



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES TÍPICOS
PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

Oscar Josué Montoya Nicolas

Asesorado por el Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES TÍPICOS
PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSCAR JOSUÉ MONTOYA NICOLAS

ASESORADO POR EL ING. DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES TÍPICOS
PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 10 de octubre de 2016.



Oscar Josué Montoya Nicolas


Guatemala 28 de agosto de 2019

Ingeniero
Juan Carlos Linares Cruz
Jefe del Departamento de Planeamiento
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Linares:

Por medio de la presente me permito informar que, en mi calidad de asesor nombrado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, he procedido a la revisión final del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES TÍPICOS PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO**, desarrollado por el estudiante universitario Oscar Josué Montoya Nicolás, Carné No. 2012-12613, determinando que el mismo cumple con los requisitos establecidos, por lo que de la manera más atenta solicito se autorice continuar con los trámites pertinentes para la aprobación final.

Atentamente,


Dennis Salvador Argueta Mayorga
INGENIERO CIVIL
MAESTRO EN INGENIERIA VIAL
MAESTRO EN INGENIERIA SANITARIA
DOCTOR EN CAMBIO CLIMATICO Y SOSTENIBILIDAD
COLEGIADO 8297

Dr. Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
Asesor
No. de Colegiado: 8297



Guatemala, 09 de septiembre de 2019
EIC-JP-002-2019/jcl

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES TÍPICOS PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Oscar Josué Montoya Nicolás, quien contó con la asesoría del Dr. Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la Ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Civil Juan Carlos Linares Cruz
Jefe Del Departamento de Planeamiento


Cc: Estudiante Oscar Josué Montoya Nicolás
Archivo





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Juan Carlos Linares Cruz al trabajo de graduación del estudiante Oscar Josué Montoya Nicolas **ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES TÍPICOS PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, noviembre 2019
/mrm.

Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

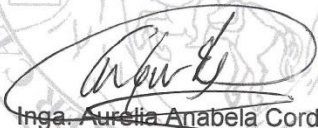


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.597.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS DIFERENTES COMPONENTES TÍPICOS PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar Josué Montoya Nicolas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Noviembre de 2019

AACE/asga
cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi centro de sabiduría, fuente de amor inagotable permitiéndome alcanzar este triunfo. Job 12:13.
- Mis padres** Por demostrarme que las cosas buenas se logran con dedicación, perseverancia y honestidad. Por brindarme su amor de forma incondicional y estar siempre para mí.
- Mis tíos** Por su apoyo incondicional, consejos y principios inculcados en mí a lo largo de la carrera y mi vida.
- Mis amigos** Por ser una importante influencia en mi carrera

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser quien permitió la formación en mi carrera, siempre de la mejor manera para obtener sabiduría y conocimientos amplios respecto a la carrera que cursé.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por ser una gran motivación y apoyo durante toda la carrera

Mi asesor

Ing. Dennis Argueta por su colaboración en la realización de este trabajo

**Mis amigos de
la infancia**

Por su apoyo incondicional en el desarrollo de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. DIFERENTES TIPOS DE ALCANTARILLADO Y SUS COMPONENTES.....	1
1.1. Alcantarillado convencional	1
1.2. Alcantarillado simplificado.	2
1.3. Alcantarillado sin arrastre de sólidos	4
1.4. Alcantarillado de pequeño diámetro	6
1.5. Criterios de diseño en el análisis de componentes de alcantarillado sanitario.....	8
1.6. Previsiones en la excavación	9
1.7. Variables hidráulicas	10
1.8. Volumen de aguas residuales	11
1.9. Profundidades de los colectores.....	11
1.10. Cotas invert	13
1.11. Selección del tipo de tubería	14
2. INFORMACIÓN GENERAL PARA DESCRIPCIÓN DE LOS RENGLONES BÁSICOS.....	17

2.1.	Componentes típicos que conforman el sistema de alcantarillado sanitario.....	17
2.1.1.	Letrinas.....	18
2.1.2.	Letrina abonera seca familiar	20
2.1.3.	Letrina de pozo seco ventilado.....	21
2.1.4.	Letrina de cierre hidráulico	22
2.1.5.	Letrinas comunales de pozo anegado.....	23
2.1.6.	Fosa séptica o tanques sépticos	23
2.1.7.	Algunos criterios para diseño de fosa séptica	23
2.2.	Tubería PVC sanitaria	24
2.3.	Pozos de visita	25
2.4.	Candela.....	27
2.5.	Tanques de lavado.....	27
2.6.	Derivadores de caudal	28
2.7.	Aliviadero o derivador de salto	29
2.8.	Disipadores de energía	30
2.9.	Tubería de ventilación	31
2.10.	Desfogue.....	32
2.11.	Interceptores	32
2.12.	Tubería <i>ribloc</i>	33
2.13.	Tubería de arcilla vitrificada	35
2.14.	Tubería concretloc.....	35
2.15.	Trampa de grasas	36
2.16.	Colocación de tubería PVC	37
2.17.	Conexiones domiciliarias	40
2.18.	Velocidades máximas y mínimas	41
2.19.	Velocidad de arrastre de aguas residuales	42
2.20.	Supervisión para pruebas de aguas residuales	42
2.21.	Preservación de muestras.....	43

2.22.	Estaciones de bombeo para un alcantarillado sanitario	44
2.22.1.	Características fundamentales	45
3.	ESQUEMAS Y COSTOS DE DIVERSOS COMPONENTES TÍPICOS EN ALCANTARILLADO SANITARIO	47
3.1.	Integración de costos generales	47
3.2.	Integración de costos directos	47
3.2.1.	Costos de materiales	48
3.2.2.	Costos de mano de obra	48
3.2.3.	Costos de maquinaria y equipo	49
3.2.4.	Subcontratos.....	49
3.3.	Integración de costos indirectos	50
3.3.1.	Costos de administración	50
3.3.2.	Utilidad.....	51
3.3.3.	Imprevistos	52
3.4.	Costos generales de la obra.....	53
3.5.	Tiempo de ejecución según componentes típicos implementados en el sistema de alcantarillado	53
3.6.	Rendimiento de mano de obra	55
3.7.	Análisis de vulnerabilidad de una red sanitaria.....	56
3.8.	Análisis de costos de los diversos componentes que conforman un alcantarillado sanitario	56
3.9.	Esquemas e integraciones	57
3.9.1.	Presupuesto para trampa de grasa	57
3.9.2.	Tubería de PVC de 4’’+ accesorios	67
3.9.3.	Tubería de PVC de 6’’+ accesorios	69
3.9.4.	Tubería de PVC de 8’’+ accesorios	71
3.9.5.	Presupuesto de tubería de 20’’ Novafort	73
3.9.6.	Candela municipal	75

3.9.7.	Acometida domiciliar	77
3.9.8.	Disipador de energía	79
3.9.9.	Tubería de ventilación	81
3.9.10.	Interceptor	83
3.9.11.	Letrina con arrastre hidráulico	85
3.9.12.	Letrina abonera ventilada	88
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	91
4.1.	Balance en materiales, mano de obra y equipo	91
4.2.	Cálculo de costos unitarios	92
4.2.1.	Costo de los materiales directos	92
4.2.2.	Costo de los materiales indirectos.....	93
4.2.3.	Costo de mano de obra directa	93
4.2.3.1.	Procedimiento para determinar el costo de mano de obra	93
4.3.	Análisis de la inflación y devaluación en los precios de los materiales.....	95
4.3.1.	Causas de la inflación de los materiales	96
4.3.2.	Impacto de la oferta económica a causa de la inflación	96
4.3.3.	Distorsiones en la asignación de recursos en la oferta económica a causa de la inflación.....	97
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de una red de alcantarillado convencional.....	2
2.	Esquema de una red de alcantarillado sin arrastre de sólidos.....	5
3.	Sistema de alcantarillado sanitario.....	7
4.	Trazo de planta de tratamiento en paseo liberación.....	9
5.	Pendiente de una tubería.....	12
6.	Detalle de letrina abonera seca familiar.....	21
7.	Letrina de cierre hidráulico.....	22
8.	Fosa séptica convencional.....	24
9.	Pozo de visita.....	26
10.	Tanque de lavado.....	28
11.	Derivador de caudal.....	29
12.	Derivador de salto.....	30
13.	Pozos de cortina.....	31
14.	Tubería de ventilación.....	32
15.	Trampa de grasas de plástico.....	37
16.	Zanja para tubería.....	39
17.	Trampa de grasas.....	58
18.	Caja de registro vista en planta y perfil.....	61
19.	Pozo de visita visto de perfil.....	63
20.	Fosa séptica.....	65
21.	Tubería de PVC de 4''+accesorios.....	67
22.	Tubería de pvc de 6''+accesorios.....	69
23.	Tubería de pvc de 8''+accesorios.....	71

24.	Tubería de 20'' Novafort.....	73
25.	Perfil y planta de candela.....	75
26.	Candela de acometida hacia colector municipal	77
27.	Perfil de acometida domiciliar	77
28.	Perfil y planta de dissipador de energía.....	79
29.	Tubería de ventilación.....	81
30.	Interceptor.....	83
31.	Perfil de letrina con arrastre hidráulico.....	85
32.	Elevación de letrina con arrastre hidráulico	86
33.	Perfil de letrina abonera ventilada.....	88
34.	Diagrama de balance en una obra.....	91

TABLAS

I.	Velocidades mínimas y máximas de tuberías	11
II.	Especificaciones de la tubería PVC para alcantarillado	25
III.	Tabla comparativa de caudales	36
IV.	Anchos libres de zanja según profundidad y diámetro de tubería.....	39
V.	Información típica para el diseño de trampa de grasa	58
VI.	Presupuesto para trampa de grasa.....	59
VII.	Presupuesto para caja de registro.	62
VIII.	Presupuesto para pozo de visita	64
IX.	Presupuesto para fosa séptica.....	66
X.	Tubería de 4'' + accesorios	68
XI.	Presupuesto para tubería de PVC de 6'' +accesorios.....	70
XII.	Presupuesto de tubería de PVC de 8''+accesorios.....	72
XIII.	Presupuesto de tubería de PVC de 20'' Novafort.....	74
XIV.	Presupuesto de candela municipal	76
XV.	Presupuesto de acometida domiciliar	78

XVI.	Presupuesto de disipador de energía	80
XVII.	Presupuesto para tubería de ventilación	82
XVIII.	Interceptor	84
XIX.	Presupuesto de letrina con arrastre hidráulico	87
XX.	Presupuesto de letrina abonera ventilada	88
XXI.	Materiales representativos en el capítulo 3	92
XXII.	Días de goce de sueldo	94

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Qmd	Caudal máximo diario
Qmh	Caudal máximo horario
Cm	Centímetro
PVC	Cloruro de polivinilo
CU	Costo unitario
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
Ø	Diámetro
STD	Estándar
kg	Kilogramo
Psi	Libras de presión por cada pulgada cuadrada
m³/s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
%	Porcentaje
PU	Precio unitario
In	Pulgadas
Q	Quetzal (moneda guatemalteca)
Q/Q	Relación de caudales
V/V	Relaciones de velocidad
S	Segundo
SDR	<i>Standar Dimension Ratio</i> (radio estándar)
U	Unidad

GLOSARIO

Aguas negras	Son las aguas que se desechan después de haber servido para un fin. Pueden ser domésticas, comerciales o industriales.
Aguas pluviales	Las aguas pluviales son aguas de lluvia que no son absorbidas por el suelo, sino que escurren de edificios, calles, estacionamientos y otras superficies.
Agua potable	Es aquella que ha sido debidamente tratada, encontrándose en condiciones óptimas para el consumo.
ANSI	American National Standards Institute.
Caudal	Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.
Control de costo	Es el valor de los trabajos al sumar los recursos contenidos en un proyecto, y su herramienta principal de comparación es el presupuesto.
Colector	Sistema conformado por un conjunto de tuberías, pozos de visita, obras y accesorios, que se utilizan para la descarga de las aguas residuales o pluviales.

Cota invert	La parte más baja de un colector, en donde entran una o varias tuberías y solo una de ellas es de seguimiento.
Cuadrilla	Grupo formado por una cantidad definida de albañiles y ayudantes, a quienes se les asigna una obra civil en particular.
Desfogue	Salida de aguas residuales en un punto determinado.
Dotación	Es la cantidad de agua necesaria para el consumo de una persona por día.
Factor de retorno	Es el porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
Factor de rugosidad	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería dependiendo del material con que sea fabricada.
Pendiente	Inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal diseñada para que el agua que conducen las tuberías se desplace libremente a través de ella, haciendo uso de la fuerza de gravedad.
Periodo de diseño	Tiempo durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.

Repello	Capa de mezcla conformada por arena, cal y agua que se aplica a las paredes para obtener un mejor acabado y sellar cualquier posible filtración.
Trazo y zanjeo	Proceso en el que se trazan los ejes que sirven de guías para alinear las delimitaciones de una casa, proyecto de carretera, alcantarillado sanitario y luego se hace una zanja para colocar los cimientos, tuberías o delimitaciones de carreteras.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.

RESUMEN

Este trabajo de graduación contiene información general sobre los renglones básicos que componen un sistema de alcantarillado sanitario, analizando los costos para cada componente.

Se desarrolla un marco teórico relacionado con los diversos tipos de alcantarillado y sus componentes, identificando los conceptos generales de los alcantarillados convencionales, simplificados, sin arrastre de sólidos, de pequeño diámetro, entre otros. Asimismo, se indican los criterios generales de diseño, prevenciones que se deben tomar en consideración para la excavación, cómo seleccionar el tipo de tubería, las profundidades que deben tener los colectores, entre otros.

Posteriormente, se localizan esquemas y las integraciones de costos unitarios de los diversos componentes típicos de un alcantarillado sanitario, identificando costos de mano de obra, de materiales, utilidad, imprevistos, costos de administración, entre otros, que proporcionan precios actualizados de acuerdo con cotizaciones previamente realizadas.

Luego se realiza un análisis de resultados, específicamente en las observaciones de mayor relevancia en cuanto al cálculo de costos unitarios, análisis de la inflación y devaluación en los precios de los materiales, los impactos en las ofertas económicas a causa de la inflación, entre otras.

OBJETIVOS

General

Realizar la cuantificación, integración de precios y el análisis de algunos componentes típicos que conforman un sistema de alcantarillado sanitario.

Específicos

1. Utilizar las especificaciones y normas de los fabricantes de los materiales para la integración de los componentes que integran un sistema de alcantarillado sanitario.
2. Realizar esquemas técnicos con las especificaciones necesarias para realizar las integraciones de los componentes típicos.
3. Dar a conocer la estimación de mano de obra y prestaciones laborales de cada componente típico que conforma un sistema de alcantarillado sanitario mencionado en este trabajo.
4. Elaborar un análisis de los resultados de los componentes típicos que de alcantarillado sanitario en cuanto al balance de materiales, costos de la mano de obra y equipo.

INTRODUCCIÓN

El sistema de alcantarillado sanitario se define básicamente como un conjunto de conductos y estructuras, cuya finalidad es transportar las aguas residuales de una vivienda, negocio, industria, entre otros, para desfogar hacia lugares pertinentes, y evitar de esa forma un peligro a la salud y el ambiente.

En el primer capítulo se presentan las referencias teóricas relacionadas con los diferentes tipos de alcantarillado y sus respectivos componentes, en donde destacan el alcantarillado convencional, el simplificado, sin arrastre de sólidos, de pequeño diámetro, así como los criterios generales de diseño en el análisis de componentes de alcantarillados sanitarios.

En el segundo capítulo se desglosan las descripciones de los renglones básicos que componen un sistema de alcantarillado sanitario, incluyendo letrinas, fosas sépticas, tuberías de PVC, pozos de visita, candelas, derivadores de caudal, trampa de grasas, conexiones domiciliarias, entre otros.

En el capítulo tres se plasman los esquemas y costos respectivos de los componentes típicos definidos en los capítulos previos, presentando las integraciones de costos directos, de materiales de mano de obra, de maquinaria y equipo, de administración, utilidad, imprevistos, impuestos, prestaciones, entre otros, de tal forma que sirvan como referencia para cualquier proyecto de saneamiento o alcantarillado sanitario que contengan renglones de trabajos similares a los vertidos en este trabajo de graduación.

En el capítulo cuatro se realiza un análisis de resultados obtenidos, describiendo los argumentos y cálculos necesarios relacionados con la inflación y devaluación de los precios de materiales, los posibles impactos económicos a causa de la inflación. Asimismo, se presenta una descripción del balance de costos entre materiales, mano de obra y equipo, a manera de generar discusión técnica y económica para que los futuros diseñadores prevean las distintas posibilidades en cuanto a costos se refiere.

Cuando se realiza para una entidad privada, se debe de realizar un presupuesto en el que la integración de sus costos directos e indirectos sean competitivos en el mercado de la construcción de sistemas de alcantarillados sanitarios, disminuyendo el costo global de toda la obra y recuperar la inversión estimada.

Cuando se diseña en alcantarillado sanitario para el sector público, el costo del proyecto tiende ser un valor incalculable, por ser de beneficio a los pobladores, pero no se recupera la inversión estimada.

El siguiente proyecto consta de un análisis de integraciones de costos y los resultados obtenidos, se observará a detalle el procedimiento a seguir al construir un sistema de alcantarillado sanitario, con los componentes típicos que lo conforman.

1. DIFERENTES TIPOS DE ALCANTARILLADO Y SUS COMPONENTES

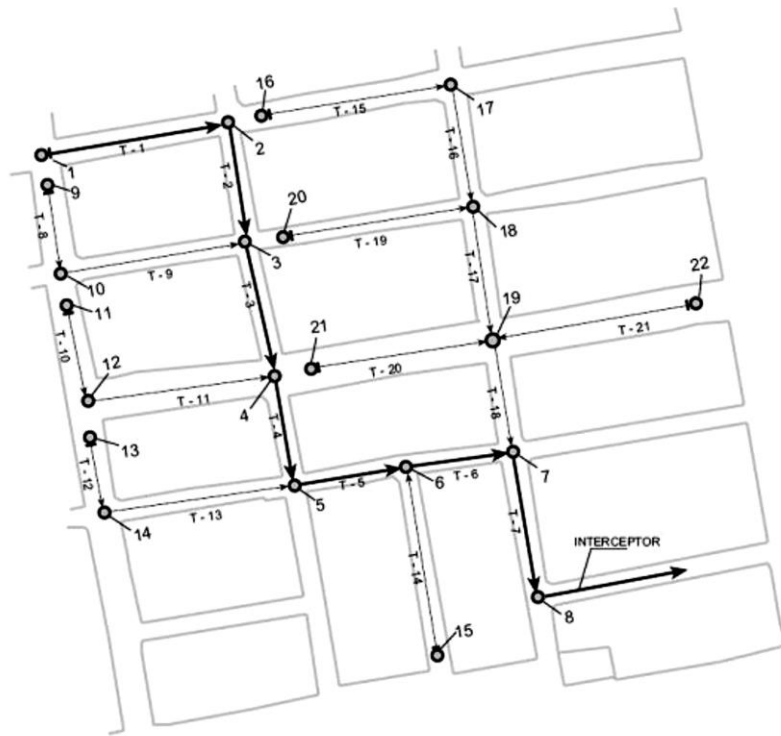
1.1. Alcantarillado convencional

Los sistemas convencionales de alcantarillado conforman el método más común para la recolección y conducción de las aguas residuales. Están constituidos por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento.

- Sus principales características son:
 - “Diámetros mínimos que oscilan entre los 200 y 250 milímetros.
 - Pozos de registro generalmente de 1,20 metros de diámetro interno, ubicados a cada 100 metros en cambios de diámetro, en cambios de pendiente, y en cambios de alineamiento horizontal.
 - Profundidad mínima de 1,00 metro sobre corona de tubo.”¹

¹ Unidad de apoyo para el saneamiento básico rural (UNATBASAR). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado* p. 10.

Figura 1. **Esquema de una red de alcantarillado convencional**



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. *Esquema de red de alcantarillado convencional*. p. 36.

1.2. **Alcantarillado simplificado**

“Es un sistema de alcantarillado sanitario destinado a transportar y recolectar aguas servidas, utilizando redes de poca profundidad que parten de las instalaciones sanitarias del terreno o lote y que son diseñadas bajo el criterio de simplificación y optimización de materiales y criterios de costeo constructivo”².

² NOGUERA, Julio Adolfo. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez San Juan Sacatepéquez, Guatemala*. p. 20.

Las redes de alcantarillado simplificado están formadas por un conjunto de tuberías y accesorios que tienen la finalidad de coleccionar y transportar los desagües, bajo condiciones técnicas y sanitarias adecuadas, y a un costo accesible a las poblaciones de bajos ingresos, en la que el mismo pueblo se beneficiaría. El desarrollo de este alcantarillado se comienza al observar que la causa principal del costo elevado del alcantarillado convencional son las exigentes normas de diseño, y que estas normas estaban impidiendo la expansión de la cobertura del servicio de alcantarillado a comunidades urbanas de bajos ingresos. Esto motivó la revisión de las normas de diseño y el posterior surgimiento de criterios técnicos más apropiados con los cuales se redujeron los costos de construcción.

Las redes de alcantarillado sanitario simplificado, generalmente se diseñan bajo los mismos criterios hidráulicos que las redes convencionales, sólo se diferencian de ellas en la simplificación y minimización del uso de materiales y de los criterios constructivos. Las principales ventajas del alcantarillado simplificado son:

- Reducción de los costos de construcción, principalmente, a través de la minimización de la profundidad de las excavaciones para los colectores y el empleo de dispositivos simplificados de inspección.
- Los colectores no necesariamente son instalados en la calzada de calles o avenidas. Son colocados por veredas o jardines, alejados de la zona de tráfico vehicular para protegerlos contra choques mecánicos. De esta manera se logra minimizar las excavaciones tanto en profundidad como en anchura. En algunos casos se proyectan redes dobles, en ambos lados de la calle.

- Los componentes costosos empleados en el alcantarillado convencional son reemplazados por elementos de inspección más simples y económicos, tales como: los dispositivos de inspección, las terminales de limpieza y las cajas de paso.
- Las aguas residuales recolectadas y transportadas por redes simplificadas deberán ser conectadas a una red de alcantarillado convencional, para su conducción hasta el punto de disposición final.

1.3. Alcantarillado sin arrastre de sólidos

Este alcantarillado está diseñado para que los colectores solo reciban líquidos de las aguas residuales, la arena, grasa y otros sólidos sedimentables se eliminan en una fosa séptica y se coloca antes de la conexión con el colector. “Es aplicable también en pequeñas comunidades donde hay menos de 200 casas o lugares de baja densidad poblacional, terrenos con ondulación moderada, suelo rocoso, poblados costeros y zonas con nivel freático alto”³.

- Ventajas
 - El costo del proyecto aproximadamente es un tercio del alcantarillado simplificado y una quinta parte del convencional.
 - Requerimiento de tratamiento reducido, la fosa séptica se realiza el tratamiento primario.
 - El sistema es fácil de construir.
 - Costos de excavación reducidos, no se requiere mantener una velocidad de flujo mínima para autolimpieza y la tubería se puede

³ Redes de alcantarillado sin arrastre de sólidos. *Una alternativa para la ciudad de Mérida Yucatán, México*. p. 10.

