

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial de la urbanización privada Las Piñas ubicada en el cantón Milagro, sector Las Piñas”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Gloria Iliana Calle Rivero

Priscilla Ivonne Chuico Rey

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi familia que son el motor de cada paso que doy en mi vida. A mis padres Klever Chuico y Gina Rey por su apoyo incondicional y a mi querida hermana por ser la persona que me impulsa a mejorar cada día. A mis amigos que me han acompañado a lo largo de mi vida universitaria contribuyendo con sus conocimientos y habilidades en mi desarrollo profesional.

Priscilla Ivonne Chuico Rey

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a las personas más importantes en mi vida: mi familia, mis padres, hermanas y abuelitos, quienes siempre me han apoyado en todo momento, y mis amigos por acompañarme durante esta etapa.

Gloria Iliana Calle Rivero

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la ESPOL por formarnos como profesionales. Al Ing. Erwin Larreta por su apoyo durante nuestra carrera universitaria y más que un tutor, ser un amigo que siempre está dispuesto a ayudar a los demás. Al Dr. David Matamoros por guiarnos para culminar con éxito este proyecto y por sus conocimientos compartidos durante esta etapa, al igual que el Dr. Miguel Ángel Chávez, excelentes profesionales con mucha experiencia de quienes se puede aprender mucho. Al Ing. Arnaldo Bayona por su paciencia y conocimientos compartidos en este proyecto y en materias. Nuestros tutores, Ing. Christian Sanga, Ing. Cristian Salas y Dis. Int. Carola Zavala por su guía y apoyo durante el proyecto.

Gloria Iliana Calle Rivero
Priscilla Ivonne Chuico Rey

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la ESPOL y a los profesores que contribuyeron con sus conocimientos y experiencias a mi formación profesional en esta prestigiosa institución. A mis padres por siempre estar presentes con su apoyo y confianza, siendo los principales colaboradores en cada uno de nuestros logros. Y gracias a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesaria a lo largo de mi carrera universitaria.

Priscilla Ivonne Chuico Rey

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de formarme como profesional, de darme valentía, inteligencia y fortaleza durante esta etapa. A mi familia por su apoyo y amor incondicional. A mis amigos por siempre ayudarme y estar presentes en todo momento. A un gran amigo y excelente profesional, al Ing. Erwin Larreta, por siempre brindarme su apoyo, compartir sus conocimientos y ayudarme en todo momento. A mi equipo de trabajo por darme la oportunidad de aprender de ellos y el apoyo en esta etapa.

Gloria Iliana Calle Rivero

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Gloria Iliana Calle Rivero y Priscilla Ivonne Chuico Rey y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Gloria Calle Rivero

Priscilla Chuico Rey

EVALUADORES

PhD. Miguel Ángel Chávez

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Christian Sanga

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En todo proyecto sanitario es esencial el manejo que se le dan a las aguas generadas por la población y las lluvias, el diseño de sistemas de alcantarillado es importante en sectores urbanizados donde se garantiza el correcto saneamiento para una calidad de vida apta. Por lo cual, se propone el diseño de los sistemas de alcantarillado para una urbanización de 7.5 ha en el cantón Milagro favoreciendo a múltiples familias.

El sistema pluvial fue desarrollado de tal manera que trabaje a gravedad, descargando sus aguas a través de cabezales de descarga al canal cercano. La red sanitaria también funciona a gravedad y con ayuda de una estación de bombeo para su conducción a la planta de tratamiento. Las consideraciones de estos diseños se basaron en la normativa ecuatoriana, normativas internacionales y manuales de diseño

Se obtuvo como resultado sistemas con funcionamiento óptimo, garantizando las velocidades de autolimpieza, lo que evita obstrucciones en la tubería por sedimentos acumulados o corrosión por gases. La utilización de elementos de PVC facilitó la descripción del proceso constructivo, reduciendo tiempos de ejecución de obra y costos más favorables en comparación al uso de otro tipo de tubería.

La inversión de sistemas de alcantarillado tanto en diseño como para ejecución de obra es alta, ya que se toman en cuenta valores de excavación, relleno, materiales, etc. Todos estos costos son recompensados con el servicio que ofrecen dando un estilo de vida apto al usuario.

Palabras Clave: Alcantarillado, aguas lluvias, aguas servidas, cabezales de descarga.

ABSTRACT

In every sanitary project, the management given to the waters generated by the population and the rains is essential, the design of sewerage systems is important in urbanized sectors where the correct sanitation is guaranteed for a suitable quality of life. Therefore, the design of sewerage systems for a 7.5 ha urbanization in the canton Milagro is proposed, benefiting multiple families.

The pluvial system was developed in such a way that it works with gravity, discharging its waters through discharge heads to the nearby canal. The sanitary system also works with gravity and with the help of a pumping station for driving to the treatment plant. The considerations of these designs were based on Ecuadorian regulations, international regulations and design manuals.

As a result, systems with optimum performance were obtained, guaranteeing self-cleaning speeds, which avoids obstructions in the pipeline due to accumulated sediments or gas corrosion. The use of PVC elements facilitated the description of the construction process, reducing the time of execution of work and more favorable costs compared to the use of another type of pipe.

The investment of sewerage systems both in design and for execution of work is high, since they consider values of excavation, filling, materials, etc. All these costs are rewarded with the service they offer, giving a user-friendly lifestyle.

Keywords: Sewer, rainwater, sewage, discharge heads.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	8
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE PLANOS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción del problema.....	2
1.3 Justificación del problema	3
1.4 Alcance	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6 Marco teórico	4
1.6.1 Ubicación geográfica	5
1.6.2 Condiciones del Área Urbana	5
1.6.3 Geomorfología y geología.....	6
1.6.4 Normativas Aplicables	8
CAPÍTULO 2.....	10
2. Metodología	10
2.1 Generalidades.....	11

2.1.1	Alcantarillado Sanitario	11
2.1.2	Alcantarillado Pluvial.....	17
2.1.3	Estación de bombeo	23
2.2	Requerimientos Ambientales	27
2.3	Elaboración de presupuesto.....	28
CAPÍTULO 3.....		29
3.	resultados y análisis	29
3.1	Ingeniería Preliminar	29
3.2	Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario	34
3.2.1	Velocidad de autolimpieza	40
3.3	Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	40
3.4	Estación de bombeo de aguas residuales	48
3.5	Regularización y Control Ambiental	49
3.6	Gestión de Obras Civiles.....	53
3.6.1	Presupuesto General.....	53
3.6.2	Especificaciones Técnicas.....	56
CAPÍTULO 4.....		57
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
4.1	Conclusiones	57
4.2	Recomendaciones	58
BIBLIOGRAFÍA.....		60
APÉNDICES		63

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de ingeniería en Ciencias de la Tierra
OMS	Organización Mundial de la Salud
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
UTM	Universal Transversal de Mercator
GPS	Global Positioning System
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
IEOS	Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
LORHUyA	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua
PTAR	Planta de Tratamiento
AA.SS.	Aguas Servidas
AA.LL.	Aguas Lluvias
E.B.	Estación de Bombeo
PD	Población de Diseño
Z	Índice de Pomeroy
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno medida a los 5 días
DBO _{efectiva}	Demanda Bioquímica de Oxígeno Efectiva
H ₂ S	Ácido Sulhídrico
IDF	Intensidad, Duración, Frecuencia
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
SUIA	Sistema Único de Información Ambiental
TULSMA	Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente
ASTM	American Society for Testing and Materials
SUCS	Sistema Unificado De Clasificación De Suelos
EDT	Estructura de descomposición de trabajo

SIMBOLOGÍA

Q	Caudal
m	Metro
mm	Milímetro
u	Unidades
km	Kilómetro
km ²	Kilómetro cuadrado
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar
°C	Grados Celsius
mg/L	Miligramo sobre litro
m/s	Metro por segundo
L/s	Litro por segundo
L/hab*d	Litro por habitante por día
L/s*km	Litro por segundo por kilómetro
mm/H	Milímetro por hora
ha	Hectáreas
m ³	Metro cúbico
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
mca	Metro de columna de agua
"	Pulgada
T	Temperatura
%	Porcentaje
Pa	Pascales
g	Gravedad
ρ	Densidad del material
γ	Peso específico

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica Urb. Las Piñas.....	5
Figura 1.2 Población Ocupada por Rama de Actividad	6
Figura 1.3 Mapa de Geomorfológico	7
Figura 1.4 Mapa Geológico	8
Figura 2.1 Intensidad Duración Frecuencia Estación M0037 Milagro	19
Figura 2.2 Sumidero de rejilla.....	23
Figura 3.1 Modelación en Surface.....	29
Figura 3.2 Distribución arquitectónica entregada por el propietario	30
Figura 3.3 Distribución propuesta por autores	30
Figura 3.4 Perfil de subrasante de la Calle 4.....	32
Figura 3.5 Perfil de la Calle 7	32
Figura 3.6 Perfil de la Calle 5	32
Figura 3.7 Perfil de la Calle 9	33
Figura 3.8 Perfil de la Calle 18	33
Figura 3.9 Diseño de Red AA.SS. en planta.....	35
Figura 3.10 Factores de mayoración	35
Figura 3.11 Cajas de registro principales	37
Figura 3.12 Cámaras de inspección	38
Figura 3.13 Zanja tipo para la instalación de tuberías	38
Figura 3.14 Áreas de aportación de AA.LL.....	41
Figura 3.15 Distribución de la red de AA.LL.	42
Figura 3.16 Esquema de diseño de cuneta	43
Figura 3.17 Esquema de diseño de sumideros.....	44
Figura 3.18 Esquema de cámaras de inspección de AA.LL.....	46
Figura 3.19 Esquema de diseño de muro de alas	48
Figura 3.20 Esquema estación de bombeo	49
Figura 3.21 Análisis de certificado de intersección - Macro ubicación	52
Figura 3.22 Análisis de certificado de intersección – Micro ubicación.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Aporte de infiltración por longitud acumulada (López, 2004)	13
Tabla 2.2 Estimación de caudales ilícitos (López, 2004)	13
Tabla 2.3 Coeficientes de rugosidad y velocidades máximas (Senagua, 2015)	14
Tabla 2.4 Estimación generación de H ₂ S (López, 2004)	17
Tabla 2.5 Frecuencias de diseño (López, 2004)	20
Tabla 2.6 Coeficiente de escorrentía (Senagua, 2015).....	20
Tabla 2.7 Anchos de inundación permisibles (Senagua, 2015)	22
Tabla 2.8 Velocidades y aberturas (Senagua, 2015).....	25
Tabla 2.9 Velocidades máximas en tuberías de succión (López, 2004)	27
Tabla 3.1 Redes del AA.SS. (Calle & Chuico, 2019)	36
Tabla 3.2 Estructuras del AA.SS. (Calle & Chuico, 2019).....	36
Tabla 3.3 Resultados diseño del Sistema AA.SS. de red secundaria (Calle & Chuico, 2019).....	39
Tabla 3.4 Resultados diseño del Sistema de AA.SS. de red principal (Calle & Chuico, 2019).....	40
Tabla 3.5 Redes de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019).....	42
Tabla 3.6 Elementos estructurales de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019)	43
Tabla 3.7 Resultado de diseño de cuneta (Calle & Chuico, 2019).....	43
Tabla 3.8 Resultados de diseño de sumidero con rejilla (Calle & Chuico, 2019)	44
Tabla 3.9 Profundidades de las cámaras de inspección de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019)	45
Tabla 3.10 Resumen del diseño de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019)	47

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Levantamiento Topográfico (T 1/1)
PLANO 2	Propuesta Urbanística y detalles viales (A 1/1)
PLANO 3	Áreas de aporte en el Sistema de Alcantarillado Sanitario (HS 1/)
PLANO 4	Implantación del Sistema de Alcantarillado Sanitario (HS 2/9)
PLANO 5	Áreas de aporte en el Sistema de Alcantarillado Pluvial (HS 3/9)
PLANO 6	Implantación del Sistema de Alcantarillado Pluvial (HS 4/9)
PLANO 7	Implantación de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial (HS 5/9)
PLANO 8	Perfiles de los Sistemas de Alcantarillado (HS 6/9)
PLANO 9	Perfiles de los Sistemas de Alcantarillado (HS 7/9)
PLANO 10	Perfiles de los Sistemas de Alcantarillado (HS 8/9)
PLANO 11	Detalles Constructivos de los Sistemas de Alcantarillado (HS 9/9)

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alcantarillado se han encontrado en la vida de los seres humanos desde siglos atrás. Su creación data de la época de los romanos, los cuales tenían una urgencia por evacuar las aguas y desechos generados, puesto que la acumulación de estos causaba enfermedades a la población y un ambiente desagradable. Actualmente, el tener redes de evacuación de aguas residuales y pluviales es un derecho para garantizar el bienestar de cada ser humano.

En todas las sociedades, el tratamiento de aguas residuales es un problema que debe ser resuelto por el bienestar de cada individuo. Las aguas residuales son el resultado del uso del agua para diferentes actividades y procesos, las cuales contienen un sinnúmero de microorganismos patógenos, hasta compuestos tóxicos. Siendo éstas las causantes de muchas enfermedades para el ser humano y generando un ambiente desagradable constituido de gases malolientes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), al año 842 000 personas aproximadamente mueren debido a la insalubridad del agua, la falta de saneamiento e higiene. “Se considera que un saneamiento deficiente es la principal causa de unas 280 000 de estas muertes” (OMS, 2018). Como se menciona, la falta de sistemas de saneamiento adecuados es un gran problema que se enfrenta día a día.

Por tal motivo, es una necesidad la evacuación de estas aguas negras de forma correcta y segura, su tratamiento, reutilización (en ciertos casos) y eliminación, para evitar la contaminación ambiental y las enfermedades a los seres vivos. Tomando conciencia de lo previamente citado por la OMS, se busca reducir esta alta cifra y brindar una calidad de vida apta para todos los seres humanos. Por consiguiente, una de las maneras de aminorar el saneamiento deficiente es brindar la accesibilidad a este servicio.

1.1 Antecedentes

El terreno en el cual se desea ejecutar el proyecto de la construcción de una urbanización se encuentra ubicado en la ciudadela Las Piñas al sureste del cantón

Milagro, provincia del Guayas, Ecuador. Este lugar abarca un área de 7.5 hectáreas, con geometría en forma de “L”.

El predio era conocido como la hacienda San Miguel y como dato histórico se sabe que el uso de su suelo fue empleado para criar ganado años atrás, y cultivar caña de azúcar, actividad que perdura hasta la actualidad. Debido al crecimiento poblacional, las zonas empleadas para la agricultura en este sector ahora son destinadas para uso residencial. Por lo cual, en pro del aprovechamiento del área y disposiciones territoriales, el dueño del terreno desea realizar un proyecto urbanístico el cual comprende de varios componentes, entre ellos el diseño de redes sanitarias y pluviales.

Se conoce que el sector no cuenta con un sistema de alcantarillado, sin embargo, las aguas lluvias deben ser descargadas al canal más cercano y las aguas residuales deben ser previamente tratadas antes de su descarga. También, se conoce que en épocas invernales el cantón tiene problemas de inundación.

Por lo tanto, este trabajo tiene como fin presentar el diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial para la construcción de la urbanización Las Piñas, en el cantón Milagro. Mediante un estudio del terreno, con la topografía, el análisis del tipo de suelo, se logrará obtener los parámetros para realizar el diseño óptimo de los sistemas mencionados. Adicionalmente, se demostrará la rentabilidad del proyecto para de esta manera poder ejecutarlo en un futuro en base a este diseño preliminar.

1.2 Descripción del problema

Para ayudar a la salud pública es necesario incluir el saneamiento en la vida diaria de los ciudadanos. Se entiende por saneamiento al suministro de instalaciones y de los servicios que permiten la eliminación de los desechos sólidos y líquidos generados. (OMS) Este es un proceso primordial que se requiere implementar en el proyecto, mediante las redes de alcantarillado sanitario y pluvial. De esta forma, se constituye la base para la construcción de la urbanización, beneficiando 308 viviendas.

Sin embargo, hay ciertas restricciones que deben ser tomadas en consideración para el diseño e implementación del proyecto, analizando diferentes ámbitos como el económico, social y político/legal. El ámbito económico está ligado al

presupuesto del cliente para la inversión del proyecto y de cada rubro. En el social considerando que no haya un impacto negativo hacia la sociedad y pueda afectar su estándar de vida. En el político, puesto que hay que regirse a las normas reguladoras de la calidad del agua y legislación. Se buscará hacer el diseño a un costo asequible, regido en las normativas y siempre pensando en el bienestar social.

1.3 Justificación del problema

Según El Telégrafo, el 12 de octubre del 2017, la alcaldesa del cantón de Milagro Denisse Robles expuso lo siguiente “Para poder dotar el ciento por ciento en el cantón se requiere de 7 fases. Actualmente, Milagro tiene el 25% de alcantarillado pluvial y sanitario”. (El Telégrafo, 2017)

Con lo citado previamente, se puede evidenciar que se ha decidido realizar un cambio en Milagro, puesto que el cantón tiene años sin contar con estos servicios básicos. Con el mismo fin, mediante el proyecto se busca beneficiar a la sociedad, creando la accesibilidad a los servicios básicos y logrando que goce de los mismos, así protegiendo sus derechos que garantizan una calidad de vida apta.

1.4 Alcance

Para lograr el diseño de alcantarillado sanitario y pluvial de la urbanización Las Piñas se necesitan determinar los estudios preliminares del proyecto, en los cuales se recopila información de la zona como datos geográficos, hidrológicos y tipo del suelo. Además, información solicitada al GAD Municipal de Milagro sobre el uso de suelos y certificado de no afectación, se realiza el diseño básico de ingeniería sanitaria en base a las normativas ecuatorianas e internacionales tomando en cuenta los requerimientos municipales y el diseño de obras civiles básicas. Por último, se tomará en cuenta los componentes de Seguridad, Salud y Ambiente (SSA) que intervengan en el diseño del proyecto.

