

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ DAVID RUÍZ LÓPEZ

ASESORADO POR EL INGENIERO MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Calvin Enrique Estrada Barrera
EXAMINADOR	Ing. Julio Roberto Luna Aroche
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**“DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA
SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, DEL
MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO
DE GUATEMALA”**

Tema que me fuera autorizado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 septiembre de 2002.

José David Ruíz López

AGRADECIMIENTOS A

Dios	Por todo lo que he alcanzado.
Mi madre	Por enseñarme a valorar todo en la vida, que Dios le bendiga.
Mi esposa	Por su comprensión y cariño.
Mis hijos	Por ser mi alegría.
Mis hermanos y amigos	Por impulsarme a seguir adelante.
Ingeniero Manuel Arrivillaga	Por la asesoría para la consolidación del presente trabajo de graduación y por el apoyo que él sabe brindar al estudiante en su calidad de supervisor del área de E.P.S.
La Municipalidad de Santa Catarina Pinula	Administrada por el licenciado José Antonio Coro García.

DEDICATORIA A

Mi madre

Leticia López Villanueva, por sus sabios consejos y su apoyo incondicional.

Mi esposa

Shandy Maryola Hernández Sánchez de Ruíz, con todo mi amor.

Mi hijo

Francisco José, por ser mi adoración.

Mis hermanos

David Enrique, Susan Hannelore y Luis Joaquín, por su solidaridad.

Todos mis familiares

Por brindarme su tiempo, apoyo y comprensión.

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Aspectos monográficos de la aldea Santo Domingo	1
1.1.1. Caracterización socioeconómica de los beneficiarios	1
1.1.1.1. Localización geográfica	1
1.1.1.2. Vías de acceso	1
1.1.1.3. Aspectos topográficos	2
1.1.1.4. Condiciones climáticas	3
1.1.1.5. Composición étnica de la población	3
1.1.2. Actividades socioeconómicas	3
1.1.2.1. Tipo de vivienda	3
1.1.2.2. Actividades económicas	3
1.1.3. Servicios públicos existentes	4
1.1.4. Salud	4
1.1.4.1. Condiciones sanitarias	4
1.1.4.2. Mortalidad, morbilidad y servicios de salud	5
1.1.5. Aspectos socioculturales	5
1.1.5.1. Lengua	5
1.1.5.2. Organización social	5
1.1.6. Problemas y necesidades identificados	6

1.1.7. Problemas de la población por falta de un sistema de drenajes para la disposición de aguas residuales	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Consideraciones generales sobre la planificación de un sistema de drenaje	7
2.1.1. Datos estadísticos	7
2.1.2. Período de diseño	7
2.1.3. Población futura	8
2.1.3.1. Cálculo de la población futura por el método de incremento geométrico	8
2.1.4. Levantamiento topográfico	9
2.2. Consideraciones sobre el diseño de un sistema de drenaje	10
2.2.1. Principios de hidráulica en el cálculo de drenajes	10
2.2.2. Fórmulas usadas en el cálculo	11
2.2.2.1. Fórmula de Chezy	12
2.2.2.2. Fórmula de Manning	12
2.2.2.3. Fórmula de Manning-Strickler	14
2.2.3. Diagramas, tablas y sus aplicaciones	14
2.2.4. Comportamiento hidráulico de la sección parcialmente llena	15
2.2.5. Parámetros de velocidades permisibles	17
2.2.6. Caudal de diseño para aguas residuales	17
2.2.6.1. Caudal domiciliar	18
2.2.6.2. Caudal comercial	19
2.2.6.3. Caudal industrial	19
2.2.6.4. Caudal de infiltración	19
2.2.6.5. Caudal por conexiones ilícitas	20
2.2.7. Factor de caudal medio	20
2.2.8. Caudal máximo	21

2.2.9. Cotas invert	22
2.2.10. Pendiente hidráulica	23
2.2.11. Volumen de excavación	24
2.2.12. Volumen de relleno	25
2.2.13. Volumen de retiro	25
2.3. Diseño del alcantarillado sanitario de la aldea Santo Domingo	26
2.3.1. Alternativa adoptada	26
2.3.2. Descripción del proyecto	26
2.3.3. Tiempo de ejecución	27
2.3.4. Costo total del proyecto	27
2.3.5. Beneficiarios del proyecto	27
2.3.6. Metas y resultados	27
2.3.7. Parámetros de diseño	28
2.3.8. Diseño hidráulico	29
2.3.9. Presupuesto	29
2.3.9.1. Resumen de materiales	29
2.4. Especificaciones técnica de construcción	30
2.4.1. Conexiones domiciliarias	30
2.4.1.1. Profundidades de hasta tres metros	30
2.4.1.2. Profundidades iguales o mayores a 2 metros	31
2.4.1.3. Procedimiento de instalación	31
2.4.2. Tubería	32

2.4.2.1. Instalación	33
2.4.2.2. Preparación de zanja	34
2.4.2.3. Profundidad y ancho de zanja	35
2.4.2.4. Colocación de tubería	37
2.4.3. Pozos de visita	38
2.4.3.1. Construcción	39
2.4.3.2. Dimensiones	40
2.4.3.3. Caídas en pozos de visita	40
2.4.4. Desfogue o disposición final	41
3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	42
3.1. Consideraciones generales del estudio de impacto ambiental en el sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santo Domingo	42
3.1.1. Descripción de (EIA)	42
3.1.2. Identificación de impacto	42
3.1.2.1. Modificación de régimen	42
3.1.2.2. Transformación del suelo y construcción	42
3.1.2.3. Extracción de recursos	42
3.1.2.4. Renovación de recursos	43
3.1.2.5. Cambios en el tráfico	43
3.1.2.6. Acumulación y tratamiento de residuos	43
3.2 Impactos directos sobre la población en el proyecto	43
3.3 Mitigación de impacto	44
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
APÉNDICE	51
ANEXO	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería trabajando a sección parcialmente llena	10
2	Sección transversal de un canal y ducto	11
3	Volumen de excavación para una zanja	24
4	Plano de planta general, de la aldea Santo Domingo	57
5	Plano densidad de vivienda, de la aldea Santo Domingo	58
6	Plano de planta topográfica, de la aldea Santo Domingo	59
7	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	60
8	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	61
9	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	62
10	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	63
11	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	64
12	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	65
13	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	66
14	Plano planta perfil, de la aldea Santo Domingo	67
15	Plano de detalles constructivos	68
16	Plano de detalles constructivos	69
17	Localización de la aldea Santo Domingo	71

18	Ubicación del proyecto de drenaje sanitario en la aldea Santo Domingo	72
----	---	----

TABLAS

I	Rutas de acceso a la aldea Santo Domingo	1
II	Parámetros de diseño para la aldea Santo Domingo	28
III	Materiales utilizados en la aldea Santo Domingo	29
IV	Profundidades mínimas para la tubería, según tránsito vehicular	36
V	Ancho libre de zanja, según profundidad y diámetro de tubería	37
VI	Diseño hidráulico para drenaje sanitario de la aldea Santo Domingo	52
VII	Presupuesto de mano de obra del drenaje sanitario Santo Domingo	54
VIII	Presupuesto de materiales del drenaje sanitario Santo Domingo	55
IX	Presupuesto de herramienta del drenaje sanitario Santo Domingo	56
X	Integración de costos de la aldea Santo Domingo	56

GLOSARIO

Afluente	Caudal de agua que sale de la alcantarilla.
Aguas residuales	Son las aguas retiradas de una vivienda, comercio o industria después de haber sido utilizadas, tienen una relación directa con el caudal que ingresa, ya que una menor parte es consumida en diversos usos. Otros términos utilizados como sinónimos son aguas servidas, aguas negras o cloacales.
Alcantarillado	Sistema formado por obras accesorias, tuberías o conductos generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales o pluviales. drenajes.
Altimetría	Parte de la topografía que sirve para medir las alturas de un terreno referenciadas a un punto.
Candela domiciliar	Receptor de aguas residuales provenientes del interior de las viviendas y que las conduce al sistema de drenaje.
Caudal	Es un volumen de líquido que circula a través de una tubería en una unidad de tiempo determinado.

Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
Colector principal	Sucesión de tramos que, a partir de la descarga domiciliar, siguen la dirección de los gastos mayores.
Colector secundario	Sucesión de tramos que, a partir del colector principal, siguen la dirección de los gastos mayores.
Conexión domiciliar	Es un sistema de drenaje intradomiciliar que conduce las aguas residuales fuera de la vivienda.
Cota invert	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Demografía	Estudio estadístico de una colectividad humana, según su composición y estado de un determinado momento, según su evolución histórica.
Densidad de vivienda	Es la relación que existe entre el número de viviendas por unidad de área.

