obteniendo un 0% de error en el cálculo hidráulico.

Después de realizar la simulación se revisaron los resultados obtenidos, verificando específicamente los valores de velocidad, pendiente, capacidad y diámetro en las tuberías, comparándolos con los criterios de diseño definidos en el Apartado 2.3.3 y listados al inicio de este capítulo.

Para el esquema final de la red Figura 3.21, fue necesario realizar algunos ajustes a las propiedades de sus componentes, como parte del proceso de diseño, realizando varias pruebas y simulaciones iterativas hasta lograr un diseño definitivo que satisface los criterios y parámetros establecidos por las Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras (ANDA 1998).

A continuación de la Figura 3.21 se muestra la Tabla 3.14 con los resultados obtenidos del diseño a partir de la simulación.

Figura 3.21 ESQUEMA DE LA RED

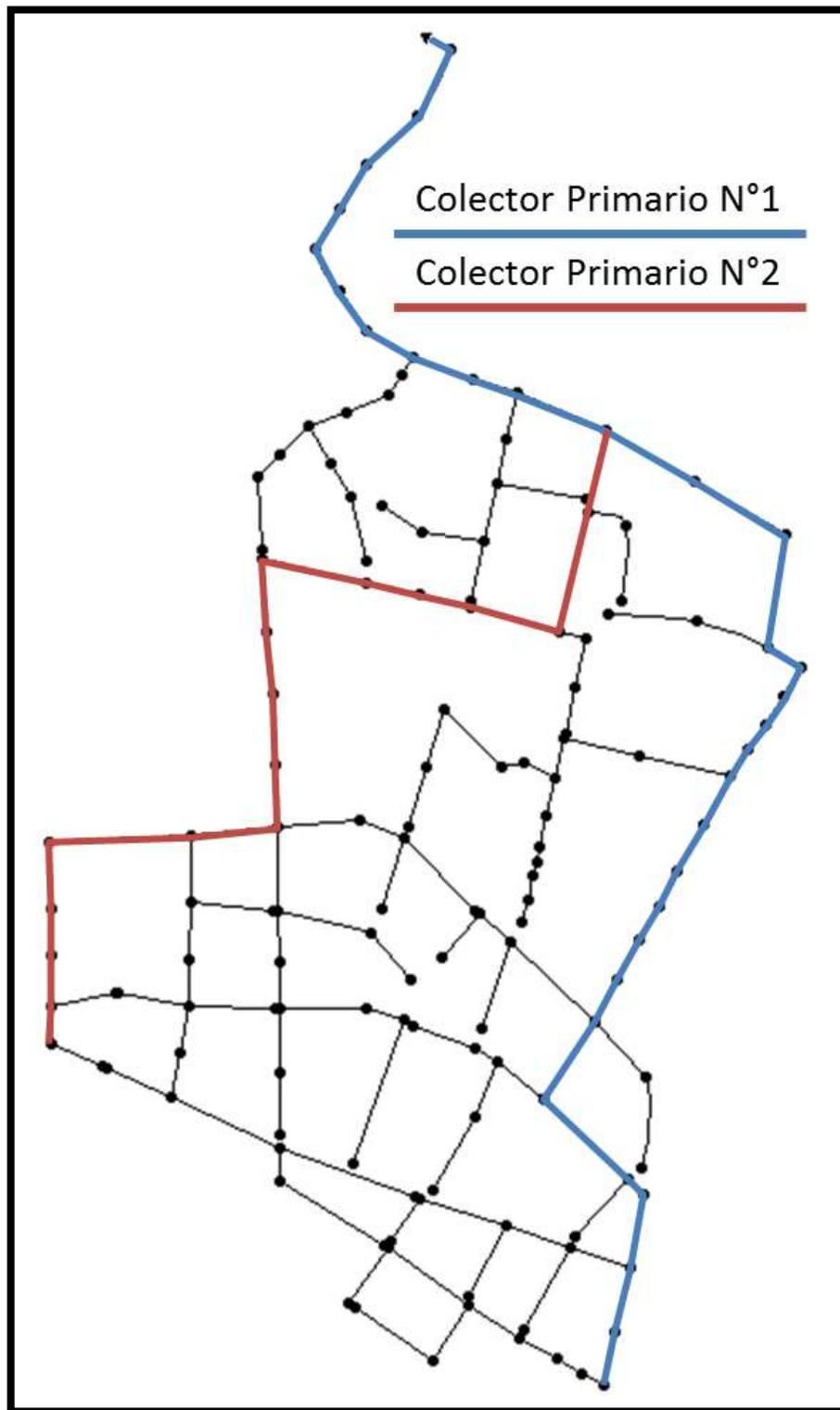


Tabla 3.14 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	CAUDAL (L/s)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD (%)	PENDIENTE (%)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	CAUDAL (L/s)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD (%)	PENDIENTE (%)
T-4	P-05	P-10	0.41	0.01	0.9	4	9.09	T-48	P-110	P-115	0.38	0.01	0.5	5	2.18
T-6	P-10	P-25	0.41	0.01	0.6	5	3.11	T-50	P-115	P-130	0.38	0.01	0.6	5	3.19
T-8	P-15	P-20	1.42	0.02	1.0	9	4.48	T-52	P-120	P-125	1.68	0.02	1.3	8	9.04
T-10	P-20	P-25	1.42	0.02	1.2	8	7.77	T-54	P-125	P-130	1.68	0.02	1.3	8	9.37
T-12	P-25	P-30	2.97	0.03	0.9	16	1.69	T-56	P-130	P-135	3.01	0.03	1.1	14	3.40
T-14	P-30	P-35	3.30	0.04	0.8	19	0.84	T-58	P-135	P-170	18.07	0.06	2.4	28	6.52
T-16	P-35	P-40	3.51	0.02	1.7	11	11.70	T-60	P-140	P-145	0.41	0.01	0.6	5	3.95
T-18	P-40	P-45	4.24	0.03	1.7	13	7.99	T-62	P-145	P-170	0.41	0.01	0.7	5	4.14
T-20	P-45	P-47	8.73	0.05	1.5	24	3.10	T-64	P-150	P-155	0.50	0.01	0.6	6	2.55
T-22	P-47	P-90	8.79	0.05	1.4	24	2.77	T-66	P-155	P-165	0.50	0.01	0.6	6	3.16
T-28	P-60	P-65	0.14	0.01	0.6	3	8.53	T-68	P-160	P-165	0.99	0.02	0.8	8	3.85
T-30	P-65	P-75	0.14	0.01	0.5	3	3.53	T-70	P-165	P-170	1.49	0.02	1.0	9	4.35
T-32	P-70	P-75	0.87	0.01	1.1	6	8.83	T-72	P-170	P-172	24.72	0.06	3.2	29	11.39
T-34	P-75	P-85	1.35	0.02	0.8	10	2.41	T-74	P-172	P-175	25.33	0.06	3.4	28	12.82
T-36	P-80	P-85	1.48	0.02	1.2	8	8.10	T-76	P-175	P-177	25.89	0.06	3.1	31	9.68
T-38	P-85	P-90	3.19	0.02	1.6	11	8.97	T-78	P-177	P-180	26.03	0.06	3.4	28	13.34
T-40	P-90	P-95	12.36	0.06	1.5	30	2.54	T-80	P-180	P-185	26.57	0.06	3.4	29	12.67
T-42	P-95	P-105	12.39	0.06	1.6	29	2.91	T-82	P-185	P-255	27.33	0.06	3.1	31	9.88
T-44	P-100	P-105	0.27	0.01	0.8	3	10.00	T-84	P-190	P-195	0.22	0.01	0.8	3	11.74
T-46	P-105	P-135	12.66	0.07	1.4	33	1.81	T-86	P-195	P-200	0.22	0.01	0.7	3	9.58

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	CAUDAL (L/s)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD (%)	PENDIENTE (%)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	CAUDAL (L/s)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD (%)	PENDIENTE (%)
T-88	P-200	P-205	0.52	0.01	0.8	5	6.73	T-130	P-290	P-485	42.97	0.14	1.5	55	0.77
T-90	P-205	P-210	0.64	0.01	1.1	5	14.05	T-132	P-295	P-300	0.31	0.01	0.7	4	6.77
T-92	P-210	P-240	0.74	0.01	1.0	6	8.85	T-134	P-300	P-305	3.65	0.02	1.9	11	13.84
T-94	P-220	P-222	0.76	0.01	1.3	5	18.00	T-136	P-302	P-305	0.14	0.01	0.5	3	5.24
T-96	P-222	P-225	0.76	0.01	1.3	5	15.96	T-138	P-305	P-307	3.80	0.02	1.8	11	11.16
T-98	P-225	P-227	1.10	0.01	1.4	6	16.61	T-140	P-307	P-310	3.87	0.02	1.9	11	12.31
T-100	P-227	P-230	1.87	0.01	1.8	7	18.34	T-142	P-310	P-315	3.97	0.02	1.8	12	9.32
T-102	P-230	P-235	2.75	0.02	2.0	9	18.77	T-144	P-315	P-365	10.91	0.06	1.3	31	1.69
T-104	P-235	P-240	2.75	0.02	1.9	9	15.92	T-145	P-320	P-330	0.21	0.01	0.7	3	7.35
T-106	P-240	P-245	4.66	0.02	2.2	12	15.87	T-146	P-322	P-324	0.75	0.01	0.6	7	1.85
T-108	P-245	P-250	5.20	0.04	1.2	19	2.80	T-147	P-324	P-328	0.75	0.01	1.2	5	10.27
T-110	P-250	P-255	6.60	0.04	1.3	21	2.64	T-148	P-326	P-328	1.34	0.02	0.7	10	1.60
T-112	P-255	P-257	34.78	0.07	3.9	32	14.95	T-149	P-328	P-330	2.24	0.02	1.1	12	2.95
T-114	P-257	P-260	34.78	0.07	3.8	33	13.81	T-150	P-330	P-335	2.70	0.02	1.6	10	11.35
T-116	P-260	P-262	35.19	0.07	3.7	34	12.81	T-152	P-335	P-350	2.97	0.02	1.6	11	9.75
T-118	P-262	P-265	35.19	0.08	3.2	39	8.53	T-154	P-340	P-350	0.27	0.01	0.8	3	11.10
T-120	P-265	P-280	35.66	0.13	1.6	66	1.28	T-156	P-345	P-350	0.87	0.02	0.7	8	2.66
T-122	P-270	P-275	5.20	0.03	1.6	15	5.70	T-158	P-350	P-352	4.19	0.03	1.8	13	9.09
T-124	P-275	P-280	5.20	0.04	1.3	18	3.34	T-160	P-352	P-360	4.31	0.03	1.8	13	9.71
T-126	P-280	P-285	41.29	0.09	3.0	44	6.30	T-162	P-355	P-360	0.14	0.01	0.5	3	4.10
T-128	P-285	P-290	41.54	0.13	1.6	52	1.10	T-164	P-360	P-365	4.73	0.03	1.8	14	8.19

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	CAUDAL (L/s)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD (%)	PENDIENTE (%)	TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	CAUDAL (L/s)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD (%)	PENDIENTE (%)
T-168	P-365	P-340	18.16	0.1	1.2	47	0.54	T-207	P-447	P-450	35.18	0.1	2.2	50	3.00
T-170	P-370	P-372	0.90	0.01	1.2	6	10.38	T-208	P-450	P-465	35.82	0.1	2.2	50	3.11
T-172	P-372	P-390	0.90	0.01	1.1	6	8.76	T-210	P-455	P-457	0.49	0.01	1.0	4	12.81
T-174	P-375	P-380	2.06	0.02	1.3	10	6.84	T-212	P-457	P-460	0.49	0.01	0.9	5	9.15
T-176	P-380	P-385	2.06	0.02	1.0	11	4.15	T-214	P-460	P-465	0.54	0.01	0.8	5	6.11
T-178	P-385	P-390	2.11	0.02	0.9	12	2.72	T-216	P-465	P-480	36.57	0.08	3.2	38	8.35
T-180	P-390	P-392	4.12	0.03	1.7	13	8.31	T-218	P-470	P-475	1.47	0.02	1.3	8	9.58
T-182	P-392	P-405	4.39	0.03	1.8	13	8.90	T-220	P-475	P-480	1.47	0.02	1.0	9	3.96
T-183	P-395	P-400	0.88	0.01	0.9	7	5.56	T-222	P-480	P-485	38.25	0.08	3.3	39	8.90
T-184	P-400	P-405	0.88	0.01	1.1	6	8.27	T-224	P-485	P-525	83.09	0.15	2.7	59	2.97
T-186	P-405	P-430	6.77	0.03	2.0	16	8.86	T-228	P-500	P-505	0.13	0.01	0.5	3	5.59
T-188	P-410	P-420	2.48	0.02	1.2	11	4.79	T-230	P-505	P-510	0.13	0.01	0.5	3	5.70
T-190	P-415	P-420	0.82	0.01	1.1	6	9.47	T-232	P-490	P-510	0.13	0.01	0.6	2	9.64
T-192	P-420	P-425	3.30	0.02	1.6	11	8.92	T-234	P-510	P-520	0.41	0.01	0.9	4	10.19
T-194	P-425	P-430	4.53	0.03	1.6	14	6.59	T-236	P-515	P-520	0.14	0.01	0.5	4	3.38
T-196	P-430	P-432	32.72	0.08	2.9	38	7.08	T-238	P-520	P-522	0.66	0.01	0.9	6	7.37
T-198	P-432	P-435	33.27	0.07	3.2	36	8.69	T-240	P-522	P-525	0.76	0.01	1.1	6	9.87
T-200	P-435	P-437	33.60	0.07	3.2	36	8.83	T-260	P-525	P-527	84.03	0.11	4.0	43	8.90
T-202	P-437	P-440	33.91	0.08	3.1	38	7.99	T-262	P-527	P-560	84.11	0.12	3.6	47	6.57
T-204	P-440	P-445	34.90	0.09	2.5	45	4.30	T-264	P-530	P-535	1.02	0.01	1.3	6	12.37
T-206	P-445	P-447	35.18	0.07	3.6	34	11.97	T-266	P-535	P-537	1.02	0.01	1.4	6	17.63

TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	CAUDAL (L/s)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD (%)	PENDIENTE (%)
T-268	P-537	P-550	1.04	0.01	1.5	6	17.72
T-270	P-540	P-545	0.13	0.01	0.7	3	11.02
T-272	P-545	P-547	0.13	0.01	0.7	3	11.28
T-274	P-547	P-550	0.33	0.01	0.9	4	11.52
T-276	P-550	P-552	1.42	0.01	1.4	7	11.38
T-278	P-552	P-555	1.48	0.01	1.5	7	13.63
T-280	P-555	P-557	1.59	0.01	1.6	7	17.59
T-282	P-557	P-560	1.67	0.01	1.6	7	14.28
T-284	P-560	P-562	85.88	0.11	4.1	43	9.38
T-286	P-562	P-564	85.88	0.11	4.1	43	9.26
T-288	P-564	P-565	85.88	0.11	4.1	43	9.02
T-290	P-565	P-567	85.88	0.11	4.0	44	8.73
T-292	P-567	P-570	85.88	0.11	3.9	45	7.97
T-294	P-570	P-572	85.88	0.11	4.2	43	9.54
T-296	P-572	P-575	85.88	0.11	4.2	43	9.71
T-298	P-575	PD-1	101.94	0.17	2.8	67	3.12

3.4.6 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Como puede observarse en los datos presentados en la Tabla 3.14, la red de alcantarillado sanitario propuesta y diseñada a partir de la simulación en el software EPA SWMM 5.0 cumple con los criterios definidos por las Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras (ANDA 1998).

La red diseñada cuenta con un total de 140 tuberías, de estas solamente tres fueron diseñadas con un diámetro de 6", debido a que el caudal en esos tramos es mínimo ya que son tramos iniciales; utilizando diámetro de 8" para dichas tuberías no se cumplía con la velocidad mínima requerida para garantizar la autolimpieza de las mismas.

Al tratarse de pasajes peatonales, un diámetro de 6" puede utilizarse según Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras (ANDA 1998) sin ningún inconveniente.

Se utilizaron diámetros de 10" en un total de trece tuberías, ubicadas en el tramo final del colector primario, debido a que el caudal acumulado de toda la red hasta ese punto así lo requería para satisfacer los criterios de diseño. Las 124 tuberías restantes fueron diseñadas con diámetro mínimo de 8".

En cuanto a las velocidades de flujo en tuberías, el sistema funciona dentro de los límites establecidos como criterios básicos de diseño, ya que la velocidad mínima es de 0.5 m/s, mientras que la velocidad máxima alcanza los 4.2 m/s.

Por lo tanto, el rango de velocidades resultante de la simulación de la red diseñada es aceptable y las tuberías están diseñadas de acuerdo a lo exigido por la Normativa.

La pendiente mínima en algunos tramos de la red es inferior al 1%, sin embargo es mayor al 0.5% especificado para tramos no iniciales y material PVC, para el caso en particular de dichos tramos es admisible ya que la Normativa de ANDA lo permite, siempre y cuando cumpla con este criterio.

Otro criterio verificado en la red de alcantarillado diseñada es la capacidad en las tuberías, ya que la capacidad máxima a la que opera es del orden del 67%, inferior al límite del 80% establecido por la Normativa de Anda.

Como un resumen de los resultados obtenidos en el diseño y para una mejor visualización de cada uno de los criterios principales, se listan en la Tabla 3.15 los límites de operación del sistema de alcantarillado sanitario diseñado.

Tabla 3.15 RESUMEN VALORES LÍMITES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

PARÁMETRO	VALOR MÍNIMO		VALOR MÁXIMO	
Diámetro de Tubería	6"	Tubería T-236, T-270 y T-272 Pasajes peatonales Vivienda de interés social	10"	Colector Primario: Desde Tubería T-128 Hasta T-298
Velocidad	0.5 m/s	Tramos iniciales	4.2 m/s	Tubería T-294
Pendiente	0.53%	Tubería T-168 Tramo no inicial	18.77%	Tubería T-102
Capacidad	2%	Tubería T-232 Tramo inicial	67%	Tubería T-298 En el punto de descarga
Tirante	1 cm	Tramos iniciales	17 cm	Tubería T-298 En el punto de descarga
Profundidad de pozo	1.40 m	Tramos iniciales	4.50 m	P- 280 Pozo con caja de sostén
Distancia entre pozos	9.95 m	Entre P-225 Y P-227	97.18 m	Entre P-375 Y P-380
Longitud de tubería	10.09 m	Tubería T-98	97.44 m	Tubería T-174

Es importante enfatizar en el proceso de optimización del diseño en cuanto a la geometría de la red y profundidades de pozos, ya que este factor contribuye principalmente a la disminución de los costos del proyecto.

En las figuras a continuación se muestra de manera esquemática cada uno de los parámetros evaluados como criterios de diseño y su comportamiento a lo largo de la red de alcantarillado, simulada en el software.

