





**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACIÓN  
CAUSADOS POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA  
Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA”**

PRESENTADO POR:

-  **DÍAZ MARTÍNEZ, ADA BEATRIZ**
-  **GARCÍA, JUAN ERNESTO**
-  **RAMOS RAMÍREZ, MARINA DEL ROSARIO**
-  **RODRIGUEZ NOLAZCO, NOE ADIN**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, DICIEMBRE 2011.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

***RECTOR***

Lic. Ana María Glower de Alvarado

***VICERRECTOR ACADÉMICO***

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

***SECRETARÍA GENERAL***

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez

***DECANO***

Lic. Carlos Alexander Díaz

***VICEDECANO***





Lic. Jorge Alberto Ortez Hernández.

***SECRETARIO***

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE  
INUNDACIÓN CAUSADOS POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA  
URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA”**

PRESENTADO POR:

 **DÍAZ MARTÍNEZ, ADA BEATRIZ**  
 **GARCÍA, JUAN ERNESTO**  
 **RAMOS RAMÍREZ, MARINA DEL ROSARIO**  
 **RODRIGUEZ NOLAZCO, NOE ADIN**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:  
**ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCIA**

DOCENTE DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
**ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN MIGUEL, DICIEMBRE DE 2011.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

DOCENTE DIRECTOR:

---

**ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA**

COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADUACIÓN:

---

**ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCIA**



## AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a todas aquellas personas que de forma directa o indirecta contribuyeron en el transcurso de nuestra formación académica y en la realización de nuestro trabajo de graduación.

- ✚ **A Universidad de El Salvador:** por la oportunidad que nos brinda para podernos formar profesionalmente.
- ✚ **A Docente Director:** Ing. David Arnoldo Chávez Saravia, por orientarnos y ayudarnos en el transcurso del trabajo de graduación. Muchas gracias.
- ✚ **A Todos los Docentes:** que participaron de nuestra formación académica, gracias por compartir con nosotros sus conocimientos.
- ✚ **A Nuestros Padres y demás Familiares:** que con mucho esfuerzo y dedicación nos dieron todo su apoyo incondicionalmente en la etapa de estudio.
- ✚ **A Nuestros Amigos:** que con una palabra de ánimo nos daban fuerza para seguir adelante.
- ✚ **A Jefe de UACI de San Francisco Gotera, Ing. Medardo Márquez y José Caballero:** por brindarnos el apoyo necesario en el levantamiento topográfico de la zona de estudio así como también por la información proporcionada para nuestra investigación.
- ✚ **A Instituciones Sigüientes CARE, SNET, MACCAFERRI (ESA), PROTECCION CIVIL (local):** por la información brindada para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

Díaz Martínez, Ada Beatriz  
García, Juan Ernesto  
Ramos Ramírez, Marina del Rosario  
Rodríguez Nolasco, Noé Adin.

**Uno de los días más importantes en mi vida ha llegado, por haber concluido este Trabajo de Graduación, que ha significado mucho sacrificio, dedicación, desde el principio de mi formación, el cual no hubiese podido triunfar sin la ayuda de muchas personas, por eso dedico y agradezco de manera muy especial a:**

**A Dios todo poderoso:**

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para continuar mi formación académica, y siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin él no hubiera podido.

**A la Virgen María:**

Por ser Madre de Dios y Madre nuestra, por cuidar mis pasos desde siempre y ayudarme cuando la he necesitado.

**A mis padres:** Mis padres María Edis Martínez de Díaz y Oscar Engelberto Díaz, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio. Los Amo mucho.....

**A mis hermanos:**

Dari, Ahudiel y Lisseth.

Por estar siempre dispuestos a ayudarme y compartir mis alegrías, tristezas en momentos difíciles de mi carrera, nunca pobre pagarles todo el amor que me han brindando los quiero mucho.

**A mi familia materna y paterna:**

Por darme todo su amor y apoyo moral incondicional para poder salir adelante. En especial a mis abuelitos Eleuterio y Silvina.

**A mi abuelita Donatila**, mi querida abuela por hacerme reír con sus travesuras no importando de que animo estuviera siempre me dabas un rayito de alegría. Y a pesar de que no se nos permitió que estuvieras compartiendo este triunfo conmigo, sé que en el cielo estarás feliz porque tu nieta ya terminó sus estudios. Siempre te tendré en mi corazón

**A mis compañeros y amigos de tesis:**

Rosario, Juan y Adin por haberme permitido ser su amiga, Gracias, por todas las experiencias que hemos vivido a lo largo de la carrera, por estar siempre juntos en las buenas y malas.

A todos mis amigos y personas que siempre confiaron en mí y me acompañaron con su apoyo moral desinteresado para lograr esta meta.

Ada Beatriz Díaz Martínez

## DEDICATORIA

### DEDICO ESTE PASO MUY IMPORTANTE DE MI VIDA A:

- ✚ **A Dios a Todo Poderoso:** por darme en estos años de estudio la sabiduría, ser mi refugio y fortaleza interna para alcanzar mis metas.
- ✚ **A mi Madre y a la vez Padre María Armida García:** por estar a mi lado en todo momento brindándome su amor, apoyo incondicional, sus consejos y palabras de aliento dándome la fortaleza para salir adelante. Te amo!
- ✚ **A mi Abuela Natividad García Q.D.E.P.:** por haber sido el pilar de una hermosa familia y ser un ejemplo fundamental en mi niñez y adolescencia. Siempre te llevare en mi corazón.
- ✚ **A mi Hermana Yeny Esmeralda García y Sobrina Esmeralda Isabel García:** por su apoyo y cariño que siempre me han brindado.
- ✚ **A mis Tíos y Primos:** que siempre están apoyándome y dándome consejos.
- ✚ **A mis Amigos de Tesis:** Bea, Rosario y Adin por estar siempre en las Buenas, Malas y peores ya que con su amistad invaluable hemos salido adelante.
- ✚ **A Brenda Benítez Álvarez:** por todo su amor y apoyo en los momentos difíciles.
- ✚ **A mis Amigos y Hnos. de EPJ:** personas muy especiales en mi vida las cuales tienen un lugar muy importante en mi corazón. **XX-TO +++**
- ✚ **Y Demás Familiares, Compañeros, Docentes y Amistades:** que de una u otra manera contribuyeron para esta meta alcanzada.

**Juan Ernesto García.**

## **LE DEDICO ESTE TRIUNFO A:**

- A Dios todo poderoso que habita los cielos y la tierra por amarme y tener misericordia de mi, a mi Redentor el Señor Jesucristo por salvar mi vida y transformarme, al Espíritu Santo por ser mi guía en esta tierra, por proveerme la sabiduría, y por guiar mis pasos en el camino que Dios ha trazado para mí.

- **A mis padres.**

Samuel Ramirez Hernandez(Q.E.P.D): Por darme su apoyo y su ayuda, porque me dio un buen ejemplo y porque me guio por el buen camino.

María del Transito Ramos: Por ser ser la mejor madre, por estar pendiente y al cuidado de mi vida, hasta en los mas mínimos detalles, gracias madrecita mía. Muchas mujeres hicieron el bien mas tu sobrepasas a todas mamy.

- **A mis hermanos.**

Dinora Ramos, Carmen Ramos, Evelisa Ramos, Samuel Ramos, Juan Ramon, Felipe de Jesus, Rene Rolando, por todo el apoyo que me brindaron siempre.

- **A mis sobrinos.**

Nelson Daniel Menjivar, Samuel Menjivar Ramos, Gabriela Ramos, Samuel Ramos, por ser unos niños q ponen muchas sonrisas en mi rostro.

- A mi cuñado.

Nelson Menjivar Montesinos, por su apoyo brindado.

- A mi prima

Delmi Marisol, por apoyarme siempre y colaborar conmigo.

A mis amigos

- Beatriz Diaz mi compañera de tesis, por ser una buena compañera y mas que compañera una gran amiga. Gracias bea por compartir tantos buenos momentos, por todas las veces que reimos y también lloramos, y por ser el DUO DINAMICO.
- Juan Ernesto Garcia: por ser un buen compañero de tesis y amigo, por apoyarme y darme animos siempre, por cada momento que reimos.
- Adin Rodriguez: por ser un buen compañero de tesis y amigo, por apoyarme y darme animos siempre, por cada momento que reimos.

Pedro de Jesus Segovia: Pastor y amigo por darme animos, apoyarme y darme muchos consejos como un padre.

**Marina del Rosario Ramos Ramírez**

HUBIERA YO DESMAYADO SI NO CREYESE QUE VERA LA BONDAD DE JEHOVA EN LA TIERRA DE LOS VIVIENTES. SALMOS 27-13

Al terminar con dedicación y entrega esta etapa de mi vida, agradezco de forma especial a:

### **Dios Padre Misericordioso, Jesucristo**

Por darme la sabiduría y el entendimiento necesario para cumplir mis metas, por ser ante todo ese alimento que devuelve las fuerzas para seguir adelante, por llenarme de aliento y motivos para saber llegar, y por interceder ante todas mis oraciones.

**Mi Madre:** Enoé del Carmen Nolasco y Gladys Hayde Cedillos por su incomparable sustento y entrega a todas mis peticiones; y porque hoy reciben el fruto de lo que ayer con amor sembraron. Gracias por sus incansables oraciones y por comprenderme tanto. Las quiero mucho.

**Mis Abuelos:** "Otilia Cedillos y Fidel Avilés García" (Q.D.E) por su apoyo incondicional, porque en los momentos en que mas los necesitaba siempre estaban ahí. Gracias por aguantarme y que DIOS los tenga en su santa gloria.

**Mi Hermana, tíos(as), primos y demás familia:** Porque siempre han estado pendiente de mí, de mis aspiraciones, triunfos, malos ratos; y me han brindado su ayuda desinteresada.

**Mis amigos (as):** y muchos más, que con su amistad, afecto y cariño han sabido aceptarme y valorarme como persona y me han acompañado en mis tristezas y alegrías. Quiero agradecerles todas sus oraciones y sus siempre presentes palabras de aliento.

**Mis compañeros de Tesis:** “Ada Beatriz Díaz Martínez, Juan Ernesto García, Marina del Rosario Ramos Ramírez”, gracias por aguantarme y poder trabajar conmigo. Gracias porque he aprendido mucho de todas sus virtudes y defectos, Gracias porque antes de ser compañeros siempre han sido mis amigos.

**Mis profesores y compañeros:** Gracias por proporcionarme todos sus conocimientos y vivencias, a lo largo de mi carrera, les aseguro que haré buen uso de ellos.

Y a todos aquellos que de alguna u otra manera siempre me han motivado a lograr mis objetivos. Gracias. ¡Que Dios nos bendiga a todos!

**Noé Adin Rodríguez Nolasco**



## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>CAPITULO I: ANTEPROYECTO</b> .....                               | 1  |
| 1.1 Introducción.....   | 2  |
| 1.2 Planteamiento del Problema.....                                 | 5  |
| 1.2.1 Situación problemática.....                                   | 5  |
| 1.2.2 Enunciado del problema .....                                  | 8  |
| 1.3. Justificación.....   | 9  |
| 1.4 Objetivos.....  | 10 |
| 1.4.1 Objetivo General.....   | 10 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos.....                                    | 10 |
| 1.5 Alcances y Limitaciones.....                                    | 11 |
| 1.6 Supuesto.....   | 13 |
| 1.7 Metodología de La Investigación.....                            | 14 |
| 1.7.1 Tipo de investigación.....                                    | 14 |
| 1.7.2 Unidad de análisis.....                                       | 15 |
| 1.7.3 Descripción de la variable a medir .....                      | 15 |
| 1.7.4 Técnicas de recopilación de datos.....                        | 15 |
| <b>CAPITULO II MARCO HISTORICO Y NORMATIVO</b> .....                | 18 |
| <b>2.1 MARCO HISTÓRICO</b> .....                                    | 19 |
| 2.1.1 Síntesis Histórica del Municipio de San Francisco Gotera..... | 20 |
| 2.1.2 Aspectos Físicos.....   | 21 |
| 2.1.2.1 Geografía.....  | 22 |
| 2.1.2.1.1 Ubicación del Municipio.....                              | 22 |
| 2.1.2.2 Estructura Político Administrativa.....                     | 23 |
| 2.1.2.3 Hidrografía.....  | 25 |
| 2.1.2.4 Orografía.....  | 26 |
| 2.1.2.5 Clima.....  | 27 |
| 2.1.2.6 Vegetación.....   | 27 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.1.2.7 Rocas.....  | 27        |
| 2.1.2.8 Suelos.....   | 27        |
| 2.1.3 Registro histórico de algunos de los eventos que han tenido<br>Consecuencias en el municipio de San Francisco Gotera..... | 28        |
| <b>2.2 MARCO NORMATIVO.....</b>   | <b>30</b> |
| 2.2.1 Ámbito Constitucional.....  | 31        |
| 2.2.1.1 Constitución de la Republica de El Salvador.....  | 31        |
| 2.2.2 Ámbito Internacional.....   | 32        |
| 2.2.3 Ámbito Nacional.....  | 33        |
| 2.2.3.1 Ley y Reglamento del Medio Ambiente .....   | 34        |
| 2.2.3.2 Ley de Urbanismo y Construcción .....   | 36        |
| 2.2.3.3 Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial .....  | 40        |
| 2.2.3.4 Ley de Protección Civil y Prevención y Mitigación de Desastres.....   | 42        |
| 2.2.3.5 Ordenanza Municipal del Municipio de San Francisco Gotera.....  | 45        |
| <br>  |           |
| <b><u>CAPITULO III “FUNDAMENTOS TEÓRICOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN” .....</u></b>   | <b>47</b> |
| <b>3.2.1 Conceptos Básicos: .....</b>   | <b>48</b> |
| 3.2.1.1 Definición de Hidrología: .....   | 48        |
| 3.2.1.2 Ciclo Hidrológico.....  | 48        |
| 3.2.1.2.1 Los principales componentes del Ciclo Hidrológico.....  | 49        |
| I. La Precipitación.....  | 49        |
| i. Tipo de precipitaciones.....   | 50        |
| ii. Medición de la precipitación.....   | 50        |
| iii. Precipitación media sobre una cuenca.....  | 51        |
| II. Evapotranspiración.....   | 55        |
| III. Escurrimiento Superficial o Escorrentía.....   | 56        |
| i. Factores que influyen en la Escorrentía Superficial.....   | 56        |
| ii. Variables que caracterizan la Escorrentía Superficial.....  | 56        |
| iii. Periodo de Retorno.....  | 58        |
| IV. Infiltración.....   | 58        |
| 3.2.1.2 Estudio Hidrológico.....  | 59        |
| 3.2.1.2.1 Pasos para realizar un Estudio Hidrológico.....   | 59        |
| 3.2.1.2.2 Objetivo del trabajo hidrológico.....   | 60        |