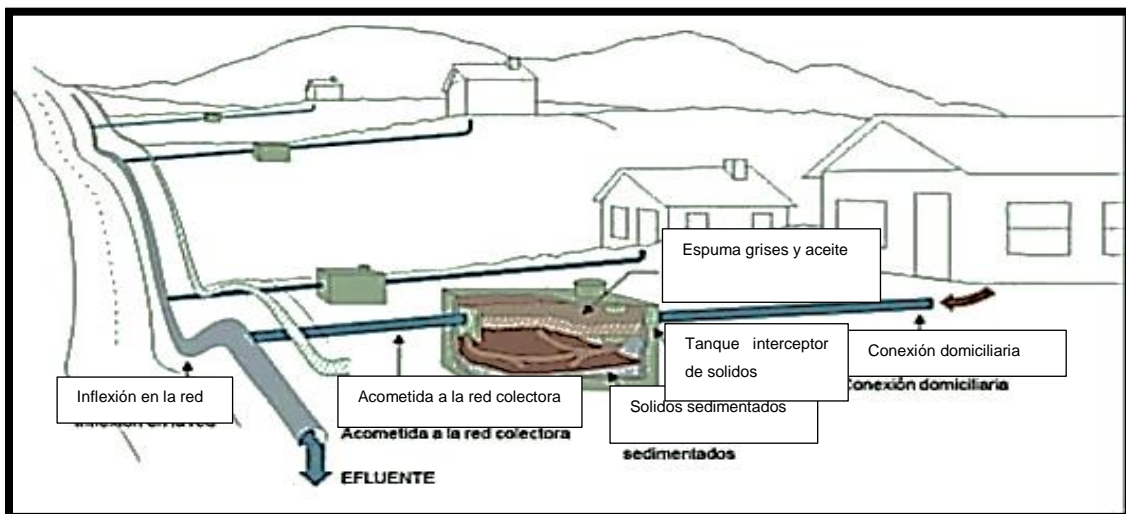
colocar en una alineación curvilínea con gradiente variable o de inflexión.

- Costo de materiales reducidos, caudales menores por la acción compensadora del tanque séptico. Su operación la realiza la comunidad.

- Desventajas

- Periódica limpieza y disposición de los sólidos de la fosa séptica.
- Malos olores (sulfuro de hidrógeno), se requiere un adecuado sistema de ventilación.
- Mayor control sobre las conexiones ilegales, aguas pluviales y sin tanque séptico.

Figura 2. **Esquema de una red de alcantarillado sin arrastre de sólidos**



Fuente: MARTÍNEZ, Elder Josué. *Aspectos básicos de alcantarillado sanitario*. p. 30.

1.4. Alcantarillado de pequeño diámetro

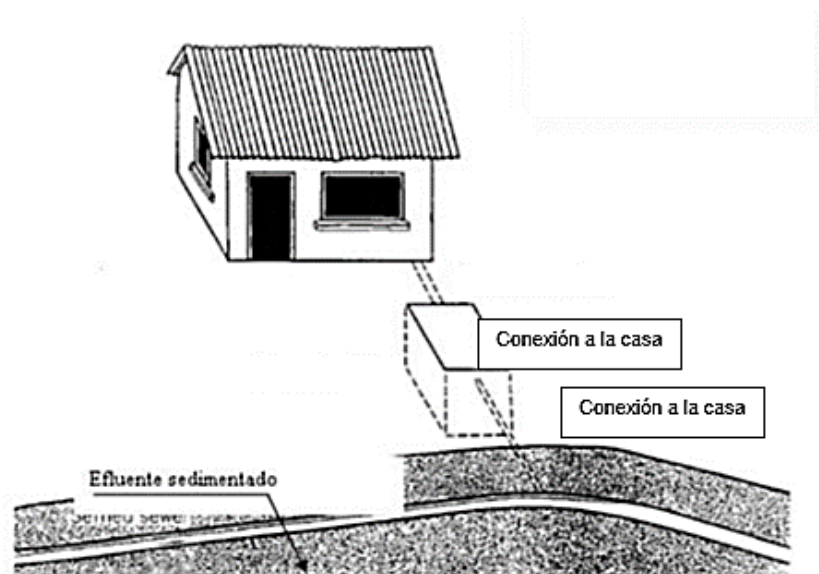
“Los sistemas de alcantarillados de pequeño diámetro están diseñados a fin de que los colectores sólo reciban la porción líquida de las aguas residuales domésticas para su disposición y tratamiento”⁴. A diferencia del alcantarillado convencional por gravedad que es diseñado como canal abierto, el alcantarillado de pequeño diámetro puede ser diseñado con tramos cuya línea de gradiente hidráulica se encuentra por encima del trazo de la tubería. La arena, grasa y otros sólidos que podrían obstruir los tubos son separados del flujo de desechos en tanques interceptores instalados aguas arriba de cada conexión a los colectores; los sólidos que se acumulan en los tanques se extraen periódicamente para su disposición segura.

- Ventajas
 - Requerimiento reducido de agua para el transporte de la pequeña cantidad de sólidos provenientes del tanque séptico.
 - Costos de excavación reducidos, ya que, al removerse los sólidos molestos, no es necesario que las redes se diseñen para mantener una velocidad de flujo mínima para su autolimpieza. Por eso, en vez de instalarlos en una línea recta con gradiente uniforme, se les puede colocar en una alineación curvilínea con gradiente variable o de inflexión. Esto reduce los costos de excavación, ya que el alcantarillado puede seguir la topografía natural de manera más aproximada que los alcantarillados convencionales y evitar la mayoría de las obstrucciones en su camino.

⁴ Unidad de apoyo para el saneamiento básico rural (UNATBASAR). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. p. 32.

- Costos de materiales reducidos, en vista que los caudales de diseño del alcantarillado de pequeño diámetro son menores que los caudales de diseño del alcantarillado convencional, gracias a la acción igualadora y compensadora del tanque interceptor, los tamaños de las redes no convencionales se verán reducidas.
- Desventajas
 - “La desventaja principal del sistema de alcantarillado de pequeño diámetro es la necesidad que tienen de una evacuación y disposición periódica de los sólidos de cada tanque interceptor del sistema”⁵.

Figura 3. **Sistema de alcantarillado sanitario**



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. p.15.

⁵ Unidad de apoyo para el saneamiento básico rural (UNATBASAR). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. p. 15.

1.5. Criterios de diseño en el análisis de componentes de alcantarillado sanitario

Depende del diseño y cálculo de los sistemas de alcantarillado, se logra optimizar la cantidad de componentes y asimismo, los costos que deberán considerarse para la construcción del mismo. Algunos aspectos importantes a considerar se encuentran los siguientes:

- Topografía

El diseño de la red de alcantarillado sanitario debe adecuarse a la topografía de la localidad, la circulación del agua debe ser por gravedad y las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno. Con esta circulación del agua se disminuye considerablemente el costo debido a que no se coloca sistema de bombeo para aguas servidas explicado anteriormente. En el caso de que existan en la localidad zonas sin drenaje natural, la circulación del agua en la red de alcantarillado también deberá ser por gravedad. “El agua residual tendrá que recolectarse en un cárcamo de bombeo localizado donde el colector tenga la cota de plantilla más baja para después enviarla mediante un emisor a presión a zonas de la red de colectores que drenen naturalmente”⁶.

⁶*Sistema intermunicipal de agua potable y alcantarillado.* www.siapa.gob.mx. Consulta: agosto 2018.

Figura 4. **Trazo de planta de tratamiento en paseo liberación**



Fuente: Centro Comercial Paseo Liberación.

1.6. **Previsiones en la excavación**

Para la excavación de la red de alcantarillado sanitario, “el contratista o bien la persona encargada de ejecutar el proyecto como residente de la misma, acatará todas las disposiciones que se indique en cualquier parte de los documentos contractuales o atenderá las indicaciones del ingeniero supervisor con el fin de optimizar costos en la obra”⁷. La persona encargada de ejecutar el proyecto debe entender que el contratante o proveedores encargados de los subcontratos en este caso movimiento de tierra y excavación, no son responsables por la exactitud o suficiencia de la información suministrada con relación al terreno, todo dependerá del estudio de suelos del lugar o levantamientos topográficos realizados con anterioridad.

⁷ Unidad de apoyo para el saneamiento básico rural *Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado Medellín*. p. 26.

Las excavaciones en el área de las juntas se harán a mano dándoles suficiente amplitud para alojarlas libremente de tal manera que el tubo quede soportado uniformemente en toda su longitud, así como para facilitar la construcción y revisión de la junta durante el proceso de acoplamiento y prueba de la tubería. La distancia mínima excavada alrededor, y en toda la longitud de la junta será de 20 cm.

1.7. Variables hidráulicas

Algunas variables hidráulicas a tomar en consideración para un adecuado diseño de alcantarillado sanitario son la velocidad mínima y la máxima. Se considera mínima, a aquella con la cual no se permite depósito de sólidos en los colectores que provoquen taponamientos. La velocidad mínima permisible es de $0,6 \text{ m/s}^2$, considerando el gasto mínimo calculado. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo estas condiciones tenga un valor mínimo de 1,0 cm en casos de pendientes fuertes y de 1,5 cm en casos normales. La velocidad máxima es el límite superior de diseño con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras. La velocidad máxima permisible para los diferentes tipos de material se muestra en la tabla I.

Tabla I. **Velocidades mínimas y máximas de tuberías**

Material de la tubería	Velocidad (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto reforzado de 60 cm. dDe diámetro o mayores	3,50	0,6
Concreto presforzado	3,50	0,6
Acero con revestimiento	5,00	0,6
Acero sin revestimiento	5,00	0,6
Acero galvanizado	5,00	0,6
Fiero fundido	5,00	0,6
Hierro dúctil	5,00	0,6
Polietileno de alta densidad	5,00	0,6
PVC (policloruro de vinilo)	5,00	0,6

Fuente: SIAPA. *Lineamientos técnicos para factibilidades, sistema intermunicipal de agua potable y alcantarillado.* p. 20.

1.8. Volumen de aguas residuales

Para determinar el volumen de aguas residuales que producen en las residencias se toma en cuenta el retorno a las alcantarillas, el cual puede estar entre 80 y 95 % de la dotación estimada. Depende de las costumbres el clima y las actividades de cada población. Los caudales de aguas comerciales, industriales se recomienda que se determinen por medio de un aforo con base en las actividades o procesos en donde se consume agua.

1.9. Profundidades de los colectores

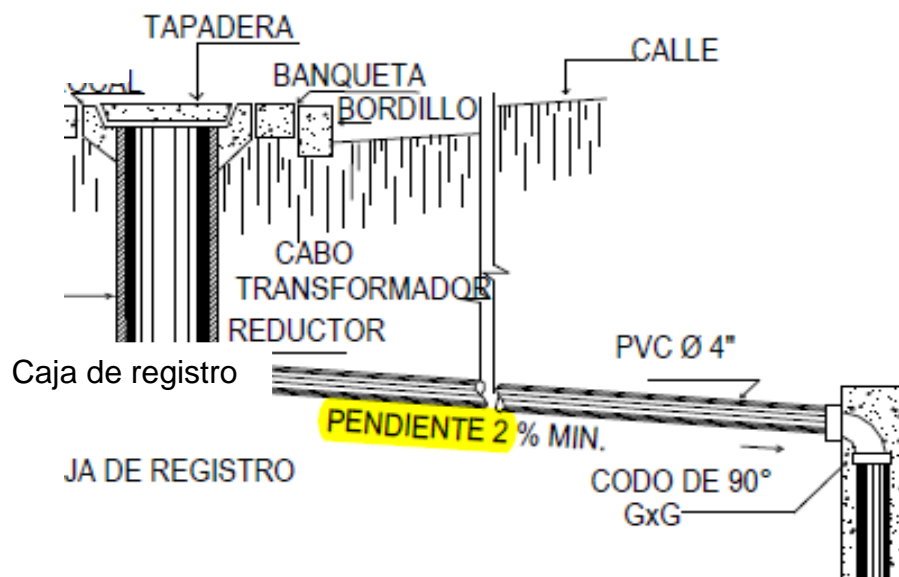
Otro aspecto importante de tomar en cuenta al diseñar alcantarillado sanitario es la profundidad de la parte superior de la tubería, respecto del nivel de la superficie. Se recomienda que sea de 1 a 1,50 metros como mínimo, para evitar que las cargas vivas dañen la tubería. La pendiente en los tramos de la

red de alcantarillado debe ajustarse para seguir un perfil similar al del terreno natural, evitándose así, excavaciones muy profundas y evitar excesos costos en el diseño del mismo.

- Pendientes

Se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño sea la misma del terreno, para evitar sobre costo por excavación excesiva, para cumplir con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles. Generalmente dentro de las viviendas se sugiere utilizar una pendiente mínima del 2 %, lo que asegura un arrastre de las excretas.

Figura 5. Pendiente de una tubería



Fuente: CONTRERAS LINARES, Joan Carlo Roberto. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, la comunidad y labor vieja*. p. 15.

1.10. Cotas invert

Es la cota de nivel que determina la colocación de la parte interior inferior de la tubería que conecta dos pozos de visita. “Todas las cotas, ya sean de terreno o de entrada y salida de tubería del alcantarillado, se deben de analizar de acuerdo con el tránsito vehicular que pase por el sector. Para el tránsito liviano, la altura mínima es de 1,00 m. y para el tránsito pesado es de 1,20 m”⁸. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería en un tramo del alcantarillado, se calculan de la siguiente manera:

$$CT_F = CT_I - (D.H * S_{terreno} \%)$$

$$S\% = \frac{CT_I - CT_F}{D} * 100$$

$$CIS = CT_I - (H_{min} - E_{tubo} + \emptyset)$$

$$CIE = CIS - D.H * S_{tubo} \%$$

$$H_{POZO} = CT_i - CIS$$

Donde:

CT_f = cota del terreno final

CT_i = cota del terreno inicial

D.H = distancia horizontal

$S_{\%}$ = pendiente

CIS = cota invert de salida

H_{min} = profundidad mínima, de acuerdo con el conector

E_{tubo} = espesor de la tubería.

\emptyset = diámetro interior de la tubería

⁸ MÉRIDA, Jeovany Roderico. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario aldea lo de Hernández y puente vehicular aldea terreno del municipio de Huehuetenango*. p. 85.

CIE = cota invert de entrada.

1.11. Selección del tipo de tubería

Para la selección de la tubería del sistema de alcantarillado, se debe cumplir la condición de autolimpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables (heces y otros productos de desecho) en los colectores. La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción y taponamiento.

La adecuada selección de la tubería dependerá de las características y ventajas de la misma, la cual deberá dar la confiabilidad de construcción, la facilidad de transporte como de almacenamiento, rapidez de instalación y en la economía de su precio. La tubería debe colocarse a una profundidad adecuada, para no verse afectada por la escorrentía y principalmente por las cargas transmitida por el tráfico y así evitar rupturas en la misma.

Ciertos tamaños de tubería, no son de uso común, por tanto, su disponibilidad es limitada, el tamaño de la tubería representa el diámetro interior aproximado de la tubería en pulgadas (in). Para el sistema internacional (SI) en centímetros o milímetros. Para empezar a cada tubería se le fue creado un espesor, dependiendo del proceso, que más tarde se denominó como estándar (STD).

La cédula más común es la cédula 40, y es útil para una amplia gama de presiones definidas por el código ANSI B36.1, para una tubería de un mayor espesor de pared las cedulas serian 60, 80, 100, 120, 140 160.

- Ventaja
 - Alta resistencia a la corrosión

- Beneficios
 - Identificada con cinta métrica: cuando la tubería esta certificada viene identificada con una cinta métrica para que los fontaneros e instaladores puedan ahorrar tiempo durante los cortes de la tubería.
 - “Mayor flexibilidad: la tubería de drenaje debe tener mayor flexibilidad en el tubo, lo que facilita su manejo, instalación y mantenimiento, con lo cual se obtiene un ahorro de tiempo, en gastos, en transporte y en mano de obra”⁹.

El diámetro adecuado a escoger va depender del diseño que tenga el proyecto pero generalmente el diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios, según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), será de 6” en PVC, el cual podrá aumentar cuando a criterio del ingeniero diseñador, sea necesario. Este cambio puede ser por influencia de la pendiente, del caudal o de la velocidad.

“En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4” con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %, y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45° (grados), en el sentido de la corriente del mismo”¹⁰.

El tubo de la conexión domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal.

⁹ AMANCO. *Manual de tubería para uso residencial en aplicaciones sanitarias y pluviales*. p. 16.

¹⁰ . Instituto de Fomento Municipal (INFOM). *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. p. 25.

2. INFORMACIÓN GENERAL PARA DESCRIPCIÓN DE LOS REGLONES BÁSICOS

2.1. Componentes típicos que conforman el sistema de alcantarillado sanitario

“Se denomina alcantarillado a un sistema adecuado de conductos subterráneos, que sirven para el transporte de aguas de lluvia o aguas mezcladas con desechos, productos de la actividad de una comunidad o industria”¹¹. Los alcantarillados en la mayoría de los casos funcionan por gravedad aprovechando la pendiente propia del terreno, aunque en zonas muy planas se hace necesario el uso de sistemas de bombeo.

Actualmente, el uso de la tubería se ha generalizado para conducir el agua de desecho (grises, negras). “A través del tiempo se han usado distintos materiales en la fabricación de esta tubería como cerámica (barro, barro vidriado), concreto, asbesto cemento, fibrocemento, acero galvanizado y en las últimas décadas los materiales plásticos como policloruro de vinilo PVC y polietileno (PE)”¹².

El objetivo de la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario es ejecutar obras económicas, por lo tanto, se trata de evitar la construcción de estaciones de bombeo para aguas residuales, procurando que estas aguas escurran por gravedad hasta su sitio final de dispositivos; sin embargo, de

¹¹ SIAPA. *Sistema de alcantarillado*. www.siapa.gob.mx. Consulta: febrero de 2019.

¹² ASEFA. *Instalaciones de conducción de aguas residuales*. www.asefa.es. Consulta: febrero de 2019.

acuerdo con las condiciones topográficas del lugar de que se trate, habrá ocasiones en que sea obligado el bombeo.

- Colector

Es la línea central, tubería o canales donde se transportan las aguas residuales provenientes de las redes de distribución, instalada en una gradiente negativa uniforme suficiente como para transportar sólidos fecales, pero no tan grande como para que se encallen sólidos en la línea.

De todas las ciudades del país, es la capital la que presenta el peor panorama en cuanto a aguas servidas. También, a medida que se produce el envejecimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario, el riesgo de deterioro, obstrucciones y derrumbes se convierten en una consideración muy importante, que puede amenazar la seguridad de la ciudad. Dentro de los colectores de 45° deben tener un registro de limpieza; asimismo, debe asegurarse la hermeticidad de todas las juntas. Cuando no se puede construir un sistema de colectores se pueden usar:

- Letrina.
- Fosa séptica o tanques sépticos.
- Biodigestores.

2.1.1. Letrinas

Son sistemas básicos de saneamiento en lugares rurales donde es un poco difícil colocar un sistema de alcantarillado sanitario y su uso principal es depositar excretas. Las letrinas son un sistema simple de disposición de excretas, en donde al confinar y tratar las mismas, reducen la posibilidad de

contaminación de fuentes de agua. Las letrinas, son la forma más inteligente de hacer necesidades diarias, en armonía con el ambiente y con la naturaleza, cuando no se tiene las posibilidades de obtener algún proyecto de alcantarillado sanitario.

Si en la excavación del foso se encuentra roca agrietada o suelos calcáreos, se deberá impermeabilizar las paredes y el fondo del foso con una mezcla de cemento con arena, para impedir la contaminación del agua subterránea.

- Ventajas

Entre las ventajas que presentan las letrinas se puede observar que son de construcción económica, es decir, hace uso de materiales locales; asimismo, son fáciles de construir y mantener. Las letrinas presentan la eliminación de un 90 % de microorganismos patógenos según el manual de construcción y uso adecuado de letrinas dirigidos a líderes comunitarios del caserío Sexoy, Santa María Cahabón, Alta Verapaz.

- Desventajas

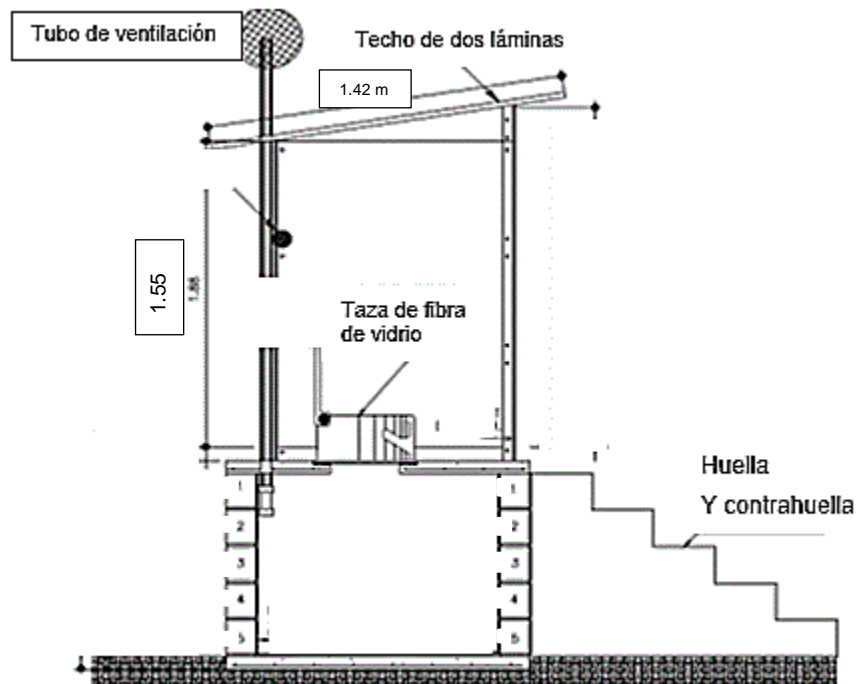
“Por su sencillez en el proceso constructivo y que no necesita un sistema de alcantarillado sanitario puede producir malos olores y condiciones de insalubridad”¹³.

¹³ VELIZ GARCÍA, Angel Mariano. *Construcción y uso adecuado de letrinas, dirigidos a líderes comunitarios de caserío Sexoy*. p. 25.

2.1.2. Letrina abonera seca familiar

Esta letrina consiste en una taza o asiento especial, que posee separación para heces y orina, además, dispone de dos cámaras recipientes que se usan en forma alterna; una se está llenando mientras la otra descompone el material previamente depositado. Este tipo de letrinas produce menor cantidad de gases mal olientes y algo de humedad. Unas pequeñas aberturas en las uniones de los bloques son suficientes para que esos gases escapen. Para conveniencia del varón se puede instalar un orinal (mingitorio) aparte, así no tendrá que sentarse para llevar a cabo esta función. Esta es una letrina lenta que le da tiempo suficiente a las heces para que sufran su descomposición. El proceso seguido es seco, utiliza cal o ceniza, y por esa razón básica desde el inicio se separan los orines. Los lodos o material seco que de ellas se extrae, puede ser aplicado como abono o acondicionador de suelos.

Figura 6. **Detalle de letrina abonera seca familiar**



Fuente: OVALLE, Werner. *Guía de normas para la disposición final de excretas y aguas residuales en zonas rurales en Guatemala*. p.17.

2.1.3. **Letrina de pozo seco ventilado**

“Este tipo de letrina es similar a la letrina abonera seca familiar con la excepción que la losa lleva un orificio adicional para la ventilación del mismo”¹⁴. Estas letrinas suelen presentar dos problemas a menudo:

- Tienen muy mal olor.
- Atraen las moscas y otros insectos.

¹⁴ Oficina Internacional del Agua (OIA). *Ficha de letrina pozo seco ventilado*. www.oieau.org.com Consulta: noviembre de 2018.

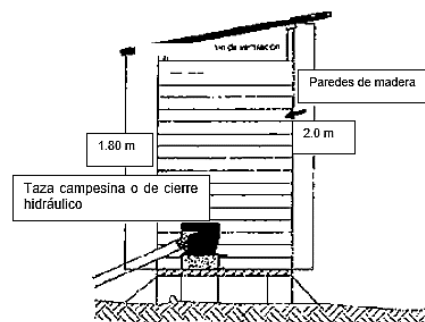
Este tipo de letrinas presenta una alternativa económica en zonas rurales de esto depende las comunidades rurales y urbanas, de una correcta disposición de sus excretas.