Figura 3.23 PENDIENTE DE TUBERÍA EN LA RED

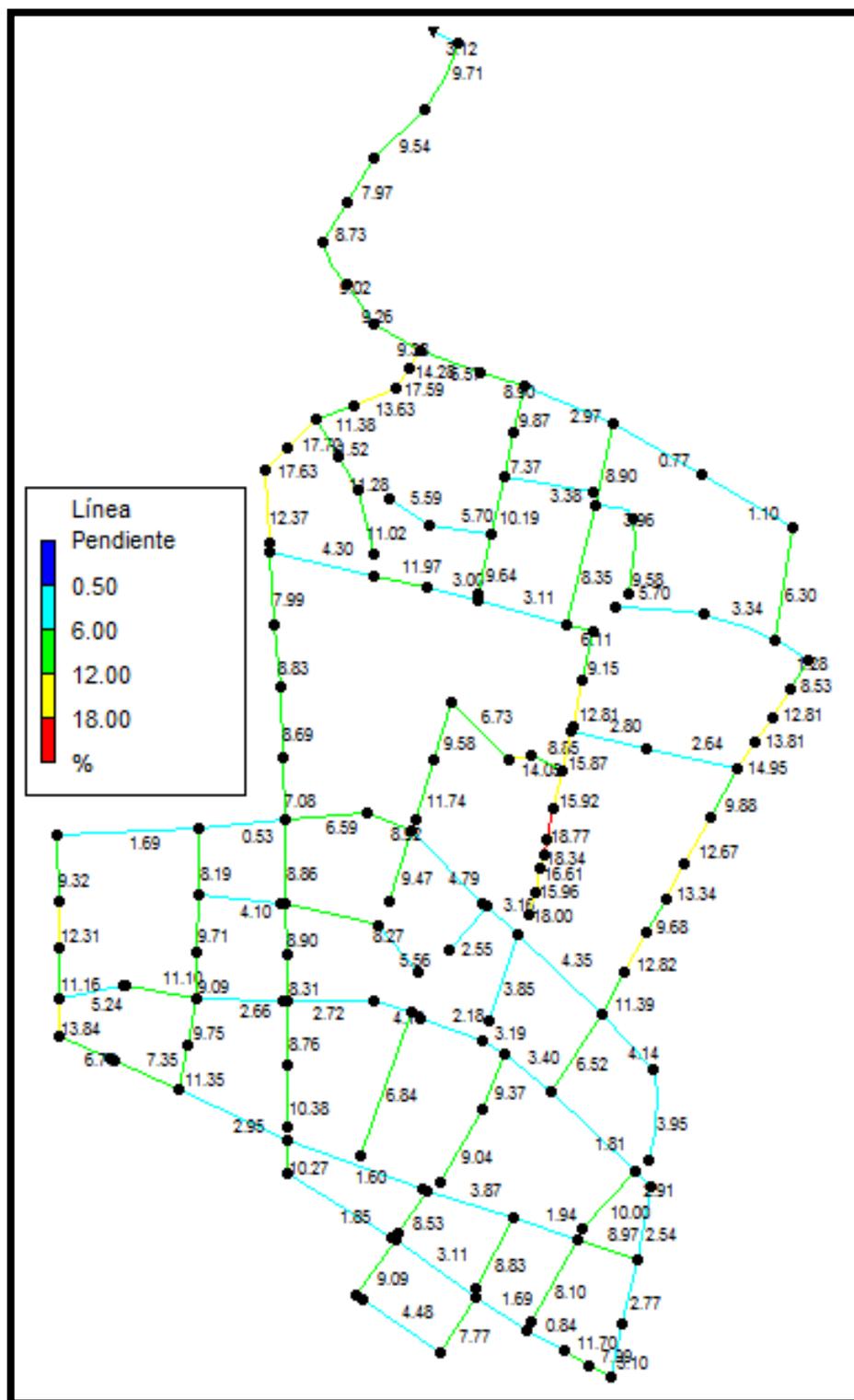


Figura 3.25 NIVEL DEL FLUJO POR TUBERÍA EN LA RED

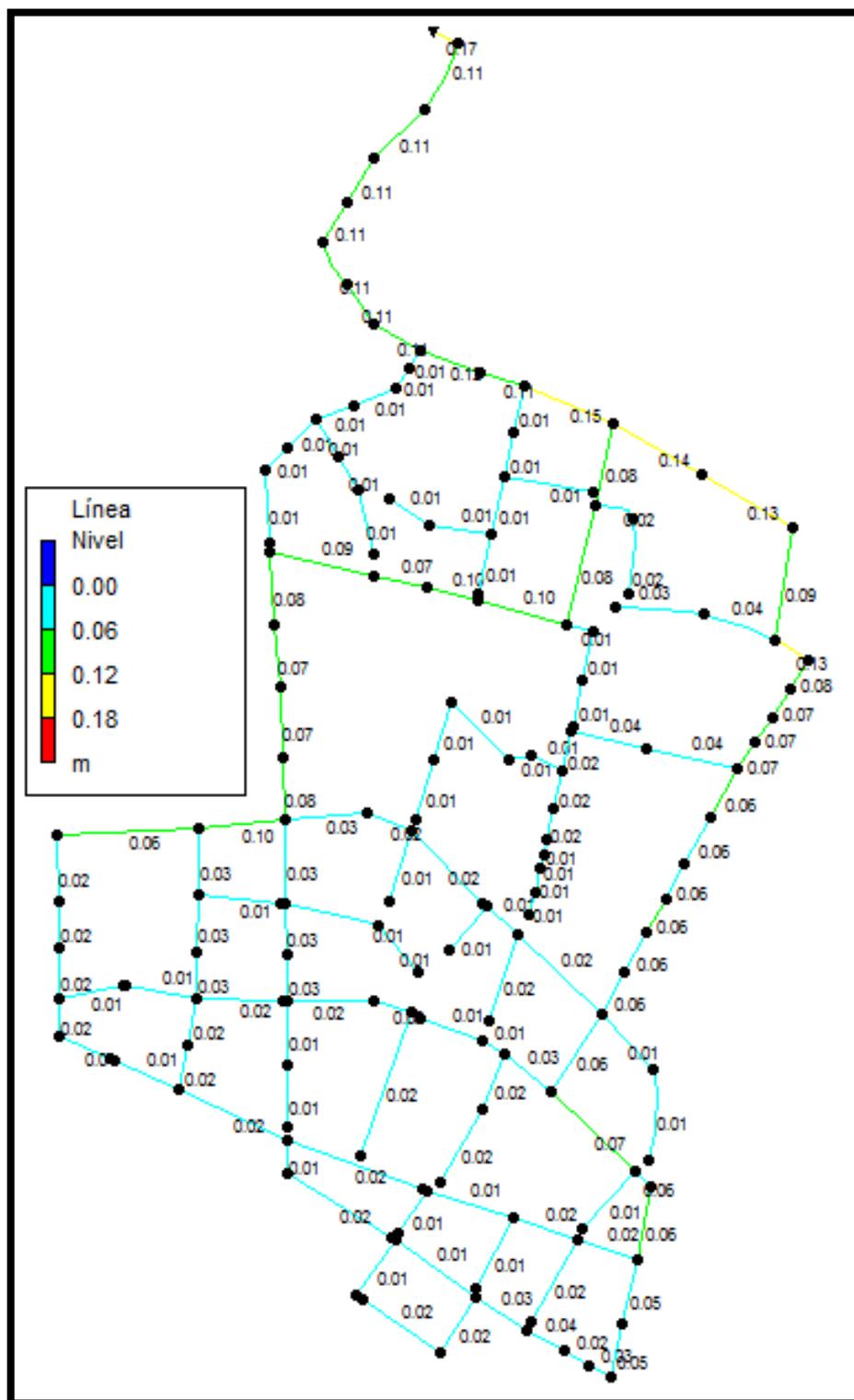


Figura 3.26 VELOCIDAD DEL FLUJO POR TUBERÍA EN LA RED

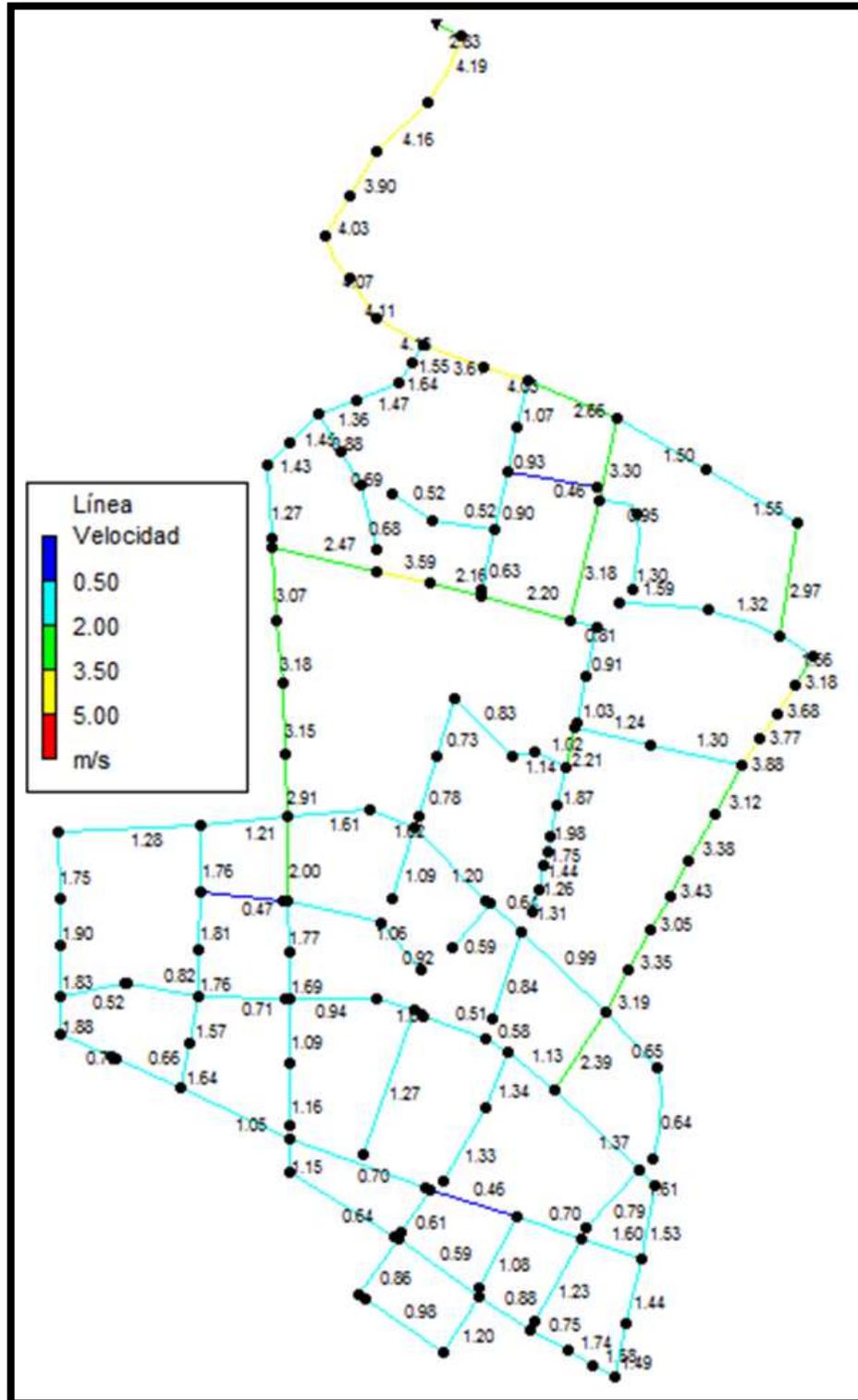
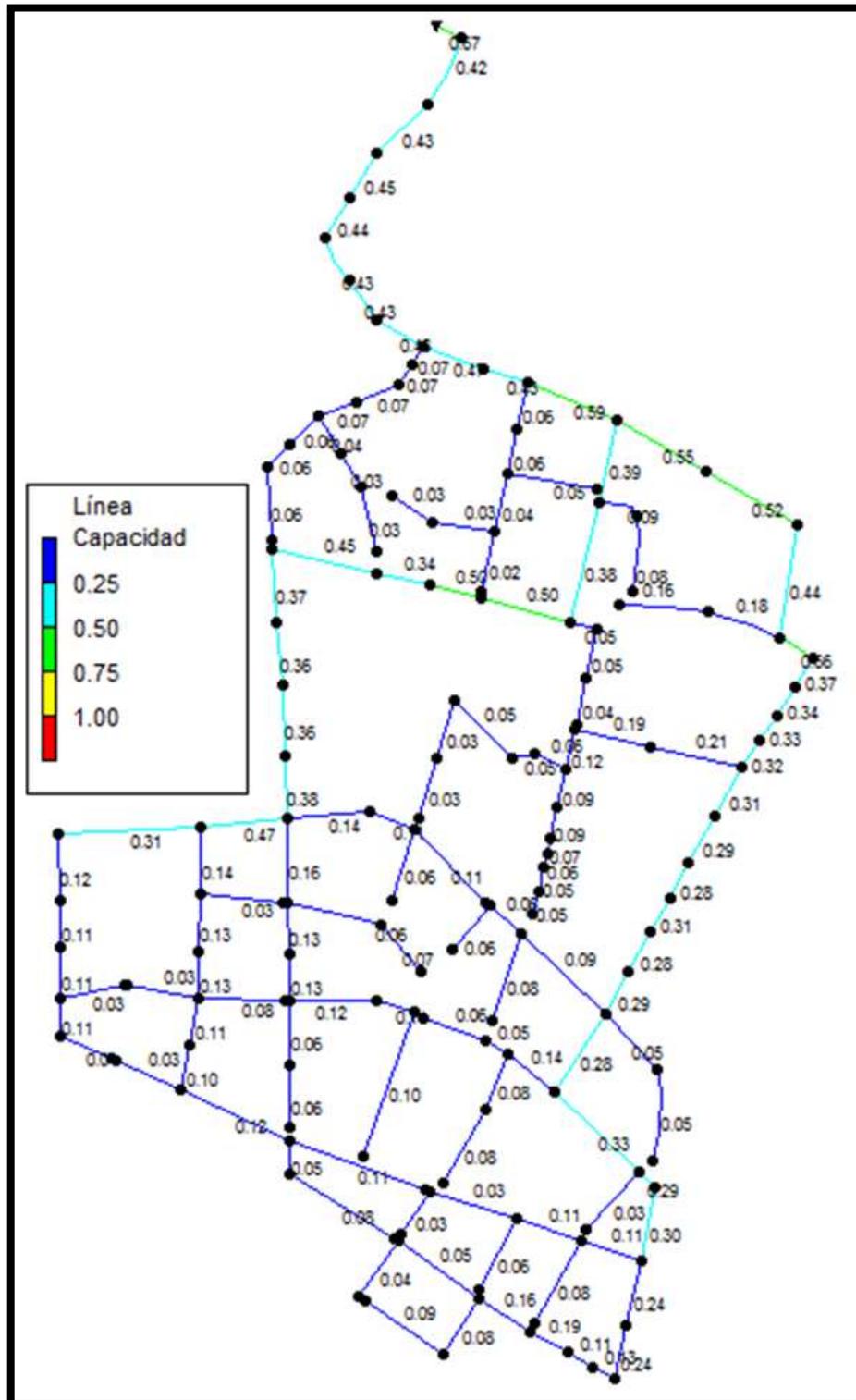


Figura 3.27 CAPACIDAD DE FUNCIONAMIENTO POR TUBERÍA EN LA RED



CAPÍTULO 4:

ESPECIFICACIONES

TÉCNICAS Y PRESUPUESTO

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1.1 OBRAS PRELIMINARES

4.1.1.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista suministrará los materiales y realizará por su cuenta y riesgo las construcciones e instalaciones provisionales para la debida conducción y ejecución de las obras tales como: bodega, oficinas, servicios sanitarios móviles, servicios de energía eléctrica, áreas de acopio de materiales, señalización de seguridad en las áreas de trabajo y en caso de ser necesario cercas protectoras.

De igual manera, el Contratista es responsable de proveer a los trabajadores las herramientas, maquinaria y el equipo de seguridad personal adecuado para desarrollar cada una de las actividades constructivas.

4.1.1.2 BODEGAS Y PATIOS DE ACOPIO

Incluye la construcción de bodegas para el almacenamiento provisional, conservación y protección de materiales y equipos que deban ser incorporados a la obra; así como la conformación de patios para el depósito de materiales a la intemperie debidamente delimitados y protegidos, con el objeto de evitar su contaminación y mezcla con otros materiales. Además debe haber áreas para el acopio de desechos sólidos.

Las bodegas serán del tamaño adecuado para el almacenamiento de materiales como acero, cemento, tuberías y cualquier otro material o equipo que por su naturaleza lo requiera, dispuestos de tal manera que no los afecte la humedad u otros elementos. La disposición de los materiales en bodega debe permitir una fácil inspección.

4.1.1.3 OFICINAS Y SERVICIOS SANITARIOS

El Contratista proveerá de una oficina para su personal técnico y para el personal de Supervisión, con un área que contenga los muebles, como mesa de dibujo, escritorio y estantería para guardar planos y documentos, etc. Éstas se construirán en el plantel cerca de la bodega. Los servicios sanitarios serán de arrendamiento (tipo portátil), debido a la modalidad del proyecto. Tales servicios serán proporcionados conforme y cuando el Supervisor lo disponga, y deberán ser regularmente aseados y desinfectados.

Deberán atenderse las disposiciones legales y normas mínimas locales. El equipo y mobiliario deberá considerarse que será recuperado por el Contratista por lo que su costo deberá calcularse en base al porcentaje de uso. El Contratista se coordinará con el Supervisor para la ubicación y distribución de la oficina.

4.1.1.4 VALLAS DE PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN

Se hará por medio de rótulos y señalizaciones que indicará a los conductores, peatones y a las visitas del proyecto, la conducta a seguir en cada una de las áreas de trabajo, indicando precaución y/o prohibición; estas serán colocadas en lugares visibles.

El Contratista hará y mantendrá los letreros según aquí se especifica. Los letreros serán de 1.50 x 2.00 m. La redacción y el tipo de los letreros serán según lo ordene el Supervisor, estos serán exigidos al principio de la construcción y se mantendrán durante el período de construcción. La ubicación de los letreros será según lo especifique el Supervisor.

4.1.1.5 MATERIALES

Como mínimo la construcción de la bodega y oficinas deberá ser a base de estructuras de madera, forrados con lámina galvanizada o fibrocemento; el piso podrá ser de suelo compactado o suelo cemento fluido. En el caso de bodegas, deberá de proveerse de las tarimas necesarias para el aislamiento de la humedad con los materiales.

Las bardas de protección serán de madera y cinta amarilla. Para los rótulos se usará lámina galvanizada u otro material resistente a los efectos de la intemperie.

4.1.1.6 SUMINISTRO PROVISIONAL DEL AGUA

En la obra se requerirá agua para mezclar, curar el concreto y morteros, para controlar el polvo, humedecer material para rellenos y para cualquier otro tipo de trabajo. El Contratista hará todos los arreglos necesarios para el suministro de agua; construirá y mantendrá todas las tuberías, llaves, tanques, mangueras, etc., requeridos para distribuir el agua, tanto para la construcción, y el consumo humano.

4.1.1.7 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

El Contratista hará sus propios arreglos para el abastecimiento de electricidad al sitio de las obras y de su plantel para los fines del Contrato. La energía consumida por el Contratista será sufragada por el mismo.

4.1.1.8 FORMA DE PAGO

Todas las instalaciones provisionales se deberán de contemplar en los costos indirectos.

4.1.2 TRAZO Y NIVELACIÓN

4.1.2.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista trazará las dimensiones de la construcción de acuerdo con las medidas y niveles expresados en los planos y establecerá las referencias planimétricas y altimétricas (bancos de marca), necesarias para plantear niveles

establecidos por los proyectistas, cuantas veces sea necesario. El Contratista será el responsable que el trabajo terminado quede conforme con los alineamientos, niveles, pendientes y referencias indicados en los planos o por alguna modificación dada por el Supervisor.

Antes de iniciar cualquier trabajo de terracería el Contratista deberá realizar el replanteo de la línea en planimetría y perfil, indicados en los planos y mostrará a la Supervisión el replanteo en campo de la línea para su aprobación. Deberá acatar las indicaciones que la Supervisión emita como resultado de la inspección, realizando las correcciones necesarias.

Basado en el replanteo de la línea, el Contratista verificará la rasante de la tubería de los planos de diseño y presentará los planos de trabajo o de ejecución al Supervisor para su aprobación. El Supervisor podrá ordenar al Contratista la realización de excavaciones exploratorias para la localización precisa de algún elemento enterrado que resultare decisivo para definir el eje a trazarse.

Habiéndose presentado y aprobado por la Supervisión la documentación relativa al replanteo de la línea, se podrán iniciar las excavaciones tomando en consideración que no se reconocerán anchos de zanja mayores a lo estipulado en el contrato ni se permitirán anchos menores. El Contratista puede efectuar el trazo desde el momento en que recibe la orden de inicio, pero no podrá

comenzar las excavaciones hasta que el Supervisor lo autorice, con su previa revisión y aprobación.

4.1.2.2 CONDICIONES

El trazo deberá ejecutarse con estación total o con el sistema que el supervisor determine.

4.1.2.3 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

El trazo y nivelación se medirá en metros lineales (ml) con aproximación al metro y en la proyección horizontal del trabajo.

El trazo y nivelación se pagara según el precio unitario estipulado en el contrato. El pago incluye todo el trabajo de investigación, inspección, localización de estructuras, levantamiento topográfico en planimetría y altimetría y lo requerido para que el trazo y nivelación quede a satisfacción del Supervisor. Las excavaciones exploratorias se pagan por aparte.

4.1.3 EXCAVACIÓN

4.1.3.1 ALCANCE DEL TRABAJO

Abarca todos los trabajos de excavación (excavación general a cielo abierto, zanjas, excavación para obras, etc.). Asimismo comprende la protección de las excavaciones, de todos los cortes y acabados de sus taludes en el caso dado, así como la preparación del fondo de las zanjas y excavaciones para terracerías

y la cimentación de las estructuras que posteriormente se van a construir en el lugar. Todas las excavaciones se deberán efectuar hasta los límites y niveles mostrados en los planos, definidos en la especificación o indicados por el Supervisor.

El Supervisor aprobará y autorizará las líneas de excavación mínimas suficientes para ejecutar las obras y hasta las cuales se autorizará implícitamente el pago para cada clase de material excavado. El Contratista no podrá excavar más allá de la línea indicada por el Supervisor. En caso de hacerlo el volumen sobre excavado no dará lugar a pago y si el Supervisor lo considera necesario, deberá rellenar el fondo o paredes con material seleccionado compactado, concreto u otro apropiado según lo ordene, todo a cuenta del Contratista.

El Contratista deberá tomar las medidas del caso y precauciones para conservar la excavación mientras se ejecuten las obras; se harán los entibados, soportes u obras que se requieran para evitar derrumbes de las paredes o la entrada de material extraño desde el exterior de la excavación.

4.1.3.2 EXCAVACIÓN PARA POZOS DE VISITA Y CAJAS

El procedimiento para la excavación será como lo estime conveniente el Contratista, éste tomará todas las precauciones como la colocación de barda de protección, conos y cintas de precaución para impedir el acceso de personas

ajenas a la obra durante el tiempo que no se trabaje; la boca de la excavación deberá permanecer tapada de manera que no permita el acceso accidental o premeditado de personas.

4.1.3.3 EXCAVACIÓN PARA TUBERIAS

El Contratista suministrará toda la mano de obra, materiales, herramientas, equipo y transporte necesarios para completar todos los procesos de excavaciones para los sistemas de tuberías mostrados en los planos o aquí especificados, o ambas cosas. Todas las excavaciones deberán efectuarse hasta los límites y niveles mostrados en los planos o en el presente documento o indicados por el supervisor.

El ancho de zanja deberá considerar los espacios mínimos de trabajo necesarios a ambos lados de la tubería y ser suficientemente amplio para permitir la ejecución de estos. Se recomienda que el ancho mínimo de la zanja sea 80 cm, esto para facilitar el movimiento del personal que instalará la tubería (Tabla 4.1). Para excavaciones con profundidades menores de 3 m, se recomiendan los siguientes anchos de zanja:

Tabla 4.1 ANCHOS MÍNIMOS DE ZANJA PARA SUELOS ESTABLES

DIÁMETRO NOMINAL		ZANJA SIN ADEMADO	ZANJA CON ADEMADO DE 0.30 m
Pulgadas	Mm	(m)	(m)
6	150	0.80	1.10
8	200	0.80	1.10
10	250	0.80	1.10

FUENTE: ANDA, Manual de Planificación de Alcantarillado 2009

El ancho máximo se establecerá en base a lo que indique la Supervisión de acuerdo a las condiciones del sitio. Se efectuarán sobre excavaciones cuando a juicio del supervisor sean estrictamente necesarias. Se deberá considerar el ademado de las paredes laterales de la zanja cuando las condiciones del suelo no garanticen la estabilidad de la pared y exista posibilidad de derrumbe. El diseño del ademado deberá ser realizado por personal especializado tomando en consideración las condiciones del suelo.

El material producto de la excavación deberá colocarse a un costado de la zanja, a una distancia no menor que 60 cm del borde y la altura del montículo no mayor de 1.25 m, para evitar que la carga produzca derrumbes en la zanja. Como regla general, no deben excavarse las zanjas con mucha anticipación a la colocación de la tubería.

4.1.3.4 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

Los volúmenes de la excavación se medirán por metro cubico (m^3) con aproximación a un decimal.

Para su determinación se considerara el perfil del terreno y la línea de corte (excavación) indicada en los planos autorizados por el Supervisor.

El pago se hará al precio unitario establecido en el Contrato; el precio incluye toda la mano de obra, equipos, materiales y trabajos ejecutados para efectuar y conservar los cortes de terracería de que trata esta especificación; incluirá

todas las obras que realice el Contratista para mantener las excavaciones libres o protegidas del agua, como cualquiera de las actividades que sea necesarias ejecutar para realizar satisfactoriamente el trabajo, el Contratista no podrá reajuste alguno por imprevistos en su estimación.

4.1.4 DESALOJO

4.1.4.1 ALCANCE DEL TRABAJO

Este trabajo consiste en el desalojo fuera de los terrenos de la construcción del material extraído de las excavaciones y que no pueda ser usado en otras partes de la construcción. El trabajo incluye el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipo y servicios necesarios para la ejecución completa y correcta de los trabajos.

4.1.4.2 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

Los volúmenes del material desalojado se medirán por metro cubico (m³) con aproximación a un decimal. Se considerará un factor de abundamiento de 1.3 al volumen de material excavado.

El pago se hará al precio unitario establecido en el Contrato; el precio incluye toda la mano de obra, equipos, materiales y trabajos ejecutados para efectuar el traslado de los volúmenes originados en los cortes de terracería.

4.1.5 MATERIALES

4.1.5.1 ACERO DE REFUERZO

Todo el acero corrugado de refuerzo deberá cumplir con la norma para varilla de refuerzo en concreto armado ASTM A615¹⁷, y tendrán un límite de fluencia $f_y=2800 \text{ Kg/cm}^2$ (Grado 40), valor que deberá verificarse con pruebas de tensión según dicha norma, tomando tres muestras de cada lote de diferentes diámetros. Se exceptúa el acero de refuerzo # 2 ($\varnothing \frac{1}{4}$ ") que será liso.

El acero de refuerzo deberá estar libre de defectos de manufactura y su calidad deberá estar garantizada por el fabricante y justificado por el Contratista, antes de su uso, por medio de pruebas realizadas en el material entregado a la obra. En el armado de todo miembro estructural no se permitirán barras de refuerzo cuyo diámetro nominal difiera del indicado en los planos en más del 5%.

4.1.5.2 AGREGADOS

La procedencia de los agregados, deberá mantenerse durante toda la construcción. Si fuere necesario cambiarla deberá someterse a la aprobación de la Supervisión y realizar un nuevo diseño de mezcla. La granulometría de los agregados deberá quedar siempre dentro de los límites indicados en la

¹⁷ ASTM A615 Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de

especificación ASTM C33¹⁸. Estos agregados se almacenarán y mantendrán de forma tal que impida la segregación y contaminación.

Cuando exista duda sobre la calidad de los agregados, el Contratista a través del Gerente de Control de Calidad estará en la obligación de presentar carta del laboratorio que practicó las pruebas a los materiales o de la pedrera o bancos de donde provienen éstos, para garantizar la calidad de los materiales a usar.

GRAVA

Se entenderá por agregado grueso a aquella parte de los agregados que no pasa la malla N° 04 (4.76 mm). El agregado grueso consistirá de piedra triturada de roca sana, compacta y cristalina en fragmentos duros, resistentes, sin escamas y exentos de polvo y materia orgánica; deberán estar de acuerdo con las normas aplicables (ASTM C73¹⁹). No se aceptará grava que presente aspecto laminar, debe estar libre de pizarra, lajas o piezas en descomposición.

Su tamaño máximo será determinado de acuerdo con las condiciones de los elementos estructurales, de tal manera que, en general, no sea mayor de 1 ½" ni mayor de 1/5 de la menor dimensión entre las paredes de la formaleta en la cual va a usar el concreto, ni mayor que 3/4 del mínimo espacio libre entre barras de refuerzo o paquetes de barras de refuerzo.

¹⁸ ASTM C33 Especificación Estándar para Agregados para Concreto

¹⁹ ASTM C73 Especificación Estándar para Ladrillo de Silicato de Calcio

ARENA

Comprenden los agregados que pasan la malla N° 4 (4.6 mm) y es retenido en la malla N° 200 (0.074 mm) de graduación. El agregado fino consistirá de arena natural constituida por partículas finas, sanas, limpias, resistentes y exentas de polvo, pómez, grasas, sales, álcalis, sustancias orgánicas y otras impurezas perjudiciales para el concreto, y será bien graduada. Su módulo de finura deberá estar entre 2.3 y 3.0.

La granulometría de los agregados finos quedará dentro de los límites indicados en la norma ASTM C33²⁰, no deberá contener más del 1.5% de arcilla, no menos del 85% deberá pasar por la malla de ¼", no más del 30% deberá pasar por la malla N° 50 y no más del 5% pasar por la malla N° 100. Deberán protegerse contra la lluvia, viento y contaminación con otros materiales.

4.1.5.3 AGUA DE MEZCLADO

El agua que se emplee debe ser limpia, clara y estar libre de sales, aceites, ácidos, álcalis, azúcar, vegetales, materia orgánica u otras sustancias deletéreas.

²⁰ ASTM C33 Especificación Estándar para Agregados para Concreto

4.1.5.4 CEMENTO

Todo el cemento debe ser tipo PÓRTLAND cumpliendo con las especificaciones ASTM C150²¹ tipo I o su equivalente bajo la norma ASTM C1157²² GU; con excepción del cemento utilizado para mampostería, el cual estará bajo la especificación ASTM C91²³.

Las diferentes marcas o clases de cemento deberán almacenarse separadamente. El Contratista deberá usar el cemento que tenga más tiempo de estar almacenado, antes de usar el almacenado recientemente. El cemento en sacos no se almacenará en pilas de más de diez sacos y se dispondrán en forma tal que permita el fácil acceso para la correcta inspección e identificación.

Deberá almacenarse de manera que la humedad y la edad no bajen su calidad. El cemento será entregado en la obra en su empaque original y será almacenado bajo techo sobre plataformas que se encuentren 15 cm por encima del suelo, asegurando protección contra la humedad. Se colocará plástico sobre la última y bajo la primera fila de bolsas de cemento. No se aceptará el cemento contenido en bolsas abiertas o rotas.

²¹ ASTM C150 Especificación Estándar para Cemento Portland

²² ASTM C1157 Especificación Estándar de Desempeño para Cemento Hidráulico

²³ ASTM C91 Especificación Estándar para Cemento de Mampostería

4.1.5.5 LADRILLO

Los ladrillos deberán ser sólidos, sanos, bien formados, de tamaño uniforme y sin grietas o escamas, deberán cumplir con las normas ASTM C62²⁴ y C67²⁵. Los ladrillos serán construidos a máquina o a mano, bien cocidos, de dimensiones 9x14x28 cm y resistencia a la ruptura por compresión igual o mayor de 70 kg/cm². Tendrán la misma apariencia y calidad de la muestra que el Contratista ha presentado a la Supervisión para su aceptación previa.

Los ladrillos a usarse deberán colocarse en las paredes previamente humedecidos y como se indica en los planos. Ladrillos rajados y alterados no se aceptarán para instalación. Las paredes de ladrillo se dejarán a plomo, alineadas correctamente, con filas de ladrillo a nivel. Todo el trabajo con relación a su colocación se deberá realizar por albañiles experimentados.