Como entregables se destaca las memorias técnicas, planos de detalle, presupuesto, cronograma valorado de actividades, especificaciones técnicas y análisis del componente ambiental.

Las exclusiones del alcance es el diseño de la estación de bombeo de AA.SS. y PTAR, puesto que se encuentra fuera de nuestro perímetro de estudio.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial de la urbanización privada Las Piñas ubicada en el cantón Milagro, sector Las Piñas, mediante los estudios de ingeniería pertinentes para lograr la viabilidad del proyecto.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un estudio de suelos para conocer el tipo de terreno y sus características.
2. Analizar la información preliminar del proyecto y generar soluciones de ingeniería.
3. Revisar las normativas nacionales e internacionales con la finalidad de emplear correctamente los parámetros de diseño.
4. Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial que cumpla con los requerimientos de la normativa ecuatoriana.
5. Optimizar los recursos de la implantación de las redes para que el proyecto sea rentable.

1.6 Marco teórico

En primer lugar, hay que conocer las características del proyecto, las cuales darán forma al diseño de alcantarillado sanitario y pluvial. Por lo cual, se considera importante los siguientes aspectos:

- Ubicación geográfica
- Condiciones del área urbana, donde se describe la población y sus actividades económicas
- Condiciones geomorfológicas y geológicas
- Normativas nacionales e internacionales de diseño

1.6.1 Ubicación geográfica

El cantón Milagro pertenece a la provincia del Guayas, representa un 2.6% de este territorio y limita con los cantones San Jacinto de Yaguachi, Alfredo Baquerizo Moreno, Simón Bolívar, Naranjito y Coronel Marcelino Maridueña. Se encuentra en la Zona 5 de planificación, cuenta con cuatro parroquias y con una población de aproximadamente 167 mil habitantes. El área en el que se extiende es de 405.64 km², con un rango de altitud promedio de 11 m.s.n.m. (INEC, 2010)



Figura 1.1 Ubicación geográfica Urb. Las Piñas

Fuente: Google Maps (2019)

1.6.2 Condiciones del Área Urbana

Del territorio de Milagro, se considera un 80% población urbana y 20% población rural aproximadamente. La principal actividad económica es el comercio al por mayor y menor, y actividades de agricultura, ganadería y pesca, siendo la de mayor aporte el área comercial. (INEC, 2010)

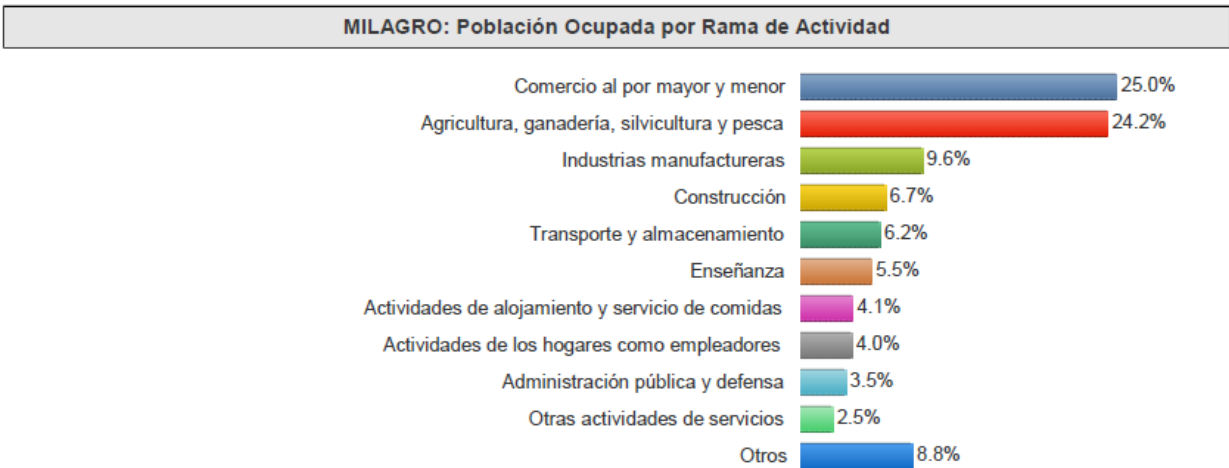


Figura 1.2 Población Ocupada por Rama de Actividad

Fuente: INEC (2010)

1.6.3 Geomorfología y geología

En la geomorfología del terreno predomina la llanura aluvial reciente y el piedemonte andino, de las cuales comprenden el 85% y 11% de la superficie del cantón, respectivamente. En la llanura aluvial reciente presenta diques, bancos aluviales, cauces, meandros y relieves ondulados. (GAD Municipal Milagro, 2015) Hay superficies que han sido utilizadas para el sembrío y cosecha de caña de azúcar, esta actividad ha modificado el relieve original, estos relieves los encontramos especialmente en las zonas hídricas como el Río Milagro, Río Chimbo, Río Venecia, y los Estuarios Galápagos, De los Monos, etc. El piedemonte andino es originario del transporte de sedimentos o deposiciones, su cota máxima es de 65 msnm con relieves ligeramente ondulados y pendientes del 2% y 5%. (GAD Municipal Milagro, 2015)

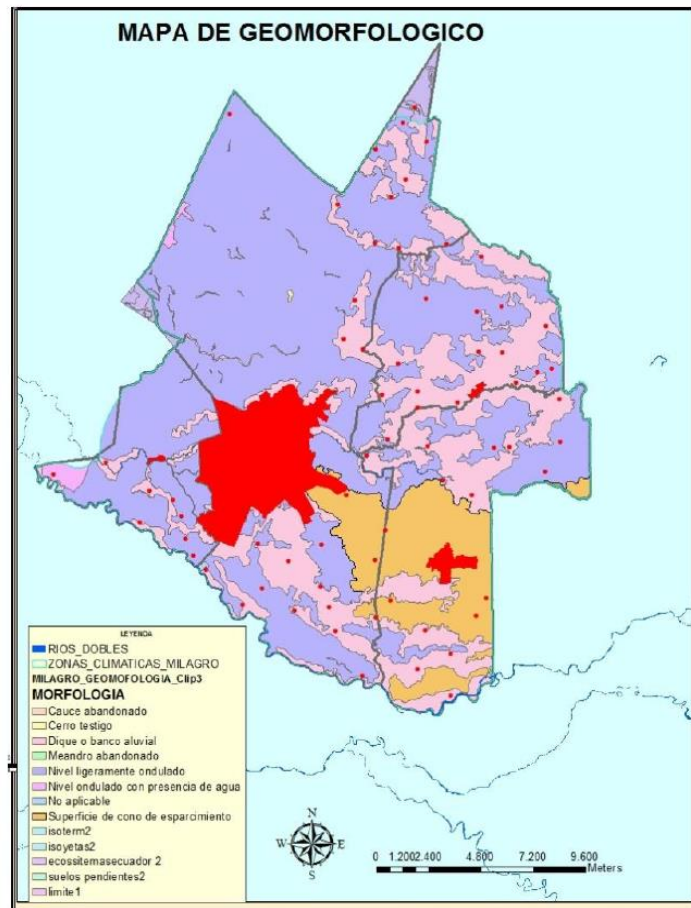


Figura 1.3 Mapa de Geomorfológico

Fuente: CLIRSEN-MAGAP (2010)

De acuerdo con la geología del cantón Milagro, el pie occidental de la cordillera de los Andes y la parte baja de los depósitos aluviales se relacionan, dando lugar a depósitos compuestos de arcillas, limos y arenas. (GAD Municipal Milagro, 2015)

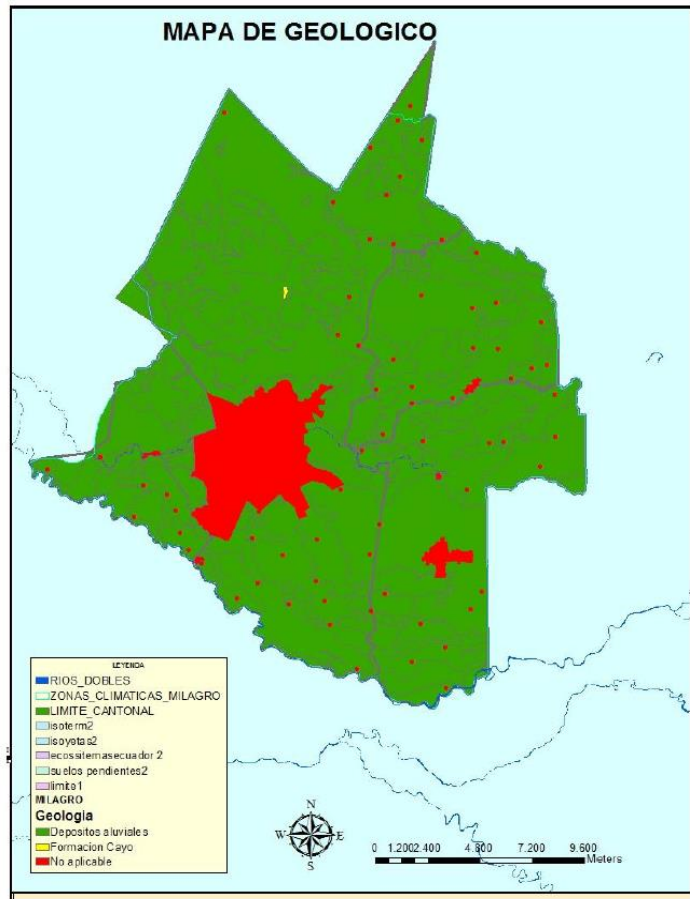


Figura 1.4 Mapa Geológico

Fuente: CLIRSEN-MAGAP (2010)

1.6.4 Normativas Aplicables

Las normativas aplicables para el diseño del proyecto son las siguientes:

- SENAGUA – Norma urbana para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1,000 habitantes. Basada en la Norma Ex - IEOS, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.
- RAS – Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Título D, de Colombia.

Con respecto a proyectos elaborados dentro del Ecuador, tenemos el trabajo realizado en la provincia de Manabí por el Ing. Aldás Castro y, por otro lado, los Ing. Celi Suárez e Ing. Pesantez Izquierdo realizaron su proyecto en la provincia de Napo.

En este primer trabajo mencionado en Manabí, se exponen ciertos aspectos importantes para caracterizar la zona de estudio, como la ubicación, situación económica, descripción social, educación y salud, siendo el tema de este trabajo similar al nuestro. El alcance de este es el diseño del sistema de alcantarillado por separado, es decir las redes sanitarias y pluviales independientes, y en este trabajo incluye lo que es el tratamiento de las aguas servidas para cuatro lotizaciones juntas, de distintos propietarios.

El objetivo en sí de este proyecto es “Extraer los datos necesarios para tener una perspectiva desde el punto técnico constructivo y de esta forma llegar a determinar el mejor diseño de un sistema de alcantarillado” como lo cita Aldás. (Aldás, 2011), del mismo modo nuestro diseño a implementar busca tener las mismas variables esenciales, eficiente, funcional y económico.

Revisando la literatura del proyecto de Napo, es un trabajo extenso que abarca además del diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, el diseño de redes de agua potable y debido a la ausencia de datos sobre el estudio vial, realizan también este diseño vial donde determinan las cotas para la distribución del agua potable y los respectivos colectores para las aguas residuales y aguas lluvias.

Comparando nuestro trabajo con lo realizado en proyectos internacionales, se pudo constatar en el proyecto de Hernández Miculax, de Guatemala, sobre el diseño de las redes mencionadas para una comunidad del Municipio de Chimaltenango. Lo citado en este trabajo “no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario por el cual puedan descargar sus aguas residuales de una manera adecuada y estas no corran a flor de tierra; en tiempos de invierno se ve afectado el libre acceso por las inundaciones de las calles” (Hernández, 2016), es un problema que afecta a esta comunidad y otras en todo el mundo, ya que la falta de estos servicios básicos limita el desarrollo de las comunidades.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para un proyecto urbanístico, es fundamental contar con un diseño de redes de alcantarillado sanitario y pluvial, los cuales tienen como fin evacuar las aguas residuales de la población y las aguas lluvias debido a la precipitación. Para esto, es esencial realizar la búsqueda de alternativas y escoger aquella que tenga como resultado un diseño eficiente y que optimice los recursos. Por lo cual, para analizar las alternativas se consideran los factores ambientales, técnicos, legales, económicos y sociales. Cabe mencionar que el presente proyecto incluye como alcance el diseño de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial.

El alcantarillado separado es una alternativa para evacuar las aguas mencionadas de forma independiente, esto quiere decir red de drenaje pluvial y red de aguas residuales. Por otro lado, está el sistema de alcantarillado combinado, el cual conduce simultáneamente estas aguas en una misma red de tubería. (López, 2004) Un sistema combinado, analizando los factores ambientales y sociales, al darse sobrecargas hidráulicas por precipitaciones elevadas conlleva a que las aguas sean expulsadas por el sistema de drenaje en las calles y viviendas, y en ciertos casos éstas son vertidas a un cuerpo receptor, sin ningún tratamiento, generando enfermedades, infecciones, malos olores y contaminan las fuentes naturales afectando al ambiente. En comparación a un sistema separado, al llevar redes independientes permite tratar las aguas residuales mediante una PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) y aguas lluvias vertidas a un cuerpo receptor con baja afectación ambiental. Con respecto a la parte técnica y económica, al realizar un sistema combinado se debe tener en consideración que el caudal de diseño es muy variable, por lo cual en muchas ocasiones el dimensionamiento será elaborado a una mayor escala, lo cual genera obras de un costo elevado con grandes necesidades de recursos y trabajando, en la mayor parte del tiempo, a una menor capacidad que la diseñada. Ambos sistemas de alcantarillado deben considerar lo expuesto en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA), y normativas ambientales, de diseño y saneamiento ambiental.

Dentro de las alternativas descritas, se pueden determinar diferentes tipos de diseño de redes de alcantarillado, los cuales son sistema a gravedad, bombeo y mixto. El sistema a gravedad implica un diseño con pendientes pronunciadas en comparación a un sistema que se rige por bombeo, donde todo recaerá principalmente en la potencia de la bomba e implicará en el costo del proyecto. Por otro lado, tenemos el sistema mixto, el cual permite realizar un diseño utilizando las pendientes del terreno y una combinación del sistema a gravedad y uso de bombas. La selección de la alternativa que sea más eficiente para el proyecto dependió del criterio técnico y factores mencionados.

2.1 Generalidades

Para los diseños de alcantarillado se plantearon dos sistemas independientes, en el cual para sus trazados se tomaron en cuenta criterios técnicos con respecto a la topografía y condiciones del terreno, puntos de descargas y conexiones. Las guías y normativas que rigieron nuestro diseño fueron la Normativa Ecuatoriana, la RAS 2000 de Colombia e información adicional la cual fue revisada durante el proceso de elaboración de este documento, la que se cita a continuación:

- Manual de diseño de Interagua
- Requerimientos municipales
- Textos afines al diseño de sistemas de aguas residuales y pluviales

2.1.1 Alcantarillado Sanitario

Es un sistema que recolecta y conduce las aguas residuales domésticas, producto de desechos fisiológicos de la población y en otros casos desechos industriales. Para este tipo de alcantarillado se recomienda tener un adecuado mantenimiento y control, para evitar futuros inconvenientes en su funcionamiento.

El diseño de las redes se organiza en grupos, redes terciarias las cuales recolectan las aguas de las casas captadas por las cajas de registro, las redes secundarias recolectan las aguas del flujo terciario por medio de tirantes y las redes primarias que reciben este flujo secundario y son llevadas a la planta de tratamiento donde serán debidamente tratadas para ser conducidas al cuerpo receptor. (López, 2004)

Para la conducción de las aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se tomó en cuenta cotas y pendientes, establecidas por el movimiento de tierra partiendo de los puntos más altos y el sistema funcione a gravedad. Una vez llegado al último pozo con ayuda de una bomba, la cual tiene determinada capacidad, las aguas son conducidas a la PTAR para su debido tratamiento y posteriormente descargadas al canal.

Para el diseño se tomó en cuenta diferentes criterios técnicos, parámetros y se utilizaron hojas de cálculo. En primer lugar, se obtuvo una población de diseño (PD) considerando un número de habitantes promedio por familia en una vivienda y el número de lotes obtenidos de la propuesta urbanística, realizando el siguiente cálculo:

$$PD = \# \text{ habitantes por vivienda} * \# \text{ lotes} \quad (2.1)$$

El cálculo del caudal medio de aguas residuales fue el resultado de la multiplicación de la población de diseño por la dotación diaria estimada de agua potable en una vivienda promedio de 200 L/hab*día por el coeficiente de retorno considerado en este caso de 0.75, obteniendo un caudal de aguas residuales de 150 L/hab*día. (Senagua, 2015)

El valor del coeficiente de retorno se consideró de acuerdo con la normativa de la Senagua, la cual describe que para comunidades que no disponen de sistemas de alcantarillado se podrá utilizar valores definidos en una literatura técnica a selección del proyectista. Por lo tanto, el coeficiente utilizado es un promedio del rango mencionado (65% - 85%) en el libro de "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados".

2.1.1.1 Caudal Medio Máximo

A partir del factor de mayoración se determinó el caudal medio residual mayorado, con referencia de diferentes propuestas de autores en la bibliografía de consulta, como lo indica Senagua en el apartado 5.1.4.8.

Diversos autores proponen diferentes métodos de cálculo de los factores de mayoración ya sea en función de la población y otras en función del caudal medio. La selección del método será en base a las dimensiones del proyecto.

