



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS  
DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA**

**Edgar Noé Lobos Sandoval**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS  
DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGAR NOÉ LOBOS SANDOVAL**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez      |
| VOCAL V    | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez       |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. César Augusto Fernández Fernández |
| EXAMINADOR | Ing. Eduardo Ramírez                   |
| EXAMINADOR | Ing. Andrés Casasola                   |
| EXAMINADOR | Ing. Julio Galicia                     |
| SECRETARIO | Ing. Manuel de Jesús Castellanos Dubón |

## **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:

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de agosto de 2017.

**Edgar Noé Lobos Sandoval**





Guatemala, 03 de octubre de 2017  
Ref.EPS.DOC.703.10.17

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edgar Noé Lobos Sandoval**, Registro Académico **24641** y CUI **2244 43860 0101**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
MAAO/ra



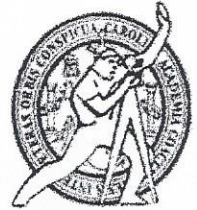
**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
06 de octubre de 2016

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edgar Noé Lobos Sandoval, con CUI 224443860 Registro Académico No. 24641, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS

ESCUELA DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC  
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica

/mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*





Guatemala, 10 de octubre de 2017  
REF.EPS.D.395.10.17

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

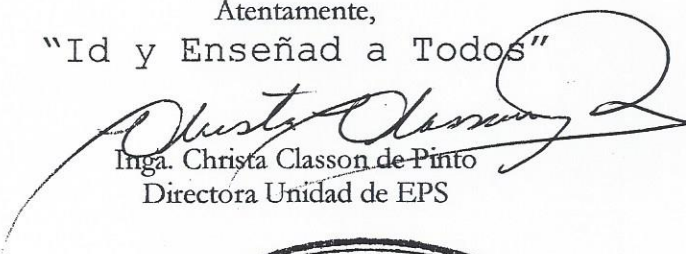
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edgar Noé Lobos Sandoval, Registro Académico 24641 y CUI 2244 43860 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





**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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Edgar Noé Lobos Sandoval titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre  
/mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*





DTG. 576.2017

El Decano 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: **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, COLONIAS VILLAS DEL RÍO Y LOMAS DEL CAPITÁN, AMATITLÁN, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Noé Lobos Sandoval**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, noviembre de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

|   |   |
|---|---|
| <b>Dios</b>                                 | Para Él sea toda la honra y la gloria.  |
| <b>Mis padres</b>                           | Rafael Lobos Ramírez (q. d. e. p.) y Emma de María Sandoval Escobar de Lobos (q. d. e. p.), con gratitud y amor honro su memoria. |
| <b>Mi esposa</b>                            | Maby Morales Orellana de Lobos, por su abnegación y paciencia.  |
| <b>Mis hijos</b>                            | Edgar Josué, Emily Sarahí, Alejandro Noé, Carlos Andrés, Pedrojosué y Dayrin Arely.   |
| <b>Mis nietos</b>                           | Andrés Alejandro, Pedro Daniel, Laura Isabel y Ricardo Josué.   |
| <b>Mi familia y a mi familia espiritual</b> | Por ese cariño que nos une siempre.   |
| <b>Mis amigos</b>                           | Muchas bendiciones para cada uno de ustedes.  |

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Ing. Gerson Elías** Gracias por su apoyo y colaboración.  
**Barrios Garrido e Ing.**  
**Manuel Alfredo**  
**Arrivillaga**





|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 2.1.3.1   | Parámetros de diseño .....                        | 10 |
| 2.1.3.2.  | Período de diseño .....                           | 10 |
| 2.1.3.3.  | Población de diseño .....                         | 11 |
| 2.1.3.4.  | Cálculo de caudales .....                         | 11 |
| 2.1.3.5.  | Dotación .....                                    | 11 |
| 2.1.3.6.  | Factor de retorno del sistema.....                | 11 |
| 2.1.3.7.  | Caudal sanitario .....                            | 12 |
|           | 2.1.3.7.1. Caudal domiciliar.....                 | 12 |
|           | 2.1.3.7.2. Caudal comercial .....                 | 13 |
|           | 2.1.3.7.3. Caudal industrial .....                | 13 |
|           | 2.1.3.7.4. Caudal de infiltración....             | 14 |
|           | 2.1.3.7.5. Caudal de conexiones<br>ilícitas ..... | 14 |
| 2.1.3.8.  | Factor de caudal medio .....                      | 15 |
| 2.1.3.9.  | Factor de Harmon .....                            | 15 |
| 2.1.3.10. | Caudal de diseño .....                            | 16 |
| 2.1.3.11. | Relación de diámetros y caudales.....             | 16 |
| 2.1.3.12. | Pendientes máximas y mínimas.....                 | 17 |
| 2.1.4.    | Diámetros de tubería .....                        | 17 |
|           | 2.1.4.1. Profundidad del colector .....           | 18 |
|           | 2.1.4.2. Velocidades máximas y mínimas .....      | 18 |
|           | 2.1.4.3. Cotas invert .....                       | 19 |
| 2.1.5.    | Pozos de visita .....                             | 19 |
|           | 2.1.5.1. Especificaciones para pozos de visita .  | 20 |
|           | 2.1.5.2. Conexiones domiciliare.....              | 21 |
| 2.1.6.    | Diseño hidráulico.....                            | 22 |
|           | 2.1.6.1. Ejemplo de diseño de un tramo.....       | 22 |
|           | 2.1.6.2. Localización de la descarga .....        | 27 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.2.     | Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para las colonias Lomas del Capitán y Villas del Río ..... | 27 |
| 2.2.1.   | Bases de diseño .....   | 27 |
| 2.2.1.1. | Consideraciones de diseño .....   | 27 |
| 2.2.2.   | Diseño del sistema .....  | 28 |
| 2.2.2.1. | Cálculo del caudal del sistema pluvial .....  | 28 |
| 2.2.2.2. | Período de diseño.....  | 29 |
| 2.2.2.3. | Intensidad de lluvia .....  | 29 |
| 2.2.2.4. | Coeficiente de escorrentía .....  | 30 |
| 2.2.2.5. | Áreas tributarias.....  | 30 |
| 2.2.2.6. | Caudal de diseño.....   | 31 |
| 2.2.2.7. | Relación de diámetros y caudales .....  | 31 |
| 2.2.2.8. | Pendientes máximas y mínimas .....  | 31 |
| 2.2.3.   | Diámetros de tubería .....  | 32 |
| 2.2.3.1. | Profundidad de colector .....   | 32 |
| 2.2.3.2. | Velocidades máximas y mínimas.....  | 32 |
| 2.2.3.3. | Cotas invert.....   | 33 |
| 2.2.4.   | Tragantes de rejilla .....  | 33 |
| 2.2.4.1. | Especificaciones para tragantes de rejilla .....  | 34 |
| 2.2.4.2. | Conexión de rejilla a pozo de visitas....   | 35 |
| 2.2.5.   | Diseño hidráulico .....   | 36 |
| 2.2.5.1. | Ejemplo de diseño de un tramo .....   | 36 |
| 2.2.5.2. | Localización de la descarga.....  | 38 |
| 2.3.     | Operación y mantenimiento .....   | 38 |
| 2.4.     | Presupuesto .....   | 39 |
| 2.5.     | Evaluación de impacto ambiental .....   | 40 |
| 2.6.     | Cronograma de ejecución.....  | 43 |

CONCLUSIONES..... 45  
RECOMENDACIONES ..... 47  
BIBLIOGRAFÍA..... 49  
APÉNDICES..... 51  
ANEXO..... 77

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Ubicación del municipio de Amatlán ..... | 6  |
| 2. | Diseño de pozo de visita .....           | 35 |

### TABLAS

|      |                                |    |
|------|--------------------------------|----|
| I.   | Diámetros .....                | 18 |
| II.  | Valores para superficies ..... | 30 |
| III. | Presupuesto .....              | 39 |
| IV.  | Cronograma de ejecución .....  | 43 |



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>                | <b>Significado</b>   |
|-------------------------------|--|
| <b>CR</b>                     | Caja de registro   |
| <b>CA-9 sur</b>               | Carretera principal Centroamericana #9, de la Capital de Guatemala a la costa sur. |
| <b>q<sub>C.ILICITAS</sub></b> | Caudal de conexiones ilícitas  |
| <b>q<sub>DIS</sub></b>        | Caudal de diseño   |
| <b>q<sub>DO</sub></b>         | Caudal domiciliar  |
| <b>q<sub>INF</sub></b>        | Caudal de infiltración   |
| <b>q<sub>MEDIO</sub></b>      | Caudal medio   |
| <b>n</b>                      | Coefficiente de rugosidad  |
| <b>D</b>                      | Diámetro de la tubería de un alcantarillado  |
| <b>FR</b>                     | Factor de retorno  |
| <b>Ha</b>                     | Hectáreas, equivalente a 10 000 m <sup>2</sup> .                                   |
| <b>Hab.</b>                   | Habitantes   |
| <b>I</b>                      | Intensidad de lluvia en mm./h  |
| <b>L/s</b>                    | Litros sobre segundo   |
| <b>m<sup>3</sup>/s</b>        | Metros cúbicos por segundo   |
| <b>msnm.</b>                  | Metros sobre el nivel del mar  |
| <b>m/s</b>                    | Metro sobre segundo  |
| <b>m<sup>2</sup></b>          | Metro cuadrado   |
| <b>m<sup>3</sup></b>          | Metro cúbico   |
| <b>mm./h</b>                  | Milímetros por hora  |
| <b>d</b>                      | Nivel del fluido en una tubería.   |
| <b>Núm. habitantes</b>        | Número de habitantes   |

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| <b>plg.</b>                   | Pulgadas ( “ )                   |
| <b>PV</b>                     | Pozo de visita                   |
| <b>R<sub>H</sub></b>          | Radio hidráulico                 |
| <b>d/D</b>                    | Relación de tirantes             |
| <b>S</b>                      | Pendiente en un canal abierto    |
| <b>TR</b>                     | Tragante de rejilla              |
| <b>PVC</b>                    | Tubería de Cloruro de polivinilo |
| <b>V<sub>SECC.LLENA</sub></b> | Velocidad a sección llena        |

## **GLOSARIO**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Aguas residuales</b> | Desecho líquido constituido por aguas domésticas e industriales y aguas de infiltración.   |
| <b>Alcantarillado</b>   | Un sistema de alcantarillado es un conjunto de conductos de servicio público cerrado, destinado a recolectar y transportar aguas residuales que fluyen por gravedad libremente bajo condiciones normales para su correcto tratamiento. |
| <b>Área tributaria</b>  | Superficie que drena hacia un tramo o punto determinado.   |
| <b>Canal</b>            | Estructura hidráulica a cielo abierto destinada al transporte de aguas residuales o pluviales.   |
| <b>Candela</b>          | Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce estas mismas, al colector del sistema de drenaje.  |
| <b>Caudal</b>           | Cantidad de agua que pasa por un área determinada en un tiempo determinado. De esa cuenta que sus dimensionales son por ejemplo en $m^3 / \text{segundo}$ , por lo que también lo  |



podemos definir como  $Q = VA$ . Dónde V es la velocidad del fluido y A el área hidráulica.

**Caudal comercial**

Agua de desecho de las edificaciones comerciales como comedores, restaurantes, hoteles. entre otros.

**Caudal de diseño**

También conocido como caudal máximo, es el producto del factor de caudal máximo ( $FQ_{MAX}$ ) y el número de habitantes de la población.

**Caudal domiciliar**

Cantidad de agua ya utilizada y conducida a la red de alcantarillado. Se calcula multiplicando la dotación por el número de habitantes por un factor de aguas residuales no vertidas al drenaje (0,7 a 0,8).

**Caudal industrial**

Agua de desecho de industrias como fábricas de textiles, refrescos, alimentos, entre otros.

**Caudal de infiltración**

Se calcula tomando en cuenta el nivel freático y su proximidad con las tuberías así como la permeabilidad del terreno y de las juntas de las tuberías.

**Caudal por conexiones ilícitas**

Caudal producido por las viviendas que conectan erróneamente las tuberías de aguas pluviales al alcantarillado sanitario, se estima que entre el 0,5 % y el 2,5 % del total de las

casas lo realiza. El cálculo se realiza por el método racional. También podemos asumirlo como el 10 % del caudal domiciliario.

**Caudal sanitario**

El caudal sanitario está formado por las aguas servidas producto de: caudal domiciliario, comercial, industrial, por infiltración y conexiones ilícitas.

**Colector**

Tubería que funcionando como conducto libre, recibe la contribución de aguas residuales en cualquier punto a lo largo de su longitud. Estos deben cumplir especificaciones de construcción, funcionamiento y mantenimiento.

**Conexión domiciliario**

Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda, comercio o industria hasta la candela. Sus principales componentes son la candela y la tubería de conexión al colector principal.

**Cota**

Altitud que presenta un punto sobre un plano horizontal respecto de un punto de referencia

**Cota Invert**

Cota que determina la parte inferior interior de una tubería que entra o sale de un pozo de visita.

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Dotación</b>           | Suministro promedio de agua que necesita un habitante diariamente para satisfacer sus necesidades. Regularmente en litros/habitante/día.                                   |
| <b>Duración</b>           | Período de tiempo desde el inicio al final de un evento (lluvia).  |
| <b>ERIS</b>               | Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.  |
| <b>Factor caudal max.</b> | Producto del factor de caudal medio ( $FQ_{MED}$ ) y el factor de flujo (FH). Sirve directamente para encontrar el caudal de diseño ( $Q_{DIS}$ ).                         |
| <b>Factor caudal med.</b> | Producto de dividir el caudal medio o caudal sanitario entre el número de habitantes de la población.  |
| <b>Factor de Harmond</b>  | También llamado factor de flujo, sirve para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado (FH).   |
| <b>Frecuencia</b>         | También llamado ocurrencia, es la probabilidad de que ocurra un evento (lluvia) de determinada magnitud y que sea igualado o excedido. Se expresa como período de retorno. |
| <b>INE</b>                | Instituto Nacional de Estadística.   |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>INFOM</b>             | Instituto de Fomento Municipal.  |
| <b>Intensidad</b>        | Volumen de agua que llueve por unidad de tiempo.   |
| <b>Mampostería</b>       | Obra de fábrica hecha de mampuesto o piedras sin labrar, o labradas toscamente, unidas con mortero.  |
| <b>Muro</b>              | Obra de albañilería construida de cualquier material con que se divide o cierra un espacio.  |
| <b>OPS</b>               | Oficina Panamericana de la Salud.  |
| <b>Período de diseño</b> | Tiempo estipulado en que la construcción servirá a la comunidad antes de abandonarse, demolerse, ampliarse o readecuarse. Los alcantarillados suelen diseñarse para el rango entre 20 y 40 años. |
| <b>Pozo de visita</b>    | Elemento para verificar el funcionamiento de un sistema de alcantarillado y darle mantenimiento y limpieza.  |
| <b>Radio hidráulico</b>  | Producto de dividir el área (A) que comprende el Perímetro mojado (es decir en un canal es el área transversal del flujo) entre el propio Perímetro mojado (P). $R_H = A/P$ .                    |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Tendal</b>                  | Elemento estructural principal de la cubierta, formada por una sección de dos costaneras, que soporta las cargas verticales inducidas.  |
| <b>Tiempo de concentración</b> | Tiempo requerido para que una gota de agua circule desde el punto más lejano del área tributaria hasta el punto de desfogue, es decir dónde termina el caudal. En ese tiempo se produce el máximo caudal. |
| <b>Topografía</b>              | Conjunto de características que presenta la superficie de un terreno. También es una técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie de un terreno.                             |
| <b>Tragante</b>                | Estructuras de concreto cuya función es recolectar agua y trasladarla al colector respectivo, estos pueden ser de acera o rejilla, tanto longitudinales como transversales.                               |

## RESUMEN

El municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala con categoría de ciudad desde 1835, aunque es más bien considerada ciudad dormitorio debido a que más de la mitad de la población laboral trabajan en la ciudad de Guatemala y otros municipios cercanos, es también una población en crecimiento y con grandes problemas y necesidades de servicios básicos. Tal es el caso en las colonias Lomas del Capitán y Villas del río donde el sistema de drenajes existentes han cumplido su tiempo de vida útil. Además la red de drenajes se han vuelto insuficientes e ineficientes y son del tipo combinado, es decir en un mismo drenaje se descargan las aguas negras y las aguas de lluvia directamente al río Michatoya. Esta condición contamina visual y físicamente todo el entorno y es un foco de enfermedades de muchos tipos, en especial gastrointestinales y micóticas.

Por lo anteriormente expuesto se hace necesario proponer una solución al problema diseñando un sistema nuevo con la capacidad suficiente para satisfacer las nuevas necesidades de una comunidad que ha crecido exponencialmente y desordenadamente debido a la ausencia en su momento de un plan de ordenamiento territorial. Dicho diseño deberá ser del tipo separativo, es decir las aguas pluviales deberán ser descargadas al río Michatoya independientemente de las aguas residuales que deberán ser trasladadas a una planta de tratamiento para minimizar así el impacto ambiental.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en las colonias Villas del río y Lomas del Capitán, Amatitlán, Guatemala.