|   |  |            |
|---|--|------------|
| 3.2.1.2.3   | Factores que influyen en el Estudio Hidrológico.....                 | 61         |
| 3.2.1.2.4   | Estudio de Cuenca.....   | 61         |
|   | I. Manejo de cuenca en el país.....                                  | 61         |
|   | II. Cuenca Hidrográfica.....   | 62         |
|   | III. Partes de una Cuenca Hidrográfica.....                          | 64         |
|   | IV. División de una Cuenca Hidrográfica.....                         | 65         |
|   | V. Cuenca Hidrográfica y Cuenca Hidrológica.....                     | 65         |
|   | VI. Características Físicas de una Cuenca.....                       | 66         |
|   | VII. Parámetros Físicos de una Cuenca.....                           | 69         |
|   | VIII. Métodos para la realización de un Estudio Hidrológico.....     | 74         |
| 3.2.1.3   | Estudio Hidráulico.....  | 78         |
| 3.2.1.3.1   | Elementos Geométricos de una sección de canal.....                   | 79         |
| 3.2.1.3.2   | Análisis para flujo uniforme.....                                    | 81         |
| 3.2.1.3.3   | Factor de sección para calculo de flujo uniforme.....                | 84         |
| <b><u>CAPITULO IV: "IDENTIFICACION DE LOS SECTORES CRITICOS"</u></b> .....                            |  | <b>87</b>  |
| <b>4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES DE INTERÉS</b> .....  |  | <b>88</b>  |
| <b>4.2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE INTERÉS</b> .....                                  |  | <b>88</b>  |
|   | 4.2.1 Afluentes principales que abastecen el Rio San Francisco ..... | 90         |
| <b>4.3 ANÁLISIS DE CRITERIO DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES</b> .....                 |  | <b>93</b>  |
| <b>4.4 DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS QUE ORIGINA EL DESBORDAMIENTO DEL RIO SAN FRANCISCO</b> .....      |  | <b>99</b>  |
| <b>4.5 DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS OCASIONADOS POR EL DESBORDAMIENTO DEL RIO SAN FRANCISCO</b> ..... |  | <b>100</b> |
| <b><u>CAPITULO V "EVALUACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE INTERES"</u></b> .....                         |  | <b>102</b> |
| <b>5.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....  |  | <b>103</b> |
|   | 5.1.1 Ubicación.....   | 103        |
| <b>5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SCI (SECTORES CRÍTICOS DE INTERÉS)</b> .....                    |  | <b>111</b> |
| <b>5.3 CARACTERÍSTICA FÍSICAS DE LA CUENCA</b> .....  |  | <b>113</b> |
| <b>5.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO</b> .....  |  | <b>115</b> |
|   | 5.4.1 Memoria de Calculo.....  | 115        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5.5 ESTUDIO HIDRÁULICO</b> .....  | 157        |
| 5.5.1 Memoria de Calculo.....  | 157        |
| <br>   |            |
| <b><u>CAPITULO VI “PROPUESTAS DE OBRAS DE MITIGACION”</u></b> .....                                    | <b>70</b>  |
| <b>6.1. CONTROL DE INUNDACIONES</b> .....  | <b>171</b> |
| <b>6.2. MEDIDAS COMÚNMENTE ACEPTADAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES</b> .....                         | <b>172</b> |
| 6.2.1 Zonificación de las planicies de inundación.....   | 172        |
| 6.2.2 Manejo de Terreno.....   | 174        |
| 6.2.3 Instalación de Sistemas de Alarma y Prevención.....  | 175        |
| 6.2.4 Evacuación de las Zonas de Inundación.....   | 176        |
| 6.2.5 Mejoramiento y Rectificación del Cauce.....  | 177        |
| <br>   |            |
| <b>6.3. BORDAS Y MUROS DE ENCAUZAMIENTO</b> .....  | <b>179</b> |
| 6.3.1 Localización y Distribución de Bordas.....   | 192        |
| 6.3.2 Mantenimiento de Bordas.....   | 194        |
| 6.3.3 Efectos de las Bordas y Los Muros de Encauzamiento en los niveles de los Ríos.....               | 195        |
| <br>   |            |
| <b>6.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TIPO DE OBRA DE ACUERDO A LA ZONA CRÍTICA DE TIPO DE OBRA</b> ..... | <b>196</b> |
| 6.4.1 Criterios para el desarrollo de proyectos de ingeniería en la prevención de Inundaciones.....    | 197        |
| <br>   |            |
| <b>6.5. SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN</b> .....                                       | <b>200</b> |
| <br>   |            |
| <b>6.6 GAVIONES PARA PROYECTOS HIDRAULICOS</b> .....   | <b>204</b> |
| 6.6.1 Antecedentes.....  | 204        |
| <br>   |            |
| <b>6.7. ESTRUCTURA PROYECTADA</b> .....  | <b>209</b> |
| 6.7.1 Especificaciones Técnicas Para Gaviones.....   | 210        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>6.8. SUBESTRUCTURA (OBRA DE PROTECCIÓN).....</b>                 | <b>212</b> |
| 6.8.1 Fuerzas que Actúan Sobre el Muro de Gavión.....               | 212        |
| 6.8.2 Procedimiento del Cálculo del Muro de Gavión.....             | 213        |
| 6.8.3 Fuerzas y Presiones que Intervienen en el Muro de Gavión..... | 213        |
| 6.8.4 Formulas para los Empujes Friccionantes.....                  | 218        |
| <b>6.9. DISEÑO DE OBR DE PROTECCION.....</b>                        | <b>220</b> |
| <br>  |            |
| <b><u>CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</u></b>      | <b>270</b> |
| 6.1 CONCLUSIONES.....   | 271        |
| 6.2 RECOMENDACIONES.....  | 272        |
| <br>  |            |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>274</b> |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Fotografía 1.1:</b> Vivienda dañada en Colonia La Prado.....  | <b>7</b>  |
| <b>Fotografía 1.2:</b> Pasarela dañada en el Barrio Calvario .....   | <b>7</b>  |
| <b>Fotografía 1.3:</b> Pobladores de El Barrio Las Flores revisando los pocos muebles y Electrodomésticos que están en buenas condiciones..... | <b>7</b>  |
| <b>Fotografía 1.4:</b> Vivienda afectada en La Colonia Los Romeros .....   | <b>7</b>  |
| <b>Fotografía 3.1</b> Fluviógrafo.....   | <b>50</b> |
| <b>Fotografía 3.2</b> Pluviómetro Automático.....  | <b>50</b> |
| <b>Fotografía 4.1</b> Zona de lecho rocoso.....  | <b>94</b> |
| <b>Fotografía 4.2</b> Zona rural de la Colonia La Prado.....   | <b>94</b> |
| <b>Fotografía 4.3</b> Obstrucción del cauce.....   | <b>95</b> |
| <b>Fotografía 4.4</b> Obstrucción de tuberías de aguas negras .....  | <b>95</b> |
| <b>Fotografía 4.5</b> Socavación del talud.....  | <b>96</b> |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Fotografía 4.6</b> Colonia San José.....                           | 96  |
| <b>Fotografía 4.7</b> Nivel alcanzado por desbordamiento del río..... | 97  |
| <b>Fotografía 4.8</b> Vivienda colapsada.....                         | 97  |
| <b>Fotografía 4.9</b> Suelo extremadamente rocoso.....                | 98  |
| <b>Fotografía 4.10</b> Deslizamiento de talud.....                    | 98  |
| <b>Fotografía 4.11</b> Daños en infraestructura.....                  | 101 |
| <b>Fotografía 4.12</b> Daños materiales.....                          | 101 |
| <b>Fotografía 5.1</b> zona urbanizada.....                            | 111 |
| <b>Fotografía 5.2</b> Área deforestada.....                           | 111 |
| <b>Fotografía 5.3</b> Lecho Rocosó.....                               | 112 |
| <b>Fotografía 5.4</b> Área Afectada.....                              | 112 |
| <b>Fotografía 5.5</b> Suelos clase VII.....                           | 113 |
| <b>Fotografía 5.6</b> Aguas Servidas.....                             | 114 |
| <b>Fotografía 6.1</b> Zonas reforestadas.....                         | 174 |
| <b>Fotografía 6.2</b> Reunión sobre instalación de sistema.....       | 176 |
| <b>Fotografía 6.3:</b> evacuación de zona de inundación.....          | 176 |
| <b>Fotografía 6.4:</b> Limpieza de Río Tempisque C.R.....             | 177 |
| <b>Fotografía 6.5:</b> Dragado de Río Paraguay. Paraguay.....         | 177 |
| <b>Fotografía 6.6:</b> Encauce de Río Carrizal. Tabasco.....          | 178 |
| <b>Fotografía 6.7:</b> Muro Flexible (Muro de Llantas).....           | 200 |
| <b>Fotografía 6.8:</b> Muro de Gaviones.....                          | 201 |
| <b>Fotografía 6.9:</b> Muro Criba.....                                | 202 |
| <b>Fotografía 6.10:</b> Muro de piedra.....                           | 203 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.1</b> Vista satelital de las zonas afectadas, por el desbordamiento del río San.....   | 6  |
| <b>Figura 2.1:</b> Municipio de San Francisco Gotera.....  | 21 |
| <b>Figura 2.2:</b> División territorial del área urbana del municipio de san francisco gotera..... | 23 |
| <b>Figura 2.3:</b> División territorial del área rural del municipio de san francisco gotera.....  | 23 |
| <b>Figura 3.1</b> Ciclo Hidrológico.....   | 49 |
| <b>Figura 3.2</b> Precipitación.....   | 49 |
| <b>Figura 3.3</b> Trazado de los polígonos de Thiessen.....  | 52 |
| <b>Figura 3.4</b> Trazado de las curvas de Isoyetas.....   | 53 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 3.5:</b> Curva Intensidad – Duración – Frecuencia (I.D.F.).....                  | 55  |
| <b>Figura 3.6</b> Partes de una cuenca hidrográfica.....                                   | 64  |
| <b>Figura 3.7</b> División de una Cuenca Hidrográfica.....                                 | 65  |
| <b>Figura 3.8</b> División Hidrográfica e Hidrológica de la Cuenca.....                    | 66  |
| <b>Figura 3.9</b> Curva Hipsométrica.....  | 73  |
| <b>Figura 3.10</b> Hidrograma Unitario.....  | 77  |
| <b>Figura 5.1</b> Puntos de interés1.....  | 103 |
| <b>Figura 5.2</b> Puntos de interés 2.....   | 105 |
| <b>Figura 5.3</b> Puntos de interés 3.....   | 107 |
| <b>Figura 5.4</b> Puntos de interés 4.....   | 109 |
| <b>Figura 5.5</b> Zona Urbanizada .....  | 120 |
| <b>Figura 5.6</b> Area deforestada.....  | 120 |
| <b>Figura 5.7</b> Lecho rocoso.....  | 120 |
| <b>Figurara 5.8</b> Área afectada.....   | 121 |
| <b>Figura 5.9</b> Suelos clase VI.....   | 122 |
| <b>Figura 5.10</b> Suelos rocosos.....   | 122 |
| <b>Figura 5.11</b> Aguas servidas.....   | 123 |
| <b>Figura 6.1</b> Áreas inundables en la ciudad de San Francisco Gotera.....               | 173 |
| <b>Figura 6.2:</b> sección típica de la borda.....   | 180 |
| <b>Figura 6.3:</b> Muros rígidos.....  | 182 |
| <b>Figura 6.4:</b> Muros de concreto reforzado.....  | 184 |
| <b>Figura 6.5:</b> Muros de concreto sin refuerzo.....                                     | 185 |
| <b>Figura 6.6</b> Distribución y Localización de bordas.....                               | 192 |
| <b>Figura 6.7:</b> Drenaje interior de áreas bordeadas.....                                | 193 |
| <b>Figura 6.8:</b> Sobre elevación de Bordas.....  | 195 |
| <b>Figura 6.9</b> Elementos constituyentes de los colchones reno.....                      | 205 |
| <b>Figura 6.10</b> Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja colchones reno.....  | 207 |
| <b>Figura 6.11:</b> Empuje de Tierra sobre El Muro de Gavión.....                          | 214 |
| <b>Figura 6.12:</b> Esfuerzos actuantes sobre un elemento de suelo en “Reposo” .....       | 215 |
| <b>Figura 6.13:</b> Estados plásticos en el diagrama de Morh. (Suelos Friccionan tés)..... | 215 |
| <b>Figura 6.15</b> Fuerzas dinámicas actuantes en el muro.....                             | 217 |
| <b>Figura 6.16</b> Ubicación de Muro de Gavión Colonia La prado.....                       | 220 |
| <b>Figura 6.17</b> Ubicación de Muro de Gavión Bo. El Calvario.....                        | 232 |
| <b>Figura 6.18</b> Ubicación de Muro de Gavión Bo. Las Flores.....                         | 245 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 6.19</b> Ubicación de Zona afectada por escorrentía superficial..... | 250 |
| <b>Figura 6.20</b> Ubicación de Gavión Col. Los Romeros.....                   | 258 |