2.1.1.2 Caudal de Infiltración

El caudal de infiltración es el agua que pasa a través de las uniones de tubería de cada tramo y en las uniones de conexiones con las estructuras. Es más representativo realizar el cálculo por acumulación de longitud de tubería, por lo que se utilizó la tabla 2.1 considerando un valor medio de 1.0 L/s*km para tuberías nuevas con conexiones de caucho. (López, 2004)

Tabla 2.1 Aporte de infiltración por longitud acumulada (López, 2004)

Infiltración (L/s*km)		
Alta	Media	Baja
1.5	1.0	0.5

2.1.1.3 Caudal de conexiones erradas o ilícitas

Para el cálculo de caudales ilícitos se consideran conexiones erradas a las filtraciones que ocurren al sistema y aquellas tuberías de aguas lluvias conectadas al alcantarillado sanitario. La normativa ecuatoriana Senagua especifica la descripción de las conexiones clandestinas y la obtención de su valor. Por lo tanto, los caudales considerados fueron de inundaciones por tapas, debido a la población y respecto al área de aporte para estimar el caudal ilícito, como se describe en la siguiente tabla 2.2.

Tabla 2.2 Estimación de caudales ilícitos (López, 2004)

Inundación en tapas	5 L/s
Caudal en base a población	5 - 80 L/hab*d
Caudal en base a las áreas de aporte	0.2 L/s*ha

2.1.1.4 Caudal de Diseño

Es el resultado de la suma del caudal mayorado que se acumula en cada tramo, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas, todo calculado para el período de diseño del proyecto.

Mediante este cálculo se obtuvo el dimensionamiento del sistema y se verificaron los parámetros de funcionamiento hidráulico para las pendientes y diámetros de tubos adecuados.

$$Q_{diseño} = Q_{mayorado} + Q_{infiltración} + Q_{ilícito} \quad (2.2)$$

2.1.1.5 Análisis hidráulico

Dentro del análisis hidráulico se consideraron los siguientes parámetros:

2.1.1.6 Relaciones de diseño

Mediante la ecuación de continuidad se realizó el cálculo del caudal a tubo lleno utilizando los diámetros y velocidades de diseño de cada tramo, donde el radio hidráulico en la ecuación de Manning abarca la circunferencia interna de la tubería.

La velocidad de Manning utilizada para diseñar en condiciones de flujo uniforme y permanente, se encuentra expresado en función del radio hidráulico, pendiente de la tubería y el coeficiente de rugosidad de Manning (n), el cual depende del tipo de material de la tubería, para el caso de tubería de PVC $n=0.011$ ver en la tabla 2.3. (Senagua, 2015)

$$Q = V * A \quad (2.3)$$

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} * S^{1/2} \quad (2.4)$$

$$Q = \frac{1}{n} R_H^{2/3} * S^{1/2} * A \quad (2.5)$$

Tabla 2.3 Coeficientes de rugosidad y velocidades máximas (Senagua, 2015)

Materiales de las paredes	Velocidad máxima [m/s]	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple:		
• Con uniones de mortero	4	0,013
• Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 a 5	0,013
Asbesto cemento	4,5 a 5	0,011
Plástico	4,5	0,011

En el análisis hidráulico se debe de considerar el cumplimiento de relaciones de calado, velocidad y tirantes de diseño para tubo lleno. El caudal de diseño calculado como lo indica el ecuación 2.2 y el caudal a tubo lleno en base al

diámetro escogido se obtienen las relaciones de calado, estas relaciones nos permiten saber si los diámetros de diseño escogidos son los correctos, garantizando el espacio libre suficiente para el flujo de aire debido a los gases producidos en el transporte dentro de la tubería. Esta relación debe ser menor a 0.85 según lo determina Interagua es el Manual de diseño de redes de alcantarillado. Continuando con el proceso de diseño, para el cálculo de las relaciones de tirante utilizamos la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{d}{D}\right) \cong -1.6242923127 \left(\frac{q}{Q}\right)^6 + 6.6877204763 \left(\frac{q}{Q}\right)^5 - 10.654379555 \left(\frac{q}{Q}\right)^4 + 8.77598328 \left(\frac{q}{Q}\right)^3 - 4.11491511 \left(\frac{q}{Q}\right)^2 + 1.66939958 \left(\frac{q}{Q}\right) + 7.93166846 \times 10^{-2} \quad (2.6)$$

Para su aplicación se deben de considerar las siguientes restricciones:

$$\frac{q}{Q} \leq 1.07 \quad (2.7)$$

$$\frac{v}{V} \leq 1.14 \quad (2.8)$$

Las relaciones de velocidades ayudan en el correcto funcionamiento de la tubería, evitando daños en el material por la abrasión en las paredes internas, debido a las altas velocidades durante la conducción a tubo lleno.

2.1.1.7 Diámetros

Para el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario, Senagua especifica un diámetro mínimo de 200 mm. Sin embargo, en ciudades de topografía plana se recomienda diámetro mínimo de 150 mm para evitar la profundización de tuberías.

En el caso de las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo es de 100 mm.

2.1.1.8 Velocidades

Con el objetivo de mantener un buen funcionamiento en la tubería y los sólidos suspendidos no se sedimenten, se debe diseñar a velocidades en que la tubería tenga características de autolimpieza. Por tal motivo, para aguas residuales

residenciales, se definen velocidades mínimas de conducción de 0.6 m/s y velocidades máximas de 4.5 m/s independiente del material para evitar la abrasión, como se detalla en la tabla 2.3. (Senagua, 2015)

La velocidad de autolimpieza se la calcula en función de la velocidad a tubo lleno y relación de los radios hidráulicos.

$$V_{auto-limpieza} = V * \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{6}} \quad \left[\frac{m}{s}\right] \quad (2.9)$$

Para asegurar la falta de sedimentación en tuberías y su auto limpieza se aplica el concepto de Fuerza Tractiva, verificando el caudal mínimo de auto limpieza. (Interagua, 2015)

$$Q_{mal} = \frac{0.9 D * P}{86400} \quad (2.10)$$

Siendo:

D= Dotación de agua potable (L/hab*d)

P= Población correspondiente al inicio del periodo de diseño (hab)

Donde la fuerza tractiva es:

$$F_t = \delta * R * j \quad (2.11)$$

Siendo:

δ= Peso específico del líquido (9800 kg/m³)

R= Radio medio hidráulico para el caudal Q_{mal}

j= Pendiente hidráulica

La fuerza tractiva debe ser mayor a 0.12 kg/m². (Interagua, 2015)

2.1.1.9 Corrosión

El fenómeno de corrosión se produce debido a la alta generación de ácido sulfhídrico (H₂S) el cual aumenta por las pendientes bajas, ocasionando velocidades bajas con tiempos de retención altos y bordes libres pequeños

dejando poca ventilación, generando daños en el revestimiento y comprometiendo la resistencia interna causando fallas y fugas.

Mediante la aplicación del índice de Pomeroy (Z) se puede prever estos daños, el cual es un valor adimensional y está en función de la demanda bioquímica de oxígeno efectiva ($DBO_{efectiva}$), la temperatura, población y geometría de la tubería.

Para la determinación del índice Z primero se determinó el $DBO_{efectiva}$, para el cual se asumió un DBO_5 (medido a los cinco días) de 130 mg/L y con una temperatura (T) del sector promedio de 25 °C.

$$DBO_{efectiva} = 1.25(DBO_5)(1.07)^{T-20} \quad (2.12)$$

$$Z = \frac{P * DBO_{efectiva}}{T \sqrt{S} \sqrt[3]{35.314Q}} \quad (2.13)$$

Con el valor del índice de Pomeroy se puede conocer el grado de generación de H_2S , con los rangos que se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Estimación generación de H_2S (López, 2004)

Estimación de la probabilidad de generación de H_2S	
Z	Generación de H_2S
< 5000	Poco posible
5000 - 1000	Posible
> 10000	Muy probable

2.1.2 Alcantarillado Pluvial

El sistema de alcantarillado pluvial está encargado de la recolección de las aguas lluvias por medio de las obras civiles como cunetas y canales de recolección, además de los colectores necesarios para la evacuación de la escorrentía superficial. El agua es captada a través de sumideros que recoge las escorrentías en las calles y de conexiones domiciliarias, esta red aumenta su sección a medida que las conexiones aumentan y las áreas de drenaje son mayores. El sistema converge en un colector y ramal principal que conduce las aguas a un cuerpo receptor. (López, 2004)

Este diseño similar al residual fue realizado a gravedad, el cual consistió en iniciar la conducción desde el punto más alto ubicado al noroeste hasta su descarga en el punto más bajo, por medio de los cabezales de descarga al canal receptor ubicado a la altura de la entrada de la urbanización al pie de la avenida principal Alfredo Adum.

El caudal de diseño se obtuvo empleándose el método racional que establece el caudal superficial producido durante la lluvia. (Senagua, 2015)

$$Q = C \times I \times A \quad \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (2.14)$$

La ecuación se encuentra en función del coeficiente de escorrentía C, la intensidad de lluvia (mm/H) y el área de drenaje (ha).

En el área de drenaje se tomó en cuenta las condiciones naturales del terreno y dirección de la escorrentía.

2.1.2.1 Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia fue obtenida a partir de un análisis hidrológico de la zona de estudio y para la determinación de la escorrentía se utilizaron las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF), las cuales son proporcionadas por las estaciones pluviométricas que calculan los niveles de precipitación publicados en el Estudio de intensidades del año 2015 del INAMHI.

La estación pluviométrica más cerca en el cantón Milagro es la M0037, en la siguiente figura 2.1 se aprecia la gráfica para distintas frecuencias. La elección de la frecuencia correcta para cada tipo de proyecto depende de criterios como la importancia del proyecto, su uso, el tamaño del área a drenar y la posibilidad de inundación en el sector.

CUADRO N° 19: INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA ESTACIÓN M0037 MILAGRO

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0037	MILAGRO	5 <120	$i = 204.065 * T^{0.2064} * t^{-0.3730}$	0.9796	0.9595
		120 <1440	$i = 1777.308 * T^{0.2045} * t^{-0.8442}$	0.9976	0.9951

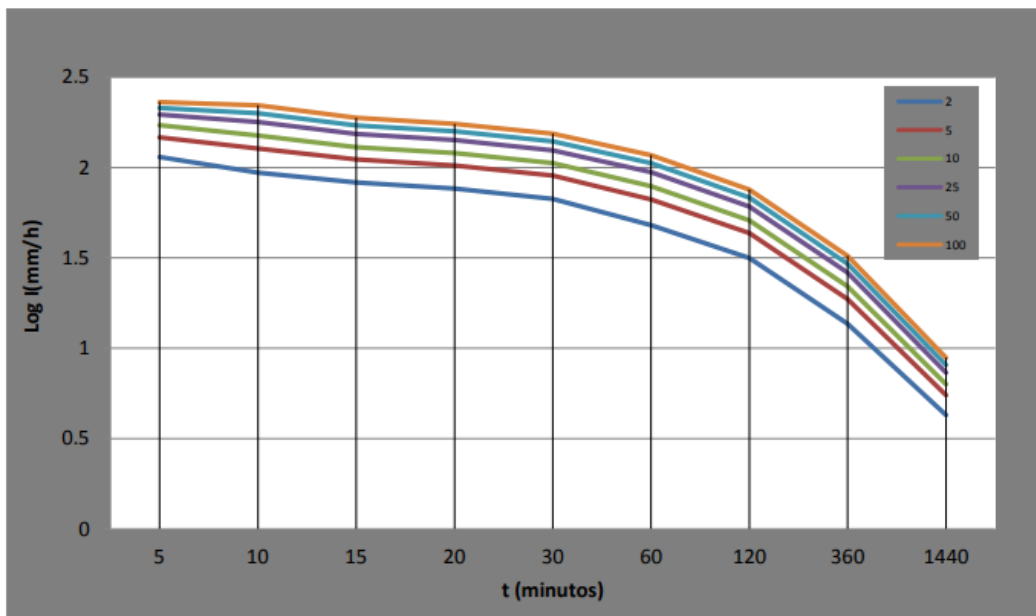


Figura 2.1 Intensidad Duración Frecuencia Estación M0037 Milagro

Fuente: INAMHI (2015)

Existen valores propuestos de frecuencias de diseño para tuberías con áreas de drenaje entre 2 a 10 hectáreas independiente de su uso, en la que recomienda de una frecuencia de diseño de 5 años, que se puede apreciar en la tabla 2.5 y que cumple con la normativa ecuatoriana que recomienda la misma frecuencia para un período de retorno entre 2 a 10 años. Por lo tanto, la elección de la ecuación de intensidad de lluvia del sistema es:

$$i = 204.065 * T^{0.264} * t^{-0.3730} \left[\frac{mm}{H} \right] \quad (2.15)$$

T = tiempo de retorno del proyecto

t = tiempo de concentración de la cuenca de drenaje

El tiempo de concentración recomendados por Senagua para colectores de drenaje pluvial varía entre 10-30 min en el caso de áreas urbanas.

Tabla 2.5 Frecuencias de diseño (López, 2004)

Área de drenaje	Frecuencia de diseño (años)		
	Mínimo	Aceptable	Recomendado
Tuberías iniciales con área de drenaje inferior a 2 ha			
• Zona residencial	2	2	3
• Zona industrial o comercial	2	3	5
Tuberías con área de drenaje entre 2 y 10 ha, independientemente del uso	2	3	5
Tuberías con área de drenaje mayor de 10 ha	5	5	10

2.1.2.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional que representa la capacidad que tiene el suelo en el área de estudio para escurrir las aguas que no son captadas por el sistema y son provenientes de la precipitación, es decir está en función de la impermeabilidad del terreno.

En la tabla 2.6 se puede apreciar los diferentes tipos de superficies con sus respectivos coeficientes de escorrentía. El coeficiente escogido fue de 0.55 para zonas residenciales medianamente pobladas.

Tabla 2.6 Coeficiente de escorrentía (Senagua, 2015)

Tipo de zona	Coeficiente
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas.	0.70 - 0.90
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0.70
Zonas residenciales medianamente pobladas	0.55 - 0.65
Zonas residenciales con baja densidad.	0.35 - 0.55
Parques, campos de deportes.	0.10 – 0.20

2.1.2.3 Análisis Hidráulicos

De forma similar del caso del sistema de alcantarillado sanitario, para el análisis hidráulico de las redes pluviales se consideraron los siguientes parámetros:

2.1.2.4 Relaciones de diseño

De igual manera que en el análisis hidráulico en el diseño sanitario se determinan los caudales y velocidades de diseño y a tubo lleno, se utilizó la ecuación 2.6, verificando si la elección de tubería es la correcta con holgura suficiente para el

paso del aire en cada tramo de tubería y controlar el funcionamiento de esta evitando la abrasión en el recubrimiento interno como se ha mencionado anteriormente en el sistema residual. (AISI, 1999)

2.1.2.5 Diámetros

Para el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, el diámetro mínimo que recomienda Senagua es de 250 mm.

2.1.2.6 Velocidades

La velocidad mínima para el alcantarillado pluvial es de 0.90 m/s para cualquier época del año, como se describe en la normativa ecuatoriana.

Dentro de las obras civiles se consideraron los siguientes elementos:

2.1.2.7 Cunetas

Para la conducción de las aguas lluvias, se proyectan cunetas diseñadas por el concepto de flujo uniforme utilizando la ecuación de Manning, las cuales se diseñan con dimensiones y capacidades hidráulicas mayores al caudal de drenaje del área de aportación. Se consideró un canal de sección triangular y un coeficiente de rugosidad acorde a los materiales que conforman la sección.

La capacidad requerida de la cuneta está definida por la siguiente ecuación (2.14), con el coeficiente de escurrentía 0.55 como lo indica en la tabla 2.6. La intensidad de lluvia de la ecuación adoptada es la misma de la ecuación 2.15, donde el tiempo de concentración es la suma de un tiempo inicial asumido de 10 min y tiempo de viaje en la cuneta es:

$$T = \left(\frac{L}{V} \right) \quad (2.16)$$

Siendo L la longitud de la cuneta del área de máxima aportación y la velocidad que se determina de la ecuación 2.4. La capacidad de la cuneta queda determinada por la ecuación 2.5 de Manning.

Además, en el diseño se deben de considerar los anchos de inundación como se detalla a continuación:

$$y = T * \left(\frac{1}{Z}\right) \quad (2.17)$$

Siendo:

T= ancho de inundación

Z= pendiente inversa de la cunera

Para el drenaje en cunetas la pendiente mínima es del 4% y pendiente transversal mínima de la vía es el 1%, los anchos de inundación permisibles se los detallan en la tabla 2.7 (Senagua, 2015).

Tabla 2.7 Anchos de inundación permisibles (Senagua, 2015)

Ancho de inundación (m)	Ancho de calzado (m)	Sección transversal Pendiente continua
10.0	4.0	1.5 %
7.0	3.5	1.5 %
7.5	3.0	2.0 %

2.1.2.8 Sumideros

Captan la escorrentía de las cunetas y las dirigen a las tuberías que están conectadas directamente a los pozos de inspección, los cuales están diseñados por el caudal aportante de los sumideros.

Los sumideros están colocados en las depresiones más bajas de la red vial y por lo general se las encuentran en las esquinas de los amanzanamientos y con una continuidad de aguas abajo.