### **Especificos**

1. Desarrollar un sistema de drenajes sanitarios adecuado para la población actual que trabaje eficientemente en beneficio de la salud de la población.
2. Desarrollar un sistema de alcantarillado pluvial funcional que no pongan en riesgo alguno a la población debido a inundaciones en época de lluvia.
3. Proponer el lugar para la realización de una planta de tratamiento de aguas negras para minimizar la contaminación del efluente receptor, en este caso el río Michatoya.





## INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de los municipios demandan satisfactores inmediatos y urgentes a problemáticas de infraestructura, servicios básicos, saneamiento ambiental, salud, educación, entre otros. Este crecimiento ha ocasionado que la red de drenaje se deba priorizar en beneficio de la comunidad.

La solución de formular un nuevo sistema separativo de alcantarillado sanitario y de aguas pluviales permitirá que las condiciones de higiene y salud en general de las poblaciones de las colonias Lomas del Capitán y Villas del Río mejoren, contribuyendo además a no contaminar el río y minimizar los efectos negativos al ambiente.

Para llevar a cabo dicho proyecto luego de un análisis y evaluación del problema se realizó un replanteo topográfico del lugar, poniendo en práctica los conocimientos hidráulicos e hidrológicos así como también sanitarios dentro del marco de la ley y de normas técnicas para lograr la solución del problema antes descrito.

Es importante el acompañamiento que le pueda dar el Cocode de las colonias citadas al esfuerzo de la Municipalidad de Amatlán y autoridades de Gobierno en la solución a la contaminación de los cuerpos hídricos del país, restaurando el entorno de las comunidades asentadas al margen de la rivera del río Michatoya y contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes del lugar.

Es también importante mencionar el esfuerzo que la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur de Villa Nueva, la Municipalidad de Amatitlán y la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, (EPS) de la Facultad de Ingeniería aportan a la solución de un problema impostergable como lo es el tratamiento de las aguas negras o servidas en las colonias mencionadas

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Amatitlán, Guatemala, Guatemala**

Existen varias teorías sobre el origen del nombre Amatitlán aparece con el nombre de Chichoy, voz cakchiquel que significa En El Lugar de La Laguna. En lengua mexicana o Nahuatl se le ha denominado posiblemente Amatitlán, como se le conoció, los indígenas también se les ha dado en llamar de la corteza y fibra de los árboles de amate (del género ficus) equivalía a Ciudad de Las Letras, porque la usaban para sus escritos o códices. Otros autores mexicanos han escrito en el sentido que el nombre provenía de amate, o amtl, y de tlan, que también puede significar cercado, rodeado.

Amatitlán estuvo inicialmente asentado en el valle Pampichí o Pampichín, que en la actualidad da lugar a la aldea Belén. Por esta razón el Niño de Amatitlán venerado por la población también es llamado Niño de Belén. Posteriormente la población fue trasladada a Tzacualpa, ubicado supuestamente al oriente del actual Amatitlán, llegando a extenderse desde el nacimiento del río Michatoya, hasta el puente la Gloria.

Antes de este traslado, el lugar fue poblado por contingentes negros, traídos por los españoles a trabajar en los trapiches del lugar.

El 24 de junio de 1549 es la fecha en que fundaron la población con el nombre de San Juan Amatitlán al reunir cinco pueblos prehispánicos. Fue elevado a villa el 20 de marzo de 1680 y a ciudad el 28 de agosto de 1835, constituyéndose posteriormente en cabecera del departamento de Amatitlán

En su Historia General de Las Indias Occidentales publicada en Madrid en 1619 y 1620, el dominico Fray Antonio de Remesal se refiere a la fundación de los poblados, muchos de ellos por orden y diligencia del Lic. Pedro Ramírez de Quiñones En el Chichoy o San Juan de Amatitlán, junto a la laguna, se juntaron cinco pueblos: el principal que estaba en un alto, pasó al llano en que ahora se encuentra. El título de ciudad se otorgó a Amatitlán por Decreto del 28 de agosto de 1835 del Jefe de Estado: Ministerio General del Supremo Gobierno del Estado de Guatemala. Creado por acuerdo gubernativo del 8 de mayo de 1866. El departamento de Amatitlán fue suprimido por el Decreto Legislativo número 2081, en su artículo 2a. Los municipios de Amatitlán, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales quedan incorporados al departamento de Guatemala.

### **1.1.1. Generalidades**

- Costumbres y tradiciones

La fiesta titular se celebra el 24 de junio en honor a San Juan Bautista, Santo Patrono. La disposición del ejecutivo del 29 de octubre de 1938, dispuso que la fiesta de la Pepesca y la Mojarra, que de hecho se había venido celebrando el último domingo de diciembre, se trasladara para el 2 de mayo de cada año. Si bien desde el siglo pasado se ha fijado la fiesta titular de la ciudad de Amatitlán y la misma cambió su nombre por disposición del Ejecutivo, se le conoce en la actualidad como de La Cruz, que conmemora la invención de la Santa Cruz.

Para la feria titular 3 de mayo día de la Santa Cruz, se elaboran los platillos especiales de la región, incluyendo las Cajetas ovaladas de madera y pintadas con colores brillantes, se llaman así por ser fabricadas del árbol

cajeto. Contienen gran cantidad de las golosinas típicas de Amatitlán, como lo son animales hechos de azúcar, ya sean blancas o teñidas con tintes vegetales.

- Idiomas

Se habla el español y parte de su población habla cakchiquel.

- Centros turísticos y arqueológicos

Cuenta con los centros recreativos: de obreros IRTRA, parque Las Ninfas, Licenciado Eduardo Cáceres Lehnhoff, los centros turísticos de: automariscos, Las Hamacas y el Centro Vacacional Carlos Arana Osorio.

En el aspecto natural sobresalen las pozas del río Michatoya, baños termales, hacia las faldas del volcán Pacaya la laguna Calderas y el Lago de Amatitlán con sus recorridos en lancha y embarcaciones de todo tipo. Al recorrer la travesía del teleférico pueden observarse chalets, aldeas de pescadores, paisajes naturales y La Silla del Niño y el Castillo.

Cuenta con los centros arqueológicos de: Amatitlán, Contreras, Mejicanos y Zacualpa.

- Hidrografía

Está bañado por los ríos Michatoya y Mico; la laguna Calderas; las quebradas: Agua de Las Minas, La Barranca, La Azacualpa y La Estaca por el Lago de Amatitlán.

El Lago de Amatitlán se encuentra en el departamento de Guatemala, en los municipios de Amatitlán, Petapa y Villa Canales. Tiene un área de 15,20 km<sup>2</sup>, su nombre geográfico oficializado: Lago de Amatitlán, su elevación es de 1 188 metros sobre el nivel del mar, latitud 14 ° 27 ' 50 " y longitud 90 ° 36 ' 10 " entre el paraje La Barca y el centro de recreación obrera.

El lago constituyó una fuente de recursos de pesca durante el período hispánico, así como su cuenca fue la región predominantemente productora de la cochinilla, principal elemento de exportación cuando ese producto no había sido sustituido por los químicos industriales.

Entre sus características, está su función como centro recreativo, de producción y fuente de energía eléctrica.

- Orografía

Cuenta con la sierra Monterrico y los cerros: Cardona, de Corado, El Filón, El Morlón, Hoja de Queso, La Cerra, La Mariposa, La Montaña, La Mujer Dormida, La Pipa, Limón, Mal Paso, Palencia, Santa María y Silla de los Organos.

- Vías de comunicación

Por la carretera Interamericana CA-9 este municipio está a unos 28 kms. de la cabecera departamental. A unos 19 kms. esta la salida de la cabecera municipal de Villa Nueva, desde donde hay 9 kms. hasta el parque de la cabecera municipal de Amatitlán.

- Áreas protegidas

Cuenta con el Parque Nacional Naciones Unidas (parque Las Ninfas), con una superficie de 491 hectáreas. Lo administra Defensores de la Naturaleza.

#### **1.1.1.1. Historia, población y actividades económicas**

Amatitlán como asentamiento poqomam tiene sus orígenes en la época precolombina, pero en cuanto al lugar donde se encuentra actualmente, cuenta la historia que el segundo presidente de la Audiencia de los Confines en Santiago de Guatemala, Alonso López de Cerrato donó a los padres de Santo Domingo la laguna de Amatitlán, siendo fray Jerónimo (o fray Diego) Martínez quien trasladara el pueblo el 24 de junio de 1549 a su asentamiento actual, es decir exactamente al sur de la desembocadura del lago de Amatitlán, en el origen mismo del río Michatoya, al norte del puente La Gloria (antes puente del Molino). Fue declarada como ciudad en 1835 e instituída distrito independiente en 1839.



Figura 1. **Mapa de ubicación del municipio de Amatitlán**



Fuente: Google Maps. Consulta: abril de 2017.

Se estima que la población actual en el municipio es de 120 020 habitantes con una tasa de crecimiento anual según el Instituto Nacional de Estadística (INE) de 2,5 % siendo aproximadamente el 51 % hombres y el 49 % mujeres. La población se encuentra distribuida aproximadamente en un 25 % de área rural y un 75 % área urbana para una densidad aproximada de 589 habitantes por km<sup>2</sup>. La población en más del 50 % trabaja en la ciudad capital u otros municipios, sin embargo debido a su explosión demográfica y con ello la demanda de más y más servicios, lo cual ha generado muchos puestos de trabajo en el comercio en general en las áreas urbanas, así como en el turismo, también muchas industrias se instalaron en el municipio desde la década de 1960 como Casimires de Amatitlán (Novatex), IMCA Tappan, pinturas Fuller y transnacionales como Bayer, entre otros. Sin embargo, el crecimiento del municipio demanda más y mejores servicios básicos como agua, electricidad, transporte, salud, educación, seguridad, entre otros, y estos

desafortunadamente no han sido cubiertos pues los indicadores señalan que en Amatitlán existe un 17,57 % de pobreza general y el 1,16 % de pobreza extrema.

#### **1.1.1.2. Límites y localización**

Amatitlán colinda al norte con Villa Nueva, al sur y sureste con Villa Canales, ambos del departamento de Guatemala, bordea en todo el este con el mismo lago de Amatitlán y al oeste colinda con el departamento de Sacatepéquez. Amatitlán cubre un área de 204 km<sup>2</sup> y se localiza a una latitud norte de 14 ° 29 ' 00 " y una longitud oeste de 90 ° 38 ' 00 ".

#### **1.1.1.3. Topografía**

Su topografía es montañosa pues forma parte de la cuenca del lago de Amatitlán, por lo tanto su altitud es irregular y va desde los 1 150 hasta los 2 565 msnm.

#### **1.1.1.4. Acceso**

Podemos acceder a la cabecera municipal de Amatitlán, siendo las principales por la autopista al Pacífico (CA-9) a la altura del kilómetro 26, así como también en el kilómetro 27,5.

#### **1.1.1.5. Aspectos climáticos**

Su clima es templado con temperaturas que van desde los 26° C a los 30° C. La precipitación pluvial anual oscila entre los 650 y 1 500 mm.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para las colonias Lomas del Capitán y Villas del Río**

En los siguientes párrafos se describe el diseño del sistema de alcantarillado.

#### **2.1.1. Bases de diseño**

El alcantarillado sanitario es un conjunto de tuberías que recolectan las aguas servidas ya sean domiciliarias, comerciales o industriales, las cuales deben ser transportadas a una planta de tratamiento. El alcantarillado sanitario o drenaje sanitario no está diseñado para desfogar aguas pluviales motivo por el cual también se procedió a diseñar separativamente un sistema de alcantarillado pluvial.

#### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

A continuación se realiza una descripción del levantamiento topográfico.

##### **2.1.2.1. Planimetría**

Procedimientos topográficos utilizados para ubicar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal es decir distancias y direcciones angulares obtenidas en campo sin tomar en cuenta sus elevaciones.

### **2.1.2.2. Altimetría**

Su objeto es determinar la diferencia de altura entre puntos del terreno. La altura de los puntos se toma sobre un plano de comparación, comúnmente el nivel del mar. Con los datos recopilados en campo se obtienen las cotas que forman el perfil del terreno.

### **2.1.3. Diseño del sistema**

De acuerdo a la situación socioeconómica de la población el sistema que se utilizará es el sistema de alcantarillado considerando las características detalladas en los siguientes subtítulos

#### **2.1.3.1. Parámetros de diseño**

En el funcionamiento de la red es importante tener en cuenta los requerimientos mínimos de las normas en cuanto a parámetros hidráulicos mínimos como diámetros nominales mínimos y velocidades máximas y mínimas pero en cuanto a parámetros de diseño, debemos de tomar en cuenta el tamaño del proyecto en cuanto a población y su proyección a futuro, la dotación de agua potable por habitante, así como también evaluar los diferentes caudales sanitarios. A continuación detallamos los parámetros de diseño.

#### **2.1.3.2. Período de diseño**

Al emprender cualquier proyecto de alcantarillado, hay que tomar en cuenta el tiempo que la construcción servirá a la comunidad, antes de que deba abandonarse o ampliarse por resultar inadecuada. Es necesario entonces estimar la población futura así como su forma probable de desarrollo.

El período de diseño del sistema de drenaje sanitario debe ser de 25 años, según normas de instituciones como la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) y la Oficina Panamericana de la Salud (OPS).

#### **2.1.3.3. Población de diseño**

Dependiendo de la población a beneficiar así será la envergadura de nuestro proyecto de alcantarillado sanitario.

#### **2.1.3.4. Cálculo de caudales**

El caudal o cantidad de aguas servidas en el tiempo que puede transportar un sistema depende del diámetro de la tubería y su pendiente. Esta funciona como un canal abierto, es decir no debe experimentar más presión que la atmosférica. El caudal normalmente lo expresamos en m<sup>3</sup>/s o l/s.

#### **2.1.3.5. Dotación**

La dotación está relacionada con la demanda que necesita una población específica, para satisfacer sus necesidades básicas. Esto significa que dotación, es la cantidad de agua que necesita un habitante en un día, para satisfacer sus necesidades biológicas. Es por esta razón que la dimensional de la dotación viene dada en Litros/habitante/día. La dotación está en función de la categoría de la población que será servida, y varía de 50 a 300L/hab./día.

#### **2.1.3.6. Factor de retorno al sistema**

Este factor afectará el valor de caudal domiciliar en virtud de que no toda el agua de consumo humano va a ser utilizada para ciertas actividades

específicas, ya que existe una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras domiciliarias, como los jardines y lavado de vehículos. Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por dicho factor, que puede variar entre 0,70 y 0,80. Para efectos del presente diseño se tomará un valor de 0,80

### **2.1.3.7. Caudal sanitario**

También llamado caudal medio, el caudal sanitario está formado por las aguas servidas producto de: caudal domiciliar, comercial, industrial, por infiltración y conexiones ilícitas.

$$Q_{MED} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{INF} + Q_{C.ILICITAS}$$

No se tomará en cuenta para efectos de diseño el caudal industrial, ni el caudal comercial, ya que no existen edificaciones de esta categoría en el lugar. De la misma manera se elimina el caudal por infiltración, ya que se utilizará tubería cloruro de polivinilo (PVC). El caudal sanitario se reduce a la siguiente expresión:

$$Q_{MED} = Q_{DOM} + Q_{C.ILICITAS}$$

#### **2.1.3.7.1. Caudal domiciliar**

Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para limpieza o producción de alimentos. Está relacionada con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida en el drenaje, como los jardines y lavado de vehículos.

$$q_{\text{dom}} = (\text{Núm. habitantes})(\text{Dot})(\text{FR})/ 86\ 400$$

Donde:

|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| $q_{\text{DOM}}$ | = caudal domiciliar en L/s. |
| Dotación         | = de agua en L/hab./día     |
| Núm. habitantes  | = número de habitantes      |
| FR               | = factor de retorno         |

#### **2.1.3.7.2. Caudal comercial**

Como su nombre indica, es el agua de desecho de las edificaciones comerciales. Comedores, restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación comercial varía entre 600 y 3 000 L/comercio/día, dependiendo el tipo de comercio.

$$q_{\text{com}} = \text{dotación} * \text{núm. comercios}$$

Donde:

|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| $q_{\text{com}}$ | = caudal comercial    |
| Dotación         | = en L/comercio/día   |
| Núm. comercios   | = número de comercios |

#### **2.1.3.7.3. Caudal industrial**

Como su nombre lo dice, es el agua de desecho de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, entre otros. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede computar



dependiendo el tipo de industria, entre 1 000 y 18 000L/industria/día. En el presente diseño, no se toma en cuenta, ya que no existe ningún tipo de industria que pueda afectar directamente al sistema de drenaje.

#### **2.1.3.7.4. Caudal de infiltración**

Para calcular este caudal, se tomará 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 las tuberías y la calidad. Con base en que el sistema de drenaje será de tubería PVC, no se considera caudal de infiltración, ya que este material, proporciona una alta impermeabilidad en las juntas y el tubo mismo, por lo que previene la infiltración del agua subterránea.