## INDICE DE CUADRO

|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro 2.1</b> Inundaciones registradas en el municipio de San Francisco Gotera..... | 29  |
| <b>Cuadro 2.2</b> Artículos constitucionales que regulan el medio ambiente.....         | 31  |
| <b>Cuadro 2.3</b> Reglamento del medio ambiente.....                                    | 34  |
| <b>Cuadro 2.4:</b> Ley de urbanismo y construcción.....                                 | 36  |
| <b>Cuadro 2.5:</b> Ley de ordenamiento territorial.....                                 | 40  |
| <b>Cuadro 2.6:</b> Ley de protección civil y Mitigación de Desastres.....               | 42  |
| <b>Cuadro 2.7</b> Ordenanza Municipal.....  | 45  |
| <b>Cuadro 4.1</b> Afluentes principales del río San Francisco.....                      | 92  |
| <b>Cuadro 4.2</b> Zonas de desbordamiento.....  | 99  |
| <b>Cuadro 4.3:</b> Afectaciones del periodo invernadero.....                            | 100 |
| <b>Cuadro 5.1</b> Densidad de corriente .....   | 120 |
| <b>Cuadro 5.2</b> Densidad de drenaje.....  | 120 |
| <b>Cuadro 5.3</b> Área de la cuenca.....  | 121 |
| <b>Cuadro 5.4</b> Longitud perimetral de la cuenca.....                                 | 121 |
| <b>Cuadro 5.5</b> Longitud perimetral de la cuenca.....                                 | 121 |
| <b>Cuadro 5.6</b> Separación entre curvas de nivel.....                                 | 122 |
| <b>Cuadro 5.7</b> Longitud de curva de nivel.....                                       | 123 |
| <b>Cuadro 5.8</b> Pendiente media.....  | 124 |
| <b>Cuadro 5.9</b> Pendiente del punto de interés 1.....                                 | 124 |
| <b>Cuadro 5.10</b> Pendiente del punto de interés 2.....                                | 125 |
| <b>Cuadro 5.11</b> Pendiente del punto de interés 3 .....                               | 125 |
| <b>Cuadro 5.12</b> Pendiente del punto de interés 4.....                                | 125 |
| <b>Cuadro 5.13</b> Semisuma de elevaciones.....   | 126 |
| <b>Cuadro 5.14</b> Tabulación para el cálculo en la Em. Colonia la prado.....           | 127 |
| <b>Cuadro 5.15</b> Tabulación para el cálculo en la Em. Barrio El calvario.....         | 128 |
| <b>Cuadro 5.16</b> Tabulación para el cálculo en la Em. Barrio Las Flores.....          | 129 |
| <b>Cuadro 5.17</b> Tabulación para el cálculo en la Em. Barrio Las Flores .....         | 130 |
| <b>Cuadro 5.18</b> Tabulación para el cálculo en la Em. Colonia Prado.....              | 131 |
| <b>Cuadro 5.19</b> Tabulación para la curva hipsométrica Barrio el Calvario.....        | 132 |
| <b>Cuadro 5.20</b> Tabulación para la curva hipsométrica Barrio las Flores.....         | 133 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro 5.21</b> Tabulación para la curva hipsométrica Colonia Los Romeros.....                         | 134 |
| <b>Cuadro 5.22</b> Índice de Grabiellus o Coeficiente de Compacidad.....                                  | 136 |
| <b>Cuadro 5.23</b> Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 1).....                                   | 137 |
| <b>Cuadro 5.24</b> Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 2).....                                   | 137 |
| <b>Cuadro 5.25</b> Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 3).....                                   | 138 |
| <b>Cuadro 5.26</b> Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 4).....                                   | 138 |
| <b>Cuadro 5.27</b> Criterios de Diseño Generalizado Para Estructura de control de Agua.....               | 139 |
| <b>Cuadro 5.28</b> Valores de Tc utilizando la formula de Pickering.....                                  | 140 |
| <b>Cuadro 5.29</b> Valores de Tc utilizando la formula de Pickering.....                                  | 141 |
| <b>Cuadro 5.30</b> Valores de Tc promedio.....  | 141 |
| <b>Cuadro 5.31</b> Intensidad de Precipitación Máxima Anual.....  | 143 |
| <b>Cuadro 5.32</b> Frecuencia Empírica y ordenamiento de Intensidad.....                                  | 144 |
| <b>Cuadro 5.33</b> Intensidad-Duración para periodos de retorno.....                                      | 146 |
| <b>Cuadro 5.34</b> Velocidad de propagación.....  | 152 |
| <b>Cuadro 5.35</b> valores Tn .....   | 153 |
| <b>Cuadro 5.36</b> Valores (Lf) .....   | 153 |
| <b>Cuadro 5.37</b> Caudal Máximo Col, Prado Tr= 50.....   | 154 |
| <b>Cuadro 5.38</b> Caudal Máximo Col, Prado Tr=100.....   | 154 |
| <b>Cuadro 5.39</b> Caudal Máximo B. El Calvario Tr=50.....  | 155 |
| <b>Cuadro 5.40</b> Caudal Máximo B. El Calvario Tr=100.....   | 155 |
| <b>Cuadro 5.41</b> Caudal Máximo B. Las Flores Tr=50.....   | 155 |
| <b>Cuadro 5.42</b> Caudal Máximo B. Las Flores Tr=100.....  | 156 |
| <b>Cuadro 5.43</b> Caudal Máximo Col. Los Romeros Tr=50.....  | 156 |
| <b>Cuadro 5.44</b> Caudal Máximo Col. Los Romeros Tr=100.....   | 156 |
| <b>Cuadro 5.45</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (Col Prado Tr=50 años).....         | 166 |
| <b>Cuadro 5.46</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (Col Prado Tr=100 años).....        | 166 |
| <b>Cuadro 5.47</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (B. El Calvario Tr=50 años).....    | 167 |
| <b>Cuadro 5.48</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (B. El Calvario Tr=100 años).....   | 167 |
| <b>Cuadro 5.49</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (B. Las Flores Tr=50 años).....     | 168 |
| <b>Cuadro 5.50</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (B. Las Flores Tr=100 años).....    | 168 |
| <b>Cuadro 5.51</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (Col. Los Romero Tr=50 años).....   | 181 |
| <b>Cuadro 5.52</b> Resumen de las alturas reales, criticas y normales (Col. Los Romeros Tr=100 años)..... | 181 |
| <b>Cuadro 6.1:</b> Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.....                       | 186 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro 6.2.</b> Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro flexible..... | 191 |
| <b>Cuadro 6.3:</b> Coeficientes de aceleración sísmica.....                           | 217 |

### ÍNDICE DE MAPAS:

|   |     |
|---|-----|
| <b>Mapa 2.1</b> Hidrografía del departamento de Morazán.....                          | 25  |
| <b>Mapa 2.2</b> Municipios de San Francisco Gotera.....                               | 26  |
| <b>Mapa 3. 1</b> Clasificación de corrientes de agua, micro cuenca San Francisco..... | 68  |
| <b>Mapa 4.1</b> Localización de los sitios de interés.....                            | 89  |
| <b>Mapa 5.1</b> Puntos de interés 1.....  | 104 |
| <b>Mapa 5.2</b> Puntos de interés 2.....  | 106 |
| <b>Mapa5.3</b> Puntos de interés 3.....   | 108 |
| <b>Mapa5.4</b> Puntos de interés 4.....   | 110 |
| <b>Mapa 5.5</b> Delimitación de la cuenca.....  | 116 |
| <b>Mapa 5.6</b> Micro cuenca del rio San Francisco.....                               | 117 |
| <b>Mapa 5.7</b> Delimitación de la sub-cuenca.....                                    | 118 |
| <b>Mapa 5.8</b> Delimitación de la sub-cuenca.....                                    | 119 |

### ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 3.1</b> Área de la cuenca.....                                  | 70  |
| <b>Tabla 3.2</b> elementos geométricos de una sección de canal.....      | 83  |
| <b>Tabla 6.1</b> Dimensiones estándar de gaviones tipo colchón reno..... | 206 |
| <b>Tabla 6.2</b> Dimensiones estándar de Gaviones tipo caja.....         | 208 |
| <b>Tabla 3.3</b> Valores de rugosidad de ríos en curso natural.....      | 86  |

### ÍNDICE DE GRAFICA

|   |     |
|---|-----|
| <b>Grafica 4.1</b> Afectaciones en infraestructura en periodo invernal de 2010..... | 111 |
| <b>Grafica 5.1</b> Curva hipsométrica punto de interés 1.....                       | 131 |
| <b>Grafica 5.2</b> Curva hipsométrica punto de interés 2.....                       | 132 |
| <b>Grafica 5.3</b> Curva hipsométrica punto de interés 3.....                       | 133 |
| <b>Grafica 5.4</b> Curva hipsométrica punto de interés 4.....                       | 135 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Grafica 5.5</b> grafico IDF.....   | 145 |
| <b>Grafica 5.6</b> Grafico correspondiente a la intensidad de diseño (50 y 100años) col. Prado.....       | 147 |
| <b>Grafica 5.7</b> Grafico correspondiente a la intensidad de diseño (50 y 100años) B. El Calvario.....   | 148 |
| <b>Grafica 5.8</b> Grafico correspondiente a la intensidad de diseño (50 y 100años) B. Las Flores.....    | 149 |
| <b>Grafica 5.9</b> Grafico correspondiente a la intensidad de diseño (50 y 100años) Col. Los Romeros..... | 150 |



# Capítulo I

## Anteproyecto

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El Rio San Francisco, es uno de los Rio más caudalosos en la zona oriental de la República de El Salvador, tiene un área de captación de 49.7 km<sup>2</sup> aproximadamente. La cuenca del Rio San Francisco posee, en su centro, a la ciudad de San Francisco Gotera, que se considera como el núcleo de la Región del Municipio. Además juega un papel muy importante en el drenaje de esta Ciudad, dado su cercanía a la población este ha servido durante años como el centro de recolección en gran porcentaje de las aguas residuales, que ha venido degradando el sistema ecológico y el medio ambiente.

La precipitación media anual varía de 2,300 a más de 2,600 milímetros<sup>1</sup> La parte meridional de la zona comienza aproximadamente a los 1,000 metros sobre el nivel del mar, y le corresponde un promedio de precipitación de 2,400 milímetros, mientras que en la zona baja esta a 500 metros sobre el nivel del mar y recibe un promedio de precipitación de 2,600 milímetros. Esta zona se encuentra ubicada dentro del área de mayor precipitación del país.

Existen varias zonas en la ciudad de San Francisco Gotera; que en la época lluviosa son afectadas por la escorrentía superficial provocando así daños en la infraestructura, salud y medio ambiente<sup>2</sup>

Las zonas afectadas son las siguientes: Barrio Las Flores, Barrio El Calvario, Colonia La Prado y Colonia Los Romeros. Por lo que son directamente afectados un aproximado de 75 familias.

El presente estudio **"Identificación y Evaluación de los problemas de Inundación causados por el rio San Francisco en la zona urbana y sub-urbana de la ciudad de San Francisco Gotera"** tiene como propósito proponer obras de mitigación para resolver los problemas de desbordamientos de agua que se originan en las zonas vulnerables de la ciudad de San Francisco Gotera.

---

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

<sup>2</sup> Visita de campo de grupo de investigación

El presente documento contiene dos capítulos:

### **Capítulo I se denomina "Anteproyecto"**

Se refiere básicamente al planteamiento del problema en estudio, justificación del problema, objetivos que se pretenden lograr con el desarrollo de la investigación, así como los alcances, limitaciones y la metodología de la investigación.

### **Capítulo II se denomina "Marco Histórico y Normativo":**

Contiene los antecedentes, evolución, ubicación del área en estudio y el registro de algunos eventos climatológicos que han afectado la zona; además se enmarcan las leyes que tienen relación con la realización de la investigación.

### **Capítulo III se denomina "Fundamentos Teóricos Básicos de la Investigación"**

El propósito del presente capítulo es establecer un marco teórico de referencia para definir las bases que permitan abordar en lo sucesivo el problema de las inundaciones en las colonias ubicadas en la zona urbana de la ciudad de San Francisco Gotera, provocadas por el desbordamiento del río San Francisco y entre las cuales se encuentran Barrio El Calvario, Barrio Las Flores, Colonia Prado, Colonia Los Romeros. Para ello se presenta una serie de conceptos básicos de la Hidrología, necesarios para comprender los fenómenos que se producen debido a la existencia de variables físicas que tienen lugar dentro de la atmósfera terrestre y son la base para la determinación de las posibles soluciones ante dichos fenómenos. De tal manera que pueda comprenderse la magnitud del fenómeno que año tras año vienen sufriendo los habitantes de las zonas afectadas.

### **Capítulo IV se denomina "Identificación de Sectores Críticos"**

Esta parte consistirá en la identificación de los sectores considerados como críticos a desbordamientos y en base al daño causado por el elevado nivel de la esorrentía se determina como sectores de alto riesgo.

### **Capítulo V se denomina "Evaluación de los Puntos Críticos de Interés"**

En este capítulo se presenta las zonas seleccionadas en donde se realizaron los estudios hidrológicos e hidráulicos, y a través de estos calcular el caudal del río que pasa por los puntos de

interés y las dimensiones adecuadas para que el caudal del río pueda pasar de una forma sin causar daños en los sectores.

### **Capítulo VI se denomina "Propuestas de las Obras de Mitigación"**

En este capítulo se presenta la propuesta del diseño de la obra civil, que brindara protección contra el riesgo de inundaciones en las zonas que se ven afectadas. Presentando así lineamientos generales a seguir, debido a que no existe una obra civil específica que brinde protección total contra el riesgo de inundaciones en una zona determinada.

### **Capítulo VII se denomina "Conclusiones y Recomendaciones"**

En este capítulo se da a conocer las soluciones basándose en los estudios realizados, dichas soluciones son obras ingenieriles para evitar que los problemas de inundación continúen.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Situación Problemática:

La expansión urbanística genera un aumento de áreas impermeables, las transformaciones en su infraestructura física, todo esto afecta de manera directa el proceso del ciclo hidrológico, reduciendo de tal forma la filtración y la evaporación respectivamente del agua. Estas modificaciones en el medio ambiente provocan en época de invierno un aumento evidente de la escorrentía superficial. Lo que incide en afrontar un problema sustancial por los desbordamientos de índole urbana. La mayoría de estos sectores se ven perjudicados debido a que construyeron sus viviendas en zonas de protección, además la tala inmoderada de árboles en el sector aguas arriba de la cuenca y la falta de una distribución territorial adecuada.

Existen varias zonas en la ciudad de San Francisco Gotera; que en la época lluviosa son afectadas por la escorrentía superficial, generando así daños en la infraestructura, salud y medio ambiente. Tal es el caso de la zona donde se encuentra el Río San Francisco, el cual está ubicado al poniente de la ciudad, interceptando con la carretera que conduce a Yamabal, desembocando en el Río Grande de San Miguel, a su paso se encuentra: El Barrio El Calvario, Barrio Las Flores, Colonia Prado y Colonia Los Romeros (figura 1.1). El suelo que esta región posee es un suelo muy fértil, y sus usos primordiales son para la agricultura y la ganadería, entre los cultivos más comunes de la región están: maicillo, maíz, frijol y hortalizas.