4.1.5.6 TUBERÍAS

Los planos constructivos indicarán el tipo de tubería, diámetro, pendiente y profundidad que se emplearán. Las tuberías serán de PVC estructural de doble pared, con accesorios del mismo material. Se utiliza dicho material por su versatilidad del transporte, almacenaje, instalación y por su resistencia a cargas, abrasión, agentes químicos y corrosivos. Los materiales que se

²⁴ ASTM C62 Especificación estándar para de ladrillo de construcción (unidades de mampostería sólida hecha de la arcilla o esquisto)

²⁵ ASTM C67 Métodos de prueba estándar para el muestreo y prueba de ladrillo y teja de arcilla estructural

empleen en la construcción de la obra serán nuevos, de primera calidad y de conformidad con las especificaciones técnicas.

La tubería y accesorios de PVC, para alcantarillado de 46 PSI de rigidez, deberán satisfacer la norma ASTM F949²⁶. El tipo de junta a utilizar debe ser del tipo junta rápida. Los accesorios soportarán una presión mínima de 10 kg/cm² de presión hidrostática.

4.1.5.7 TIERRA BLANCA

Los suelos adecuados o material selecto, deberán reservarse para su uso en los rellenos, acopiándolos en sitios protegidos de la lluvia y contaminación orgánica o arcillosa. La selección y control de calidad del material de relleno será avalada por un Laboratorio de Suelos y Materiales, que deberá ser contratado previo al inicio del proyecto por parte del Contratista.

4.1.5.8 SUELO CEMENTO

Se define al suelo cemento como un material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos y/o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material endurecido con propiedades mecánicas específicas. La mezcla de los componentes se hará con el cemento en seco y el suelo

²⁶ ASTM F949 Especificación estándar para poli (cloruro de vinilo) (PVC) tuberías de alcantarillado corrugado de interior suave y accesorios

adecuadamente húmedo para que se pueda obtener una mezcla homogénea, esta mezcla deberá realizarse en volumen suelto.

El material selecto será básicamente granular y procederá de bancos aprobados por el Supervisor. Se admitirán partículas de hasta 1", siempre que su cantidad no exceda de 5% en peso. El material selecto podrá provenir íntegramente de un banco natural o ser el resultado de una mezcla de materiales procedentes de distintos bancos.

El contenido de agua se elige para obtener mezclas de consistencia seca que permitan su compactación con un contenido de humedad de $\pm 2\%$ del óptimo obtenido de acuerdo al ensayo de referencia AASHTO T134²⁷. El contenido de cemento en peso suele ser del orden del 3% al 7% en peso de materiales secos. A largo plazo, su resistencia a compresión suele ser superior a 4 MPa, con una resistencia a la compresión mínima de 7 kg/cm² para rellenos a los 7 días de edad.

El Supervisor aprobará el banco propuesto por el Contratista, revisará el descapote necesario y la calidad del material explotable, antes de proceder a su colocación. Si en la excavación se encontrase material de la calidad necesaria, este podría usarse en la capa de revestimiento con la aprobación del Supervisor y si el Contratista repone el faltante en los rellenos con material aceptable.

²⁷ AASHTO T134 Método de ensayo estándar para relaciones de humedad – densidad para mezclas de suelo cemento

4.1.5.9 SUELO CEMENTO FLUIDO

Es la mezcla de suelo, cemento y agua (lodocreto), como material de relleno en las estructuras que no se pueda utilizar suelo cemento compactado por la estrechez de la excavación. Deberá poseer consistencia fluida, con una resistencia a la compresión mínima de 5 kg/cm² para rellenos en estructuras a los 7 días de edad, utilizada como una alternativa para rellenos compactados. Las pruebas muestro y revenimiento para dicho material se realizará según las especificaciones ASTM D5971²⁸ y ASTM D6103²⁹, respectivamente. Se usará suelo de un banco de material adecuado y de acuerdo a los requisitos de diseño, cemento y agua; la proporción será 1:20 dosificado por volumen.

4.1.6 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

4.1.6.1 ALCANCE DEL TRABAJO

Se refiere a la instalación de tubería de PVC para el proyecto, de acuerdo a diámetros, características y diseño mostrados en los planos. El tipo de junta a utilizar deberá ser del tipo de junta rápida.

²⁸ ASTM D5971, Práctica Estándar para Muestreo de Mezcla en Fresco de Materiales de Baja Resistencia Controlada

²⁹ ASTM D6103, Método de Ensayo Estándar de Consistencia de Flujo de Materiales de Baja Resistencia Controlada (CLSM)

4.1.6.2 COLOCACIÓN DE TUBERÍAS

Cada tubo deberá ser colocado al lado de la zanja, tan cerca como sea posible a su posición de colocación final, para minimizar el movimiento a lo largo de la ruta luego del alineamiento. Deberán ser transportados al lugar de la obra solamente hasta que se comiencen trabajos de excavación y así evitar que pase mucho tiempo expuesta al sol o a la intemperie.

4.1.6.3 COMPROBACIÓN DE RASANTE DE INSTALACIÓN

Antes de bajar la tubería al fondo de la zanja se debe comprobar la correcta ejecución del fondo de la zanja y deberá colocarse una cama de arena de 15 cm de espesor sobre la cual se asentará la tubería. Lo anterior es requerido para que se permita el apoyo del tubo en toda su longitud entre zanjas de uniones, que este posea la pendiente especificada y que no quede en contacto con grumos que pueden dañar su recubrimiento.

4.1.6.4 VERIFICACIÓN DE DAÑOS A LA TUBERÍA

Antes de ser bajadas al fondo de la zanja, el Supervisor comprobará los posibles daños de tubería y accesorios, originados durante su manejo. Para la tubería de PVC se debe revisar que no tenga grietas debidas a golpes en sus extremos y parte intermedia u otro tipo de daño que pueda afectar su buen funcionamiento. No será permitido dejar caer el tubo al fondo de la zanja; si esto ocurre, el tubo deberá ser extraído y cuidadosamente inspeccionado.

4.1.6.5 ACOPLA DE TUBOS

Antes de unirse, las tuberías deberán limpiarse del lodo, terrones, piedras y otros objetos que puedan haber entrado. Los montajes de las juntas, deberán ser efectuados siguiendo metódicamente las especificaciones del fabricante. Cuando el trabajo sea interrumpido por cualquier período, los extremos abiertos de las secciones de tubería y tuberías colocadas en las zanjas deberán cerrarse por medio de tapones, para evitar la entrada de suciedad o animales.

4.1.6.6 DEFLEXIONES EN JUNTAS O ACOPLA

Para juntas rápidas, los tubos y piezas de acople deben ser enfundados respetando un alineamiento estricto. Cuando la colocación tenga que hacerse siguiendo una curva de gran radio, el desvío angular de cada deflexión deberá ser realizado con las curvas y deflexiones que recomiende el fabricante. No se admitirá el calentamiento de la tubería para lograr estas deflexiones.

4.1.6.7 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La instalación de tubería se pagará por cada metro lineal (ml) de tubería debidamente instalada, al precio de contrato aplicable para cada diámetro.

El precio de instalación debe considerar el suministro de materiales, toda la mano de obra, equipos, herramientas, transporte desde los sitios de entrega hasta el punto de instalación y todo lo necesario para la realización de esta actividad.

4.1.7 RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL

4.1.7.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista suministrará toda la mano de obra, materiales, herramientas, equipo y transporte necesarios para realizar todos los procesos de compactaciones mostrados en los planos o aquí especificados, o ambas cosas. El material para los rellenos deberá cumplir con las especificaciones descritas en el apartado 4.1.5.7 y con la autorización de la Supervisión, previo pruebas del Laboratorio.

4.1.7.2 COMPACTACION EN ZANJAS

Antes de realizar las pruebas de las tuberías, se hará la compactación manualmente (usando pisón) hasta una altura de 30 cm sobre la corona del tubo. Luego de realizar las pruebas se compactarán a máquina (rodo o bailarina), en capas uniformes y sucesivas de espesor, en estado suelto, no mayor de 20 cm, debiendo alcanzar un grado de compactación entre el 90% y el 95% con respecto a la densidad obtenida con estándar AASHTO T180³⁰. Se realizaran pruebas por cada capa compactada o cuantas veces lo requiera el Supervisor, aplicable en zonas de carga vehicular.

El contenido óptimo de humedad de los diferentes materiales para alcanzar la densidad requerida, será el indicado por la Supervisión con base a las pruebas

³⁰ AASHTO T 180 Ensayo de compactación Proctor modificado

de laboratorios; será responsabilidad del Contratista determinar si la humedad del material, al momento de su compactación, sea la adecuada.

4.1.7.3 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

El volumen de los rellenos debidamente compactados se medirá por metros cúbicos (m³) con aproximación de un decimal. Para su determinación se deberá considerar el perfil del terreno después de la terracería o excavación, hasta el perfil final de los terraplenes indicados en los planos, en las especificaciones o autorizado por el Supervisor. No se consideraran factores de expansión. El volumen computado del material colocado y debidamente compactado en todo relleno será igual al volumen de diseño.

Se pagará al precio unitario establecido en el Contrato por metro cúbico (m³) de relleno debidamente compactado. Este incluye todos los gastos por equipo, mano de obra, materiales de relleno, control de agua y demás gastos en que el Contratista incurra para la realización de los rellenos de acuerdo con las especificaciones y planos del proyecto a entera satisfacción del Supervisor.

4.1.8 RELLENO COMPACTADO CON SUELO CEMENTO

4.1.8.1 ALCANCE DEL TRABAJO

Para base de carreteras y en lugares donde la Supervisión lo exija. Esta partida incluye el suministro de los materiales (suelo selecto, cemento, agua, etc.) y la construcción de una base de revestimiento de suelo cemento proporción 1:20

en capas de un espesor de 20 cm ya compactado sobre la sub-base terminada en la vía o carretera y zonas específicas. El Supervisor controlara la calidad de los materiales para la elaboración del suelo cemento, en base en lo establecido en el apartado 4.1.5.8.

El equipo para la mezcla de suelo con cemento a utilizar serán palas, mini cargador o retro excavadora, hasta alcanzar una homogenización uniforme, para la humedad óptima deberá utilizarse cualquier medio mecánico o manual y para la compactación consistirá en bailarina o rodo. La compactación se hará con pasadas cuidadosas de la bailarina o rodó respectivamente hasta lograr una superficie tersa y un grado de compactación de 90% a 95% de la densidad máxima determinada y compactada según la prueba AASHTO T134³¹.

4.1.8.2 CONDICIONES

No se deberá proceder a efectuar ningún relleno sin antes obtener la aprobación por escrito del Supervisor, pues en caso contrario, este podrá ordenar la total extracción del material utilizado en rellenos no aprobados, sin que el Contratista tenga derecho a ninguna retribución por la obra ejecutada sin aprobación.

³¹ AASHTO T134 Método de ensayo estándar para relaciones de humedad – densidad para mezclas de suelo cemento

4.1.8.3 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

El volumen de suelo cemento compactado se medirá por metros cúbicos (m³) con aproximación de un decimal.

Se pagará según lo especifique el plan de oferta y será por metro cúbico (m³) debidamente compactado. Su precio incluirá el suministro del cemento y la tierra blanca en el lugar de la obra, la mano de obra por la revoltura, mezclado y compactado.

4.1.9 CONCRETO

4.1.9.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista proporcionará al Laboratorio de Mecánica de Suelos treinta días antes de colocar el concreto las muestras que éste solicite para que le sea aprobado el diseño de la mezcla. Cualquier cambio que el Contratista quiera introducir en la dosificación durante el proceso de la construcción deberá ser autorizado por el Laboratorio.

4.1.9.2 MATERIALES

Deben cumplir con lo establecido en las especificaciones de los apartados 4.1.5.2, 4.1.5.3 y 4.1.5.4

4.1.9.3 PRODUCCIÓN

Si el concreto va a ser producido en el sitio, los materiales serán mezclados en concreteiras en perfecto estado de funcionamiento, capaces de proporcionar una masa uniforme y descargarla sin una segregación perjudicial. La concreteira se hará girar a la velocidad recomendada por el fabricante y el tiempo de mezclado será de por lo menos 1.5 minutos para volúmenes de un metro cúbico (1 m^3) o menores.

Este tiempo se incrementará en 20 segundos por cada metro cúbico (m^3) o fracción en exceso del metro cúbico (m^3). El tiempo de mezclado se podrá prolongar hasta un máximo de 4 minutos cuando las operaciones de carga y mezclado no produzcan la uniformidad de composición y consistencia requerida para el concreto. Las mezcladoras no se cargarán en exceso, ni se les dará velocidad mayor que la que recomiendan los fabricantes. El concreto se preparará siguiendo las propiedades de diseño de las mezclas, a manera de obtener la resistencia especificada con su adecuación al campo.

Las mezclas obtenidas deberán ser plásticas y uniformes con un revenimiento que esté de acuerdo al tipo de elemento a colar, entre los 7.5 y 10 cm. (de 3 a 4 pulgadas). No se deberá, por ningún motivo, agregar más agua de la especificada, sin autorización del Supervisor. No se permitirá hacer sobre mezclados excesivos que necesiten mayor cantidad de agua para presentar la consistencia requerida, ni se admitirá el uso de mezclas retempladas.

El concreto endurecido será rechazado cuando hayan transcurrido más de 90 minutos después de su elaboración y su manejo será acumularlo en los espacios de acopio temporal del proyecto, para su posterior desalojo y disposición en un sitio autorizado por la Municipalidad respectiva o el Ministerio de Obras Públicas. Si alguna mezcladora llegara a producir resultados insatisfactorios, se dejará de usar inmediatamente, hasta que se repare o se sustituya por otra.

4.1.9.4 PREPARACIÓN DE LA FUNDACIÓN ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO.

Antes de comenzar a colocar al concreto, todas las superficies que quedaran en contacto con el deberán limpiarse y humedecerse bien. No se aceptará el colocado de concretos sobre superficies que no hayan sido aprobadas por el Supervisor.

4.1.9.5 COLOCACIÓN DEL CONCRETO

El concreto deberá colocarse sobre superficies que estén preparadas para recibirlo. El concreto deberá ser colocado solamente en presencia del Supervisor, excepto cuando se haya extendido un permiso por escrito para colocar concreto en su ausencia.

El concreto debe ser depositado muy cuidadosamente para evitar segregaciones y no se le permitirá caer más de 1.5 m en caída libre. Cuando se

usen carros o canaletas, se deberán mantener limpios y usarse en tal forma que se evite la segregación. Cada obra debe planearse cuidadosamente, y se dispondrá de un número adecuado de vibradores de capacidad suficiente para mantener la máxima rapidez de vibrado del concreto.

Cuando se inicie el colado de una sección, deberá efectuarse en forma continua y no debe interrumpirse hasta encontrar una junta de construcción apropiada. Durante la colocación, la temperatura del concreto se deberá mantener tan baja como sea posible a fin de evitar los efectos nocivos del calor sobre la calidad del concreto. No se podrá efectuar colados cuando la temperatura ambiental está muy alta o cuando la temperatura de colocación del concreto exceda los 32°C (90°F).

4.1.9.6 CURADO DEL CONCRETO

El concreto recién colado deberá mantenerse constantemente húmedo y protegerse de daño por fluctuaciones de temperatura en la superficie, del sol y del viento hasta que haya fraguado adecuadamente. También se tomarán medidas preventivas para que el fraguado no sea acelerado, cubriéndolo con sacos húmedos o con cualquier otro material que pueda mantenerse húmedo permanentemente por lo menos durante 14 días después del colado. Aún después de haberse cumplido el periodo mínimo de curado, se deberá tener cuidado de evitar que el concreto sufra un secado excesivo.

4.1.9.7 PRUEBAS DEL CONCRETO

Todos los ensayos del concreto prescritos en este apartado o en cualquier otra parte de estas especificaciones, deberán ser realizados en un laboratorio reconocido y previamente aprobado por el Supervisor.

Se deberán efectuar pruebas de revenimiento, según la especificación ASTM C143³², que permitan asegurar que el concreto es trabajable para su colocación. Las pruebas de resistencia a la compresión se llevarán a cabo de acuerdo con la norma ASTM C39³³. Deberán tomarse muestras para pruebas por cada colado y los ensayos deben ser hechos como y cuando lo indique el Supervisor.

El Contratista debe costear los gastos de transporte y pagar por todos los gastos en que incurra para tales ensayos, no importando el resultado de la prueba. Los ensayos rutinarios serán los de resistencia a la compresión, para lo cual se obtendrán tres muestras que se probarán uno a los 7 días y los restantes a los 28 días.

El Supervisor considerará si el concreto en la obra, representado por cualquier muestra cuya resistencia resulte más baja de la especificada, es aceptable o

³² ASTM C143, Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Revenimiento en el Concreto a Base de Cemento Hidráulico

³³ ASTM C39, Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

no. En caso no sea aceptada, el Contratista deberá demoler o remover la estructura cuyo concreto no alcanzo la resistencia de diseño.

El costo total por mano de obra, equipo, transportes y herramientas que involucren las pruebas del concreto deberán ser incluidas en el precio unitario de estas pruebas.

4.1.9.8 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La unidad de medida para el pago de concretos será el metro cúbico (m^3) con una cifra decimal. Para la medida se consideraran las dimensiones reales de las estructuras. No se computarán volúmenes de concreto que no hayan sido ordenados por el Supervisor.

Se pagara el precio unitario establecido en el Contrato por metro cúbico de concreto (m^3) debidamente colocado. Dicho precio incluye toda la mano de obra, equipo, materiales, transporte, formaletas, aditivos, suministros de agua, control del agua durante la construcción, curado y demás actividades o trabajos que el Contratista efectuó y gastos en que incurra para la ejecución de cada metro cúbico de concreto.

4.1.10 MORTEROS

4.1.10.1 ALCANCE DEL TRABAJO

Incluye la descripción de los materiales para la elaboración de los morteros a utilizar en el proyecto, con sus características principales y proporciones a utilizar dependiendo de su uso, así como también la forma de elaborarlos y los requisitos que debe cumplir.

4.1.10.2 MATERIALES Y PROPORCIONES DE LOS MORTEROS

Los materiales a usarse en los morteros llenarán los siguientes requisitos:

- Cemento para mampostería, según especificaciones ASTM C91³⁴ (Apartado 4.1.5.4).
- Cemento para repello y afinado, según especificaciones ASTM C150³⁵ tipo I o su equivalente bajo la norma ASTM C1157³⁶ GU (Apartado 4.1.5.4).
- Arena (agregado fino) conforme ASTM C144³⁷ y ASTM C40³⁸ (Apartado 4.1.5.2).
- Agua (Apartado 4.1.5.3).

³⁴ ASTM C91 Especificación Estándar para Cemento de Mampostería

³⁵ ASTM C150 Especificación Estándar para Cemento Portland

³⁶ ASTM C1157 Especificación Estándar de Desempeño para Cemento Hidráulico

³⁷ ASTM C144 Especificación Estándar para Agregados para Morteros de Albañilería

³⁸ ASTM C40 Método de Ensayo Estándar para la Detección de Impurezas Orgánicas en Agregados Finos para Concreto

4.1.10.3 PROPORCIONES

Los morteros tendrán las siguientes proporciones en volumen y según el uso que se le dará:

Tabla 4.2 PROPORCIONES DE MORTERO SEGÚN SU USO

TIPO DE USO	PROPORCIÓN
Mampostería de piedra	1:4
Mampostería de ladrillo de barro	1:3
Repellos	1:3
Afinados	1:1
Pulidos	Pasta de cemento

FUENTE: UES, Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Turín, Departamento de Ahuachapán 2005

4.1.10.4 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

El mortero deberá mezclarse sólo en las cantidades necesarias para uso inmediato y en un período máximo de 90 minutos a partir del instante en que se le agregue el agua; después de este período será descartado. No se permitirá el retemplado del mortero, ni batir la mezcla en el suelo de tierra por ningún motivo. Se aplicará en forma continua para no dejar juntas y se harán en las superficies indicadas en los planos.

Los afinados se harán utilizando llana de metal o madera, seguido de un alisado con esponja; para poder efectuar el afinado la pared debe estar bien repellada y mojada hasta la saturación, además deben estar libre de grietas, fisuras,

cortaduras, manchas y sopladuras en el repello. Antes de afinar las paredes deberán estar saturadas de agua, limpias de polvo, aceite, o cualquier otro elemento extraño. Una vez efectuados los afinados, éstos se mantendrán húmedos por medio de rociado de agua constante por un mínimo de 3 días, estos gastos se incluyen en el precio unitario contratado.

Los repellos al estar terminados, deben quedar nítidos, limpios, sin manchas, parejos, a plomo, sin grietas, o irregularidades. Cualquier cantidad de mezcla que no esté de acuerdo con la condición apuntada no será aprobada, y no podrá ocuparse en la obra.

4.1.10.5 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La forma de pago será en metros cuadrados (m²).

4.1.11 ACERO DE REFUERZO

4.1.11.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El Contratista suministrará y colocará todo el acero de refuerzo como está especificado en esta sección o mostrado en los planos. Todo el trabajo se hará de acuerdo con el código del ACI-318³⁹, a menos que se especifique o detalle en otra forma. Se incluye también los amarres, separadores y otros accesorios para soportar y espaciar el acero de refuerzo.

³⁹ ACI 318 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural

4.1.11.2 ALMACENAJE

Inmediatamente después de ser entregado el acero de refuerzo será clasificado por tamaño, forma, longitud o por su uso final. Se almacenará en estantes que no toquen el suelo y se protegerá en todo momento de la intemperie.

4.1.11.3 PRUEBAS DEL ACERO DE REFUERZO

De cada lote de diferente diámetro del acero de refuerzo entregado en la obra, se tomarán tres probetas, proporcionadas por cuenta del Contratista, para ser sometidas a pruebas para acero de refuerzo según especificación ASTM A370⁴⁰.

4.1.11.4 DOBLADO

Todas las barras deberán ser rectas, excepto donde se indique en los planos; los dobleces se harán en frío, sin excepción. El doblado de las barras de refuerzo deberá hacerse cumpliendo con las especificaciones ACI 318⁴¹.

4.1.11.5 ESTRIBOS

Se construirán estrictamente en la forma en que están indicados en los planos. No se permitirá calentar las barras antes de doblarlas para formar los estribos; deberán utilizarse herramientas especiales que no dañen el acero.

⁴⁰ ASTM A370 Ensayos de Tracción y Flexión para Varillas de Alta Resistencia

⁴¹ ACI 318 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural

4.1.11.6 LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DEL REFUERZO

Deberá estar limpio de cualquier elemento extraño que pudiera reducir la adherencia con el concreto; en caso contrario, el acero deberá limpiarse. Por ningún motivo, una vez aprobada la posición del refuerzo, se permitirá la colocación de cargas y el paso de operarios sobre los amarres, pues éstos se deforman o pierden la posición correcta en que fueron colocados y aprobados.

4.1.11.7 COLOCACIÓN DEL REFUERZO

El Contratista cortará, doblará y colocará todo el acero de refuerzo, de acuerdo con lo que indiquen los planos y especificaciones o como ordene la Supervisión. Todo el refuerzo deberá estar libre de recubrimientos que pueda reducir su adherencia con el concreto. Deberá asegurarse la posición correcta del refuerzo y evitarse su desplazamiento durante el colado mediante elementos diversos.

4.1.12 ENCONFRADOS

4.1.12.1 ALCANCE DEL TRABAJO

Comprende el suministro de mano de obra, materiales y equipo para la ejecución de las operaciones necesarias en la construcción de los moldes requeridos según la forma, dimensiones y acabados de los diferentes elementos de concreto armado y simple, de acuerdo a lo indicado en los planos. El diseño y la seguridad de los encofrados serán de responsabilidad única del Contratista.

Podrán usarse encofrados de madera, los cuales serán diseñados y construidos con suficiente resistencia para soportar el concreto y las cargas de trabajo, sin dar lugar a desplazamientos después de su colocación y para lograr la seguridad de los trabajadores. Los encofrados deberán ser firmes y bien ajustados a fin de evitar escurrimientos y en tal forma que permanezcan alineados sin deformarse ni pandearse.

Se deben revisar planos de taller para encofrados antes de su autorización, preferiblemente con un diseño que garantice la resistencia estructural de los mismos. Una vez instalados se debe verificar que sus dimensiones coincidan con la sección transversal de los elementos de concreto y que estén limpios interiormente. Se deberá verificar la hermeticidad de los moldes antes de autorizar el colado.

4.1.12.2 DESENCOFRADO

El Contratista será el único responsable por el desencofrado de las estructuras. No podrá por ningún motivo, cargar las estructuras desencofradas con cargas accidentales superiores a las cargas asumidas en el diseño. Para facilitar el curado de los concretos y para permitir las reparaciones de las imperfecciones de las superficies, se retirarán los encofrados tan pronto como el concreto haya fraguado lo suficiente para evitar daños durante el retiro de las mismas.

En el desencofrado la atención de la Supervisión debe centrarse en la observación de daños en el concreto, tales como colmenas y segregación. No debe permitirse ningún resane sin la aprobación escrita del supervisor. En caso de daños importantes deben aplicarse los criterios que al respecto establezcan las especificaciones técnicas.

4.1.12.3 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La forma de pago de los encofrados será por unidad (u), o por metro lineal (ml), según sea especificado.

4.1.13 POZOS

4.1.13.1 ALCANCE DEL TRABAJO

En este ítem está incluida la construcción de la base, cilindro y cono de todos los pozos de visita. El Contratista proveerá materiales, mano de obra, transporte, equipo y servicios necesarios para ejecutar las obras que indiquen los planos y especificaciones.

Todos los pozos serán construidos con ladrillos de obra, tanto el cilindro como el cono, repellado y pulido, garantizando que no tendrán filtraciones de agua. La tapadera de los pozos será de hierro fundido con anillo de metal. No será permitido el sustituir el tipo de tapadera por otra de concreto armado. Se describen a continuación los tipos de pozo utilizados.