Descarga	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las que pueden estar crudas o tratadas, en un cuerpo receptor.
Dotación	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
Factor de caudal máximo o de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación directa con la población.
Factor de caudal medio	Es la relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de retorno	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 según el material con que esté fabricada.
Período de diseño	Tiempo de durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.
Planimetría	Parte de la topografía, que enseña a representar en una superficie plana una porción terrestre.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue elaborado como una contribución de la Universidad de San Carlos hacia los pobladores del municipio de Santa Catarina Pinula. Consta de dos capítulos, en el primero se mencionan todos los aspectos monográficos en una completa fase de investigación en la cual se hace la caracterización socioeconómica de las poblaciones en estudio; abarca información como ubicación geográfica, vías de acceso, condiciones climáticas y topográficas, actividades socioeconómicas de los habitantes, aspectos socioculturales. Identifica los servicios públicos que existen y a qué tiene acceso los habitantes. Y por último identifica la necesidad de drenajes sanitarios como el servicio con máxima demanda.

El segundo capítulo se enfoca al aporte técnico profesional a efecto de proponer una solución a las demandas identificadas: un sistema de drenajes sanitarios para la comunidad. Se mencionan las consideraciones sobre la planificación de un sistema de drenaje sanitario y el desarrollo de los sistemas de drenajes incluyendo los planos finales.

OBJETIVOS

❖ GENERAL

Contribuir al progreso del municipio de Santa Catarina Pínula con el aporte técnico profesional por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S.

❖ ESPECÍFICOS

1. Desarrollar la planificación del proyecto de alcantarillado sanitario de la aldea Santo Domingo Cristo rey de la aldea Piedra Parada, del municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.
2. Presentar un costo estimado de la obra en la planificación del proyecto.
3. Presentar a la municipalidad de Santa Catarina Pinula la planificación respectiva con la finalidad de que programen la inversión necesaria para su ejecución física.
4. Identificar las demandas de servicios esenciales del municipio en estudio.

5. Dar soluciones al problema propuesto, de tal manera que sean factibles tanto técnica como económicamente; previendo siempre el crecimiento demográfico del área de cobertura para lograr una prolongada vida útil.

INTRODUCCIÓN

Con el acontecer de la historia, la humanidad se ha visto en la necesidad de crear conciencia acerca del uso de los recursos del planeta, para ello la utilización de métodos y sistemas adecuados para la evacuación de desechos provenientes de las viviendas, comercios e industrias juegan un papel muy importante.

La eliminación de las aguas servidas provenientes de la vida doméstica ha sido uno de los problemas que presentan más preocupación al hombre y por ende a las agrupaciones humanas. Para la evacuación de las aguas servidas o residuales se hace uso de drenajes sanitarios, tal es el caso de estudio del presente trabajo de graduación.

En tal sentido, se define un drenaje como un ducto cerrado para drenar un líquido por debajo de la superficie del suelo, sin obstaculizar el paso de calles, carreteras, ferrocarriles, edificaciones y todo lo que tenga relación con una población o ciudad. La pendiente de un drenaje y sus condiciones de entrada y salida se suelen determinar por la topografía del sitio. Debido a las muchas combinaciones que se obtienen al variar las condiciones de entrada, condiciones de salida y pendiente, no existe un modelo típico a seguir, y se debe diseñar cada sistema de drenaje particularmente único para cada región.

Los criterios del diseñador deberán ser muy precisos para lograr la optimización de su funcionamiento.

En el presente trabajo de graduación se propone el diseño funcional para un sistema de drenaje sanitario para la aldea Santo Domingo de la aldea Piedra Parada, con jurisdicción en el municipio de Santa Catarina Pinula, en el departamento de Guatemala.

Se menciona también las especificaciones técnicas que deberán considerarse a la hora de llevar a cabo la ejecución física. Y incluye la descripción técnica de proyecto con sus limitantes y características propias, así también los componentes a utilizarse en cada uno.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Aspectos monográficos de la aldea Santo Domingo

1.1.1. Caracterización socioeconómica de los beneficiarios

1.1.1.1. Localización geográfica

La aldea Santo Domingo pertenece al Municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala y se localiza al Este de la cabecera municipal.

Geográficamente la aldea se ubica en las siguientes coordenadas:

Latitud: 14° 34' 20"

Longitud: 90° 36' 39"

La altura sobre el nivel del mar es 1,850 metros.

1.1.1.2. Vías de acceso

Se puede llegar a la aldea por la Carretera Interamericana CA-1, que conduce a El Salvador. Al llegar a Puerta Parada se toma un camino de 4kms que conduce a la aldea de Santo Domingo. De la cabecera municipal se llega en la Ruta Nacional 2, RN-2, carretera asfaltada a unos 16 kilómetros, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla I. Rutas de acceso a la aldea Santo Domingo

Desde	Destino	Distancia	Tipo	Carretera
Ciudad Capital	Santo Domingo	20 kms.	CA-1	Asfalto
Cabecera Municipal	Santo Domingo	16 kms.	RN-2	Asfalto

Fuente: Diccionario Geográfico de Guatemala, Tomo I, página 98.

Existen caminos, en su mayoría asfaltados, que conectan con comunidades y municipios vecinos que hacen del acceso a la aldea viable en toda época del año.

El transporte colectivo no es escaso y en pocos minutos se puede trasladar a la aldea Santo Domingo.

1.1.1.3. Aspectos topográficos

La topografía del terreno es quebrada, con pendientes moderadamente pronunciadas que van desde el 6% al 16%. El tipo de suelo es abundante en vegetación y además cuenta con cuatro ríos, el río Acatan, el río Chicoj, y el río los Ocotes, éste último nace en la aldea.

1.1.1.4. Condiciones climáticas

El clima en la localidad es semicálido y templado, las temperaturas oscilan entre los 15°C la mínima y 23°C la máxima, tiene un 70% de evapotranspiración y el porcentaje de días claros al año es de 50%. Solamente se marcan dos estaciones al año y son verano e invierno. La precipitación media anual va desde 1057 a 1588 mm.

1.1.1.5. Composición étnica de la población

Un mayor porcentaje de la población es no indígena, mientras que el resto, constituido por un pequeño porcentaje lo es.

1.1.2. Actividades socioeconómicas

1.1.2.1. Tipo de vivienda

Las viviendas se presentan ubicadas en forma concentrada en la aldea. El tipo de vivienda es en su mayoría casas formales de block y techos de losa, en el sector hay propiedades privadas, como de bajos recursos. Se podría decir que los tipos de viviendas son dos, obedeciendo al estatus de los pobladores.

1.1.2.2. Actividades económicas

La actividad económica principal es la agricultura y comercio informal, principalmente en ventas callejeras . La otra parte de la población se dedica a la crianza de ganado porcino y a la venta de su carne.

Según lo encuestado se pudo observar que una tercera parte de la población se traslada a su trabajo fuera de la aldea, hacia la ciudad capital o a la cabecera municipal y el resto de la población forma parte en las actividades económicas de la aldea.

1.1.2. Servicios públicos existentes

La aldea Santo Domingo dispone de los servicios siguientes:

- ❖ Abastecimiento de agua potable.
- ❖ Energía eléctrica y alumbrado público.
- ❖ Infraestructura vial en su gran mayoría terracería.
- ❖ Teléfonos públicos y privados.
- ❖ Televisión por cable.
- ❖ Transporte colectivo extraurbano.
- ❖ Escuela primaria y secundaria.
- ❖ Recolección y evacuación de desechos sólidos.

Por lo que se ha podido observar, la carencia de un sistema de evacuación de aguas residuales de origen domestico en al aldea es real, y por ende se convierte en un servicio básico necesario con carácter prioritario.

1.1.4. Salud

1.1.4.1. Condiciones sanitarias

Las condiciones sanitarias en la aldea son buenas para la población en general, pero nuestro enfoque es a la población directamente beneficiada, de la cual se puede decir que las condiciones de salud son regulares.

Y han manifestado que se beneficiarán mucho con la construcción de un sistema de drenajes de aguas residuales de origen doméstico.

1.1.4.2. Mortalidad, morbilidad y servicios de salud

El índice de mortalidad y morbilidad ocasionado por enfermedades de origen gastrointestinal generado por malas condiciones de salud, no se reporta debido a la cercanía de la ciudad capital y a que en el municipio existen varios puestos de salud.