La falta de obras de protección tanto estructurales como no estructurales, que ayuden a minimizar los daños que provoca el desbordamiento del Río San Francisco en época lluviosa, ocasiona que los pobladores periódicamente vivan con el temor que el Río se salga de su cauce habitual. Esta situación perjudica a todos los que viven en estas zonas, por que intervienen en la realización de sus labores diarias, tienen que pedir permiso en sus trabajos y los niños no asisten a clases. Además los habitantes de algunos sectores (Col. Prado, Col. Los Romeros), no pueden abandonar sus viviendas debido a que son personas de bajos recursos y no tienen la facilidad de conseguir otro sitio para habitar temporalmente, por ello tienen que arriesgar sus vidas y la de sus familias viviendo en las cercanías de este. Ver figuras 1.2, 1.3, 1.4, 1.5)



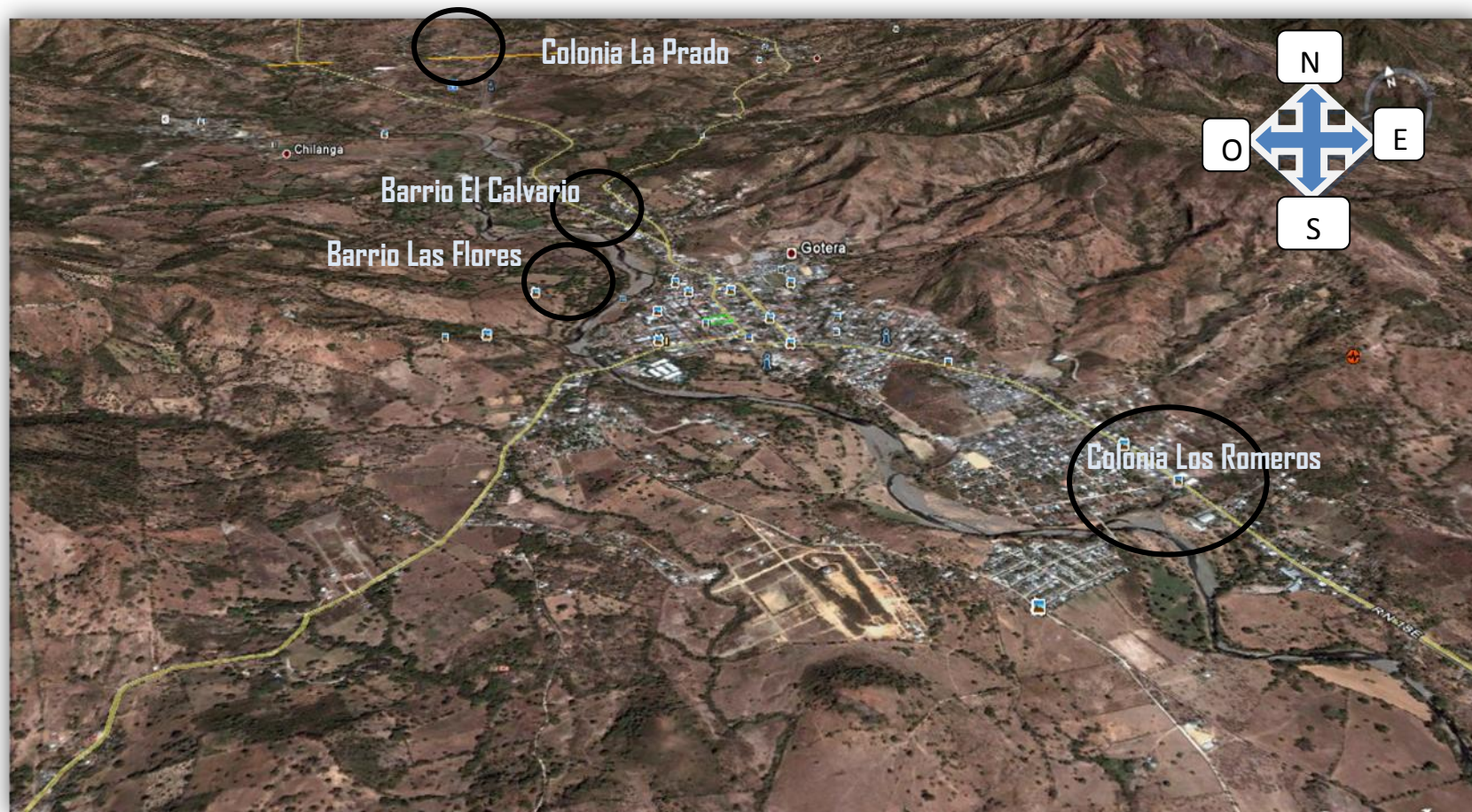


Figura 1.1 Vista satelital de las Zonas afectadas, por el desbordamiento del Rio San Francisco  
Fuente: Google Earth





**Fotografía 1.1** Vivienda completamente dañada en La Colonia La Prado  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Fotografía 1.2** Pasarela dañada en el Barrió El Calvario  
**Fuente:** Grupo de Investigación

## Descripción de algunos problemas causados por el desbordamiento del rio San Francisco



**Fotografía 1.3** Pobladores de El Barrio Las Flores revisando los pocos muebles y Electrodomésticos que están en Buenas Condiciones.  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Fotografía 1.4** Vivienda afectada en La Colonia Los Romeros  
**Fuente:** Grupo de Investigación

## 1.2.2 Enunciado del problema

¿Cuál es la Importancia de identificar las zonas afectadas por el desbordamiento del río San Francisco?

El río San Francisco en la época de invierno se vuelve muy caudaloso, provocando así las inundaciones de algunos sectores de dicha ciudad, por ello el estudio está enfocado en las zonas más afectadas como lo son: Bº. El Calvario, Bº. Las Flores, Col. La Prado, y Col. Los Romeros. Dichas inundaciones no solo se dan por las fuertes precipitaciones si no también incluyen otros factores como la escorrentía superficial, topografía del lugar, cauce del río, sedimentación, deforestación, uso del suelo y todo esto combinado con la inexistencia de una serie de programas eficaces para la prevención de desastres naturales.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN.

La zona urbana de San Francisco Gotera debido a un crecimiento poblacional desorganizado ha permitido asentamientos de diversas Urbanizaciones, Colonias y Caseríos en las riveras de este Río, lo cual ha provocado grandes series de inundaciones, cada vez que se presentan fenómenos extraordinarios de precipitaciones intensas, como consecuencia se producen evacuaciones de los pobladores en estos sectores, así como pérdidas humanas, económicas y de bienes, e interrupción de las actividades cotidianas de los pobladores. Todo esto provoca inseguridad por parte de los habitantes y baja plusvalía de las viviendas.

El crecimiento urbano ha generado que el sistema pluvial se haya desfasado hasta el punto de ser obsoleto, contribuyendo así, a causar problemas de inundación en el Barrio El Calvario y Barrio Las Flores, así como la deforestación provoca que cada vez que se den precipitaciones altas, en los sectores de la cuenca alta y media del río San Francisco, por lo que cauce de los ríos incrementa sustancialmente en los ríos Araute y Yoloaiquin, y esto implica que la fuerza de arrastre del agua transporte árboles y sedimentos hacia el río San Francisco, y esto produce daños en estructuras que encuentra a su paso, como la pasarela ubicada en el Barrio El Calvario y viviendas en las zonas aledañas.

Cabe mencionar que el municipio aún no cuenta con un proyecto formal orientado a solucionar este problema de forma integral.

Lo anterior hace necesario llevar a cabo una **"IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACIÓN CAUSADOS POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LAS ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"** con la que pueda determinarse la alternativa aplicable para solucionar y prevenir el problema, con el objeto de evitar pérdidas materiales y humanas.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Identificar los problemas que representan las inundaciones causadas por el desbordamiento del río San Francisco, en los sectores urbanos de la ciudad de San Francisco Gotera, aplicando los métodos y parámetros del análisis hidrológico e hidráulico para proporcionar propuestas de obras de mitigación.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Aplicar una metodología adecuada para identificar y seleccionar los sitios de alto riesgo a inundaciones, en la zona urbana y sub-urbana de La Ciudad de San Francisco Gotera.
- Realizar un estudio hidrológico e hidráulico en la sub-cuenca del Río San Francisco
- Proponer un diseño de obras de mitigación para protección de las zonas vulnerables a inundaciones.

## 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.5.1 ALCANCES

- Se realizó un levantamiento topográfico en: Barrio El Calvario, Barrio Las Flores, Colonia La Prado, Colonia Los Romero ya que son los sectores donde se presentan mayores problemas de inundaciones.
- Hacer un diagnóstico basándose en el estudio hidrológico e hidráulico del cual se determina, el caudal de diseño para la sub-cuenca del Río San Francisco así como también se propusieron las obras hidráulicas para la protección de la zona vulnerables.
- Con la obtención de datos e información obtenidas se elaborará un documento de gestión el cual será entregado a la municipalidad de San Francisco Gotera que contendrá un presupuesto detallado y especificaciones técnicas del diseño de las obras de mitigación como lo son: muros de protección, disipadores de energía, taludes, gaviones, y otra medidas no estructurales para la protección de las zonas afectadas.

## 1.5.2 LIMITACIONES

- Las obras de protección se diseñaron para un periodo de retorno de 50 años.
- Las obras de mitigación estructurales entre las que se encuentran: gaviones, muros de protección, disipadores de energía, conformación de taludes. Que resulten necesarias solo incluirá el diseño hidráulico y especificaciones técnicas.
- Para el diseño de las obras de Mitigación, el presupuesto tendrá como base los precios de los materiales de construcción proyectados para el año 2011.
- Los datos proporcionados por el Sistema Nacional de Estudio Territoriales (SNET) son hasta el año 1982 (únicos datos registrados).

## 1.6 SUPUESTOS.

- Con los resultados obtenidos de los análisis hidrológicos e hidráulicos se elaborara un dimensionamiento de las obras de mitigación en el Rio San Francisco.
- La construcción Muros de Gaviones y Bordas de Contención, son algunas de la soluciones para mitigar los daños ocasionados por el desbordamiento del Rio San Francisco ya que son Técnicamente y económicamente factibles en el sector de interés.
- Se elaborara un documento en el cual se presentara el diseño de las diferentes obras de mitigación, sus respectivos presupuestos y especificaciones técnicas.



## 1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1 TIPO DE INVESTIGACION:

- **NIVEL EXPLORATORIO.**

Se efectuaron visitas de campo en el río y el área urbana de la ciudad, concretamente en los lugares que se ven afectados por los desbordamientos del río.

- **NIVEL DESCRIPTIVO.**

Se tomo a bien los reglamentos, normativas y leyes tanto municipales como nacionales que rijan la implementación de un método que permita la obtención de los resultados necesarios para lograr el mejor desarrollo de la misma.

La investigación estará basada en el método Científico y se desarrolló de la siguiente manera:

- Identificar y seleccionar las zonas críticas inundables, con la ayuda de cuadrantes topográficos, levantamiento topográfico e inspecciones de campo,
- Se realizó el estudio topográfico de la sub-cuenca del Río San Francisco: utilizando la cartografía de los cuadrantes topográficos a escala 1:50,000 de San Francisco Gotera. Los cuales se trabajaron en el software de diseño Auto CAD 2009. Así como también se llevara a cabo el levantamiento topográfico con estación total del tramo del río en el cual se determinarán las zonas crítica vulnerables a inundaciones; datos que se trabajaran en el software de diseño Autodesk Land Desktop 2009.
- Se realizó el análisis y estudio hidrológico de la cuenca del Río San Francisco: Mediante la delimitación de la cuenca en los cuadrantes topográficos y el análisis de campo en la misma, en primer lugar se determinaran las características de la cuenca como son área y perímetro de la misma así como también la aplicación de las respectivas ecuaciones y procedimientos para la Realización del estudio hidrológico.

## 1.7.2 UNIDAD DE ANALISIS:

Para el problema de investigación **"IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACIÓN CAUSADOS POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"**, la muestra de estudio serán dos, entre los que pueden mencionar los estudios hidrológicos e hidráulicos para determinar el mejor diseño de las obras de mitigación.

### 1.7.3 DESCRIPCION DE LA VARIABLE A MEDIR:

¿Qué quiero obtener de los respectivos estudios?

**¿Cuáles son las variables involucradas?**

#### a) Variables Fisiográficas de la cuenca:

- Elevaciones
- Intensidades de lluvias
- Topografía
- Tipo de suelos

#### b) Variables socio- ambientales de las zonas afectadas:

- Población afectada
- Características de las viviendas

### 1.7.4 TECNICAS DE RECOPIACION DE DATOS:

Es necesario tomar en cuenta ciertos puntos básicos a seguir para que el desarrollo de la investigación tenga éxito, tales como:

### **1.7.4.1 Recopilación de la información:**

Esto tiene por objeto la familiarización con la temática, mediante consultas bibliográficas, publicaciones, cursos impartidos, afiches y entrevistas a Ingenieros Civiles que se dedican al análisis y estudios tanto hidrológicos como hidráulicos. Con toda la información recopilada, se precederá al estudio y análisis de todo material bibliográfico que sirvió para darle forma a la investigación.

#### **a) Recopilación de la información bibliográfica:**

- ❑ Visitas a bibliotecas, para la revisión y lectura de documentos, libros, tesis, folletos, hojas volantes, tratadas entre otros.
- ❑ Consultas a instituciones públicas y privadas para la respectiva gestión de información bibliográfica de acorde a nuestro trabajo de investigación.
- ❑ Obtención de cuadrantes, mapas, planos, software, información geográfica que puede ser de utilidad.
- ❑ Entrevistas a personas que tengas conocimientos sobre temática que esta siendo sujeto de estudio, como Hidrólogos, Ingenieros Agrónomos, especialistas en Manejo de Cuencas Hidrográficas, Ingenieros Civiles y otros que se consideren necesarios, para propiciar la obtención de información bibliográfica indispensable para la realización de la investigación.
- ❑ Realización de investigaciones en Internet, para la respectiva gestión de descargas bibliográficas (libros, revistas, tratados, manuales entre otros), que tenga clara incidencia en la investigación a realizar.
- ❑ Visitas y solicitud de información a Instituciones como el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) y estaciones meteorológicos de la zona, Alcaldía Municipal y su correspondiente Unidad Ambiental, El Centro Nacional de Registros(CNR), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Ministerio de Obras Publicas(MOP), el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

#### **b) Investigación de campo**

- ❑ Realizar visitas de campo a las zonas donde se da el problema del desbordamiento del Rio San Francisco.