#### **2.1.3.7.5. Caudal de conexiones ilícitas**

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario. El porcentaje de viviendas por conexiones ilícitas puede asumirse entre 0,50 a 2,50 por ciento.

$$q = CIA/360 * 1\ 000$$

Donde:

q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/hora)

A = área (Ha.) que es factible conectar ilícitamente

Se puede calcular el caudal de conexiones ilícitas también asumiendo un 10 % del caudal domiciliar, en el presente diseño lo llevamos a cabo de esta manera.

#### **2.1.3.8. Factor de caudal medio**

Una vez obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio del área a drenar, que a su vez, al ser distribuido entre el número de habitantes, se obtiene un factor de caudal medio, el cual varía entre 0,002 y 0,005.

$$FQ_{\text{MEDIO}} = q_{\text{MEDIO}} / \text{No.habitantes}$$

Donde:

$FQ_{\text{MEDIO}}$  = factor de caudal medio

Núm. habitantes = número de habitantes

#### **2.1.3.9. Factor de Harmon**

Sirve para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, afectando el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo o factor de Harmon, el cual suele variar entre 1,5 a 4,5, de acuerdo al tamaño de la población. El cómputo de dicho factor se puede efectuar por diversas formas, pero la más usada es el valor obtenido por la fórmula de Harmond:

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

Donde P, es la población en miles

### 2.1.3.10. Caudal de diseño

El caudal de diseño se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{DIS} = FQ_{MEDIO} \times FH \times \text{Núm. habitantes}$$

Donde:

$Q_{DIS}$  = caudal de diseño en L/seg

$FQ_{MEDIO}$  = factor de caudal medio

FH = factor de Harmon

Núm. habitantes = número de habitantes

### 2.1.3.11. Relación de diámetros y caudales

A la relación de diámetros también se le conoce como relación de Tirantes  $d/D$ , este nos indica que es correcto si se encuentra en el rango, [0,1 – 0,75]. Debido a que la velocidad máxima ocurre cuando la profundidad del flujo es aproximadamente 0,75D, por lo que generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de 0,75 a 0,80D. Por otra parte en alcantarillados pluviales la relación  $d/D$  estar en un máximo de 0,90.

Al determinar en primer lugar nuestra relación de caudales  $q/Q$  podemos, según las tablas de relaciones hidráulicas (ver en anexos) chequear la relación de velocidades  $v/V$  para por último llegar al chequeo de la relación de diámetros  $d/D$ .

#### **2.1.3.12. Pendientes máximas y mínimas**

La pendiente máxima dependerá de la velocidad máxima que nuestro diseño lo permita.

Similar a la pendiente máxima la mínima vendría siendo dada por la inclinación de la tubería con la cual se logra mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s transportando un caudal máximo con un nivel de agua al 75 %.

Si hablamos de colectores en los que no conseguimos condiciones de flujo favorables debido al pequeño caudal evacuado, en los tramos iniciales del mismos (los primeros 300 m.) se deberá mantener una pendiente mínima de 0,4 %.

#### **2.1.4. Diámetros de tubería**

El criterio de diseño para determinar el diámetro de una red de alcantarillados sanitarios especifica un mínimo de 8" para tuberías de concreto y 6" para tuberías PVC.

#### 2.1.4.1. Profundidad del colector

La profundidad mínima dependerá del tráfico sobre el colector y de su diámetro, a continuación algunos valores presentados en la siguiente tabla en metros.

Tabla I. Diámetros

| DIAMETROS       | 6"   | 8"   | 10"  | 12"  | 16"  | 18"  | 24"  | 30"  | 36"  |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tráfico liviano | 1.16 | 1.22 | 1.28 | 1.33 | 1.41 | 1.50 | 1.66 | 1.84 | 2.00 |
| Tráfico pesado  | 1.36 | 1.42 | 1.48 | 1.53 | 1.61 | 1.70 | 1.86 | 2.04 | 2.20 |

Fuente: CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p. 35.

#### 2.1.4.2. Velocidades máximas y mínimas

Las Normas Generales para Diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal establecen el rango de velocidades permisibles siguientes, para diseño de drenaje sanitario.

- Velocidad máxima con el caudal de diseño es 3,00m/s, pudiendo diseñar en tubería PVC hasta una velocidad máxima de 5 m/s, según el manual Técnico de diseño de Amanco.
- Velocidad mínima con el caudal de diseño, 0,60m/s. Siendo la mínima para tuberías PVC de 0,40 m/s según el manual Técnico de diseño de Amanco.

Las velocidades mínimas fijadas tienen el objetivo de impedir que ocurra la decantación de los sólidos, pero también las velocidades altas producen

efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, piedras, entre otros), hacen un efecto abrasivo a la tubería, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 5,00m/s.

#### **2.1.4.3. Cotas invert**

Es la cota que determina la localización de la parte inferior interior de la tubería. Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, se deben considerar los siguientes aspectos que se refieren a las cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita. Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, a 3 cm debajo de la cota invert de entrada.

$$\text{Si } \emptyset_{\text{ENTRADA}} = \emptyset_{\text{SALIDA}}$$

$$\text{COTA}_{\text{INVERT DE SALIDA}} = \text{COTA}_{\text{INVERT DE ENTRADA}} - 0,03$$

$$\text{Si } \emptyset_{\text{ENTRADA}} < \emptyset_{\text{SALIDA}}$$

$$\text{COTA}_{\text{INVERTSALIDA}} = \text{COTA}_{\text{INVERT.ENTRADA}} - (\emptyset_{\text{SAL.}} - \emptyset_{\text{ENT.}})$$

(Como mínimo)

#### **2.1.5. Pozos de visita**

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleadas como medio de inspección y limpieza. Según las Normas Generales para el diseño de alcantarillado del Instituto de Fomento Municipal, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En cambio de diámetro.
- En cambio de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”.
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24”.
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”.

#### **2.1.5.1. Especificaciones para pozos de visita**

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundido o concreto, con una abertura neta de 0,50 a 0,60m. El marco descansa sobre las paredes que se ensanchan con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla, su profundidad es variable y sus paredes suelen ser construidas de ladrillo o *block*, cuando son pequeños; y de concreto cuando son muy grandes.

El fondo de los pozos de visita se hace regularmente de concreto, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o a los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Los canales se recubren a veces con tubos partidos o seccionados por su diámetro. Los cambios de dirección se hacen en los canales. Hay que hacer notar que el pozo de visita tiene un fondo plano sólo en los casos en que todos los tramos arranquen de él y que cuando el pozo sea usado a la vez para tuberías que pasan a través y otras de arranque, la diferencia de cotas invert entre el tubo de arranque y el que pasa tiene que ser como mínimo la diferencia del diámetro de la tubería mayor y la menor.

### **2.1.5.2. Conexiones domiciliarias**

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T.

Una conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles. Una conexión en T bien instalada es preferible a una conexión en Y mal establecida. 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 conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de cemento colocados en una forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 0,15 metros (6plg.) y debe colocarse con una pendiente del 2 % como mínimo.



### 2.1.6. Diseño hidráulico

Este diseño considera las características principales para el adecuado funcionamiento del sistema, dentro de estas se encuentran: diámetro de tubería, velocidad y caudal, relaciones hidráulicas y velocidad de diseño.

#### 2.1.6.1. Ejemplo de diseño de un tramo

Tramo de pv-13 a pv-14

- Longitud = 92,23 m.
- Cota de terreno inicial = 81,40 m.
- Cota de terreno final = 81,27 m.
- Número de viviendas = 397 (promedio 6 hab/casa)
- Número de habitantes =  $397 \times 6 = 2\ 382$
- Número de habitantes a futuro:

$$P = P_0 (1 + r)^n$$

Donde

$P_0$  = población inicial

P = población futura

r = tasa de crecimiento

n = número de años proyectados

$$P = 2,382 * (1 + (2,5/100))^25 = 4,416 \text{ habitantes}$$

- Dotación = 150 l./hab./día
- Factor de retorno FR = 0,80
- Pendiente de terreno:

$$S = (\text{cota inicial}) - (\text{cota final}) / \text{longitud} \quad * \quad 100$$

$$S = (81,40 - 81,27) / 92,23 \quad * \quad 100 = 0,14 \%$$

- Caudal domiciliar:

$$q_{\text{dom}} = (\text{núm. habitantes})(\text{Dot})(\text{FR}) / 86,400$$

$$q_{\text{dom}} = (2,382 * 150 * 0,80) / 86,400 = 3,3083 \text{ L/s}$$

- Caudal de Conexiones ilícitas: asumimos el 10 % del caudal domiciliar.

$$q_{\text{C.ILICITAS}} = 3,3083 \times 0,10 = 0,3308 \text{ l/s.}$$

- Caudal medio:

$$Q_{\text{MED}} = Q_{\text{DOM}} + Q_{\text{COM}} + Q_{\text{IND}} + Q_{\text{INF}} + Q_{\text{C.ILICITAS}}$$

Nota: no se tomará en cuenta para efectos de diseño el caudal industrial, ni el caudal comercial, ya que no existen edificaciones de esta categoría en el lugar. De la misma manera se elimina el caudal por infiltración, ya que se utilizará tubería cloruro de polivinilo (PVC). El caudal sanitario o caudal medio se reduce a la siguiente expresión:

$$Q_{MED} = Q_{DOM} + Q_{C.ILÍCITAS}$$

$$Q_{MED} = 3,3083 + 0,3308 = 3,6391$$

- Factor de caudal medio:

$$F.Q_{MED} = Q_{MED} / \text{núm. habitantes}$$

$$F.Q_{MED} = 3,6391 / 2\ 382$$

$$F.Q_{MED} = 0,0015$$

La normativa de municipalidad de Guatemala establece un  $F.Q_{MED} = 0,003$ , razón por la cual asumiremos:

$$F.Q_{MED} = 0,003$$

- Factor de Harmon actual:

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

donde P es población actual en miles de habitantes.

$$F.H. = 18 + \sqrt{(2,382)} / 4 + \sqrt{(2,382)} = 3,5255$$

- Factor de Harmon a futuro:

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

Donde P es población futura acumulada en miles de habitantes

$$F.H. = 18 + \sqrt{(4,416)} / 4 + \sqrt{(4,416)} = 3,29455$$

- Caudal de diseño:

$$Q_{DIS} = \text{núm. habitantes} \times F \cdot Q_{MED} \times FH$$

$$Q_{DIS} = 2\,382 \times 0,003 \times 3,5255 = 25,1935 \text{ l/s.}$$

- Caudal de diseño a futuro:

$$Q_{DIS} = \text{núm. habitantes} \times F \cdot Q_{MED} \times FH$$

$$Q_{DIS} = 4\,416 \times 0,003 \times 3,2945 = 43,6461 \text{ l/s.}$$

- Diámetro de tubería = 10"
- Pendiente de tubería = 0,80 %
- Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{1}{n} (D/4)^{(2/3)} S^{(1/2)}$$

$$V = ((1/0,009)*0,2540/4)^{2/3} * 0,008^{1/2} = 1,5818 \text{ m/s}$$

Nota: la velocidad debe estar en el rango (0.40–5) para tuberías de PVC.

Ver 2.1.4.2.

- Caudal a sección llena:

$$Q_{\text{SECC.LLENA}} = VA = 1,5818 \times (10 \times 0,0254)^2 \times (\pi/4) \times 1\,000$$

$$Q_{\text{SECC.LLENA}} = 80,1510 \text{ litros}$$

- Relación de caudales:

$$q/Q = 25,1935 / 80,1510 = 0,3143$$

Donde  $q = Q_{\text{DIS}}$ .

$$Q = Q_{\text{SECC.LLENA}}$$

- Relación de tirantes: ver tabla de relaciones hidráulicas. Debe estar en el rango (0,10 – 0,75), Ver 2.1.3.11.

$$d/D = 0,3851 \text{ (actual)}$$

$$d/D = 0,53 \text{ (a futuro)}$$

### **2.1.6.2. Localización de la descarga**

Se localizó el punto de descarga 400 metros aguas abajo, debido a que en ese punto el nivel máximo de crecida permite el desfogue en todo tiempo, así como también en ese lugar se encuentra un terreno baldío, el cual es ideal para la construcción de la planta de tratamiento de aguas negras, la cual es necesaria para reducir el impacto al ambiente.

## **2.2. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para las colonias Lomas del capitán y Villas del Río**

### **2.2.1. Bases de diseño**

#### **2.2.1.1. Consideraciones de diseño**

Cuando en una comunidad carece de un sistema de alcantarillado pluvial adecuado y al mismo tiempo posee calles con pendientes pronunciadas, las aguas de lluvia corren sobre la superficie de la misma, dañando el pavimento, provocando inundaciones en calles planas aguas abajo y poniendo en peligro la integridad física de peatones y vehículos. Podemos solucionar el problema de dos maneras diferentes:

- La evacuación del agua pluvial por medio de un sistema superficial o comúnmente llamado cunetas.
- Por el diseño y construcción de alcantarillados pluviales.

El sistema superficial tiene la ventaja de un menor costo de construcción y más bajo costo de mantenimiento, con las desventajas de ser de mayor peligro y menor confort para los peatones y vehículos.

El sistema de alcantarillado por su parte aunque de un costo más elevado provee mayor seguridad y confort a los peatones y vehículos pues desfoga el agua hasta puntos seguros donde el daño será mínimo o nulo. Un sistema de alcantarillados también permite un mejor tiempo de vida de los pavimentos de las calles.

## **2.2.2. Diseño de sistema**

El diseño del sistema se realiza con base en cálculos que consideran la intensidad de lluvia, el área a ser diseñada, el caudal y coeficiente de escorrentía, para que el sistema sea funcional.

### **2.2.2.1. Cálculo del caudal del sistema pluvial**

Para determinar el caudal pluvial se utiliza el método racional detallado en la siguiente fórmula:

$$Q = (CIA / 360 ) 1\ 000$$

Donde:

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s.

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en mm/h

A = área en hectáreas.

#### **2.2.2.2. Período de diseño**

El sistema se proyecta para realizar adecuadamente su función durante un período de 25 años a partir de la fecha de su construcción.

#### **2.2.2.3. Intensidad de lluvia**

Es la cantidad de lluvia (Caudal) por unidad de superficie, equivalente a la altura de la precipitación caída por unidad de tiempo, regularmente se mide en mm/h. Estas se determinan según datos obtenidos en las estaciones pluviométricas. La intensidad de una lluvia depende de la duración de esta, las lluvias de menor duración regularmente son de mayor intensidad.

La intensidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 10 años la podemos calcular en la siguiente fórmula:

$$I = 12\ 660 / (t+32)^{1,65}$$

Donde t = tiempo de concentración (tiempo necesario para que la escorrentía de una tormenta fluya desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de desfogue).

#### **2.2.2.4. Coeficiente de escorrentía**

Es el porcentaje de agua total llovida tomada en consideración. Debido a la retención de agua por parte del suelo, así como también a la evaporación e infiltración, no todo el volumen de nuestra precipitación pluvial drena por medio de nuestra alcantarilla, por eso se calcula por medio de la siguiente fórmula:



$$C = \frac{\sum (c \times a)}{\sum A}$$

Donde:

c = coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales.

a = áreas parciales (ha)

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

A = área total

Tabla II. **Valores para superficies**

| Valores de "c" para superficies      | min. | max. | adoptado |
|--------------------------------------|------|------|----------|
| Techos Impermeables                  | 0.70 | 0.95 | 0.80     |
| Pavimentos en buen estado            | 0.85 | 0.90 | 0.90     |
| Sup. sin pavimento, patios y baldíos | 0.10 | 0.30 | 0.20     |

Fuente: MORALES CUSTODIO, Ana José. *Diseño de Abastecimiento de agua potable, pavimento rígido, drenaje sanitario y pluvial del barrio El Recuerdo, y drenaje sanitario y pluvial para la colonia Las Victorias, Municipio de Jocotenango, Sacatepéquez.* p. 48.

#### 2.2.2.5. **Áreas tributarias**

Área a drenar expresada en hectáreas. Es importante tomar en cuenta pues nuestra capacidad de drenar depende del área individual de drenaje de cada registro.

#### 2.2.2.6. **Caudal de diseño**

Es el flujo que determina las condiciones hidráulicas de diseño del drenaje sanitario. Es el caudal que puede transportar el sistema en un momento determinado.

### **2.2.2.7. Relación de diámetros y caudales**

A fin de que nuestras tuberías no se obstruyan y sean lo más eficiente posible, es necesario el cálculo adecuado de los diámetros de las mismas dependiendo de su caudal de diseño  $Q_{DIS}$ . El diámetro mínimo para tuberías de concreto debe ser 10" (idealmente 12" min.). El diámetro mínimo para tuberías de PVC debe ser 8" (idealmente un mínimo de 10"). Tomar en cuenta las siguientes especificaciones.

$$Q_{DIS} < Q_{SECC. LLENA}$$

$0,6 < v \leq 3$       dónde velocidad "v" en m/s.

$d/D \leq 0,90$       dónde: d = tirante

D = Ø tubería.

### **2.2.2.8. Pendientes máximas y mínimas**

Ver 2.1.4.12 e inciso anterior 2.2.2.7.