1.1.5. Aspectos socioculturales

1.1.5.1. Lengua

El idioma que se habla actualmente en la localidad es el español en un 100% de su población.

1.1.5.2. Organización social

Los pobladores de la aldea Santo Domingo están organizados en un comité específico para el desarrollo en la aldea. El comité lo conforma un presidente, un vicepresidente, un secretario, un tesorero, un vocal primero y un vocal segundo. Fue a través de este comité que se ha gestionado en la municipalidad los estudios necesarios para la ejecución del proyecto de alcantarillado, por mencionar el logro más reciente.

1.1.5.2. Problemas y necesidades identificados

El problema que se hace de imperiosa necesidad es la evacuación de aguas residuales de origen doméstico en la aldea, por medio de un sistema de alcantarillado sanitario que sirva a todas las viviendas en el área.

La aldea carece también de pavimentación de calles y drenajes pluviales.

1.1.6. Problemas de la población por la falta de un sistema de Drenaje para la disposición de aguas residuales de origen doméstico

Se plantea la necesidad de servicios básicos en la aldea, la planificación de un sistema de alcantarillado que recolecte las aguas provenientes de las viviendas (después de haber sido servidas o usadas) y las conduzca a través de un sistema de alcantarillado para ser vertidas a uno o varios lugares de desfogue para su tratamiento adecuado, predefinido por el estudiante epesista con el consentimiento de las autoridades ediles y personal participante. Correspondiéndole a la municipalidad la forma de financiamiento y tiempo de ejecución entre otros aspectos que conlleven finalmente a la construcción del proyecto y su funcionamiento.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Consideraciones generales sobre la planificación de un sistema de drenaje.

2.1.1. Datos estadísticos

Para el diseño del sistema de alcantarillado es necesario conocer el número de personas a beneficiar, esto se consigue con un censo practicado en la elaboración del anteproyecto, así como la tasa de crecimiento poblacional para el departamento de Guatemala, esto proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística, INE, y de ésta manera obtener datos demográficos al inicio y al final del período de diseño.

La tasa de crecimiento poblacional media anual para el departamento de Guatemala para el período de los años del 2000 al 2005 es de 2.93%.

2.1.2. Período de diseño

Es el tiempo en que la capacidad del sistema pueda atender la máxima demanda que se produce por el crecimiento de la población. Este período puede ser entre 20 a 30 años a partir de la fecha de su construcción, por lo que se debe tomar en cuenta el tiempo que se lleva la gestión de su financiamiento, en este caso es 1 año.

El sistema de alcantarillado en estudio está diseñado para que cumpla con una vida útil de 20 años.

2.1.3. Población futura

Un sistema de drenaje sanitario se diseña para que funcione con su máxima capacidad al haber transcurrido el período de diseño y con la población que se estima exista al finalizar el período.

2.1.3.1 Cálculo de la población futura por medio del método de Incremento geométrico

Para el presente caso se optó por utilizar el método de incremento geométrico en el cálculo de la población futura por dos razones. En primer lugar, dado que no se tienen datos de censos anteriores, y se tiene que efectuar un censo actual al momento de efectuar la investigación de campo; y en segundo lugar, teóricamente se ha comprobado que las poblaciones en vías de desarrollo crecen en forma geométrica o exponencial, por lo tanto éste método responde más a la realidad.

La fórmula utilizada es:

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

En donde:

***Pf* = Población futura**

***Pa* = Población actual**

***r* = Tasa de crecimiento poblacional**

***n* = Período de diseño en años.**

2.1.4. Levantamiento topográfico

Al efectuar el levantamiento topográfico del área a drenar, no sólo hay que tomar en cuenta el área edificada en la actualidad, sino también las que puedan existir en un futuro y se adicionen al sistema actual. El levantamiento se realizó lo suficientemente completo, aparece la localización exacta de las calles, casas, edificios, escuelas y carreteras; en general todo lo que guarde relación o afecte el desarrollo del proyecto. También se incluye la posible localización de las plantas de tratamiento.

El método empleado en los levantamientos topográficos es el de conservación del azimut.

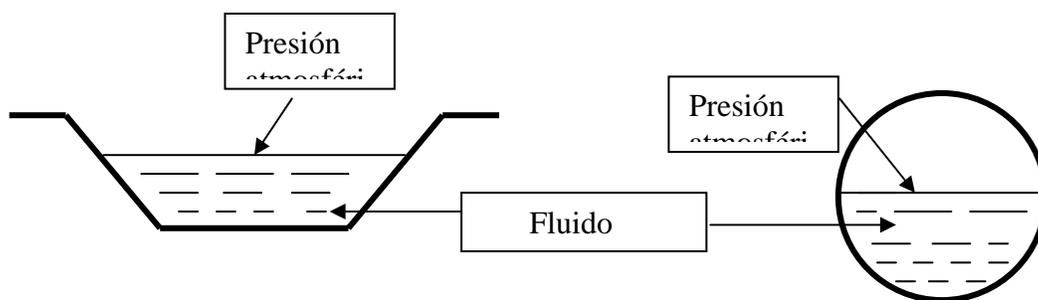
En cuanto a la altimetría se refirió a una cota inicial establecida arbitrariamente. La nivelación se realizó sobre el eje de la calle y a distancias de 20 metros o menos cuando los accidentes del terreno lo obligaron, en todos los cruces de las calles. Se le dio especial importancia a la obtención de cotas de piso de terrenos o construcciones, para que no quedaran por debajo de la cota de la rasante de la calle del frente.

2.2. Consideraciones sobre el diseño de un sistema de drenaje

2.2.1 principios de hidráulica en el cálculo de drenajes

La mayor parte de los alcantarillados se proyectan como canales abiertos, en los cuales el agua circula por acción de la gravedad y sin ninguna fuerza de presión, pues la superficie libre del fluido está en contacto con la atmósfera, es decir, actúa únicamente en él la presión atmosférica. Existen excepciones como los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, que trabajan siempre a presión. Puede suceder que el canal esté cerrado, y que eventualmente se produzca alguna presión debida a la formación de gases.

Figura 1. Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería trabajando parcialmente llena.



2.2.2. Fórmulas usadas en el cálculo

Para efectos de cálculo se considera el régimen permanente uniforme, esto es, flujo permanente en el cual la velocidad media permanece constante, en cualquier sección, por efecto de la gravedad y con una velocidad tal que la carga disponible, compense el rozamiento, en la figura No.2 se ilustra el radio hidráulico de la sección mojada en las secciones transversales. Las ecuaciones fundamentales son:

Figura 2. Sección transversal de un canal y ducto.

$$Q = V * A, \quad Rh = \frac{A}{P}$$



En donde:

Q : Caudal, en m^3/s .

Rh : El radio hidráulico de la sección mojada de la tubería, en m.

A : Área de la sección transversal del flujo, en m^2 .

P : Perímetro mojado, en m.

V : Velocidad promedio, en m/s .

2.2.2.1. Fórmula de Chezy

$$V = c * \sqrt{(Rh * s)}, \quad Q = A * c * \sqrt{(Rh * s)}$$

El valor constante c está dado a su vez por otras fórmulas debidas a diferentes investigadores, por ejemplo, la más usada, la fórmula de *Kutter* en la cual c depende de algunas constantes, del radio hidráulico, de la pendiente y del coeficiente de rugosidad

$$c = \frac{23 + \left(\frac{0.00155}{s}\right) + \left(\frac{1}{n}\right)}{1 + \left[23 + \left(\frac{0.00155}{s}\right) * \sqrt{\frac{n}{Rh}}\right]}$$

En donde:

s : Pendiente, en m/m

n : Coeficiente de rugosidad

2.2.2.2. Fórmula de Manning

El análisis y la investigación del flujo hidráulico, han establecido que las condiciones de flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios por gravedad, pueden ser diseñados conservadoramente utilizando la ecuación de *Manning*.

El intento de las aguas negras de buscar su nivel induce a un movimiento conocido como flujo por gravedad.

Manning da valores a la constante c más aceptables mediante la fórmula:

$$c = \frac{1}{n} * Rh^{1/6}$$

Al sustituirla en la de *Chezy*, se obtiene la fórmula de *Manning*, la cual es una de las fórmulas más usadas en el cálculo de alcantarillados.

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * s^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * s^{1/2} * A$$

En donde:

V : velocidad del flujo, en m/s.

n : Coeficiente de rugosidad de *Manning*, adimensional. Representa las características internas de la tubería y sirve para calcular las pérdidas por fricción de la tubería, para tuberías de PVC se considera 0.009.