- ❑ Levantamiento topográfico del Rio San Francisco; para obtener las pendientes del terreno, así como otra información topográfica que pueda ser útil para la realización de la investigación.
- ❑ Delimitación del área de influencia en la que se enmarca el problema.
- ❑ Identificación de drenajes pluviales
- ❑ Identificación y caracterización de cuencas y micro cuencas.
- ❑ Identificación de sectores vulnerables a los desbordamientos y determinación de las zonas de alto riesgos en la ciudad.

#### **1.7.4.2 Tratamiento y análisis de datos**

El tratamiento de la información obtenida consistió en reunir, clasificar, organizar y presentar todo el material bibliográfico que sirvió para la continuidad de la temática. Además, de llevar a cabo un análisis para separar los elementos que se consideren básicos examinarlos, con el propósito de responder al planteamiento de la problemática de la cual es objeto esta investigación.

#### **1.7.4.3 Selección de información:**

Después de recolectada la base de datos, se procedió a depurar toda aquella información considerada innecesaria para la continuación de la investigación; seleccionando solo la información que a juicio del equipo de trabajo se considere conveniente para continuar con dicha investigación.

#### **1.7.4.4 Elaboración del anteproyecto:**

Una vez recolectada la información, se procederá a plantear los conceptos básicos, así como la terminología empleada en el proceso, lo cual sirvió como base para la elaboración del anteproyecto, donde se dio a conocer más detalladamente la intención de este trabajo con su respectivo planteamiento y justificación, objetivos y metas propuestas en esta investigación.

#### **1.7.4.5 Selección de los lugares o puntos de emplazamiento, donde se llevará a cabo la Investigación.**

Para que la investigación tenga un fin social, se procederá a identificar un lugar de la zona de la ciudad de San Francisco Gotera, en donde es necesaria la construcción de obras de mitigación y elaboración de un documento de gestión, el cual será de mucha ayuda para poder delimitar los lugares de alto riesgo. Dichos sitios deben de tener como objeto principal resolver necesidades y problemáticas de los habitantes afecta.

## **Capítulo II**

# **Marco Histórico y Normativo**

## 2.1

# Marco Historico

## 2.1.1 SINTESIS HISTORICA DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA

El Dr. Santiago Ignacio Barberena afirma que el nombre vernáculo de Gotera significa: "Cerro de Culebras," en cuyo caso las raíces formativas de este toponímico serían got, culebra, serpiente, sierpe, y era, cerro, sierra, altura. El lugar que hoy ocupa Gotera era conocido con el nombre de "Plan del Cacao".

En 1786 Gotera fue ascendida a la categoría de cabecera del partido de su mismo nombre, que comprendía a las siguientes poblaciones: Lolotiquillo, Cacaopera, Meanguera, Sensembra, Guatajiagua, Chilanga, San Carlos, Yamabal, Osicala, Gualococti, San Simón, Yoloaiquin, Jocoaitique, Araute (después villa del Rosario), Arambala, Perquín, San Fernando, Torola, San Antonio del Sauce, Santa Rosa, Saco (hoy Concepción de Oriente), Anamoros, Poloros y Lislique.

**TITULO DE VILLA:** Anota el geógrafo don Guillermo Dawson que este pueblo prehispánico "obtuvo el título de villa en enero de 1871".

**TITULO DE CIUDAD:** Siendo Presidente de la República el Dr. Rafael Zaldívar, por Ley del 5 de febrero de 1877, emitida por el Poder Legislativo a iniciativa del representante Don Estéban Gómez, se otorgó a la Villa de Gotera, el título de ciudad, por llenar esta población tanto en lo material como en lo moral, las condiciones necesarias para gozar de esa categoría, a las que reunía la circunstancia "de ser cabecera del departamento de su nombre desde su creación".

Pero si de hecho, Gotera era la cabecera departamental, no lo era de derecho, por cuyo motivo se emitió la Ley del 8 de febrero de 1877, que declaró definitivamente "a la ciudad de Gotera cabecera o capital del departamento de su nombre".<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Fuente: Monografía del Departamento y Municipios de Morazán. Centro Nacional de Registros (CNR), El Salvador. 1998

## 2.1.2 ASPECTO FÍSICO

### EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA EN EL SALVADOR Y EN EL DEPARTAMENTO DE MORAZÁN

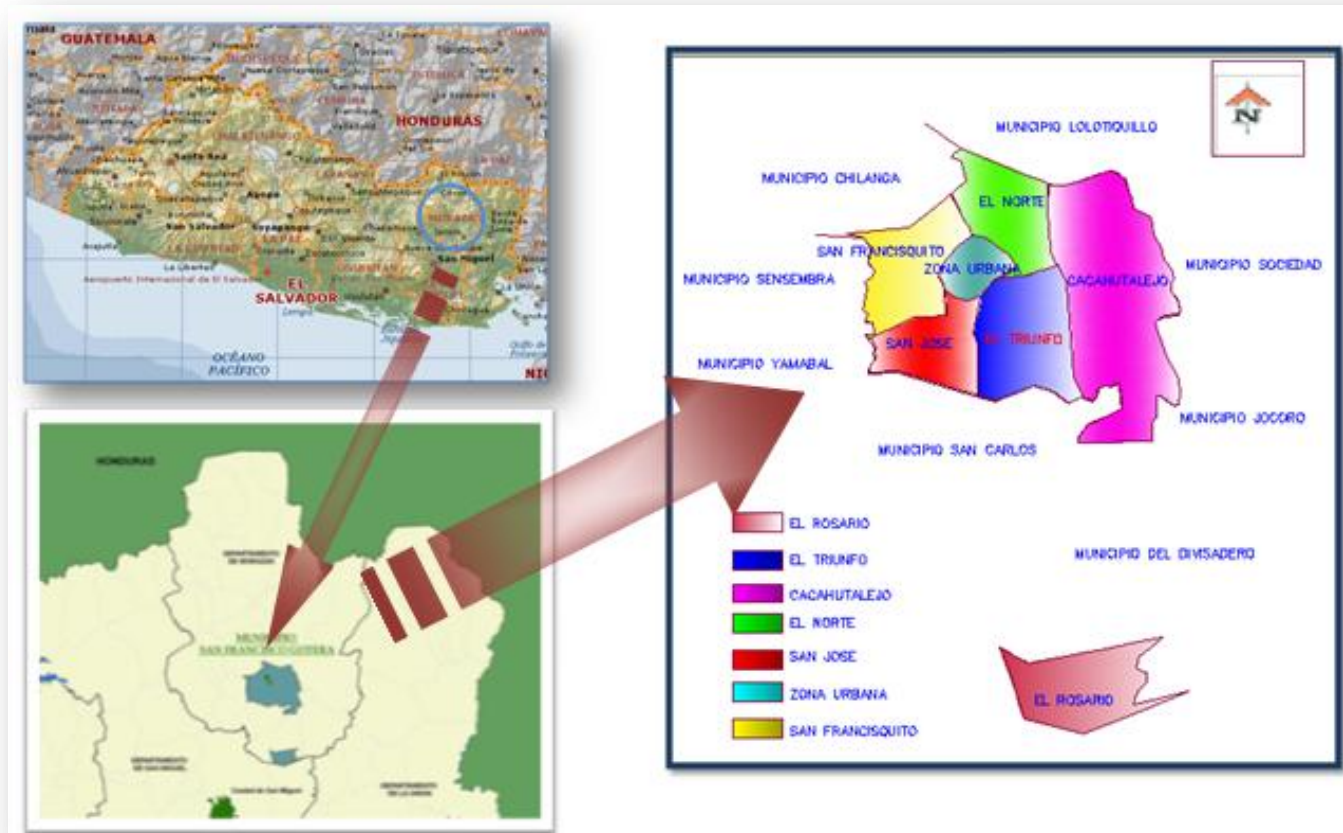


Figura 2.1: Municipio de San Francisco Gotera

Fuente: Elaboración Propia a Partir de mapas de Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET)



## 2.1.2.1 GEOGRAFÍA:

### 2.1.2.1.1 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO:

El municipio de SAN FRANCISCO GOTERA ocupa el sector centro-oriente de la Unidad Territorial de los Valles Altos del Río Grande de San Miguel. Está bordeado por 8 de los 11 restantes municipios de esta Unidad Territorial: Chilanga, Lolotiquillo, Sociedad, Jocoro, El Divisadero, San Carlos, Yamabal y Sensembra.

Comparativamente es un municipio cuya superficie es de tamaño **mediano** mientras su población es de tamaño **grande**: 59.76 km<sup>2</sup> y 22,565 habitantes (según la proyección de DIGESTYC para 2006).

El territorio municipal de SAN FRANCISCO GOTERA se compone de dos partes separadas, quedando la principal al norte con forma de cuadrilátero irregular: cuyo borde occidental, coincidente con el río San Francisquito, limita con Sensembra y Yamabal; el borde norte limita con Chilanga y Lolotiquillo, con los cerros Mendoza y El Picacho como referencias, respectivamente; el borde oriental limita con Sociedad y Jocoro; y al sur entre las dos partes del municipio están San Carlos y El Divisadero.

La parte sur del municipio, menor, es el enclave del cantón El Rosario, cuyo perímetro tiene por referencia diversos cerros de baja altitud, limitando con El Divisadero al poniente, norte y oriente, y con Comacarán al sur. Dentro del municipio de San Francisco Gotera las montañas ocupan los dos tercios de la superficie, y las planicies un tercio (33.4%), en total 2,390 ha: es el 6º municipio de la Región por su proporción de planicies y el 7º por la extensión absoluta de éstas.

Tratándose de una ciudad central, estas cifras muestran un potencial territorial muy apreciable. Se trata más bien de una única planicie relativamente lineal que se extiende de norte a sur en torno al río San Francisco, ensanchándose en el sur hacia el sur-oriente.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Plan de Acción para el Desarrollo del Municipio de San Francisco Gotera