### **2.2.3. Diámetros de tubería**

El criterio de diseño para determinar el diámetro de una red de alcantarillados sanitarios especifica un mínimo de 8" para tuberías de concreto y 6" para tuberías PVC.

### **2.2.3.1. Profundidad del colector**

La profundidad mínima dependerá del tráfico sobre el colector y de su diámetro.

### **2.2.3.2. Velocidades máximas y mínimas**

Las Normas Generales para diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal establecen el rango de velocidades permisibles siguientes, para diseño de drenaje sanitario.

- Velocidad máxima con el caudal de diseño es 3,00 m/s, pudiendo diseñar en tubería PVC hasta una velocidad máxima de 5 m/s, según el manual Técnico de diseño de Amanco.
- Velocidad mínima con el caudal de diseño, 0,60 m/s. Siendo la mínima para tuberías PVC de 0,40 m/s según el manual técnico de diseño de Amanco.

Las velocidades mínimas fijadas tienen el objetivo de impedir que ocurra la decantación de los sólidos, pero también las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, piedras, entre otros), hacen un efecto abrasivo a la tubería, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 5,00m/s.

### **2.2.3.3. Cotas invert**

Es la cota que determina la localización de la parte inferior interior de la tubería. Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, se deben considerar los siguientes aspectos que se refieren a las cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita. Cuando a un pozo de visita entra una tubería

y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, a 3 cm debajo de la cota invert de entrada.

$$\text{Si } \emptyset_{\text{ENTRADA}} = \emptyset_{\text{SALIDA}}$$

$$\text{COTA}_{\text{INVERT DE SALIDA}} = \text{COTA}_{\text{INVERT DE ENTRADA}} - 0,03$$

$$\text{Si } \emptyset_{\text{ENTRADA}} < \emptyset_{\text{SALIDA}}$$

$$\text{COTA}_{\text{INVERTSALIDA}} = \text{COTA}_{\text{INVERT.ENTRADA}} - (\emptyset_{\text{SAL.}} - \emptyset_{\text{ENT.}})$$

(Como mínimo)

#### 2.2.4. Tragantes de rejilla

Los tragantes de rejilla se pueden considerar como canales abiertos, en ellos la escorrentía fluye sometida a la presión atmosférica, los tragantes de rejilla tienen la ventaja de ser muy eficientes pues captan el agua de lluvia rápidamente para trasladarla al sistema, además con la ventaja sobre las cunetas o canales abiertos de poder transitar sobre ellas y además no permitir el ingreso de basura grande que obstruya la evacuación de las aguas.

El caudal de agua a transportar lo podemos encontrar por el método racional de acuerdo al ancho y largo de calles aguas arriba para luego por medio de la aplicación de la fórmula de *Manning* determinar el área de la sección y por ende sus dimensiones.

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

Donde:

A = área de la sección del tragante de rejilla

$R_H$  = radio hidráulico

S = pendiente

n = factor de rugosidad

#### **2.2.4.1. Especificaciones para tragantes de rejilla**

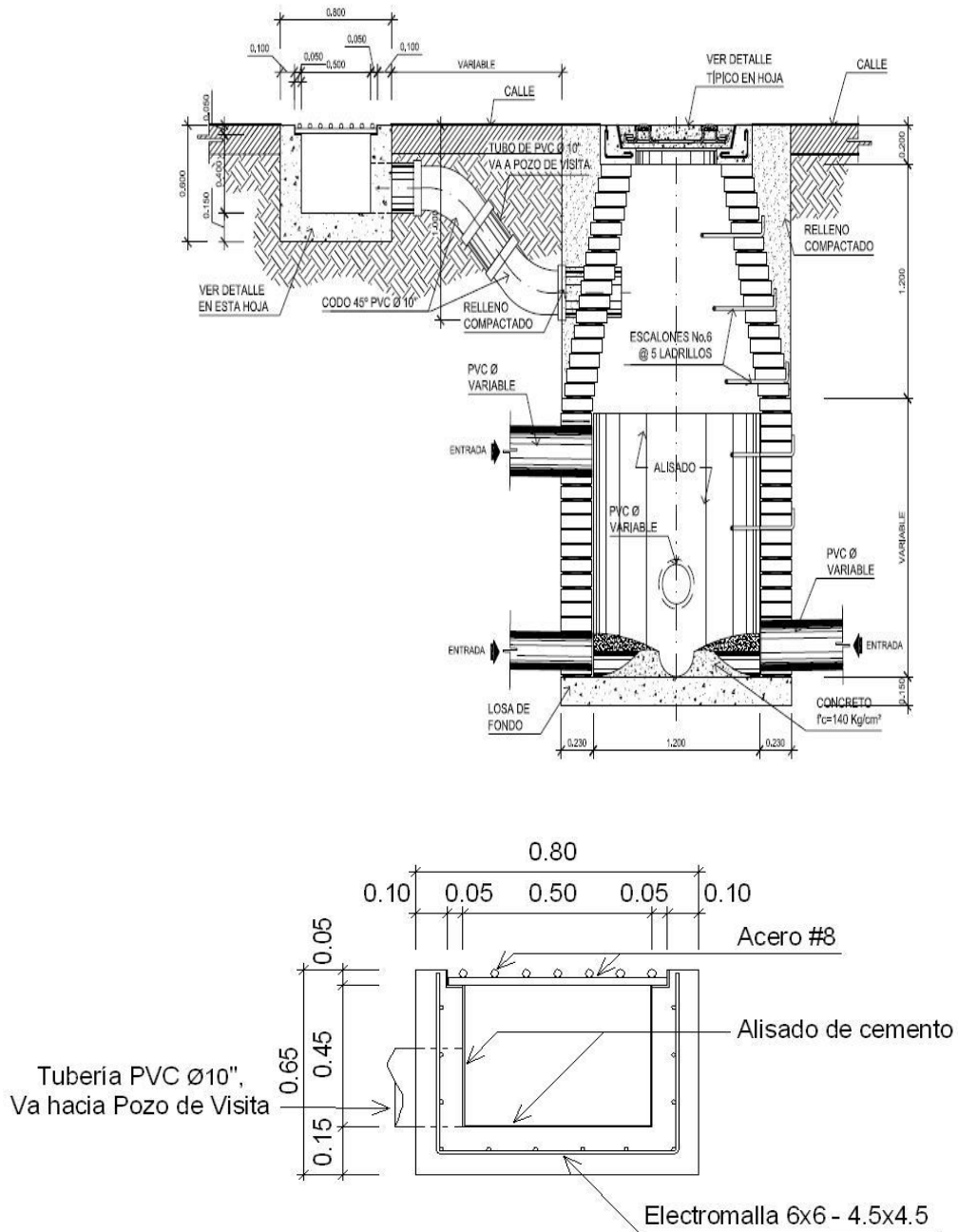
Los tragantes de rejilla según el Instituto de Fomento Municipal de Guatemala –INFOM- deben construirse de acuerdo a algunas especificaciones técnicas mínimas, las cuales detallamos a continuación:

- Marco de rejilla de 2"x2"x ¼"
- Acero de 1" transversal y longitudinal de grado 40
- Separación de acero longitudinal de 7,5 cm.
- Separación de acero transversal de 25 cm.
- Fundición de canal de concreto 4000 PSI
- Refuerzo de fundición con acero núm. 3 @ 0,15
- Alisado interno de cemento proporción 1:3
- Pendiente de alisado de cemento de 2 %

#### **2.2.4.2. Conexión de rejilla a pozo de visita**

La conexión de los tragantes de rejilla a los pozos de visita se deberán hacer como mínimo mediante tubo PVC de Ø10" el cual especificamos en el siguiente detalle cuya fuente es del Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

Figura 2. Diseño de pozo de visita



Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

## 2.2.5. Diseño hidráulico

En los siguientes subtítulos se describe el diseño del sistema hidráulico para el sistema de alcantarillado pluvial

### 2.2.5.1. Ejemplo de diseño de un tramo

Tramo de pv-5 a pv-6

- Longitud = 58,53 m.
- Cota inicial = 89,18
- Cota final = 88,70
- No. de viviendas = 159
- Área de vivienda = 10m X 25m = 250m<sup>2</sup>. = 0,025 Ha
- Área contribuyente = 159 X 0,025 = 3,975 Ha.
- Pendiente de terreno:

$$S = ( (89,18 - 88,71) / 58,53 ) * 100 = 0,82 \%$$

- Coeficiente de escorrentía C = 0,70
- Intensidad de precipitación I = 150 mm/h.
- Caudal de diseño:

$$q = CIA / 360 * 1\ 000$$

$$q = (0,70 * 150 * 3,975) / 360 * 1\ 000 = 1,159 \text{ m}^3/\text{s} = 1\ 159,375 \text{ L/s}$$

- Diámetro de tubería = 30" = 0,762m.
- Pendiente S = 1 %

- Área tubería, sección llena =  $(\pi/4)(0,762)^2=0,4561$
- $n = 0,0090$
- Velocidad a sección llena:

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

$$V = \frac{1}{n} (D/4)^{(2/3)} S^{(1/2)}$$

$$V = ( 1/ 0,009 * (0,762/4)^{2/3} ) * (0,01)^{1/2}$$

$$V = 3,6786 \text{ m/s.}$$

Chequeo: velocidad debe estar entre (0,6 – 5)m/s.

- Caudal a sección llena

$$Q = VA = (3,6786 \times 0,4561) = 1,6776 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$Q = 1677,6491 \text{ L/s.}$$

- Relaciones hidráulicas:

Chequeo: relación de tirantes  $d/D$  debe estar en

Rango (0,10 – 0,90)

$$q/Q = 0,6911$$

$$v/V = 1,0789$$



$d/D = 0,6110$

### **2.2.5.2. Localización de la descarga**

Se localizó el punto de descarga 400 metros aguas abajo, debido a que en ese punto el nivel máximo de crecida permite el desfogue en todo tiempo, así como también en ese lugar se encuentra un terreno baldío, el cual es ideal para la construcción de la planta de tratamiento de aguas negras, la cual es necesaria para reducir el impacto al ambiente.

### **2.3. Operación y mantenimiento**

Para lograr el correcto funcionamiento del sistema propuesto, en primer lugar la comunidad deberá llevar a cabo un reglamento de operación y mantenimiento. Con dicho reglamento se deberá educar a la comunidad sobre el debido uso del sistema y como darle el mantenimiento adecuado para que también sea durable.

Los pozos de visita, las cajas, las rejillas deberán desazolverse periódicamente así como mantener el sistema libre de basura. El sistema de alcantarillado sanitario deberá ser protegido de conexiones ilícitas, así como el sistema pluvial deberá ser protegido de basura sobre todo en los tragantes y rejillas.

### **2.4. Presupuesto**

En el presupuesto se encuentra la descripción por renglón para la realización del proyecto y se detalla en la tabla III.

## Tabla III. Presupuesto



**MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR  
MUNICIPALIDAD DE AMATITLÁN**



### 2.4 PRESUPUESTO

Proyecto: **Construcción de Alcantarillado Sanitario y Pluvial,  
Colonias Villas del Río y Lomas de Capitán**

Municipio: **Amatitlán**

Departamento: **Guatemala**

Fecha: **Mayo 2,017**

| No. | Descripción del renglón   | Unidad         | Cantidad | Precio Unitario (Q) | Precio Renglón (Q) |
|-----|---|----------------|----------|---------------------|--------------------|
| 1   | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>  |                |          |                     |                    |
| 1,1 | Replanteo Topográfico, Planimetría y Altimetría   | m              | 6 994    | 4,42                | 30 913,48          |
| 1,2 | Excavación con Maquinaria   | m <sup>3</sup> | 12 200   | 24,85               | 303 170,00         |
| 1,3 | Relleno   | m <sup>3</sup> | 11 645   | 53,72               | 625 569,40         |
| 1,4 | Retiro de material sobrante   | m <sup>3</sup> | 2 329    | 27,34               | 63 674,86          |
| 2   | <b>RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL</b>  |                |          |                     |                    |
| 2,1 | Tubería y Accesorios PVC Ø6" NOVAFORT   | m              | 2 927    | 127,00              | 371 729,00         |
| 2,2 | Tubería y Accesorios PVC Ø8" NOVAFORT   | m              | 984      | 196,92              | 193 769,28         |
| 2,3 | Tubería y Accesorios PVC Ø10" NOVAFORT  | m              | 922      | 303,99              | 280 278,78         |
| 2,4 | Tubería y Accesorios PVC Ø12" NOVAFORT  | m              | 534      | 413,42              | 220 766,28         |
| 2,5 | Tubería y Accesorios PVC Ø15" NOVAFORT  | m              | 318      | 614,22              | 195 321,96         |
| 2,6 | Tubería y Accesorios PVC Ø18" NOVAFORT  | m              | 330      | 734,96              | 242 536,80         |
| 2,7 | Tubería y Accesorios PVC Ø24" NOVAFORT  | m              | 516      | 1 357,08            | 700 253,28         |
| 2,8 | Tubería y Accesorios PVC Ø30" NOVAFORT  | m              | 276      | 2 164,21            | 597 321,96         |
| 2,9 | Tubería y Accesorios PVC Ø36" NOVAFORT  | m              | 12       | 2 924,81            | 35 097,72          |
| 3   | <b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>  |                |          |                     |                    |
| 3,1 | Conexión Domiciliar   | Unidad         | 986      | 2 577,19            | 2 541 109,34       |
| 4   | <b>POZOS DE VISITA</b>  |                |          |                     |                    |
| 4,1 | Construcción de Pozo de Visita para drenaje sanitario, diametro interno 1.20m. y profundidad entre 1.40 - 3.00 m. | Unidad         | 45       | 9 305,44            | 418 744,80         |
| 4,2 | Construcción de Pozo de Visita para drenaje sanitario, diametro interno 1.20m. y profundidad entre 3.01 - 5.00 m. | Unidad         | 6        | 18 036,31           | 108 217,86         |
| 4,3 | Construcción de Pozo de Visita para drenaje pluvial, diametro interno 1.20m. y profundidad entre 1.40 - 2.50 m.   | Unidad         | 24       | 9 305,44            | 223 330,56         |
| 4,4 | Construcción de Pozo de Visita para drenaje pluvial, diametro interno 1.50m. y profundidad entre 2.51 - 3.50 m.   | Unidad         | 18       | 15 536,38           | 279 654,84         |
| 4,5 | Construcción de Pozo de Visita para drenaje pluvial, diametro interno 1.50m. y profundidad entre 3.51 - 6.00 m.   | Unidad         | 6        | 21 888,27           | 131 329,62         |
| 5   | <b>CAJAS DE REGISTRO</b>  |                |          |                     |                    |
| 5,1 | Caja de Registro Tipo 1 (Tragante de Acera)   | Unidad         | 5        | 8 637,27            | 43 186,35          |
| 5,2 | Caja de Registro Tipo 2   | Unidad         | 7        | 5 240,91            | 36 686,37          |
| 6   | <b>CANALES</b>  |                |          |                     |                    |
| 6,1 | Canal Tipo 1 de 0.90 m. (Detalle 1)   | m              | 38       | 2 558,34            | 97 216,92          |
| 6,2 | Canal Tipo 2 de 0.50 m. (Detalle 3, Tragante de Rejilla, Profundidad variable)                                    | m              | 13       | 3 158,95            | 41 066,35          |
| 6,3 | Canal Tipo 2 de 0.50x0.50 m. (Rejilla de Calle de 6.00 m.)  | Unidad         | 8        | 14 054,13           | 112 433,04         |
| 6,4 | Canal Tipo 3 de 0.40 m. (Detalle 2)   | m              | 109      | 1 260,84            | 137 431,56         |

**PRECIO TOTAL ESTIMADO Q 8 030 810,41**

**Precio total en letras:** Ocho millones treinta mil ochocientos diez quetzales con cuarenta y un centavos

Fuente: elaboración propia.

## **2.5. Evaluación de impacto ambiental**

La vulnerabilidad es el grado en que el sistema o una población está expuesta o protegida ante una amenaza natural. Las comunidades de las colonias Lomas del Capitán y Villas del Río por encontrarse en las márgenes del río Michatoya son vulnerables a las inundaciones. Se puede reducir la probabilidad de un desastre con la construcción de proyectos como el formulado en el presente trabajo de graduación, porque en primer lugar, el agua de las lluvias serán bien canalizadas evitando que estas destruyan la infraestructura a su paso así como también la integridad de vidas humanas. En segundo lugar se evitará la contaminación de aguas servidas corriendo superficialmente lo cual puede producir enfermedades diversas.