2.1.4. Letrina de cierre hidráulico

“A una letrina típica se le puede agregar un sifón o una trampa de agua con el propósito de establecer un cierre hidráulico que impida el paso de insectos y malos olores del pozo al anterior de la caseta, el cierre hidráulico por lo general usa poca cantidad de agua, los volúmenes que funcionan son entre 3 y 4 litros.”¹⁵

Estas letrinas se pueden construir directamente sobre un pozo o se pueden adaptar para que los residuos pasen a través de un tubo que descargue en un pozo o tanque séptico, las ventajas de dichas letrinas no emiten malos olores, son fáciles de limpiar y su diseño no requiere una losa de soporte

Figura 7. Letrina de cierre hidráulico



Fuente: OVALLE, Werner. *Diseño y cálculo de letrinas* www.slideshare. Consulta: enero 2019.

¹⁵ OVALLE, Werner. *Diseño y cálculo de letrinas*. www.slideshare.net- letrina-sanitaria. Consulta: febrero de 2019.

2.1.5. Letrinas comunales de pozo anegado

En las letrinas de pozo anegado, el volumen de aguas residuales es pequeño, y la cantidad de agua que se requiere para la descarga es menor que para el tanque séptico debido a la ubicación del tanque. Las ventajas de dichas letrinas es que reducen los malos olores al igual que las letrinas mencionadas anteriormente, el tanque de la letrina de pozo anegado debe poseer un cierre hidráulico para mantener un nivel constante del líquido en el tanque. El tubo de salida deberá tener al menos 50 mm por debajo de la superficie de agua.

2.1.6. Fosa séptica o tanques sépticos

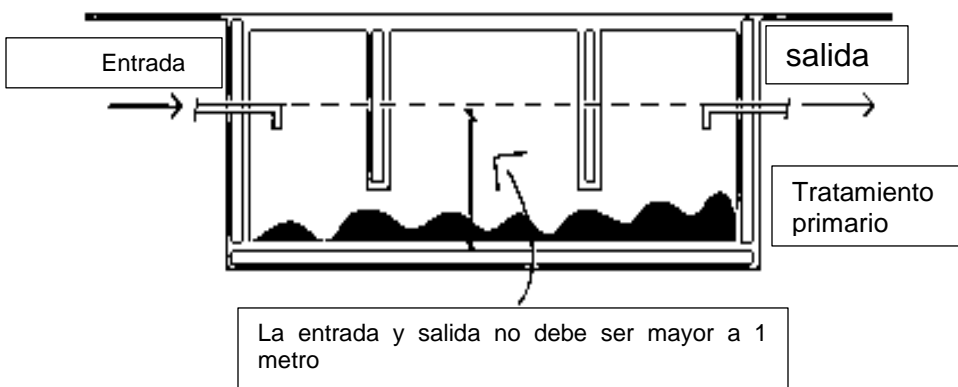
Realizan funciones de sedimentación de sólidos. No son plantas de tratamiento y esto depende de su periodo de retención que son 24 horas como mínimo, luego se deberá contar con un sistema de filtración por medio de zanjas o pozos para completar el tratamiento. Las fosas pueden ser de uno o doble compartimiento. En la fosa séptica las materias en suspensión en las aguas servidas sufren una sedimentación: la materia orgánica se descompone en sustancias más simples por la acción de las bacterias anaeróbicas, que pueden realizar su metabolismo sin necesidad de oxígeno.

2.1.7. Algunos criterios para diseño de fosa séptica

- La relación largo: ancho del área superficial de la fosa séptica deberá estar comprendida entre 2,1 a 5,1.
- El ancho de la fosa séptica no deberá ser menor a 0,60 m y la profundidad neta no menor a 0,75 m.
- El diámetro mínimo de las tuberías de entrada será de 4" y el de salida de 3".

- El nivel de tubería de salida deberá estar situado a 0,05 m por debajo de la tubería de entrada del tanque séptico.
- Los dispositivos de entrada y salida del agua residual estarán constituidos por tees.

Figura 8. **Fosa séptica convencional**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2. Tubería PVC sanitaria

Este tipo de tubería tiene mayor aplicación en drenajes y redes de alcantarillado, así como en aplicaciones donde no exista presión alguna. Se buscará utilizar el menor diámetro que permita al sistema cumplir con las especificaciones de diseño; como también buena configuración del terreno. Existen normativas que proporcionan las dimensiones de la tubería y accesorios, especificando diámetros, espesores de pared, largo de campana, ancho de campana, pruebas, entre otros. La tubería para drenaje es de pared delgada equivalente a tubería SDR 64 según la Norma ASTM D-2241, mientras que la tubería para alcantarillado es designada por la Norma ASTM D-3034. Ambas tuberías se fabrican comúnmente en diámetros pequeños hasta 8

pulgadas, ya que para diámetros mayores el costo es muy alto. Tanto la longitud como el color de estas, no está sujeto a normas por lo que pueden fabricarse de acuerdo con el requerimiento del cliente, lo común para el mercado es encontrarlas en longitudes de 6 metros, en colores anaranjado y gris.

Tabla II. **Especificaciones de la tubería PVC para alcantarillado**

Diámetro nominal (pulg)	Diámetro exterior promedio		Espesor de pared mínimo			
	(pulg)	Tolerancia (+-)	RD 41	RD 35	RD 26	RD 23.5
4	4,215	0,009		0,120	0,162	0,178
6	6,275	0,011	0,153	0,180	0,241	0,265
8	8,400	0,012	0,205	0,240	0,323	
9	9,440	0,014	0,23			
10	10,500	0,015	0,256	0,300	0,404	
12	12,500	0,018	0,305	0,360	0,481	
15	15,300	0,023	0,375	0,437	0,588	

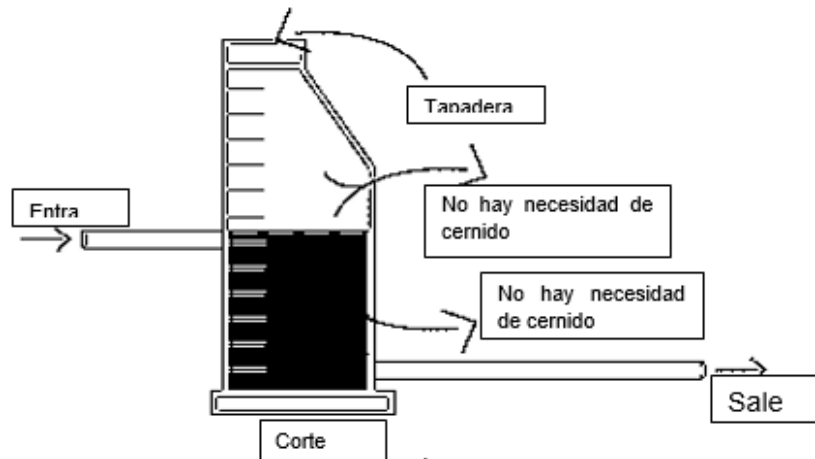
Fuente: AMANCO. *Manual de especificaciones de tubería PVC para alcantarillado*. p. 19.

2.3. Pozos de visita

Se utilizan para verificar el buen funcionamiento de la red de colectores, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento. Se pueden construir de cualquier material; toda vez que sean durable e impermeable dentro del periodo de diseño. También se colocan en tramos iniciales, cuando se tenga que desviar tubería o se encuentra un cambio de dirección y diámetro y cuando se necesita unir tubería. Algo importante sobre los pozos de visita es que no pueden acumular desecho; la distancia recomendada entre cada pozo

es de 100 metros. Generalmente la parte superior de un pozo de visita tiene forma de cono truncado, con tapadera.

Figura 9. **Pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

En su forma constructiva se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general. El fondo de los pozos de visita se hace regularmente de hormigón, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o los canales que forman la continuación de los tubos de alcantarilla. “En los pozos de visita profundos, se colocan escalones para lograr bajar a su inspección y limpieza; las cuales suelen ser de varillas de acero, empotradas en las juntas de los ladrillos”¹⁶.

¹⁶ Comisión Nacional del Agua. *Alcantarillado Sanitario*. www.conagua.gob.mx. Consulta: noviembre del 2018. p. 34.

2.4. Candela

Es un receptor con determinado diámetro que recibe las aguas de un predio generalmente es de un diámetro de 16", con una profundidad de 1 metro mínimo. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado central. El periodo de limpieza estimado para las candelas es aproximado de 6 meses, aunque este elemento no requiere específicamente de una limpieza, puede realizarse un chequeo para corroborar su buen funcionamiento y continuar con su utilización.

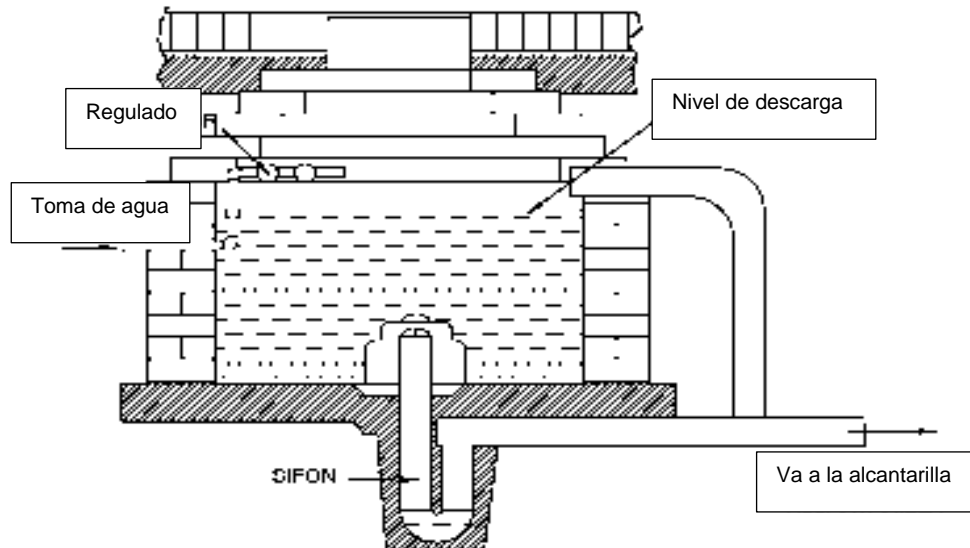
2.5. Tanques de lavado

Se utilizan para descargas instantáneas con el fin de incrementar caudales y velocidades en tramos que no están diseñados con velocidades mínimas. Esto se debe a que el agua negra arrastra sustancias jabonosas y grasas, que junto con los sólidos forman paredes del alcantarillado que van disminuyendo paulatinamente su sección útil. Hay que evitar que esto suceda mediante un lavado especial que puede desarrollarse de distintas formas.

Finalmente, el lavado ayuda a la ventilación por cuanto la corriente de agua arrastra corriente de aire, dichos tanques son depósitos que se colocan en general en los extremos de las derivaciones de red. La construcción de tanques de lavado es similar a pozos de visita.

Cuando está lleno, actúa el sifón y produce una brusca descarga de agua en la alcantarilla. El volumen usual es de 900 a 1 200 litros de agua cada 12 o 24 horas, dependiendo de las necesidades de la comunidad o región.

Figura 10. **Tanque de lavado**



Fuente: OROZCO, Juan Adolfo. *Diseño de drenaje sanitario*. p. 25.

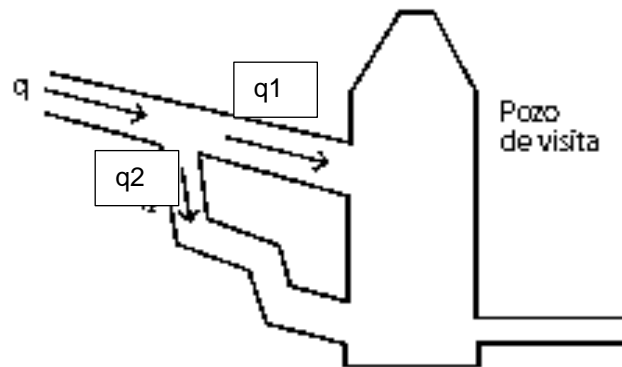
2.6. **Derivadores de caudal**

“Se utilizan para separar caudales en forma controlada y así evitar daños en los pozos de visita. En ocasiones se usan para separar caudales combinados y volverlos separativos”¹⁷. En sí consiste en permitir que el exceso de agua por encima del gasto que corresponde a una determinada dilución del líquido cloacal con las aguas de lluvia, sea descargado a cursos naturales, evitando el encarecimiento del sistema con secciones costosas.

Cualquier gasto hasta el correspondiente a la dilución fijada, continúa en el sistema en el denominado canal negro.

¹⁷ SIAPA. *Sistema intermunicipal de agua potable y alcantarillado sanitario*. www.siapa.gob.mx
Consulta: noviembre del 2018.

Figura 11. **Derivador de caudal**



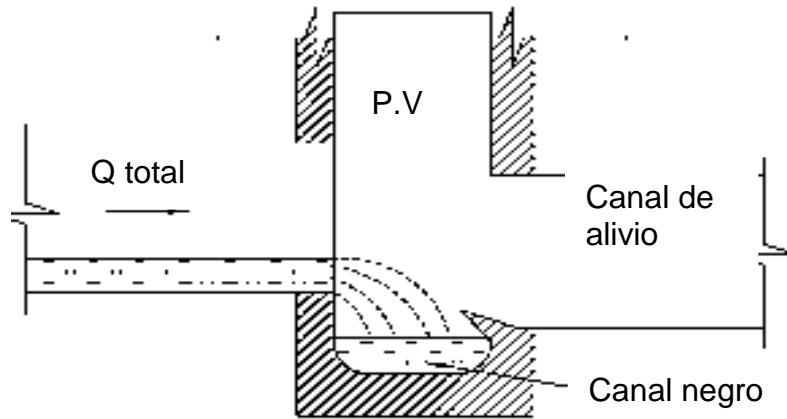
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.7. Aliviadero o derivador de salto

“En este tipo de caudal o aliviadero, el gasto diluido de las aguas negras cae por una abertura por el canal negro, mientras el gasto de alivio salta hacia el colector de alivio”¹⁸.

¹⁸ USAC. *Repositorio del sistema bibliotecario Universidad de San Carlos de Guatemala*. www.repositorio.usac.edu.gt. Consulta: noviembre de 2018.

Figura 12. **Derivador de salto**

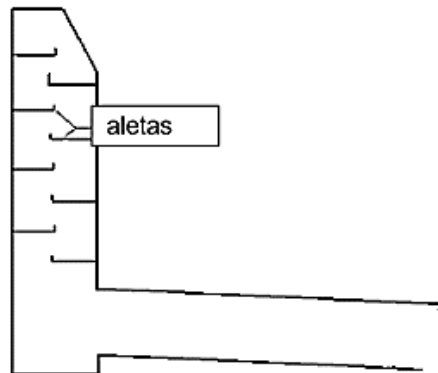


Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos. *Manual de alcantarillado sanitario*. p. 25.

2.8. **Disipadores de energía**

Sirven para eliminar la energía cinética o potencial que lleva el agua hacia los pozos de visita, en las tuberías y descargas. Esta energía puede destruir poco a poco el sistema. Cuando la diferencia de cotas Invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita, sea mayor a 0,70 metros deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia, a este accesorio se le conoce como disipador de energía y los hay de dos tipos; pozos de cortina y pozos con baffles.

Figura 13. **Pozos de cortina**

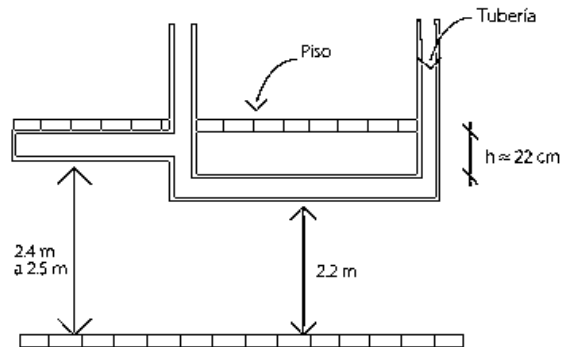


Fuente: PORRES, Roberto. *Obras de disipación de energía*. p. 50.

2.9. Tubería de ventilación

Se utilizan para extraer gases del sistema de alcantarillado y en algunos casos, oxigenan las aguas que fluyen por ellas. En casas de un nivel no son muy necesarias pero si en un edificio de varios niveles debido a que no se le puede dar una pendiente adecuada a la tubería. Es conveniente la ventilación de dicha tubería para evitar la acumulación de gases peligrosos, explosivos o corrosivos; para impedir la concentración de olores desagradables que podrían escapar y causar molestias.

Figura 14. **Tubería de ventilación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.10. **Desfogue**

Para la localización de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, tratando de encauzarlo hacia un cuerpo de agua en movimiento. Para un sistema de drenaje sanitario se opta por utilizar el sistema de tratamiento de aguas servidas por medio de una fosa séptica y un pozo de absorción, los cuales tienen como finalidad eliminar las bacterias que existen en el flujo de agua que pasa por el sistema y así devolverla al ambiente por medio de filtración a los mantos acuíferos de cada zona.

2.11. **Interceptores**

Es el tanque al cual se descargan las aguas residuales de la vivienda, es hermético, enterrado, con una toma de entrada y una de salida con deflectores. Está diseñado para retener el flujo del líquido de 12 a 24 horas y para remover del caudal líquido tanto los sólidos flotantes como los sedimentables. También proporciona un considerable volumen de espacio para el almacenamiento de los sólidos, los cuales se extraen periódicamente a través de una puerta de

acceso. Comúnmente se utiliza como tanque interceptor un tanque séptico de una sola cámara.

El tanque interceptor se diseña para cumplir tres funciones:

- Almacenamiento: para evitar la necesidad de remover los sólidos con demasiada frecuencia, se debe diseñar el tanque para almacenar el lodo y la espuma por el periodo de tres años.
- Digestión: se produce debido al almacenamiento prolongado de los sólidos en el tanque, las bacterias realizan la degradación de los sólidos orgánicos en condiciones anaerobias, originando la reducción del volumen de lodos y generando gases anóxicos y de mal olor.
- Atenuación del flujo: los tanques interceptores proveen un almacenamiento igualador limitado que reduce el flujo máximo. Se han registrado casos donde el caudal se ha visto reducido de 11 l/hora a menos de 4 l/hora. La atenuación aumenta a medida que aumenta el área superficial líquida del tanque.

2.12. Tubería *ribloc*

Es la tubería donde se descargan las aguas residuales de la vivienda, es un ducto hermético, enterrado, con una toma de entrada y una de salida con deflectores. Está diseñado para retener el flujo del líquido de 12 a 24 horas y para remover del caudal líquido tanto los sólidos flotantes como los sedimentables. También proporciona un considerable volumen de espacio para el almacenamiento de los sólidos, los cuales se extraen periódicamente a través de una puerta de acceso. Comúnmente se utiliza como tanque interceptor un tanque séptico de una sola cámara.

- Características
 - Alta rigidez estructural, según Normas AASHTO M304 y ASTM D3212.
 - Mayor eficiencia hidráulica.
 - Hermeticidad garantizada por su sello de hule, Norma ASTM D3212.
 - Material resistente al fuego, autoextinguible.
 - Tubería extruida de una sola pieza.
 - Largo útil de 6 metros.
 - Corrugada por fuera y lisa por dentro.
 - Tubería con campana incorporada.

- Aplicaciones principales

El ribloc está concebido para emplearse en la mayoría de las conducciones de agua a canal abierto o baja presión para condiciones de zanja o terraplén.

- Esto incluye:
 - Drenajes de agua pluviales
 - Drenaje de carreteras
 - Alcantarillas
 - Sustitución de canales de riego
 - Tanques de agua
 - Drenaje agrícola subsuperficial
 - Drenaje de aguas negras
 - Entubamiento cauces superficiales

- Ventajas.
 - Son muy livianas
 - Resistencia química
 - Baja rugosidad de superficie
 - Tubos más largos
 - Cualquier diámetro
 - Eficiencia

2.13. Tubería de arcilla vitrificada

Estos tipos de tubos se realizan con arcilla extraída del terreno, mezclada con agua, conformada en moldes, desecada y finalmente, cocida en un horno a alta temperatura. Antes de terminar el período de cocción, se coloca sal común en el horno, la que, debido a la temperatura reinante, se vaporiza, reaccionando con la arcilla, de modo que se forma sobre ella una capa dura e impermeable. El calor produce también una fusión o vitrificación del barro que se vuelve muy denso y duro. También tiene la ventaja de poseer una superficie interior lisa, lo que minimiza la abrasión. Sin embargo, posee la desventaja de los peligros de ruptura durante su transporte y manipulación.

2.14. Tubería concretloc

Estos tipos de tubería se realizan para solucionar problemas en obras especiales, como instalaciones sujetas a fuertes esfuerzos mecánicos, alguna de las características de estas tuberías es que poseen protección mecánica del concreto, y puede ser utilizado en cualquier tipo de instalación de recubrimiento y en lámina libre, ya que se puede diseñar el tipo de concreto más adecuado a cada situación. La ligereza de las piezas a la hora de instalar, la facilidad y la

sencillez de montaje de instalación, hacen de esta tuviera una de las mejores elecciones.

- Características hidráulicas: las tuberías concretloc deben proyectarse para que transporte un caudal determinado con el mínimo coste posible, y compatible con un coeficiente de seguridad adecuado. El caudal de aguas negras que fluye por estas tuberías es un 43 % superior al de una tubería de concreto estándar el mismo diámetro, por lo que una tubería de Concretloc necesita un 12 % menos de diámetro.

Tabla III. **Tabla comparativa de caudales**

DI Hormigón/ DN CONCRETLOC (mm)	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Caudal Hormigón (L/seg)	86	185	336	546	824	1176	1610	2133	2750	3468	4293	5231
Caudal CONCRETLOC (L/seg)	129	276	505	824	1266	1808	2506	3315	4313	5431	6771	8300

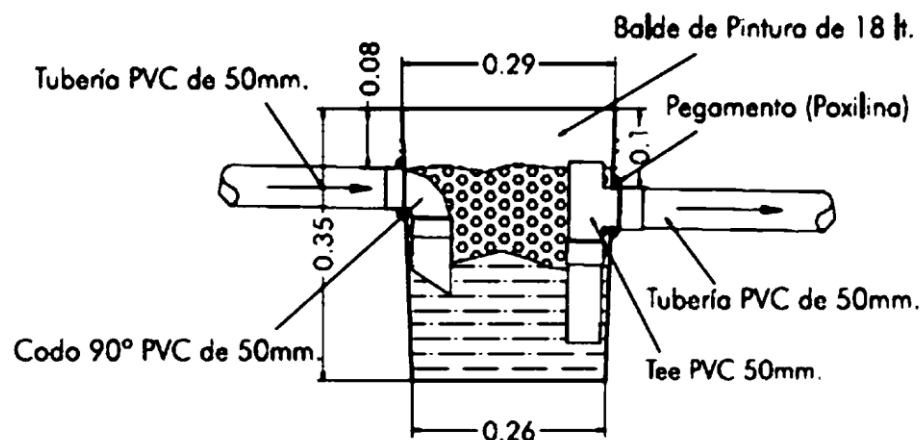
Fuente: JUÁREZ, Mayra Isabel. *Calibración de vertedero proporcional o sutro*. p. 30.

2.15. Trampa de grasas

La trampa de grasas es uno de los componentes de alcantarillado en el cual se impide que las grasas pasen a otros elementos del sistema de drenajes, ya que con este dispositivo se retendrán las grasas provenientes de las comidas, el lavado de ropa, y otras actividades domésticas, para que no provoquen mal funcionamiento en el sistema. La trampa de grasa, por motivos de rapidez, comodidad y economía se construirá con un tubo de concreto de 10" colocado verticalmente y son generalmente construidas en lugares con mucha demanda de alimentos consumidos como en restaurantes.