S : Pendiente del tubo, en porcentaje.

Rh : Radio hidráulico, en m.

A : Área de la sección transversal del flujo, o área mojada, en m².

2.2.2.3. Fórmula de Manning-Strickler

Esta fórmula es muy parecida a la anterior, salvo en un cambio de constante, el coeficiente $1/n$ es sustituido por la constante k de *Strickler*.

$$V = k * Rh^{2/3} * s^{1/2}$$

$$Q = k * Rh^{2/3} * s^{1/2} * A$$

En donde:

k : Coeficiente de rugosidad de *Strickler*, adimensional. Representa las características internas de la tubería y sirve para calcular las pérdidas por fricción de la tubería, para tuberías de P.V.C. es 120.

2.2.3 Diagramas, tablas y sus aplicaciones

Los proyectos y cálculo de alcantarillados exigen muchas determinaciones de velocidades, caudales, diámetros de tubería y pendientes, por lo que es de interés llegar rápidamente a soluciones convenientes, con cuyo objeto se ha diseñado un monograma basado en la fórmula de *Manning*, el cual simplifica el proceso de cálculo; para simplificar el uso se plasmaron los resultados en una tabla para cada uno de los valores que se desea buscar.

En el anexo se presenta la tabla de valores para elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular.

2.2.4. Comportamiento hidráulico de la sección parcialmente llena

Toda tubería circular puede trabajar a sección llena y a sección parcialmente llena, el último es más común, ya que el gasto nunca es constante y esto incide directamente con una variación de la altura del flujo, que a su vez hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

$$A = \frac{d^2}{4} * \left\{ \frac{\pi\theta}{360} * \text{sen} \frac{\theta}{2} \right\}$$

$$p = \frac{\pi * d * \theta}{360}$$

$$A = Rh * p$$

$$Rh = \frac{d}{4} \left[1 - \frac{360 \text{ sen } \theta}{2\pi\theta} \right]$$

Como se puede ver, en tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, los cálculos del radio hidráulico y del área del flujo son laboriosos, y por lo tanto, también los de la velocidad y el gasto. Para facilitar este cálculo se utilizará el gráfico de relaciones hidráulicas. En el cual para cualquier relación de gasto, q , a gasto total de la alcantarilla, Q , las curvas de la gráfica dan relaciones de velocidad, área y altura del flujo a diámetro de alcantarilla.

En primer lugar hay que determinar la velocidad y el gasto del tubo lleno, por medio de las fórmulas ya conocidas; también se puede usar el monograma y las tablas que han sido elaborada con la fórmula de *Manning*.

Una vez obtenidos estos datos, se procede a buscar la relación entre los gastos q/Q , es el caudal de diseño entre el caudal a sección llena, se busca el valor en la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección circular y se obtienen los valores de d/D que es la profundidad del flujo o tirante; se lee la relación v/V , la velocidad de la tubería parcialmente llena se obtiene multiplicando esta relación por la velocidad a sección llena.

En la tabla de valores de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, se puede notar que la velocidad máxima ocurre cuando la profundidad del flujo o tirante es aproximadamente $0.8 D$, por lo que generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de 0.75 a $0.8 D$. Esto conduce a normalizar que:

$$0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.80$$

2.2.5. Parámetro de velocidades permisibles

Las alcantarillas deben ser diseñadas de modo que la velocidad mínima del flujo sea 0.40 m/s. Cuando no se cumpla con la velocidad mínima, se proporcionará una pendiente adecuada para que la velocidad mínima cumpla con la normada.

La velocidad mínima se fija con el efecto de que no ocurra la decantación de los sólidos, pero también las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, piedras, etc.) pueden provocar daño a la tubería por efectos abrasivos y de impacto, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 3.00 m/s.

Entonces los parámetros de la velocidad quedan como:

$$0.40 \leq V \leq 3.00$$

2.2.6. Caudal de diseño para aguas residuales

Los caudales que integran el caudal de diseño son el domiciliario, el comercial, el industrial y el producido por las infiltraciones ilícitas.

$$Q_{dis} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{nf} + Q_{cnx}$$

En donde:

Q_{dis} : Caudal de diseño

Q_{dom} : Caudal domiciliario

Qcom: Caudal comercial
Qind: Caudal industrial
Qnf: Caudal por infiltración
Qcnx: Caudal por conexiones ilícitas

El caudal, *q*; de diseño debe ser menor al caudal a sección llena, " *Q*".

Esto confirma que el tirante de agua debe ser menor o igual al 80% del tirante cuando la tubería trabaje a sección llena.

2.2.6.1 Caudal domiciliar

Es el agua que, haya sido usada por las personas, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, existe una relación directa entre el agua de desecho doméstico con la dotación del suministro de agua potable, y es que no toda el agua es devuelta al drenaje, ya que se consume en alimentos, riego de jardines y otros usos. Para tal efecto la dotación de agua potable es afectada por un factor de retorno (*FR*) que varía entre 0.7 a 0.8, de esta manera el caudal

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * No.Habitanes * FR}{86400}$$

doméstico queda integrado como sigue:

En donde:

FR: Factor de retorno

Qdom: en litros/segundo

Dotación en litro/habitante/día

2.2.6.2. Caudal comercial

Es el agua de desecho proveniente de las edificaciones comerciales, como comedores, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial dependerá del establecimiento a considerar, este valor oscila entre 600 a 3,000 litro/comercio/día.

2.2.6.3. Caudal industrial

Es el agua de desecho de las industrias, exceptuando las industrias químicas o farmacéuticas, por no ser permitido que viertan toda clase de químicos en el alcantarillado. Tanto para el caudal comercial y el industrial, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede asumir dependiendo del tipo de industria entre 1,000 y 18,000 litro/industria/día.

2.2.6.4. Caudal de infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a la alcantarilla, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en la tubería y la calidad de la mano de obra y supervisión con que cuenta durante la construcción. La manera en que se mide es por litros diarios por kilómetro de tubería, incluyendo la longitud de la tubería de los entronques domiciliarios, para lo cual puede asumirse como 6.00 metros de longitud en cada vivienda. Este factor puede variar entre 12,000 y 18,000 litro/kilómetro/día.

$$Q_{nf} = \frac{\text{Factor} * \text{Infiltración} * [\text{LongitudDrenaje} + (\text{No.casas} * 6)]}{1000}$$

2.2.6.4. Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efectos de diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad se conecten de esta manera, varía entre 0.5 a 2.5%.

Como el cómputo del caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, se utilizará la fórmula dada por el método racional.

$$Q_{cnx} = \frac{C * i * A}{360}$$

En donde:

Q_{cnx} : Caudal por conexiones ilícitas, en m³/s

C : Coeficiente de escorrentía, en porcentaje

i : Intensidad de lluvia, en mm/hr

A : Área que es factible conectar ilícitamente, en hectáreas

2.2.7. Factor de caudal medio

Una vez integrado el caudal de diseño, se procede a obtener el caudal medio, Q medio, del área a drenar, que a su vez, al ser distribuido dentro del número de habitantes, se obtiene un factor de caudal medio, el cual varía de 0.002 a 0.005; si el cálculo del factor no está dentro de este parámetro, se utiliza el límite más cercano según sea el caso.

$$FQ_{medio} = \frac{Q_{medio}}{No.habitantes}$$

Donde:

$$0.002 \leq FQ_{medio} \leq 0.005$$

2.2.8. Caudal máximo

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo, el cual debe variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo al tamaño de la población. Para el cálculo de este factor se usa la fórmula de *Harmond*

$$FH = \frac{Q_{maximo}}{Q_{medio}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

En donde:

FH = Factor de *Harmond*

P = Población en miles

Con lo anterior se obtiene el factor de caudal máximo, así:

$$FQ_{maximo} = FQ_{medio} * FH$$

El cual al ser multiplicado por el número de habitantes se obtiene el caudal máximo o caudal de diseño:

$$Q_{\text{maximo}} = Q_{\text{diseño}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = \text{No.habitante} * FQ_{\text{maximo}} = \text{No.habitantes} * FQ_{\text{medio}} * FH$$

2.2.9. Cotas invert

Es la distancia vertical que existe entre la cota en la rasante del terreno y la cota inferior de la tubería, se debe verificar siempre que se asegure el recubrimiento mínimo necesario en la tubería. Para calcular la cota invert se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos. Es de importancia tomar en cuenta las siguientes reglas:

- ❖ La cota invert de salida de un pozo se coloca por lo menos 3 cm más baja que la cota invert de la tubería más baja que llegue al pozo.