En la presente obra de ingeniería se hace necesario realizar un Estudio de Impacto Ambiental para poder minimizar el impacto al ambiente que el proyecto ocasione. El estudio de impacto ambiental, lo podemos definir como un estudio técnico multidisciplinario que tiene el objetivo de predecir, identificar y corregir los posibles efectos negativos que determinadas situaciones puedan causar sobre la calidad de vida del hombre. El presente proyecto de diseño y construcción de los sistemas de alcantarillados sanitarios y pluviales deberá complementarse con el diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas negras, dicho proyecto deberá formularse y construirse como una necesidad para mitigar el impacto negativo de las aguas residuales al ambiente. Estamos seguros que en el presente proyecto los impactos al ambiente positivos serán mayores que los negativos, sin embargo, se recomiendan algunas medidas para reducir la vulnerabilidad, entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- Por medio de la organización comunal llevar a cabo y difundir un mapeo de las zonas de mayor riesgo, así como la rotulación adecuada en dichas zonas de peligro.
- Mantener un sistema de alerta en la época crítica de invierno o en época de temporales y crecidas.
- Regularmente los sistemas colapsan debido a la falta de mantenimiento de los mismos, por eso es necesario involucrar a la comunidad para lograr darle al sistema un mantenimiento periódico (desasolvamiento y limpieza de desechos sólidos), así como el uso adecuado al mismo.
- Capacitación de miembros de la comunidad para realizar la tarea del anterior inciso que se refiere al mantenimiento del sistema, específicamente la limpieza de pozos de visita y rejillas.
- Coordinar con la municipalidad, la disposición de basureros en puntos estratégicos para que los desechos sólidos no terminen en el sistema de alcantarillado pluvial.

En el caso de un desastre natural en donde haya que reparar, reconstruir o reemplazar parte del sistema por la destrucción del mismo, se deberá recurrir a empleados y maquinaria de empresas públicas (locales o gobierno central), tales como la Municipalidad de Amatitlán, CONRED, entre otros. En tales casos es necesaria una coordinación efectiva, cuyo grado de efectividad dependerá de la previsión que se haga y no de la improvisación.

La construcción del sistema de alcantarillados tendrá algunos efectos negativos, los cuales serán básicamente en la fase de construcción, ya que en labores de zanjeo el polvo pueden ser perjudicial. Otra probabilidad es la coincidencia de lluvia con los trabajos de zanjeo, produciendo lodo. Razón por la cual se deben tomar las necesarias medidas de seguridad industrial para proteger a los pobladores y trabajadores de la construcción. En cuanto a los

pobladores se deberá rotular y circular los puntos de peligro, en cuanto a los trabajadores deberán utilizar mascarillas, guantes, casco, botas y toda medida de seguridad industrial aplicable. También deberá tenerse un botiquín para brindar los primeros auxilios y algún personal de la obra previamente capacitado.

## **2.6. Cronograma de ejecución**

El cronograma de ejecución del proyecto se describe en la tabla IV.

Tabla IV. Cronograma de ejecución



MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR  
MUNICIPALIDAD DE AMATITLÁN

2.6 PROGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA Y FINANCIERA

Proyecto: Construcción de Alcantarillado Sanitario y Pluvial.

Municipio: Amatitlán

Departamento: Guatemala

Fecha: Mayo 2, 017

| No. | Descripción del ítem                            | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (Q) | Precio Renglón (Q) | Mes 1                    | Mes 2                     | Mes 3                   | Mes 4                     | Mes 5                     | Mes 6                   | Mes 7                   | Mes 8                    |
|-----|---|--------|----------|---------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1   | TRABAJO PRELIMINARES                            |        |          |                     |                    |                          |                           |                         |                           |                           |                         |                         |                          |
| 1.1 | Replanteo Topográfico, Planimetría y Altimetría | m      | 6 994    | 4.42                | 30 913.48          | 6 994.00<br>Q. 30 913.48 |                           |                         |                           |                           |                         |                         |                          |
| 1.2 | Excavación con Maquinaria                       | m³     | 1 200    | 24.85               | 303 170.00         | 6 000.00<br>Q. 49 100.00 | 8 200.00<br>Q. 154 070.00 |                         |                           |                           |                         |                         |                          |
| 1.3 | Repleno   | m³     | 11 645   | 53.72               | 625 569.40         |                          |                           |                         | 6 645.00<br>Q. 358 989.40 | 5 000.00<br>Q. 268 000.00 |                         |                         | 2 329.00<br>Q. 63 674.86 |
| 1.4 | Retiro de material sobrante                     | m³     | 2 329    | 27.34               | 63 674.86          |                          |                           |                         |                           |                           |                         |                         |                          |
| 2   | RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL       |        |          |                     |                    |                          |                           |                         |                           |                           |                         |                         |                          |
| 2.1 | Tubería y Accesorios PVC Ø8"                    | m      | 2 927    | 127.00              | 371 729.00         |                          | 2 927.00<br>Q. 371 729.00 |                         |                           |                           |                         |                         |                          |
| 2.2 | Tubería y Accesorios PVC Ø8"                    | m      | 984      | 196.52              | 193 769.28         |                          | 984.00<br>Q. 193 769.28   |                         |                           |                           |                         |                         |                          |
| 2.3 | Tubería y Accesorios PVC Ø10"                   | m      | 922      | 303.99              | 280 278.78         |                          |                           | 922.00<br>Q. 280 278.78 |                           |                           |                         |                         |                          |
| 2.4 | Tubería y Accesorios PVC Ø12"                   | m      | 534      | 413.42              | 220 766.28         |                          |                           |                         |                           | 534.00<br>Q. 220 766.28   |                         |                         |                          |
| 2.5 | Tubería y Accesorios PVC Ø15"                   | m      | 318      | 614.22              | 195 321.96         |                          |                           |                         |                           |                           | 318.00<br>Q. 195 321.96 |                         |                          |
| 2.6 | Tubería y Accesorios PVC Ø18"                   | m      | 330      | 734.96              | 242 536.80         |                          |                           |                         |                           |                           |                         | 330.00<br>Q. 242 536.80 |                          |
| 2.7 | Tubería y Accesorios PVC Ø24"                   | m      | 516      | 1 357.06            | 700 253.28         |                          |                           |                         |                           |                           |                         |                         | 516.00<br>Q. 700 253.28  |
| 2.8 | Tubería y Accesorios PVC Ø30"                   | m      | 278      | 2 164.21            | 597 321.96         |                          |                           |                         |                           |                           |                         |                         | 278.00<br>Q. 597 321.96  |
| 2.8 | Tubería y Accesorios PVC Ø36"                   | m      | 12       | 2 924.81            | 35 097.72          |                          |                           |                         |                           |                           |                         |                         | 12.00<br>Q. 35 097.72    |



## CONCLUSIONES

1. El diseño y la construcción del proyecto de alcantarillado sanitario y pluvial para las colonias Lomas del Capitán y Villas del río responde a una necesidad de los pobladores de dichas colonias, los cuales sufren inundaciones y contaminación en época de invierno, debido a que el sistema Combinado actual se encuentra totalmente obsoleto. Con el nuevo diseño y construcción podremos ofrecer a la población seguridad.
2. La realización del proyecto beneficiará en las colonias Lomas del Capitán y Villas del Río actualmente a 3 000 personas y a 25 años a mas de 5 500 personas. El beneficio consiste en mejor calidad de vida de dicha población pues con el buen funcionamiento del sistema podremos prevenir enfermedades infecciosas, micóticas y gastrointestinales, pudiendo contribuir así al desarrollo de la población.
3. El desarrollo del proyecto también permitirá mantener la infraestructura municipal en buen estado, las calles al no ser inundadas tendrán un mantenimiento menos costoso.
4. Se determinó el criterio para el diseño de los sistemas de alcantarillado, el uso de tubería NOVAFORT que cumplen con la Norma ASTM D 1784 que garantiza un alto desempeño hidráulico y larga durabilidad. El costo de inversión con respecto a la tubería de concreto puede parecer un



factor negativo pero resulta rentable con respecto al tiempo de duración y funcionalidad.

## RECOMENDACIONES

1. A la menor brevedad posible, construir una planta de tratamiento de aguas negras, esto con el objetivo de minimizar el impacto negativo al río Michatoya el cual se encuentra actualmente en franca contaminación debido a las aguas negras y desechos sólidos de la región.
2. Brindar mantenimiento periódico del sistema de alcantarillado, tanto pluvial como sanitario, el cual consiste en la limpieza de sedimentos y basura. El buen funcionamiento del mismo depende del mantenimiento del mismo, así como la seguridad de los vecinos y usuarios.
3. Para la labor de mantenimiento, trasladar parte tal responsabilidad a la comunidad misma, pues ellos son los más interesados en su buen funcionamiento y durabilidad.
4. Es importante el estricto control de separar las aguas servidas de las de lluvia. El buen desempeño hidráulico del sistema será el control en la construcción de las conexiones domiciliarias respectivas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO. *Manual Técnico de Tubosistemas*. 2017.
2. \_\_\_\_\_. *Novafort y Novaloc Manual de Diseño*. 2016.
3. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria*  
2. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 135 p.
4. FREDERICK S. Merritt. *Manual del Ingeniero Civil*, tomo IV. 3a. ed. México: McGraw-Hill, 1994. 386 p.
5. Instituto de Fomento Municipal (INFOM). *Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados INFOM 2001*. Guatemala: INFOM, 2009. 22 p.
6. Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR). *Normas de dibujo topográfico e hidráulico para la elaboración de planos para la construcción de acueductos rurales de Unepar*. Guatemala: INFOM-UNEPAR, 2009. 41 p.
7. MORALES CUSTODIO, Ana José. *Diseño de Abastecimiento de agua potable, pavimento rígido, drenaje sanitario y pluvial del barrio El Recuerdo, y drenaje sanitario y pluvial para la colonia Las*

*Victorias, Municipio de Jocotenango, Sacatepéquez.* Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 105 p.



Continuación apéndice 1.