Las trampas de grasa generalmente cuentan con una base fundida de concreto y hierro para su refuerzo, también tiene una tapadera removible para chequeo y limpieza. Se debe controlar que los desechos provenientes de las diferentes viviendas o de lugares en donde se han usado grasas, sean previamente pasados por una caja trampa de grasas para luego, junto con los desechos sanitarios, sean descargados a la fosa séptica o planta de tratamiento. La trampa de grasas puede ser construida de ladrillo o concreto simple, in situ. También es posible utilizar un balde plástico, como se muestra a continuación:

Figura 15. Trampa de grasas de plástico



Fuente: Organización Panamericana de la Salud.

2.16. Colocación de tubería PVC

Para la instalación de un sistema de alcantarillado sanitario debe realizarse comenzando de la parte baja hacia la parte alta; debido a la facilidad de instalación, y en relación con las campanas deben colocarse en dirección aguas arriba. Cuando se interrumpa la instalación de las tuberías deben

colocarse tapones en los extremos ya instalados, para evitar la entrada de agentes extraños (agua, tierra, entre otros) a la misma. El sistema se puede poner en funcionamiento de acuerdo con su avance constructivo. El tipo de acoplamiento de la tubería. Dependerá del tipo de material con el que se construirá el sistema, de acuerdo con la técnica de instalación recomendada por cada fabricante.

- Relleno: en el relleno de la zanja cuando la tubería está ya colocada se utilizará material de una compactación adecuada como el selecto o lodocreto dependiendo del terreno, cuando la altura de coronamiento de la tubería principal tenga una profundidad mayor de 3,00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre las principales para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.
- Zanjeo: para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda que se instalen en condición de zanja de acuerdo con las características del terreno, así deberá ser el tipo de excavación. La excavación de la zanja se puede llevar a cabo ya sea a mano o con máquina, dependiendo de las características de la zona de proyecto, como pueden ser el acceso a la zona, el tipo de suelo, el volumen de excavación, entre otros.

Figura 16. **Zanja para tubería**



Fuente: elaboración propia.

- Ancho de zanja: la cantidad de suelo que se removerá para colocar la tubería, está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería a utilizar y la longitud entre pozos.

Tabla IV. **Anchos libres de zanja según profundidad y diámetro de tubería**

Tubo pulgada	Menos de 1,86 m	Menos de 2,86 m	Menos de 3,86 m	Menos de 5,36 m	Menos de 6,36 m
6	60	65	70	75	80
8	60	65	70	75	80
10	70	70	70	75	80
12	75	75	75	75	80
15	90	90	90	90	90
18	110	110	110	110	110
21	110	110	110	110	110
24	135	135	135	135	135

Fuente: elaboración propia.

- Volumen de zanja: para poder llegar a las profundidades mínimas del colector, se deben hacer excavaciones de estación a estación (pozos de visita), en la dirección que se determinó en la topografía de la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y de la tubería a colocar. Generalmente, obedecen una pendiente de 2 %, sobre la diferencia de cotas de la topografía del terreno. Analíticamente se puede calcular de la siguiente forma:

$$V = \frac{\{H1 + H2\}}{2} * d * Z$$

Donde:

V = volumen de excavación (m³)

H1 = profundidad del primer pozo (m)

H2 = profundidad del segundo pozo (m)

d = distancia entre pozos (m)

Z = ancho de la zanja (m)

2.17. Conexiones domiciliarias

Se refieren a tuberías que conectan las descargas de agua residual de las edificaciones, desde la caja de registro, hasta las tuberías recolectoras del alcantarillado sanitario. Su diámetro se podrá determinar considerando la cantidad de artefactos sanitarios y aplicando el método de Hunter para obtener el caudal de descarga. En general, las conexiones domiciliarias comprenden lo siguiente:

- Disposición de excretas.
- Tipo y condiciones de la vivienda.
- Cualquier otro aspecto relacionado con las condiciones sanitarias de la población.
- El lado menor será de 45 centímetros. Si fuese circular tendrían un diámetro no menor de 12 pulgadas; estos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.
- El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y puedan llevarlas al sistema de alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.
- Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas, en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2 %.

El diámetro del tubo de la conexión domiciliar debe ser de menor que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal.

2.18. Velocidades máximas y mínimas

Los parámetros sobre los cuales se diseña el sistema de alcantarillado sanitario deben cumplir y estar dentro del rango siguiente:

$$0,4\text{m/s} < v < 3,00 \text{ m/s}$$

A velocidades mayores de 1,50 m/s, deben tomarse consideraciones especiales respecto de ondas de presión y especialmente en caso que la

tubería trabaje a sección llena. La velocidad mínima tiene como objetivo principal evitar la sedimentación de sólidos en la tubería que obstruya la libre circulación del flujo dentro de la tubería. El límite establecido para la velocidad máxima tiene como objetivo principal evitar la abrasión de la tubería debido a los sólidos que transporta el flujo.

2.19. Velocidad de arrastre de aguas residuales

La velocidad mínima con la que los sólidos no se sedimentan en la alcantarilla se llama velocidad de arrastre, la cual se obtiene haciendo que el tirante este dentro del rango de $0,10 \text{ m} < d < 0,75 \text{ m}$ y pendiente adecuada.

2.20. Supervisión para pruebas de aguas residuales

Conocer las diferentes pruebas que se realizan al agua residual es fundamental para el proyecto, tanto de recolección como de tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad del medio ambiente. Las características de las aguas residuales de una localidad en particular deben averiguarse, supervisarse, por medio de pruebas de laboratorio, para determinar cuál será el tratamiento necesario y aplicar los métodos más efectivos.

Algunas características de aguas residuales son:

- Generalidades

Toda supervisión de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con las normas establecidas que aseguren precisión

y exactitud. Un programa de muestreo para la supervisión y control de calidad de aguas residuales, se necesita un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se deben determinar.

- Muestreo

Para la evaluación de las diferentes características de un agua residual se deben seguir los métodos normales o estándar. Para una caracterización adecuada de esta agua se requiere de una técnica apropiada de muestreo que asegure resultados representativos del caudal global de aguas residuales y no solamente del caudal que circula en el instante del muestreo. Los períodos de muestreo dependen del régimen de variación del caudal, de la disponibilidad de recursos económicos y de los propósitos del programa de muestreo.

- Cantidad

Deberán recogerse dos litros de muestra para la mayoría de los análisis fisicoquímicos. Ciertos ensayos necesitan volúmenes más grandes. No debe utilizarse la misma muestra para ensayos químicos, bacteriológicos y microscópicos debido a que los métodos de muestreo y manipulación son diferentes.

2.21. Preservación de muestras

Las muestras obtenidas en el campo deben constituirse en una representación precisa del material del que se está haciendo el muestreo; por tal motivo deben ser obtenidas, conservadas, transportadas y almacenadas de manera que cuando lleguen al laboratorio todavía sean representativas del

material existente en el campo. Métodos de preservación: según el caso se deben usar:

- Control del pH
- Adición de reactivos
- Uso de envases opacos o de color ámbar
- Refrigeración
- Filtración
- Congelamiento

2.22. Estaciones de bombeo para un alcantarillado sanitario

En algunas ocasiones será necesario el diseño de estaciones de bombeo para un sistema de alcantarillado sanitario. Deberán tomarse las debidas precauciones con respecto a su localización, construcción, tipo de equipo y apariencia externa. Deberán ubicarse en sitios no expuestos a inundaciones, fuera del derecho de vía de calles, caminos y de fácil acceso.

Sí en el estudio de un nuevo sistema de alcantarillado sanitario o en la ampliación de uno ya construido, existe la posibilidad de que se haga necesaria la instalación de una o más estaciones de bombeo, se deberán tomar en cuenta las consideraciones siguientes:

- Investigar si las redes colectoras existentes tienen la capacidad suficiente para recibir el efluente de la subcuenca de drenaje, o se hará necesario la instalación de más redes colectoras hacia la planta de tratamiento.
- Estudiar y determinar la mejor localización de la estación, tomando en cuenta el desarrollo actual y futuro del área.

- Investigar la posibilidad de que una empresa o industria u otro tipo de instalación con contribución de gasto que sobrecargue la capacidad de diseño de la estación pueda construirse en el área de influencia.
- Investigar algunos problemas que podrían presentarse, si en la estación sucediera una falla eléctrica o mecánica que interrumpiera su funcionamiento.
- Investigar si es posible reemplazar, una o más de las estaciones de bombeo por alcantarillas que trabajen a gravedad, realizando el correspondiente estudio de costos, esto es debido a que una estación de bombeo su costo es elevado.

2.22.1. Características fundamentales

El sistema de bombeo para alcantarillado sanitario deberá tener las siguientes características fundamentales para su implementación en el lugar:

- Se deberán proveer las instalaciones adecuadas para que evacúen los caudales excedentes, a la capacidad de la estación de bombeo, en los períodos lluviosos.
- Los sistemas de bombeo serán totalmente independientes cada una de las otras, para asegurar una efectiva protección de reserva.
- Los circuitos de control para cada bomba serán también totalmente aislados e independientes, de tal manera que la falla de cualquier dispositivo individual, o el disparo de cualquier dispositivo de protección individual interrumpa únicamente el funcionamiento de la unidad de bombeo afectada.
- Se deberá efectuar las correspondientes investigaciones geológicas y geotécnicas de los diferentes sitios seleccionados, para escoger el que más convenga a la ubicación de la estación.

3. ESQUEMAS Y COSTOS DE DIVERSOS COMPONENTES TÍPICOS EN ALCANTARILLADO SANITARIO

3.1. Integración de costos generales

Para integrar un presupuesto se hace necesario conocer otros aspectos las siguientes variables: planificación y especificaciones completas (descripción del proyecto analizado), costos unitarios, ubicación geográfica (costos en el área y condiciones del terreno); duración de ejecución del proyecto, políticas salariales, definición de gastos indirectos, costo de financiamiento, impuestos y fianzas.

La descripción del proyecto debe ser presentada por medio de planos y un listado de especificaciones que describan a cabalidad el proyecto incluyendo, las condiciones actuales del terreno (ubicación, topografía, acceso, entre otros), la forma de pago de la mano de obra, el tiempo de ejecución planificado y la disponibilidad de inversión. Cualquier aspecto que se desconozca del proyecto traerá consigo errores en el costeo.

3.2. Integración de costos directos

Los gastos directos son todos aquellos que pueden ser directamente atribuibles a la ejecución del proyecto tales como: materiales, mano de obra calificada y no calificada, herramienta, equipo y maquinaria. Son costos adecuadamente definidos para una actividad específica. Los costos directos se desglosan de la forma siguiente:

- Costos de materiales
- Costo de mano de obra
- Costo de maquinaria o equipo
- Subcontratos

3.2.1. Costos de materiales

En consecuencia, para estimar con la mayor confiabilidad el costo probable de una red de alcantarillado sanitario, se deben analizar todas las variables que afecten el costo de dicho proyecto. El costo de los materiales es indispensable para estimar con la mayor confiabilidad el costo probable de una obra. Uno de los principales papeles que juegan los materiales dentro de una red de alcantarillado sanitario es la de optimizar recursos.

3.2.2. Costos de mano de obra

La productividad de la mano de obra es la más variable, ya que existen muchos factores que afectan el desempeño de los obreros, especialmente las condiciones de trabajo. Actualmente, la mano de obra en la construcción es el último eslabón de la sociedad productiva.

En Guatemala algunas de las características que presenta la mano de obra en la construcción de cualquier proyecto según el plan regulador del reglamento de construcción de la ciudad de Guatemala dado en el salón de sesiones del palacio municipal el 11 de diciembre de mil novecientos sesenta y tres son:

- Baja capacitación técnica.
- La remuneración es baja y se realizan más horas de trabajo.
- Baja productividad.
- Casi no existen sindicatos que representen sus intereses.
- Sufren problemas sociales entre ellos problemas de alcoholismo y drogadicción.

3.2.3. Costos de maquinaria o equipo

Este costo es variable debido al factor humano más que al propio desempeño del equipo o la maquinaria, el error más común a la hora de definir rendimientos de este tipo de recursos es suponer que se cuenta con equipo o maquinaria nuevos. Entre los factores que afectan el rendimiento y los costos de la maquinaria y el equipo están:

- Condiciones de uso
- Mantenimiento
- Condiciones topográficas del terreno
- Clima
- Experiencia del operador

3.2.4. Subcontratos

Cuando en la empresa contratista no posee alcances que requiere el proyecto, se lleva a cabo la elaboración de subcontratos en los cuales se requiere de planos y especificaciones completas en las que se cuantifica cada material y recurso necesario para posterior analizar la cotización recibida por los proveedores o subcontratistas. Es de gran importancia, para la actividad de presupuestario y programación de un proyecto, contar con una base de datos

sobre comparaciones de subcontratos realizados, dicha base de datos debe ser sometida a revisiones y controles, de acuerdo con proyectos realizados anteriormente. De esta forma se contará con rendimientos actualizados y confiables para realizar proyectos futuros.

3.3. Integración de costos indirectos

Las integraciones de costos indirectos son aquellos en los que no se le puede directamente atribuir a la ejecución del proyecto. Generalmente, son los gastos ocasionados por el funcionamiento de la compañía. Son costos de gran importancia ya que son necesarios para la planeación, el presupuesto, la toma de decisiones y para el campo relevante, como por ejemplo la mano de obra indirecta para la fabricación. Entre ellos están:

- Costos de administración
- Utilidad
- Imprevistos
- Gastos generales de obra

3.3.1. Costos de administración

Estos costos corresponden directamente a los gastos que posee la empresa constructora. Normalmente el gasto administrativo no debe superar el 6 % o 7 % del volumen de obras de la empresa. En este rubro se encuentran:

- Servicios básicos
- Contadores
- Gastos de mercadeo y propaganda
- Impuestos

- Alquiler de local si no es propio
- Secretarias
- Gastos de mantenimiento de vehículos de la empresa
- Suministro de oficina

3.3.2. Utilidad

Debido a que la industria de las constructoras es una actividad en la que se debe tener un especial cuidado en la realización de presupuesto, al colocar el porcentaje de ganancia, se expresa como un porcentaje de la suma de los costos directos, indirectos y los gastos administrativos. La determinación del porcentaje que se coloca a un proyecto de alcantarillado se basa en el nivel de competencia del mercado; también se consideran características propias de la constructora. Generalmente son proyectos del estado por lo que las empresas contratistas en su mayoría participan en licitaciones y para entrar en el rango de competencia, la variable más importante para asegurar el margen de utilidad deseado en un proyecto se debe considerar:

- Una buena productividad de la mano de obra
- Control eficiente en los costos de la obra
- Experiencia técnica en el tipo de proyecto
- Eficiencia de las maquinas

Tratar que un análisis de costos exista una comunión entre los precios regulados por un mercado y la perspectiva del cliente es una tarea difícil pero clave.

3.3.3. Imprevistos

Los imprevistos son factores que se encuentran a su vez afectados por las siguientes situaciones que hacen variar su ponderación como el sistema constructivo utilizado, complejidad de la obra, grado de detalle de la planificación, ubicación geográfica, políticas en la contratación del personal, leyes aplicables, entre otros. El factor de los imprevistos generalmente varía entre de 3 % al 5 %. No se pueden medir o cuantificar de una manera específica, por lo que se deberá tomar en cuenta entre dicho rango para cuidar del presupuesto en general de los costos directos. El porcentaje de imprevistos varía en función de:

- La experiencia técnica del constructor.
- El nivel de exactitud que se logre el presupuesto.
- El nivel del control que se aplique en los costos de obra con respecto a los materiales.
- El nivel de control que se aplique en los costos de la obra, manejo de equipos y supervisión de mano de obra.

Si se realiza una planificación ordenada de toda la información que se necesita para estimar adecuadamente el costo de un proyecto, se contará con una base sobre la cual desarrollar el proyecto posterior a la presupuestación de la obra. Muchas veces se comete el error de presupuestar una obra sobre la base de planos y especificaciones, dejando de lado una visita a la zona de construcción y una inspección del sitio del proyecto.

3.4. Costos generales de la obra

Lo costos generales de la obra se basan básicamente en el costo de la energía eléctrica, agua, teléfono, fletes de materiales, combustible, herramientas, viáticos, equipos de comunicación mantenimiento de instalaciones, limpieza y composición de la cuadrilla de trabajo.

Se debe planificar las cuadrillas de trabajo de tal forma que se realice trabajo con la calidad esperada y sin desperdiciar mano de obra, lo importante es llegar a un equilibrio entre el número de operarios, ayudantes y peones. Cuando no se obtiene una buena cuadrilla de trabajo se ve afectado el rendimiento de la obra, el cual afecta el tiempo de entrega y costos de la misma. Por otro lado, si las condiciones laborales en las que se encuentra la mano de obra son deficientes, la productividad se verá disminuida. Se debe proveer a los obreros de las condiciones mínimas, de tal forma que puedan desempeñar su trabajo satisfactoriamente.

Por otro lado es muy importante determinar la disponibilidad de materiales y equipo de la zona, así como la facilidad de su transporte; este es un factor preponderante en el costo de un proyecto de alcantarillado sanitario.

3.5. Tiempo de ejecución según componentes típicos implementados en el sistema de alcantarillado

Un punto importante sobre el estudio de los costos de un proyecto está relacionado con el tiempo necesario para completar el trabajo, tanto en realizar el proceso de planificación, como la cantidad de tiempo que necesita ser realizada la obra en campo. Es importante recalcar que para un proyecto puede realizarse en plazos diferentes de tiempo; para el plazo de tiempo más largo los

costos indirectos son más altos. Por otro lado para el plazo de tiempo más corto, los costos directos son más altos, ya que hay que utilizar más recursos para ejecutar el proyecto más rápido.

Considerando que cada obra tiene diferentes importes, tiempos de ejecución, localización, accesos, riesgos, personal técnico, personal administrativo, comunicaciones, fletes, oficinas de campo, almacenes, consumos, entre otros, se hace necesario analizar cada obra a la luz de sus muy particulares condiciones, para reflejar también en cada caso los importes que dichas condiciones generen.

Para el tiempo de ejecución en el que se realiza la construcción de alcantarillado sanitario intervienen varios factores entre ellos las jornadas laborales de mano de obra, ya que depende de esto para obtener mayor fluidez del proyecto.

Debe tenerse en cuenta, que especialmente en obras que presentan condiciones adversas, las pérdidas de tiempo o interrupciones en las actividades de la maquinaria, se incrementan en forma notable, bien sea por condiciones topográficas desfavorables, por fenómenos meteorológicos adversos como es generalmente la precipitación pluvial o porque la maquinaria de que dispongan los contratistas no sea precisamente la más adecuada para las condiciones imperantes en la obra.

Los niveles de análisis de un presupuesto pueden ser muy variados y de diferentes grados de dificultad, desde una comparación sencilla entre el costo por metro cuadrado de construcción entre lo planificado y el tiempo y lo que se conoce por la experiencia, hasta un análisis exhaustivo de costo de renglones

unitario. La profundidad del estudio está íntimamente ligada a la información disponible dentro del presupuesto y el grado de exactitud que se desee.

3.6. Rendimiento de mano de obra

El rendimiento de la mano de obra de los trabajadores es la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo enfocado o dirigido al logro de la meta u objetivo. A pesar de los recientes avances en tecnología, la construcción continúa siendo uno de los sectores industriales más independientes por el ser humano y por lo tanto algunos factores que afectan el rendimiento de mano de obra son:

- Clima
- Actividades personales
- Equipamiento
- Supervisión
- Economía general
- Trabajador
- Motivación

En muchas de las actividades en la construcción por criterio del propio supervisor o ejecutor se usa un ayudante para dos albañiles, si el trabajo requiere un mayor cuidado. La industria de la construcción está regida por disposiciones especiales, por lo cual resulta simple establecer estos costos independientemente del tamaño de la obra.

Los datos proporcionados para la integración de mano de obra de este capítulo son en base al documento guía sobre costos promedio de construcción en sistema de información de inversión pública (SNIP), historial del salio mínimo

a partir del 2002 y así encadenar la inflación interanual del salario mínimo vigente de cada año al salario mínimo del año en vigencia, por lo que los precios son proyectados y comparados en obras de construcción del mismo ítem, en este caso construcción de sistemas de alcantarillado sanitario.

3.7. Análisis de vulnerabilidad de una red sanitaria

El análisis de los sistemas de agua y alcantarillado sanitario es realizado por un equipo de profesionales expertos en la evaluación de peligros naturales, salud ambiental e ingeniería civil, en conjunto con el personal de la empresa de servicio de agua encargado del funcionamiento y mantenimiento de aquéllos. Ese equipo centra su atención en el funcionamiento y mantenimiento, la administración y los impactos potenciales sobre el servicio. El equipo analiza el impacto potencial de los distintos desastres sobre cada componente específico, prestando especial atención a la ubicación del componente y a los riesgos del área, a su estado (por ejemplo, corrosión de las tuberías) y a la medida en que el componente resulta esencial para el funcionamiento general del sistema. Se calculan también el tiempo necesario para su reparación y el número posible de conexiones rotas.

3.8. Análisis de costos de los diversos componentes que conforman un alcantarillado sanitario

Antes de realizar un presupuesto de análisis de costos se debe saber que se tiene como fin obtener el valor de la inversión y la realización del presupuesto, también llevar un control de gastos en el proceso de construcción que se realizan y así tomarlo en cuenta en el presupuesto a realizar por medio de un factor. Este factor no se incorpora físicamente. Para hacer este cálculo es necesario conocer:

- Tipo de trabajo
- Localización de la obra
- Monto total de la obra
- Duración de los trabajos

El costo total será la integración de los costos fijos más los costos variables. Se debe tomar en cuenta el punto de equilibrio ya que este indica que los costos son iguales a los ingresos obtenidos y para un buen negocio se deben obtener ganancias. Entonces, se tendrá como referencia el punto de equilibrio para obtener las ganancias deseadas y evitar pérdidas.

3.9. Esquemas e integraciones

Se realizarán análisis de costos de los componentes típicos que conforman un alcantarillado sanitario. Al hacer la cuantificación por cada componente típico de alcantarillado sanitario se puede observar que hay renglones en que los subcontratos suben el precio del mismo y de la obra; por otro lado con el control de costos se pueden hacer reportes de sobrecostos a los dueños de la obra para recobrar ese sobre costo cobrado por los subcontratistas.

3.9.1. Presupuesto para trampa de grasa

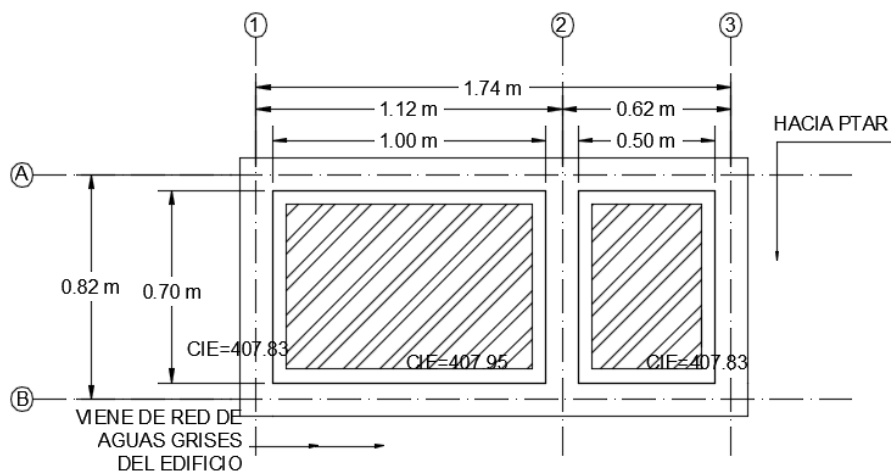
Se ha considerado la elaboración de presupuesto de una trampa de grasa típica con dimensiones a ejes de 1,74 metros de largo, 0,82 metros de ancho y de alto 1 metro. El espesor de las paredes de la trampa de grasa es de 12 cm. Para el refuerzo del concreto se ha considerado hierro no. 4 a cada 0,15 en ambos sentidos.