### 2.1.2.2 ESTRUCTURA POLITICO ADMINISTRATIVA:

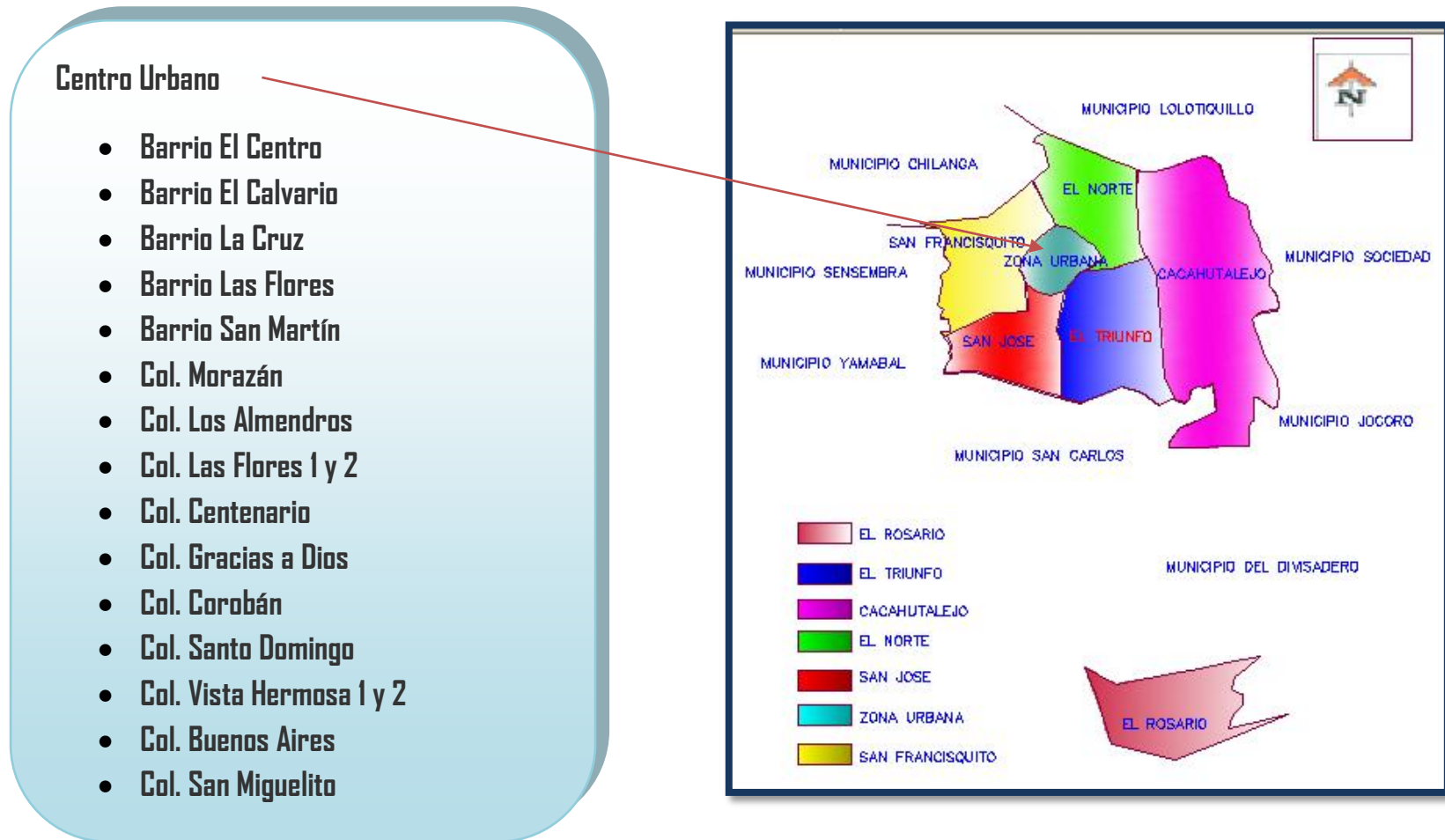
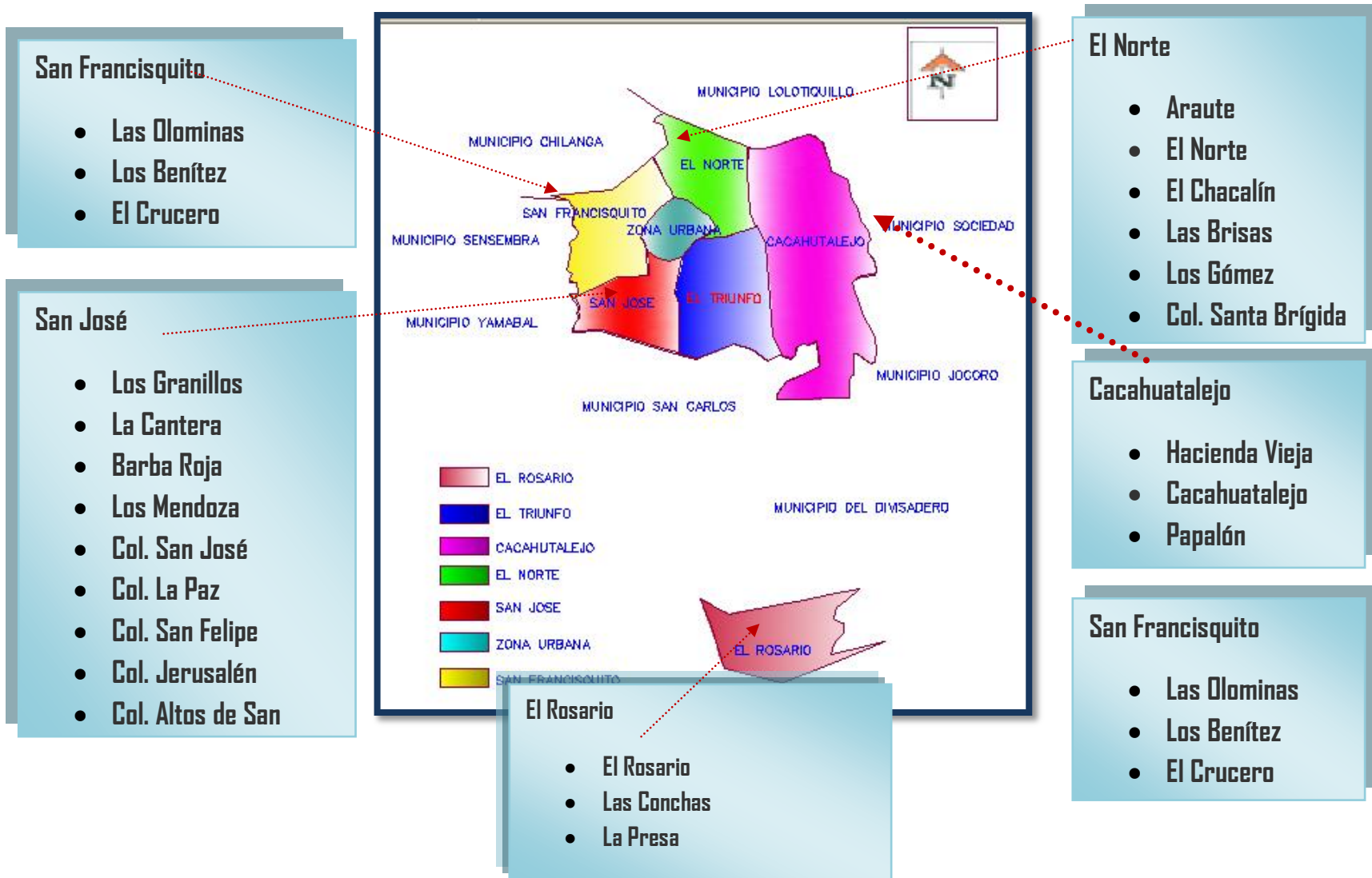
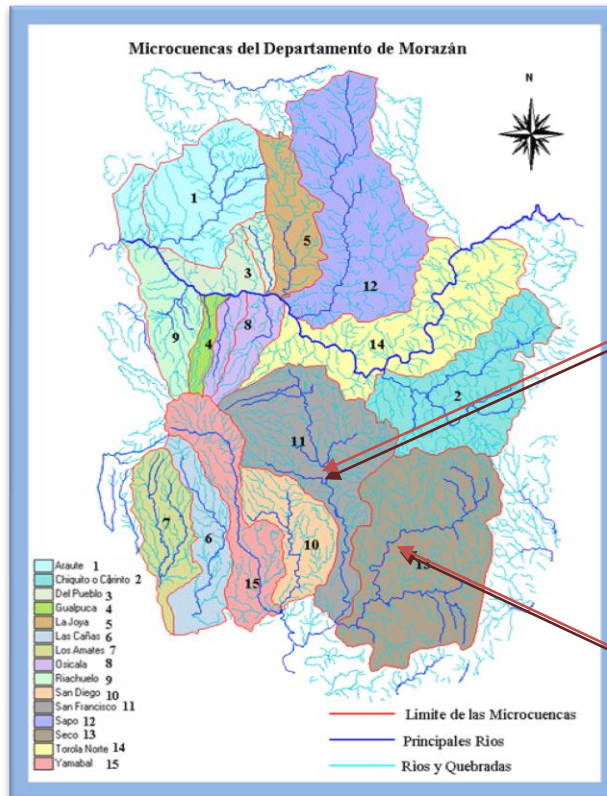


Figura 2.2: División territorial del área urbana del municipio de san francisco gotera  
Fuente: Elaboración propia a partir del censo poblacional y vivienda MINEC. Tomo Depto. De Morazán 1992



**Figura 2.3:** División territorial del área rural del municipio de san francisco gotera  
**Fuente:** Elaboración propia a partir del censo poblacional y vivienda MINEC. Tomo Depto. De Morazán 1992

### 2.1.2.3 HIDROGRAFIA:



Mapa 2.1 Hidrografía del Departamento de Morazán.

Riegan el Municipio los ríos: San Francisquito, San Francisco, Seco, San Juan, Yoloaiquin y Araute; las quebradas: Guascanal, El Chacalín, Seca ó Guachipilín, Caraguite, El Chupadero, Las Trancas, Agua Fría, de Duldo, Siramba, Coroguara, Grande, Las Vacas, La Canoá, La Arenera, Poza Azul ó Caraguite, Las Cañas, La Criba, Seca, La Olomina, El Pozo Tibio ó Barba Roja, Las Piletas, Bonilla, Los Almendrales, Maculí, Los Pocitos, La Presa, Mario, La Zapata, Honda, Las Conchas, Las Barrancas, Los Horcones y Ceiba Hueca.

**RIO SAN FRANCISCO:** Se forma de la confluencia de los ríos Araute y Yoloaiquin, a 1.4 Km al Norte de San Francisco Gotera. Corre con rumbo Norte a Sur hasta abandonar el municipio en las inmediaciones de la loma El Castaño. Recibe como afluente las quebradas: El Chacalín, Seca ó Guachipilín, Agua Fría, Siramba y La Arenera. La longitud que recorre dentro del municipio es de 8.5

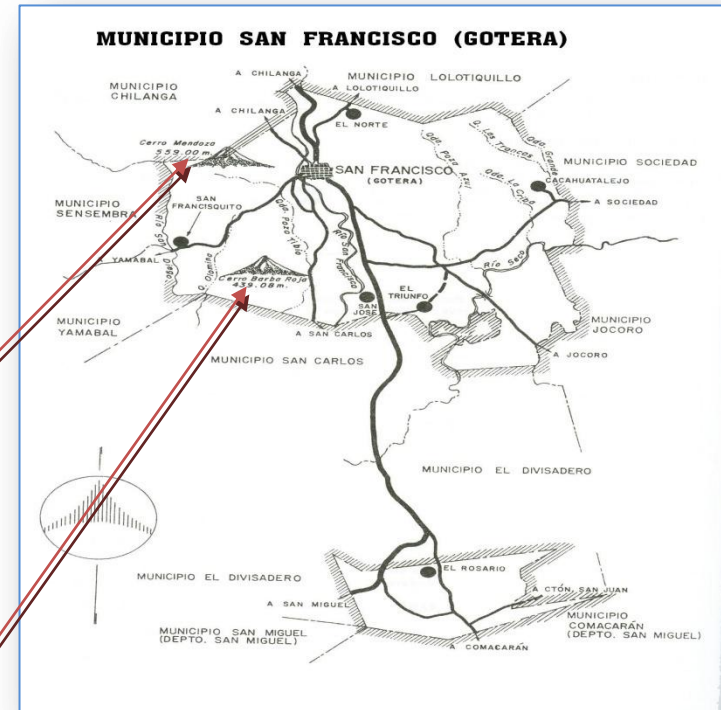
**RIO SECO.** Nace fuera de este municipio y entra a formar parte de él, a 6.7 Km al este de la ciudad de San Francisco Gotera. Corre con rumbo NE a SW hasta abandonar el municipio; sirve como límite municipal entre este municipio y el de San Carlos. Recibe la afluencia de las quebradas: La Criba, Los Positos, Los Almendrales y Maculí. La longitud que recorre dentro del municipio es de 8.5 Km.

#### 2.1.2.4 DROGRAFIA:

Los rasgos geográficos más notables, son los cerros: El Tempisque, El Picacho, Obomba, Mendoza, Campo Santo, Platanar, La Ventana de Corova, Carranza, Macho, Las Puntas, El Zope, Tizate, Llano Verde, La Cruz, Barba Roja, Chachahuate, San Pablo, Las Conchas, Portillo del Toro, Susubala, El Escamil, El Mojón, La Talnetera; Las Lomas: El Divisadero, La Cantera, El Cascajal, Piedra El Sapo, Sirimba, Cacalota, El Cerro, La Matanza, El Castaño y El Rosario.

**MENDOZA.** Esta situado a 2.2 Km al W de la Ciudad de San Francisco Gotera; sirviendo de mojón para la demarcación del límite entre este municipio y el de Chilanga. Su elevación es de 550.0 m.s.n.m.

**Cerro Barba Roja** pertenece a Morazán en El Salvador  
Está clasificado como: Orográfico (Montaña con una altura superior a los 300 m.s.n.m.)  
Latitud: **13.6666667**  
Longitud: **-88.1166667**



Mapa 2.2 Municipio de San Francisco Gotera  
Fuente: [pyconsultores.snet/imágenes/mapas/](http://pyconsultores.snet/imágenes/mapas/)

### **2.1.2.5 CLIMA:**

Precipitación media anual varía de 2300 a más de 2600 milímetros. La parte meridional de la zona comienza aproximadamente a los 1000 metros sobre el nivel del mar, y le corresponde un promedio de precipitación de 2400 milímetros; sin embargo, hacia el flanco septentrional, la zona baja hasta 500 metros y recibe en esta parte 2600 milímetros. Esta zona está situada dentro del área de mayor precipitación del país<sup>5</sup>.

### **2.1.2.6 VEGETACION:**

La Flora está constituida por bosque húmedo subtropical y bosque muy húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son: Pepeto, Madrecacao, Chaparro, Nance, Papatirro, Volador, Conacaste, Morro, Zopilocuavo, Carreto ó Cenicero, Tambor, Capulín de Monte, Nispero, Quebracho, Almendro de Río, Mango, Carbón, Ojushte.

### **2.1.2.7 ROCAS:**

Predominan los tipos de lava andesítica y basáltica, riolitas andesíticas y materiales piroclásticos.

### **2.2.8 SUELOS:**

Los tipos de suelos que se encuentran son: Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles, Alfisoles (Fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada); Grumosales, Litosoles y Latosoles Arcillo Rojizos, Vertisoles y Alfisoles (Fases de casi a nivel, a fuertemente alomada).<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> <http://www.oas.org>

<sup>6</sup> Monografías del Departamento y Municipios de Morazán. Instituto Geográfico Nacional "Ing. Pablo Arnoldo Guzmán"

## 2.1.3 REGISTRO HISTÓRICO DE ALGUNOS DE LOS EVENTOS QUE HAN TENIDO CONSECUENCIAS EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA

| INUNDACIONES REGISTRADAS EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA |  |   |
|--|--|---|
| FECHA  | DESCRIPCIÓN  | CONSECUENCIAS   |
| 20/Mayo / 2005   | <b>Huracán Adrian:</b> Este evento debido a diferentes factores climatológicos y el relieve topográfico de nuestro país, se degradó a Depresión Tropical al tocar el territorio salvadoreño, debido a esto y a todas las medidas preventivas que se tomaron en los diferentes sectores del país, las pérdidas y daños causados por este evento fueron pocos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se evacuaron a unas 15 familias en el sector del barrio Las Flores.</li> </ul>   |
| 10/Septiembre/ 2008  | La unión de aguas de los ríos Seco y San Francisco provocó que el nivel de éstas alcanzara casi metro y medio  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Crecida de ríos deja 25 casas afectadas en Morazán.</li> </ul>   |
| 5 / Octubre/ 2009  | A las 20:00 horas, se reporto el desbordamiento del Rio San Francisco en el municipio de San Francisco Gotera  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Afecto a un aproximado de 20 familias en el Barrio Las Flores y 5 familias en sector de la pasarela ubicada en el barrio El Calvario.</li> </ul> |

| FECHA                 | DESCRIPCIÓN   | CONSECUENCIAS  |
|-----------------------|---|--|
| 15 / Junio / 2010     | Las lluvias en la zona norte de Morazán provocaron el desbordamiento del río San Francisco, afectando a varias comunidades de la cabecera departamental, San Francisco Gotera, ubicadas a orillas del afluente.   | <p>La correntada se metió a las viviendas y destruyó muebles de sala, camas, electrodomésticos y otros enseres. Solo dos familias fueron evacuadas por las autoridades,</p> <p><b>Borda rota</b></p> <p>Miguel Ventura, el gobernador político de Morazán, indicó que los sitios más afectados fueron los barrios El Centro, El Calvario, Las Flores y San José. Ahí la borda provisional —construida a orillas del río— se rompió en varios tramos. La fuerza del agua también dañó los arranques de una pasarela ubicada en el barrio El Centro y derribó además un tramo de borda de más 5 metros. Asimismo, dañó un muro donde terminan los tubos de las aguas negras.</p> |
| 10 /Septiembre / 2010 | A las 16:00 horas, se reportó el desbordamiento del río San Francisco, en el municipio de San Francisco Gotera como consecuencia de lluvia intensa muy focalizada en el Norte y Oriente del municipio, específicamente en los municipios de Chilanga, Yoloaiquin, Delicias de Concepción. y en los cantones de Gualindo Arriba y Gualindo Centro. La zona de influencia de la lluvia se localiza entre las estaciones telemétricas de San Francisco Gotera y Osicala, las cuales reportaron registros moderados de lluvia. (FUENTE DGSNET). | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afecto cantones y comunidades como Gualindo arriba y Gualindo Abajo así como la zona urbana de San Francisco Gotera.</li> </ul>   |