- ❖ Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que la tubería que sale, la cota de salida estará más baja de la tubería de entrada la diferencia de diámetros.

2.2.10. Pendiente hidráulica

Es la pendiente que debe tener la tubería para que el flujo se comporte por gravedad, puede obtenerse con la relación entre la longitud del tramo de la tubería y el promedio de las cotas o alturas,

$$s = \frac{ci_1 - ci_2}{d} * 100$$

De donde:

- s = Pendiente hidráulica, en porcentaje
- ci_1 = Cota invert inicial o aguas arriba, en m
- ci_2 = Cota invert final o aguas abajo, en m
- d = Longitud de la sección de la tubería, en m

Si se asume una pendiente inicial, de tal manera que la velocidad se mantenga en los parámetros establecidos, al despejar la fórmula anterior para obtener la cota invert final, se tiene:

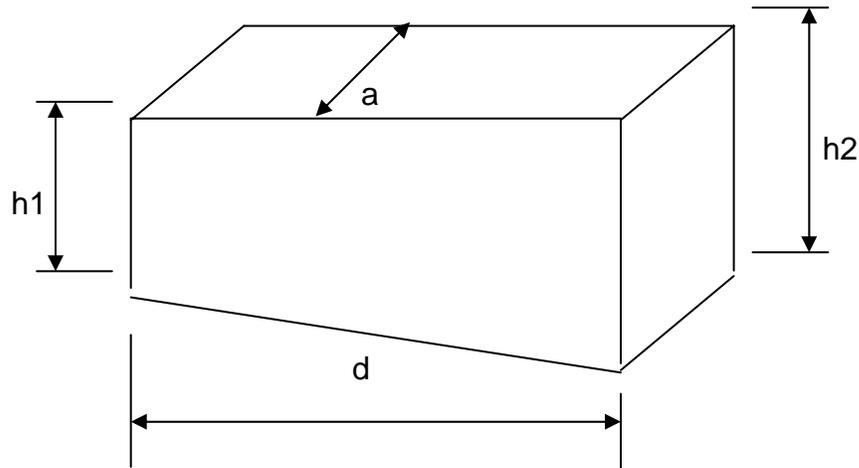
$$ci_2 = \frac{ci_1 - s * d}{100}$$

2.2.11. Volumen de excavación

Para calcular el volumen de excavación donde se instalará la tubería del drenaje, simplemente se cubica la fracción de suelo como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Volumen de excavación para zanja:

$$Vol.Exc = \frac{h_1 + h_2}{2} * d * a$$



2.2.12. Volumen de relleno

El volumen de relleno se define como la diferencia entre el volumen de excavación menos el volumen del tubo a instalar

$$\text{Volumen de relleno} = \text{Volumen de excavación} - \text{Volumen de tubería}$$

2.2.13. Volumen de retiro

Una vez excavado y posteriormente rellenado el suelo que se repuso, quedará un excedente de volumen de suelo, éste tendrá que retirarse del lugar y depositarlo en un lugar preestablecido por el diseñador. Cabe mencionar que existen casos en que se importa material de relleno y/o reposición de pavimento, tendrá que tomarse en cuenta a la hora del presupuesto.

$$\text{Vol Retiro} = (\text{Vol Excavacion} * FExp) - (\text{Vol Relleno} * FExp)$$

El factor de expansión (*Fexp*) será entre 1.4 a 1.5. y se define como la relación que existe cuando las partículas que componen el suelo se separan por motivo de la excavación.

2.3 Diseño de alcantarillado sanitario de la aldea Santo Domingo

2.3.1. Alternativa adoptada

Dadas las condiciones topográficas del terreno, se optó por drenar el caudal recolectado de aguas residuales hacia dos puntos distintos; esto obedece a que a lo largo del terreno existe una cima aproximadamente a media longitud y que divide en sentidos opuestos la proyección de las pendientes. Los puntos predestinados para la descarga fueron estudiados y cumplen con las condiciones mínimas para el desfogue del agua residual ya tratada. Se puede ver entonces que el sistema de drenaje adoptado es de una línea central debido a que la población en estudio se ubica de manera concentrada y en forma lineal.

2.3.2. Descripción del proyecto

El proyecto consta de varias líneas centrales de drenaje sanitario con pendientes divergentes a partir de un punto, lo cual divide el sistema en varios sectores. Cada sector drena para un punto de descarga predestinado con la finalidad de diseñar posteriormente una planta de tratamiento en cada uno de los puntos de desfogue.

La longitud total del proyecto es de 4,830 metros lineales.

La tubería a usar es de PVC que cumpla con la norma ASTM 3034, tubería 20 pies, 6 metros de longitud.

En su totalidad se tiene previsto instalar 4,200 metros de tubería de Ø6" y 780 metros de tubería de Ø8", para cubrir así la longitud total del proyecto.

Se construirán 85 pozos de visita con profundidades propias para cada pozo.

Se instalarán 4,686 conexiones domiciliarias para darle cobertura a 781 viviendas.

2.3.3. Tiempo de ejecución

Se tiene prevista la duración de la ejecución del proyecto, de 18 meses a partir de su inicio. Tomando en cuenta que se debe contar con los materiales en el lugar y con todo el personal disponible.

2.3.4. Costo total del proyecto

El proyecto tendrá un costo de **Q.3,459,003.34** para el año 2004.

2.3.5. Beneficiarios del proyecto

Se pretende beneficiar directamente a 4,686 habitantes actualmente y a 8,594 habitantes para el año 2,023.

2.3.6. Metas y resultados

Se tiene como metas a corto y largo plazo, el beneficiar directamente a la población en estudio con la construcción del sistema de drenajes mejorando la calidad de vida de los habitantes. Se pretende también que los resultados sean positivos en cuanto a la reducción del índice de enfermedades infecciosas ocasionadas por las exposiciones de las aguas negras.

Se espera el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas servidas en el sector y con ello el mejoramiento del medio ambiente, del entorno visual y de la salubridad de la aldea.

2.3.7. Parámetros de diseño

Para el diseño del drenaje sanitario se consideraron los parámetros siguientes:

Tabla II. Parámetros de diseño para la aldea Santo Domingo

Período de diseño	21 años
Tasa de crecimiento	2.93%
Población actual	4686 habitantes
Población futura	8,594 habitantes
Densidad poblacional	6 habitante/vivienda
Viviendas actuales	781 casas
Número de comercios	21 comercios
Dotación de agua potable	200 litro/habitante/día
Dotación de agua potable para comercios	1,000 litro/comercio/día
Factor de retorno	0.8
Área promedio de viviendas	11.71 hectáreas
Área de techos	9.37 hectáreas
Área de patios	2.34 hectáreas
Longitud de tubería domiciliar	6 m.l. por casa
Longitud del alcantarillado	4,830 mt
Porcentaje de conexiones ilícitas	2.5% del área

2.3.8. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico presenta toda la información resultado de los cálculos efectuados para llegar al diseño final de todo el sistema de alcantarillado, que sirve de base para la elaboración de los planos. En el anexo se puede consultar la tabla de diseño hidráulico.

2.3.9. Presupuesto

En el anexo se muestra el presupuesto de la mano de obra, en el cual se incluye el porcentaje que se pagará por concepto de ayudantes y las prestaciones laborales, el presupuesto de materiales y de herramienta; integrando al final el costo total del proyecto.

El presupuesto está elaborado con costos indirectos, si la municipalidad lo construye por administración, estos costos podrían omitirse.

2.3.9.1. Resumen de materiales

Los materiales a utilizarse en el proyecto se detallan a continuación:

Tabla III. Materiales utilizados en la aldea Santo Domingo

Descripción	Cantidad	Unidad
Alambre de amarre	300	Lbs
Arena de rio	135	m ³
Cemento gris tipo portland	1,674	Saco
Clavo para madera de 3"	228	Lbs
Hierro grado 40 de no.3	474	Varilla
Material selecto para relleno	11,076	m ³
Paral de 3"x3"x10'	90	u
Piedra bola	3.0	m ³
Piedrín triturado	163.5	m ³
Tabloncillo de 1 1/2"x12"x10'	216	u
Tubería de concreto de Ø16"	390	Tubo
Tubería pvc Ø 6" norma astm 3034	700	Tubo
Tubería pvc Ø8" norma astm 3034	130	Tubo

2.4 Especificaciones técnicas de construcción

2.4.1. Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda a la alcantarilla.