Tabla V. Información típica para el diseño de trampa de grasa

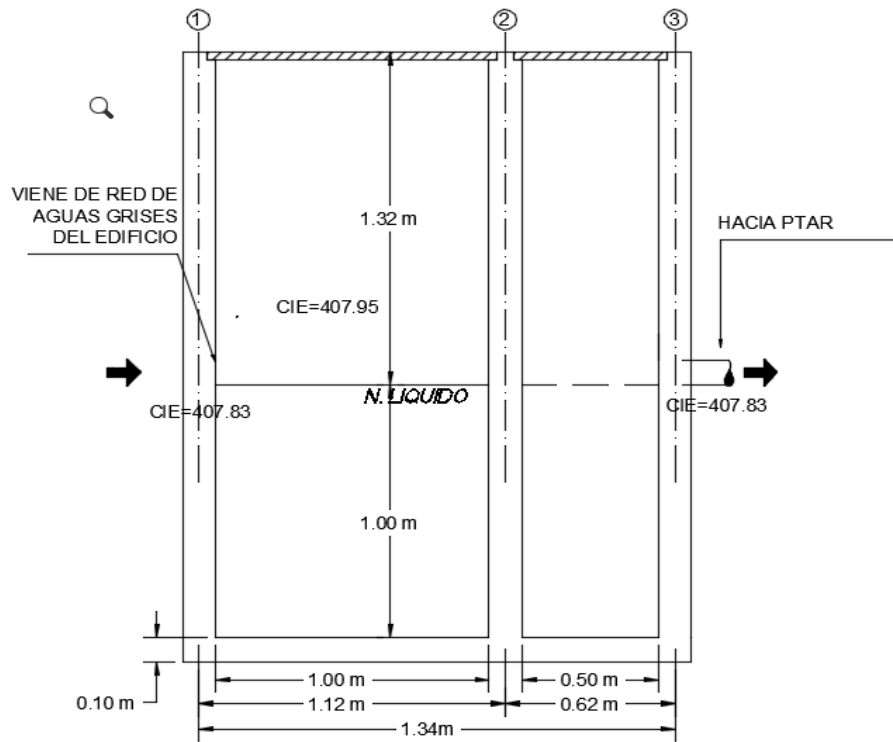
Parámetro	valores
Tiempo de retención	15- 30 min
Área/ cada L/s	0.25m ²
Ancho/ Longitud	1:3-2:3-1:4,1:18
Velocidad ascendente	4 mm/s
Diámetro de entrada (mm)	50 mínimo
Diámetro de salida (mm)	150 mínimo

Fuente: Comisión Nacional del Agua. *Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamientos de aguas residuales.* p. 25.

Figura 17. Trampa de grasas



Continuación de la figura 17.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla VI. Presupuesto para trampa de grasa

REGLÓN:	Trampa de grasa	
MEDIDA:	U	1
COSTO UNITARIO:	Q	2 717,09

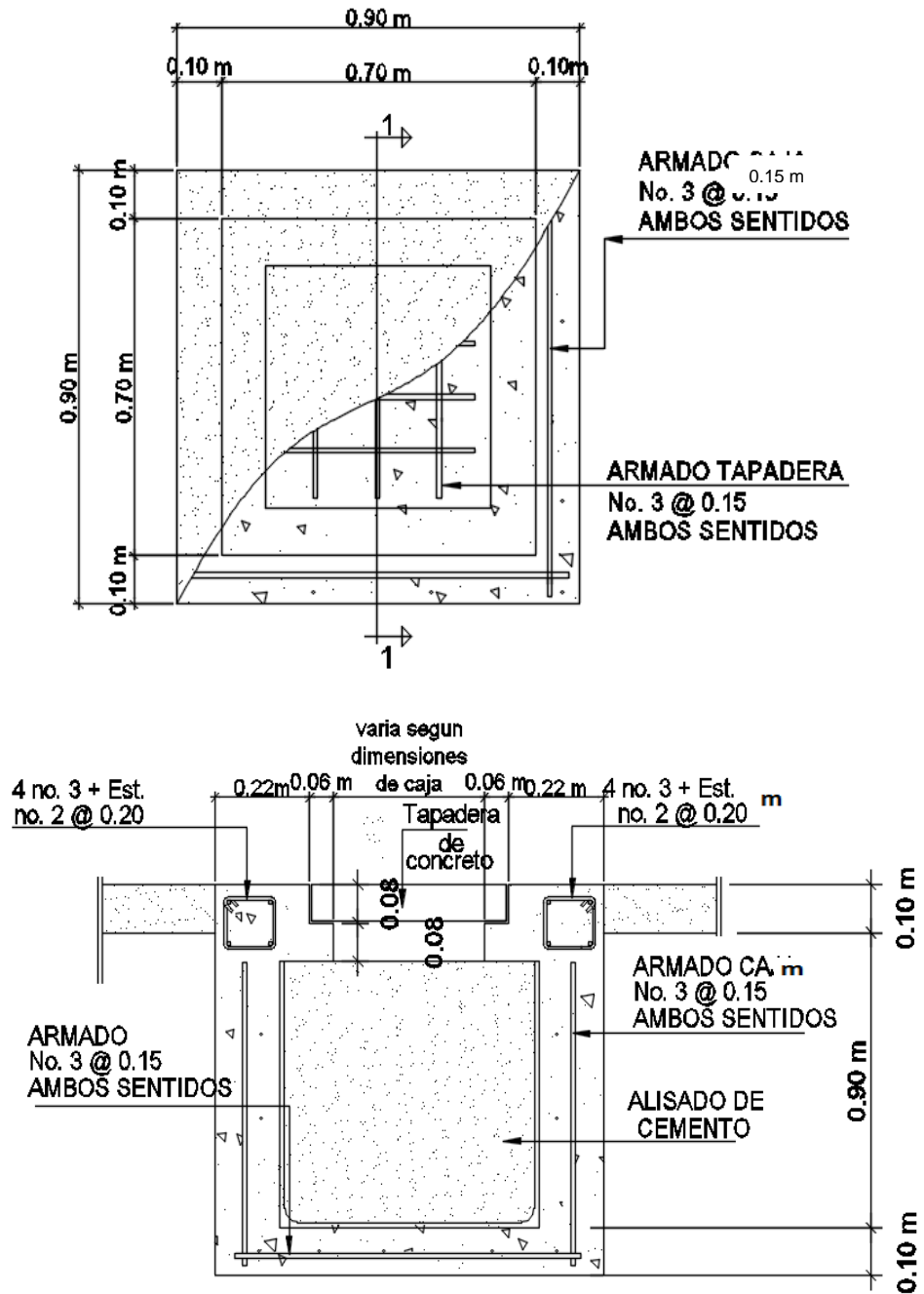
Continuación de la tabla VI.

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC	5,99	sacos	Q 76,55	Q 458,51
Arena de rio	0,71	m ³	Q 120,00	Q 85,20
Piedrín 1/2"	0,62	m ³	Q 210,00	Q 130,20
Hierro núm. 4 legítimo	9,80	varillas	Q 51,39	Q 503,62
Madera para formaleta	69,64	pie-tabla	Q 6,50	Q 452,66
Alambre de amarre	3,92	libra	Q 5,00	Q 19,60
Clavo de 4"	6,29	libra	Q 4,31	Q 27,09
Herramienta	1,00	global	Q 50,31	Q 50,31
TOTAL MATERIALES				Q 1 727,19

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo para trampa de grasa	1,43	m ³	Q 35,71	Q 51,07
Levantado de paredes	0,71	m ²	Q 70,00	Q 49,70
Fundición de fondo+tapadera	0,29	m ³	Q 90,00	Q 26,10
Hacer armadura de hierro núm. 4	58,80	mt	Q 0,75	Q 44,10
SUBTOTAL				Q 170,97
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 170,97	Q 144,76
SUBTOTAL				Q 144,76
TOTAL MANO DE OBRA				Q 315,73
TOTAL DIRECTO				Q 2 042,92
Administración central	5 %		Q 2 042,92	Q 102,15
Imprevistos	3 %		Q 2 042,92	Q 61,29
Dirección técnica	10 %		Q 2 042,92	Q 204,29
Utilidad	15 %		Q 2 042,92	Q 306,44
TOTAL INDIRECTO				Q 674,17
TOTAL UNITARIO				Q 2 717,09

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Caja de registro vista en planta y perfil



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla VII. Presupuesto para caja de registro

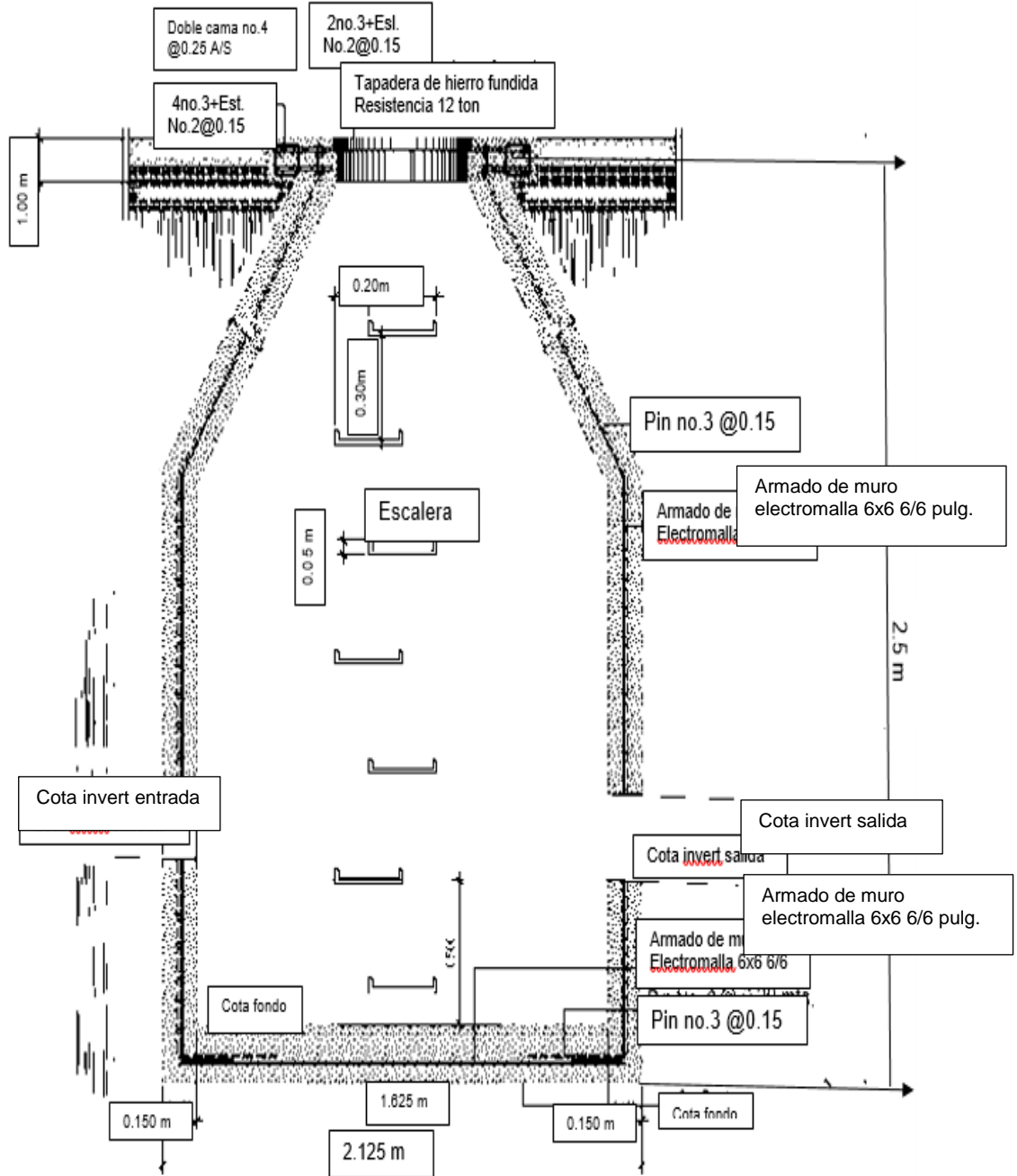
REGLÓN:	Caja de registro 0,90 mx 0,90 m
MEDIDA:	U 1
COSTO UNITARIO:	Q 1 568.72

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC	3,69	sacos	Q 76,55	Q 282,46
Arena de río	0,41	m ³	Q 120,00	Q 49,20
Piedrín 1/2"	0,35	m ³	Q 210,00	Q 73,50
Hierro No. 3 legítimo	9,90	varilla	Q 26,22	Q 259,61
Hierro No. 2 legítimo	1,20	varilla	Q 13,25	Q 15,90
Madera para formaleta	34,86	pie-tabla	Q 6,50	Q 226,59
Alambre de amarre	3,96	libra	Q 5,00	Q 19,80
Clavo de 4"	1,05	libra	Q 4,31	Q 4,52
Herramienta	1,00	global	Q 27,95	Q 27,95
TOTAL MATERIALES				Q 959,53

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo para caja de registro	0,73	m ³	Q 35,71	Q 26,07
Levantado de paredes	0,41	m ²	Q 70,00	Q 28,70
Fundición de fondo+tapadera	0,16	m ³	Q 90,00	Q 14,40
Hacer armaduras	66,60	mt	Q 0,75	Q 49,95
SUBTOTAL				Q 119,12
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 119,12	Q 100,86
SUBTOTAL				Q 100,86
TOTAL MANO DE OBRA				Q 219,98
TOTAL DIRECTO				Q 1 179,51
Administración central	5 %		Q 1 179,51	Q 58,98
Imprevistos	3 %		Q 1 179,51	Q 35,39
Dirección técnica	10 %		Q 1 179,51	Q 117,95
Utilidad	15 %		Q 1 179,51	Q 176,93
TOTAL INDIRECTO				Q 389,25
TOTAL UNITARIO				Q 1 568,76

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Pozo de visita visto de perfil



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

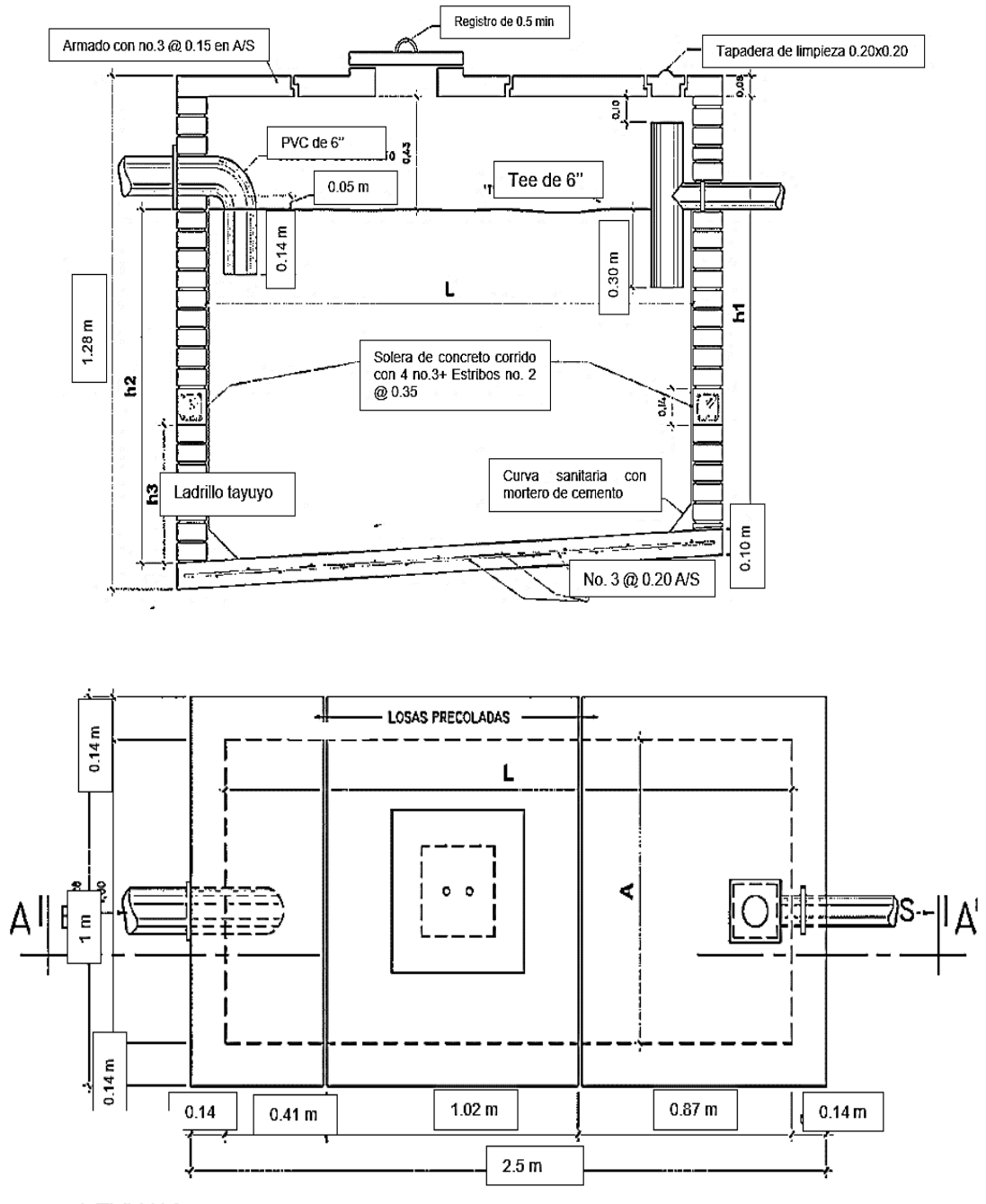
Tabla VIII. Presupuesto para pozo de visita

REGLÓN:	Pozo de visita	
MEDIDA:	U	1
COSTO UNITARIO:	Q 10 994,10	

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC	20	Sacos	Q 76,55	Q 1 531,00
Arena de río	2,03	m ³	Q 120,00	Q 243,60
Piedrín de 1/2"	1,78	m ³	Q 210,00	Q 373,80
Cal hidratada (25kg)	2	Bolsa	Q 34,99	Q 69,98
Hierro no.3 legítimo	4,15	varilla	Q 26,22	Q 108,81
Hierro no.2 legítimo	3,52	varilla	Q 13,25	Q 46,64
Hierro para brocal doble cama no. 4 legítimo	1,18	varilla	Q 51,39	Q 60,64
Tapadera de hierro fundido Ø0,90	1,00	Unidad	Q 1 160,71	Q 1 160,71
Electromalla 6x6 6/6	1,88	Unidad	Q 147,60	Q 277,49
Hierro No. 3 legítimo	8,34	varilla	Q 26,22	Q 218,67
Escalera de hierro no. 5	1,00	varilla	Q 57,63	Q 57,63
Madera para formaleta	243,28	Pie-tabla	Q 6,50	Q 1 581,32
Alambre de amarre	5,98	Libra	Q 5,00	Q 29,90
Clavo de 4"	8,12	Libra	Q 4,31	Q 35,00
Herramienta	1,00	Global	Q 173,60	Q 173,60
TOTAL MATERIALES				Q 5 968,79
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo	4,17	m ³	Q 35,71	Q 149,02
Levantado de paredes	2,85	m ²	Q 70,00	Q 199,29
Fundición de fondo	0,71	m ³	Q 80,00	Q 56,48
Hacer armaduras	1118,79	ml	Q 0,75	Q 839,09
SUBTOTAL				Q 1 243,88
Prestaciones laborales	84,7 %		Q 1 243,88	Q 1 053,57
SUBTOTAL				Q 1 053,57
TOTAL MANO DE OBRA				Q 2 297,45
TOTAL DIRECTO				Q 8 266,24
Administración central	5 %		Q 8 266,24	Q 413,31
Imprevistos	3 %		Q 8 266,24	Q 247,99
Dirección técnica	10 %		Q 8 266,24	Q 826,62
Utilidad	15 %		Q 8 266,24	Q 1 239,94
TOTAL INDIRECTO				Q 2 727,86
TOTAL UNITARIO				Q 10 994,10

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Fosa séptica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla IX. Presupuesto para fosa séptica

REGLÓN:	Fosa séptica	
MEDIDA:	U	1
COSTO UNITARIO:	Q	8 445,12

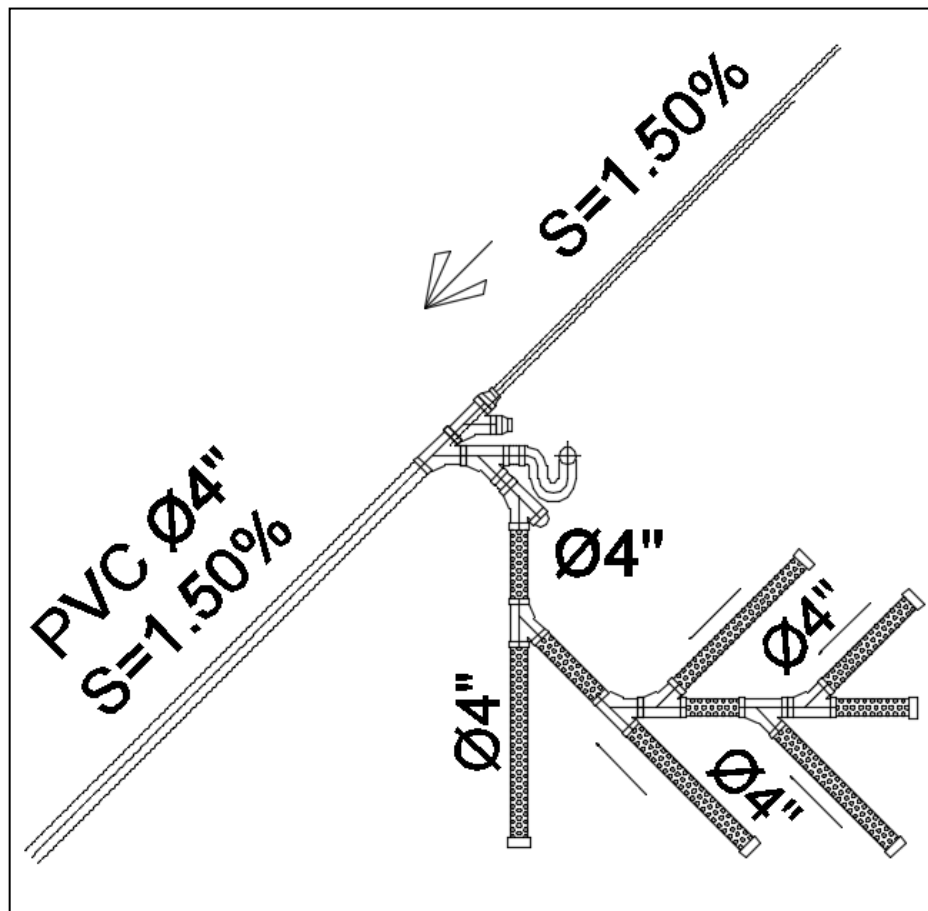
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC	14	sacos	Q 76,55	Q 1 071,7
Arena de río	2,64	m ³	Q 120,00	Q 316,80
Hierro núm. 3 legítimo	37,11	varilla	Q 26,22	Q 973,15
Hierro núm. 2 legítimo	2,69	varilla	Q 13,25	Q 35,64
Ladrillos para paredes	420	ladrillos	Q 1,25	Q 525,00
Madera para formaleta	122,02	pie-tabla	Q 6,50	Q 793,13
Codo 90° de 4"	1,00	unidad	Q 65,80	Q 65,80
Tee de 90°	1,00	unidad	Q 124,64	Q 124,64
Alambre de amarre	14,84	libra	Q 5,00	Q 74,20
Clavo de 4"	27,83	libra	Q 4,31	Q 119,85
Herramienta	1,00	global	Q 151,12	Q 151,12
TOTAL MATERIALES				Q 4 250,99
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo para caja de registro	4,80	m ³	Q 35,71	Q 171,43
Levantado de paredes	1,46	m ²	Q 70,00	Q 102,20
Curva sanitaria	7,60	mt	Q 84,82	Q 644,64
Fundición de fondo+tapadera	0,64	m ³	Q 80,00	Q 51,20
Hacer armaduras	222,66	mt	Q 0,75	Q 167,00
SUBTOTAL				Q 1 136,47
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 1 136,47	Q 962,25
SUBTOTAL				Q 962,25
TOTAL MANO DE OBRA				Q 2 098,71
TOTAL DIRECTO				Q 6 349,71
Administración central	5 %		Q 6 349,71	Q 317,49
Imprevistos	3 %		Q 6 349,71	Q 190,49
Dirección técnica	10 %		Q 6 349,71	Q 634,97
Utilidad	15 %		Q 6 349,71	Q 952,46
TOTAL INDIRECTO				Q 2 095,41
TOTAL UNITARIO				Q 8 445,12

Fuente: elaboración propia.