Se consideró en el diseño diámetros no menores a 200 mm, pendientes no menores de 2% y longitudes inferiores de 15 m.

$$L = 0.326 * \left(\frac{z}{n} * s^{1/2}\right)^{3/4} \left[\frac{Q_o^{1/2}(W_o - W)}{z}\right]^{1/2} \quad [m] \quad (2.18)$$

El cálculo de la longitud del sumidero depende de:

W = ancho del sumidero

W_o = ancho de rebose

Q_o = caudal de aporte

z = el inverso del bombeo transversal
 n = coeficiente de Manning
 s = pendiente longitudinal de la vía

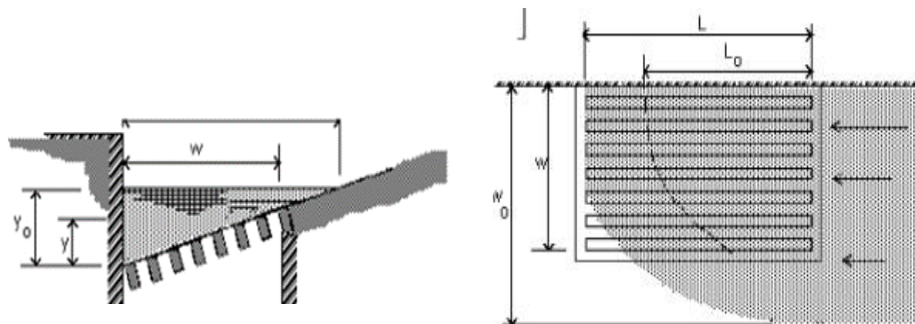


Figura 2.2 Sumidero de rejilla

Fuente: López (2004)

2.1.2.9 Pozos de inspección

Los pozos o cámaras de inspección deben cumplir con cierta geometría para facilidad de revisión contando con una altura máxima de descarga libre de 0.60 m y una abertura superior del pozo como mínimo del mismo valor. Lo recomendado por la normativa es la distribución de los pozos con distancias máximas entre pozos de 100 m para diámetros menores de 350 mm. (Senagua, 2015)

2.1.3 Estación de bombeo

Una estación de bombeo es una instalación hidroelectromecánica capaz de transformar energía. (López, 2004) Es un conjunto de estructuras equipadas y con accesorios que elevarán el agua desde niveles inferiores al punto de destino superior, PTAR. (Senagua, 2015)

Ubicación

Para el emplazamiento de una estación de bombeo se debe realizar un análisis de la topografía, condiciones de diseño del sitio, características geológicas, estudios de suelos y asegurar el funcionamiento hidráulico disponibilidad de las líneas de energía y accesibilidad al sitio. (Senagua, 2015)

En la literatura de “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado” recomienda su ubicación aguas arriba del punto de descarga de las aguas residuales.

Períodos de diseño

Para estaciones de bombeo de caudales pequeños en zonas rurales, puede utilizarse períodos de diseño de 35 años, como valor medio del rango de 30-40 años. (López, 2004)

Capacidad

La capacidad de las estaciones de bombeo de aguas servidas depende de los valores exactos de caudales máximos, mínimos y medios; sin exceder la capacidad de los colectores que llegan a la estación, con la capacidad de bombear el caudal máximo del periodo de diseño. Además, deberán garantizar que las aguas no se acumulen al bombearse. (Senagua, 2015)

Componentes de la estación de bombeo

Los componentes básicos de una estación de bombeo para aguas residuales son los siguientes:

- Caseta de bombeo
- Cárcamo de bombeo
- Equipo de bombeo
- Acometida eléctrica y Generador de emergencia
- Tubería de succión
- Tubería de impulsión
- Válvulas de regulación y control
- Interruptores de máximo y mínimo nivel
- Tableros de protección y control eléctrico
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos
- Área para el personal de operación
- Cerco de protección para la caseta de bombeo

Detallado en la guía de diseño para estaciones de bombeo de la OPS (Organización Panamericana de la Salud).

Las estaciones de bombeo son uno de los puntos más vulnerables de la instalación hidráulica. Una falla del sistema y parada del servicio puede causar un daño muy grande no solo a la instalación en sí misma, sino a los propios usuarios, puede anegar con líquidos residuales toda un área cercana a la estación, con riesgo cierto de contaminación.

Equipo de bombeo

Para la selección de las bombas a funcionar se debe tomar en cuenta los costos del bombeo, diámetros de tubería, tiempos de retención en los tanques, el tipo de bombeo y de operación (serie o paralelo). (López, 2014)

Se deben utilizar dos bombas siendo una de ellas de emergencia y en caso de necesitarse dos bombas en funcionamiento, sería con operación en paralelo. En caso de necesitarse más bombas, por cada tres bombas en funcionamiento se debe tener una de emergencia con la misma capacidad en caso de daños o mantenimiento. (Senagua, 2015).

Para garantizar la correcta operación y seguridad del equipo, en el caso de bombeo de aguas residuales se debe colocar rejillas que impidan el paso de sólidos a las bombas, como lo recomienda en la normativa ecuatoriana, en la tabla 2.8 se detallan las velocidades y aberturas recomendadas:

Tabla 2.8 Velocidades y aberturas (Senagua, 2015)

Abertura de rejilla
0.025 m-0.075 m
Velocidades máximas a través
0.8 m/s – 0.9 m/s

Las bombas que manejan aguas servidas deben dejar el paso de esferas de 75 mm de diámetro y tuberías de succión y descarga serán mínimo de 100 mm.

En operaciones intermitentes se recomienda un valor máximo de arranques de 10 por hora en bombas sumergibles y de 3 a 5 en bombas horizontales y verticales,

el ciclo o intervalo de bombeo es de 10-12 minutos con un tiempo de operación de 5 minutos.

Control de operación

El control de operación depende de la magnitud del proyecto y queda a criterio del diseñador la selección, estos pueden manuales o automáticos, con el uso de alarmas y equipos sofisticados si se lo puede permitir.

Ventilación

Se debe disponer de una correcta ventilación mecánica en la cámara de bombeo y en el pozo de succión, con entradas y salidas múltiples de aire que se encuentre protegidas de las entradas de animales como roedores e insectos, sin ningún elemento que ocasione una posible obstrucción y ubicados en lugares de fácil acceso. (Senagua, 2015)

Tuberías y Velocidades

La selección del diámetro de tubería se realiza en función de del análisis hidráulico y económico.

Las velocidades recomendadas por la normativa ecuatoriana deben ser de preferencia en el rango de 1.2 m/s - 1.8 m/s en tuberías de succión y 1.8 m/s - 2.4 m/s en tuberías de descarga, nunca menor a 0.6 m/s. Debe hacerse la evaluación mediante el golpe de ariete. (Senagua, 2015)

En el libro de “Elementos de diseños de acueductos y alcantarillado” de López se recomienda valores de velocidad para tubería de impulsión de 1.0 - 3.0 m/s.

En tuberías de succión nunca debe ser inferior al diámetro de tubería de impulsión ni menor al diámetro de entrada de la tubería de succión de la bomba. Se puede tomar el mismo diámetro que de impulsión o un diámetro comercial superior. Evitar, accesorios como codos, uniones y T para minimizar las pérdidas. La velocidad mínima es de 0.45 m/s, la velocidad máxima depende del diámetro de tubería para evitar la cavitación.

Tabla 2.9 Velocidades máximas en tuberías de succión (López, 2004)

Velocidad máxima en tubería de succión	
Diámetro de tubería de succión [mm]	Velocidad máxima [m/s]
50	0.75
75	1.00
100	1.30
150	1.45
200	1.60
250	1.60
300	1.70
>400	1.80

Potencia hidráulica de una bomba

Para determinar la potencia de la bomba se recomienda la siguiente expresión:

$$P_b = \frac{1.25 \cdot Q \cdot H_t}{76 \cdot \eta} \quad (2.19)$$

En la cual la altura total manométrica es la suma de la altura geométrica más la altura por pérdidas por accesorios expresadas en m.c.a. (metros de columna de agua) y se considera 1.25 de gravedad específica para aguas negras.

Para la determinación de la potencia del motor se recomienda que sea mayor a la potencia de la bomba para evitar el recalentamiento y tener en cuenta las pérdidas mecánicas de transmisión de energía, por lo que se emplea la ecuación 2.20. (López, 2004)

$$P_m = 1.2 P_b \quad (2.20)$$

2.2 Requerimientos Ambientales

Las evaluaciones y cumplimiento de los requerimientos ambientales de los proyectos ingenieriles deben realizarse para determinar los posibles daños y afectaciones al ambiente. De igual manera, en proyectos de alcantarillado se realiza el análisis siguiendo los requerimientos que solicita el Ministerio del Medio Ambiente (MAE).

Para la categorización de un proyecto es necesario detallar su actividad principal en el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) y obtener el tipo de permiso que se requiere ya sea certificado, registro o licencia ambiental. Estas regularizaciones dependen del nivel de impacto generado en el proyecto asociando la licencia ambiental con un alto impacto, registro para un impacto bajo-medio y certificado para un escaso impacto.

Para la planta de tratamiento se debe considerar la planificación, el diseño, la construcción y la operación y mantenimiento de una estación de Bombeo que deben estar acompañadas del cumplimiento de todos los requerimientos ambientales. La mayoría de estos requerimientos son dictados por la normativa ambiental local o provincial e incluso por el propio usuario, si éste es una empresa que tiene sus propias normas ambientales. En cualquier caso, deben tenerse en cuenta todos los aspectos técnicos (estructurales, arquitectónicos, de seguridad, etc.) a fin de identificar los potenciales impactos ambientales y definir las limitaciones al diseño.

2.3 Elaboración de presupuesto

La presentación de un presupuesto referencial en la que se detalló los precios unitarios de mayor importancia y con un desglose de los costos en material, mano de obra y transporte por cada actividad, permite conocer el nivel de inversión de toda la obra y las actividades con mayor impacto económico.

Se presentó que la actividad de mayor importancia es la que concierne a movimiento de tierras, para las definiciones de las pendientes finales del terreno, los rubros de suministros de tuberías y accesorios / obras civiles. Para los salarios de mano de obra se utilizaron los propuestos por la Contraloría General del Estado del 2019 y costos del mercado local para los materiales de construcción.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Ingeniería Preliminar

Como datos preliminares para la ejecución del diseño se tuvo a disposición la información topográfica entregada por el propietario, la cual se encontraba georeferenciada en base a un hito cercano del Municipio de Milagro, de esta manera se generaron las curvas de nivel para conocer las condiciones del terreno existente modelada con ayuda del software Surface como se muestra a continuación.

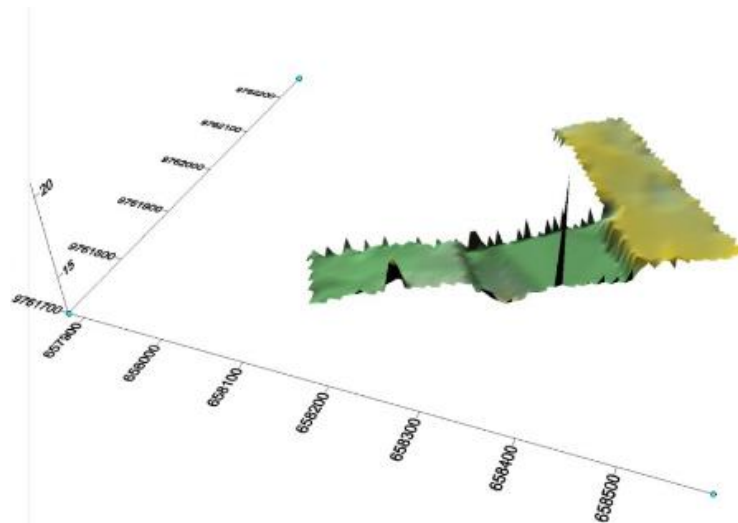


Figura 3.1 Modelación en Surface

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Se pudo verificar la existencia de un canal ubicado paralelo a la vía principal y a la entrada de la urbanización, el cual sirve como punto de descarga de las aguas lluvias y las aguas residuales previamente tratadas en la PTAR, por las condiciones naturales de drenaje.

Contemplada la topografía se analizó el diseño arquitectónico propuesto por el propietario, en el cual constaba el amanzanamiento y trazado vial sin cotas a nivel de vía y acera. En los trazados preliminares se tomó en cuenta la posible ubicación de la PTAR para la cual desde el punto de vista técnico se recomendaba su localización cercana al punto de descarga. Por lo tanto, se realizaron cambios en el amanzanamiento situando las áreas verdes y el área de la PTAR cercana a la

entrada de la urbanización. Además, se tomó en cuenta el cumplimiento del 15% mínimo de áreas verdes según las normativas de diseño urbanístico del GAD Municipal de Milagro, debido a los cambios realizados se redujeron alrededor de 11 viviendas, con un total de 308 viviendas como se puede observar en las figuras 3.2 y 3.3.

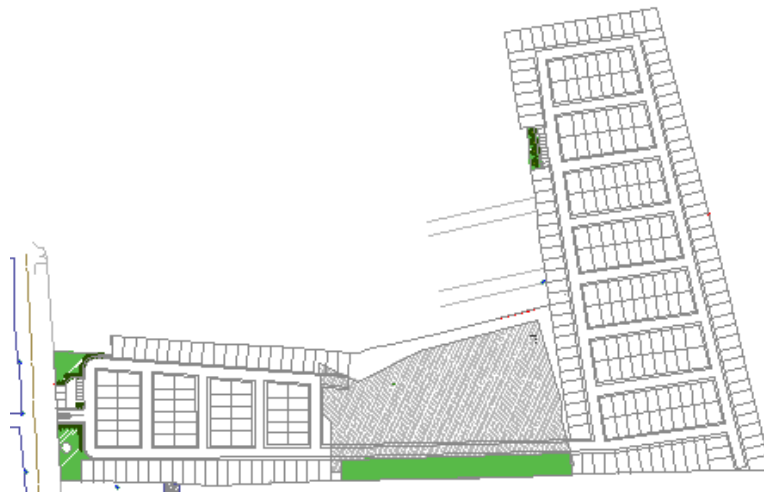


Figura 3.2 Distribución arquitectónica entregada por el propietario

Fuente: Calle & Chuico (2019)

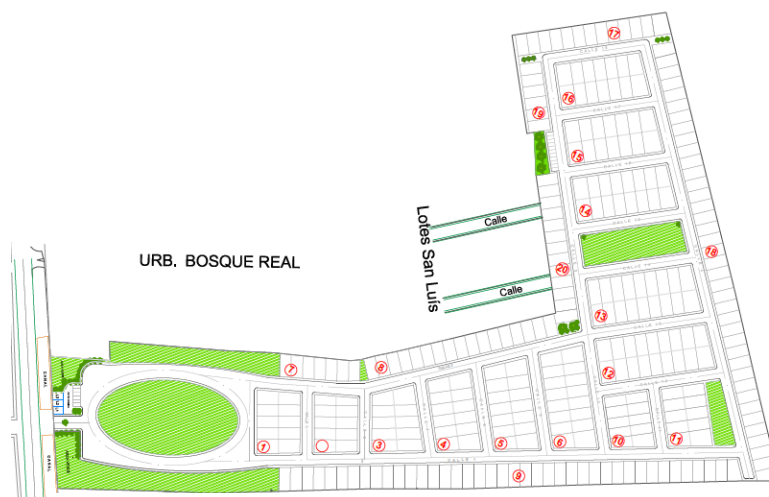


Figura 3.3 Distribución propuesta por autores

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Para el diseño de las redes se necesitó realizar previamente los cálculos de movimiento de tierras con un balance entre corte y relleno, todo esto para dar las pendientes necesarias de diseño a niveles de subrasante y de vía, con ayuda del software AutoCAD Civil 3D se proyectaron las superficies de terreno de las vías del

arquitectónico propuesto y se definieron las cotas de calles para comenzar con el trazado de las redes de alcantarillado pluvial y sanitario.