4.1.13.2 POZO SIN REFUERZO

El pozo sin refuerzo se utilizará, sin importar el diámetro de las tuberías a conectar, para profundidades menores de 5.0 m. El diámetro interno de los pozos sin refuerzo será de 1.10 m. La base del pozo será construida en mampostería de piedra con espesor de 0.40 m, mientras que el cilindro principal y el cono serán construidos en mampostería de ladrillo.

4.1.13.3 POZO CON CAJA DE SOSTÉN

Se construirán cajas de sostén en todos los pozos de visita siempre que el desnivel entre cualquier tubería de entrada y el fondo del pozo exceda de 1.0 m.

4.1.13.4 PROCEDIMIENTO DE EJECUCION

La fundación debe tener un espesor de 0.40 m y está hecha de piedra zulaqueada con un mortero arena-cemento de relación 1:4 y tendrá 10 cm de concreto simple con una resistencia de 180 kg/ cm².

Previamente a su colocación, los ladrillos deberán saturarse con agua, por lo menos 2 horas antes de su uso. El mortero al ser colocado deberá repartirse de tal manera que al asentar sobre el ladrillo, la junta o sisa resulte homogénea y de espesor uniforme; las sisas no deben exceder de 1.5 cm, ni ser menores de ½ cm.

Las hiladas de ladrillo deberán ser construidas a plomo equidistante y a nivel. En las paredes de los pozos deberán colocarse los ladrillos en forma de trinchera y las juntas verticales deberán construirse a plomo y las horizontales a nivel a menos que el proyecto indique otra cosa. En los elementos de ladrillo de barro, la solera de coronamiento se encofrará 24 horas después de que haya sido colocada la última hilada.

El mortero de pega a utilizar será con una proporción de 1:3, además las paredes interiores llevarán un repello de 2 cm de espesor y la proporción de este repello será de 1:3, además deberán ser afinadas con una mezcla de proporción 1:1 (Tabla 4.2). Se colocaran estribos de hierro de 5/8" de diámetro en forma de escalera para habilitar el acceso en caso de cualquier inspección.

Los pozos de visita deberán cumplir con las pruebas de infiltración y estanqueidad que efectuara la Supervisión del proyecto. Todas las superficies deberán ser humedecidas antes de recibir el repello y será curado durante un periodo de tres días continuos.

4.1.13.5 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La medición y forma de pago para los pozos de visita, será por metro lineal (ml) el cilindro y las escaleras de acceso para inspección, y por unidad (u) el cono y tapadera.

Se pagará el número de metros (ml) medidos y número de conos y tapaderas (u) al precio de contrato aplicable. Dicho precio incluye la compensación por el suministro de todos los materiales, mortero, colocación, así como la mano de obra calificada y no calificada, equipo, herramientas, obras de protección y requeridas para su ejecución y otros gastos que involucre dicha partida.

4.1.14 PRUEBA DE ESTANQUEIDAD EN TUBERÍAS Y POZOS

4.1.14.1 ALCANCE DE TRABAJO

El ensayo de estanqueidad se fundamenta en el llenado con agua de las tuberías de un sistema de alcantarillado, sometiéndola a una presión dada, para determinar la pérdida del agua, con el objetivo de establecer su aceptabilidad. La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), comprobará la correcta instalación y estanqueidad de la tubería, juntas, derivaciones y demás accesorios instalados.

Se aplica al conjunto una presión hidrostática mínima equivalente a la carga que genera el pozo de mayor nivel con una carga de un metro de profundidad de agua (1.0 m), para lo cual deberá estar taponado el inferior y así sucesivamente ir probando los diferentes tramos que componen el proyecto. Durante la prueba, todas las instalaciones sometidas a ella, deberán estar visibles, a excepción de los tramos lisos (sin juntas, derivaciones o accesorios)

de la tubería, los cuales deberán tener el relleno inicial (los primeros 30 cm) con el objeto de darle firmeza al conjunto.

4.1.14.2 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Las tuberías de aguas negras deberán de probarse a tubo lleno, utilizando para ello tapones especiales para estos casos, en todas las salidas. Se deberá llenar de agua desde el punto más elevado de las tuberías y la prueba deberá tener una duración de 24 horas, debiendo efectuarse en la siguiente forma:

1. Se medirá el agua que se use para la prueba.
2. Se tapara la tubería por donde se inyecte el agua para evitar la introducción de elementos extraños a la prueba.
3. Se revisaran visualmente las tuberías para cerciorarse que no existen fugas.
4. A las 24 horas se verificará la cantidad de agua que se utilizó, la cual no podrá ser menor del 98% de la utilización inicial, ya que en este caso, deberá revisarse minuciosamente toda la tubería, para eliminar posibles fugas, debiendo efectuar nuevamente la prueba en las mismas condiciones que en la primera ocasión, hasta comprobar que no existen fugas.
5. Deberá desairarse cada una de las mechas o derivaciones que están taponeadas, para lo cual se recomienda perforar con un clavo en el tapón y luego tapar con el mismo clavo o cemento solvente. El pozo

aguas arriba tiene que estar completamente terminado, resanado y descubierto en su periferia para efectos de detectar cualquier humedad o fuga.

4.1.14.3 TRABAJO INCLUIDO

Las pruebas se harán en condiciones tales que permitan efectivamente examinar los tramos de cañerías y particularmente las juntas, salvo que el Supervisor autorice relleno completo con examen por medios indirectos. El Contratista proporcionará y colocará los tapones, conexiones de alimentación, bombas, manómetros, apoyos y macizos de anclaje provisionales en los extremos de cada tramo, necesarios para efectuar las pruebas en las condiciones descritas, así como cualquier accesorio especial requerido para la realización de las pruebas.

El agua necesaria para las pruebas será suministrada por el Contratista. El punto de entrega será definido por éste, atendiendo la disponibilidad en red existente en cercanías a sitios de Pruebas de Tuberías. El Supervisor vigilará el buen uso y reutilización del agua suministrada.

En caso que la primera prueba fallase por descuido o negligencia del Contratista, los subsiguientes acarreos de agua serán a cuenta del Contratista. Una vez utilizada el agua para probar un tramo, no podrá ser desechada, salvo autorización por escrita del Supervisor, debiendo el Contratista proveer un

sistema adecuado para vaciarla al siguiente tramo, evitando por todos los medios necesarios que en su vaciado pueda caer parte de ella en la zanja.

Durante el período de prueba se revisarán las juntas de tubería, accesorios y las piezas especiales, a fin de localizar posibles fugas. Cuando por tránsito vehicular u otros motivos se haya realizado un relleno completo el Contratista deberá usar métodos indirectos, para detectar posibles fugas, los cuales deberán ser aprobados por el Supervisor.

4.1.15 REMOCIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTOS

4.1.15.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El trabajo consistirá en la rotura o demolición y posterior reparación de pavimentos, de cualquier clase, incluyéndose la base sobre la cual se hayan construido. Se entenderá por reparación de pavimentos, la operación consistente en construir nuevamente las obras que hubieran sido removidas para la apertura de zanjas. La reparación del pavimento consistirá en construir una superficie de rodadura que presente condiciones similares o mejor grado y calidad que la anterior.

4.1.15.2 REMOCIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTO ADOQUINADO

En la remoción de pisos o pavimentos adoquinados, obligada por la construcción de las obras, se deberá retirar los adoquines con el cuidado de no

dañarlos para utilizarlos de nuevo. Se protegerá los adoquines para su reutilización si se encuentran en buenas condiciones.

Los adoquines dañados durante la remoción serán sustituidos por nuevos, de calidad y dimensiones iguales a los existentes. Si es necesario utilizar nueva arena para soporte de los adoquines, deberá ser arena limpia, de río que llene los requisitos de granulometría siguientes:

Tabla 4.3 GRANULOMETRÍA PARA BASE DE ADOQUÍN

TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100
N. 4	95-100
N. 16	45-80
N. 50	10-30
N. 100	2-10

FUENTE: UES, Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Turín, Departamento de Ahuachapán 2005

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Sobre la base preparada, que puede requerir un tratamiento de suelo-cemento de acuerdo a las condiciones del suelo, se colocará una capa soporte de arena de 25 a 35 mm de espesor; sobre esta capa de arena se colocarán los adoquines, dejando entre ellos una separación de 5 a 10 mm.

Una vez colocadas y selladas las juntas de los adoquines, es conveniente pasar sobre ellos, ya sea una aplanadora de rodillos metálicos o neumáticos, o en su defecto camiones cargados, hasta conseguir la correcta nivelación y acomodo

de los adoquines. Si es necesario con ayuda de un rodillo vibratorio se podrá acomodar el material de sellado de las juntas.

El relleno de las juntas se debe repetir hasta lograr una junta perfecta, necesaria para la estabilización de los adoquines. El piso o pavimento terminado, deberá estar de acuerdo con los niveles indicados en los planos con una tolerancia de ± 5 mm. En los lugares donde existen depresiones, que sobrepasen la tolerancia indicada y que se hayan retirado los adoquines y colocados nuevamente, éstos se retirarán corrigiéndose las deficiencias y repitiendo el proceso de construcción indicado.

Una vez finalizados los adoquinados, deberán dejarse limpios y en perfectas condiciones; toda la grasa y polvo deberán ser removidas cuidadosamente de su superficie. Además, el Contratista deberá protegerlos de agrietamientos, roturas y cualquier daño hasta la entrega final de la obra. Cualquier defecto deberá ser corregido o reemplazado, sin que por ello el Contratista reciba pago adicional alguno.

4.1.15.3 REMOCIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTO EMPEDRADO

En la remoción de empedrados, obligada por la construcción de la obra, se deberá remover el empedrado acopiando las piedras para su reutilización. El empedrado reparado deberá quedar correctamente nivelado y las piedras debidamente acomodadas, y cuando menos en condiciones similares a las que

tenía antes de su remoción. La piedra será dispuesta en los alrededores del área de su remoción de forma tal que no sufra deterioro alguno ni cause interferencia con la ejecución de los trabajos; en caso contrario deberá ser retirada según lo ordene el Supervisor.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Para el empedrado fraguado se deberá de compactar y nivelar la base, cuidando que al colocar las piedras estas conserven el nivel de la rasante, éstas deben de colocarse con la misma concentración del resto de empedrado existente. Deberá de ser fraguado con un mortero 1:4 (uno de cemento: cuatro de arena), zulaqueando la piedra primeramente, luego deberá repellarse horizontalmente hasta alcanzar un espesor de 2 cm o la rasante del empedrado existente pero nunca menor de 2 cm. Deberá de considerarse un curado no menor de 4 días.

4.1.15.4 REMOCIÓN Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

En los lugares donde sea necesaria la ruptura de pavimentos de asfalto, después de haber efectuado el trazo definitivo de la excavación de las zanjas, se deberá efectuar el corte del pavimento. El material producto de dicha ruptura no deberá ser usado posteriormente en la reconstrucción del pavimento, por lo que deberá retirarse hasta el banco de desperdicio.

Después de realizada la compactación de zanjas, deberá reemplazarse la superficie de asfalto donde fue efectuado el corte. Dicho reemplazo se ejecutará con un espesor igual al existente. Se retirarán los escombros o material sobrante a sitios aceptados por la Supervisión.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Para reposición de pavimento asfáltico, se deberá hacer cortes rectangulares o rectos, si el borde de la zanja es irregular. El corte deberá extenderse hasta conseguir una arista recta, esta extensión deberá ser aprobada por el Supervisor. La base se limpiará con cepillos y si es necesario con aire comprimido según lo indique el Supervisor. La base se preparará aplicándole asfalto líquido. Si no se dispone de un equipo de riego, se pueden utilizar métodos, manuales aprobados anteriormente por el Supervisor.

Después que el área a reparar ha sido debidamente preparada, incluyendo la limpieza de los bordes y la aplicación correcta de la capa de imprimación, debe procederse a extender la mezcla, colocándola primero contra los bordes y extendiéndola hacia el centro, El Contratista debe colocar la cantidad de mezcla necesaria para poder obtener una superficie nivelada.

Para la compactación, si se utilizan equipos y procedimientos adecuados (rodillo vibratorio), la superficie del parche debe quedar a nivel de la superficie del pavimento circundante; pero si se utilizan compactadores manuales, con

autorización del Supervisor, la superficie del parche debe quedar ligeramente más alta que la del pavimento circundante.

Cuando se trate de mezclas de granulometría abierta, la superficie será protegida por una capa delgada de agregado fino (chispa) de aproximadamente 5 mm que esté seca completamente.

4.1.15.5 REMOCIÓN Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO

Este trabajo consistirá en retirar la capa de pavimento existente en las zonas donde sea necesario excavar para la colocación de tuberías y construcción de pozos. Una vez realizados los trabajos de colocación de tuberías y compactación, se debe reconstruir el pavimento el cual debe cumplir con las características del existente.

El material removido no debe ser reutilizado para la reconstrucción del pavimento, este se debe acopiar en un lugar aprobado por la Supervisión o retirarse de la obra. El concreto a utilizar para la reconstrucción debe ser con una resistencia igual a la del pavimento existente, además la capa de rodadura debe tener las mismas características físicas que la existente.

4.1.15.6 MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La medición y forma de pago será por metro cuadrado (m²), para cada uno de los tipos de pavimentos descritos.

4.2 PRESUPUESTO

Para realizar el cálculo de presupuesto se determinó la cantidad de obra y costo de las partidas listadas, utilizando los planos y detalles de los elementos del sistema de alcantarillado sanitario diseñado, presentados en Anexos, y descritos sus procesos constructivos en las especificaciones técnicas. Mediante el manejo de software de Dibujo Asistido por Computadora y hojas de cálculo se determinaron longitudes, áreas y volúmenes de los elementos del sistema.

Los perfiles presentados en los planos indican la profundidad de colocación de las tuberías, desde la cual se calcula el área hasta la línea de rasante. Una vez definida dicha área, se establece un ancho de zanja de 0.80 m para zanjas de tuberías cuya profundidad sea menor o igual a 2.0 m; para zanjas de profundidades mayores a los 2.0 m, será de 1.0 m.

Con los datos anteriores, se calcula los volúmenes de excavación, volúmenes de compactación y superficie de remoción y reparación de pavimentos. Por lo antes expuesto, se recomienda se efectúen estudios de suelo en toda la zona del proyecto para la elección del método más conveniente de excavación, estabilización de zanjas y posible reutilización del material extraído como relleno de compactación.

El procedimiento utilizado para la elaboración de los cálculos del presupuesto es el siguiente:

- Como apoyo para obtener los costos directos, se utilizó la lista de precios del FISDL, para el año 2014, además de costos investigados y calculados.
- El costo de cada Partida se obtiene al multiplicar la Cantidad de Obra por su respectivo Costo Unitario ($CD_{partida} = Cantidad * Unidad$).
- La suma de todas las Partidas que componen el proyecto da como resultado el Total del Costo Directo ($CD = \sum CD_{partida}$).
- Para el Costo Indirecto se ha utilizado el 30% del Total del Costo Directo ($CI = 0.30 * CD$).
- El porcentaje de IVA es del 13% y se calcula sobre la suma del Total de Costo Directo más el Costo Indirecto ($IVA = 0.13 (CD + CI)$).
- El Monto Total del Proyecto es la suma del Total del Costo Directo más el Costo Indirecto más el IVA ($Monto = CD + CI + IVA$).
- El Costo Per Cápita se calcula en base al Monto Total del Proyecto entre la totalidad de población beneficiada ($C_{pc} = \frac{Monto}{Población\ beneficiada}$).
- En este caso, la población beneficiada es la población futura de diseño del sistema más la proyectada en zonas urbanizables.

$$(P_{beneficiada} = P_{futura} + P_{urbanizable}).$$

Tabla 4.4 PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL ÁREA URBANA DE ALEGRÍA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
1	Trazo y nivelación	5699.1	ml	\$6.59	\$37,556.92
2	Remoción de pavimento adoquinado	1438.2	m ²	\$3.36	\$4,832.21
3	Remoción de pavimento empedrado	72.2	m ²	\$3.82	\$275.70
4	Remoción de pavimento asfáltico	72.6	m ²	\$3.98	\$289.08
5	Remoción de pavimento de concreto	2948.2	m ²	\$3.32	\$9,788.14
6	Excavaciones para tuberías y pozos de visita	22567.4	m ³	\$2.17	\$48,971.29
7	Desalojo de material	29337.6	m ³	\$5.94	\$174,265.59
8	Suministro e instalación de tubería estructural de doble pared 46 PSI de rigidez, Φ 6" incluye cama de arena (ver detalle)	124.9	ml	\$44.87	\$5,602.92
9	Suministro e instalación de tubería estructural de doble pared 46 PSI de rigidez, Φ 8" incluye cama de arena (ver detalle)	5017.3	ml	\$52.82	\$225,125.69
10	Suministro e instalación de tubería estructural de doble pared 46 PSI de rigidez, Φ 10" incluye cama de arena (ver detalle)	535.8	ml	\$58.10	\$28,300.92
11	Relleno compactado manualmente con material selecto	2486.2	m ³	\$22.26	\$55,342.58
12	Relleno compactado mecánicamente con suelo cemento para base de pavimento	1017.8	m ³	\$39.16	\$39,858.82
13	Relleno compactado mecánicamente con material selecto	18068.9	m ³	\$22.52	\$406,911.95
14	Suministro y hechura de bases para pozos	140.0	c/u	\$92.46	\$12,944.40
15	Suministro y hechura de cilindros de pozos	194.8	ml	\$159.95	\$31,158.26

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
16	Suministro y hechura de conos de pozos incluye tapadera de Ho Fo	140.0	c/u	\$338.96	\$40,336.24
17	Suministro y hechura de escaleras para inspección en pozos	320.8	ml	\$31.27	\$10,031.42
18	Suministro y hechura de cajas de sostén para pozos	1.0	c/u	\$50.84	\$50.84
19	Suministro y colocación pavimento adoquinado	1438.2	m ²	\$19.60	\$28,187.87
20	Suministro y colocación de empedrado	72.2	m ²	\$13.90	\$1,003.20
21	Suministro y colocación de pavimentos asfáltico	72.6	m ²	\$31.48	\$2,286.53
22	Suministro y colocación de pavimentos de concreto hidráulico MR-37	2948.2	m ²	\$31.15	\$91,837.49
TOTAL DEL COSTO DIRECTO					\$1,262,076.22
23	COSTO INDIRECTO (Incluye Instalaciones Provisionales)				\$378,622.87
IVA					\$213,290.88
TOTAL					\$1,853,989.96
POBLACIÓN BENEFICIADA					4945 habitantes
<u>COSTO PER CÁPITA</u>					\$374.92

CAPÍTULO 5:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El sistema de alcantarillado diseñado para el área urbana del municipio de Alegría ha sido elaborado para transportar una capacidad de 101.94 L/s en el punto de descarga. Con el objetivo de lograr la mayor cobertura del diseño se identificaron áreas de crecimiento poblacional ubicadas en la vecindad del área urbana del municipio de Alegría, tratándose de zonas actualmente pobladas sin ordenación territorial y zonas urbanizables, ubicadas en el extremo sur y norte del área urbana. Por este motivo se incluyen en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario puntos de conexión, para que cuando el ordenamiento territorial defina los ejes viales definitivos de las zonas mencionadas, el sistema de alcantarillado sanitario diseñado sea capaz de absorber los caudales residuales que genere el futuro desarrollo de las mismas.
2. Mediante la aplicación del software EPA SWMM 5.0 se realizó la simulación del sistema de alcantarillado sanitario únicamente para transporte del caudal residual en la red. Utilizando una serie de pruebas iterativas, optimizadas a través de las capacidades del programa, se modifica cada vez la geometría de la red de alcantarillado sanitario hasta lograr el cumplimiento satisfactorio de los criterios de diseño establecidos

en las Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras (ANDA 1998).

3. Los resultados presentados son el producto de una serie de cálculos y simulaciones realizadas mediante la utilización de hojas de cálculo y el software EPA SWMM 5.0. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario elaborado es económico y funcional, ya que el proceso de diseño tomó consideraciones tales como:

- Profundidad máxima de pozo de 4.5 m, por lo que se utilizan pozos sin refuerzo, se obtuvo únicamente un pozo con caja de sostén en toda la red.
- Tubería de diámetro mínimo de 8" casi en la totalidad de la red excepto en los tramos finales del colector primario que se utilizó 10" de diámetro. Solamente en tres tramos iniciales de uso peatonal y viviendas de interés social, se colocaron diámetros de 6" de los cuales se han verificado sus parámetros de velocidad, caudal, capacidad y pendiente a través de la simulación.
- En cuanto a excavaciones, las tuberías se diseñaron colocándolas como mínimo en el rango de 1.20 m desde la rasante a la corona del tubo hasta 3.0 m de profundidad como máximo; siendo la profundidad mínima la apropiada para soportar

el impacto de carga vehicular sin requerir la construcción de protección especial para dicho tipo de carga, mientras que la profundidad máxima permite el transporte de caudal residual en la red a una profundidad adecuada que evita la construcción de colectores paralelos.

Estas consideraciones logran efectivamente la disminución de los costos del proyecto.

4. Para el diseño de la red fue necesario elegir un punto de descarga, cuya ubicación se tomó en base a la topografía del lugar, situándolo al noroeste del área urbana del municipio de Alegría. Como parámetros para su posicionamiento se consideraron los siguientes:
 - La topografía del lugar es favorable para el drenaje por gravedad de la red de alcantarillado sanitario en su totalidad, lo que evita la utilización de instalaciones de bombeo.
 - No existen asentamientos poblacionales actualmente en esa área y tampoco interfiere en las proyecciones de desarrollo del área urbana del municipio.
 - Finalmente, el área escogida para la propuesta de construcción de una planta de tratamiento, es una zona plana con poca pendiente comparándola con otros sitios aledaños a la zona baja del área

urbano, es también el área más espaciosa y cercana a un cauce para depositar el agua luego del tratamiento.

5. El monto total del proyecto de alcantarillado sanitario del área urbana del municipio de Alegría es de \$1, 853,989.96. Este monto es el resultado de la suma del conjunto de partidas requeridas para la ejecución satisfactoria del proyecto, tomando en cuenta para su cálculo costos directos, costos indirectos (30% del costo directo) e IVA (13%).
6. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario cuenta con los planos de pozos y tuberías correspondientes, tanto en planta como en elevación. Además se presentan los planos de pozo de visita tipo, utilizados en el sistema de alcantarillado sanitario diseñado y el detalle de la colocación de las tuberías.
7. Las especificaciones técnicas elaboradas son de importancia ya que es preciso tomar en cuenta los detalles requeridos para la correcta ejecución del proyecto; en base a ellas se ha calculado el presupuesto y determinado el monto del mismo.
8. Los proyectos de saneamiento como lo son los sistemas de alcantarillado sanitario son de gran importancia social, ya que aportan al desarrollo de

las comunidades y mejoran la calidad de vida de las mismas. En el caso del área urbana del municipio de Alegría, el diseño del alcantarillado sanitario favorecerá en gran medida a sus habitantes, ya que carecen de este servicio y por lo tanto se ven privados de sus beneficios. Este trabajo de graduación se presenta como una solución a la problemática del saneamiento del lugar y se sientan las bases para que en el futuro a través de las instituciones correspondientes puedan solventarla.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Antes de iniciar con la ejecución del proyecto, deberá realizarse un estudio de suelos para identificar el tipo de material existente en la zona. De esta manera se actualizará los costos de excavación existentes y se verificará la calidad del material desalojado para su posible utilización en otros procesos constructivos.
2. En la ejecución del proyecto es importante que se respete lo establecido en este diseño, en cuanto a dimensionamiento y tipos de pozos; diámetros y material de tuberías, profundidad de colocación y pendientes de las mismas. Cualquier variación al diseño de alcantarillado sanitario presentado, modificará las propiedades hidráulicas del sistema y no se

garantiza que funcione bajo las condiciones establecidas en este trabajo de graduación.

3. La presencia de un Laboratorio de Suelos y Materiales es primordial para garantizar la calidad de los materiales utilizados en la obra y la adecuada ejecución de los procesos constructivos, conforme a lo establecido en las Especificaciones Técnicas.
4. Es de suma importancia concientizar a la población para que hagan un buen uso del sistema de alcantarillado sanitario. Debe preservarse su durabilidad y funcionamiento bajo las condiciones proyectadas evitando realizar conexiones ilícitas a la red, introducir objetos extraños y aguas procedentes de procesos industriales.
5. La institución responsable de la ejecución del proyecto debe encargarse de gestionar la disponibilidad del terreno propuesto y el estudio de impacto ambiental para la construcción de la planta de tratamiento en el sitio elegido como propuesta para el punto de descarga.
6. Se plantea que para el diseño de la planta de tratamiento se utilice como influente el caudal total residual que transporta la red en el punto de descarga.

ANEXOS

A.

MEMORIA

FOTOGRAFICA

Figura A.1 LOCAL COMERCIAL



Figura A.2 HOSTAL



Figura A.3 RESTAURANTE



Figura A.4 ESCUELA



Figura A.5 CLÍNICA MÉDICA



Figura A.6 VIVIENDA MEDIA



Figura A.7 LUGAR DE REUNIÓN



Figura A.8 OFICINAS



Figura A.9 LAVADEROS



Figura A.10 URBANIZABLE



Figura A.11 VERTIDO DIRECTO DE AGUAS GRISAS



Figura A.12 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



B.