3.9.2. Tubería de PVC de 4"+ accesorios

Se ha contemplado la elaboración de presupuesto de un metro lineal de tubería de diámetro de 4" con una pendiente de 1,50 %. La tubería incluye yee, *wippe*, lubricante para PVC y sus herramientas.

Figura 21. Tubería de PVC de 4"+ accesorios



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla X. Tubería de 4" + accesorios

RENLÓN:	4" SDR 41
MEDIDA:	ML
COSTO UNITARIO:	Q 294,66
METROS DE INSTALACIÓN	1,00

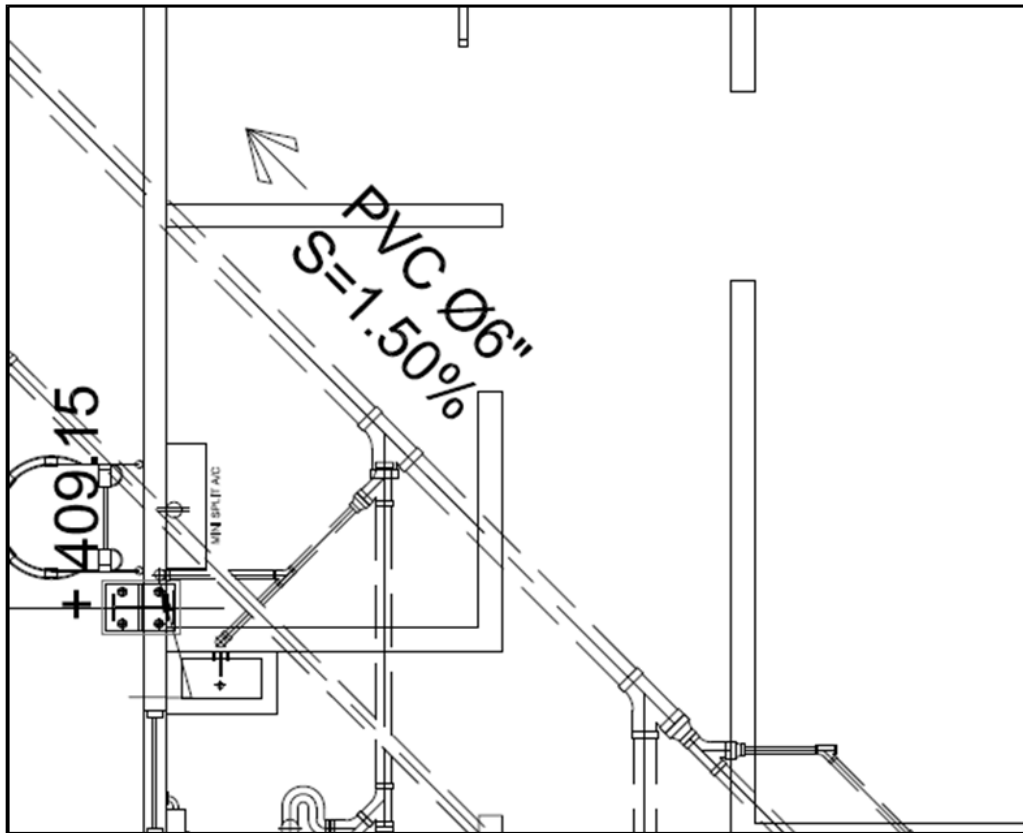
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería Ø 4" SDR 41	0,17	unidades	Q 302,44	Q 50,41
Yee	3,00	unidades	Q 29,80	Q 89,40
Lubricante para PVC con anillo de hule	0,02	libras	Q 20,00	Q 0,40
Wippe	1,00	libras	Q 9,95	Q 9,95
Pegamento	1,00	unidad	Q 15,00	Q 15,00
Herramienta	1,00	global	Q 43,46	Q 43,46
SUBTOTAL				Q 208,62
TOTAL MATERIALES				Q 208,62
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Instalación y pegado de tubería	0,17	unidad	Q 42,00	Q 7,00
SUBTOTAL				Q 7,00
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 7,00	Q 5,93
SUBTOTAL				Q 5,93
TOTAL MANO DE OBRA				Q 12,93
TOTAL DIRECTO				Q 221,55
Administración central	5 %			Q 11,08
Imprevistos	3 %			Q 6,65
Dirección técnica	10 %			Q 22,15
Utilidad	15 %			Q 33,23
TOTAL INDIRECTO				Q 73,11
TOTAL				Q 294,66
TOTAL UNITARIO				Q 294,66

Fuente elaboración propia.

3.9.3. Tubería de PVC de 6" + accesorios

Se ha contemplado la elaboración de presupuesto de un metro lineal de tubería de diámetro de 6" con una pendiente de 1,50 %. La tubería incluye ye, *wippe*, lubricante para PVC y sus herramientas.

Figura 22. Tubería de PVC de 6"+accesorios



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XI. Presupuesto para tubería de PVC de 6" +accesorios

RENLÓN:	6" SDR 41
MEDIDA:	ML
COSTO UNITARIO:	Q 558,51
METROS DE INSTALACIÓN	1,00

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería Ø 6" SDR 41	0,17	unidades	Q 680,62	Q 115,70
Lubricante de PVC con anillo de hule	0,020	libras	Q 20,00	Q 0,40
Yee 6"	1,000	unidades	Q 189,60	Q 189,60
Wippe	1,00	libras	Q 9,95	Q 9,95
Herramienta	1,00	global	Q 72,01	Q 72,01
Pegamento	1,00	unidades	Q 15,00	Q 15,00
SUBTOTAL				Q 402,67
TOTAL MATERIALES				Q 402,67

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Instalación y pegado de tubería	0,17	unidad	Q 55,00	Q 9,35
SUBTOTAL				Q 9,35
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 9,35	Q 7,92
SUBTOTAL				Q 7,92
TOTAL MANO DE OBRA				Q 17,27

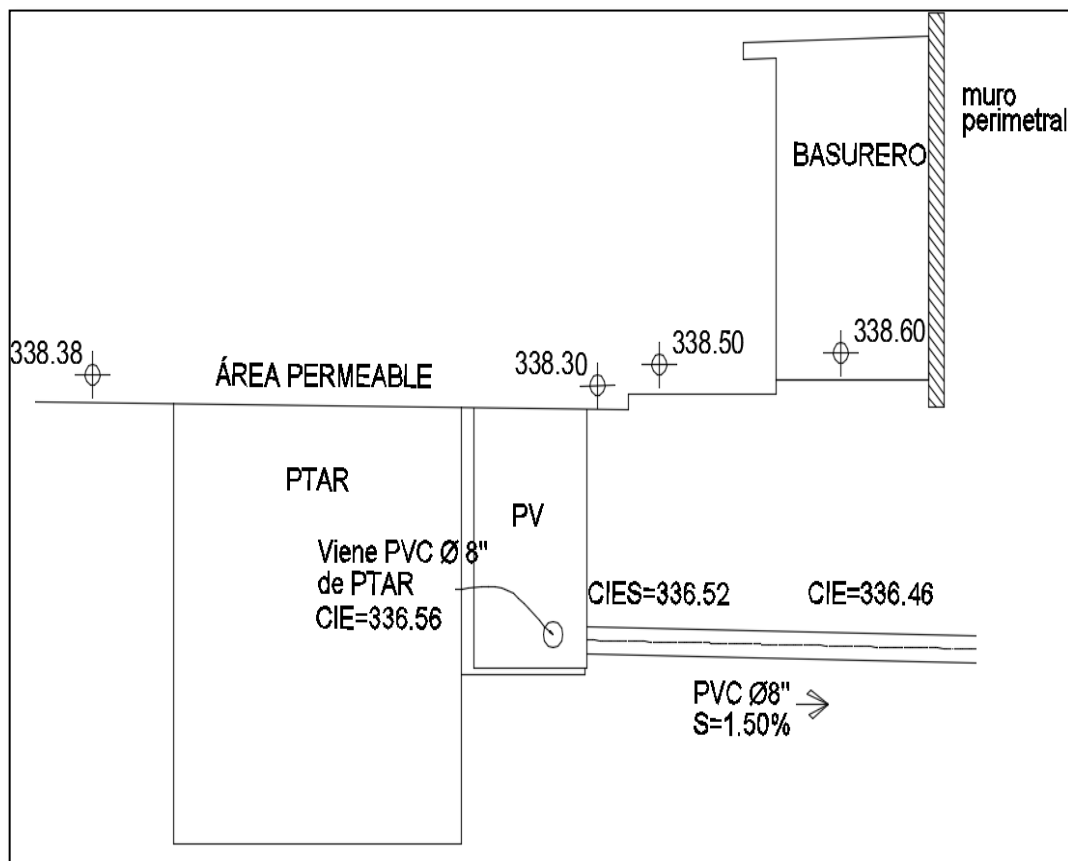
TOTAL DIRECTO			Q 419,93
Administración central	5 %		Q 21,00
Imprevistos	3 %		Q 12,60
Dirección técnica	10 %		Q 41,99
Utilidad	15 %		Q 62,99
TOTAL INDIRECTO			Q 138,58
TOTAL			Q 558,51
TOTAL UNITARIO			Q 558,51

Fuente: elaboración propia.

3.9.4. Tubería de PVC de 8''+ accesorios

Se ha contemplado la elaboración de presupuesto de un metro lineal de tubería de diámetro de 8'' con una pendiente de 1,50 %. La tubería incluye codo a 90° dentro de pozo de visita, *wippe*, lubricante para PVC y sus herramientas.

Figura 23. Tubería de PVC de 8''+accesorios



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XII. Presupuesto de tubería de PVC de 8”+accesorios

REGLÓN:	8" SDR 41
MEDIDA:	ML
COSTO UNITARIO:	Q 884,93
METROS DE INSTALACIÓN	1,00

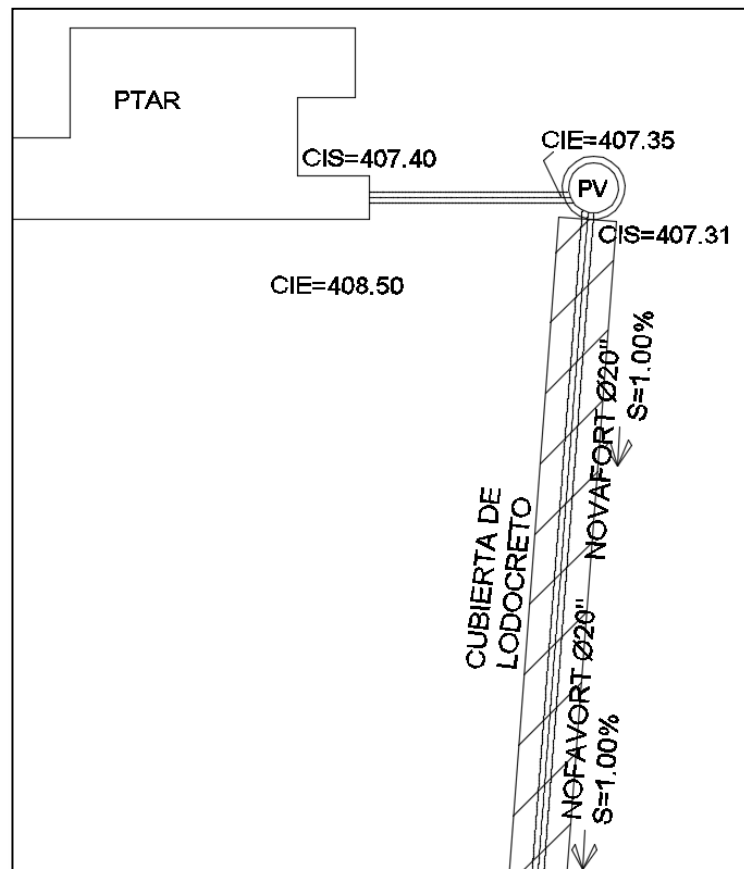
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería Ø 8" SDR 41	0,17	unidades	Q 1 182,41	Q 201,01
Lubricante de PVC con anillo de hule	0,02	libras	Q 20,00	Q 0,40
Codo 90°	1,00	unidades	Q 299,23	Q 299,23
Wippe	1,00	libras	Q 9,95	Q 9,95
Herramienta	1,00	global	Q 120,93	Q 120,93
Pegamento	1,00	global	Q 15,00	Q 15,00
SUBTOTAL				Q 646,52
TOTAL MATERIALES				Q 646,52
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Instalación y pegado de tubería	0,17	unidad	Q 60,00	Q 10,20
SUBTOTAL				Q 10,20
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 10,20	Q 8,64
SUBTOTAL				Q 8,64
TOTAL MANO DE OBRA				Q 18,84
TOTAL DIRECTO				Q 665,36
Administración central	5 %			Q 33,27
Imprevistos	3 %			Q 19,96
Dirección técnica	10 %			Q 66,54
Utilidad	15 %			Q 99,80
TOTAL INDIRECTO				Q 219,57
TOTAL				Q 884,93
TOTAL UNITARIO				Q 884,93

Fuente: elaboración propia.

3.9.5. Presupuesto de tubería de 20" Novafort

Se ha contemplado la elaboración de presupuesto de un metro lineal de tubería de diámetro de 20" Novafort con una pendiente de 1,50 %. La tubería incluye codo a 90°, *wippe*, lubricante para PVC y sus herramientas. No incluye lodocreto.

Figura 24. Tubería de 20" Novafort



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XIII. Presupuesto de tubería de PVC de 20" Novafort

REGLÓN:	24" NOVAFORT
MEDIDA:	ML
COSTO UNITARIO:	Q 2 207,35
METROS DE INSTALACIÓN	1,00

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubo Ø 24" NOVAFORT M-304	0,17	unidades	Q 6 828,35	Q 1 160,82
Empaque para tubería Novafort	1,00	unidades	Q 173,95	Q 173,95
Lubricante para PVC	0,07	libras	Q 89,00	Q 5,93
Wippe	1,00	libras	Q 9,95	Q 9,95
Herramienta	1,00	global	Q 284,05	Q 284,05
Pegamento	1,00	unidad	Q 15,00	Q 15,00
SUBTOTAL				Q 1 634,70
TOTAL MATERIALES				Q 1 634,70

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Instalación y pegado de tubería	0,17	unidad	Q 79,50	Q 13,52
SUBTOTAL				Q 13,52
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 13,52	Q 11,44
SUBTOTAL				Q 11,44
TOTAL MANO DE OBRA				Q 24,96

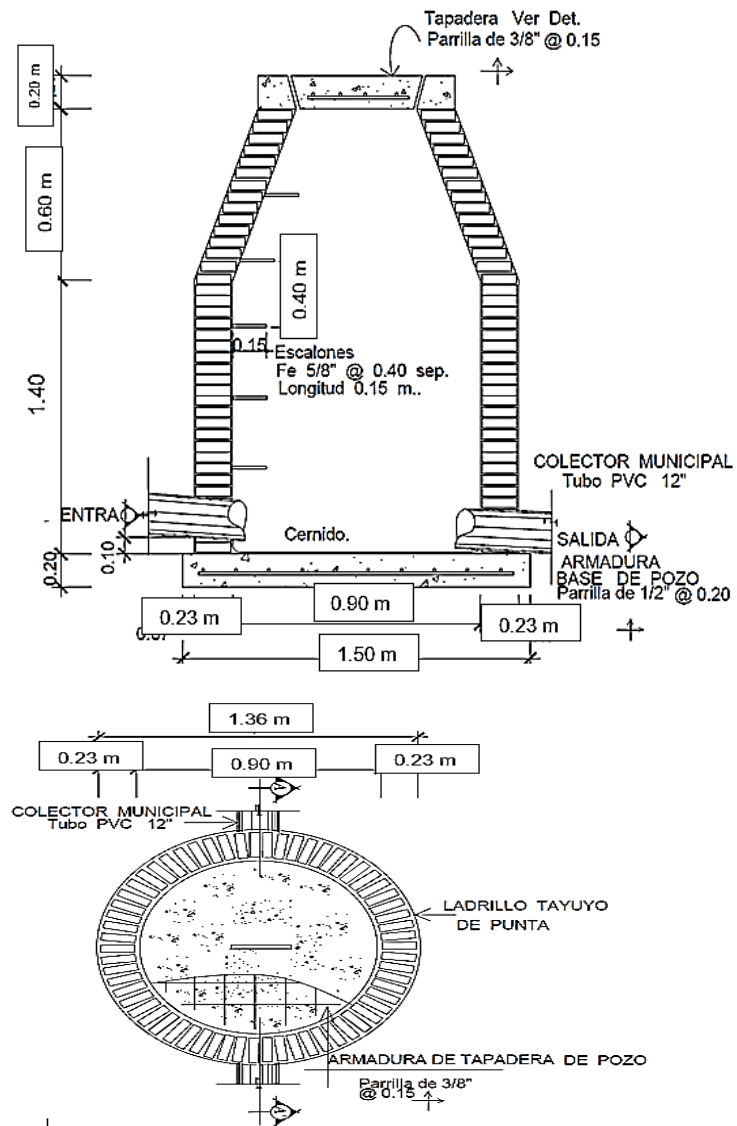
TOTAL DIRECTO			Q 1 659,66
Administración central	5 %		Q 82,98
Imprevistos	3 %		Q 49,79
Dirección técnica	10 %		Q 165,97
Utilidad	15 %		Q 248,95
TOTAL INDIRECTO			Q 547,69
TOTAL			Q 2 207,35
TOTAL UNITARIO			Q 2 207,35

Fuente: elaboración propia.

3.9.6. Candela municipal

En la figura 25 se observa el perfil y planta de candela.

Figura 25. Perfil y planta de candela



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XIV. Presupuesto de candela municipal

REGLÓN:	Candela
MEDIDA:	U 1
COSTO UNITARIO:	Q 10 298,91

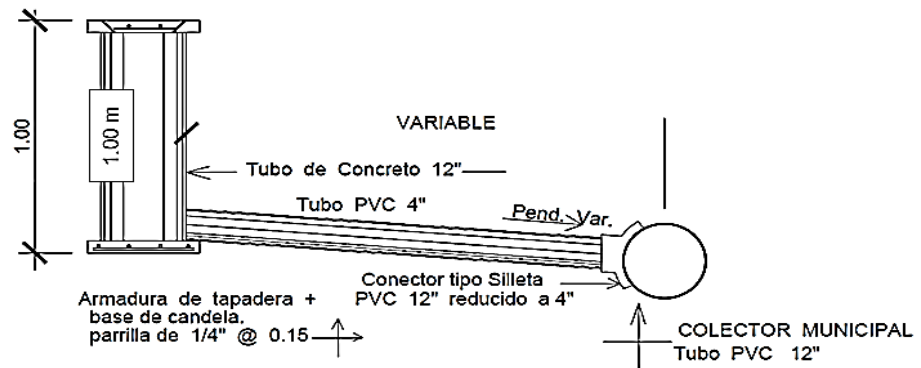
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC	3,36	sacos	Q 76,55	Q 257,20
Arena de río	0,34	m ³	Q 120,00	Q 40,80
Piedrín de 1/2"	0,30	m ³	Q 210,00	Q 63,00
Bolsa de mezcla lista para cernir	1	bolsa	Q 34,99	Q 34,99
Hierro para tapadera núm. 3@0,15	2,10	varilla	Q 26,22	Q 55,07
Hierro para brocal doble cama núm. 2	2,63	varilla	Q 13,25	Q 34,85
Ladrillo tayuyo para paredes	209,23	m ²	Q 1,25	Q 261,54
Colector municipal PVC 12"	1/3	tubo	Q 1 824,11	Q 608,04
Escalera de hierro núm. 5	1,03	varilla	Q 57,63	Q 59,36
Madera para formaleta	60,85	pie-tabla	Q 6,50	Q 395,53
Alambre de amarre	4,49	libra	Q 5,00	Q 22,45
Clavo de 4"	3,78	libra	Q 4,31	Q 16,29
Herramienta	1,00	global	Q 55,47	Q 55,47
TOTAL MATERIALES				Q 1 904,58
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo para caja de registro	3,53	m ³	Q 35,71	Q 126,07
Levantado de paredes	209,23	m ²	Q 13,00	Q 2 719,99
Fundición de fondo	0,35	m ³	Q 80,00	Q 28,00
Hacer armaduras	383,70	ml	Q 0,75	Q 287,78
SUBTOTAL				Q 3 161,84
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 3 161,84	Q 2 677,13
SUBTOTAL				Q 2 677,13
TOTAL MANO DE OBRA				Q 5 838,96
TOTAL DIRECTO				Q 7 743,54
Administración central	5 %		Q 7 743,54	Q 387,18
Imprevistos	3 %		Q 7 743,54	Q 232,31
Dirección técnica	10 %		Q 7 743,54	Q 774,35
Utilidad	15 %		Q 7 743,54	Q 1 161,53
TOTAL INDIRECTO				Q 2 555,37
TOTAL UNITARIO				Q 10 298,91

Fuente: elaboración propia.

3.9.7. Acometida domiciliar

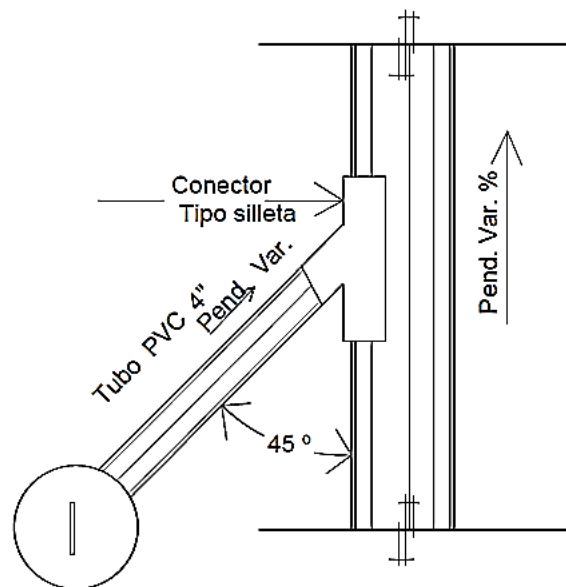
A continuación el detalle de candela y perfil de una acometida domiciliar.