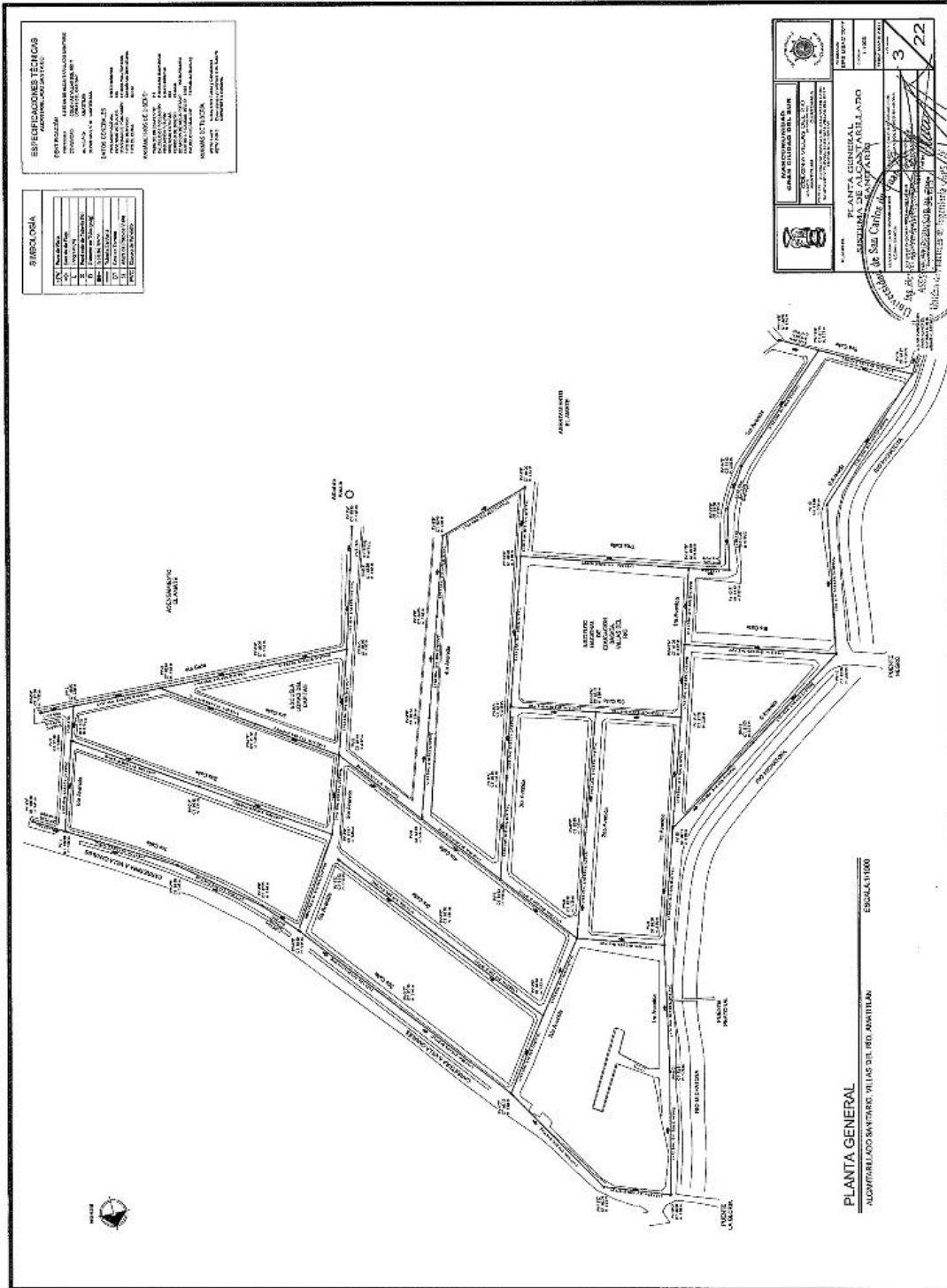
| Comisión CALCE O SISTEMA SANITARIO |        |                                      |                                  |                            |                                  |   |                            |                      |   |   |                   |  |
|------------------------------------|--------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|----------------------------|----------------------|---|---|-------------------|--|
| De                                 | A      | altura poseo<br>agua arriba<br>(mts) | cota invert<br>salida<br>Cemento | Denivel<br>h(5' distancia) | Cota invert<br>entrada<br>CECS-H | altura poseo<br>paradente<br>agua abajo<br>huberia(N) | condicion<br>pendiente >1% | Ancho zanja<br>(mts) | volumen excavacion<br>entre pozos<br>m <sup>3</sup> | volumen de relleno<br>entre pozos<br>m <sup>3</sup> | velocidad<br>m/mg |  |
| PV 1A                              | PV 1   | 1.41                                 | 98.59                            | 0.20                       | 98.39                            | 1.66  | continuar                  | 0.60                 | 18.42   | 18.06   | 0.68              |  |
| PV 2                               | PV 2   | 1.49                                 | 98.59                            | 0.17                       | 98.42                            | 1.70  | continuar                  | 0.60                 | 19.33   | 19.33   | 0.68              |  |
| PV 3                               | PV 3   | 1.49                                 | 98.81                            | 0.13                       | 98.78                            | 1.71  | continuar                  | 0.60                 | 19.75   | 19.75   | 1.16              |  |
| PV 3A                              | PV 3   | 1.53                                 | 98.98                            | 1.30                       | 94.78                            | 1.71  | continuar                  | 0.60                 | 19.44   | 19.08   | 0.91              |  |
| PV 4                               | PV 4   | 2.06                                 | 98.43                            | 3.33                       | 95.10                            | 1.65  | continuar                  | 0.60                 | 65.56   | 59.48   | 0.84              |  |
| PV 4A                              | PV 4   | 1.68                                 | 91.16                            | 2.44                       | 89.72                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 55.44   | 54.35   | 1.39              |  |
| PV 4B                              | PV 5   | 1.43                                 | 89.69                            | 2.06                       | 87.63                            | 1.55  | continuar                  | 0.60                 | 47.21   | 46.25   | 1.71              |  |
| PV 4C                              | PV 4A  | 1.40                                 | 91.44                            | 3.54                       | 87.90                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 50.58   | 49.49   | 1.11              |  |
| PV 4D                              | PV 5A  | 1.44                                 | 87.87                            | 3.37                       | 85.50                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 44.93   | 43.97   | 1.21              |  |
| PV 7A                              | PV 6A  | 1.61                                 | 89.24                            | 2.98                       | 86.26                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 23.76   | 22.79   | 1.19              |  |
| PV 7B                              | PV 7A  | 1.60                                 | 89.24                            | 0.76                       | 88.48                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 23.76   | 22.79   | 1.19              |  |
| PV 8A                              | PV 5A  | 1.60                                 | 85.30                            | 0.94                       | 86.36                            | 4.82  | continuar                  | 0.75                 | 251.76  | 150.12  | 1.10              |  |
| PV 1                               | PV 2B  | 1.45                                 | 98.60                            | 0.83                       | 97.77                            | 1.43  | continuar                  | 0.60                 | 58.37   | 58.37   | 0.60              |  |
| PV 2B                              | PV 3B  | 1.46                                 | 97.74                            | 2.12                       | 95.62                            | 1.43  | continuar                  | 0.60                 | 48.48   | 47.46   | 1.23              |  |
| PV 3B                              | PV 4B  | 1.46                                 | 95.99                            | 1.67                       | 93.92                            | 1.58  | continuar                  | 0.60                 | 23.42   | 22.95   | 1.50              |  |
| PV 4B                              | PV 5B  | 1.91                                 | 92.69                            | 3.52                       | 89.17                            | 1.46  | continuar                  | 0.60                 | 69.35   | 69.35   | 1.50              |  |
| PV 5B                              | PV 6B  | 1.41                                 | 92.44                            | 1.17                       | 90.27                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 23.42   | 22.95   | 1.50              |  |
| PV 6B                              | PV 7B  | 1.43                                 | 90.24                            | 2.61                       | 87.63                            | 1.55  | continuar                  | 0.60                 | 71.11   | 69.55   | 1.76              |  |
| PV 7B                              | PV 8C  | 1.40                                 | 84.10                            | 4.41                       | 80.69                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 64.12   | 62.71   | 1.75              |  |
| PV 8C                              | PV 9C  | 1.44                                 | 85.66                            | 5.33                       | 84.33                            | 1.80  | continuar                  | 0.60                 | 79.70   | 78.21   | 1.54              |  |
| PV 9C                              | PV 7C  | 1.83                                 | 84.30                            | 1.30                       | 83.00                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 48.29   | 47.38   | 1.22              |  |
| PV 5C                              | PV 6C  | 1.43                                 | 90.19                            | 5.40                       | 84.79                            | 1.81  | continuar                  | 0.60                 | 69.98   | 68.67   | 1.61              |  |
| PV 6C                              | PV 7C  | 1.44                                 | 85.79                            | 1.95                       | 83.32                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 42.26   | 41.35   | 1.78              |  |
| PV 7C                              | PV 8   | 4.87                                 | 84.31                            | 0.93                       | 83.69                            | 5.01  | continuar                  | 0.75                 | 238.71  | 128.71  | 1.43              |  |
| PV 8                               | PV 7   | 5.64                                 | 83.66                            | 0.58                       | 83.08                            | 1.55  | continuar                  | 0.60                 | 115.61  | 113.72  | 1.45              |  |
| PV 8A                              | PV 7   | 1.44                                 | 84.42                            | 1.30                       | 83.22                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 51.30   | 50.21   | 1.90              |  |
| PV 8B                              | PV 7   | 1.46                                 | 85.28                            | 0.98                       | 84.32                            | 1.40  | continuar                  | 0.60                 | 51.30   | 50.21   | 1.90              |  |
| PV 8C                              | PV 8   | 1.58                                 | 81.14                            | 0.41                       | 80.73                            | 1.77  | continuar                  | 0.60                 | 51.92   | 50.78   | 1.46              |  |
| PV 9C                              | PV 10C | 1.60                                 | 84.53                            | 2.48                       | 82.05                            | 1.71  | continuar                  | 0.60                 | 76.97   | 75.55   | 0.90              |  |
| PV 10C                             | PV 11C | 1.74                                 | 82.02                            | 0.40                       | 81.62                            | 2.05  | continuar                  | 0.60                 | 49.17   | 48.44   | 0.68              |  |
| PV 11C                             | PV 12C | 2.08                                 | 81.99                            | 0.73                       | 80.86                            | 1.75  | continuar                  | 0.60                 | 63.58   | 62.75   | 0.73              |  |
| PV 12C                             | PV 13  | 1.76                                 | 80.83                            | 0.73                       | 80.08                            | 2.65  | continuar                  | 0.65                 | 109.05  | 100.08  | 0.80              |  |
| PV 13                              | PV 11  | 2.30                                 | 79.43                            | 0.56                       | 78.85                            | 2.75  | continuar                  | 0.65                 | 123.81  | 121.55  | 1.50              |  |
| PV 11                              | PV 12  | 2.78                                 | 78.82                            | 0.57                       | 78.25                            | 2.75  | continuar                  | 0.70                 | 163.44  | 161.12  | 1.50              |  |
| PV 8A                              | PV 9A  | 1.44                                 | 84.42                            | 2.66                       | 81.76                            | 2.15  | continuar                  | 0.65                 | 40.31   | 48.54   | 1.24              |  |
| PV 9A                              | PV 10A | 2.18                                 | 81.73                            | 1.51                       | 80.22                            | 1.95  | continuar                  | 0.65                 | 67.54   | 66.63   | 1.21              |  |
| PV 8                               | PV 8C  | 1.36                                 | 81.36                            | 0.53                       | 80.83                            | 1.82  | continuar                  | 0.60                 | 63.18   | 61.98   | 0.62              |  |
| PV 8B                              | PV 11A | 1.35                                 | 81.73                            | 0.98                       | 80.74                            | 1.80  | continuar                  | 0.65                 | 66.42   | 66.00   | 0.66              |  |
| PV 10A                             | PV 11A | 1.35                                 | 80.19                            | 0.50                       | 79.69                            | 2.09  | continuar                  | 0.65                 | 76.89   | 76.01   | 0.20              |  |
| PV 11A                             | PV 12A | 1.43                                 | 80.68                            | 1.13                       | 79.54                            | 2.32  | continuar                  | 0.65                 | 88.57   | 87.54   | 0.65              |  |
| PV 12A                             | PV 13A | 2.75                                 | 79.53                            | 0.39                       | 79.14                            | 2.24  | continuar                  | 0.65                 | 62.70   | 61.97   | 0.88              |  |
| PV 11B                             | PV 12B | 2.05                                 | 79.59                            | 0.45                       | 79.14                            | 2.24  | continuar                  | 0.65                 | 63.24   | 62.42   | 0.53              |  |
| PV 12A                             | PV 13  | 2.77                                 | 79.11                            | 0.81                       | 78.30                            | 3.70  | continuar                  | 0.70                 | 187.03  | 185.49  | 1.18              |  |
| PV 13                              | PV 14  | 3.80                                 | 78.20                            | 0.71                       | 77.49                            | 3.91  | continuar                  | 0.75                 | 265.38  | 260.70  | 1.61              |  |
| PV 14                              | PV 13  | 3.94                                 | 77.46                            | 0.74                       | 76.72                            | 4.55  | continuar                  | 0.75                 | 293.64  | 288.96  | 1.62              |  |
| PV 6                               | PV 6B  | 1.47                                 | 87.73                            | 3.60                       | 83.63                            | 1.71  | continuar                  | 0.60                 | 57.24   | 56.15   | 1.34              |  |
| PV 6B                              | PV 7B  | 1.48                                 | 82.97                            | 0.48                       | 82.49                            | 2.91  | continuar                  | 0.70                 | 76.89   | 76.01   | 0.20              |  |
| PV 7B                              | PV 8B  | 1.58                                 | 82.97                            | 0.48                       | 82.49                            | 2.91  | continuar                  | 0.70                 | 76.89   | 76.01   | 0.20              |  |
| PV 8B                              | PV 9B  | 2.94                                 | 82.46                            | 0.57                       | 81.89                            | 2.41  | continuar                  | 0.65                 | 49.10   | 48.35   | 1.53              |  |
| PV 9B                              | PV 10B | 2.44                                 | 81.98                            | 1.10                       | 80.76                            | 2.58  | continuar                  | 0.60                 | 49.10   | 48.35   | 1.53              |  |
| PV 9A                              | PV 10B | 2.10                                 | 81.41                            | 1.43                       | 80.38                            | 1.96  | continuar                  | 0.65                 | 117.79  | 116.16  | 0.84              |  |
| PV 10B                             | PV 11B | 2.12                                 | 79.32                            | 0.24                       | 79.08                            | 2.49  | continuar                  | 0.65                 | 37.42   | 36.99   | 1.20              |  |
| PV 11B                             | PV 12B | 2.32                                 | 79.05                            | 0.36                       | 78.69                            | 2.90  | continuar                  | 0.65                 | 63.75   | 63.09   | 1.20              |  |
| PV 12B                             | PV 13B | 3.05                                 | 78.37                            | 0.62                       | 77.72                            | 3.75  | continuar                  | 0.70                 | 185.49  | 184.75  | 1.27              |  |
| PV 13B                             | PV 14B | 3.05                                 | 78.37                            | 0.62                       | 77.72                            | 3.75  | continuar                  | 0.70                 | 185.49  | 184.75  | 1.27              |  |
| PV 14B                             | PV 15B | 3.05                                 | 78.37                            | 0.62                       | 77.72                            | 3.75  | continuar                  | 0.70                 | 185.49  | 184.75  | 1.27              |  |
| PV 15B                             | PV 16B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 16B                             | PV 17B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 17B                             | PV 18B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 18B                             | PV 19B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 19B                             | PV 20B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 20B                             | PV 21B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 21B                             | PV 22B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 22B                             | PV 23B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 23B                             | PV 24B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 24B                             | PV 25B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 25B                             | PV 26B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 26B                             | PV 27B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 27B                             | PV 28B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 28B                             | PV 29B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 29B                             | PV 30B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 30B                             | PV 31B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 31B                             | PV 32B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 32B                             | PV 33B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 33B                             | PV 34B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 34B                             | PV 35B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 35B                             | PV 36B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 36B                             | PV 37B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 37B                             | PV 38B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 38B                             | PV 39B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 39B                             | PV 40B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 40B                             | PV 41B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 41B                             | PV 42B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 42B                             | PV 43B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 43B                             | PV 44B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 44B                             | PV 45B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 45B                             | PV 46B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 46B                             | PV 47B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 47B                             | PV 48B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 48B                             | PV 49B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 49B                             | PV 50B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 50B                             | PV 51B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 51B                             | PV 52B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 52B                             | PV 53B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 53B                             | PV 54B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 54B                             | PV 55B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 55B                             | PV 56B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 56B                             | PV 57B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 57B                             | PV 58B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 58B                             | PV 59B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 59B                             | PV 60B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 60B                             | PV 61B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 61B                             | PV 62B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20.38   | 19.84   | 1.13              |  |
| PV 62B                             | PV 63B | 1.40                                 | 81.97                            | 1.68                       | 79.89                            | 1.41  | continuar                  | 0.60                 | 20  |   |                   |  |











**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**  
MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

|            |           |             |             |             |             |             |             |             |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |
|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1. ENTRADA | 2. SALIDA | 3. PASADIZO | 4. PASADIZO | 5. PASADIZO | 6. PASADIZO | 7. PASADIZO | 8. PASADIZO | 9. PASADIZO | 10. PASADIZO | 11. PASADIZO | 12. PASADIZO | 13. PASADIZO | 14. PASADIZO | 15. PASADIZO | 16. PASADIZO | 17. PASADIZO | 18. PASADIZO | 19. PASADIZO | 20. PASADIZO | 21. PASADIZO | 22. PASADIZO | 23. PASADIZO | 24. PASADIZO | 25. PASADIZO | 26. PASADIZO | 27. PASADIZO | 28. PASADIZO | 29. PASADIZO | 30. PASADIZO | 31. PASADIZO | 32. PASADIZO | 33. PASADIZO | 34. PASADIZO | 35. PASADIZO | 36. PASADIZO | 37. PASADIZO | 38. PASADIZO | 39. PASADIZO | 40. PASADIZO | 41. PASADIZO | 42. PASADIZO | 43. PASADIZO | 44. PASADIZO | 45. PASADIZO | 46. PASADIZO | 47. PASADIZO | 48. PASADIZO | 49. PASADIZO | 50. PASADIZO | 51. PASADIZO | 52. PASADIZO | 53. PASADIZO | 54. PASADIZO | 55. PASADIZO | 56. PASADIZO | 57. PASADIZO | 58. PASADIZO | 59. PASADIZO | 60. PASADIZO | 61. PASADIZO | 62. PASADIZO | 63. PASADIZO | 64. PASADIZO | 65. PASADIZO | 66. PASADIZO | 67. PASADIZO | 68. PASADIZO | 69. PASADIZO | 70. PASADIZO | 71. PASADIZO | 72. PASADIZO | 73. PASADIZO | 74. PASADIZO | 75. PASADIZO | 76. PASADIZO | 77. PASADIZO | 78. PASADIZO | 79. PASADIZO | 80. PASADIZO | 81. PASADIZO | 82. PASADIZO | 83. PASADIZO | 84. PASADIZO | 85. PASADIZO | 86. PASADIZO | 87. PASADIZO | 88. PASADIZO | 89. PASADIZO | 90. PASADIZO | 91. PASADIZO | 92. PASADIZO | 93. PASADIZO | 94. PASADIZO | 95. PASADIZO | 96. PASADIZO | 97. PASADIZO | 98. PASADIZO | 99. PASADIZO | 100. PASADIZO |
|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|

**SIMBOLOGIA**

|             |             |             |             |             |             |             |             |             |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |               |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1. PASADIZO | 2. PASADIZO | 3. PASADIZO | 4. PASADIZO | 5. PASADIZO | 6. PASADIZO | 7. PASADIZO | 8. PASADIZO | 9. PASADIZO | 10. PASADIZO | 11. PASADIZO | 12. PASADIZO | 13. PASADIZO | 14. PASADIZO | 15. PASADIZO | 16. PASADIZO | 17. PASADIZO | 18. PASADIZO | 19. PASADIZO | 20. PASADIZO | 21. PASADIZO | 22. PASADIZO | 23. PASADIZO | 24. PASADIZO | 25. PASADIZO | 26. PASADIZO | 27. PASADIZO | 28. PASADIZO | 29. PASADIZO | 30. PASADIZO | 31. PASADIZO | 32. PASADIZO | 33. PASADIZO | 34. PASADIZO | 35. PASADIZO | 36. PASADIZO | 37. PASADIZO | 38. PASADIZO | 39. PASADIZO | 40. PASADIZO | 41. PASADIZO | 42. PASADIZO | 43. PASADIZO | 44. PASADIZO | 45. PASADIZO | 46. PASADIZO | 47. PASADIZO | 48. PASADIZO | 49. PASADIZO | 50. PASADIZO | 51. PASADIZO | 52. PASADIZO | 53. PASADIZO | 54. PASADIZO | 55. PASADIZO | 56. PASADIZO | 57. PASADIZO | 58. PASADIZO | 59. PASADIZO | 60. PASADIZO | 61. PASADIZO | 62. PASADIZO | 63. PASADIZO | 64. PASADIZO | 65. PASADIZO | 66. PASADIZO | 67. PASADIZO | 68. PASADIZO | 69. PASADIZO | 70. PASADIZO | 71. PASADIZO | 72. PASADIZO | 73. PASADIZO | 74. PASADIZO | 75. PASADIZO | 76. PASADIZO | 77. PASADIZO | 78. PASADIZO | 79. PASADIZO | 80. PASADIZO | 81. PASADIZO | 82. PASADIZO | 83. PASADIZO | 84. PASADIZO | 85. PASADIZO | 86. PASADIZO | 87. PASADIZO | 88. PASADIZO | 89. PASADIZO | 90. PASADIZO | 91. PASADIZO | 92. PASADIZO | 93. PASADIZO | 94. PASADIZO | 95. PASADIZO | 96. PASADIZO | 97. PASADIZO | 98. PASADIZO | 99. PASADIZO | 100. PASADIZO |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|

**PLANTA GENERAL**  
ALDEHERRIADO SANTIAGO, VILLAS DEL BARRIO AMATELÁN

ESCALA 1:1000

PROYECTADO POR: [Firma]

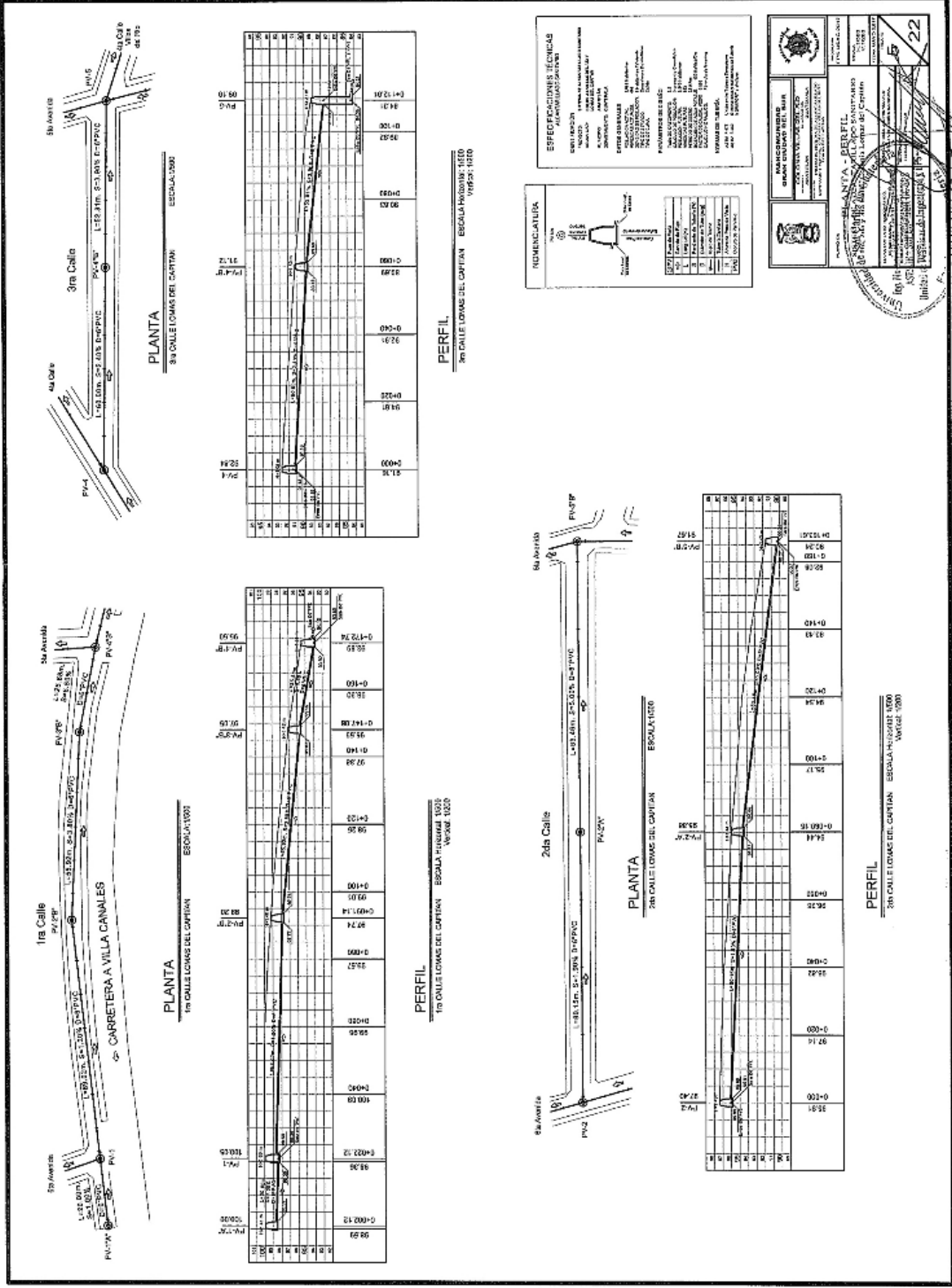
REVISADO POR: [Firma]