***CÁLCULO – CAUDAL
RESIDUAL POR ÁREAS***

Tabla B.1 CÁLCULO - CAUDAL RESIDUAL POR ÁREA

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
1	01A	680.58	0.0681	Comercio	20	L/m ² /día	680.58	0.3308	0.2647	0.0068	0.2715
	01B	349.74	0.0350	Comercio	20	L/m ² /día	349.74	0.1700	0.1360	0.0035	0.1395
	01C	723.49	0.0723	Comercio	20	L/m ² /día	723.49	0.3517	0.2814	0.0072	0.2886
	01D	367.19	0.0367	Comercio	20	L/m ² /día	367.19	0.1785	0.1428	0.0037	0.1465
2	02A	392.99	0.0393	Comercio	20	L/m ² /día	392.99	0.1910	0.1528	0.0039	0.1568
	02B	738.72	0.0739	Hostal	350	L/habitación/día	3	0.0255	0.0204	0.0074	0.0278
	02C	812.06	0.0812	Comercio	20	L/m ² /día	812.06	0.3948	0.3158	0.0081	0.3239
	02D	156.52	0.0157	Comercio	20	L/m ² /día	156.52	0.0761	0.0609	0.0016	0.0624
	02E	324.36	0.0324	Comercio	20	L/m ² /día	324.36	0.1577	0.1261	0.0032	0.1294
3	03A	1061.73	0.1062	Clínica Médica	500	L/consultorio/día	6	0.0729	0.0583	0.0106	0.0690
	03B	243.18	0.0243	Comercio	20	L/m ² /día	243.18	0.1182	0.0946	0.0024	0.0970
	03C	482.09	0.0482	Comercio	20	L/m ² /día	482.09	0.2343	0.1875	0.0048	0.1923
	03D	358.64	0.0359	Comercio	20	L/m ² /día	358.64	0.1743	0.1395	0.0036	0.1431
4	04A	323.67	0.0324	Comercio	20	L/m ² /día	323.67	0.1573	0.1259	0.0032	0.1291
	04B	684.76	0.0685	Comercio	20	L/m ² /día	684.76	0.3329	0.2663	0.0068	0.2731
	04C	322.00	0.0322	Comercio	20	L/m ² /día	322.00	0.1565	0.1252	0.0032	0.1284
	04D	605.36	0.0605	Comercio	20	L/m ² /día	605.36	0.2943	0.2354	0.0061	0.2415
5	05A	259.94	0.0260	Comercio	20	L/m ² /día	259.94	0.1264	0.1011	0.0026	0.1037
	05B	361.08	0.0361	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.35	0.0232	0.0185	0.0036	0.0221
	05C	516.20	0.0516	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.08	0.0331	0.0265	0.0052	0.0316
	05D	598.02	0.0598	Comercio	20	L/m ² /día	598.02	0.2907	0.2326	0.0060	0.2385

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	05E	347.94	0.0348	Restaurante	50	L/m ² /día	347.94	0.4228	0.3383	0.0035	0.3418
	05F	308.66	0.0309	Comercio	20	L/m ² /día	308.66	0.1500	0.1200	0.0031	0.1231
6	06A	810.38	0.0810	Residencial media densidad	150	L/persona/día	14.25	0.0520	0.0416	0.0081	0.0497
	06B	335.75	0.0336	Residencial media densidad	150	L/persona/día	5.90	0.0215	0.0172	0.0034	0.0206
	06C	241.90	0.0242	Residencial media densidad	150	L/persona/día	4.25	0.0155	0.0124	0.0024	0.0148
	06D	733.87	0.0734	Residencial media densidad	150	L/persona/día	12.91	0.0471	0.0376	0.0073	0.0450
	06E	413.72	0.0414	Residencial media densidad	150	L/persona/día	7.28	0.0265	0.0212	0.0041	0.0254
	06F	537.50	0.0538	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.45	0.0345	0.0276	0.0054	0.0329
7	07A	366.61	0.03666	Restaurante	50	L/m ² /día	366.61	0.4455	0.3564	0.0037	0.3601
	07B	474.46	0.04745	Residencial media densidad	150	L/persona/día	8.34	0.0304	0.0243	0.0047	0.0291
	07C	1140.75	0.11408	Escuela	40	L/alumno/día	257	0.2499	0.1999	0.0114	0.2113
	07D	388.90	0.03889	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.84	0.0249	0.0199	0.0039	0.0238
	07E	473.66	0.04737	Residencial media densidad	150	L/persona/día	8.33	0.0304	0.0243	0.0047	0.0290
	07F	388.45	0.03885	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.83	0.0249	0.0199	0.0039	0.0238
	07G	567.27	0.05673	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.98	0.0364	0.0291	0.0057	0.0348
8	08A	1074.28	0.10743	Lugar de reunión	3	L/asiento/día	215	0.0157	0.0125	0.0107	0.0233
	08B	831.62	0.08316	Comercio	20	L/m ² /día	831.62	0.4043	0.3234	0.0083	0.3317
	08C	439.13	0.04391	Comercio	20	L/m ² /día	439.13	0.2135	0.1708	0.0044	0.1752
	08D	336.43	0.03364	Comercio	20	L/m ² /día	336.43	0.1635	0.1308	0.0034	0.1342
	08E	839.35	0.08394	Oficina	6	L/m ² /día	839.35	0.1224	0.0979	0.0084	0.1063
	08F	1207.32	0.12073	Escuela	40	L/alumno/día	271	0.2635	0.2108	0.0121	0.2229
9	09A	432.48	0.04325	Oficina	6	L/m ² /día	432.48	0.0631	0.0505	0.0043	0.0548
	09B	610.70	0.06107	Comercio	20	L/m ² /día	610.70	0.2969	0.2375	0.0061	0.2436

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	09C	1021.67	0.10217	Comercio	20	L/m ² /día	1021.67	0.4966	0.3973	0.0102	0.4075
	09D	451.38	0.04514	Comercio	20	L/m ² /día	451.38	0.2194	0.1755	0.0045	0.1801
	09E	1693.57	0.16936	Comercio	20	L/m ² /día	1693.57	0.8233	0.6586	0.0169	0.6755
	09F	470.28	0.04703	Comercio	20	L/m ² /día	470.28	0.2286	0.1829	0.0047	0.1876
10	10A	1240.69	0.12407	Comercio	20	L/m ² /día	1240.69	0.6031	0.4825	0.0124	0.4949
	10B	539.95	0.05400	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.50	0.0346	0.0277	0.0054	0.0331
	10C	905.62	0.09056	Residencial media densidad	150	L/persona/día	15.93	0.0581	0.0465	0.0091	0.0555
	10D	1211.51	0.12115	Residencial media densidad	150	L/persona/día	21.31	0.0777	0.0621	0.0121	0.0743
	10E	1079.10	0.10791	Comercio	20	L/m ² /día	1079.10	0.5246	0.4197	0.0108	0.4304
	10F	450.91	0.04509	Comercio	20	L/m ² /día	450.91	0.2192	0.1754	0.0045	0.1799
	10G	720.25	0.07203	Comercio	20	L/m ² /día	720.25	0.3501	0.2801	0.0072	0.2873
11	11A	232.60	0.02326	Residencial media densidad	150	L/persona/día	4.09	0.0149	0.0119	0.0023	0.0143
	11B	158.25	0.01583	Comercio	20	L/m ² /día	158.25	0.0769	0.0615	0.0016	0.0631
	11C	252.74	0.02527	Comercio	20	L/m ² /día	252.74	0.1229	0.0983	0.0025	0.1008
12	12A	572.97	0.05730	Residencial media densidad	150	L/persona/día	10.08	0.0367	0.0294	0.0057	0.0351
	12B	220.85	0.02209	Residencial media densidad	150	L/persona/día	3.88	0.0142	0.0113	0.0022	0.0135
	12C	2329.10	0.23291	Escuela	40	L/alumno/día	203	0.1974	0.1579	0.0233	0.1812
	12D	530.32	0.05303	Escuela	40	L/alumno/día	78	0.0758	0.0607	0.0053	0.0660
	12E	761.38	0.07614	Residencial media densidad	150	L/persona/día	13.39	0.0488	0.0391	0.0076	0.0467
	12F	567.74	0.05677	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.98	0.0364	0.0291	0.0057	0.0348
	12G	1383.68	0.13837	Residencial media densidad	150	L/persona/día	24.33	0.0887	0.0710	0.0138	0.0848
	12H	622.29	0.06223	Residencial media densidad	150	L/persona/día	10.94	0.0399	0.0319	0.0062	0.0381
	12I	565.14	0.05651	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.94	0.0362	0.0290	0.0057	0.0346

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	12J	875.99	0.08760	Residencial media densidad	150	L/persona/día	15.41	0.0562	0.0449	0.0088	0.0537
13	13A	536.43	0.05364	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.43	0.0344	0.0275	0.0054	0.0329
	13B	362.37	0.03624	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.37	0.0232	0.0186	0.0036	0.0222
	13C	298.39	0.02984	Residencial media densidad	150	L/persona/día	5.25	0.0191	0.0153	0.0030	0.0183
	13D	650.26	0.06503	Residencial media densidad	150	L/persona/día	11.44	0.0417	0.0334	0.0065	0.0399
	13E	353.49	0.03535	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.22	0.0227	0.0181	0.0035	0.0217
	13F	490.21	0.04902	Residencial media densidad	150	L/persona/día	8.62	0.0314	0.0251	0.0049	0.0300
14	14A	901.78	0.09018	Comercio	20	L/m ² /día	901.78	0.4384	0.3507	0.0090	0.3597
	14B	748.81	0.07488	Comercio	20	L/m ² /día	748.81	0.3640	0.2912	0.0075	0.2987
	14C	295.90	0.02959	Comercio	20	L/m ² /día	295.90	0.1438	0.1151	0.0030	0.1180
	14D	317.52	0.03175	Comercio	20	L/m ² /día	317.52	0.1544	0.1235	0.0032	0.1267
15	15A	219.09	0.02191	Oficina	6	L/m ² /día	219.09	0.0320	0.0256	0.0022	0.0278
	15B	199.89	0.01999	Oficina	6	L/m ² /día	199.89	0.0292	0.0233	0.0020	0.0253
16	16A	431.29	0.04313	Comercio	20	L/m ² /día	431.29	0.2097	0.1677	0.0043	0.1720
	16B	741.57	0.07416	Comercio	20	L/m ² /día	741.57	0.3605	0.2884	0.0074	0.2958
	16C	619.96	0.06200	Hostal	350	L/habitación/día	6	0.0510	0.0408	0.0062	0.0470
	16D	450.32	0.04503	Restaurante	50	L/m ² /día	450.32	0.5473	0.4378	0.0045	0.4423
	16E	426.99	0.04270	Oficina	6	L/m ² /día	426.99	0.0623	0.0498	0.0043	0.0541
17	17A	390.79	0.03908	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.87	0.0251	0.0200	0.0039	0.0240
	17B	181.97	0.01820	Lugar de reunión	3	L/asiento/día	40	0.0029	0.0023	0.0018	0.0042
	17C	673.23	0.06732	Residencial media densidad	150	L/persona/día	11.84	0.0432	0.0345	0.0067	0.0413
	17D	939.89	0.09399	Comercio	20	L/m ² /día	939.89	0.4569	0.3655	0.0094	0.3749
	17E	648.92	0.06489	Comercio	20	L/m ² /día	648.92	0.3154	0.2524	0.0065	0.2588

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
18	18A	579.70	0.05797	Residencial media densidad	150	L/persona/día	10.19	0.0372	0.0297	0.0058	0.0355
	18B	512.58	0.05126	Residencial media densidad	150	L/persona/día	9.01	0.0329	0.0263	0.0051	0.0314
	18C	616.98	0.06170	Residencial media densidad	150	L/persona/día	10.85	0.0396	0.0316	0.0062	0.0378
	18D	369.80	0.03698	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.50	0.0237	0.0190	0.0037	0.0227
19	19A	457.75	0.04578	Comercio	20	L/m ² /día	457.75	0.2225	0.1780	0.0046	0.1826
	19B	446.15	0.04462	Hostal	350	L/habitación/día	5	0.0425	0.0340	0.0045	0.0385
	19C	339.12	0.03391	Comercio	20	L/m ² /día	339.12	0.1649	0.1319	0.0034	0.1353
	19D	606.32	0.06063	Comercio	20	L/m ² /día	606.32	0.2947	0.2358	0.0061	0.2419
	19E	809.71	0.08097	Comercio	20	L/m ² /día	809.71	0.3936	0.3149	0.0081	0.3230
	19F	395.56	0.03956	Lugar de reunión	3	L/asiento/día	80	0.0058	0.0047	0.0040	0.0086
	19G	281.54	0.02815	Comercio	20	L/m ² /día	81	0.0394	0.0315	0.0028	0.0343
20	20A	480.18	0.04802	Comercio	20	L/m ² /día	480.18	0.2334	0.1867	0.0048	0.1915
	20B	625.82	0.06258	Comercio	20	L/m ² /día	625.82	0.3042	0.2434	0.0063	0.2496
	20C	420.42	0.04204	Restaurante	50	L/m ² /día	420.42	0.5109	0.4087	0.0042	0.4129
	20D	694.16	0.06942	Comercio	20	L/m ² /día	694.16	0.3374	0.2700	0.0069	0.2769
	20E	399.82	0.03998	Restaurante	50	L/m ² /día	399.82	0.4859	0.3887	0.0040	0.3927
21	21A	1392.97	0.13930	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	21.54	0.0785	0.0628	0.0139	0.0767
	21B	2806.02	0.28060	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	43.38	0.1582	0.1265	0.0281	0.1546
	21C	2113.77	0.21138	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	32.68	0.1191	0.0953	0.0211	0.1165
	21D	982.26	0.09823	Comercio	20	L/m ² /día	982.26	0.4775	0.3820	0.0098	0.3918
	21E	916.45	0.09165	Comercio	20	L/m ² /día	916.45	0.4455	0.3564	0.0092	0.3656
	21F	200.87	0.02009	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	3.11	0.0113	0.0091	0.0020	0.0111
	21G	1826.81	0.18268	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	28.24	0.1030	0.0824	0.0183	0.1006

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	21H	1824.64	0.18246	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	28.21	0.1029	0.0823	0.0182	0.1005
	21I	1035.16	0.10352	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	16.00	0.0584	0.0467	0.0104	0.0570
	21J	1034.41	0.10344	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	15.99	0.0583	0.0466	0.0103	0.0570
22	22A	316.63	0.03166	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	4.90	0.0178	0.0143	0.0032	0.0174
	22B	791.15	0.07912	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	12.23	0.0446	0.0357	0.0079	0.0436
	22C	670.44	0.06704	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	10.37	0.0378	0.0302	0.0067	0.0369
	22D	421.73	0.04217	Comercio	20	L/m ² /día	421.73	0.2050	0.1640	0.0042	0.1682
	22E	699.52	0.06995	Hostal	350	L/habitación/día	6	0.0510	0.0408	0.0070	0.0478
	22F	496.90	0.04969	Comercio	20	L/m ² /día	496.90	0.2415	0.1932	0.0050	0.1982
	22G	244.82	0.02448	Oficina	6	L/m ² /día	244.82	0.0357	0.0286	0.0024	0.0310
	22H	334.34	0.03343	Comercio	20	L/m ² /día	334.34	0.1625	0.1300	0.0033	0.1334
	22I	247.74	0.02477	Restaurante	50	L/m ² /día	247.74	0.3011	0.2409	0.0025	0.2433
	22J	184.16	0.01842	Comercio	20	L/m ² /día	184.16	0.0895	0.0716	0.0018	0.0735
	22K	681.26	0.06813	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	10.53	0.0384	0.0307	0.0068	0.0375
	22L	603.58	0.06036	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	9.33	0.0340	0.0272	0.0060	0.0333
	22M	404.73	0.04047	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	6.26	0.0228	0.0183	0.0040	0.0223
23	23A	1036.78	0.10368	Residencial media densidad	150	L/persona/día	18.23	0.0665	0.0532	0.0104	0.0635
	23B	1075.98	0.10760	Residencial media densidad	150	L/persona/día	18.92	0.0690	0.0552	0.0108	0.0660
	23C	1001.82	0.10018	Residencial media densidad	150	L/persona/día	17.62	0.0642	0.0514	0.0100	0.0614
	23D	707.47	0.07075	Residencial media densidad	150	L/persona/día	12.44	0.0454	0.0363	0.0071	0.0434
	23E	609.25	0.06093	Residencial media densidad	150	L/persona/día	10.71	0.0391	0.0313	0.0061	0.0373
	23F	438.87	0.04389	Residencial media densidad	150	L/persona/día	7.72	0.0281	0.0225	0.0044	0.0269
	23G	499.76	0.04998	Comercio	20	L/m ² /día	499.76	0.2429	0.1944	0.0050	0.1993

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	23H	936.28	0.09363	Restaurante	50	L/m ² /día	936.28	1.1378	0.9103	0.0094	0.9196
	23I	386.52	0.03865	Restaurante	50	L/m ² /día	386.52	0.4697	0.3758	0.0039	0.3796
	23J	970.55	0.09706	Comercio	20	L/m ² /día	970.55	0.4718	0.3774	0.0097	0.3871
	23K	1015.63	0.10156	Comercio	20	L/m ² /día	1015.63	0.4937	0.3950	0.0102	0.4051
	23L	1364.83	0.13648	Comercio	20	L/m ² /día	1364.83	0.6635	0.5308	0.0136	0.5444
	23M	621.22	0.06212	Comercio	20	L/m ² /día	621.22	0.3020	0.2416	0.0062	0.2478
	23N	1021.32	0.10213	Comercio	20	L/m ² /día	1021.32	0.4965	0.3972	0.0102	0.4074
24	24A	1003.71	0.10037	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	15.52	0.0566	0.0453	0.0100	0.0553
	24B	173.92	0.01739	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	2.69	0.0098	0.0078	0.0017	0.0096
	24C	379.37	0.03794	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	5.87	0.0214	0.0171	0.0038	0.0209
	24D	736.81	0.07368	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	11.39	0.0415	0.0332	0.0074	0.0406
	24E	406.71	0.04067	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	6.29	0.0229	0.0183	0.0041	0.0224
	24F	509.56	0.05096	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	7.88	0.0287	0.0230	0.0051	0.0281
	24G	718.96	0.07190	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	11.12	0.0405	0.0324	0.0072	0.0396
	24H	1637.72	0.16377	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	25.32	0.0923	0.0739	0.0164	0.0902
25	25A	1821.83	0.18218	Residencial media densidad	150	L/persona/día	32.04	0.1168	0.0934	0.0182	0.1117
	25B	345.45	0.03455	Residencial media densidad	150	L/persona/día	6.08	0.0221	0.0177	0.0035	0.0212
	25C	606.88	0.06069	Residencial media densidad	150	L/persona/día	10.67	0.0389	0.0311	0.0061	0.0372
	25D	421.51	0.04215	Residencial media densidad	150	L/persona/día	7.41	0.0270	0.0216	0.0042	0.0258
	25E	1880.88	0.18809	Residencial media densidad	150	L/persona/día	33.08	0.1206	0.0965	0.0188	0.1153
	25F	722.83	0.07228	Comercio	20	L/m ² /día	722.83	0.3514	0.2811	0.0072	0.2883
	25G	516.01	0.05160	Comercio	20	L/m ² /día	516.01	0.2508	0.2007	0.0052	0.2058
	25H	2139.58	0.21396	Restaurante	50	L/m ² /día	2139.58	2.6002	2.0801	0.0214	2.1015

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	25I	675.27	0.06753	Comercio	20	L/m ² /día	675.27	0.3283	0.2626	0.0068	0.2694
26	26A	189.99	0.01900	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	2.94	0.0107	0.0086	0.0019	0.0105
	26B	465.71	0.04657	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	7.20	0.0263	0.0210	0.0047	0.0257
	26C	717.68	0.07177	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	11.10	0.0405	0.0324	0.0072	0.0395
	26D	566.67	0.05667	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	8.76	0.0319	0.0256	0.0057	0.0312
	26E	1130.85	0.11309	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	17.48	0.0637	0.0510	0.0113	0.0623
	26F	225.15	0.02252	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	3.48	0.0127	0.0102	0.0023	0.0124
	26G	197.37	0.01974	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	3.05	0.0111	0.0089	0.0020	0.0109
27	27A	495.47	0.04955	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	7.66	0.0279	0.0223	0.0050	0.0273
	27B	271.59	0.02716	Residencial media densidad	150	L/persona/día	4.78	0.0174	0.0139	0.0027	0.0166
	27C	911.42	0.09114	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	14.09	0.0514	0.0411	0.0091	0.0502
	27D	464.90	0.04649	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	7.19	0.0262	0.0210	0.0046	0.0256
	27E	499.26	0.04993	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	7.72	0.0281	0.0225	0.0050	0.0275
28	28A	522.22	0.05222	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	8.07	0.0294	0.0235	0.0052	0.0288
	28B	966.61	0.09666	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	14.94	0.0545	0.0436	0.0097	0.0533
	28C	359.04	0.03590	Oficina	6	L/m ² /día	359.04	0.0524	0.0419	0.0036	0.0455
	28D	778.89	0.07789	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	12.04	0.0439	0.0351	0.0078	0.0429
	28E	802.32	0.08023	Residencial media densidad	150	L/persona/día	14.11	0.0514	0.0412	0.0080	0.0492
	28F	551.01	0.05510	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	8.52	0.0311	0.0248	0.0055	0.0304
29	29A	634.96	0.06350	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	9.82	0.0358	0.0286	0.0063	0.0350
	29B	569.94	0.05699	Lugar de reunión	3	L/asiento/día	115	0.0084	0.0067	0.0057	0.0124
30	30A	1810.69	0.18107	Residencial media densidad	150	L/persona/día	31.84	0.1161	0.0929	0.0181	0.1110
	30B	770.48	0.07705	Residencial media densidad	150	L/persona/día	13.55	0.0494	0.0395	0.0077	0.0472

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	30C	1385.25	0.13853	Residencial media densidad	150	L/persona/día	24.36	0.0888	0.0711	0.0139	0.0849
	30D	570.78	0.05708	Comercio	20	L/m ² /día	570.78	0.2775	0.2220	0.0057	0.2277
	30E	1722.61	0.17226	Comercio	20	L/m ² /día	1722.61	0.8374	0.6699	0.0172	0.6871
	30F	338.64	0.03386	Lugar de reunión	3	L/asiento/día	70.00	0.0051	0.0041	0.0034	0.0075
	30G	660.85	0.06609	Restaurante	50	L/m ² /día	660.85	0.8031	0.6425	0.0066	0.6491
	30H	1008.41	0.10084	Residencial media densidad	150	L/persona/día	17.73	0.0647	0.0517	0.0101	0.0618
31	31A	800.19	0.08002	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	12.37	0.0451	0.0361	0.0080	0.0441
	31B	1736.05	0.17361	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	26.84	0.0979	0.0783	0.0174	0.0956
	31C	1355.02	0.13550	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	20.95	0.0764	0.0611	0.0136	0.0747
	31D	447.19	0.04472	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	6.91	0.0252	0.0202	0.0045	0.0246
32	32A	883.37	0.08834	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	13.66	0.0498	0.0398	0.0088	0.0487
	32B	712.71	0.07127	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	11.02	0.0402	0.0321	0.0071	0.0393
	32C	541.62	0.05416	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	8.37	0.0305	0.0244	0.0054	0.0298
	32D	597.73	0.05977	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	9.24	0.0337	0.0270	0.0060	0.0329
	32E	470.11	0.04701	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	7.27	0.0265	0.0212	0.0047	0.0259
	32F	801.57	0.08016	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	12.39	0.0452	0.0361	0.0080	0.0442
	32G	968.48	0.09685	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	14.97	0.0546	0.0437	0.0097	0.0534
	32H	1379.69	0.13797	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	21.33	0.0778	0.0622	0.0138	0.0760
	32I	992.84	0.09928	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	15.35	0.0560	0.0448	0.0099	0.0547
	32J	776.75	0.07768	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	12.01	0.0438	0.0350	0.0078	0.0428
33	33A	857.16	0.08572	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	13.25	0.0483	0.0387	0.0086	0.0472
	33B	315.82	0.03158	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	4.88	0.0178	0.0142	0.0032	0.0174
	33C	744.94	0.07449	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	11.52	0.0420	0.0336	0.0074	0.0410