Figura 26. **Candela de acometida hacia colector municipal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 27. **Perfil de acometida domiciliar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XV. Presupuesto de acometida domiciliar

REGLÓN:	Acometida domiciliar
MEDIDA:	ML
COSTO UNITARIO:	Q1 482,18
METROS DE INSTALACIÓN	1,00

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería Ø 12" de concreto	1,00	unidades	Q 40,37	Q 40,37
Lubricante de PVC con anillo de hule	0,12	libras	Q 20,00	Q 2,40
Conector tipo silleta	1,00	unidades	Q 414,02	Q 414,02
Tubo PVC de 4"	0,17	libras	Q 302,44	Q 51,41
Tubería Ø 12" de PVC	0,17	tubo	Q 1 824,11	Q 310,10
Hierro núm. 2 para parrilla	0,59	varilla	Q 13,25	Q 7,82
Cemento UGC	0,16	sacos	Q 76,55	Q 12,25
Arena de río	0,019	m ³	Q 120,00	Q 2,28
Piedrín 1/2"	0,017	m ³	Q 210,00	Q 3,57
Herramienta	1,00	global	Q 42,21	Q 42,21
SUB TOTAL				Q 886,42
TOTAL MATERIALES				Q 886,42

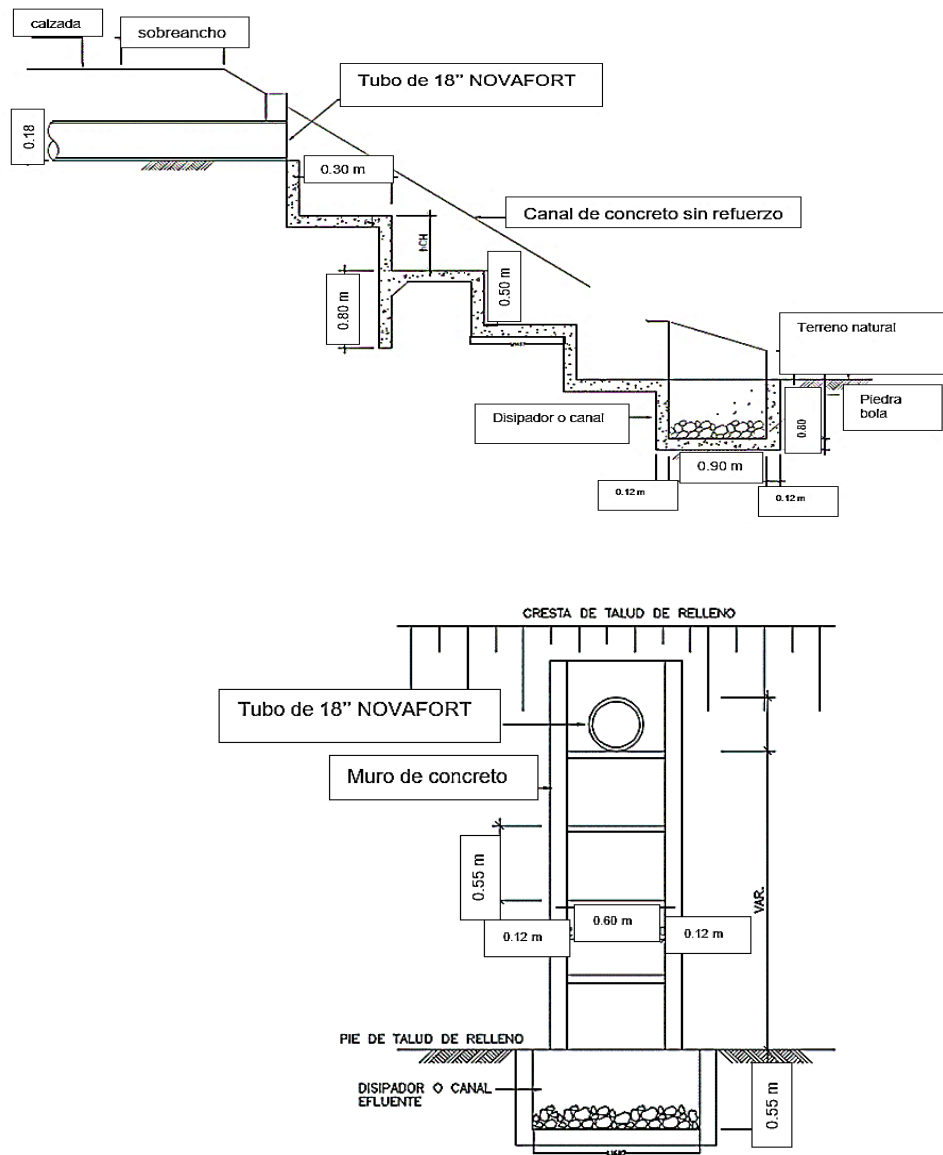
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Instalación y pegado de tubería	0,17	unidad	Q 42,00	Q 7,14
Colocación de tubería de concreto	1,00	unidad	Q 75,00	Q 75,00
Fundición de tapadera y cimentación	0,03	m ³	Q 80,00	Q 2,40
Corte, carga y acarreo para caja de registro	1,09	m ³	Q 35,71	Q 38,93
SUBTOTAL				Q 123,47
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 123,47	Q 104,54
SUBTOTAL				Q 104,54
TOTAL MANO DE OBRA				Q 228,01
TOTAL DIRECTO				Q 1 114,43
Administración central	5 %			Q 55,72
Imprevistos	3 %			Q 33,43
Dirección técnica	10 %			Q 111,44
Utilidad	15 %			Q 167,16
TOTAL INDIRECTO				Q 367,75
TOTAL UNITARIO				Q 1 482,18

Fuente: elaboración propia.

3.9.8. Disipador de energía

En la figura 28 se presente un esquema del disipador de energía.

Figura 28. Perfil y planta de disipador de energía



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XVI. Presupuesto de disipador de energía

REGLÓN:	Disipador de energía
MEDIDA:	ML
COSTO UNITARIO:	Q 3 058,61
METROS DE INSTALACIÓN	5,00

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubo Ø 18" NOVAFORT M-304	0,17	unidades	Q 4 228,13	Q 718,78
Lubricante de PVC con anillo de hule	0,02	libras	Q 20,00	Q 0,40
Piedra bola	0,59	m ³	Q 133,93	Q 79,02
Cemento UGC	7,08	sacos	Q 76,55	Q 541,95
Arena de río	0,72	m ³	Q 120,00	Q 86,40
Piedrín 1/2"	0,63	m ³	Q 210,00	Q 132,30
Herramienta	1,00	global	Q 77,94	Q 77,94
SUBTOTAL				Q 1 636,79
TOTAL MATERIALES				Q 1 636,79

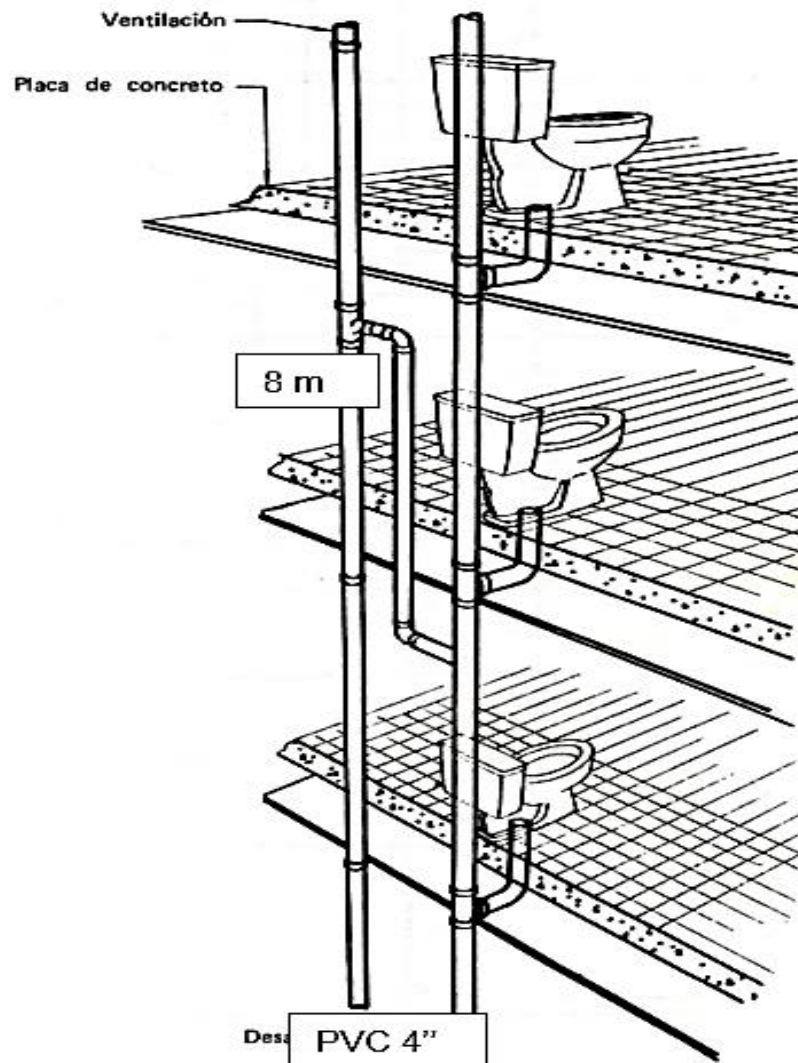
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Colocación de tubería NOVAFORT	0,17	unidad	Q 70,00	Q 11,90
Fundición	1,01	m ³	Q 80,00	Q 80,80
Colocación de piedra bola	0,59	m ³	Q 30,00	Q 17,70
Corte, carga y acarreo	6,96	m ³	Q 35,71	Q 248,57
SUBTOTAL				Q 358,97
Prestaciones laborales	84,67%		Q 358,97	Q 303,94
SUBTOTAL				Q 303,94
TOTAL MANO DE OBRA				Q 662,91
TOTAL DIRECTO				Q 2 299,70
Administración central	5 %			Q 114,99
Imprevistos	3 %			Q 68,99
Dirección técnica	10 %			Q 229,97
Utilidad	15 %			Q 344,96
TOTAL INDIRECTO				Q 758,91
TOTAL UNITARIO				Q 3 058,61

Fuente: elaboración propia.

3.9.9. Tubería de ventilación

En la figura 29, se representa la tubería de ventilación.

Figura 29. Tubería de ventilación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XVII. Presupuesto para tubería de ventilación

REGLÓN:	Tubería de ventilación
MEDIDA:	ML
COSTO UNITARIO:	Q 130,71
METROS DE INSTALACIÓN	19,50

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Tubería Ø 4" SDR 41	3,25	unidades	Q 302,44	Q 982,93
Tubería Ø 2" SDR 41	1,00	unidades	Q 67,68	Q 67,68
Tee	1,00	unidades	Q 85,54	Q 85,54
Sifón de 2"	3,00	unidades	Q 30,54	Q 91,61
Lubricante para PVC con anillo de hule	0,51	libras	Q 20,00	Q 10,20
<i>Wippe</i>	1,00	libras	Q 9,95	Q 9,95
Herramienta	1,00	global	Q 112,31	Q 112,31
Codo 90° de 4"	2,00	unidades	Q 65,80	Q 131,61
Codo 90° de 2"	3,00	unidades	Q 10,71	Q 32,14
SUBTOTAL				Q 1 523,96
TOTAL MATERIALES				Q 1 523,96

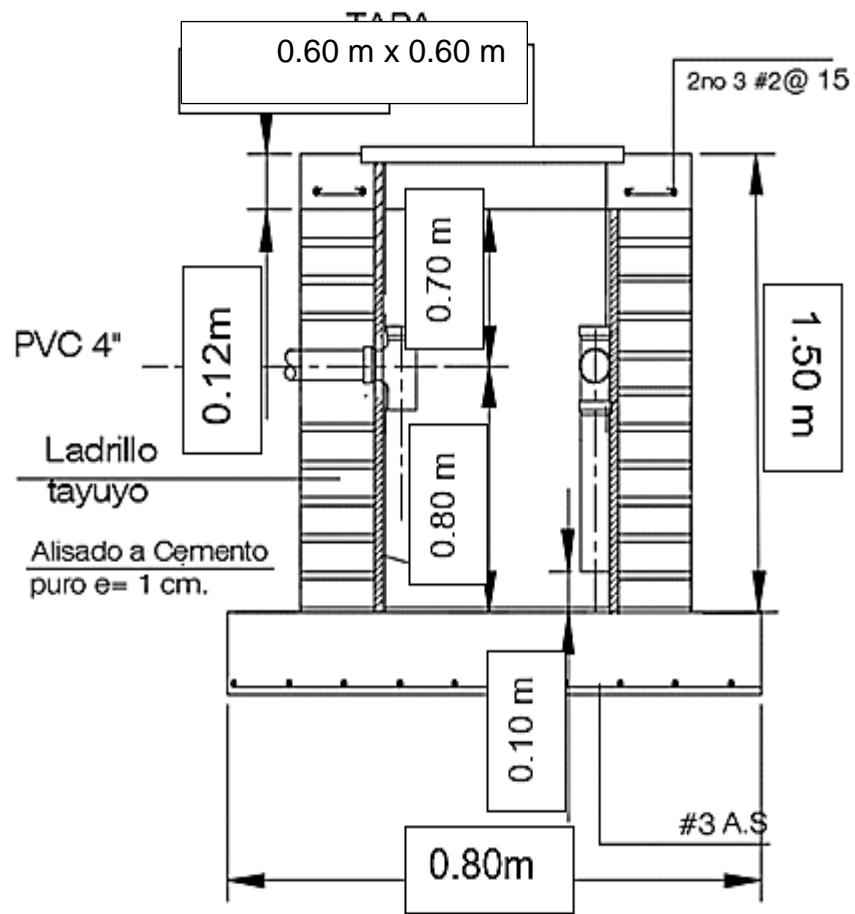
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Instalación y pegado de tubería	4,25	unidad	Q 50,00	Q 212,50
SUBTOTAL				Q 212,50
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 212,50	Q 179,92
SUBTOTAL				Q 179,92
TOTAL MANO DE OBRA				Q 392,42
TOTAL DIRECTO				Q 1 916,39
Administración central	5 %			Q 95,82
Imprevistos	3 %			Q 57,49
Dirección técnica	10 %			Q 191,64
Utilidad	15 %			Q 287,46
TOTAL INDIRECTO				Q 632,41
TOTAL				Q 2 548,80
TOTAL UNITARIO				Q 130,71

Fuente: elaboración propia.

3.9.10. Interceptor

A continuación se presente el esquema de un interceptor.

Figura 30. Interceptor



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XVIII. **Interceptor**

REGLÓN:	Interceptor	
MEDIDA:	U	1
COSTO UNITARIO:	Q	1 930,62

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC	5	sacos	Q 76,55	Q 382,73
Arena de río	0,53	m ³	Q 120,00	Q 63,60
Piedrín de 1/2	0,46	m ³	Q 210,00	Q 96,60
Hierro núm. 3 legitimo	2,84	varilla	Q 26,22	Q 74,47
Hierro núm. 2 legitimo	3,42	varilla	Q 13,25	Q 45,32
Ladrillos para paredes	143	ladrillos	Q 1,25	Q 178,75
Madera para formaleta	3,10	pie-tabla	Q 5,36	Q 16,61
Alambre de amarre	1,13	libra	Q 5,00	Q 5,65
Clavo de 4"	2,13	libra	Q 4,31	Q 9,17
Tubería Ø 4" SDR 41	0,33	unidades	Q 302,44	Q 99,81
Tee	2,00	unidades	Q 85,54	Q 171,07
Herramienta	1,00	global	Q 34,31	Q 34,31
TOTAL MATERIALES				Q 1 178,09

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo para caja de registro	1,02	m ³	Q 35,71	Q 36,43
Levantado de paredes	3,86	m ²	Q 20,00	Q 77,20
Fundición de fondo+tapadera	0,07	m ³	Q 90,00	Q 6,30
Hacer armaduras	37,56	mt	Q 0,75	Q 28,17
SUBTOTAL				Q 148,10
Prestaciones laborales	84,67%		Q 148,10	Q 125,40
SUBTOTAL				Q 125,40
TOTAL MANO DE OBRA				Q 273,49

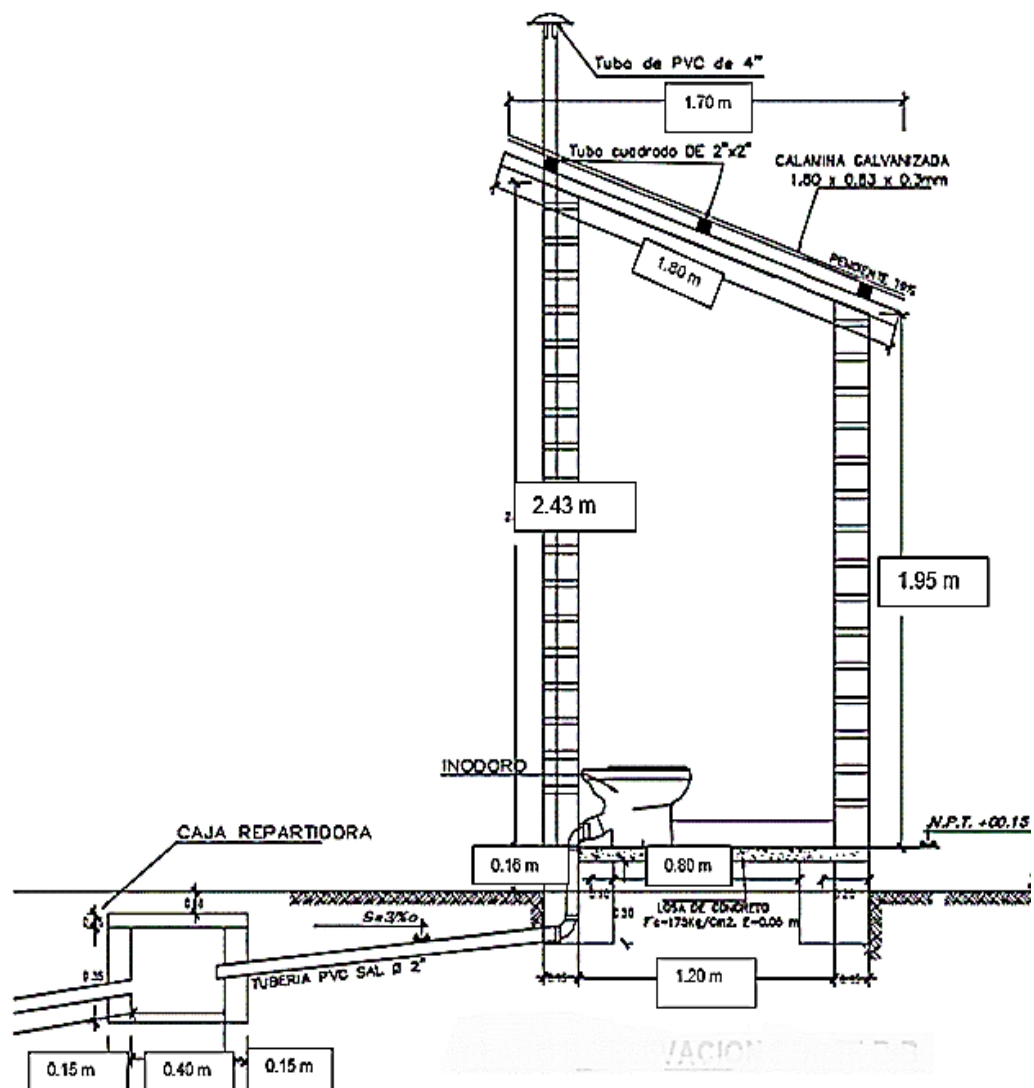
TOTAL DIRECTO				Q 1 451,59
Administración central	5 %		Q 1 451,59	Q 72,58
Imprevistos	3 %		Q 1 451,59	Q 43,55
Dirección técnica	10 %		Q 1 451,59	Q 145,16
Utilidad	15 %		Q 1 451,59	Q 217,74
TOTAL INDIRECTO				Q 479,03
TOTAL UNITARIO				Q 1 930,62

Fuente: elaboración propia.

3.9.11. Letrina con arrastre hidráulico

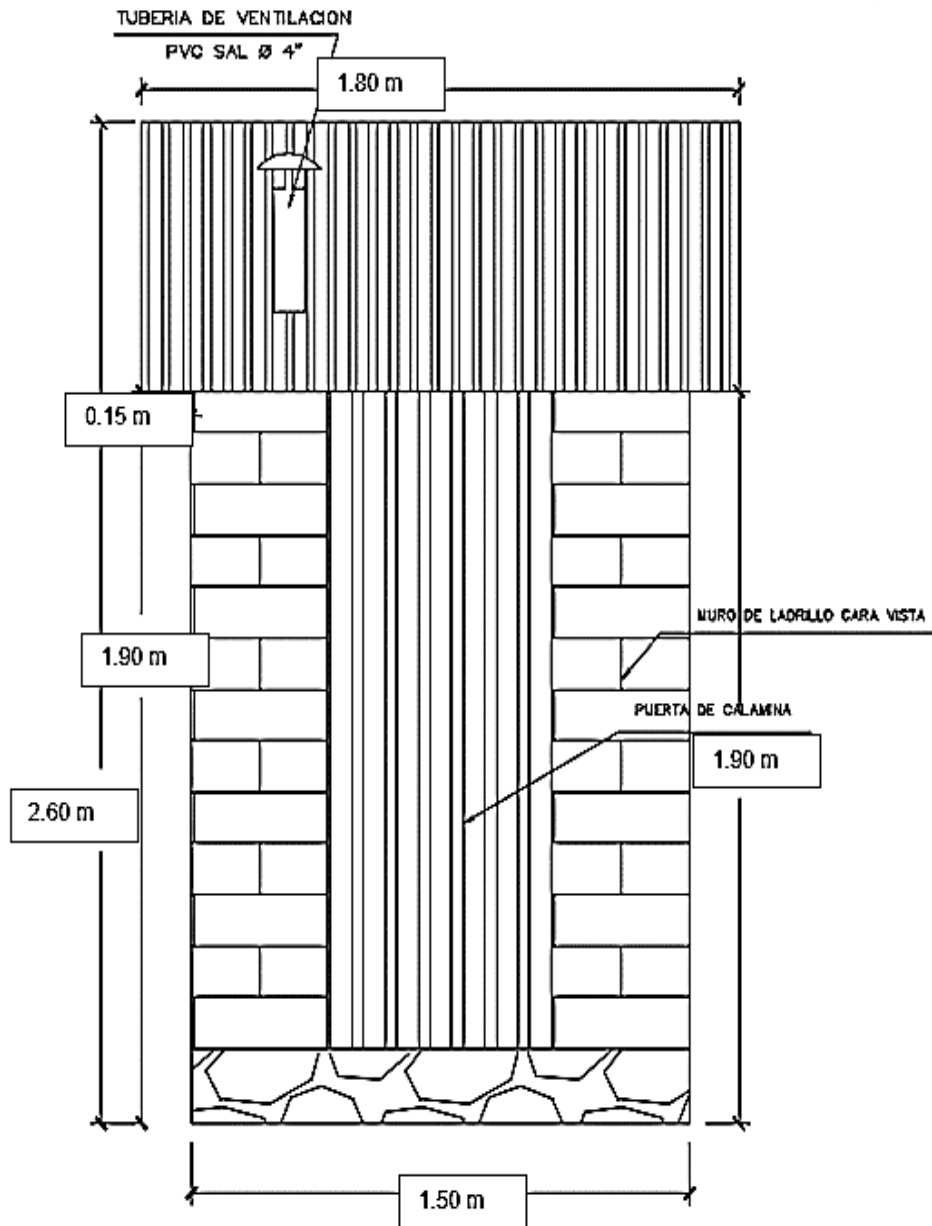
En la figura 31, se presenta el diseño de una letrina con arrastre hidráulico.