La conexión domiciliar se hace por medio de un tubo de concreto colocado en forma vertical, denominado “candela”, en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería del colector principal. La tubería entre la candela y el colector debe tener un diámetro menor a 4” y debe colocarse con una pendiente mínima de 2%.

Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

La profundidad de la línea central de drenaje incidirá en la manera de conectar la candela domiciliar.

2.4.1.1. Profundidad de hasta 2 metros

Cuando la profundidad del colector no sobrepase los 2 metros, se utilizará una silleta “Y” complementado con un codo a 45°, como se muestra en el plano de detalles estructurales.

2.4.1.2. Profundidades iguales o mayores a 2 metros

Cuando la profundidad del colector sobrepase los 2 metros, se utilizará una silleta "T" complementado con un codo a 90°, como se muestra en el plano de detalles estructurales.

2.4.1.3. Procedimiento de instalación

La instalación domiciliar, por medio de silletas se efectuará siguiendo los pasos que a continuación se describen:

- a) Marcar el tubo, utilizando la silleta como guía, trazando el agujero a perforar en el tubo.
- b) Ampliar el trazo marcado en 1 cm adicional en todo el perímetro.
- c) Perforar un agujero con un barreno en cualquier punto del perímetro marcado.
- d) A través del agujero introducir un pequeño serrucho para hacer el corte. Una vez terminado éste, limpiar los residuos que han quedado en el hueco recién cortado.
- e) Limpiar toda la aspereza alrededor del agujero.
- f) Montar la silleta en el tubo a fin de verificar que el corte haya sido realizado adecuadamente.

g) Limpiar la silleta y el tubo con un limpiador apropiado, preferentemente con acetona. Aplique el pegamento al tubo y a la silleta, asegurándose que éste haya sido esparcido adecuadamente.

h) Montar la silleta, luego oprimir contra el tubo por unos 10 a 15 segundos. Montar los flejes dándoles una tensión similar. No se deben tensar los flejes en exceso.

Esperar 30 minutos antes de mover el tubo. En caso de no disponer de flejes, podrá utilizarse alambre de amarre, protegiendo el tubo convenientemente.

i) Proceder a la instalación del domiciliario y al finalizar retirar los flejes (mínimo 2 horas). Iniciar compactación.

Es muy importante que previamente a la colocación de la silleta se efectúe el trazo desde la candela para asegurarse de la ubicación e inclinación exacta.

2.4.2. Tubería

La tubería a utilizarse en los drenajes es tubería de cloruro de polivinilo, comúnmente conocido por su abreviatura P.V.C., de 6.00 metros (20') de longitud. La tubería deberá cumplir con la norma ASTM D 3034. Las características específicas de la tubería de P.V.C. son las siguientes:

❖ Garantiza una alta impermeabilidad en las juntas, que previene la infiltración del agua subterránea.

- ❖ Por su naturaleza tiene alta resistencia contra alcalinos y ácidos, lo que hace su uso adecuado cuando se drenan desagües de tipo industrial.

- ❖ Es fácil de manipular y trabajar, debido a su peso ligero.

- ❖ Se recomienda colocarlas en lechos de arena, por la flexibilidad de esta clase de tubería.

2.4.2.1. Instalación

Para la colocación de toda la tubería de drenaje sanitario, según la norma ASTM D 3034, existen dos métodos viables:

Método A: Colocar la tubería principal de todo el proyecto con sus accesorios protegidos con tapones y luego regresar a colocar las conexiones domiciliarias.

Método B: Colocar la tubería principal entre dos pozos de visita con sus accesorios y luego regresar a colocar los domiciliarios.

Se recomienda el método “B” por tener las siguientes ventajas:

- ❖ Permite un rítmico avance del proyecto.
- ❖ Facilita el control de avance del proyecto.
- ❖ Evita mayores molestias al usuario.
- ❖ Reduce los costos de construcción del proyecto, ocasionados si se empleara cualquier otro método.
- ❖ Permite una mejor eficiencia del elemento humano y de la maquinaria.

Las desventajas del método “A” son:

- ❖ Si se deja transcurrir mucho tiempo para colocar los domiciliarios es posible que se produzcan derrumbes de la zanja con la consiguiente pérdida de tiempo y recursos al tener que reubicar los accesorios.
- ❖ Se producen otros problemas al dejar mucho tiempo abiertas las zanjas, tales como: congestión del tráfico, posibilidad de accidentes al haber más zanjas, daño a los pavimentos, entrada de agua a la zanja, mala imagen de las empresas que instalan y financian, atraso de otras obras del proyecto y dificultad en el control del avance del proyecto.
- ❖ Aumento del costo del proyecto.

2.4.2.2. Preparación de zanja

El fondo de la zanja deberá ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de toda la tubería. Se deben preparar aberturas al final de cada tramo para permitir un acople correcto.

Cuando la sub-base de la zanja se encuentre en condiciones inestables que impidieran proporcionar a la tubería un apoyo firme y constante, deberá realizarse una sobreexcavación y rellenar ésta con un material adecuado, como arena u otro.

Cuando el fondo de zanja se presenta en condiciones muy severas, como napa freática alta, suelo inestable o muy rocoso, deberán usarse materiales especiales en capas de grava, arena o material selecto, la capa sobre la que se apoye la tubería será como mínimo de 0.10 metros de espesor y debidamente compactada.

Piedras grandes o puntiagudas, así como otro material extraño debe eliminarse en un área de 10 cm alrededor de la tubería, a fin de evitarle daños a la misma.

2.4.2.3. Profundidad y ancho de zanja

La carga máxima de tierra que soporta la tubería P.V.C. depende del prisma de tierra directamente encima de ella. Si la carga de diseño sobre la tubería se calcula en base a este criterio, el ancho de la zanja está influenciado por una excavación práctica y económica.

La profundidad de la tubería estará definida por el diseño hidráulico del sistema tomando como una profundidad mínima 1.20 metros desde la cota del terreno hasta la cota invert de la tubería. También hay que considerar, en el momento de determinar la profundidad, la protección contra las cargas de tráfico, para evitar rupturas.

La tubería tendrá un recubrimiento mínimo sobre corona de 0.90 mt para el colector principal y de 0.80 mt para conexiones domiciliarias.

En la siguiente tabla aparecen profundidades mínimas referidas a la cota inferior de la tubería.

Tabla IV. Profundidades mínimas para la tubería según tráfico vehicular.

Diámetro de tubería (pulgadas)	Profundidad para tráfico normal (m)	Profundidad para tráfico pesado (m)
8	1.22	1.42
10	1.28	1.48
12	1.33	1.53
15	1.41	1.61
18	1.50	1.70

Fuente: NORMA ASTM 3034 tuberías PVC para Alcantarillado Sanitario, AMANCO-TUBOVINIL, página 7.

El ancho de zanja mínimo está determinado por el espacio mínimo que necesita un operario para instalar la tubería, éste es de 45 cm para tubería de Ø4" y Ø6" y no más de 15 a 23 cm de espacio libre a cada lado de la tubería de Ø8" o mayor. Para obtener un ancho constante se excavará con retroexcavadora, usando un cucharón pequeño especial para la excavación de zanjas.

En la siguiente tabla se muestra el ancho libre de zanjas según su profundidad y el diámetro de la tubería a instalar:

Tabla V. Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro de tubería.

DIÁMETRO NOMINAL (plg)	6	8	10	12	15	18
Hasta 1.30 m	0.60	0.60	---	---	---	---
De 2.36 A 1.85 m	0.60	0.60	0.70	0.75	0.90	1.10
De 1.86 A 2.35 m	0.65	0.65	0.70	0.75	0.90	1.10
De 2.36 A 2.85 m	0.65	0.65	0.70	0.75	0.90	1.10
De 2.86 A 3.35 m	0.7	0.70	0.70	0.75	0.90	1.10
De 3.36 A 3.85 m	0.7	0.7	0.70	0.75	0.90	1.10
De 3.86 A 4.35 m	0.75	0.75	0.75	0.75	0.90	1.10
De 4.36 A 4.85 m	0.75	0.75	0.75	0.75	0.90	1.10
De 4.86 A 5.35 m	0.75	0.75	0.75	0.75	0.90	1.10
De 5.36 A 5.85 m	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90	1.10
De 5.86 A 6.35 m	0.8	0.80	0.80	0.80	0.90	1.10

Fuente: NORMA ASTM 3034 tuberías PVC para Alcantarillado Sanitario, AMANCO-TUBOVINIL, página 8.

2.4.2.4. Colocación de la tubería

Para instalar la tubería deben utilizarse implementos, herramientas y equipo adecuado para evitar daños a la misma. Bajo ninguna circunstancia debe lanzarse la tubería y los accesorios a la zanja.