A continuación, se presentan los perfiles más relevantes:

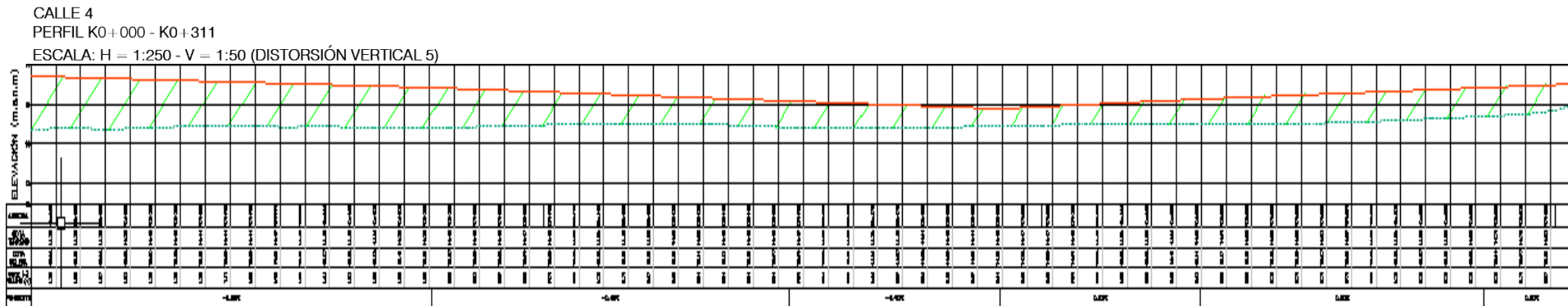


Figura 3.4 Perfil de subrasante de la Calle 4

Fuente: Calle & Chuico (2019)

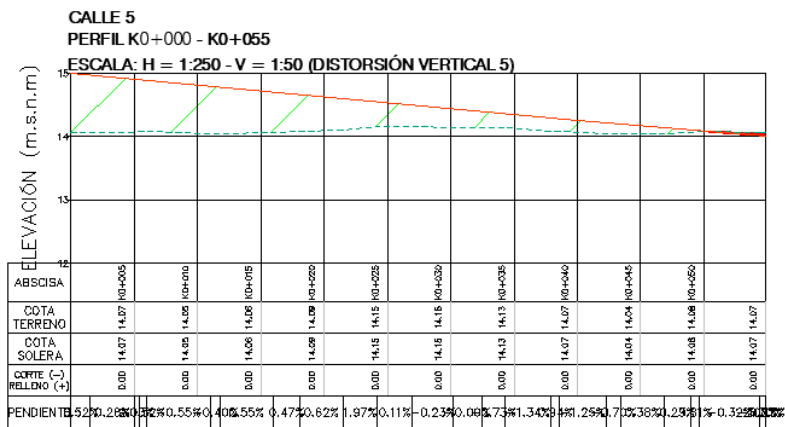


Figura 3.6 Perfil de la Calle 5

Fuente: Calle & Chuico (2019)

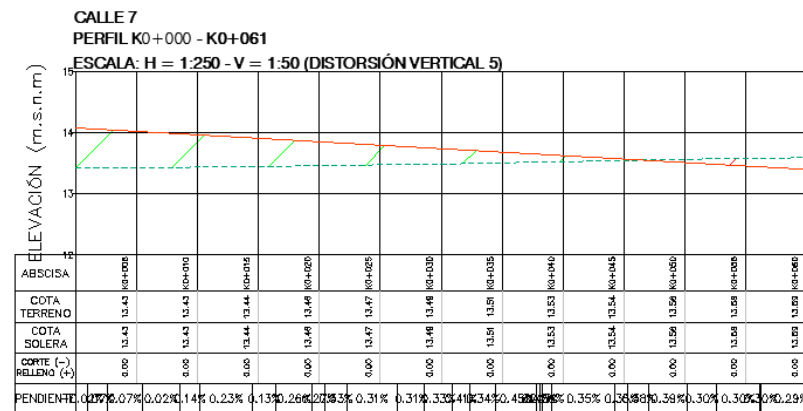


Figura 3.5 Perfil de la Calle 7

Fuente: Calle & Chuico (2019)

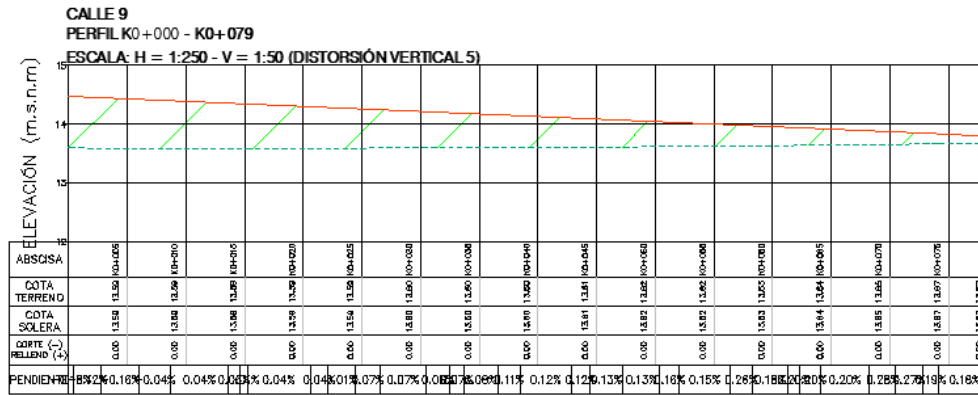


Figura 3.7 Perfil de la Calle 9

Fuente: Calle & Chuico (2019)

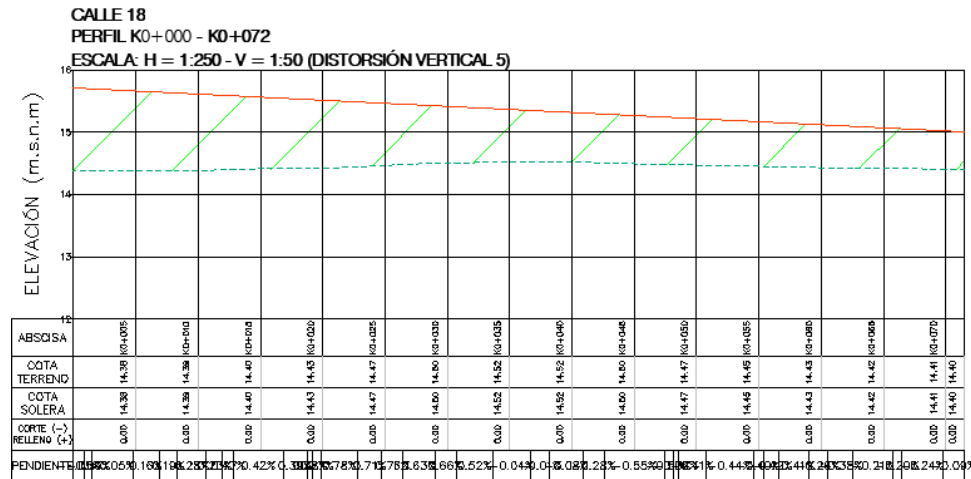


Figura 3.8 Perfil de la Calle 18

Fuente: Calle & Chuico (2019)

En lo que respecta al estudio de suelos se realizaron ensayos de Límites de Atterberg, granulometría y capacidad de carga en la cual se determinó si el suelo cumple para funcionar como relleno compactado e identificar el tipo de suelo a trabajar.

El suelo que tenemos es un limo arcilloso, al ser un suelo muy expansivo y moldeable, se comprobó su baja plasticidad por medio del ensayo de la Copa de Casagrande y el módulo de finura en base a la granulometría que nos determina el porcentaje de finos los resultados de los análisis geotécnicos se detallarán en Apéndice D.

3.2 Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario

Se ha diseñado un colector principal con sus respectivos ramales, el cuerpo receptor es el canal ubicado frente a la urbanización como se ha descrito anteriormente. En las principales consideraciones del diseño estuvo la eficiencia del diseño hidráulico, constructivo y de presupuesto, además se aseguró el cumplimiento de las normativas de Senagua y Ambientales.

Dentro de nuestro diseño se consideró el trazado de una línea principal la cual capta los caudales de las redes secundarias, y éstas a su vez recolectan las aguas de las redes iniciales provenientes de los residuos domésticos. Esta línea principal está ubicada con una dirección suroeste con lo indica la normativa ecuatoriana, esta red conecta con una cámara de Bombeo la cual se detalla más adelante, mediante una línea de impulsión conduce las aguas a la PTAR para su debido tratamiento y descarga en el cuerpo receptor, las estructuras de saneamiento son detalladas más adelante en recomendaciones.

Se buscó un diseño que cumpla con las condiciones de auto limpieza, de eficiencia hidráulica y presupuestaria. El trazado fue realizado en AutoCAD Civil 3D con la ayuda de los Pipe Network, los cuales facilitaron la conformación del sistema como se lo puede apreciar en la siguiente figura 3.9.

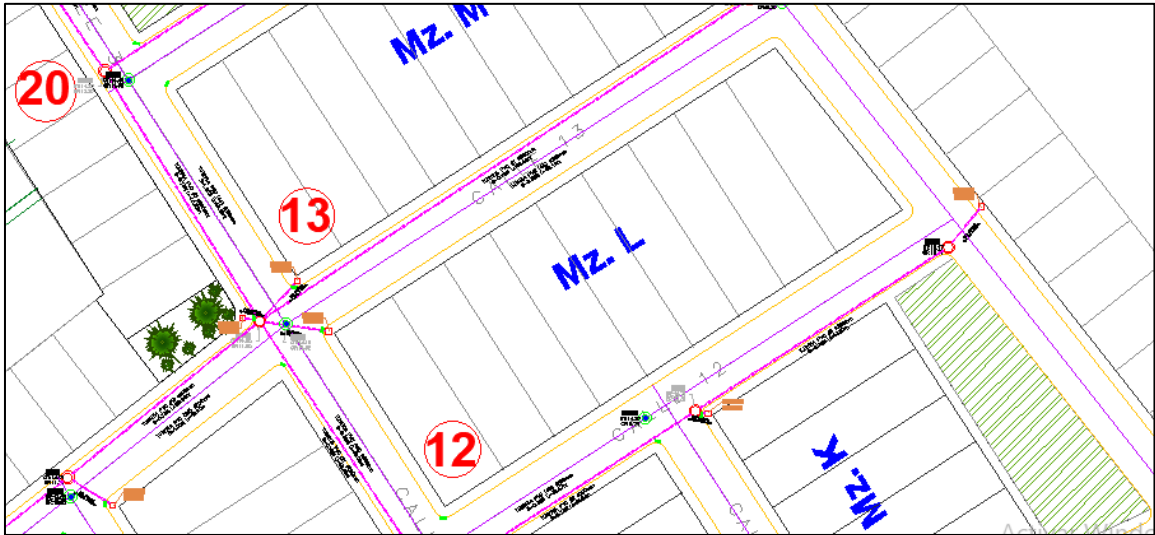


Figura 3.9 Diseño de Red AA.SS. en planta

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Para la determinación del caudal de diseño se parte del cálculo de los caudales de infiltración, ilícitos y caudales medios maximizados por medio de los factores de mayoración. Se seleccionó el factor más conservador que presentaban valores lógicos y no exagerados, siguiendo las consideraciones de Interagua en la que propone factores de mayoración en el rango cercanos, como se muestra en la figura 3.10 Estos valores fueron obtenidos de la ecuación de Munskgaard & Young (1980) mostrada a continuación:

$$F = \frac{1.75}{q_{medio}^{0.036}} \quad (3.1)$$

Factor de mayoración			
Babbit & Baumann (1958)	Munskgaard & Young (1980)	Metcalf & Eddy (1991)	Harmon (2006)
8.64	2.43	4.34	4.29
7.46	2.42	4.32	4.21
7.17	2.50	4.59	4.18
6.80	2.45	4.43	4.14
6.43	2.42	4.32	4.09
6.12	2.41	4.28	4.04
5.98	2.46	4.46	4.02

Figura 3.10 Factores de mayoración

Fuente: Calle & Chuico (2019)

El caudal de infiltración es más representativo calcular por unidad de longitud, ya que el área de diseño no es tan grande, entonces el valor más representativo sería por km acumulados. Para diseños de mayor tamaño se recomienda utilizar los caudales por áreas de aportación para proyectos en ciudades.

A continuación, se detalla un resumen del número de redes diseñadas en la tabla 3.1 y que para mayor entendimiento revisar el Apéndice A.

Tabla 3.1 Redes del AA.SS. (Calle & Chuico, 2019)

Tipo de red	Cantidad de tramos
Terciaria	26
Secundaria	23
Primaria	1

En el análisis hidráulico se obtuvo como resultados tirantes con diámetros de 160 mm, colectores con diámetros de 200 mm y pendientes de 0.03 y 0.006 respectivamente.

Los elementos constructivos utilizados en el diseño son las cámaras de inspección y cajas de registro como se muestran en la siguiente tabla 3.2. En la figura 3.11 se detalla la estructura de las cajas de registro principales.

Tabla 3.2 Estructuras del AA.SS. (Calle & Chuico, 2019)

Tipo de estructura	Unidades
Cajas de registro domiciliarias	308
Cajas de registro principal	26
Cámaras de inspección	24

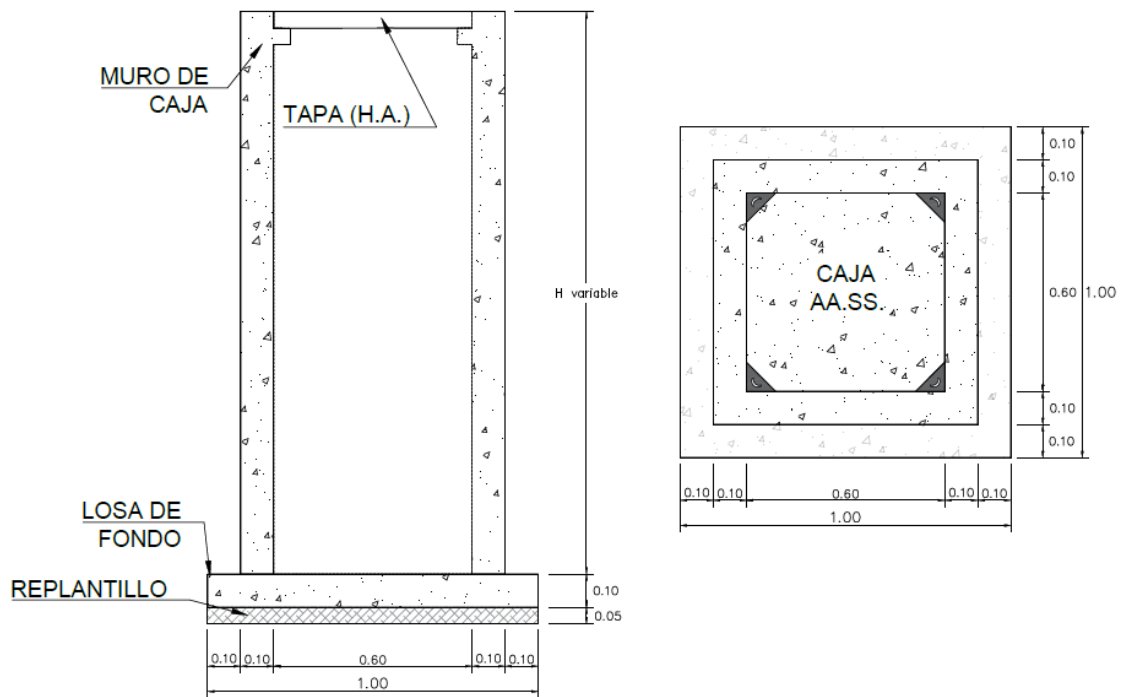


Figura 3.11 Cajas de registro principales

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Las cámaras de revisión se presentan en la figura 3.12 de las cuales, debido a las alturas variables de cada cámara, las profundidades mayores a 1 metro se consideran estructuras de hormigón armado y profundidades hasta 1 metro son de hormigón simple, para el cálculo del presupuesto se utiliza la cuantía mínima del acero de refuerzo.

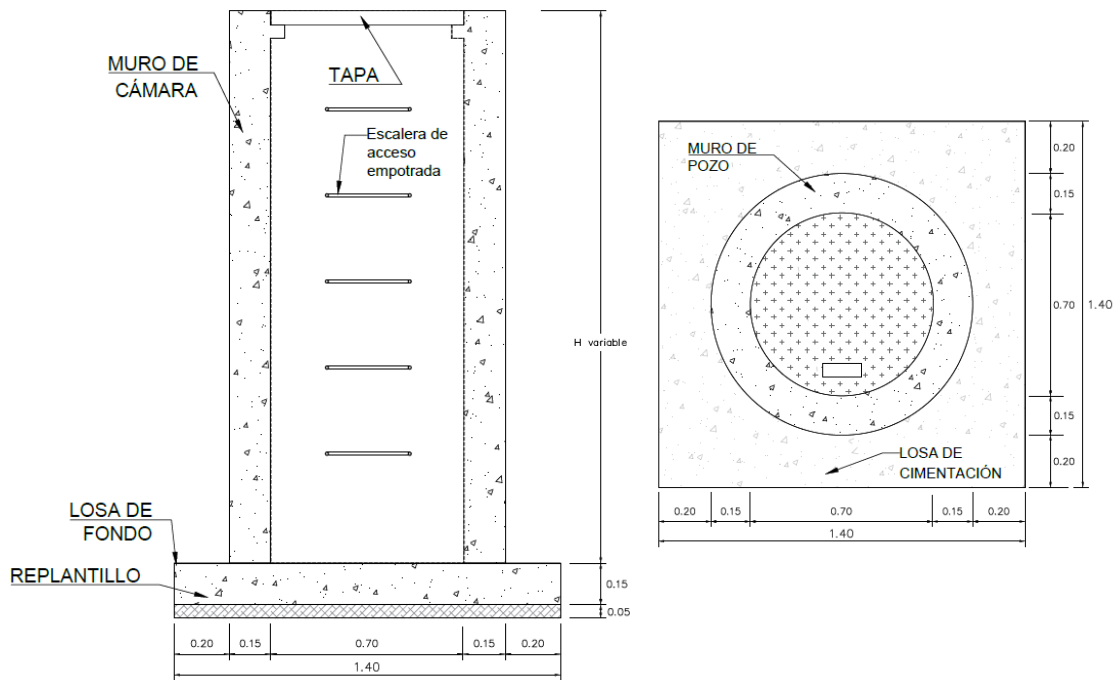


Figura 3.12 Cámaras de inspección

Fuente: Calle & Chuico (2019)

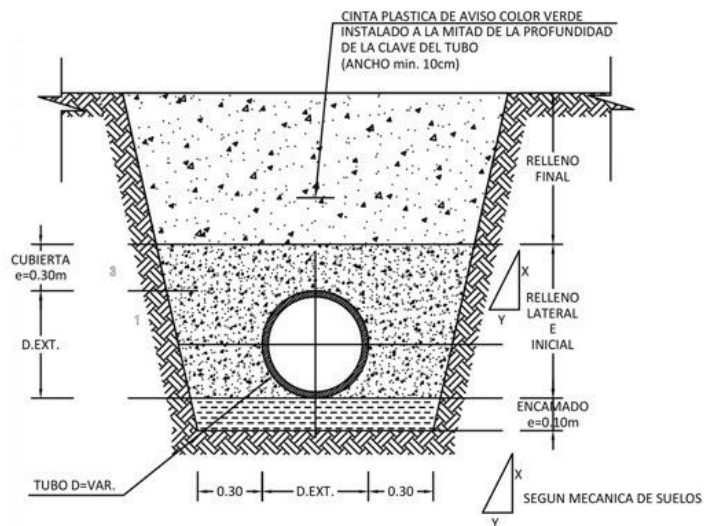


Figura 3.13 Zanja tipo para la instalación de tuberías

Fuente: Calle & Chuico (2019)

A continuación, presentamos una breve descripción de los resultados obtenidos de las redes secundarias y primarias en la que se detallan diámetros, pendiente y su caudal de diseño, las cuales presentamos con mayores detalles en el Apéndice A.