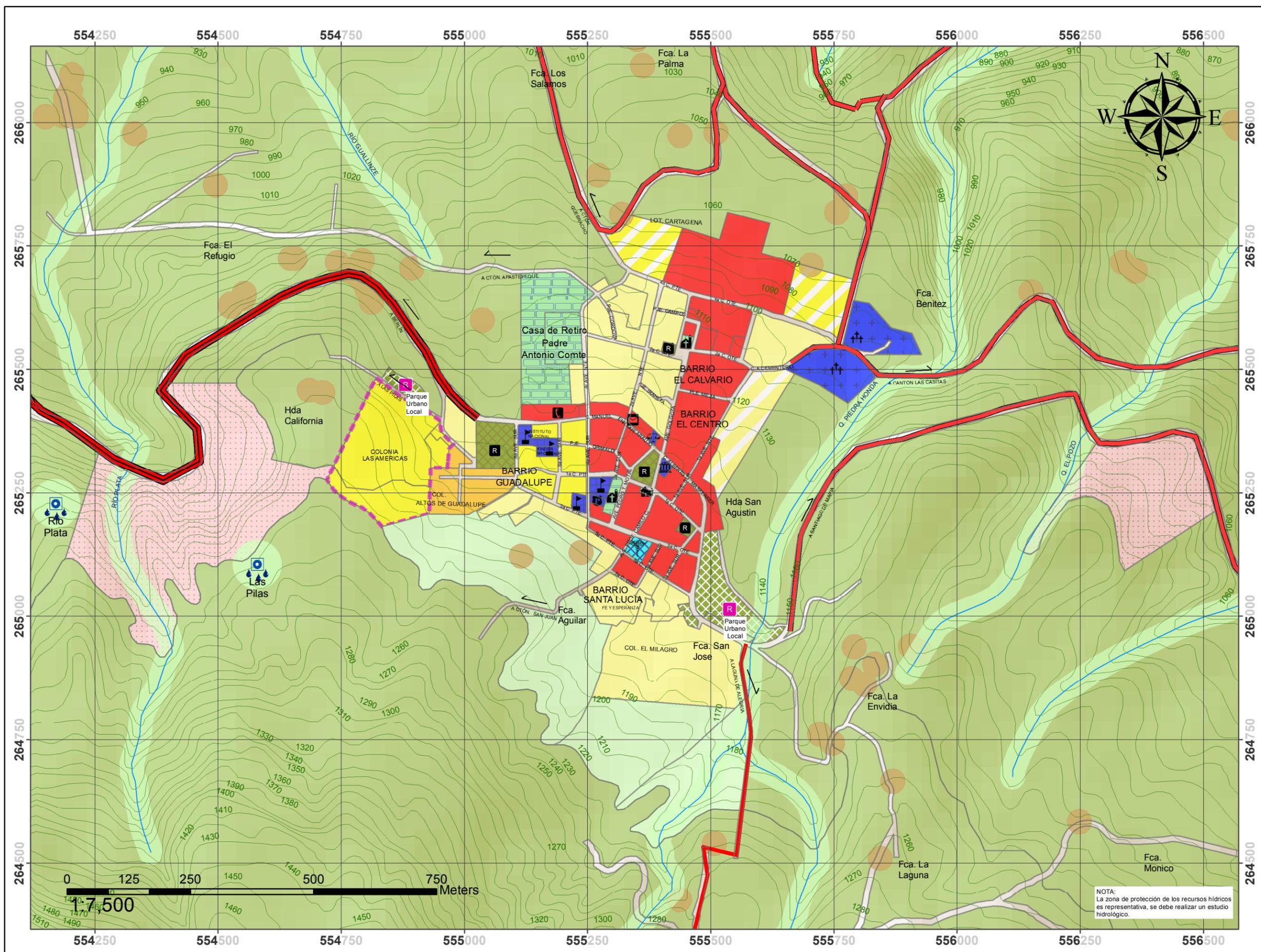
Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	33D	257.77	0.02578	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	3.99	0.0145	0.0116	0.0026	0.0142
	33E	266.52	0.02665	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	4.12	0.0150	0.0120	0.0027	0.0147
34	34A	1183.00	0.11830	Urbanizable	150	L/persona/día	15	0.0547	0.0438	0.0118	0.0556
	34B	3524.92	0.35249	Urbanizable	150	L/persona/día	45	0.1641	0.1313	0.0352	0.1665
	34C	3624.41	0.36244	Urbanizable	150	L/persona/día	50	0.1823	0.1458	0.0362	0.1821
	34D	3627.42	0.36274	Urbanizable	150	L/persona/día	50	0.1823	0.1458	0.0363	0.1821
	34E	4018.78	0.40188	Urbanizable	150	L/persona/día	55	0.2005	0.1604	0.0402	0.2006
	34F	1568.85	0.15689	Urbanizable	150	L/persona/día	20	0.0729	0.0583	0.0157	0.0740
35	35A	3948.54	0.39485	Restaurante	50	L/m ² /día	3948.54	4.7986	3.8389	0.0395	3.8783
	35B	2278.86	0.22789	Comercio	20	L/m ² /día	2278.86	1.1078	0.8862	0.0228	0.9090
	35C	1483.60	0.14836	Comercio	20	L/m ² /día	1483.60	0.7212	0.5770	0.0148	0.5918
	35D	1773.42	0.17734	Comercio	20	L/m ² /día	1773.42	0.8621	0.6897	0.0177	0.7074
	35E	1020.32	0.10203	Comercio	20	L/m ² /día	1020.32	0.4960	0.3968	0.0102	0.4070
	35F	3221.45	0.32215	Residencial media densidad	150	L/persona/día	56.65	0.2065	0.1652	0.0322	0.1975
	35G	3379.08	0.33791	Residencial media densidad	150	L/persona/día	59.43	0.2167	0.1733	0.0338	0.2071
	35H	1598.03	0.15980	Residencial media densidad	150	L/persona/día	28.10	0.1025	0.0820	0.0160	0.0979
	35I	2112.41	0.21124	Residencial media densidad	150	L/persona/día	37.15	0.1354	0.1084	0.0211	0.1295
	35J	2465.05	0.24651	Residencial media densidad	150	L/persona/día	43.35	0.1581	0.1264	0.0247	0.1511
	35K	2490.91	0.24909	Residencial media densidad	150	L/persona/día	43.81	0.1597	0.1278	0.0249	0.1527
36	36A	2899.94	0.28999	Urbanizable	150	L/persona/día	40	0.1458	0.1167	0.0290	0.1457
	36B	2383.19	0.23832	Urbanizable	150	L/persona/día	30	0.1094	0.0875	0.0238	0.1113
37	37A	2631.87	0.26319	Urbanizable	150	L/persona/día	75	0.2552	0.2042	0.0263	0.2305
	37B	2278.67	0.22787	Urbanizable	150	L/persona/día	60	0.2188	0.1750	0.0228	0.1978

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
	37C	2120.59	0.21206	Urbanizable	150	L/persona/día	55	0.2005	0.1604	0.0212	0.1816
	37D	2882.91	0.28829	Urbanizable	150	L/persona/día	75	0.2734	0.2188	0.0288	0.2476
	37E	3704.52	0.37045	Urbanizable	150	L/persona/día	95	0.3464	0.2771	0.0370	0.3141
	37F	2130.97	0.21310	Urbanizable	150	L/persona/día	55	0.2005	0.1604	0.0213	0.1817
	37G	2350.15	0.23502	Urbanizable	150	L/persona/día	60	0.2188	0.1750	0.0235	0.1985
38	38A	443.06	0.04431	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	6.85	0.0250	0.0200	0.0044	0.0244
	38B	515.34	0.05153	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	7.97	0.0290	0.0232	0.0052	0.0284
	38C	768.14	0.07681	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	11.88	0.0433	0.0346	0.0077	0.0423
	38D	284.07	0.02841	Restaurante	50	L/m ² /día	284.07	0.3452	0.2762	0.0028	0.2790
	38E	1260.17	0.12602	Comercio	20	L/m ² /día	1260.17	0.6126	0.4901	0.0126	0.5027
	38F	2929.69	0.29297	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	45.30	0.1651	0.1321	0.0293	0.1614
39	39A	695.51	0.06955	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	10.75	0.0392	0.0314	0.0070	0.0383
	39B	1875.79	0.18758	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	29.00	0.1057	0.0846	0.0188	0.1033
	39C	2268.38	0.22684	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	35.07	0.1279	0.1023	0.0227	0.1250
	39D	40756.54	4.07565	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	630.14	2.2974	1.8379	0.4076	2.2455
	39E	7670.17	0.76702	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	118.59	0.4324	0.3459	0.0767	0.4226
	39F	605.97	0.06060	Lugar de reunión	3	L/asiento/día	125	0.0091	0.0073	0.0061	0.0134
40	40A	2322.73	0.23227	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	35.91	0.1309	0.1047	0.0232	0.1280
	40B	1127.38	0.11274	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	17.43	0.0635	0.0508	0.0113	0.0621
	40C	1775.39	0.17754	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	27.45	0.1001	0.0801	0.0178	0.0978
	40D	263.49	0.02635	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	4.07	0.0149	0.0119	0.0026	0.0145
	40E	922.08	0.09221	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	14.26	0.0520	0.0416	0.0092	0.0508
	40F	1065.73	0.10657	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	16.48	0.0601	0.0481	0.0107	0.0587

Nº DE CUADRA	CUENCA DE DRENAJE	ÁREA (m ²)	ÁREA (Ha)	USO	DOTACIÓN	CANTIDAD	CAUDAL POTABLE (L/s)	CAUDAL RESIDUAL (L/s)	CAUDAL INFILTRACIÓN (L/s)	CAUDAL RESIDUAL TOTAL (L/s)	
41	41A	4705.54	0.47055	Residencial media densidad	150	L/persona/día	82.75	0.3017	0.2414	0.0471	0.2884
	41B	13314.51	1.33145	Residencial alta densidad	150	L/persona/día	475.52	1.7337	1.3869	0.1331	1.5201
	41C	53726.93	5.37269	Residencial media densidad	150	L/persona/día	944.86	3.4448	2.7558	0.5373	3.2931
42	42A	519.16	0.05192	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	8.03	0.0293	0.0234	0.0052	0.0286
	42B	3533.93	0.35339	Oficina	6	L/m ² /día	3533.93	0.5154	0.4123	0.0353	0.4476
	42C	3457.24	0.34572	Oficina	6	L/m ² /día	3457.24	0.5042	0.4033	0.0346	0.4379
	42D	955.68	0.09557	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	14.78	0.0539	0.0431	0.0096	0.0527
	42E	1202.97	0.12030	Residencial baja densidad	150	L/persona/día	18.60	0.0678	0.0542	0.0120	0.0663
	42F	667.08	0.06671	Comercio	20	L/m ² /día	667.08	0.3243	0.2594	0.0067	0.2661
	42G	707.88	0.07079	Restaurante	50	L/m ² /día	707.88	0.8603	0.6882	0.0071	0.6953
	42H	337.02	0.03370	Comercio	20	L/m ² /día	337.02	0.1638	0.1311	0.0034	0.1344
	42I	1667.32	0.16673	Comercio	20	L/m ² /día	1667.32	0.8105	0.6484	0.0167	0.6651
	42J	233.61	0.02336	Lavadero	30	L/persona/día	12	0.0088	0.0070	0.0023	0.0093
	42K	560.63	0.05606	Comercio	20	L/m ² /día	560.63	0.2725	0.2180	0.0056	0.2236

C.

***MAPA NORMATIVO DE
LAS FUNCIONES Y
EQUIPAMIENTO
URBANO DEL
MUNICIPIO DE ALEGRÍA***



MAPA No. 3.2
NORMATIVO DE LAS FUNCIONES Y EQUIPAMIENTO URBANO DEL MUNICIPIO DE ALEGRIA

SIMBOLOGÍA

	Curvas @ 10m		Cementerio
	Red Hídrica		Correo
	Nacimiento de agua		Educativo
	Red Vial Nacional Básica		Iglesia
	Ejes de Conexión con el Exterior		Juzgados
	Red Vial Municipal		Recreativo
	Alcaldía		Salud
	Casa Comunal		Seguridad Publica
			Telecomunicaciones
			EQUIPAMIENTO PROPUESTO Recreativo Urbano

USOS GLOBALES DEL SUELO

ZONA URBANA

- Uso Residencial Alta Densidad
- Uso Residencial Baja Densidad
- Uso Residencial Media Densidad
- Uso Comercio-Servicio-Oficinas
- Uso Fuera de Ordenación

EQUIPAMIENTO EN ZONA URBANA

- Culturales y Religiosos
- Educativo
- Funerarios
- Institucional
- Parque Urbano
- Sanitarios y Asistenciales

ZONA URBANIZABLE

- Uso Residencial Baja Densidad
- Uso Residencial Media Densidad
- Parque Urbano

EQUIPAMIENTO EN ZONA URBANIZABLE

- Parque Urbano

Zonas Identificadas como Susceptibles a Riesgos

- Zonas con aptitud forestal
- Núcleos Rural

ZONA RURAL

- Zonas con aptitud forestal
- Núcleos Rural

ZONAS DE PROTECCIÓN

- Zona de protección de los recursos hídricos

Al no disponer de Ortofotos, se ha elaborado un montaje satelital, el cual puede contener índices de error de proyección Lambert Cónica Conforme. Georeferenciación de Foto Satelital Imagen SCR Utilizando 100 puntos de control.

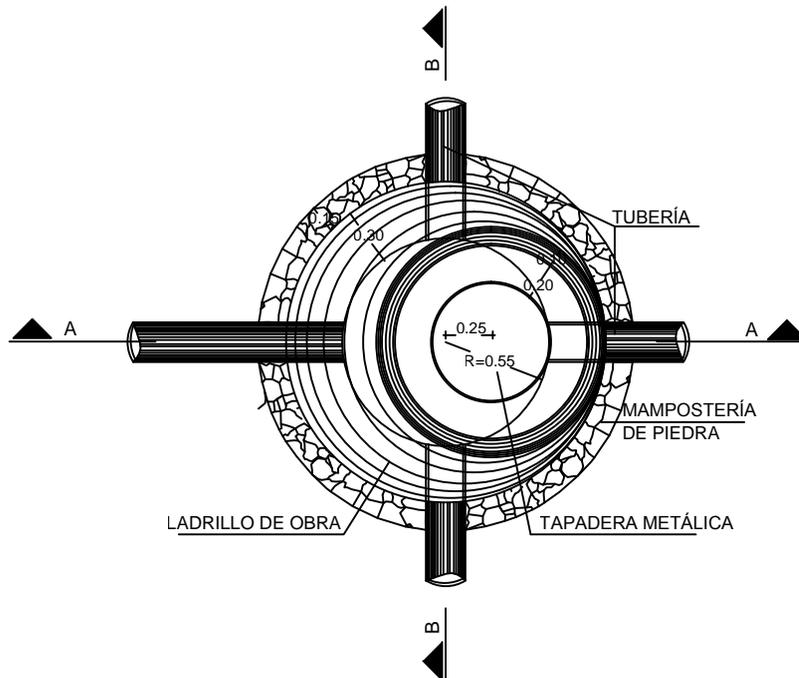


NOTA:
La zona de protección de los recursos hídricos es representativa, se debe realizar un estudio hidrologico.

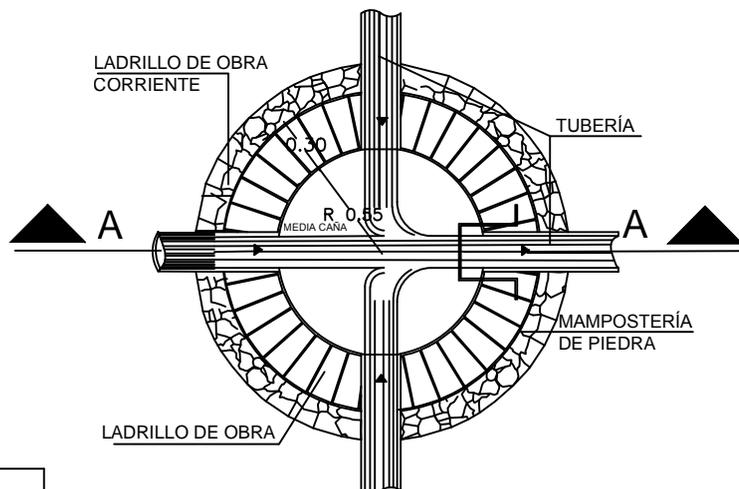
D.

PLANOS

PLANTA Y FONDO DE POZO DE VISITA SIN CAJA DE SOSTÉN Y SIN REFUERZO



PLANTA DE POZO DE VISITA



VISTA EN PLANTA DE FONDO DE POZO DE VISITA SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE GRADUACIÓN:
"PROPUESTA DE DISEÑO DE
ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA,
DEPARTAMENTO DE USulután"

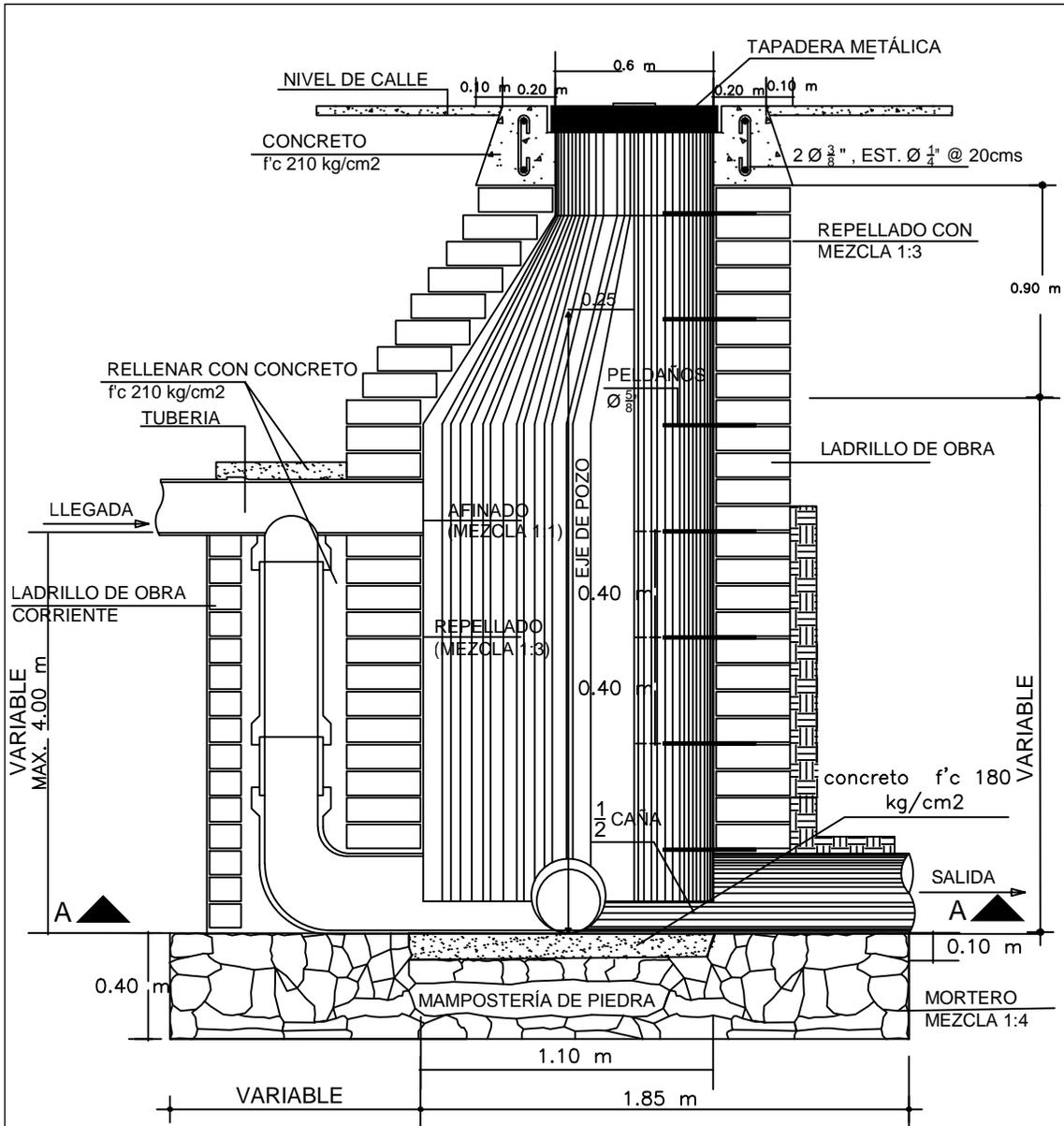
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ

DOCENTES ASESORES:
ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO
ING. EDGAR GAVIDIA PAREDES
ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO

FECHA:
MARZO 2015

HOJA:
2/5



POZO CON CAJA DE SOSTÉN SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE GRADUACIÓN:
"PROPUESTA DE DISEÑO DE
ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA,
DEPARTAMENTO DE USulután"

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

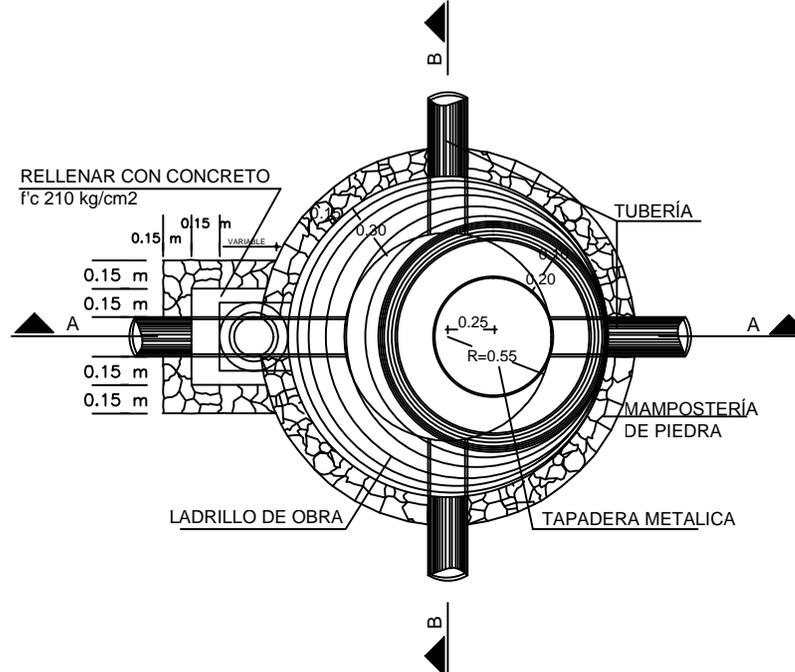
PRESENTA:
DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ

DOCENTES ASESORES:
ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO
ING. EDGAR GAVIDIA PAREDES
ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO

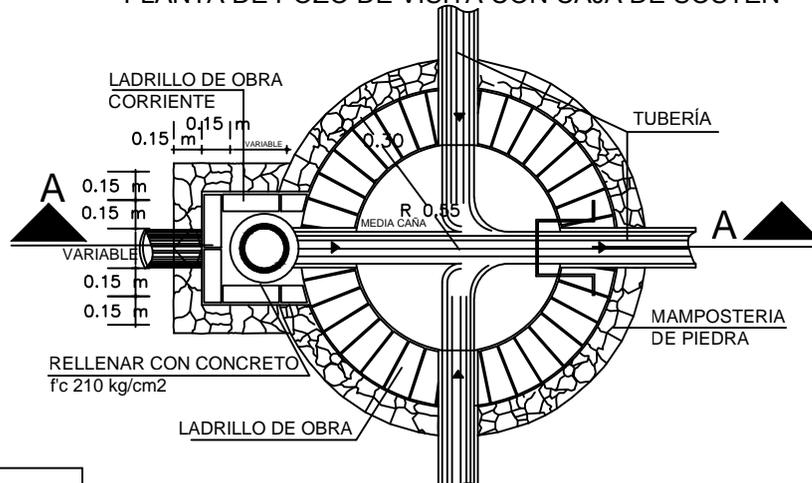
FECHA:
MARZO 2015

HOJA:
3/5

PLANTA Y FONDO DE POZO DE VISITA CON CAJA DE SOSTÉN Y SIN REFUERZO



PLANTA DE POZO DE VISITA CON CAJA DE SOSTÉN



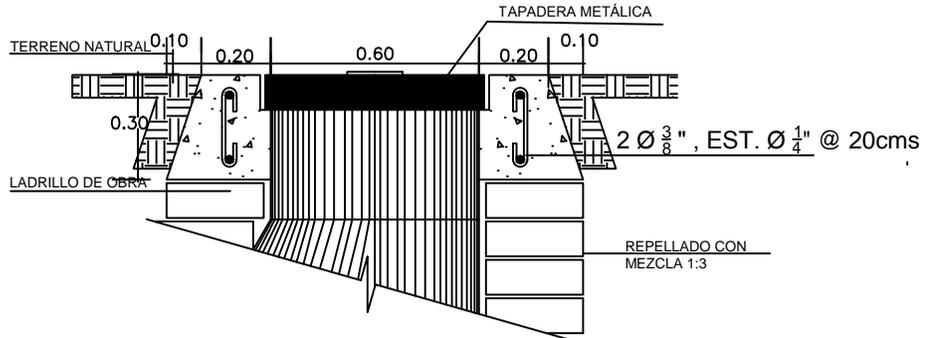
VISTA EN PLANTA DE FONDO DE POZO DE VISITA CON CAJA DE SOSTÉN SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

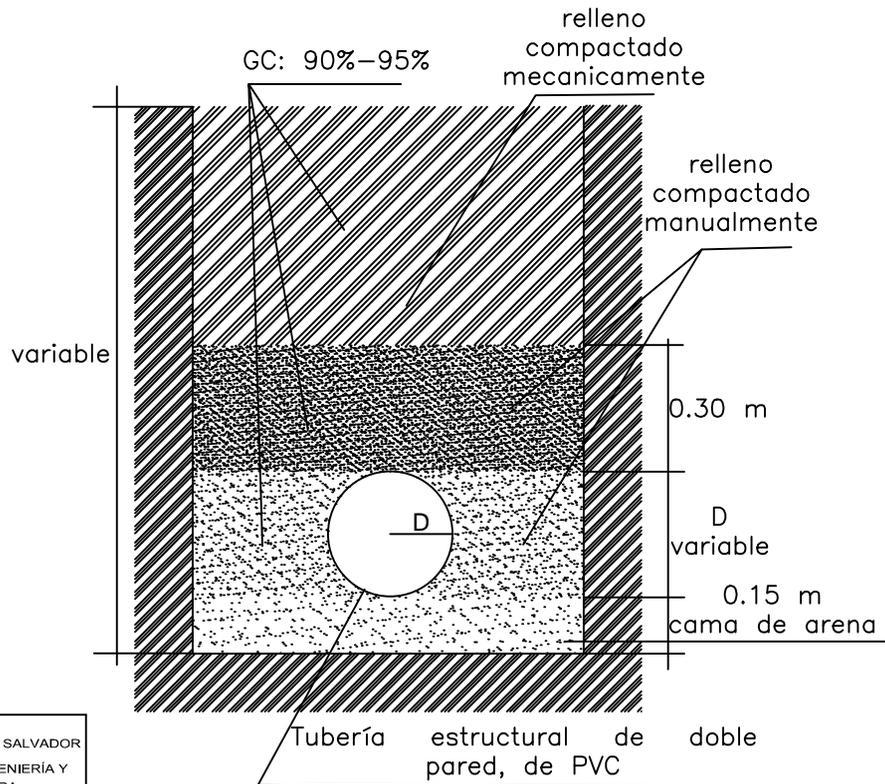


<p>TRABAJO DE GRADUACIÓN: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA, DEPARTAMENTO DE USulután"</p>	<p>PRESENTA: DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ</p>	<p>DOCENTES ASESORES: ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO ING. EDGAR GAVIDIA PAREDES ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO</p>	<p>FECHA: MARZO 2015</p>
<p>PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>			<p>HOJA: 4/5</p>