Figura 31. Perfil de letrina con arrastre hidráulico



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 32. Elevación de letrina con arrastre hidráulico



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XIX. Presupuesto de letrina con arrastre hidráulico

RENGLÓN:	Letrina con arrastre hidráulico	
MEDIDA:	U	1
COSTO UNITARIO:	Q	4 118,83

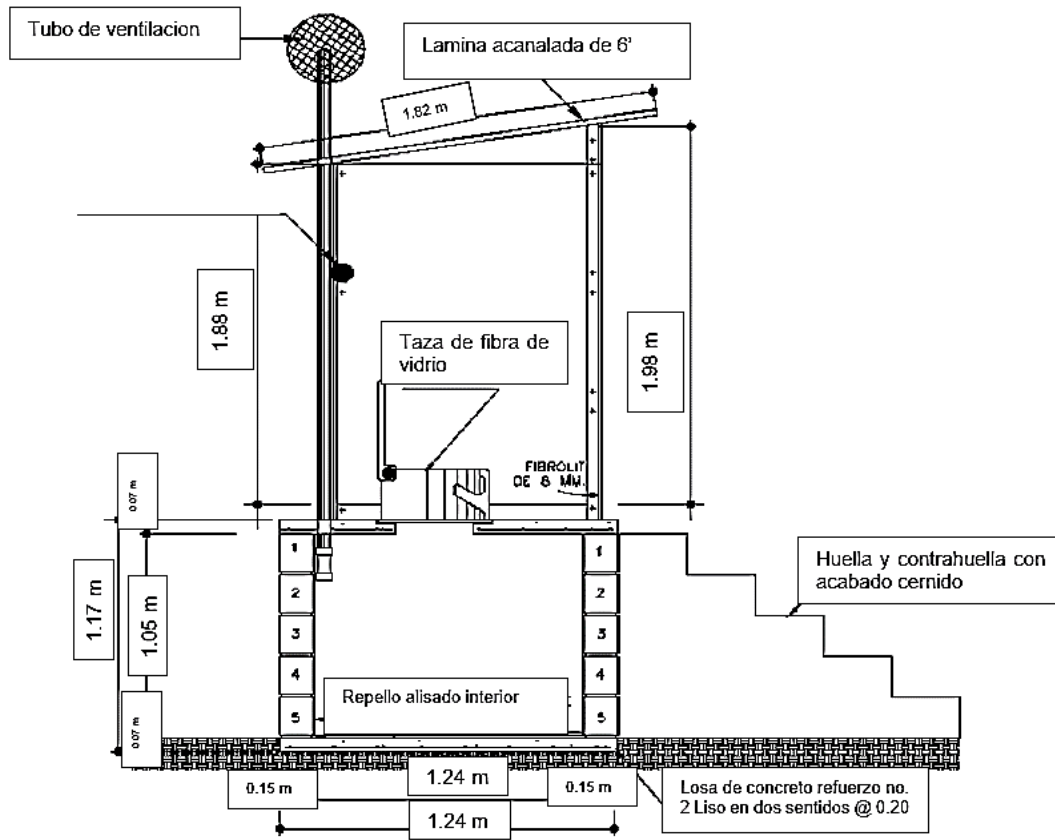
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC	1	sacos	Q 76,55	Q 76,55
Arena de río	0,14	m³	Q 120,00	Q 16,80
Ladrillo de 6,5x11x23 cm	414,40	unidad	Q 1,25	Q 518,00
Piedrín de 1/2"	0,12	m³	Q 210,00	Q 25,20
Taza de fibra de vidrio	1,00	unidad	Q 250,00	Q 250,00
Tubo cuadrado de 2"x2"	3,00	unidad	Q 32,44	Q 97,31
Lámina acanalada de 6´ calibre 28 legitima	3,00	unidad	Q 53,80	Q 161,40
Tubo de PVC de 4"	0,50	tubo	Q 302,44	Q 151,22
Codo 90° de 4"	1	unidad	Q 65,80	Q 65,80
Tubo de PVC de 2"	0,67	unidad	Q 186,43	Q 124,91
Codo 90° de 2"	2	tubo	Q 10,71	Q 21,43
Caja repartidora de 0,50x0,50	7	unidad	Q 100,00	Q 700,00
Cemento UGC	1,3	sacos	Q 76,55	Q 99,51
Arena de río	0,14	m³	Q 120,00	Q 16,80
Piedrín de 1/2"	0,12	m³	Q 210,00	Q 25,20
Madera para formaleta	14,48	pie-tabla	Q 6,50	Q 94,12
Herramienta	1,00	global	Q 70,50	Q 70,50
TOTAL MATERIALES				Q 2 514,75
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo	0,67	m³	Q 35,71	Q 23,93
Levantado de paredes	11,20	m²	Q 13,00	Q 145,60
Fundición de fondo	0,30	m³	Q 90,00	Q 27,00
Colocación de tubería PVC de 4"	3,00	mt	Q 15,00	Q 45,00
Colocación de tubería PVC de 2"	4,00	mt	Q 10,00	Q 40,00
Relleno con lodo creto	0,27	m²	Q 138,39	Q 37,37
Realizar formaleta	1,35		Q 15,00	Q 20,25
SUBTOTAL				Q 315,22
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 315,22	Q 266,89
SUBTOTAL				Q 266,89
TOTAL MANO DE OBRA				Q 582,11
TOTAL DIRECTO				Q 3 096,86
Administración central	5 %		Q 3 096,86	Q 154,84
Imprevistos	3 %		Q 3 096,86	Q 92,91
Dirección técnica	10 %		Q 3 096,86	Q 309,69
Utilidad	15 %		Q 3 096,86	Q 464,53
TOTAL INDIRECTO				Q 1 021,97
TOTAL UNITARIO				Q 4 118,83

Fuente: elaboración propia.

3.9.12. Letrina abonera ventilada

En la figura 33, se presenta un esquema de letrina abonera ventilada.

Figura 33. Perfil de letrina abonera ventilada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XX. Presupuesto de letrina abonera ventilada

REGLÓN:	Letrina abonera ventilada	
MEDIDA:	U	1
COSTO UNITARIO:	Q	6 736,75

Continuación de la tabla XX.

MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Cemento UGC para mortero	4,3	sacos	Q 76,55	Q 329,15
Arena de río para mortero	0,25	m ³	Q 120,00	Q 30,00
Bloc de 0.15x0.20x0.20/35kg	133,60	unidad	Q 3,98	Q 532,17
Taza de fibra de vidrio	1,00	unidad	Q 250,00	Q 250,00
L2"x2"x1/8"	15,44	mt	Q 42,13	Q 650,54
Niple de pvc DE 3" x 1.50 m. de 100 psi	1,00	unidad	Q 45,00	Q 45,00
Clavo 4"	0,40	libra	Q 4,31	Q 1,72
Perno de metal galvanizado	15	unidad	Q 2,00	Q 30,00
Planchas de fibrocemento hidrofugada para exterior de 4' x 8' x 11 mm.	4,00	unidad	Q 250,00	Q 1 000,00
Tubo pvc 3" C-100 PSI	0,5	tubo	Q 146,38	Q 73,19
Perfil hembra de 1/8" x 1" X 6 metros de largo	7	unidad	Q 100,00	Q 700,00
Herramienta	1,00	global	Q 86,06	Q 86,06
Lámina acanalada de 6' calibre 28 legitima	2,00	unidad	Q 53,80	Q 107,60
Gradas				
Block 0,15x0,20x0,40	35,00	unidad	Q 3,98	Q 139,42
Cemento UGC	1,00	saco	Q 76,55	Q 76,55
Arena de río	0,15	m ³	Q 120,00	Q 18,00
TOTAL MATERIALES				Q 4 069,40

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	TOTAL
Corte , carga y acarreo	3,68	m ³	Q 35,71	Q 131,43
Levantado de paredes	10,18	m ²	Q 30,00	Q 305,40
Fundición de cimentación	0,63	m ³	Q 90,00	Q 56,70
Hacer armaduras de hierro núm. 4	45,72	mt	Q 1,00	Q 45,72
SUBTOTAL				Q 539,25
Prestaciones laborales	84,67 %		Q 539,25	Q 456,58
SUBTOTAL				Q 456,58
TOTAL MANO DE OBRA				Q 995,83
TOTAL DIRECTO				Q 5 065,23
Administración central	5 %		Q 5 065,23	Q 253,26
Imprevistos	3 %		Q 5 065,23	Q 151,96
Dirección técnica	10 %		Q 5 065,23	Q 506,52
Utilidad	15 %		Q 5 065,23	Q 759,78
TOTAL INDIRECTO				Q 1 671,52
TOTAL UNITARIO				Q 6 736,75

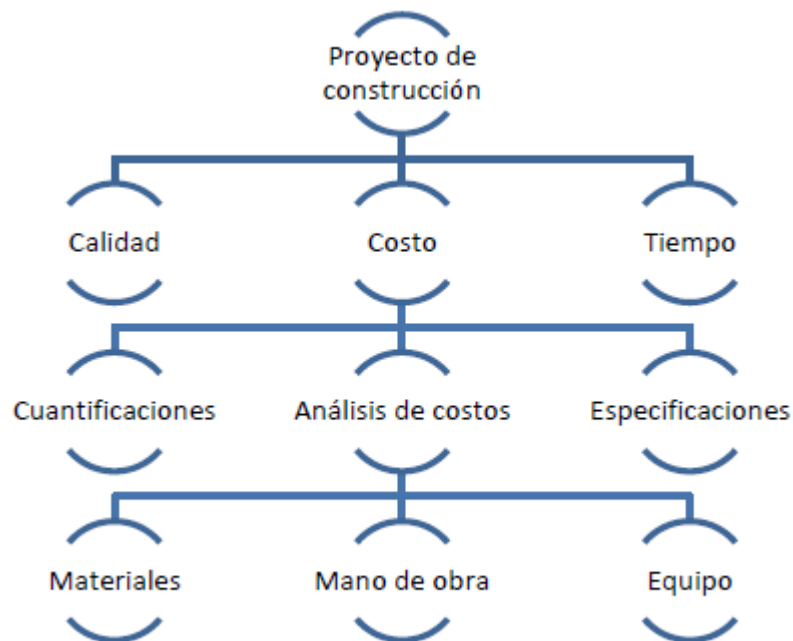
Fuente: elaboración propia.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Balance en materiales, mano de obra y equipo

Para lograr un óptimo aprovechamiento de los materiales usados en la construcción de instalaciones hidrosanitarias calculados en el capítulo anterior, se puede realizar un balance de material, mano de obra y equipo. Con dicho balance se puede realizar un diagrama en donde se pueden resaltar aspectos importantes. Para comenzar un balance es necesario establecer una base de tiempo en rendimiento de mano de obra, en donde se contabilice el material y el equipo necesario para evitar flujos innecesarios de materiales.

Figura 34. Diagrama de balance en una obra



Fuente: SUAREZ SALAZAR, Carlos. *Costo y tiempo para proyecto*. p. 67.

4.2. Cálculo de costos unitarios

El costo unitario también requiere de un correcto balance entre sus bases, especificaciones, cuantificaciones y análisis. Para lograr un costo balanceado en materiales, mano de obra y equipo, es muy importante definir las especificaciones de cada proyecto requeridas por el cliente o entidad donde se realizará. Finalmente, la investigación de mercados proporciona conocimientos válidos al constructor que ejecutará la obra para obtener los materiales, la mano de obra y el equipo en el lugar, momento y precio adecuados. Los factores que contribuyeron al cálculo de costo unitario de los diferentes componentes que forman un alcantarillado sanitario se tiene lo siguiente:

4.2.1. Costo de los materiales directos

Los materiales directos son los que pueden ser fácilmente identificados, cuantificados, valorizados, presupuestados o bien en un servicio prestado. Para las integraciones de los diversos componentes que forman un alcantarillado sanitario realizados en el capítulo 3, los materiales más representativos que se pueden observar el capítulo 3 se tienen:

Tabla XXI. **Materiales representativos en el capítulo 3**

DESCRIPCION	UNIDAD
Cemento UGC	sacos
Arena de río	m ³
Piedrin de 1/2	m ³
Hierro No. 3 legítimo	varilla
Hierro no. 2 legítimo	varilla
Ladrillos para paredes	ladrillos
Maderas para formaleta	Pie-tabla
Tubería 4" SDR 41	Unidades
Tubería 2" SDR 41	Unidades

DESCRIPCION	UNIDAD
Tee	sacos
Sifon de 2"	m ³
Codo de 90 de 4"	m ³
Block de 0,15x0,20x0,20/ 35 kg	varilla
L2"X12"x1/8"	varilla
Niple de pvc de 3"x1,50m de 100psi	ladrillos
Tubo pvc 3" 100 psi	Pie-tabla
Perfil hembra de 1/8"x1x6 metros de largo	Unidades

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Costo de los materiales indirectos

Son llamados gastos generales de fabricación, estos materiales no se pueden identificar en una unidad, producto terminado o servicio prestado. Estos materiales se toman en consideración en el mayor de los casos como un porcentaje para estar cubiertos dentro del costo unitario. En el capítulo 3 dicho renglón es llamado herramienta en el cual se consideró por criterio entre un 3 % a 5 % de los materiales que se utilizarán, entre los materiales que pueden estar en dicho porcentaje pueden ser:

- Lija
- Pegamento
- *Wippe*
- Cintas adhesivas para tubería
- Otros

4.2.3. Costo de mano de obra directa

Representa las estimaciones hechas con respecto al esfuerzo humano necesario para realizar el proyecto. Incluye los salarios, prestaciones o pagos que la constructora realiza a sus trabajadores. Dichas prestaciones están calculadas de las siguientes formas.

4.2.3.1. Procedimiento para determinar el costo de mano de obra

Para determinar el costo de mano de obra se pueden tomar en consideración dos modalidades: por rendimiento o por trabajo por día, según lo que convenga aplicar.

- Por rendimiento: cuando la modalidad es por rendimiento o por destajo, a los trabajadores se les asigna una cantidad de trabajo por un precio o tasa acordada. Luego el supervisor mide el trabajo realizado en el día y cuanto más producen y rinden, mayor es la remuneración.
- Trabajo por día: significa que el trabajo realizado es basado en una tasa fija dura una jornada completa de trabajo, lo cual son generalmente ocho horas. El rendimiento depende de la motivación del supervisor o remuneraciones extras como bonos e incentivos. Para la tasa fija remunerada por día laboral en el capítulo 3 en los presupuestos de los componentes que integran el alcantarillado sanitario correspondiente a un 84,67 % se integró de la siguiente manera:

Tabla XXII. **Días de goce de sueldo**

	Días de goce de sueldo	
1	Domingos	52
2	Sabados	26
3	1 de enero	1
4	Jueves santo	1
5	Viernes santo	1
6	Sabado santo	1
7	1 de mayo	1
8	30 de junio	1
9	15 de Septiembre	1
10	20 de Octubre	1
11	1 de Noviembre	1
12	24 de Diciembre	0,5
13	31 de Diciembre	0,5
14	15 de Agosto (feriado)	1
15	Vacaciones	15
	Total de días no trabajados	104

Fuente: elaboración propia.

- Días trabajados al año (días efectivos)

$$365 - 104 = 261 \text{ días}$$

- Total, días a pagar como prestaciones
- 30 días equivalentes a indemnización
- 30 días equivalente a bono 14
- 30 días equivalente a aguinaldo

$$104 + 90 = 194 \text{ días}$$

- Porcentaje de prestaciones laborales

$$\left(\frac{194}{261}\right) * 100 = 74 \%$$

- IGSS

$$10,67 \%$$

$$74 + 10,67 = 84,67 \%$$

4.3. Análisis de la inflación y devaluación en los precios de los materiales

La inflación es un fenómeno económico que está presente constantemente a lo largo del tiempo, cuando el nivel general de precios de materiales sube, cada unidad de moneda alcanza para comprar menos, o bien sube el precio de costo unitario de cada presupuesto.

4.3.1. Causas de la inflación de los materiales

Cuando la demanda general de materiales se incrementa, sin que el sector productivo haya tenido tiempo de adaptar a la cantidad de materiales producidos a la demanda existente, esto se le llama inflación de demanda. La tubería utilizada en el capítulo tres para la elaboración del presupuesto, se puede observar que los precios utilizados son del presente año, sin embargo, al revisar precios de materiales de años anteriores existe una discrepancia entre un precio y otro, esto se debe a varios factores en los que puede ser:

- Inflación de costos: sucede cuando el costo de la materia prima o mano de obra se encarece, y en un intento de mantener la tasa de beneficio de los productores incrementa los precios.
- Inflación autoconstruida: esta inflación es generada por las expectativas de inflación futura, los productores de estos materiales preveen aumentos futuros y ajustan su conducta actual a esa prevención futura. Aun cuando la inflación anticipada coincida con la inflación real, esta produce restricciones en los costos del proyecto de alcantarillados que se deben incorporar en el análisis.

4.3.2. Impacto de la oferta económica a causa de la inflación

Al igual que la inflación en los costos de los materiales, los impactos de la oferta son también a causa del incremento global a mediano plazo que pueden adquirir vida propia, estos pueden surgir por distintas razones, una de ellas es por el aumento salarial concedido por arriba del crecimiento de la productividad, o bien por arriba del número establecido en el presupuesto. Otra de las razones es por algún evento ajeno a la construcción del mismo, como la lluvia o las

inundaciones que esta pueda tener la misma y exceda el rango de porcentaje de imprevistos, en el caso de los presupuestos realizados en el capítulo 3, los imprevistos son del 3 %. Este porcentaje corresponde a:

- Accidente de menor escala en la obra
- Costo adicional imprevisto en bodega y guardianía
- Equipo complementario adicional en obra
- Imprevisto causado por el clima en la obra

4.3.3. Distorsiones en la asignación de recursos en la oferta económica a causa de la inflación

Según el más reciente reporte del INE, la tasa de inflación acumulada al mes de noviembre alcanzo el 2,18 %; cifra que se sitúa por debajo del límite inferior del rango de las metas de inflación del banco de Guatemala. Cuando la inflación incrementa los materiales, imprevistos, administración central se ve afectada la utilidad de los constructores, es decir el hecho de que la inflación sea producto de distintos componentes hace que el camino para reducir la oferta económica sea complejo. El porcentaje de utilidad colocado en el capítulo 3 para los presupuestos es del 15 % en el que se considera ganancia de la entidad que ejecutara los presupuestos del renglón.

CONCLUSIONES

1. Las especificaciones y normas de los fabricantes de los materiales que se utilizan para un proceso constructivo relacionado con los componentes típicos de un sistema de alcantarillado sanitario, intervienen directamente en el costo de la obra, así como de acuerdo con la legislación guatemalteca vigente, es parte fundamental de la supervisión y monitoreo de la calidad de la obra.
2. Se puede generalizar el uso de esquemas típicos para los componentes de un sistema de alcantarillado sanitario, sin embargo, en la memoria de cálculo y descriptiva de diseño se deben establecer los fundamentos técnicos del porqué se están utilizando dichos esquemas. En el presente trabajo de graduación se establecieron más de quince esquemas típicos para que sirva de referencia para los estudiantes de ingeniería civil, así como para los profesionales que deseen fortalecer sus conocimientos en relación con los diseños y presupuestos de sistemas de alcantarillado sanitario.
3. De acuerdo con lo vertido en el presente trabajo de graduación, los costos indirectos se establecieron en un 5 % para gastos de administración central, 3 % para imprevistos, 10 % para dirección técnica y un 15 % de utilidad. Estos porcentajes son en relación con el costo total directo de la obra, es decir a la suma de costos de materiales, herramienta, equipo y mano de obra de un renglón específico.

4. El impacto económico al cual está sujeto una integración de costos, se basa en el incremento global a mediano plazo de los precios, por causas de aumentos salariales concedidos por encima del crecimiento de la productividad, o por situaciones externas a los precios de los materiales (precio del barril del petróleo, rumores de guerras internacionales, entre otros.)

RECOMENDACIONES

1. A los profesionales de la ingeniería civil que laboran como diseñadores, supervisores o constructores de proyectos de construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, se les recomienda tomar en consideración las especificaciones técnicas y normas de fabricación de los materiales a utilizarse en el proyecto, a efecto de que hayan obras que cumplan a cabalidad con su cometido, reflejándose por supuesto, los costos necesarios y justos de acuerdo con las integraciones de precios de los renglones respectivos.
2. Previo a utilizar un esquema típico de un componente de un sistema de alcantarillado, se deberá analizar la eficacia de utilizarlo y que se acople *ad hoc* al diseño que se requiere, de tal forma que no es recomendable el uso indiscriminado y sin previo análisis, de los esquemas vertidos en el presente trabajo de investigación, sino más bien pueden usarse con fines académicos pedagógicos, o como referencia para los diseñadores de sistemas de alcantarillado sanitario en el país.
3. Para los diseñadores de proyectos de alcantarillado sanitario, se les recomienda una revisión constante de los catálogos de precios de los materiales que son inherentes a una obra de este tipo, de tal forma que se presenten precios justos (no sobrevalorados) en función de los gastos administrativos, imprevistos, aspectos de dirección técnica, utilidad, entre otros.

4. A la comunidad estudiantil de la carrera de ingeniería civil, se recomienda el uso de este trabajo de investigación como una guía actualizada para realizar cuantificaciones, presupuestos e integraciones de costos, no solamente para proyectos de alcantarillado sanitario, sino para otro tipo de construcción de obra civil, ajustándolos a la planificación y diseño previos, de tal forma que se puedan aplicar los mismos conceptos vertidos en este trabajo, desde la perspectiva metodológica y teórica.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARIAS, Leonel. *Distribución de costos directos-Universidad de Pereira, Pereira, Colombia*. 2010. 112 p.
2. BOC, Luis. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez San Juan Sacatepéquez, Guatemala*, 2014. 188 p.
3. Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento*. México: Gobierno Federal, 2009. 132 p.
4. CONTRERAS, Joan Carlo. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala*. 2005. 166 p.
5. Gobierno de Guatemala. *Plan regulador del reglamento de construcción de la ciudad de Guatemala dado en el salón de sesiones del palacio municipal, Guatemala*, 1963. 126 p.
6. Gobierno de México. *Sistema intermunicipal de los servicios de agua potable y alcantarillado*. México, 2016. 117 p.
7. Grupo SMA. *Instalaciones de conducción de aguas residuales*. México: Asefa, 2009. 76 p.

8. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. *Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Nicaragua: INAA, 2010. 269 p.
9. JOAN, Carlo; CONTRERAS, Roberto. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, la comunidad y labor vieja*, 2005. 62 p.
10. LENTINI, Emilio. *Normatividad aplicable en la construcción de redes de alcantarillado sanitario*, Guatemala 2003. 48 p.
11. MAS GANOSA, Jorge Ing. *Análisis de precios unitarios equipos y herramientas*. 55 p.
12. MÉNDEZ FLORES, Santiago Andrés. *Diseño de Alcantarillado Sanitario y pluvial, universidad San Francisco de Quito, Perú*. 2011. 146 p.
13. Mexichem Building & Infrastructure. *Guía de costos de materiales 2018*. Guatemala, 2018. 36 p.
14. Organización Panamericana de la salud. *Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado sanitario, Lima Perú*, 2005. 48 p
15. Organización Panamericana de la salud y Organización Mundial de la salud. *Guías para el diseño de tecnologías de Alcantarillado. Lima, Perú 2005*. 73 p.
16. PONS VALLS, Josep María. *Curso práctico del curso de topografía*. [en línea] <www.agronoms.cat> Cataluña, España. 2016 [Consulta: octubre 2018].

17. Segeplan. *Guía sobre costos promedios de construcción*, 2013. 54 p.
18. SOLIS, et all. *Redes de alcantarillado sin arrastre de solidos: una alternativa para la ciudad de Mérida Yucatán*, México 2007. 88 p.
19. TORRES HUGUES, Ronnie. *Diseño de estaciones de bombeo. Cátedra de obras hidráulicas*. [en línea] <www.scrib.com .> [Consulta: febrero de 2019].
20. Universidad Nacional de San Antonio Abad del cusco. *Conexiones domiciliarias y sistema de alcantarilla*. Perú, 2012.