Tabla 3.3 Resultados diseño del Sistema AA.SS. de red secundaria (Calle & Chuico, 2019)

RED	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	q _{diseño} [L/s]	D [mm]	S
Red Secundaria	T1-MH1	T1	MH1	1.832	160	0.03
	T2-MH2	T2	MH2	1.858	160	0.03
	T3-MH2	T3	MH2	1.677	160	0.03
	T4-MH3.1	T4	MH3.1	1.771	160	0.03
	T5-MH3	T5	MH3	1.858	160	0.03
	T6-MH4	T6	MH4	1.902	160	0.03
	T7-MH5.1	T7	MH5.1	1.747	160	0.03
	T8-MH6.1	T8	MH6.1	1.772	160	0.03
	T9-MH6	T9	MH6	1.946	160	0.03
	T10-MH6	T10	MH6	1.947	160	0.03
	T11-MH6	T11	MH6	1.854	160	0.03
	T12-MH6.2	T12	MH6.2	1.772	160	0.03
	T13-MH6.3	T13	MH6.3	1.766	160	0.03
	T14-MH6.4	T14	MH6.4	1.795	160	0.03
	T15-MH6.5	T15	MH6.5	1.769	160	0.03
	T16-MH7	T16	MH7	1.901	160	0.03
	T17-MH8.1	T17	MH8.1	1.795	160	0.03
	T18-MH8	T18	MH8	1.859	160	0.03
	T19-MH9	T19	MH9	1.813	160	0.03
	T20-MH10.1	T20	MH10.1	1.792	160	0.03
	T21-MH10	T21	MH10	1.769	160	0.03
	T22-MH10	T22	MH10	1.921	160	0.03
	T23-MH11	T23	MH11	1.770	160	0.03
	T24-MH12.1	T24	MH12.1	1.704	160	0.03
	T25-MH12	T25	MH12	1.771	160	0.03
	T26-MH12	T26	MH12	1.700	160	0.03

Tabla 3.4 Resultados diseño del Sistema de AA.SS. de red principal (Calle & Chuico, 2019)

RED	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	q _{diseño} [L/s]	D [mm]	S
Colector Principal	MH1-MH2	MH1	MH2	1.868	200	0.006
	MH2-MH3	MH2	MH3	2.352	200	0.006
	MH3.1-MH3	MH3.1	MH3	1.836	200	0.006
	MH3-MH4	MH3	MH4	2.908	200	0.006
	MH4-MH5	MH4	MH5	3.230	200	0.006
	MH5.1-MH5	MH5.1	MH5	1.822	200	0.006
	MH5-MH6	MH5	MH6	3.465	200	0.006
	MH6.1-MH6	MH6.1	MH6	1.847	200	0.006
	MH6.2-MH6.3	MH6.2	MH6.3	1.806	200	0.006
	MH6.4-MH6.5	MH6.4	MH6.5	1.823	200	0.006
	MH6.3-MH6-5	MH6.3	MH6.5	2.052	200	0.006
	MH6.5-MH6	MH6.5	MH6	2.543	200	0.006
	MH6-MH7	MH6	MH7	5.790	200	0.006
	MH7-MH8	MH7	MH8	6.004	200	0.006
	MH8.1-MH8	MH8.1	MH8	1.849	200	0.006
	MH8-MH9	MH8	MH9	6.569	200	0.006
	MH9-MH10	MH9	MH10	6.815	200	0.006
	MH10.1-MH10	MH10.1	MH10	1.832	200	0.006
MH10-MH11	MH10	MH11	7.656	200	0.006	
MH11-MH12	MH11	MH12	7.815	200	0.006	
MH12.1-MH12	MH12.1	MH12	1.752	200	0.006	
MH12-E.B.	MH12	E.B.	8.351	250	0.006	

3.2.1 Velocidad de autolimpieza

Como se ha detallado anteriormente, el análisis de las velocidades de autolimpieza son de mucha importancia en el diseño de redes sanitarias para evitar la acumulación de sedimentación en la tubería, estos análisis se realizaron en base a la aplicación de la fuerza atractiva para caudales medios de auto limpieza, revisar en el Apéndice A los valores obtenidos y el cumplimiento de los parámetros propuestos en el Manual de Diseño de Interagua en el cual, la fuerza tractiva debe ser mayor a 0.12 kg/m².

3.3 Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial

El alcantarillado pluvial es un sistema diseñado para la captura y conducción de las aguas lluvias dentro de la urbanización, con la ayuda de estructuras para su posterior descarga a un cuerpo receptor natural, el cual se encuentra ubicado a la altura de la vía principal.

Las estructuras antes mencionadas recogen la escorrentía superficial mediante las cunetas de sección triangular, sumideros, cámaras de registro y cabezales de

descarga, en las siguientes secciones se presenta una descripción de estos elementos y a mayor detalle de cálculo en el Apéndice B.

Para el cálculo de los caudales de diseño se determinó las áreas de aporte y drenaje hacia cada pozo de revisión en base a la topografía y el diseño arquitectónico, con estos datos y el uso del método racional mencionado en el capítulo anterior, se consideró un coeficiente de escorrentía de 0.55 para condiciones detalladas en la tabla 2.6.

Las áreas de aportación han sido definidas en la dirección del drenaje natural como se puede apreciar en la figura 3.14 y las intensidades de lluvia se determinaron con los datos obtenidos del INAMHI de la figura 2.1 y la ecuación 2.15 en las cuales varía el tiempo de concentración para cada tramo.

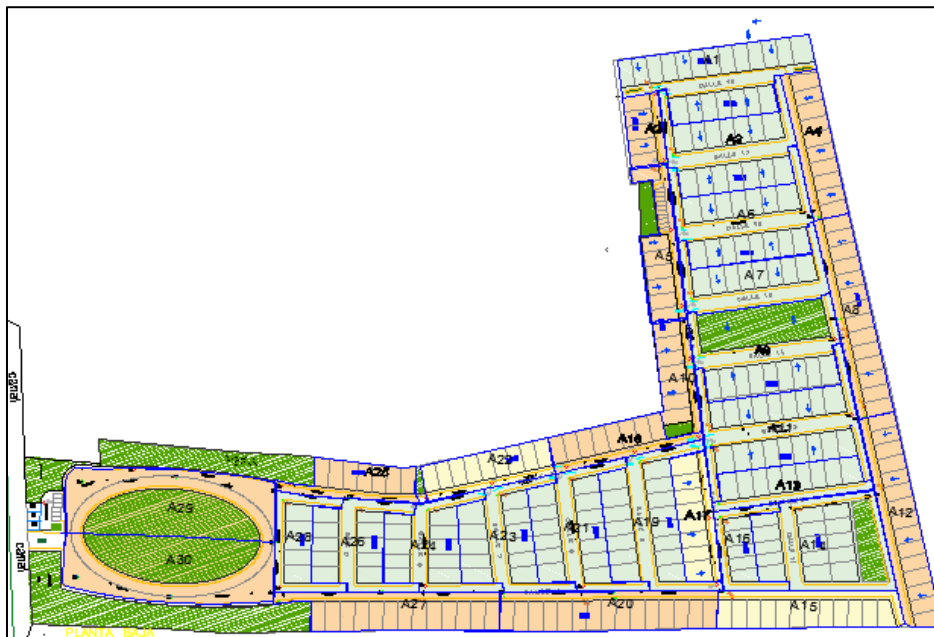


Figura 3.14 Áreas de aportación de AA.LL.

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Cada colector de aguas lluvias se encuentra compuesto por una cámara inicial que recoge las aguas mediante un tirante conectado a un sumidero y finaliza con una cámara interconectados por una tubería, se han diseñados dos colectores que descargan al canal mediante un cabezal de descarga.

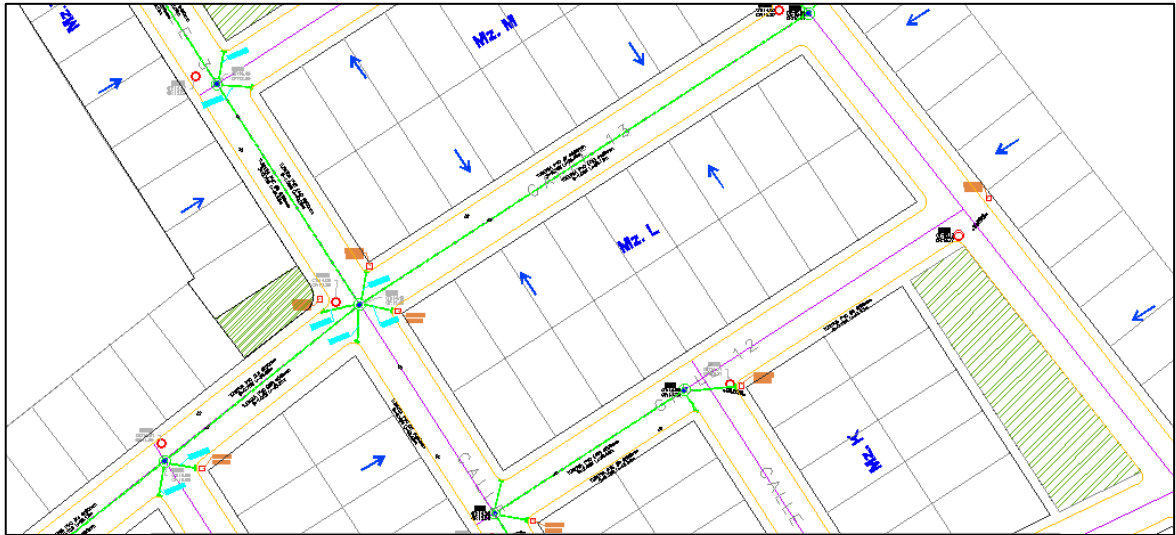


Figura 3.15 Distribución de la red de AA.LL.

Fuente: Calle & Chuico (2019)

A continuación, se detalla un resumen del número de redes pluviales diseñadas, las cuales se encuentran en el Apéndice B.

Tabla 3.5 Redes de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019)

Tipo de red	Cantidad de tramos
Colector 1	17
Colector 2	10
Tirantes	44

El diseño de la red varía dependiendo de las áreas de aportación a cada tramo y las pendientes del terreno, lo cual influye en la decisión del diseñador para la determinación de los diámetros correctos, pendientes de tubería, las longitudes y ubicaciones de cada pozo.

El número de elementos constructivos utilizados en el diseño son las cunetas, sumideros, cámaras de inspección y cabezales que se detallan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Elementos estructurales de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019)

Tipo de estructura	Cantidad
Cunetas	6,828 ml
Sumideros	44 u
Cámaras de inspección	27 u
Cabezales de descarga	2 u

Las cunetas recogen las aguas de las calles vehiculares, estas estructuras tienen la misma sección para así facilitar su construcción, con las dimensiones suficientes para garantizar la acumulación de las aguas. Cuentan con las mismas pendientes longitudinales de la vía para garantizar uniformidad. En la presente tabla 3.7 se detalla el diseño para el área de mayor aporte, el cual servirá para el diseño de todas las cunetas y se presenta un esquema del detalle de la sección en la figura 3.16.

Tabla 3.7 Resultado de diseño de cuneta (Calle & Chuico, 2019)

Calle	Área de aporte [ha]	Longitud cuneta [m]	Capacidad requerida q [m ³ /s]	V _{real} [m/s]	b [m]	y=d [m]	L [m]	S _{cuneta} [%]	Capacidad diseño Q [m ³ /s]
Redondel	0.208	125.52	0.026	0.95	0.30	0.20	0.36	0.67	0.03

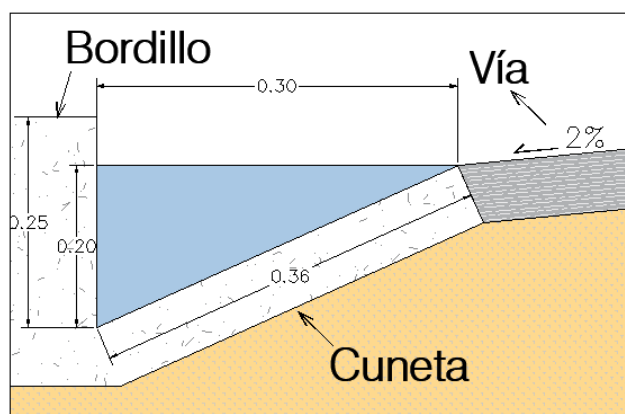


Figura 3.16 Esquema de diseño de cuneta

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Los sumideros de manera general se encuentran ubicados en las esquinas de los bloques o amanzanamientos y recoge el agua de las cunetas para ser depositadas por un tirante a la cámara de inspección, la cual para aguas lluvias se encuentra en el centro de vía, siguiendo los parámetros de diseño de la normativa ecuatoriana. Estos sumideros tienen la misma geometría para así facilitar las instalaciones de rejilla y construcción de la estructura.

El cálculo de la longitud de la rejilla fue realizado en base a la ecuación 2.14, en la siguiente tabla 3.8 se muestran los resultados de las dimensiones de los sumideros y su respectivo esquema en la figura 3.17.

Tabla 3.8 Resultados de diseño de sumidero con rejilla (Calle & Chuico, 2019)

Sumidero con reja y sin depresión	
(m)	0.30
W_o (m)	0.40
z	50
n	0.013
l	0.030
Q_o (m ³ /s)	0.0284
L (m)	0.7847

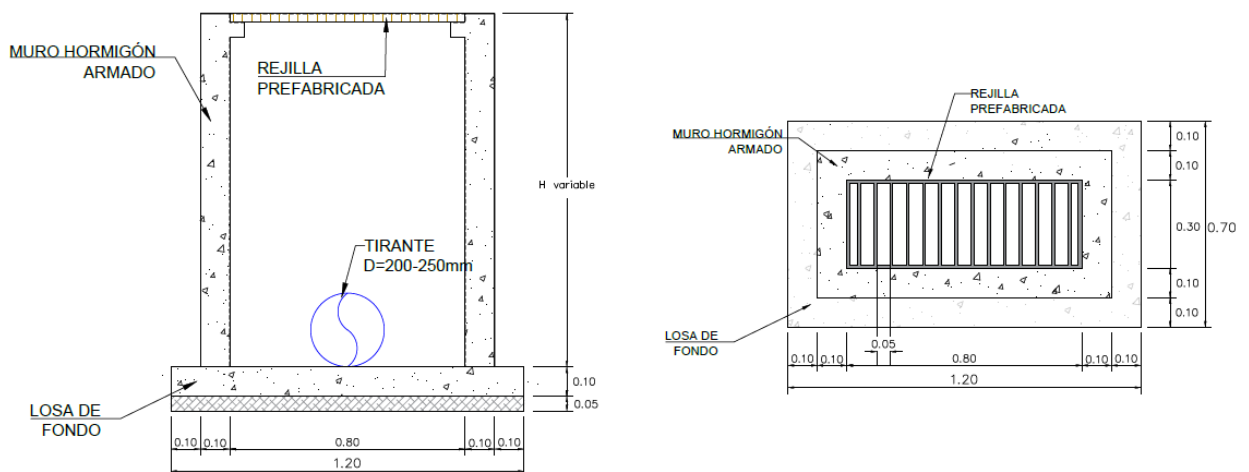


Figura 3.17 Esquema de diseño de sumideros

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Los sumideros conectan mediante los tirantes de PVC de diámetros mínimos de 200 mm con las estructuras de recolección, es decir los pozos o cámaras de revisión, las cuales tienen diferentes profundidades dependiendo de las pendientes de tuberías y del trazado de la red. En la siguiente tabla 3.9 se presentan las alturas de los pozos y su esquema en la figura 3.18.