TAPADERA TIPO, DE HIERRO FUNDIDO Y DETALLE DE TUBERÍA



TAPADERA METÁLICA PARA LOS DOS TIPOS DE POZOS



DETALLE DE TUBERÍA
SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE GRADUACIÓN:
"PROPUESTA DE DISEÑO DE
ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRÍA,
DEPARTAMENTO DE USulután"

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

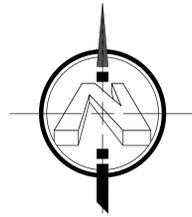
DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ

DOCENTES ASESORES:
ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO
ING. EDGAR GAVIDIA PAREDES
ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO

FECHA:
MARZO 2015

HOJA:
5/5

LEYENDA	USO DE SUELO
	Uso Área Verde y Recreativa
	Uso Clínica Médica
	Uso Comercial
	Uso Escolar
	Uso Hostales
	Uso Lavaderos
	Uso Lugares de Reunión
	Uso Oficinas
	Uso Residencial Alta Densidad
	Uso Residencial Media Densidad
	Uso Residencial Baja Densidad
	Uso Restaurante
	Uso Urbanizable



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE USOS DE SUELOS

TRABAJO DE GRADUACIÓN: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

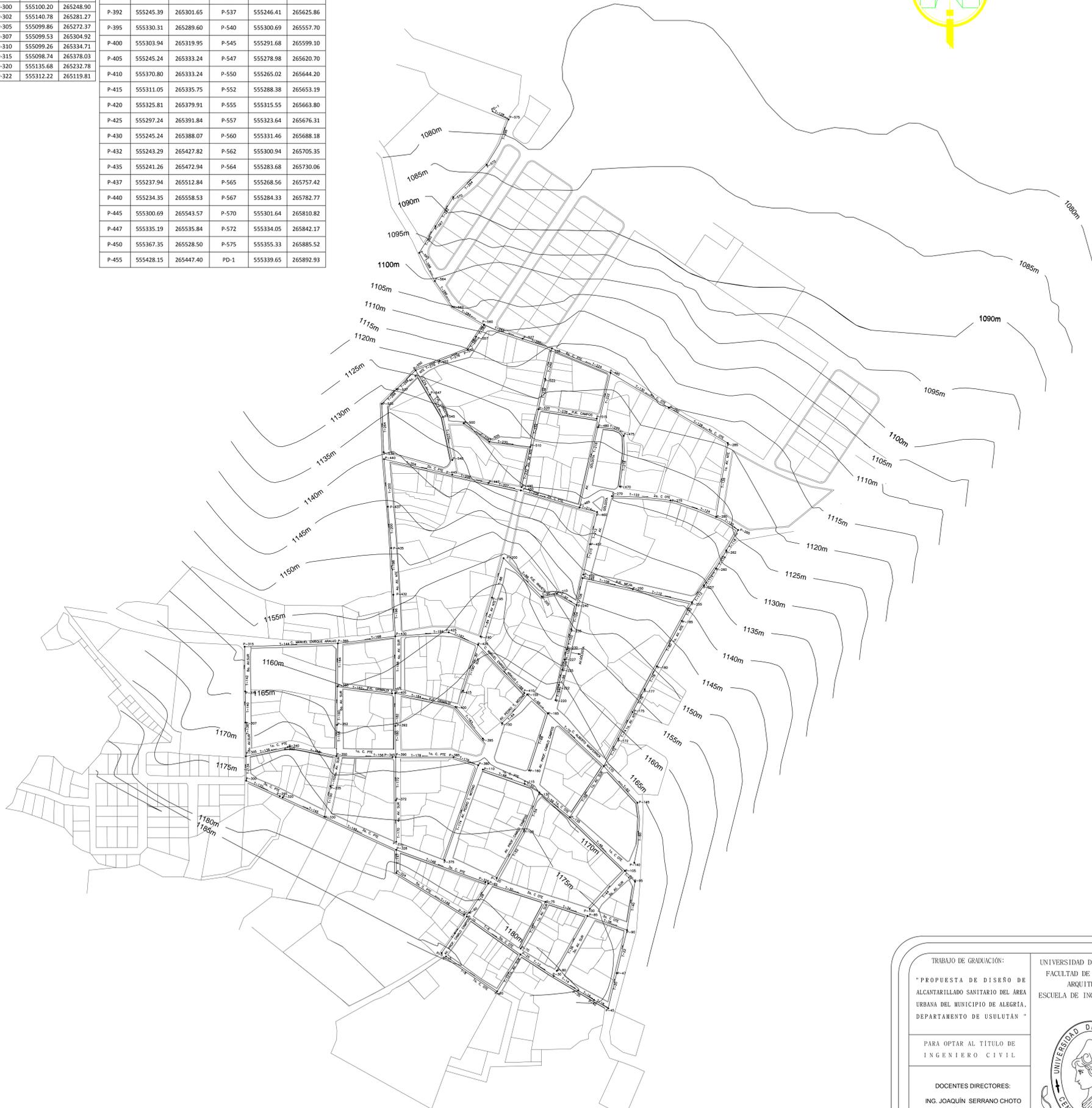
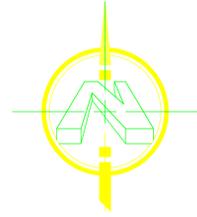
DOCENTES DIRECTORES:
ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO
ING. EDGAR GAVIDIA PAREDES
ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO



PRESENTA:
DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ

FECHA: Marzo de 2015	ESCALA: 1:1500	HOJA: 1/5
-------------------------	-------------------	--------------

Pozo	Coordenada X	Coordenada Y									
P-05	555290.34	265083.15	P-177	555487.76	265336.95	P-324	555246.21	265160.34	P-457	555434.65	265476.59
P-10	555314.82	265118.20	P-180	555499.68	265358.98	P-326	555332.81	265151.14	P-460	555441.44	265507.57
P-15	555294.73	265079.59	P-185	555516.68	265389.58	P-328	555246.18	265182.45	P-465	555424.49	265512.07
P-20	555344.33	265046.11	P-190	555328.11	265387.76	P-330	555176.38	265214.26	P-470	555463.62	265532.16
P-25	555367.04	265081.68	P-195	555339.31	265425.22	P-335	555182.23	265243.55	P-475	555467.28	265580.93
P-30	555399.37	265060.75	P-200	555350.61	265463.31	P-340	555142.69	265281.76	P-480	555442.38	265589.30
P-35	555423.12	265046.84	P-205	555387.65	265426.27	P-345	555242.51	265271.71	P-485	555454.37	265641.68
P-40	555438.51	265037.84	P-210	555402.30	265428.88	P-350	555188.00	265272.65	P-490	555368.08	265531.64
P-45	555452.32	265029.89	P-220	555401.05	265326.54	P-352	555188.39	265302.59	P-500	555311.69	265593.14
P-47	555460.61	265063.72	P-222	555404.40	265341.12	P-355	555242.20	265333.03	P-505	555336.72	265575.45
P-60	555317.12	265121.97	P-225	555407.64	265355.74	P-360	555188.84	265339.96	P-510	555376.45	265570.25
P-65	555335.54	265150.01	P-227	555409.86	265365.44	P-365	555189.46	265381.27	P-515	555441.12	265597.56
P-70	555367.14	265087.33	P-230	555412.03	265375.41	P-370	555246.18	265190.09	P-520	555384.41	265606.67
P-75	555391.21	265132.33	P-235	555416.43	265394.87	P-372	555245.80	265299.99	P-522	555390.95	265635.88
P-80	555402.41	265065.99	P-240	555421.66	265418.21	P-375	555293.16	265172.51	P-525	555397.59	265665.27
P-85	555432.23	265118.73	P-245	555427.42	265444.05	P-380	555326.02	265263.97	P-527	555369.12	265674.40
P-90	555470.53	265105.12	P-250	555476.24	265433.38	P-385	555301.85	265271.61	P-530	555233.93	265565.23
P-95	555478.48	265151.79	P-255	555533.90	265420.72	P-390	555245.55	265271.71	P-535	555232.06	265611.87
P-100	555434.53	265125.63	P-257	555454.54	265436.85	P-392	555245.39	265301.65	P-537	555246.41	265625.86
P-105	555468.43	265162.15	P-260	555557.13	265453.36	P-395	555330.31	265289.60	P-540	555300.69	265557.70
P-110	555330.41	265259.68	P-262	555567.11	265470.50	P-400	555303.94	265319.95	P-545	555291.68	265599.10
P-115	555371.22	265245.86	P-265	555578.69	265490.30	P-405	555245.24	265333.24	P-547	555278.98	265620.70
P-120	555344.02	265155.35	P-270	555455.98	265522.95	P-410	555370.80	265333.24	P-550	555265.02	265644.20
P-125	555370.60	265201.60	P-275	555512.87	265518.77	P-415	555311.05	265335.75	P-552	555288.38	265653.19
P-130	555385.35	265237.70	P-280	555557.34	265502.96	P-420	555325.81	265379.91	P-555	555315.55	265663.80
P-135	555414.86	265213.84	P-285	555568.54	265574.12	P-425	555297.24	265391.84	P-557	555323.64	265676.31
P-140	555477.64	265169.90	P-290	555511.34	265608.03	P-430	555245.24	265388.07	P-560	555331.46	265688.18
P-145	555480.56	265227.84	P-295	555132.96	265234.04	P-432	555243.29	265427.82	P-562	555300.94	265705.35
P-150	555349.15	265304.36	P-300	555100.20	265248.90	P-435	555241.26	265472.94	P-564	555283.68	265730.06
P-155	555373.53	265331.88	P-302	555140.78	265281.27	P-437	555237.94	265512.84	P-565	555268.56	265757.42
P-160	555375.41	265258.84	P-305	555099.86	265272.37	P-440	555234.35	265558.53	P-567	555284.33	265782.77
P-165	555393.51	265313.88	P-307	555099.53	265304.92	P-445	555300.69	265543.57	P-570	555301.64	265810.82
P-170	555447.99	265262.92	P-310	555099.26	265334.71	P-447	555335.19	265535.84	P-572	555334.05	265842.17
P-172	555462.15	265289.30	P-315	555098.74	265378.03	P-450	555367.35	265528.50	P-575	555355.33	265885.52
P-175	555475.93	265315.03	P-320	555135.68	265232.78	P-455	555428.15	265447.40	PD-1	555339.65	265892.93
			P-322	555312.22	265119.81						



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE RED DE AGUAS RESIDUALES

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
●	POZO DE VISITA
▼	PUNTO DE DESCARGA

NOMENCLATURA DE POZOS Y TUBERIAS

nombre de tubería- dirección del flujo

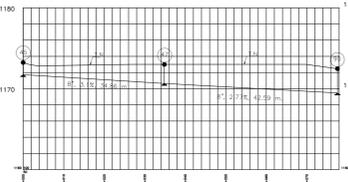
nombre del pozo o caja de registro

nombre del pozo o caja de registro

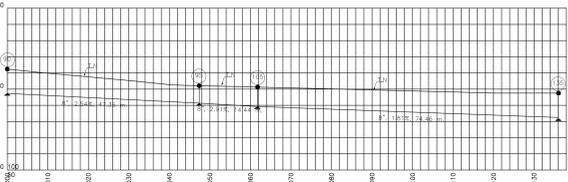
TRABAJO DE GRADUACIÓN:		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
"PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRIA, DEPARTAMENTO DE USulután"		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DOCENTES DIRECTORES:		
ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO		
ING. EDGAR GAVDIA PAREDES		
ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO		
PRESENTA:		
DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS		
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA		
FUENTES GÁLVEZ, FERNANDO JOSÉ		
FECHA:	ESCALA:	HOJA:
Marzo de 2015	1:1500	2/5

PERFILES CON TUBERÍAS

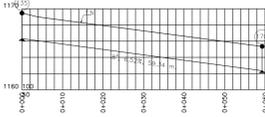
COLECTOR PRINC. 1AA: C. ALBERTO MASFERRER ENTRE 5a. C OTE Y 3a. C OTE



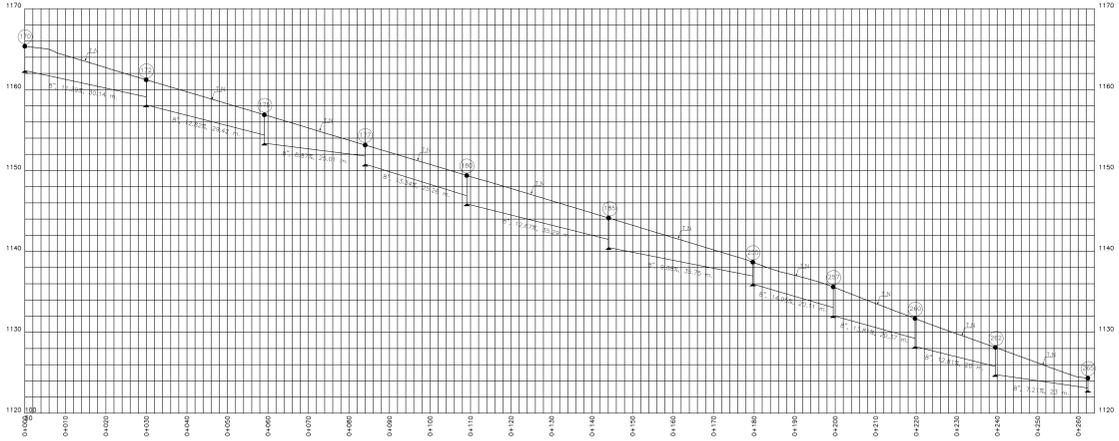
COLECTOR PRINC. 1BB: C. ALBERTO MASFERRER TRAMO DE 3a. C OTE A INTERSECCIÓN CON 1a. C OTE Y 1a. C OTE ENTRE 3a. AV SUR Y 1a. AV SUR



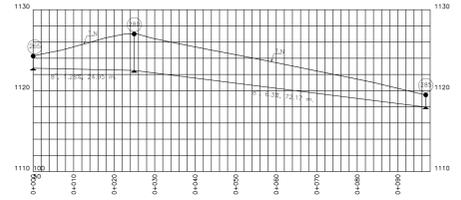
COLECTOR PRINC. 1CC: 1a. AV SUR ENTRE 1a. C. OTE Y C. ALBERTO MASFERRER



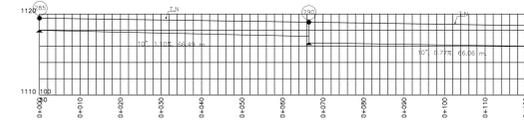
COLECTOR PRINC. 1DD: 1a. AV NTE NTE ENTRE C. ALBERTO MASFERRER Y C. AL CEMENTERIO



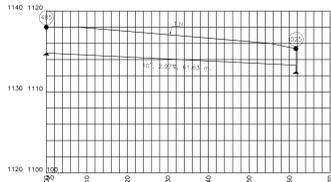
COLECTOR PRINC. 1EE: 1a. AV NTE ENTRE 2a. C. OTE Y 4a. C. OTE



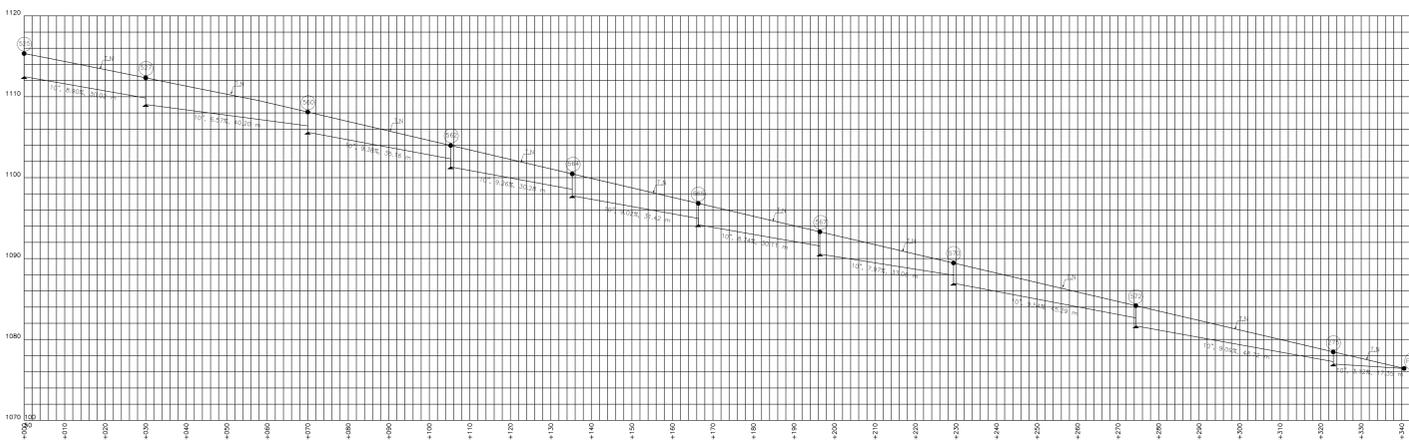
COLECTOR PRINC. 1FF: 4a. C. OTE ENTRE 1a. AV NTE Y 4a. C. PTE



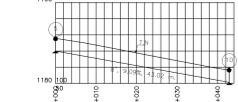
COLECTOR PRINC. 1GG: 4a. C. PTE DE AV. GÓLDOTA HASTA 2a. AV NTE



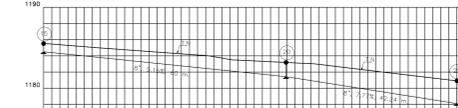
COLECTOR PRINC. 2f: 4a. C. PTE. DE 2a. AV. NTE HASTA PUNTO DE DESCARGA



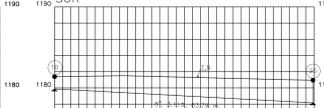
COLECTOR SECUNDARIO 1A: AV PROF. CAMILO CAMPOS ENTRE 5a. C. PTE Y 7a. C. PTE



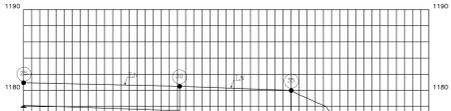
COLECTOR SECUNDARIO 1B: 7a. C. OTE Y 1a. AV SUR ENTRE 7a. C OTE Y 5a C. OTE



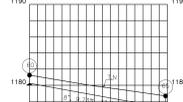
COLECTOR SECUNDARIO 1C: 5a. C. OTE DE AV. PROF CAMILO CAMPOS A 1a. AV SUR



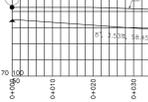
COLECTOR SECUNDARIO 1D: 5a. C. OTE DE 1a. AV. SUR HASTA C. ALBERTO MASFERRER



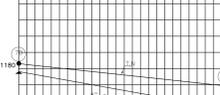
COLECTOR SECUNDARIO 1E: AV PROF CAMILO CAMPOS ENTRE 3a. C. PTE Y 5a. C. PTE



COLECTOR SECUNDARIO 1F: 3a. C. OTE ENTRE AV PROF CAMILO CAMPOS Y 1a. AV SUR



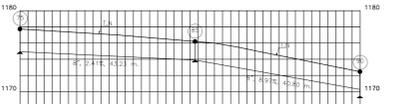
COLECTOR SECUNDARIO 1G: 1a. AV SUR ENTRE 3a. C. OTE Y 5a. C. OTE



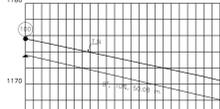
COLECTOR SECUNDARIO 1H: 3a. AV SUR ENTRE 3a. C. OTE Y 5a. C. OTE



COLECTOR SECUNDARIO 1I: 3a. C. OTE ENTRE 1a. AV SUR Y C. ALBERTO MASFERRER



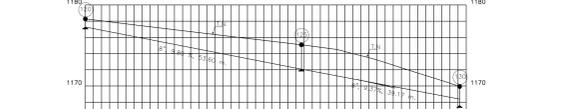
COLECTOR SECUNDARIO 1J: 3a. AV SUR ENTRE 3a. C. OTE Y 1a. C. OTE



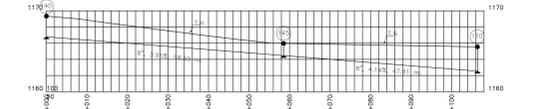
COLECTOR SECUNDARIO 1K: 1a. C. PTE ENTRE AV. PEDRO T. MOTIÑO Y AV. PROF. CAMILO CAMPOS; Y 1a. C. OTE ENTRE AV. PROF. CAMILO CAMPOS Y 1a. AV SUR



COLECTOR SECUNDARIO 1L: AV. PROF. CAMILO CAMPOS ENTRE 1a. C. OTE Y 3a. C. OTE



COLECTOR SECUNDARIO 1M: C. ALBERTO MASFERRER ENTRE 1a. C. OTE Y 1a. AV SUR



PERFIL 1AA										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-2	47	47	34.68	0.00	80.2000	3.12%	47	1173.28	1.50	1171.78
1-2	47	90	42.59	0.00	80.2000	2.77%	47	1173.28	2.50	1170.78

PERFIL 1B										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-B	35	35	59.39	0.00	80.2000	5.10%	10	1181.90	1.50	1180.40
1-B	35	40	27.33	0.00	80.2000	3.66%	25	1181.90	1.50	1180.40

PERFIL 1C										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-C	10	25	63.79	0.00	80.2000	3.11%	25	1183.35	2.50	1180.85

PERFIL 1D										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-D	25	30	58.33	0.00	80.2000	1.66%	25	1183.95	2.50	1181.45
1-D	30	35	27.33	0.00	80.2000	3.66%	25	1183.95	2.50	1181.45

PERFIL 1E										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-E	35	40	17.34	0.00	80.2000	11.70%	45	1178.35	1.50	1176.85
1-E	40	45	15.99	0.00	80.2000	7.56%	45	1178.35	1.50	1176.85

PERFIL 1F										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-F	40	45	33.17	0.00	80.2000	3.52%	45	1179.50	1.50	1178.00

PERFIL 1G										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-G	285	285	24.96	0.00	80.2000	1.26%	285	1123.52	1.50	1122.02
1-G	285	285	72.17	0.00	80.2000	6.20%	285	1123.52	1.50	1122.02

PERFIL 1H										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-H	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11
1-H	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1I										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-I	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1J										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-J	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1K										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-K	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1L										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-L	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1M										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-M	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1N										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-N	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1O										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-O	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1P										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-P	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

PERFIL 1Q										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERÍA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
1-Q	100	100	50.08	0.00	80.2000	10.00%	100	1175.61	2.50	1173.11

TRABAJO DE GRADUACIÓN: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCAANTARILLAS SANTIAGO DE CABERNA EN EL MUNICIPIO DE ALEGRIA, DEPARTAMENTO DE ESQUELETA"

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DOCENTES DIRECTORES:
ING. JOAQUÍN SERRANO CHOTO
ING. EDGAR GAVIÑA PAREDES
ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORRIJO

PRESENTA:
DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
FUENTES GALVEZ, FERNANDO JOSÉ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

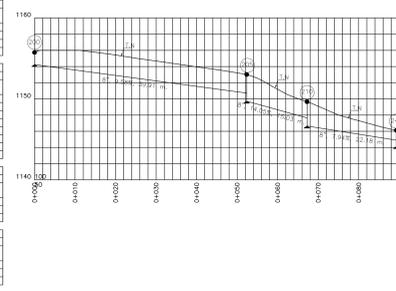
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PEDRO AMBROSIO
1960

FECHA: Marzo de 2015
ESCALA: HORIZONTAL 1:500 VERTICAL 1:250
HOJA: 3/5

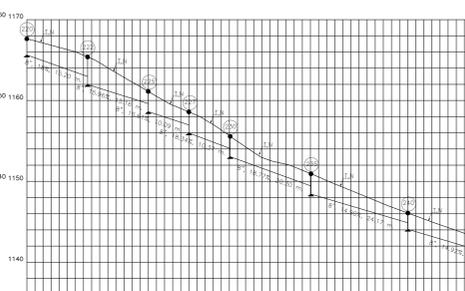
PERFILES CON TUBERÍAS

PERFIL 1 R										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO PAB (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-148	200	205	50.74	1.00	800 (200)	4.73%	200	1150.74	1.50	1152.24
T-150	200	210	10.00	1.00	800 (200)	14.00%	200	1151.00	3.30	1154.30
T-152	210	240	30.00	1.00	800 (200)	7.94%	210	1148.00	3.00	1151.00

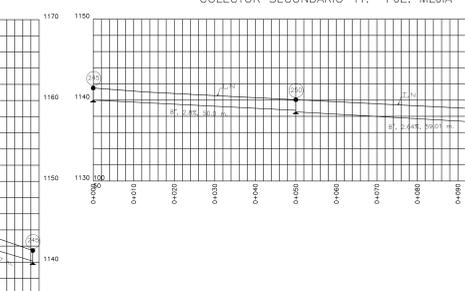
COLECTOR SECUNDARIO 1R: PJE. IRAHETA.



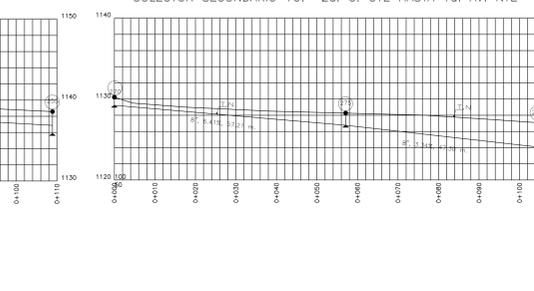
COLECTOR SECUNDARIO 1S: AV. GOLGOTA HASTA PJE. MEJIA.