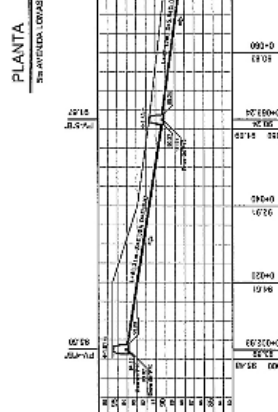
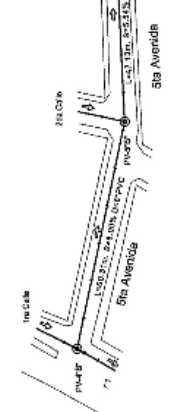
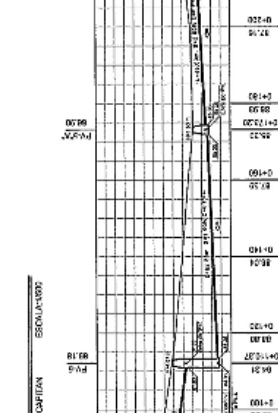
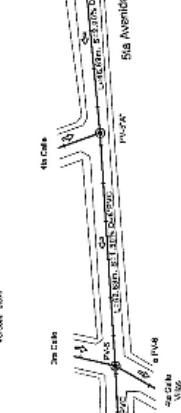
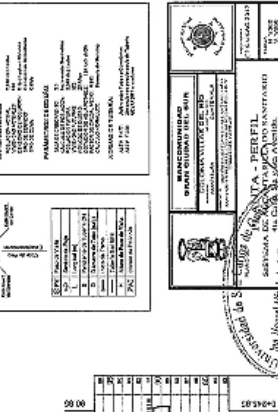
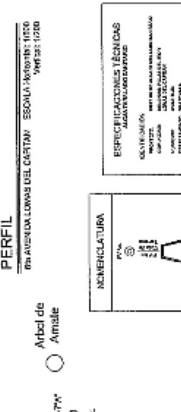
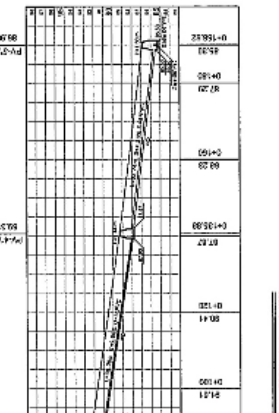
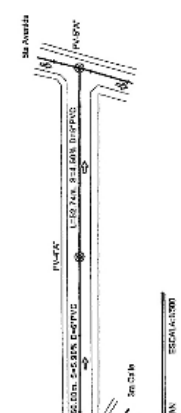
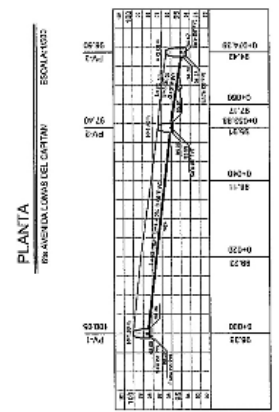
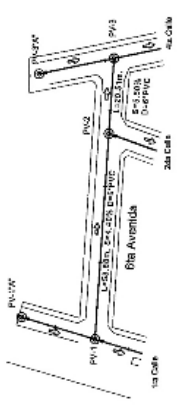
APROBADO POR: [Firma]