Tabla 3.9 Profundidades de las cámaras de inspección de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019)

Cámara de inspección AA.LL.	CT [m.s.n.m.]	CF [m.s.n.m.]	Profundidad [m]
AL 01	15.02	13.87	1.15
AL 02	14.83	13.31	1.52
AL 03	14.63	12.82	1.81
AL 04	15.38	14.28	1.10
AL 05	14.48	12.28	2.20
AL 06	15.14	13.79	1.35
AL 07	14.46	12.06	2.40
AL 08	15.01	13.31	1.70
AL 09	14.15	11.45	2.70
AL 10	14.59	13.29	1.30
AL 11	14.28	12.58	1.70
AL 12	14.7	13.5	1.20
AL 13	13.82	10.82	3.00
AL 14	14.37	12.87	1.50
AL 15	13.65	10.45	3.20
AL 16	14.13	12.18	1.95
AL 17	13.38	8.01	5.37
AL 18	13.29	9.49	3.80
AL 19	13.82	11.42	2.40
AL 20	13.04	7.14	5.90
AL 21	13.52	10.82	2.70
AL 22	13.18	11.83	1.35
AL 23	12.92	6.82	6.10
AL 24	13.71	10.31	3.40
AL 25	13.05	6.7	6.35
AL 26	9.84	7.43	2.41
AL 27	13.46	6.75	6.71

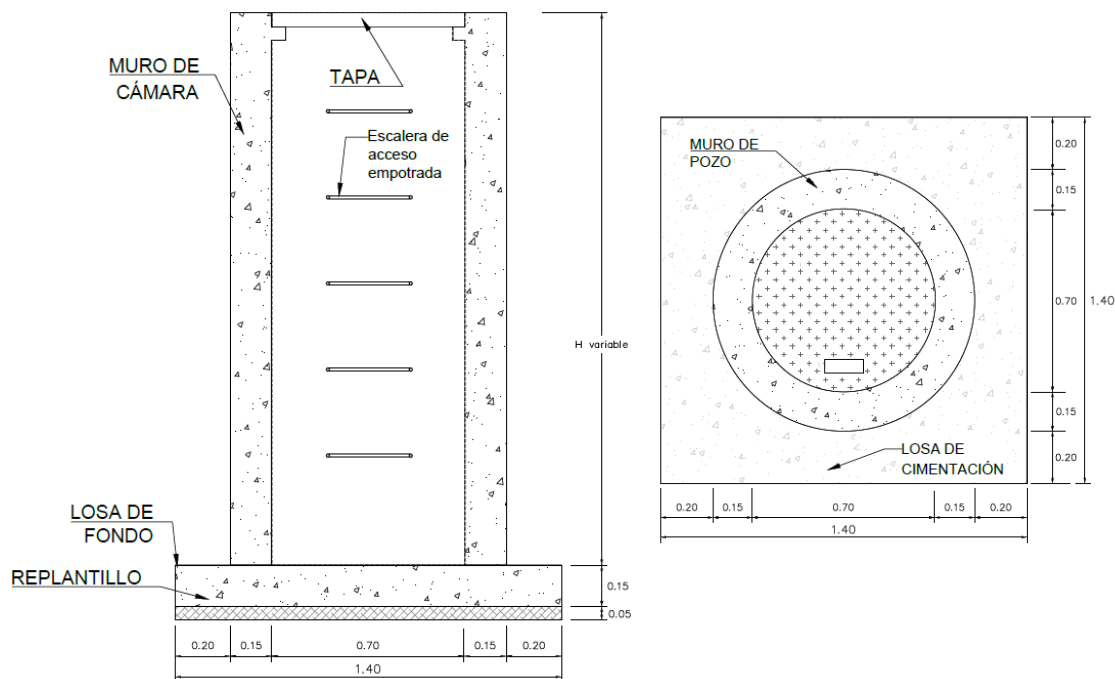


Figura 3.18 Esquema de cámaras de inspección de AA.LL.

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Los colectores son las tuberías de PVC que conectan cada cámara de revisión y para la etapa constructiva de estos elementos, se propone al igual que en aguas residuales, zanjas tipo para la instalación de la tubería en la que se toma en cuenta el espacio suficiente para maniobras de trabajo e instalación.

En la siguiente tabla 3.10 se presenta un resumen de los diámetros, pendiente, caudales y cuantificación de la tubería para mayor entendimiento de las cantidades de obra y costo que se revisan más adelante y que para mayores detalles revisar el Apéndice B.

Tabla 3.10 Resumen del diseño de AA.LL. (Calle & Chuico, 2019)

RED	Tramo	Longitud tramo (m)	Diámetro (mm)	S	d/D
Colector A	CA1-CA2	41.96	250	0.015	0.848
	CA2-CA3	44.84	350	0.015	0.725
	CA3-CA4	52.00	350	0.022	0.841
	CA4-CA6	36.00	400	0.020	0.824
	CA5-CA7	60.00	250	0.020	0.463
	CA7-CA8	60.00	250	0.020	0.631
	CA8-CA9	91.00	300	0.020	0.813
	CA6-CA9	45.66	450	0.020	0.767
	CA9-CA10	36.50	500	0.020	0.779
	CA10-CA11	40.30	500	0.021	0.855
	CA11-CA12	50.70	550	0.020	0.776
	CA12-CA13	61.30	600	0.020	0.677
	CA13-CA14	41.00	600	0.020	0.730
	CA14-CA15	40.00	600	0.020	0.762
	CA15-CA16	40.20	600	0.020	0.806
	CA16-CA17	55.50	600	0.023	0.864
	Colector B	CB1-CB2	36.50	300	0.008
CB2-CB3		33.60	350	0.009	0.831
CB3-CB4		61.00	350	0.015	0.863
CB4-CB5		61.00	400	0.010	0.841
CB5-CB6		64.00	400	0.013	0.826
CB6-CB8		64.00	450	0.010	0.755
CB7-CB8		27.46	300	0.010	0.782
CB8-CB9		57.20	500	0.015	0.678
CB9-CB10		56.50	500	0.012	0.812

La red de recolección de las aguas lluvias finalizan en un cabezal de descarga con muros de alas, para dirigir la escorrentía al canal de descarga con una conexión directa que empata la tubería con la estructura. Las estructuras se conforman con una losa de hormigón y muros a cada lado del orificio central de drenaje punto de drenaje. (Rivadeneira, 2012)

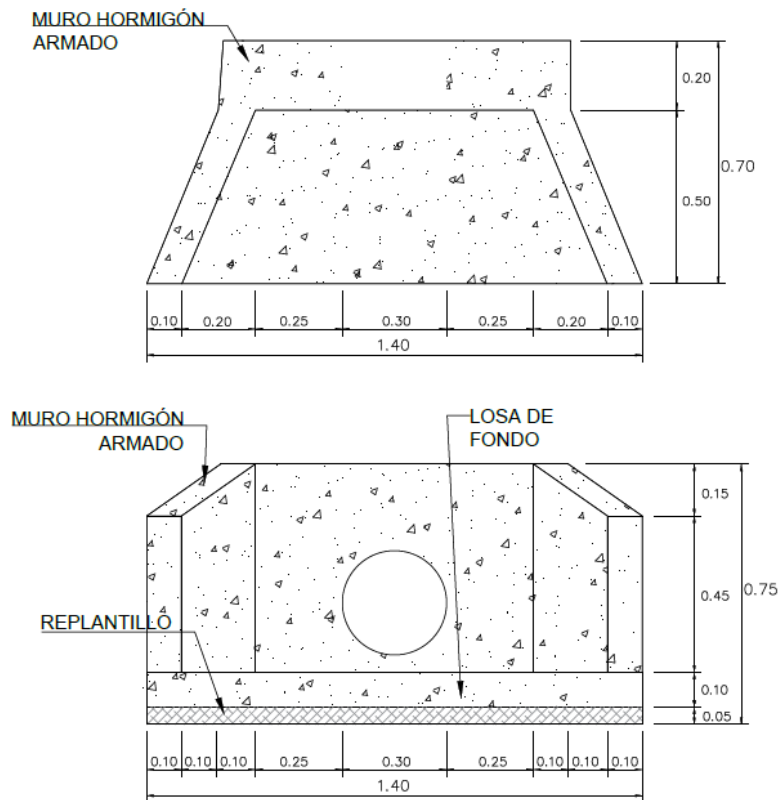


Figura 3.19 Esquema de diseño de muro de alas

Fuente: Calle & Chuico (2019)

3.4 Estación de bombeo de aguas residuales

Por la condición de arrastre de los caudales a gravedad y considerando que el terreno de la urbanización del presente estudio prácticamente es plano, la altura del Pozo MH-12 que llega hasta el área de la PTAR es de un $h=3.50$ ml, pues dificulta ingresar los caudales al área de tratamiento a gravedad.

Bien pudiese elevarse la cota de implantación del proyecto, para de esta forma elevar la cota de implantación de las tuberías y descargar a gravedad, pero esto significaría elevados costos por rellenos.

Quedando pues una alternativa de implantar una estación de bombeo de las aguas residuales, que sea capaz de elevar los caudales desde el Pozo MH-12 hasta las estructuras de entrada en la PTAR y desde aquí descargar a gravedad hasta el cuerpo receptor.

A continuación, se presenta un esquema de la propuesta para la estación de bombeo.

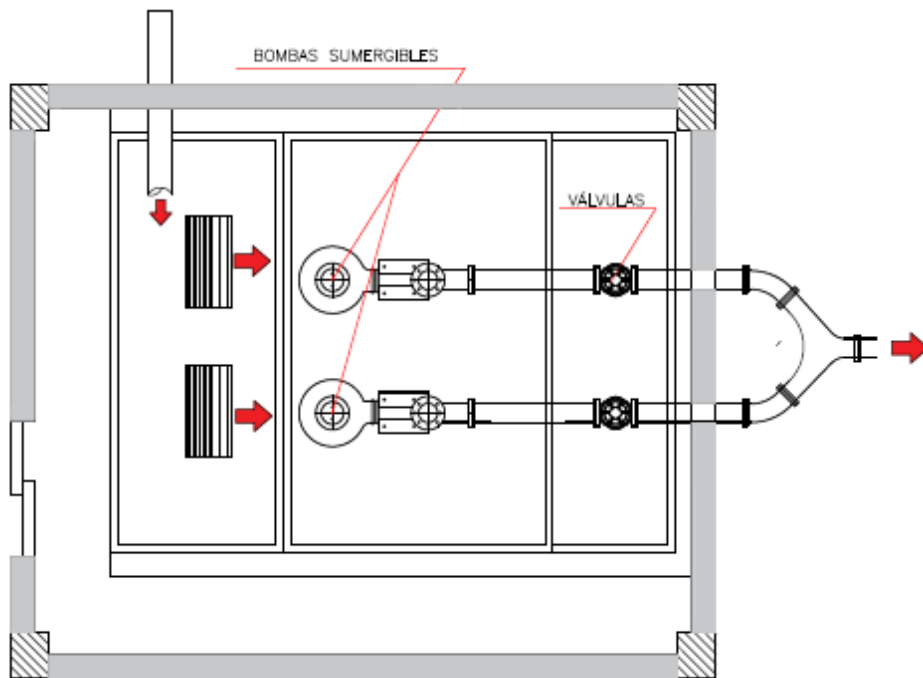


Figura 3.20 Esquema estación de bombeo

Fuente: Calle & Chuico (2019)

Para la determinación de la potencia de la bomba requerida hacemos uso de la ecuación 2.19.

Los datos utilizados son:

$$Q = 8.35 \text{ L/s}$$

$$H_t = 15 \text{ m}$$

$$\eta = 0.50$$

Las potencias de bomba y motor requeridos son los siguientes:

$$P_b = 4.12 \text{ HP} \approx 5 \text{ HP}$$

3.5 Regularización y Control Ambiental

La planificación, el diseño, la construcción, la operación y mantenimiento de la obra debe estar acompañada del cumplimiento de todos los requerimientos ambientales. La mayoría de estos requerimientos son dictados por la normativa ambiental local o provincial e incluso por el propio usuario, si éste es una empresa que tiene sus propias normas ambientales. En cualquier caso, deben tenerse en cuenta todos los

aspectos técnicos (estructurales, arquitectónicos, de seguridad, entre otros) a fin de identificar los potenciales impactos ambientales y definir las limitaciones al diseño.

Como se ha mencionado, el alcance del proyecto no es ejecutivo, es un diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial para la urbanización Las Piñas en el cantón Milagro, de lo que respecta una ingeniería básica. Sin embargo, se ha analizado la gestión ambiental que se deberá tener presente al ejecutar la obra. Por tal motivo, es indispensable obtener la categorización de este mediante la página web del *Sistema Único de Información Ambiental (SUIA)* para determinar el proceso a seguir y cumplir con los requerimientos. En el caso de la obra por ser de tipo de “*Saneamiento*” con la actividad de “*Construcción y Operación de Sistemas Integrados de Alcantarillado Sanitario, Pluvial o Combinado (No Incluye Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)*”, se requiere un Registro Ambiental como se muestra en el Apéndice G.

Además, es necesario conocer las actividades y sus impactos para tener claro el Plan de Manejo Ambiental a seguir con sus diferentes etapas. Como ejemplo la actividad más relevante a realizarse es la excavación para la colocación de las tuberías en donde habrá una generación de escombros que alteran la estructura del suelo. En este caso, para mitigar los impactos que se generan por esta actividad se recomienda colocar contenedores de obra para la gestión de residuos según el material a reciclar, como sobrante de hierro, madera, plástico, entre otros, y conocer el centro de acopio municipal más cercano adonde serán transportados estos residuos. Sin embargo, el cantón Milagro no cuenta con centros de acopio, pero sí de un relleno sanitario en el recinto Los Aguacates en la vía a Mariscal Sucre, el cual se encuentra a unos 20 km aproximadamente de la ubicación del terreno a urbanizar. (Ortiz, H. & Vera, J.) El colocar estos contenedores de construcción para separar los diferentes residuos de la obra tendrá un impacto positivo dentro del proyecto, así como para cada trabajador, ya que se fomentará la cultura ambiental tomando medidas que promuevan la eficiencia en el manejo de los recursos y desechos, los cuales tienen un impacto al medio ambiente.

También, en el caso de la actividad del uso de maquinarias que generan ruido, emisiones de gases, requieren recarga de combustible y cambios de aceite se deben tomar medidas y acciones para prevenir o reducir los impactos que pueden generarse. Para mitigarlos, se requiere que las emisiones estén dentro del rango y

disponer de un área adecuada para realizar los respectivos mantenimientos preventivos. Para todas las actividades en el proceso constructivo, es primordial las capacitaciones y la entrega de los EPPs a todo el personal de trabajo, asegurando la seguridad de cada uno de ellos y motivándolos a cuidar del medio ambiente.

Por lo tanto, es esencial familiarizarse con la “*Guía General de Buenas Prácticas Ambientales*” para generar una conciencia ambiental global e individual, de tal forma que los trabajadores al momento de emplear herramientas, instalar tuberías, hacer uso de las maquinarias, entre otras actividades, lo realicen de forma adecuada mitigando los posibles impactos.

Dentro del Apéndice G se detalla el procedimiento para obtener la categorización ambiental a través del SUIA. También, se adjunta el oficio MAE-SUIA-RA-CGZ5-DPAG-2019-234217 y el mapa MAE-RA-2019-431096, donde se constata que el área del proyecto no interseca con bosques protectores, áreas protegidas, zonas intangibles, entre otras. Para una mejor visualización del mapa se anexan las siguientes figuras 3.21 y 3.22 corroborando lo antes mencionado.

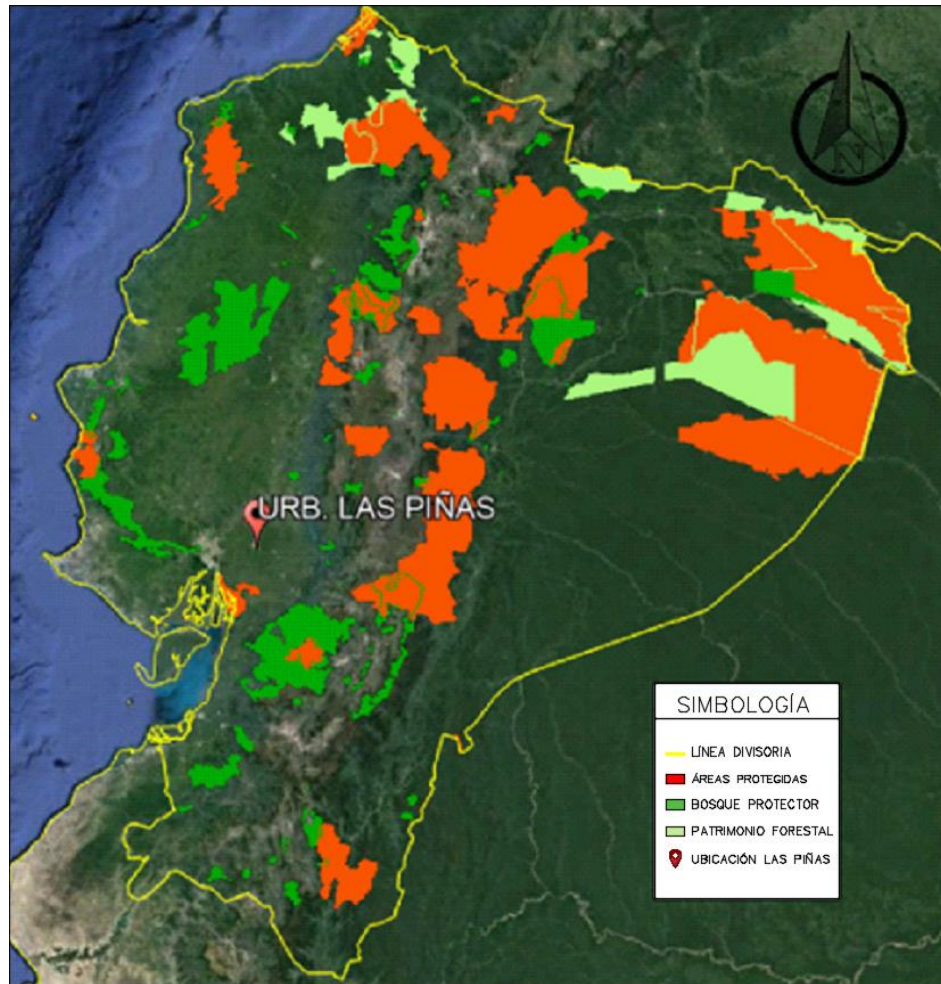


Figura 3.21 Análisis de certificado de intersección - Macro ubicación

Fuente: Calle & Chuico (2019)



Figura 3.22 Análisis de certificado de intersección – Micro ubicación

Fuente: Calle & Chuico (2019)

3.6 Gestión de Obras Civiles

3.6.1 Presupuesto General

Para la elaboración del presupuesto general se realizó una Estructura de Descomposición de Trabajo (EDT), la cual es una herramienta fundamental para descomponer las jerarquías y componentes para ser ejecutados por el equipo de proyecto, y así cumplir con los objetivos planteados.