Las campanas deben colocarse en dirección aguas arriba; la instalación debe principiarse de la parte baja hacia la parte alta.

Cuando se interrumpa la instalación de la tubería, deben colocarse tapones en las aberturas para evitar la entrada de agua, tierra o cualquier material ajeno a la tubería.

Para rellenar las zanjas con la tubería ya colocada se aconseja compactar los primeros 30 cm en forma manual, poniendo especial atención a los costados de la tubería, se puede utilizar compactadoras mecánicas en la parte superior de la zanja.

La primera capa deberá ser de material fino, arena o material selecto, el resto del relleno se hará con el mismo material que se excavó, salvo que el material original no sea aceptable, de lo contrario todo el material de relleno será de material selecto.

La tubería de norma ASTM D 3034 emplea el sistema “*Ribber*” en el cual el empaque está incorporado a la campana de la tubería. Se recomienda no remover por ningún motivo el empaque, ya que éste le da la hermeticidad.

En caso de que sea necesario instalar una sección corta de tubería, ésta puede ser cortada con una sierra, debiéndose luego hacer el bisel a 15°, con una profundidad igual a la mitad del espesor de pared del tubo. Puede biselarse el tubo con una lima adecuada.

2.4.3. Pozos de visita

Los pozos de visita son esenciales para la operación y mantenimiento de un sistema de alcantarillado sanitario por gravedad. Un pozo de visita debe:

- ❖ Proporcionar un control de flujo hidráulico en cambios de dirección, cambio de gradiente y consolidación de flujos convergentes.

- ❖ Proporcionar acceso a la tubería para mantenimiento e inspección.
- ❖ Proporcionar un ingreso de oxígeno al sistema.

Los pozos de visita deben colocarse en:

En la intersección de calles.

Al comienzo de todo ramal inicial.

En donde se ubiquen cambios de diámetro de tubería.

En donde existan cambios de dirección de tubería.

En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.

2.4.3.1. Construcción

Se construirán de concreto ciclópeo utilizando formaleta de madera, las dimensiones se detallan en planos adjuntos.

La tapadera será de concreto armado con refuerzo de hierro No. 3 a cada 0.15 m, en ambos sentidos y un espesor de 0.15 m. La tapadera asentará sobre un batiente de concreto armado. El concreto utilizado tendrá una proporción de 1:2:3 (cemento, arena y piedrín) para resistir tráfico pesado.

Los pozos se fundirán de concreto de proporción 1:2:3, y el procedimiento de fundición se efectuará empezando con fundir el piso, luego se formaleteará el cuerpo cilíndrico, seguido de la parte superior, que tendrá forma de cono truncado, para finalizar con la fundición de la tapadera y posteriormente su colocado.

2.4.3.2. Dimensiones

Los pozos de visita tendrán la figura geométrica de un cono truncado en la parte superior, con 0.60 m de diámetro en la tapadera, 1.50 m de diámetro en la parte inferior a 1.50 m desde la parte superior, y se le dará forma cilíndrica en la parte inferior del pozo hasta la profundidad de diseño, esta última parte tendrá un diámetro constante de 1.50 m. El espesor de paredes será de 0.15 m al igual que la tapadera. En el plano de detalles estructurales se aprecian gráficamente las dimensiones y detalles de refuerzo.

2.4.3.3. Caídas en pozos de visita

Las caídas en los pozos de visita son necesarias para cuando la diferencia entre cotas invert de entrada y salida es de 0.60 m o más, y cuando la pendiente de los tramos es mucha y por lo tanto el flujo adquiere mucha velocidad.

Las caídas de los pozos son diseñadas de manera que se cree un “colchón” de agua en el fondo, para evitar el golpe de agua directamente sobre el piso. Entonces el nivel del piso será 5 cm por debajo de la cota invert de salida, y esto dependerá del tipo de pozo de visita que se diseñe.

2.4.4. Desfogue o disposición final

Al final del sistema de drenaje se construirá un pozo de visita, previsto para conectarse directamente a la planta de tratamiento. Previo a ello, se introducirá el efluente a una caja separadora de sólidos, componente propio del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Posteriormente al tratamiento total que lleven las aguas residuales, se desfogará a su destino, en donde se protegerá la tubería por medio de un cabezal de descarga, que precisamente con la caja separadora de sólidos, son componentes que se construirán cuando se construya la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

3.1. Consideraciones generales del estudio de impacto ambiental en el sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santo Domingo

3.1.1 Descripción de estudio de impacto ambiental

En el estudio de impacto ambiental del proyecto de drenaje sanitario de la aldea de Santo Domingo, se identificaron y valorizaron los impactos (efectos) potenciales del proyecto, acciones normativas a los componentes fisico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno. Tiene como propósito principal animar a que se tome en consideración el medio ambiente en la planificación y en la toma de decisiones, para que en definitiva, acabe definiendo actuaciones que sean más compatibles con el medio ambiente.

3.1.2 Identificación de impacto

3.1.2.1 Modificación de regimen

Alteración de la cubierta del suelo

Alteración del drenaje natural

Control del río y modificación del caudal

Canalización

Explanación y pavimentado

3.1.2.2. Transformación del suelo y construcción

Ruido y vibraciones

Urbanización

Revestimiento de canales

Presas

3.1.2.3 Extracción de recursos

Excavar y rellenar

Excavación superficial

Excavación bajo superficie y restauración

3.1.2.3. Renovación de recursos

Reforestación

Conservación y gestión de la naturaleza

Reciclado de residuos

3.1.2.4 Cambios en el tráfico

Automotores

Señalización

3.1.2.5 Acumulación y tratamiento de residuos

Emisiones de los residuos municipales

Fosas sépticas, comerciales y domesticas

3.2 IMPACTOS DIRECTOS SOBRE LA POBLACIÓN EN EL PROYECTO

Introducción de enfermedades por emigración de los trabajadores en la construcción del proyecto

Problemas de higiene y salud

Serán sobre utilizados los servicios sanitarios

Se contaminará el agua o suelo con excrementos

Contaminación del aire

3.3 MITIGACIÓN DE IMPACTOS

Identificado el impacto ambiental que provocaría la ejecución del proyecto de alcantarillado sanitario en la aldea Santo Domingo, se toma la decisión de ejecutarlo, definiendo actuaciones que sean más compatibles y minimizando todos aquellos efectos que que no son inevitables, pero que se pueden reducir tomando precauciones y planificando las soluciones más viables, que serán de beneficio a la comunidad y a los emigrantes que trabajen en el proyecto.

Para minimizar lo efectos ocasionados por la construcción del proyecto de alcantarillado sanitario se deben tomar las precauciones siguientes:

- ❖ Ejecutar el proyecto en el menor tiempo posible.
- ❖ Trabajar el proyecto en verano.
- ❖ Canalizar los drenajes naturales existentes.
- ❖ Reparar el pavimento.
- ❖ Tratar de disminuir el ruido y las vibraciones.
- ❖ Excavar y reacomodar el suelo en áreas que no afecten el paso de peatones en la aldea.
- ❖ En cuanto a la excavación debajo de la superficie, se debe capacitar al personal que labore en el proyecto.

- ❖ Reforestar las áreas dañadas en la construcción del Proyecto.
- ❖ Construcción de una caja separadora de sólidos, que es un componente propio del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- ❖ Señalización vial.
- ❖ Capacitar al personal de trabajo y a la población en los impactos que se pueden tener en higiene y salud.

CONCLUSIONES

1. Con la construcción de el proyecto se beneficiarán directamente las comunidad de Santo Domingo, se reducirá el índice de enfermedades gastrointestinales y la desaparición de lo que podrían ser focos de contaminación.
2. Con el desarrollo de la planificación de proyecto de alcantarillado sanitario de la aldea Santo Domingo; se proporciona el soporte técnico para desarrollar la ejecución con la confianza y el respaldo de que el sistema de drenaje funcione en buena forma, dado que cuenta con factores de seguridad.
3. Con la utilización de tubería de cloruro de polivinilo, (P.V.C.), se obtienen muchas ventajas, en cuanto a la eficiencia de los sistemas de drenajes por tener un coeficiente de rugosidad bajo, y en cuanto a la vida útil del material por su naturaleza. La facilidad de manejo en la obra por su peso liviano son algunas de las razones por las cuales se optó por realizar el diseño con esta clase de tubería.
4. Con el objeto de reducir el tiempo de ejecución de el proyecto y utilizar menos recurso humano, como mano de obra no calificada, se optará por la utilización de una retroexcavadora para la excavación de zanjas y en lo posible el relleno de las mismas.
5. Se puede observar la complejidad del diseño de un alcantarillado sanitario cuando se efectúa en una colonia en donde su topografía es muy variada.
6. El estudio de impacto ambiental sirve para identificar los impactos previstos, para determinar los factores ambientales que deben incluirse en una descripción del medio afectado, para proporcionar información sobre la predicción y evaluación sistemática de las alternativas y una selección de la actuación propuesta.
7. Con el apoyo de la Universidad de San Carlos de Guatemala y municipalidades se pueden seguir llevando a cabo este tipo de proyectos, que son de beneficio a las comunidades en desarrollo.