**Cuadro 2.1** Inundaciones registradas en el municipio de San Francisco Gotera

**Fuente:** DGSNET, Protección Civil de Morazán y Comité de Emergencia de las comunidades del Barrio Las Flores, El Calvario y Col Los Romeros



## 2.2

# Marco Normativo

## 2.2.1 ÁMBITO CONSTITUCIONAL

### 2.2.1.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.   |
|-----------|---|---|
| Art. 60:  | Inciso segundo de la Constitución de la República: "En todos los centros docentes, públicos o privados, civiles o militares, será obligatoria la enseñanza de la historia nacional, el civismo, la moral, la Constitución de la República, los Derechos Humanos y la Conservación de los Recursos Naturales".   | ✓ Las escuelas, en las instituciones del gobierno, en el ejército y en todo lo que tenga que ver con la cultura del país                            |
| Art. 113  | "Serán fomentadas y protegidas las asociaciones de tipo económico que tiendan a incrementar la riqueza nacional mediante un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y humanos, y a promover una justa distribución de los beneficios provenientes de sus actividades.<br>En esta clase de asociaciones, además de los particulares, podrán participar el Estado, los municipios y las entidades de utilidad pública".           | ✓ Proyectos de conservación de las especies marinas, proyecto de conservación ecológica y todo lo referente al cuidado de la fauna y la naturaleza. |
| Art. 117. | "Es deber del Estado proteger los recursos naturales así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible. Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales, en los términos que establezca la ley.<br>Se prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos". | ✓ Para la aplicación de los recursos naturales.   |

## 2.2.2 ÁMBITO INTERNACIONAL

La protección de los recursos hídricos ha motivado reuniones a los más altos niveles de autoridades mundiales para la suscripción de tratados que permitan regularlos, con la finalidad de promoverla y castigar aquellos actos que se definan como delitos contra el medio ambiente.

El Salvador ha firmado y ratificado los acuerdos internacionales que en materia ambiental lo obligan a adoptar medidas para cumplir los compromisos adquiridos y operar internamente la normativa internacional.

Entre los tratados que tienen aplicabilidad en El Salvador y que se relacionan en alguna medida con los recursos hídricos tenemos:

- El convenio Constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, ratificado el 8 de febrero de 1990 según Diario Oficial N° 36 del tomo 306 del 15 de febrero de 1990, el cual tiene por objeto buscar una mejor calidad de vida en la región a través de un régimen de cooperación para la utilización óptima y racional de los Recursos Naturales del área, el control de la contaminación y el restablecimiento del equilibrio ecológico.
- Además existe el Convenio Regional para el Manejo y la Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales, ratificado el 14 de julio de 1994 según Diario Oficial N° 155 del Tomo 324 del 24 de agosto de 1994, que implícitamente regula sobre la protección y el mejoramiento de las cuencas hidrográficas como consecuencia natural de una adecuada reforestación de las zonas en que estas se encuentran.

### 2.2.3 ÁMBITO NACIONAL

En El Salvador la normativa relacionada con los recursos Naturales son las siguientes:

- Ley del Medio Ambiente publicada el 4 de mayo de 1998 según Diario Oficial N° 79, tomo 339.
- Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente, publicado el día 12 de abril de 2000. Según Diario Oficial N° 73, tomo 347.
- Ley de Urbanismo y Construcción, publicado el 11 de Junio de 1951. Según el Diario Oficial N° 107, tomo 151.
- Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, Publicado el 26 de Enero de 1994 Según el Diario Oficial N° 88, , Tomo 383 de fecha 15 de mayo de 2009
- Ley de Protección Civil y Prevención y Mitigación de Desastres. Publicado el 31 de Agosto de 2005 Según el Diario Oficial N° 160, Tomo 368
- Ordenanza Municipal Ambiental del Municipio de San Francisco Gotera. Publicada el 19 de Septiembre de 2003, Según el Diario oficial N° 173, Tomo 360.

### 2.2.3.1 LEY Y REGLAMENTO DEL MEDIO AMBIENTE

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN  | APLICACIÓN.   |
|---|--|---|
| <p><b>DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p><b>OBJETO DE LA LEY</b></p> <p><b>Art. 1.-</b></p>               | <p>La presente ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.</p> | <p>✓ Para protección del medio ambiente.</p>  |
| <p><b>EMERGENCIAS Y DESASTRES</b></p> <p><b>AMBIENTALES.</b></p> <p><b>ART. 54</b></p>                    | <p>Ante la inminencia u ocurrencia de un desastre ambiental, el Órgano Ejecutivo, declarará el estado de emergencia ambiental por el tiempo que persista la situación y sus consecuencias, abarcando toda la zona afectada, adoptando medidas de ayuda, asistencia, movilización de recursos humanos y financieros, entre otros, para apoyar a las poblaciones afectadas y procurar el deterioro ocasionado.</p>   | <p>✓ El órgano Ejecutivo declarara el estado de emergencia durante el tiempo que sea necesario.</p> |
| <p><b>OBLIGACIÓN DE ELABORAR PLANES DE PREVENCIÓN Y CONTINGENCIA AMBIENTAL</b></p> <p><b>ART. 55.</b></p> | <p>Literal</p> <p>a) En la gestión de protección del medio ambiente, prevalecerá el principio de prevención y precaución.</p>  | <p>✓ Prevenir a la población mediante alertas tempranas</p>   |

| ARTICULO   | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.   |
|--|---|---|
| <p><b>GESTIÓN Y USO DE LAS AGUAS Y ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.</b></p> <p><b>ART. 70.</b></p> | <p>c) Se promoverán acciones para asegurar que el equilibrio del ciclo hidrológico no sufra alteraciones negativas para la productividad, el equilibrio de los ecosistemas, la conservación del medio ambiente, la calidad de vida y para mantener el régimen climático;</p> <p>d) Asegurar la cantidad y calidad del agua, mediante un sistema que regule sus diferentes usos;</p> <p>e) Se establecerán las medidas para la protección del recurso hídrico de los efectos de la contaminación; y</p> <p>f) Todo concesionario de un recurso hídrico para su explotación será responsable de su preservación</p> | <p>✓ Promoveer acciones que proporcionen estabilidad en el ciclo hidrológico.</p>           |
| <p><b>PROTECCIÓN DE ZONAS DE RECARGA.</b></p> <p><b>ART. 71.</b></p>                     | <p>El Ministerio identificará las zonas de recarga acuífera y promoverá acciones que permitan su recuperación y protección</p>  | <p>✓ Promoveer acciones que permitan la recuperacion y proteccion en zonas especificas.</p> |

### 2.2.3.2 LEY DE URBANISMO Y CONSTRUCCION

| ARTICULO   | DESCRIPCIÓN  | APLICACIÓN.  |
|--|--|--|
| <p><b>TITULO PRELIMINAR<br/>CAPITULO UNICO</b></p> <p>Art. 3-)</p> | <p><b>En lo relativo a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales.(Objeto, Alcances y Definiciones)</b></p> <p><b>Plan local:</b> Instrumento de planificación que sirve para ordenar el desarrollo físico de un municipio</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zonas Urbanas en desarrollo</li> <li>✓ Zonas rurales en desarrollo</li> <li>✓ Zonas de alto riesgo, etc.</li> </ul>                                   |
| <p><b>TITULO PRELIMINAR<br/>CAPITULO UNICO</b></p> <p>Art. 3-)</p> | <p><b>En lo relativo a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales.(Objeto, Alcances y Definiciones)</b></p> <p><b>Zona de proteccion:</b> Franja que se establece a un terreno adyacente a una quebradas y rios, para proteger las parcelas o lotes urbanos de la inestabilidad del suelo generada por la erocion progresiva probocada por la escorrentia superficial, permitiendo y asegurando el curso normal de dicha escorrentia o corriente de agua.Esta franja tambien se establece a terrenos, que por su configuracion topografica presentan grandes diferencia de nivel dentro de los mismos o con sus terrenos colindantes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Urbanizaciones, lotificaciones y todo desarrollo habitacional que incremente en zonas cercanas a rios y quebradas ó zonas de peligro ,etc.</li> </ul> |
| <p><b>TITULO PRIMERO<br/>CAPITULO CUATRO</b></p> <p>Art. 17-)</p>  | <p><b>Permiso de parcelacion</b></p> <p>Toda persona natural o juridica que desee iniciar una obra de parcelacion devera presentar al Viceministerio de Vivienda y desarrollo urbano, lo siguiente: 3-) Planta de distribucion general con curvas de nivel indicando niveles de terraza referenciales a niveles geodesico y obras de proteccion a construir como: muros, taludes, Etc.</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ejecucion de una parcelacion.</li> <li>✓ Ejecucion de una urbanizacion,etc.</li> </ul>  |

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.  |
|---|---|--|
| <p><b>TITULO SEGUNDO</b><br/><b>CAPITULO TERCERO</b></p> <p><b>Art. 50-)</b></p> <p><b>De los lotes y parcelas.</b></p> <p><b>(Zonas de proteccion para accidentes naturales)</b></p> | <p>Todo accidente natural dentro de una parcelación o colindante con otra, deberá contar con una zona de protección con las excepciones reguladas en el artículo 51 de este reglamento.</p> <p>El ancho de la zona de protección se establecerá basándose en los criterios siguientes:</p> <p><b>A) Profundidad de la quebrada.</b><br/>El ancho de la zona de protección en quebrada se determinara multiplicando su profundidad por el factor de 1.5 y se medirá paralela a partir de dicha orilla y a todo lo largo del terreno en la parte afectada.</p> <p>La profundidad de la quebrada se medirá a partir de la orilla próxima inferior al borde inmediato superior o del borde inferior cuando el lecho se encuentre al pie de un cerro o fuerte desnivel topográfico.</p> <p><b>B) Estudio del área de recogimiento.</b><br/>El ancho de la zona de protección de un rio o una quebrada caudalosa, deberá ser delimitado por un estudio de las áreas de recogimiento o influencia de los mismos, con el cual se determinara el área hidráulica necesaria de acuerdo al caudal máximo instantáneo resultante. Este estudio deberá determinar al menos la altura máxima probable que alcanzara la corriente adyacente al terreno, el ancho de la zona de protección y las obras de protección necesarias con sus detalles y características correspondientes (inclinación de taludes, tipos y secciones de muros, etc.). Dicho estudio deberá ser realizado por profesionales o empresas debidamente acreditados.</p> <p><b>C) Diferencia natural de nivel dentro del terreno con sus terrenos colindantes.</b><br/>El ancho de la zona de protección en cambios de nivel se determinara multiplicando la profundidad próxima al nivel inferior de la diferencia natural de nivel del terreno por el factor de 1.5 y se medirá paralela a partir de dicho nivel inferior y a todo lo largo del terreno en la parte afectada.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colonias donde no se tome encuentra la zona de protección.</li> <li>✓ Zonas de protección que se encuentren construidas.</li> <li>✓ Ríos y quebradas profundas, etc.</li> </ul> |



| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN  | APLICACIÓN.   |
|---|--|---|
| <p><b>TITULO SEGUNDO<br/>CAPITULO TERCERO</b></p> <p><b>Art. 51-)</b></p> <p><b>Obras de proteccion para mantener y/o disminuir las zonas de proteccion</b></p> | <p>Las zonas de protección que no cuenten con vegetación adecuadas o que presentan cambios de nivel mayores de un metro deberán ser protegidos con obras tales como taludes engramados, estaquillados, barreras naturales, etc.</p> <p>El ancho de la zona de protección original en quebrada seca, o estacionaria podrá reducirse mediante la construcción de muros o la combinación de muros y taludes cuya relación será de 1.5 en horizontal por 1 en vertical o mediante el cambio de la inclinación de los taludes la cual podrá aumentar mediante tratamientos especiales de los mismos, con suelo cemento, enchapados y otros; pero tal medida deberá justificarse mediante la presentación de un estudio elaborado por un laboratorio de suelos y materiales. Por ningún motivo se permitirá la tala de árboles dentro de las zonas de protección ni la variación de su perfil natural cuando este se encuentre cubierto de vegetación natural, con el objeto de reducir el ancho de la misma</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lotes o parcelas que se encuentren sin respetar la zona de protección.</li> <li>✓ Cuando exista deforestación en las zonas de protección.</li> <li>✓ Cuando se presente modificación en las propiedades físicas del terreno.</li> <li>✓ Cuando se haya desalojado la capa vegetal de una zona de protección, etc.</li> </ul> |
| <p><b>TITULO SEGUNDO<br/>CAPITULO TERCERO</b></p> <p><b>Art. 52-)</b></p> <p><b>Propiedad uso y mantenimiento de las zonas de proteccion.</b></p>               | <p>Los terrenos afectados por las zonas de protección podrán ser de propiedad pública o privada. En el caso de ser propiedad privada, esta deberá ser incorporada a los lotes vecinos, debiendo identificarse y describirse en la escritura pública correspondiente, señalando además las limitaciones y obligaciones que a continuación detalla el presente reglamento. Los propietarios de las zonas no deberán realizar obras que destruyan la flora existente, alterar la estabilidad del terreno y/o de las contracciones vecinas, así mismo tendrán la obligación de mantener en buen estado las obras de protección con que cuente la misma (engramados, canales, etc.) Estas zonas de protección solo podrán reducirse conforme a lo dispuesto en el artículo 51 de este reglamento. Por ningún motivo, razón o circunstancia, se permitirá la reducción del ancho natural del hecho de las quebradas o ríos, ni la obstrucción del curso normal de la escorrentía superficial o corriente de agua, tampoco se permitirá la tala de árboles existentes. La zonas de protección de propiedad pública formaran parte del Área Verde Ecológica de la parcelación la cual no podrá ser utilizada para la construcción de edificaciones de ninguna naturaleza y deberá regirse por lo dispuesto en el capítulo IV del presente titulo del reglamento.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zonas de Proteccion.</li> </ul>  |

| ARTICULO   | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.    |
|--|---|----------------|
| <b>TITULO SEGUNDO</b><br><b>CAPITULO CUARTO</b><br><br><b>Art.61-)</b> | <b>Del equipamiento y publico.</b><br><b>Area verdes en parcelaciones habitacionales.</b><br><b>Ubicación del área verde ecológica.</b><br><br>El área verde Ecológica podrá comprender: redondeles así como las zonas de protección y otros terrenos desfavorables para la construcción y podrá ubicarse en forma combinada o separada con el área verde recreativa. | ✓ Zonas verdes |