Una vez determinada una estructura de trabajo, se realizaron los análisis de precios unitarios con costos actualizados de mano de obra, materiales y equipos, además se tomaron en cuenta los componentes de Salud, Seguridad y Ambiente (SSA). El cronograma valorado de actividades y los APUs se encuentran anexados en el Apéndice E.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL						
PROYECTO:	"DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN PRIVADA LAS PIÑAS UBICADA EN EL CANTÓN MILAGRO, SECTOR LAS PIÑAS"					
UBICACIÓN:	CANTÓN MILAGRO - PROVINCIA DEL GUAYAS					
OFERENTE:	GLORIA CALLE RIVERO Y PRISCILLA CHUICO REY					
FECHA:	GUAYAQUIL - SEPTIEMBRE 2019					
PRESUPUESTO REFERENCIAL						
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	%
I	OBRAS PRELIMINARES					
1.1	TRAZADO Y REPLANTEO	m2	2593.09	\$2.15	\$5,581.11	
1.2	LIMPIEZA Y DESBROCE INCLUYE DESALOJO	ha	1.73	\$8.22	\$14.23	
1.3	CASETA DE OBRA / BODEGA	m2	75.75	\$36.82	\$2,789.32	
				SUBTOTAL	\$8,384.66	1.56%
II	MOVIMIENTOS DE TIERRA					
2.1	EXCAVACIÓN A MÁQUINA HASTA 1.5 M DE PROFUNDIDAD	m3	432.18	\$2.41	\$1,039.57	
2.2	EXCAVACIÓN A MÁQ. DE ZANJA HASTA 3.5 M DE PROF.	m3	4235.60	\$2.81	\$11,922.36	
2.3	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO IMPORTADO	m3	3773.95	\$11.09	\$41,847.39	
2.4	DESALOJO DE MATERIAL (DIST. MAY. A 5 KM)	m3	893.84	\$4.19	\$3,746.42	
				SUBTOTAL	\$58,555.75	10.91%
III	ALCANTARILLADO SANITARIO					
	3.1 COMPONENTE SANITARIO					
3.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 160 MM	ml	171.90	\$14.81	\$2,546.29	
3.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 200 MM	ml	1142.69	\$22.42	\$25,615.00	
3.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 250 MM	ml	40.00	\$27.03	\$1,081.27	
3.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO 45 D=200 MM	u	2.00	\$36.15	\$72.30	
3.5	CAMA DE ARENA e=10 CM	m3	279.83	\$19.97	\$5,589.27	
				SUBTOTAL	\$34,904.12	6.51%
	3.2 COMPONENTE ESTRUCTURAL					
3.6	CAJAS DE REGISTRO DE HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2 CON TAPA	u	26.00	\$223.65	\$5,815.01	
3.7	CÁMARA DE INSPECCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO F'c= 280 KG/CM2 DE 70 CM DE DIÁMETRO DE 1.4 A 2.5 M DE ALTURA ÚTIL (INCLUYE TAPA)	u	24.00	\$532.47	\$12,779.28	
3.8	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F'c=140 KG/CM2 INC. ENCOFRADO, e=5 CM	m2	40.56	\$8.41	\$341.16	
				SUBTOTAL	\$18,935.46	3.53%
IV	ALCANTARILLADO PLUVIAL					
	4.1 COMPONENTE PLUVIAL					
3.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 250 MM	ml	57.64	\$27.03	\$1,558.11	
4.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 300 MM	ml	93.10	\$37.93	\$3,531.27	
4.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 350 MM	ml	39.58	\$37.93	\$1,501.27	
4.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 400 MM	ml	291.36	\$62.09	\$18,090.51	
4.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 450 MM	ml	104.94	\$71.22	\$7,473.69	
4.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 500 MM	ml	91.80	\$96.61	\$8,868.62	
4.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 550 MM	ml	178.44	\$102.40	\$18,272.22	
4.7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 600 MM	ml	40.21	\$131.31	\$5,280.14	
4.8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 700 MM	ml	341.43	\$171.85	\$58,676.42	
3.5	CAMA DE ARENA e=10 CM	m3	614.01	\$19.97	\$12,264.29	
				SUBTOTAL	\$135,516.54	25.26%
	4.2 COMPONENTE ESTRUCTURAL					
4.9	MUROS DE ALA / CABEZAL DE DESCARGA	u	2.00	\$191.92	\$383.84	
4.10	SUMIDEROS DE REJILLA PREFABRICADA DE HORMIGÓN SIMPLE F'c=210 KG/CM2 DE 80X30X120 CM	u	44.00	\$137.19	\$6,036.54	
3.7	CÁMARA DE INSPECCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO F'c= 280 KG/CM2 DE 70 CM DE DIÁMETRO DE 1.4 A 2.5 M DE ALTURA ÚTIL	u	27.00	\$532.47	\$14,376.69	
3.8	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE F'c=140 KG/CM2 INC. ENCOFRADO, e=5 CM	m2	45.63	\$8.41	\$383.80	
				SUBTOTAL	\$21,180.87	3.95%
V	OBRAS DE URBANIZACIÓN					
5.1	ACERAS DE HORMIGÓN SIMPLE F'c= 180 KG/CM2 (E=10 CM)	m2	7852.12	\$14.91	\$117,068.82	
5.2	BORDILLOS CUNETAS HORMIGÓN SIMPLE (180 KG/CM2) PARA CALLES VEHICULARES	ml	6827.93	\$20.32	\$138,760.61	
				SUBTOTAL	\$255,829.43	47.68%
VI	OBRAS COMPLEMENTARIAS					
	6.1 COMPONENTE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE					
6.1	ADQUISICIÓN DE BATERÍAS SANITARIAS	u	2.00	\$602.40	\$1,204.80	
6.2	LETEROS INFORMATIVOS	u	10.00	\$20.04	\$200.36	
6.3	EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	u	12.00	\$120.00	\$1,440.00	
6.4	CINTAS DE SEGURIDAD	u	30.00	\$6.00	\$180.00	
6.5	OBTENCIÓN DE REGISTRO AMBIENTAL PARA CONSTRUCCIÓN	glb	1.00	\$180.00	\$180.00	
				SUBTOTAL	\$3,205.16	0.60%
				TOTAL COSTO DIRECTO (CD)	\$536,511.99	100.00%
				INDIRECTOS	20%	\$107,302.40
				COSTO TOTAL DE OBRA (CD+CI)	\$643,814.38	
COSTO DE LOS SISTEMAS				SISTEMA	ML	\$/ML
				PLUVIAL	1376.987	\$579,206.89
				SANITARIO	1297.74	\$455,777.49
						\$351.21

SON: QUINIENTOS TREINTA Y SEIS MIL QUINIENTOS ONCE, 99/100 DÓLARES AMERICANOS MÁS IVA

PREPARADO POR : GLORIA CALLE RIVERO Y PRISCILLA CHUICO REY

OFERENTES

PROYECTO: "DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN PRIVADA LAS PIÑAS UBICADA EN EL CANTÓN MILAGRO, SECTOR LAS PIÑAS"
UBICACIÓN: CANTÓN MILAGRO - PROVINCIA DEL GUAYAS
OFERENTE: GLORIA CALLE RIVERO Y PRISCILLA CHUICO REY
FECHA: 0/1/1900

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJO

CAP	RUBROS	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	TIEMPO EN: 150 DIAS						
					1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES		
I	OBRAS PRELIMINARES	1.00	8,384.66	8,384.66	100%						100%
II	MOVIMIENTOS DE TIERRA	1.00	58,555.75	58,555.75	10%	20%	20%	20%	20%		90%
III	ALCANTARILLADO SANITARIO										80%
III.1	3.1 COMPONENTE SANITARIO	1.00	34,904.12	34,904.12	10.00%	40.00%	50.00%				70%
	3.2 COMPONENTE ESTRUCTURAL	1.00	18,935.46	18,935.46		30.00%	40.00%	30.00%			60%
IV	ALCANTARILLADO PLUVIAL										50%
IV.1	4.1 COMPONENTE PLUVIAL	1.00	135,516.54	135,516.54			50.00%	40.00%	10%		40%
IV.2	4.2 COMPONENTE ESTRUCTURAL	1.00	21,180.87	21,180.87			20.00%	40.00%	40%		30%
V	OBRAS DE URBANIZACIÓN	1.00	255,829.43	255,829.43		25.00%	25.00%	25.00%	25%		20%
VI	OBRAS COMPLEMENTARIAS					63,957.36	63,957.36	63,957.36	63,957.36		10%
	6.1 COMPONENTE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE	1.00	3,205.16	3,205.16	20%	20%	20%	20%	20%		0%
				TOTAL:	536,511.99						
INVERSION MENSUAL					18,371.7	95,951.8	173,330.2	144,669.1	98,333.5		
AVANCE PARCIAL EN %					3.42%	17.88%	32.31%	26.96%	18.33%		
INVERSION ACUMULADA					18,371.68	114,323.50	287,653.73	432,322.87	530,656.41		
AVANCE ACUMULADO %					3.42%	21.31%	53.62%	80.58%	98.91%		

CURVA DE AVANCE PROGRAMADO

.....
PREPARADO POR:
OFERENTES

3.6.2 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas fueron elaboradas a partir de los rubros del presupuesto general, regidas bajo la normativa de diseño y construcción ecuatoriana, las cuales han sido adaptadas a este diseño. Para mayor detalle revisar el Apéndice F.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del diseño tuvo ciertos desafíos, debido a las condiciones topográficas del terreno. Por lo que fue esencial realizar un análisis de las zonas inundables, ya que milagro presenta graves problemas con respecto a este fenómeno en los lugares más vulnerables del cantón.

En el capítulo anterior se presentaron los resultados del diseño, en los planos se mostraron los detalles hidráulicos y ubicación de las estructuras con sus respectivas cotas de tapa y de fondo de las cámaras, además de los respectivos diámetros y pendientes de cada tramo. Los elementos estructurales son esquemas de diseños convencionales que para las especificaciones técnicas y cuantificación en el presupuesto se utilizaron las resistencias más comunes para obras de este tipo para determinar las cuantías de aceros de refuerzo en hormigón armado.

Cabe recalcar que el alcance de proyecto no abarca la distribución de agua potable, por lo cual para diseños a futuro debe considerarse su realización en base a los diseños esquematizados en el presente documento.

4.1 Conclusiones

- Se realizó una nueva propuesta urbanística, debido a las condiciones topográficas, restricciones con respecto a operación y mantenimiento en un futuro y criterios técnicos para la ubicación de la PTAR.
- Se logró el cumplimiento de los objetivos planteados, realizando un diseño eficiente siguiendo los parámetros de diseños regulados por la normativa ecuatoriana, garantizando la seguridad y funcionamiento.
- El estudio de suelos realizado permitió la caracterización del tipo de suelo del terreno, en donde se presentaron suelo limo arcillosos, que según su caracterización son expansivos y presentan partículas de diferentes tamaños. Este suelo puede ser utilizado como material para relleno fino, pero se recomienda el mejoramiento de este suelo, garantizando una correcta compactación.

- El uso de hojas electrónicas para el cálculo de las redes y las herramientas de Civil 3D como lo son los pipes networks, facilitaron el diseño y trazado de los dos sistemas propuestos.
- En el cumplimiento de los requisitos de diseño municipales, se recomienda más adelante, posibles tratamientos en la PTAR. En base a los requerimientos municipales y las normativas de saneamiento ambiental, toda urbanización debe contar con una PTAR la cual recolecta las aguas residuales para ser tratadas mediante sistemas de operación físico, químico o biológico, que a través de diferentes procesos se reduce su contaminación y se obtienen las aguas con las características adecuadas dependiendo de su uso y destino de descarga.
- En el diseño y trazado de la red de alcantarillado pluvial se garantiza el correcto funcionamiento con una descarga a gravedad al cuerpo receptor, en el caso del alcantarillado sanitario se utiliza una estación de bombeo para destinar las aguas residuales a la PTAR, en la que se consideró una bomba de 5 HP para su correcto transporte.

4.2 Recomendaciones

- Para un diseño definitivo se recomienda realizar un estudio de suelos más detallado, como el uso de ensayos triaxiales y obtener una información completa de la capacidad del suelo.
- Así mismo a futuro se recomienda realizar el diseño de la red de distribución de agua potable para complementar el abastecimiento de los servicios básicos de la urbanización.
- Para el mantenimiento del sistema alcantarillado sanitario se recomienda realizarlo mínimo una vez al año, debido al aumento de la acumulación de residuos por el crecimiento poblacional que exista en la urbanización.
- En el sistema pluvial se recomienda realizar limpiezas programadas principalmente en épocas invernales o para mayor eficiencia mantenimientos previos a estas épocas. En el desarrollo del diseño se obtuvo para ciertos tramos, principalmente los iniciales donde no hay mucha carga, dar especial atención al mantenimiento para evitar la acumulación de sedimentos que afecte a la operación del sistema.

- En el sistema pluvial se recomienda para las conexiones de muros de ala ubicar en la dirección del flujo del agua estructuras que soporten la cargas como el uso de gaviones o enrocados con las dimensiones necesarias. En el presupuesto no se incluirá estos costos.
- Se recomienda realizar a futuro el diseño y selección de la planta de tratamiento adecuada en base al grado de eficiencia y estabilización de las aguas y que cumpla con los parámetros de descarga que se encuentran normados. Por lo cual se puede recomendar que una vez obtenidas las aguas de la estación de bombeo tenga como tratamiento primario el uso de rejillas que retengan los sólidos gruesos, desarenador y una sedimentación primaria; como tratamiento secundario se puede optar por la utilización de lodos activados o filtros percoladores y finalmente la desinfección de las aguas por cloración. La selección del tipo de planta a utilizar queda a criterio del diseñador, en la que deberá realizar un análisis en base al factor económico, la disponibilidad del espacio y cumplimiento de la normativa ambiental conforme al grado de DBO₅, DQO y el total de coliformes fecales que el efluente debe cumplir para su descarga en el canal.
- En el diseño de la estación de bombeo se recomienda el uso de rejillas previo a la entrada del cárcamo de bombeo para evitar obstrucciones en las bombas, el considerar la colocación de bombas adicionales con las mismas capacidades, como lo determina la normativa en el caso de mantenimientos rutinarios o posibles daños. Se puede recomendar el funcionamiento intercalado de las bombas para evitar sobrecargas o desgastes de los equipos.
- Se recomienda para la ejecución de la obra realizar un presupuesto a mayor detalle en el que incluya la estación de bombeo y la PTAR, ya que estos componentes no abarcan en el alcance del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Ex – IEOS Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. (1986). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1,000 habitantes. Ecuador.
- GAD San Francisco de Milagro. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (1995-2005). Anuario Meteorológico.
- López, R. (2014). Elementos de Diseño de Acueductos y Alcantarillado. (2da ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Manual Técnico Novafort Plastigama. (2014). Diámetros y costos de tuberías. Ecuador.
- Metcalf & Eddy. (2004). Components of Wastewater Flows. (4ta ed.). California, McGraw-Hill. 2004.
- Monsalve, G. (1995) Hidrología en la Ingeniería. (2da ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Navarro, D. (2012). Manual de diseño de redes de alcantarillado. Interagua, Ecuador.
- RAS Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2016). Título D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias. Bogotá, Colombia.

Páginas web

- El Telégrafo. (2017). *Dos sistemas de agua potable se construirán en Milagro*. Accedido el 20 de mayo, 2019, desde <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayas/1/dos-sistemas-de-agua-potable-se-construiran-en-milagro>
- Hawkins, P. (2013). Saneamiento urbano. Accedido el 23 de mayo, 2019, desde <https://blogs.worldbank.org/es/water/cinco-razones-por-las-que-el-saneamiento-urbano-no-mejorar-solo-con-la-construccion-de-retretes>

- OMS Organización Mundial de la Salud. (2018). *El saneamiento es cosa de todos*.
Accedido el 20 de mayo, 2019, desde <https://flovac.es/noticias/saneamiento-para-todos-oms/>
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2017). *Saneamiento y aguas residuales*.
Accedido el 20 de mayo, 2019, desde https://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/es/
- ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2010). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*.
Accedido el 20 de mayo, 2019, desde <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Tesis

- Aldás, J. C. (2011). "Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 lotizaciones unidas (varios propietarios), del cantón El Carmen". Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Alfaro, J. M., Carranza, J. L. & González, I. (2012). "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Isidro, departamento de cabañas". Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Casal, J & García, A. (2018) "Diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial para la urbanización privada Balcones del Norte ubicada en el cantón de El Empalme de la provincia del Guayas". Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Castro J. D. (2017). "Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial para el sector urbano del barrio 4 de octubre, cantón Sucua - Provincia de Morona Santiago". Escuela Superior Politécnica de Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Celi, B. A. & Pesántez, F. E. (2012). "Cálculo y diseño del sistema de alcantarillado y agua potable para la lotización finca municipal, en el cantón El Chaco, provincia de Napo". Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui, Ecuador.
- Gómez, J. P. (2006). "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de Huaycopungo". Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Hernández, E. E. (2016). "Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y un sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad El Durazno,

Chimaltenango, Chimaltenango”. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

Játiva, J. A. & Santos, R. G. (2014). “Diseño hidrosanitario del conjunto habitacional Santa Cecilia”. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.

Méndez, F. S. (2011). “Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas residuales servidas de la Urbanización San Emilio”._Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.

Párraga, O. A. (2018). “Diseño y modelación técnica del sistema de alcantarillado sanitario para la lotización Torres del Salado, ubicado en la Vía a la Costa km 11.5 de la ciudad de Guayaquil”. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

APÉNDICES

APÉNDICE A: MEMORIA DE CÁLCULO ALCANTARILLADO SANITARIO

APÉNDICE B: MEMORIA DE CÁLCULO ALCANTARILLADO PLUVIAL

APÉNDICE C: PLANOS DE DISEÑO

APÉNDICE D: RESULTADOS LABORATORIO

APÉNDICE E: GESTIÓN DE OBRA CIVIL

APÉNDICE F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

APÉNDICE G: CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL

APÉNDICE H: DOCUMENTACIÓN SOLICITADA

APÉNDICE I: FOTOGRAFÍAS