RECOMENDACIONES

1. Planificar las plantas de tratamiento de aguas residuales para el proyecto de drenajes con el fin de reducir los índices contaminantes derivados de las aguas servidas que se viertan a su destino final.
2. Se hace necesario la programación de un plan de mantenimiento de los drenajes, en época de verano y así evitar cualquier situación que pueda dañar a los sistemas.
3. Con la finalidad de que no varíen los parámetros de diseño, se deberá tener mucho control con las pendientes de la tubería y las cotas invert en el momento que se ejecute el proyecto. Por lo mismo se sugiere que se integre al personal de construcción una cuadrilla de topografía.
4. Se deberá garantizar la supervisión profesional durante el proceso de construcción.
5. Concientizar a los beneficiarios de los proyectos para que colaboren con mantener las tuberías libres de basura o cualquier objeto que pueda dañar los sistemas de alcantarillados, y de esta manera se obtendrán resultados óptimos.
6. Para todo proyecto se debe realizar una comparación de alternativas de diseño de drenajes, para determinar con ello una solución óptima que cumpla con lo requerido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amanco Tubovinil, "Lista de precios al público". (Guatemala)(1): 2002.
2. Barillas Ramírez, Edgar Leonardo. Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas: La Majada, del municipio de zacapa y Antombrán, del municipio de Huité, Zacapa. Tesis Ing. civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.60 pp.
3. Canter, Larry Wagner. Manual de evaluación de impacto ambiental. Universidad de Oklahoma: Editorial McGraw-Hill, 2da. Edición. 1998.
4. Durman Esquivel, "Manual técnico general". (Guatemala)(1): 2002.
5. Fair, G.M., Séller, J. G. y Okun, D.A. **Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales**. México: Editorial Limusa-Wiley 1971, 246 pp.
6. Hernández García, Herber Esaú, "Monografía de Santa Catarina Pinula" (Guatemala)(1): 50.2000.
7. Martínez Revolorio, Juan Alberto. Diseño de la red de drenaje sanitario para el barrio El Calvario zona 2, municipio de Cabañas, departamento de Zacapa. Tesis Ing. civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.61 pp.
8. Tubovinil, S.A., "Norma ASTM D 3034: tuberías PVC para alcantarillado sanitario". (Guatemala)(1): 2000

APÉNDICE

Tabla VII. Presupuesto de mano de obra drenaje sanitario Santo Domingo

Proyecto: Alcantarillado Sanitario Santo Domingo

Ubicación: Aldea Santo Domingo, Santa Catarina Pinula

Entidad responsable: Municipalidad de Santa Catarina Pinula

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA

VALORES EN QUETZALES

No RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO, Q.	COSTO TOTAL, Q.
1	Preliminares				45,440.00
	Bodega provisional	4	Global	1,700.00	6,800.00
	Trazo y estaqueado	4,830.00	ml	8.00	38,640.00
2	Línea de drenaje central				679,660.00
2.1	Excavación				398,475.00
	Excavación de zanja	7,245.00	m ³	45.00	326,025.00
	Nivelación de zanja	4,830.00	ml	15.00	72,450.00
2.2	Instalación de tubería				48,860.00
	Tubería pvc Ø6"	4200	ml	10.00	42,000.00
	Tubería pvc Ø8"	686	ml	10.00	6,860.00
2.3	Relleno				217,350.00
	Relleno y compactado	7,245.00	m ³	30.00	217,350.00
2.4	Fundición de pozos de visita				14,975.00
	Excavación (ampliación de zanja)	90	m ³	17.00	1,530.00
	Fundición de pozos	105.4	m ³	125.00	13,175.00
	Relleno y compactado	18	m ³	15.00	270.00
3	Conexiones domiciliarias	390	u		72,900.00
	Excavación	825	m ³	20.00	16,500.00
	Instalación de tubería pvc Ø6"	1,650	ml	10.00	16,500.00
	Relleno y compactado	660	m ³	25.00	16,500.00
	Construcción de candelas	390	u	60.00	23,400.00
Sub-total de mano de obra					798,000.00
% Ayudante (35%)					279,300.00
% Prestaciones (75%)					598,500.00
Total de mano de obra					1,675,800.00

Tabla VIII. Presupuesto de materiales del drenaje sanitario Santo Domingo

Proyecto : Alcantarillado sanitario Santo Domingo

Ubicación: Aldea Santo Domingo, Santa Catarina Pinula

Entidad responsable: Municipalidad de Santa Catarina Pinula

PRESUPUESTO DE MATERIALES

VALORES EN QUETZALES

No RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO, Q.	COSTO TOTAL, Q.
1	Preliminares				12,067.50
1.1	Bodega provisional	4	Global		12,067.50
	Tabloncillo de 1 1/2"x12"x10'	195	u	45.00	8,775.00
	Paral de 3"x3"x10'	75	u	40.00	3,000.00
	CLAVO PARA MADERA DE 3"	40	lbs	4.50	180.00
	ALAMBRE DE AMARRE	25	lbs	4.50	112.50
2	Línea de drenaje central				823,592.43
2.2	Instalación de tubería				395,500.00
	Tubería pvc Ø6" noma astm 3034	700	Tubo	450.00	315,000.00
	Tubería pvc Ø8" norma astm 3034	115	Tubo	700.00	80,500.00
			m ³		
2.3	Relleno				329,560.00
	Material selecto para relleno	9,416.00	m ³	35.00	329,560.00
2.4	Fundición de pozos de visita				98,532.43
	Cemento gris tipo portland	1634.61	Sacos	36.00	58,845.96
	Arena de río	130.76	m ³	80.00	10,460.80
	Piedrín triturado	156.92	m ³	125.00	19,615.00
	Hierro grado 40 No.3	270.00	Varilla	20.00	5,400.00
	Alambre de amarre	130.76	lbs	4.50	588.42
	Clavo para madera 3"	196.15	lbs	4.30	843.45
	Madera para formaleta	555.76	Pt	5.00	2,778.80
3	Conexiones domiciliars				236,182.75
	Tubería pvc Ø6" norma astm 3034	390	Tubo	450.00	175,500.00
	Material selecto para relleno	701.25	m ³	35.00	24,543.75
	Tubería de concreto de Ø16"	410	Tubo	45.00	18,450.00
	Cemento gris tipo portland	177	Saco	36.00	6,372.00
	Arena de río	21	m ³	80.00	1,680.00
	Piedrín triturado	28	m ³	125.00	3,500.00
	Hierro grado 40 No.3	283	Varilla	20.00	5,660.00
	Alambre de amarre	106	lbs	4.50	477.00
Total de materiales					1,071,842.68

Tabla IX. Presupuesto de herramienta de la aldea Santo Domingo

Proyecto: Alcantarillado sanitario Santo Domingo
 Ubicación: Aldea Santo Domingo, Santa Catarina Pinula
 Entidad responsable: Municipalidad de Santa Catarina Pinula

PRESUPUESTO DE HERRAMIENTA
 VALORES EN QUETZALES

No RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO, Q.	COSTO TOTAL, Q.
1	Pala de mango largo	40	U	42.00	4,720.00
2	Piocha	40	U	42.00	4,720.00
3	Machete	40	U	25.00	1,000.00
4	Lima pequeña	40	U	18.00	720.00
5	Martillo	60	U	38.00	2,280.00
6	Tenaza	60	U	12.00	720.00
7	Carretilla	25	U	168.00	4,200.00
8	Almadana de 10 libras	20	U	60.00	1,200.00
TOTAL DE MATERIALES					19,560.00

Tabla X. Integración de costos de la aldea Santo Domingo

INTEGRACIÓN DE COSTOS	
<u>VALORES EN QUETZALES</u>	
Mano de obra	Q1,675,800.00
Materiales	Q1,071,842.68
Herramienta	Q19,560.00
Indirectos	Q691,800.67
Total	Q3,459,003.34