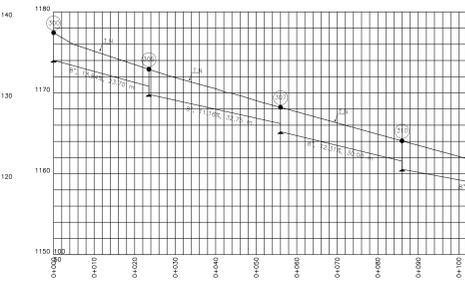
COLECTOR SECUNDARIO 1T: PJE. MEJIA



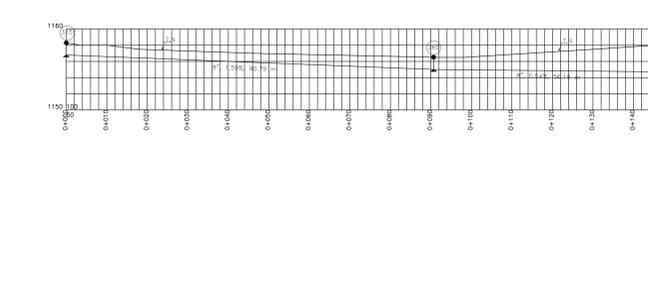
COLECTOR SECUNDARIO 1U: 2a. C. OTE HASTA 1a. AV. NTE



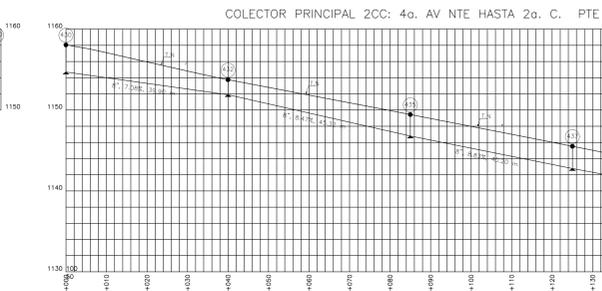
COLECTOR PRINCIPAL 2AA: 8a. AV. SUR.



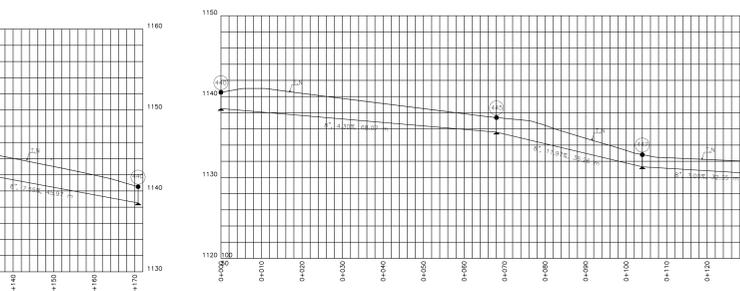
COLECTOR PRINCIPAL 2BB: C. MANUEL ENRIQUE ARAUJO ENTRE 8a. AV SUR Y 4a. AV SUR



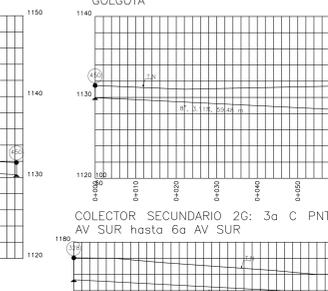
COLECTOR PRINCIPAL 2CC: 4a. AV NTE HASTA 2a. C. PTE



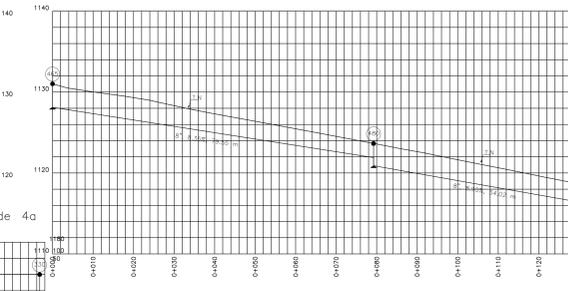
COLECTOR PRINCIPAL 2DD: 2a. C. PTE ENTRE 4a. AV NTE Y 2a. AV NTE Camilo C. y 4a AV SUR



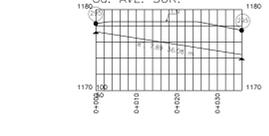
COLECTOR PRINCIPAL 2EE: 2a. C. PTE ENTRE 2a. AV NTE Y AV GOLGOTA



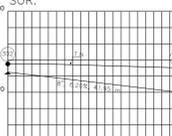
COLECTOR PRINCIPAL 2FF: AV. GOLGOTA ENTRE 2a. C. PTE Y 4a. C. PTE



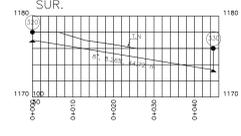
COLECTOR SECUNDARIO 2A: 3a C.PTE, HASTA 8a. AVE. SUR.



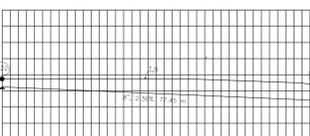
TUB. SECUNDARIA 2B: 1a. C. PTE HASTA 8a. AV. SUR.



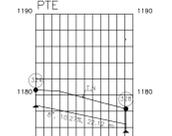
COLECTOR SECUNDARIO 2C: 3a C.PTE, HASTA 6a. AVE. SUR.



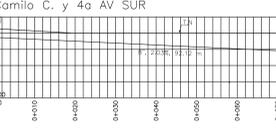
COLECTOR SECUNDARIO 2D: 5a. C. PNT ENTRE AVE. Prof. Camilo C. Y 4a. AVE. SUR.



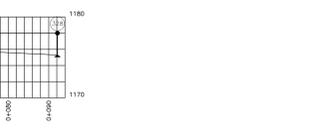
COLECTOR SECUNDARIO 2E: 4a AV SUR entre 5a. C. PTE Y 3a. C. PTE



COLECTOR SECUNDARIO 2F: 3a C. PTE entre AVE Prof. Camilo C. y 4a AV SUR



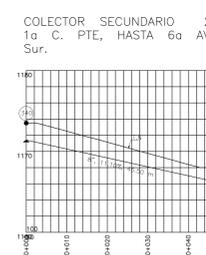
COLECTOR SECUNDARIO 2G: 3a C. PTE de 4a AV SUR hasta 6a AV SUR



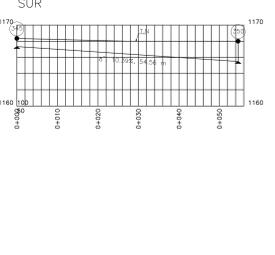
COLECTOR SECUNDARIO 2H: 6a. AV. SUR DE 3a. C. PTE A 1a. C. PTE



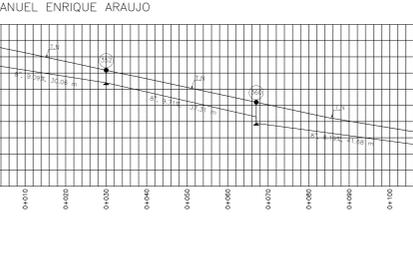
COLECTOR SECUNDARIO 2I: 1a C. PTE, HASTA 6a AV SUR.



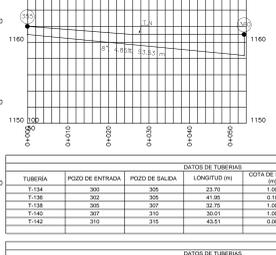
COLECTOR SECUNDARIO 2J: 1a. C. PTE ENTRE 4a. AV. SUR Y 6a. AV SUR



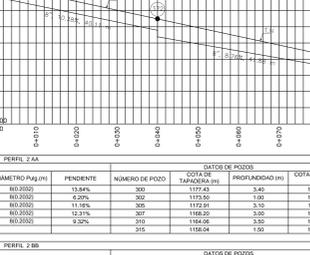
COLECTOR SECUNDARIO 2K: 6a. AV SUR ENTRE 1a. C. PTE C. MANUEL ENRIQUE ARAUJO



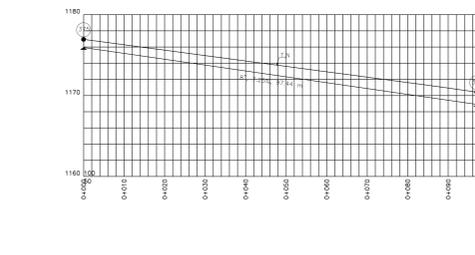
COLECTOR SECUNDARIO 2L: PJE. GRIMALDI ENTRE 6a. AV SUR Y 4a. AV SUR



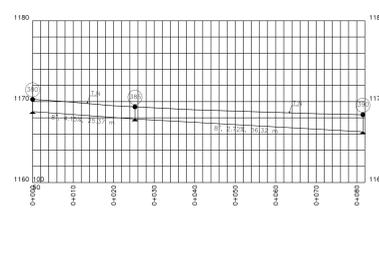
COLECTOR SECUNDARIO 2M: 4a. AV. SUR DE 3a. C. PTE A 1a. C. PTE



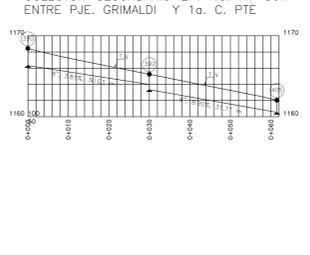
COLECTOR SECUNDARIO 2N: AV. PEDRO T. MOTIÑO, HASTA 1a. C. PTE



COLECTOR SECUNDARIO 2O: 1a. C. PTE ENTRE AV. PEDRO T. MOTIÑO Y 4a. AV SUR



COLECTOR SECUNDARIO 2P: 4a. AV SUR ENTRE PJE. GRIMALDI Y 1a. C. PTE



LEYENDA

- # DE POZO
- COTA DE TAPADERA
- COTA DE FONDO
- DIAMETRO, PENDIENTE, LONGITUD.

PERFIL 2A										
DATOS DE TUBERÍAS					DATOS DE POZOS					
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO PAB (mm)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-152	200	205	36.08	0.80	800 (200)	7.89%	200	1173.28	1.50	1174.78
T-154	205	210	10.00	0.80	800 (200)	14.00%	205	1173.00	3.40	1176.40
T-156	210	240	30.00	0.80	800 (200)	6.20%	210	1173.00	1.80	1174.80

TRABAJO DE GRADUACIÓN:
 "PROPUESTA DE DISEÑO DE
 ACUMULADOR SANITARIO DEL ÁREA
 URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRIA,
 DEPARTAMENTO DE ESQUELÉS"

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y
 ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 CENTRO AMERICANO
 DE INGENIERÍA CIVIL

PRESENTA:
 DÍAZ NIETO, REYNALDO SANTOS
 ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA
 FUENTES GALVEZ, FERNANDO JOSÉ

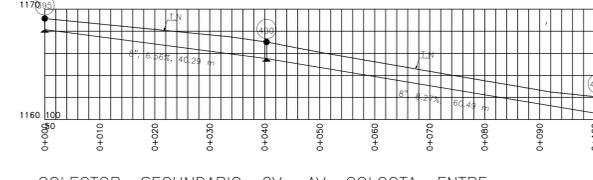
FECHA:
 Marzo de 2015

ESCALA:
 HORIZONTAL 1:500
 VERTICAL 1:250

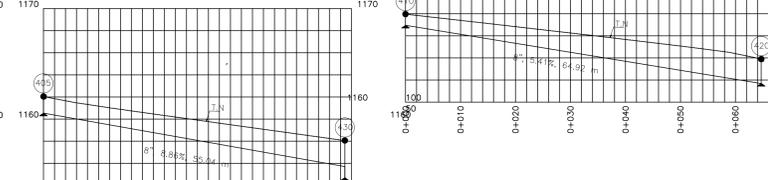
HOJA:
 4/5

PERFILES CON TUBERÍAS

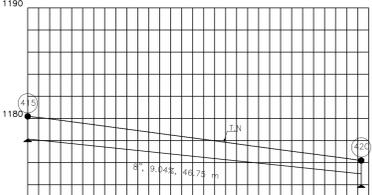
COLECTOR SECUNDARIO 2Q: PJE. GRIMALDI ENTRE AV. PEDRO T. MOTIÑO Y 4a. AV SUR



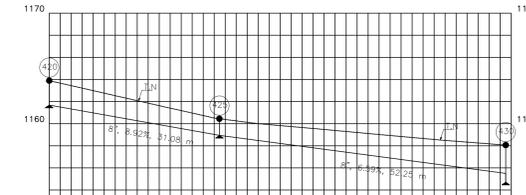
COLECTOR SECUNDARIO 2S: C. MANUEL ENRIQUE ARAUJO ENTRE AV. PEDRO T. MOTIÑO Y 2a. AV SUR



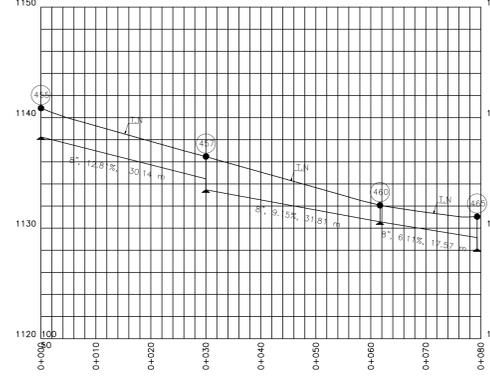
COLECTOR SECUNDARIO 2T: 2a. AV SUR ENTRE PJE. GRIMALDI Y C. MANUEL ENRIQUE ARAUJO



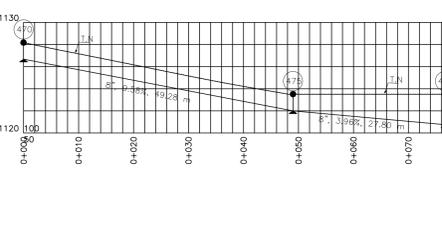
COLECTOR SECUNDARIO 2U: C. MANUEL ENRIQUE ARAUJO ENTRE 2a. AV SUR Y 4a. AV SUR



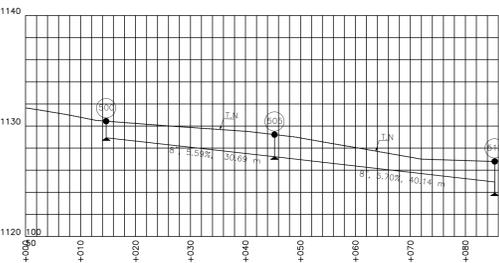
COLECTOR SECUNDARIO 2V: AV GOLGOTA ENTRE PJE. MEJIA Y 2a. C. PTE



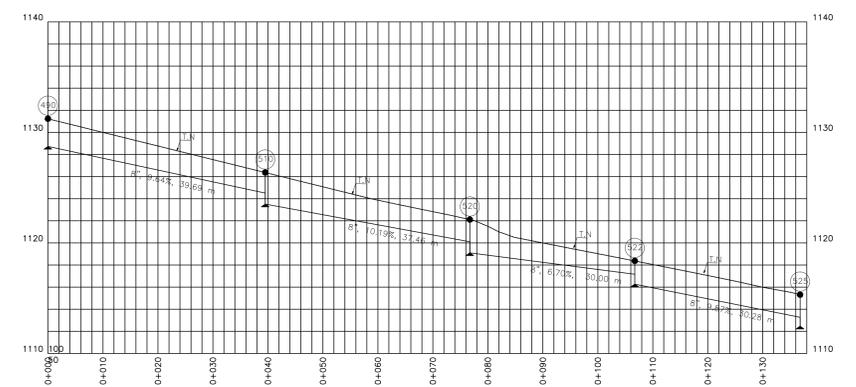
COLECTOR SECUNDARIO 2W: PJE. QUE RODEA IGLESIA ENTRE AV GOLGOTA Y 2a. C. OTE



COLECTOR SECUNDARIO 2Y: PJE. DE 2a. AV. NTE. HASTA PJE. CORDOVA



COLECTOR SECUNDARIO 2X: 2a. AV NTE ENTRE 2a. C. PTE Y 4a. C. PTE



DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-160	390	382	30.03	0.65	800 (2032)	7.81%	390	1168.43	2.10	1166.33
T-162	392	405	31.71	0.00	800 (2032)	8.90%	392	1165.25	1.90	1163.35

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-163	395	400	40.29	0.00	800 (2032)	6.56%	395	1169.15	1.00	1168.15
T-164	400	405	60.49	0.00	800 (2032)	8.27%	400	1167.02	1.50	1165.52

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-166	405	430	55.04	1.00	800 (2032)	8.86%	405	1162.05	1.50	1160.55
							430	1158.06	3.35	1154.71

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-168	410	420	64.92	0.00	800 (2032)	5.41%	410	1166.19	1.00	1165.19
							420	1163.89	2.20	1161.69

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-160	415	420	46.75	1.00	800 (2032)	9.04%	415	1168.93	2.05	1166.88
							420	1163.89	2.20	1161.69

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-162	420	425	31.06	0.00	800 (2032)	9.32%	420	1163.89	2.20	1161.69
T-164	425	430	52.25	1.80	800 (2032)	6.59%	425	1160.44	1.50	1158.94
							430	1158.06	3.35	1154.71

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-210	455	457	30.14	1.00	800 (2032)	12.81%	455	1140.86	2.60	1138.26
T-212	457	460	31.85	0.00	800 (2032)	9.15%	457	1136.46	3.00	1133.46
T-214	460	465	17.57	1.00	800 (2032)	6.11%	460	1132.07	1.50	1130.57
							465	1131.60	2.90	1128.70

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-218	470	475	49.28	0.00	800 (2032)	9.58%	470	1128.18	1.50	1126.68
T-220	475	480	27.60	0.00	800 (2032)	3.96%	475	1123.80	1.50	1122.30
							480	1123.85	2.75	1120.90

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-232	490	510	39.69	1.00	800 (2032)	9.64%	490	1131.23	2.50	1128.73
T-234	510	520	37.46	1.00	800 (2032)	10.19%	510	1128.79	2.80	1125.99
T-238	520	522	30.00	0.90	800 (2032)	6.70%	520	1122.16	3.00	1119.16
T-240	522	525	30.28	0.80	800 (2032)	9.87%	522	1118.36	2.10	1116.26
							525	1115.35	2.85	1112.50

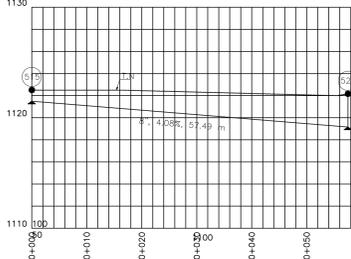
DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-228	500	505	30.69	0.00	800 (2032)	5.59%	500	1130.43	1.50	1128.93
T-230	505	510	40.14	1.00	800 (2032)	5.70%	505	1129.22	2.00	1127.22
							510	1126.79	2.85	1123.94

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-190	415	420	46.75	1.00	800 (2032)	9.04%	415	1122.50	1.00	1121.50
							420	1122.16	3.00	1119.16

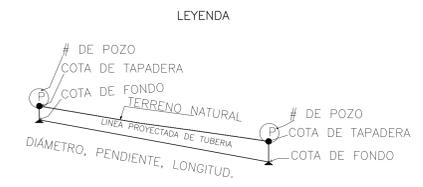
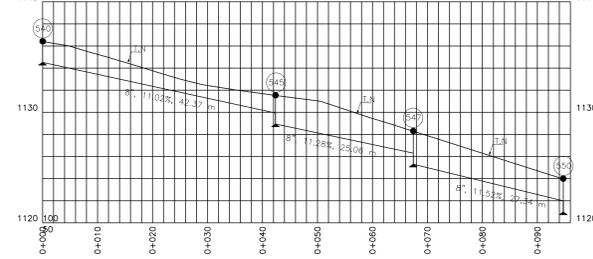
DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-264	530	535	47.04	0.80	800 (2032)	12.37%	530	1139.65	2.10	1137.55
T-266	535	537	20.35	1.00	800 (2032)	17.63%	535	1134.67	3.55	1131.12
T-268	537	550	28.64	1.00	800 (2032)	17.72%	537	1130.54	4.00	1126.54
T-270	550	552	25.19	1.00	800 (2032)	11.38%	550	1123.98	3.00	1120.98
T-272	552	555	28.44	1.00	800 (2032)	13.63%	552	1119.95	2.80	1117.15
T-280	555	557	15.12	1.00	800 (2032)	17.59%	555	1115.21	3.00	1112.21
T-282	557	560	14.36	1.00	800 (2032)	14.28%	557	1111.63	3.00	1108.63
							560	1108.12	2.50	1105.62

DATOS DE TUBERIAS							DATOS DE POZOS			
TUBERIA	POZO DE ENTRADA	POZO DE SALIDA	LONGITUD (m)	COTA DE SALIDA (m)	DIAMETRO Pulg (m)	PENDIENTE	NÚMERO DE POZO	COTA DE TAPADERA (m)	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE FONDO (m)
T-204	440	445	45.07	0.00	800 (2032)	4.30%	440	1140.52	2.00	1138.52
T-206	445	447	36.26	0.00	800 (2032)	11.97%	445	1137.40	1.80	1135.60
T-207	447	450	32.35	0.00	800 (2032)	3.00%	447	1132.82	1.50	1131.32
							450	1131.85	1.50	1130.35

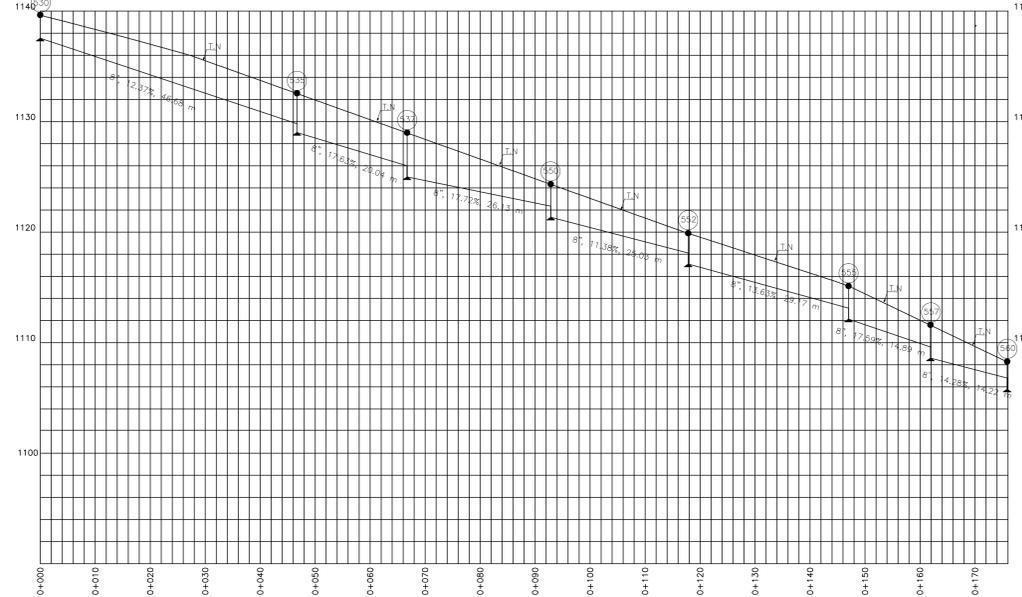
COLECTOR SECUNDARIO 2Z: PJE. CAMPOS



COLECTOR SECUNDARIO 2Z2: PJE. CORDOVA



COLECTOR SECUNDARIO 2Z1: 4a. AVE. NTE, ENTRE 2a C. PTE y 4a C. PTE



<p>TRABAJO DE GRADUACION:</p> <p>"PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ALEGRIA, DEPARTAMENTO DE USELUTÁN"</p>	<p>DOCENTES DIRECTORES:</p> <p>ING. JOAQUIN SERRANO CHOTO</p> <p>ING. EDGAR GAVIDA PAREDES</p> <p>ING. CRISTIAN GONZÁLEZ CORNEJO</p>			
<p>PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PRESENTA:</p> <p>DIAZ NIETO, REYNALDO SANTOS</p> <p>ESQUIVEL CORADO, LEDY MARISELA</p> <p>FUENTES GALVEZ, FERNANDO JOSE</p>	<p>FECHA:</p> <p>Marzo de 2015</p>	<p>ESCALA:</p> <p>HORIZONTAL 1:500</p> <p>VERTICAL 1:250</p>	<p>HOJA:</p> <p>5/5</p>

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal. *Etapa 1: Informe de Condiciones Previas. Asistencia Técnica para la Formulación del Plan Estratégico Participativo con Énfasis en el Desarrollo Económico del Municipio de Alegría*. Usulután, 2013.
- Alcaldía Municipal. *Etapa 2: Diagnóstico Participativo del Municipio de Alegría. Asistencia Técnica para la Formulación del Plan Estratégico Participativo con Énfasis en el Desarrollo Económico del Municipio de Alegría*. Usulután, 2013.
- Alcaldía Municipal. *Etapa 3: Plan Estratégico Participativo. Asistencia Técnica para la Formulación del Plan Estratégico Participativo con Énfasis en el Desarrollo Económico del Municipio de Alegría*. Usulután, 2013.
- ANDA. *Manual de Planificación de Alcantarillado*. San Salvador, 2009.
- ANDA. *Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras*. San Salvador, 1998.
- Asamblea Legislativa. *Decreto 39 Reglamento Especial de Aguas Residuales de El Salvador*. San Salvador, 2000.
- Centro Nacional de Registros. *Monografía del Departamento de Usulután*. San Salvador: CNR, 1992.

- Comisión Nacional del Agua. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario*. México, 2009.
- EPA. *Manual de Usuario SWMM 5.0*. Estados Unidos, 2005.
- FUNDE. *Plan de Competitividad de Alegría*. San Salvador, 2012.
- Ministerio de Salud. *Sistema de Información de Ficha Familiar*. 2011.
http://siff.salud.gob.sv/index_suis.php (último acceso: 2014).
- Rodríguez Ruiz, Pedro. *Hidráulica de Canales*. México, 2008.
- USAID. *Plan de Competitividad Municipal de Alegría 2012 - 2016*. Usulután, 2012.
- VMVDU. *Marco Normativo Ventanilla Unica*. www.vivienda.gob.sv, 2011.
- VMVDU. *Plan de Desarrollo Territorial para la Región Usulután*. San Salvador, 2013.