FECHA: 22/03/2022

HOJA 3 DE 22







**REPRESENTACIONES TECNICAS**  
AUTENTICACION DE LA OBRA

**REPRESENTACIONES TECNICAS**  
AUTENTICACION DE LA OBRA

**REPRESENTACIONES TECNICAS**  
AUTENTICACION DE LA OBRA

**REPRESENTACIONES TECNICAS**  
AUTENTICACION DE LA OBRA

**REPRESENTACIONES TECNICAS**  
AUTENTICACION DE LA OBRA

**REPRESENTACIONES TECNICAS**  
AUTENTICACION DE LA OBRA

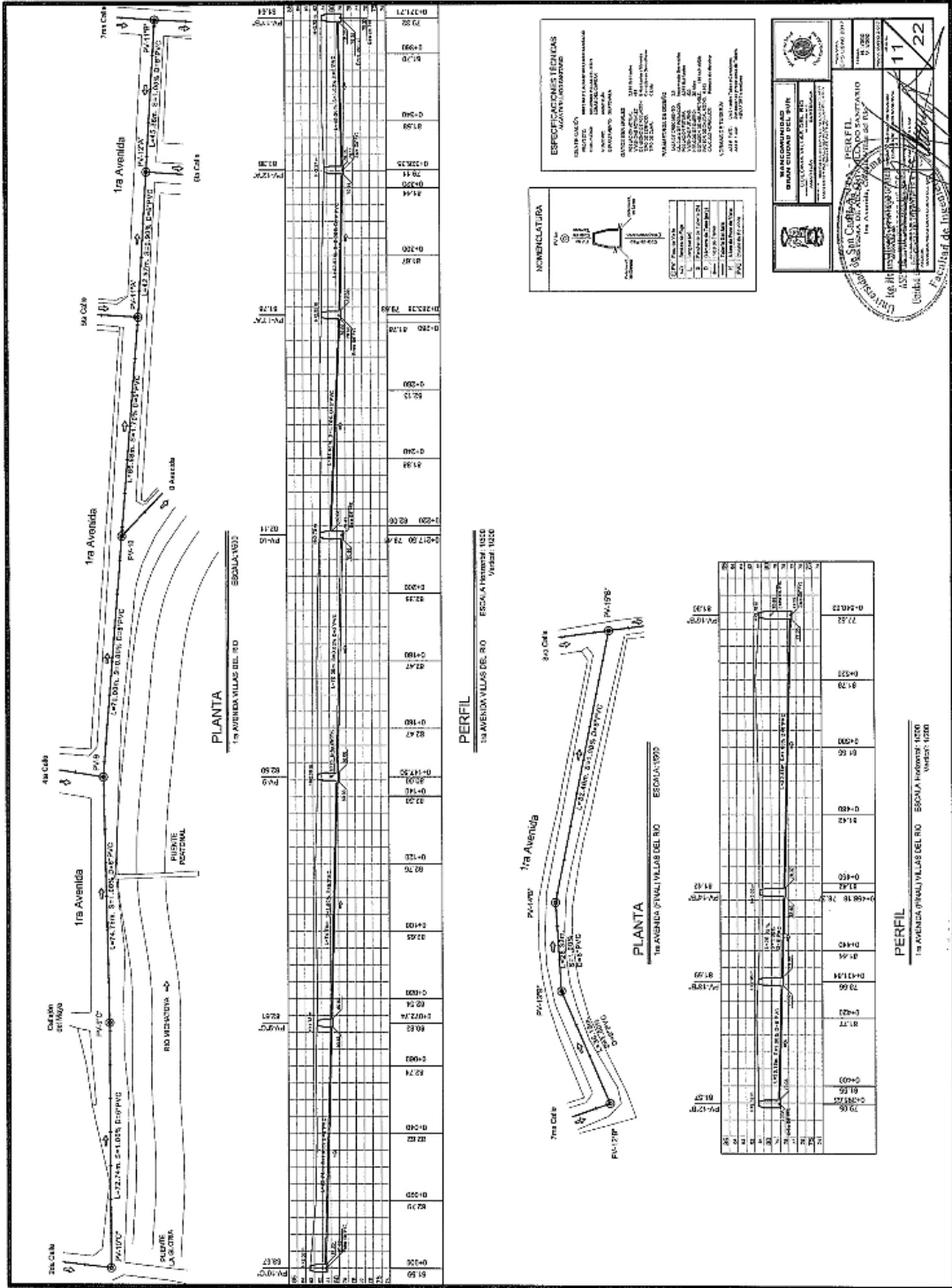








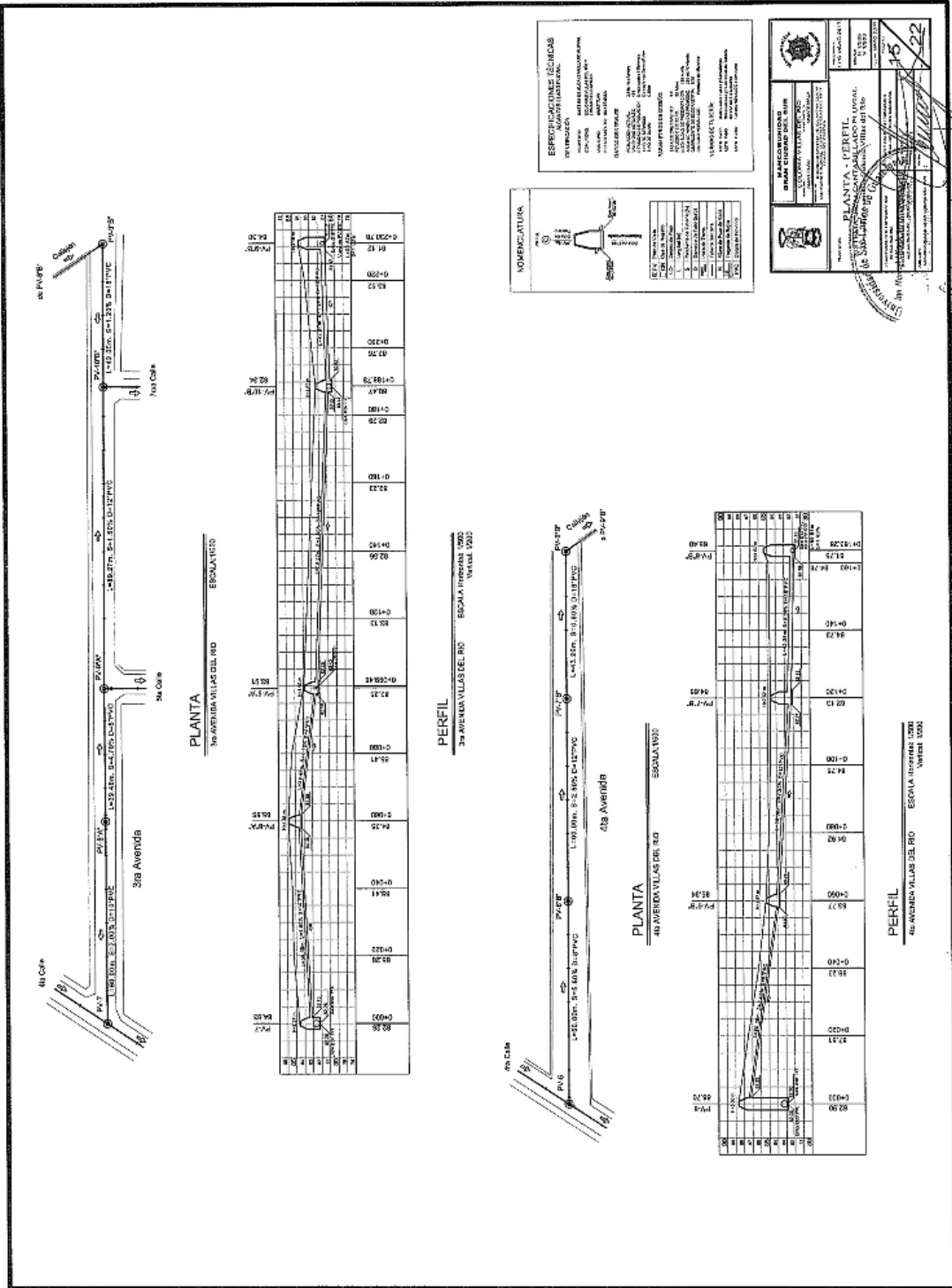


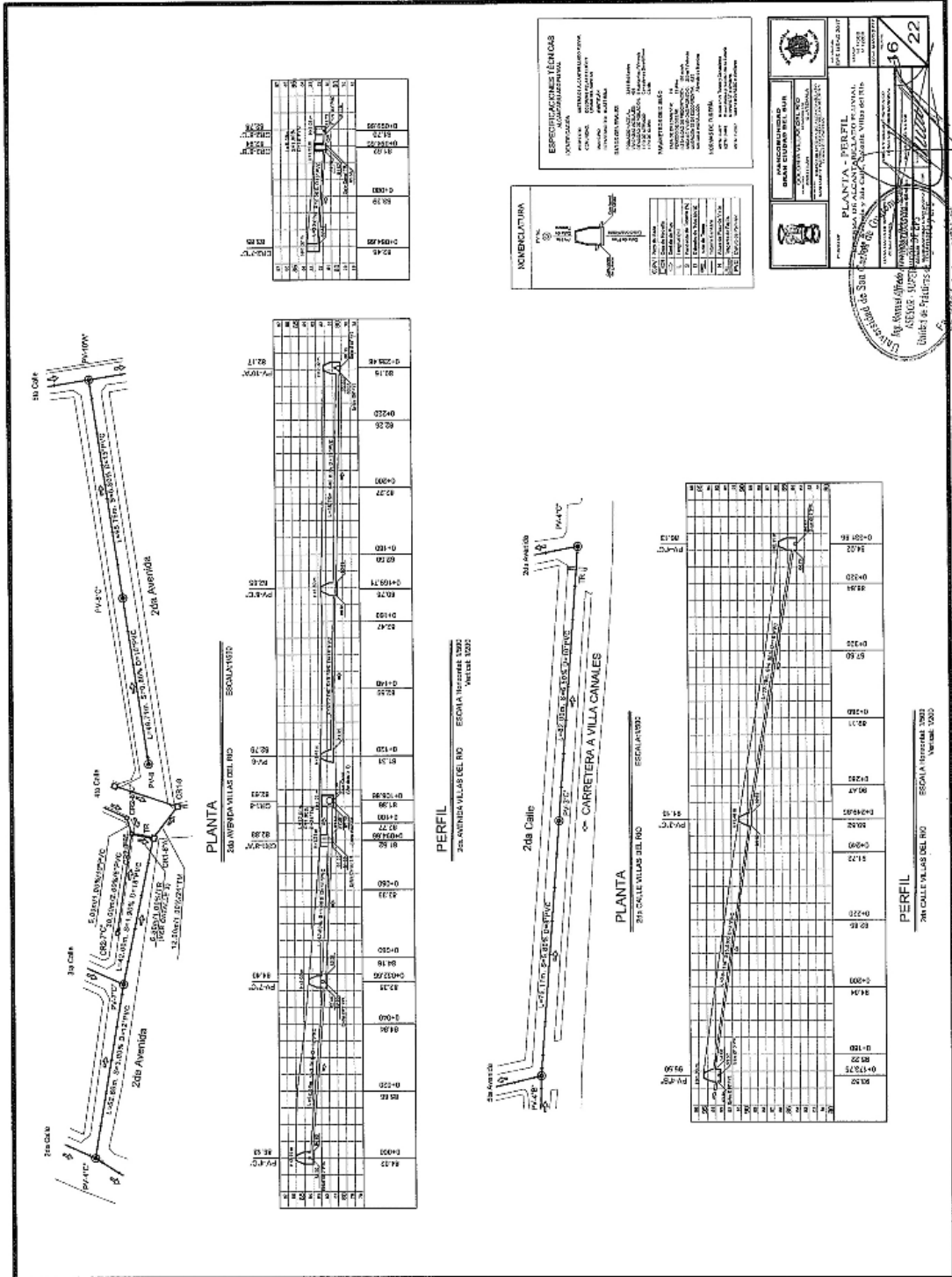






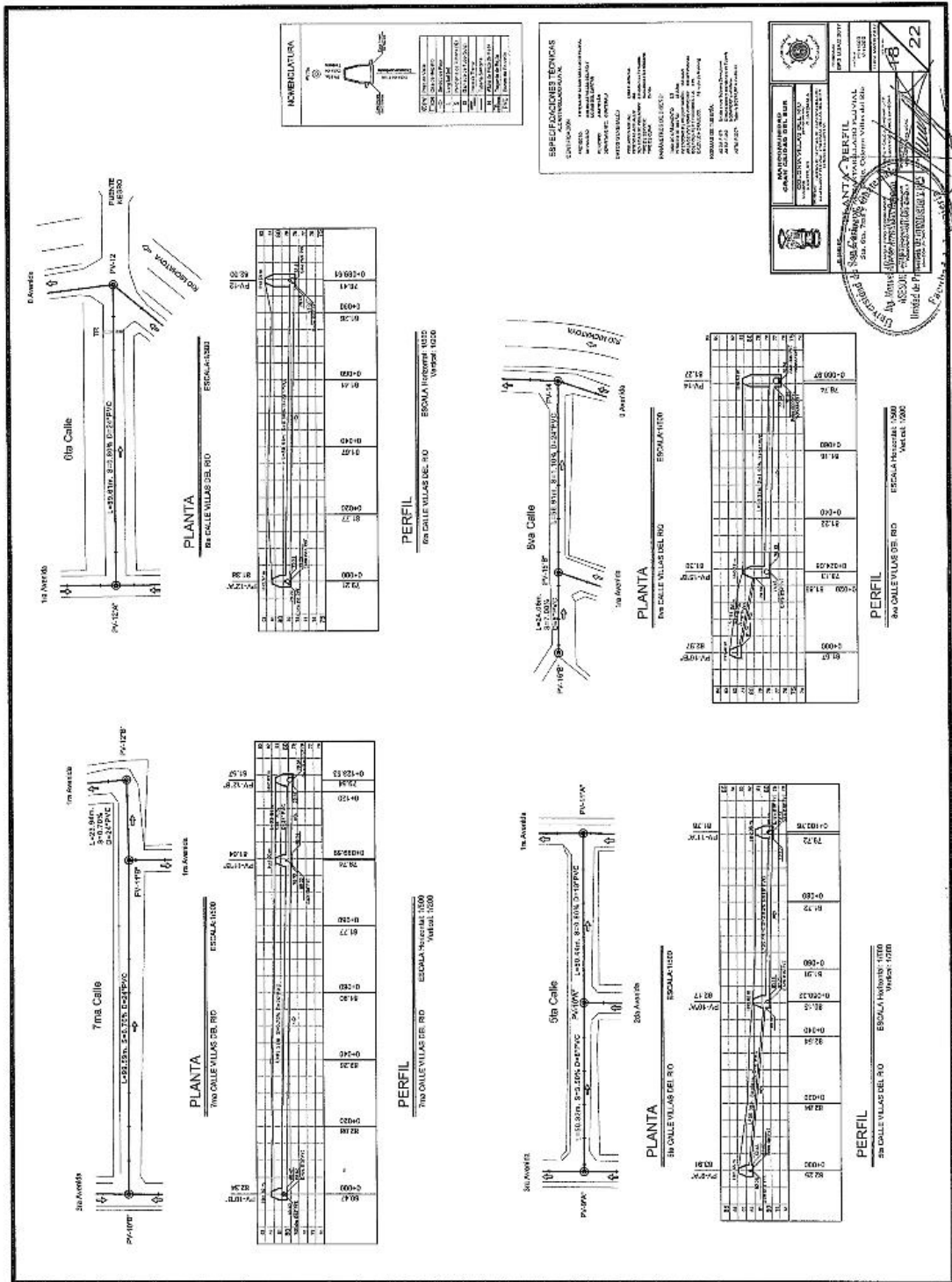






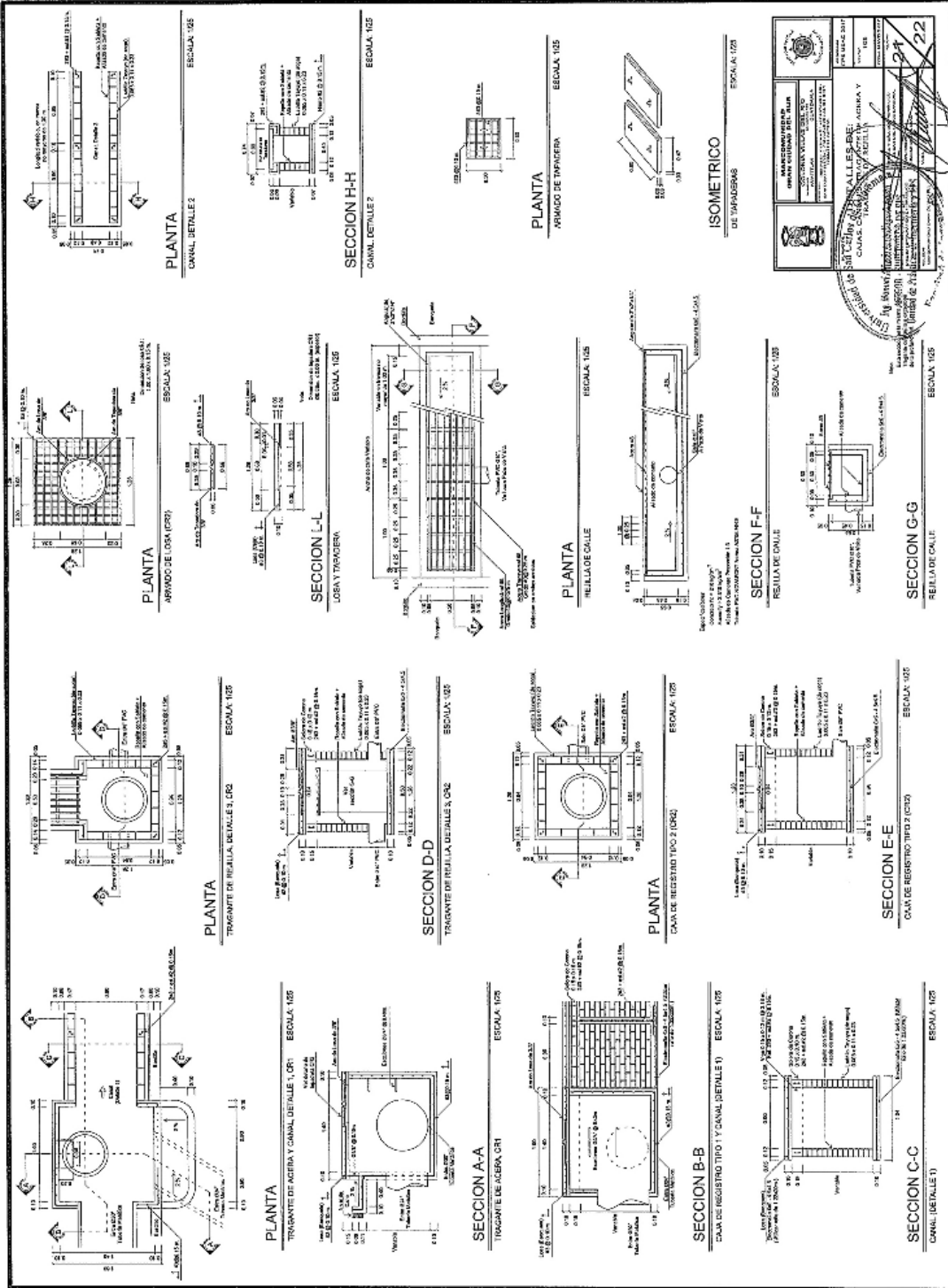












**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CARLOS DE GUAYAMA**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE TUBERIAS**

**ALUMNO: [Nombre]**

**FECHA: [Fecha]**

**22**





## ANEXO

Anexo 1. **Tablas de relaciones hidráulicas para secciones circulares.**

| d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     | d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 0.0100 | 0.0017 | 0.0880 | 0.00015 | 0.1025 | 0.0540 | 0.4080 | 0.02202 |
| 0.0125 | 0.0237 | 0.1030 | 0.00024 | 0.1050 | 0.0558 | 0.4140 | 0.02312 |
| 0.0150 | 0.0031 | 0.1160 | 0.00036 | 0.1075 | 0.0578 | 0.4200 | 0.02429 |
| 0.0175 | 0.0039 | 0.1290 | 0.00050 | 0.1100 | 0.0599 | 0.4260 | 0.02550 |
| 0.0200 | 0.0048 | 0.1410 | 0.00067 | 0.1125 | 0.0619 | 0.4320 | 0.02672 |
| 0.0225 | 0.0057 | 0.1520 | 0.00087 | 0.1150 | 0.0639 | 0.4390 | 0.02804 |
| 0.0250 | 0.0067 | 0.1630 | 0.00108 | 0.1175 | 0.0659 | 0.4440 | 0.02926 |
| 0.0275 | 0.0077 | 0.1740 | 0.00134 | 0.1200 | 0.0680 | 0.4500 | 0.03059 |
| 0.0300 | 0.0087 | 0.1840 | 0.00161 | 0.1225 | 0.0701 | 0.4560 | 0.03194 |
| 0.0325 | 0.0099 | 0.1940 | 0.00191 | 0.1250 | 0.0721 | 0.4630 | 0.03340 |
| 0.0350 | 0.0110 | 0.2030 | 0.00223 | 0.1275 | 0.0743 | 0.4680 | 0.03475 |
| 0.0375 | 0.0122 | 0.2120 | 0.00258 | 0.1300 | 0.0764 | 0.4730 | 0.03614 |
| 0.0400 | 0.0134 | 0.2210 | 0.00223 | 0.1325 | 0.0786 | 0.4790 | 0.03763 |
| 0.0425 | 0.0147 | 0.2300 | 0.00338 | 0.1350 | 0.0807 | 0.4840 | 0.03906 |
| 0.0450 | 0.0160 | 0.2390 | 0.00382 | 0.1375 | 0.0829 | 0.4900 | 0.04062 |
| 0.0475 | 0.0173 | 0.2480 | 0.00430 | 0.1400 | 0.0851 | 0.4950 | 0.04212 |
| 0.0500 | 0.0187 | 0.2560 | 0.00479 | 0.1425 | 0.0873 | 0.5010 | 0.04375 |
| 0.0525 | 0.0201 | 0.2640 | 0.00531 | 0.1450 | 0.0895 | 0.5070 | 0.04570 |
| 0.0550 | 0.0215 | 0.2730 | 0.00588 | 0.1475 | 0.0913 | 0.5110 | 0.04665 |
| 0.0575 | 0.0230 | 0.2710 | 0.00646 | 0.1500 | 0.0941 | 0.5170 | 0.04863 |
| 0.0600 | 0.0245 | 0.2890 | 0.00708 | 0.1525 | 0.0964 | 0.5220 | 0.05031 |
| 0.0625 | 0.0260 | 0.2970 | 0.00773 | 0.1550 | 0.0986 | 0.5280 | 0.05208 |
| 0.0650 | 0.0276 | 0.3050 | 0.00841 | 0.1575 | 0.1010 | 0.5330 | 0.05381 |
| 0.0675 | 0.0292 | 0.3120 | 0.00910 | 0.1600 | 0.1033 | 0.5380 | 0.05556 |
| 0.0700 | 0.0308 | 0.3200 | 0.00985 | 0.1650 | 0.1080 | 0.5480 | 0.05916 |
| 0.0725 | 0.0323 | 0.3270 | 0.01057 | 0.1700 | 0.1136 | 0.5600 | 0.06359 |
| 0.0750 | 0.0341 | 0.3340 | 0.01138 | 0.1750 | 0.1175 | 0.5680 | 0.06677 |
| 0.0775 | 0.0358 | 0.3410 | 0.01219 | 0.1800 | 0.1224 | 0.5770 | 0.07063 |
| 0.0800 | 0.0375 | 0.3480 | 0.01304 | 0.1850 | 0.1273 | 0.5870 | 0.07474 |
| 0.0825 | 0.0392 | 0.3550 | 0.01392 | 0.1900 | 0.1323 | 0.6960 | 0.07885 |
| 0.0850 | 0.0410 | 0.3610 | 0.01479 | 0.1950 | 0.1373 | 0.6050 | 0.08304 |
| 0.0875 | 0.0428 | 0.3680 | 0.01574 | 0.2000 | 0.1424 | 0.6150 | 0.08756 |
| 0.0900 | 0.0446 | 0.3750 | 0.01672 | 0.2050 | 0.1475 | 0.6240 | 0.09104 |
| 0.0925 | 0.0464 | 0.3810 | 0.01792 | 0.2100 | 0.1527 | 0.6330 | 0.09663 |



Continuación anexo 1.

| d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     | d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 0.2200 | 0.1631 | 0.6510 | 0.10619 | 0.5900 | 0.6140 | 1.0700 | 0.65488 |
| 0.2250 | 0.1684 | 0.6590 | 0.11098 | 0.6000 | 0.6265 | 1.0700 | 0.64157 |
| 0.2300 | 0.1436 | 0.6690 | 0.11611 | 0.6100 | 0.6389 | 1.0800 | 0.68876 |
| 0.2350 | 0.1791 | 0.6760 | 0.12109 | 0.6200 | 0.6513 | 1.0800 | 0.70537 |
| 0.2400 | 0.1846 | 0.6840 | 0.12623 | 0.6300 | 0.6636 | 1.0900 | 0.72269 |
| 0.2450 | 0.1900 | 0.6920 | 0.13148 | 0.6400 | 0.6759 | 1.0900 | 0.73947 |
| 0.2500 | 0.1955 | 0.7020 | 0.13726 | 0.6500 | 0.6877 | 1.1000 | 0.75510 |
| 0.2600 | 0.2066 | 0.7160 | 0.14793 | 0.6600 | 0.7005 | 1.1000 | 0.77339 |
| 0.2700 | 0.2178 | 0.7300 | 0.15902 | 0.6700 | 0.7122 | 1.1100 | 0.78913 |
| 0.3000 | 0.2523 | 0.7760 | 0.19580 | 0.7000 | 0.7477 | 1.1200 | 0.85376 |
| 0.3100 | 0.2640 | 0.7900 | 0.20858 | 0.7100 | 0.7596 | 1.1200 | 0.86791 |
| 0.3200 | 0.2459 | 0.8040 | 0.22180 | 0.7200 | 0.7708 | 1.1300 | 0.88384 |
| 0.3300 | 0.2879 | 0.8170 | 0.23516 | 0.7300 | 0.7822 | 1.1300 | 0.89734 |
| 0.3400 | 0.2998 | 0.8300 | 0.24882 | 0.7400 | 0.7934 | 1.1300 | 0.91230 |
| 0.3500 | 0.3123 | 0.8430 | 0.26327 | 0.7500 | 0.8045 | 1.1300 | 0.92634 |
| 0.3600 | 0.3241 | 0.8560 | 0.27744 | 0.7600 | 0.8154 | 1.1400 | 0.93942 |
| 0.3700 | 0.3364 | 0.8680 | 0.29197 | 0.7700 | 0.8262 | 1.1400 | 0.95321 |
| 0.3800 | 0.3483 | 0.8790 | 0.30649 | 0.7800 | 0.8369 | 1.3900 | 0.97015 |
| 0.3900 | 0.3611 | 0.8910 | 0.32172 | 0.7900 | 0.8510 | 1.1400 | 0.98906 |
| 0.4000 | 0.3435 | 0.9020 | 0.33693 | 0.8000 | 0.8676 | 1.1400 | 1.00045 |
| 0.4100 | 0.3860 | 0.9130 | 0.35246 | 0.8100 | 0.8778 | 1.1400 | 1.00045 |
| 0.4200 | 0.3986 | 0.9210 | 0.36709 | 0.8200 | 0.8776 | 1.1400 | 1.00965 |
| 0.4400 | 0.4238 | 0.9430 | 0.39963 | 0.8400 | 0.8967 | 1.1400 | 1.03100 |
| 0.4500 | 0.4365 | 0.9550 | 0.41681 | 0.8500 | 0.9059 | 1.1400 | 1.04740 |
| 0.4600 | 0.4491 | 0.9640 | 0.43296 | 0.8600 | 0.9149 | 1.1400 | 1.04740 |
| 0.4800 | 0.4745 | 0.9830 | 0.46647 | 0.8800 | 0.9320 | 1.1300 | 1.06030 |
| 0.4900 | 0.4874 | 0.9910 | 0.48303 | 0.8900 | 0.9401 | 1.1300 | 1.06550 |
| 0.5000 | 0.5000 | 1.0000 | 0.50000 | 0.9000 | 0.9480 | 1.1200 | 1.07010 |
| 0.5100 | 0.5126 | 1.0090 | 0.51719 | 0.9100 | 0.9554 | 1.1200 | 1.07420 |
| 0.5200 | 0.5255 | 1.0160 | 0.53870 | 0.9200 | 0.9625 | 1.1200 | 1.07490 |
| 0.5300 | 0.5382 | 1.0230 | 0.55060 | 0.9300 | 0.9692 | 1.1100 | 1.07410 |
| 0.5400 | 0.5509 | 1.0290 | 0.56685 | 0.9400 | 0.9755 | 1.1000 | 1.07935 |
| 0.5500 | 0.5636 | 1.0330 | 0.58215 | 0.9500 | 0.9813 | 1.0900 | 1.07140 |

Fuente: CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p. 14.