### 2.2.3.3 LEY DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL

| ARTICULO   | DESCRIPCIÓN  | APLICACIÓN.   |
|--|--|---|
| <p><b>Art. 1.</b></p>  | <p>b) Estrategia y directrices relativas a la prevención y mitigación de riesgos naturales.</p>  | <p>✓ Urbanizaciones, lotificaciones y todo desarrollo habitacional que incremente en zonas cercanas a rios y quebradas ó zonas de peligro ,etc.</p> |
| <p><b>Planes Departamentales De Ordenamiento Y Desarrollo Territorial</b></p> <p><b>Art. 30.</b></p> | <p>Los planes departamentales de ordenamiento y desarrollo territorial, son los instrumentos de planificación que tienen por objeto normar la organización de las actividades públicas y privadas en el territorio, necesarias para alcanzar el desarrollo sostenible acorde a las características territoriales en sus dimensiones: ambientales, sociales, económicas, rurales, urbanísticas, infraestructurales e institucionales, abarcando los límites municipales que conforman el departamento</p> | <p>✓ Normar actividades en los sectores publicos como privados sean Urbanizaciones, lotificaciones y toda infraestructura .</p>                     |
| <p><b>Planes Departamentales De Ordenamiento Y Desarrollo Territorial</b></p> <p><b>Art. 31.</b></p> | <p><b>Literal 1.</b></p> <p>1. La evaluación ambiental estratégica</p>   | <p>✓ Normar actividades en los sectores publicos como privados sean Urbanizaciones, lotificaciones y toda infraestructura .</p>                     |

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.  |
|---|---|--|
| <p style="text-align: center;"><b>Instrumentos De<br/>Planificación Del Ámbito<br/>Local Y Micro Regional</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Art. 34</b></p> | <p><b>Literal d)</b></p> <p>d) Zonas no urbanizables: Están constituidas por aquellas áreas que se excluyen de posibles procesos de urbanización o transformación debido a existencia de limitaciones derivadas de la protección frente a riesgos naturales o cualesquiera otras establecidas por la ley o justificadamente, por los instrumentos de planificación.</p> | <p style="text-align: center;">✓ Sectores no urbanizables.</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>Planes de Desarrollo<br/>Urbano y Rural</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Art. 36</b></p>                                 | <p><b>Literal l.</b></p> <p>l. Esquemas de estructura territorial, con consideración explícita de la dimensión ambiental y de los factores de riesgo</p>  | <p style="text-align: center;">✓ Sectores con riesgo</p>       |

### 2.2.3.4 LEY DE PROTECCIÓN CIVIL Y PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES.

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.  |
|---|---|--|
| <p><b>Objeto de la Ley</b><br/><b>Art. 1.</b></p>     | <p>La presente Ley tiene como objeto prevenir, mitigar y atender en forma efectiva los desastres naturales y antrópicos en el país y además desplegar en su eventualidad, el servicio público de protección civil, el cual debe caracterizarse por su generalidad, obligatoriedad, continuidad y regularidad, para garantizar la vida e integridad física de las personas, así como la seguridad de los bienes privados y públicos.</p> | <p>✓ Mitigar y atender en forma efectiva los desastres naturales y en el país.</p> |
| <p><b>Principios de la Ley</b><br/><b>Art. 3.</b></p> | <p>b) Principio de la Efectiva Protección Civil, Prevención y Mitigación: La prevención, mediante la gestión ecológica de los riesgos, es el medio idóneo para mitigar los efectos de los desastres y para proteger a la población civil frente a una situación de riesgo.</p>  | <p>✓ mitigar y atender en forma efectiva los desastres naturales y en el país.</p> |
| <p><b>Conceptos Operativos</b><br/><b>Art. 4.</b></p> | <p>h) Vulnerabilidad: Condiciones específicas de una sociedad que la hacen susceptible de ser afectada por una amenaza natural, socio natural o antrópica, convencionalmente puede agruparse en factores físicos, económicos, ecológicos y sociales</p>   | <p>✓ Vulnerabilidad de los sectores afectados por los desastres</p>                |

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN  | APLICACIÓN.   |
|---|--|---|
| <p><b>Objetivos del Sistema</b></p> <p><b>Art. 6</b></p>          | <p>a) Incorporar en los planes de desarrollo, la gestión prospectiva de los riesgos en materia de desastres.</p> <p>b) Elaborar y coordinar planes y acciones para educar e informar a la población sobre la necesidad de prevenirse adecuadamente ante el evento de posibles desastres de cualquier naturaleza.</p> <p>c) Diseñar y ejecutar planes de protección civil, para responder ante el evento de un desastre de cualquier naturaleza, procurando mitigar sus daños o reducir sus impactos.</p>   | <p>✓ Planes de desarrollo para educar a la población para mitigar los efectos q causan los desastres.</p>                     |
| <p><b>Elaboración del Plan Nacional</b></p> <p><b>Art. 21</b></p> | <p>Este plan debe incluir las políticas, estrategias, acciones y programas, tanto de carácter nacional, departamental, municipal y local; teniendo en cuenta, por lo menos, los siguientes elementos:</p> <p>a) La familia, la escuela, la comunidad, el municipio, el departamento y el país son los ámbitos de todo plan.</p> <p>b) Los procesos ecológicos, políticos, sociales, económicos, tecnológicos, comunitarios, jurídicos e instituciones generadoras de riesgo.</p> <p>c) Articulación con la política ambiental y de desarrollo social del país.</p> <p>d) La educación ambiental, la organización y estímulo de la participación comunitaria.</p> | <p>✓ Se ven vinculadas La familia, la escuela, la comunidad, el municipio,</p>  |
| <p><b>Autoridad Máxima</b></p> <p><b>Art. 25.</b></p>             | <p>En caso de que se decrete el Estado de Emergencia, el Presidente de la República será la autoridad máxima en la ejecución de los planes de contingencia de protección civil, así como también de mitigación de desastres.</p>   | <p>✓ El Presidente de la Republica es la autoridad maxima en ejecución de los planes de contingencia de protección civil,</p> |

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.  |
|---|---|--|
| <p><b>Derechos de las Personas Frente a los Organismos del Sistema Art.35</b></p> | <p><b>-Todas las personas que habitan en el país tienen derecho a</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recibir información sobre la inminencia o eventual ocurrencia de un desastre.</li> <li>✓ Pedir y recibir protección civil cuando sean afectados por un desastre.</li> <li>✓ Recibir atención médica en cualquier centro hospitalario público o privado del país si ha sufrido cualquier quebranto de salud debido a un desastre.</li> <li>✓ Ser escuchado cuando por cualquier motivo tengan información de la ocurrencia posible de un desastre o por un temor razonable que sientan al respecto.</li> <li>✓ Solicitar la construcción de obras que consideren necesarias para prevenir un desastre que pueda afectar su vida, sus bienes o de su comunidad ante la Dirección General.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Derechos que poseen las personas</li> </ul> |
| <p><b>Deberes de las Personas en caso de Desastre Art. 36.</b></p>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Colaborar con las labores de prevención, mitigación y de protección que emprenda la Dirección General o las Comisiones del Sistema</li> <li>b) Acatar las disposiciones y medidas de prevención que dicte la Dirección General o las Comisiones del Sistema.</li> <li>c) Evacuar las áreas peligrosas cuando la Dirección General, las Comisiones del Sistema o la Policía Nacional Civil se los pida</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Deberes que tienen las personas.</li> </ul> |

### 2.2.3.5 ORDENANZA MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA.

| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN  | APLICACIÓN.   |
|---|--|---|
| <p><b>Capítulo I. disposiciones preliminares.</b><br/><b>Art. 1</b></p> | <p>d) Evitar la contaminación de los mantos acuíferos, cuencas de los ríos y quebradas, que estén dentro de la jurisdicción municipal.</p>   | <p>✓ Para una mayor prevención y evitar aglomeración de basura.</p> |
| <p><b>Funciones</b><br/><b>Art. 4</b></p>                               | <p>a) Zona protectora del suelo: masa boscosa las cuales tienen como fin proteger ríos, quebradas, manantiales, poblados, carreteras, etc.<br/>Cuenca hidrográfica: el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente que fluye en un curso mayor que a la vez puede desembocar en un río principal.</p> <p>b) Gestionar fondos para la ejecución de proyectos de reforestación, conservación de suelos y agua, protección de cuencas hidrográficas.</p> | <p>✓ Proteger los cauces de los ríos y las cuencas principales.</p> |
| <p><b>Art. 24</b></p>   | <p>Se prohíbe botar en aceras, cunetas, calles, quebradas o ríos, residuos de aceite y grasas provenientes de gasolineras, talleres automotrices u otros similares.</p>  | <p>✓ Para evitar contaminación de gases tóxicos.</p>                |
| <p><b>Medida preventiva</b><br/><b>Art. 47</b></p>                      | <p>c) Protección de cuencas hidrográficas y de las zonas altas de estos, mediante la conservación, mejora o establecimientos de masa forestales de las mismas.</p> <p>d) Evitar las deforestaciones descontroladas, especialmente en áreas críticas de las cuencas hidrográficas.</p>  | <p>✓ Protección de las cuencas hidrológicas</p>                     |



| ARTICULO  | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN.                |
|---|---|----------------------------|
| <b>Obligaciones y prohibiciones</b><br><br><b>Art. 59</b> | En caso de desastre ambiental, el gobierno municipal concertara con otros municipios y entidades del estado y de servicio comunal para contribuir a la atención de los afectados. Además solicitara al ministerio de agricultura y ganadería los estudios técnicos respectivos, a fin de establecer por medio de decretos, zonas protectoras del suelo, para mantener y regular el régimen hidrológico en terrenos comprendidos en las cuencas hidrográficas o riveras de los ríos o quebradas. | ✓ Obligaciones del estado. |



## **CAPITULO III**

# **"FUNDAMENTOS TEÓRICOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN"**

## 3.1 HIDROLOGIA

### 3.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS:

#### 3.1.1.1 DEFINICION DE HIDROLOGÍA:

La hidrología estudia la ocurrencia, distribución, movimiento y características del agua en la tierra y su relación con el medio ambiente. Desde sus inicios hasta la fecha, la hidrología ha evolucionado de una curiosidad meramente filosófica hasta convertirse en una disciplina científica que forma parte de las llamadas ciencias de la tierra como lo son la geología, la climatología, la meteorología y la oceanografía.

#### 3.1.1.2 CICLO HIDROLÓGICO

Se denomina ciclo hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea.

El ciclo hidrológico, se considera el concepto fundamental de la hidrología. De las muchas representaciones que se pueden hacer de él, la más ilustrativa es quizás la descriptiva (véase Figura 3.1). Como todo ciclo, el hidrológico no tiene ni principio ni fin; y su descripción puede comenzar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos y otros grandes cuerpos de agua, como presas y lagos. Del agua infiltrada, una parte es absorbida por las plantas y posteriormente es transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera y otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u otros cuerpos de agua, o bien

hacia zonas profundas del suelo (Percolación) para ser almacenada como agua subterránea y después aflorar en manantiales, ríos o el mar.

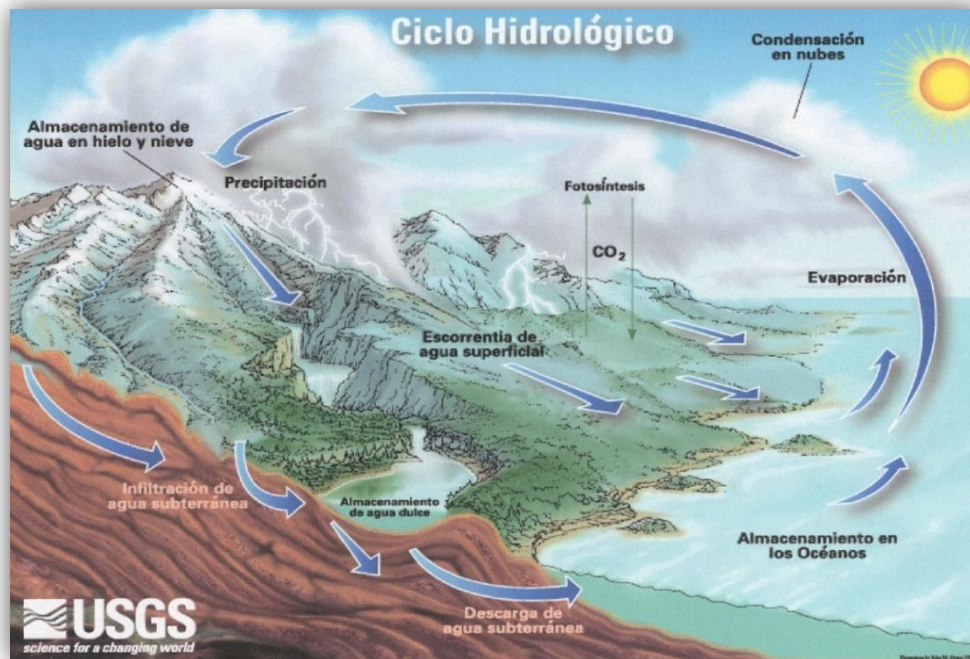


Figura 3.1 Ciclo Hidrológico  
Fuente: USGS (Servicio Geológico de Los Estados Unidos)

### 3.1.1.2.1. LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL CICLO HIDROLOGICO:

#### I. LA PRECIPITACIÓN

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua.



Figura 3.2 Precipitación  
Fuente: Ministerio de Educación de El Salvador.

## i Tipos de precipitaciones:

Las Precipitaciones pueden ser clasificadas de acuerdo con las condiciones que producen movimiento vertical del aire:

- Convectivas
- Orográficas
- Ciclónica

## ii Medición de la precipitación:

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad. Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$  plana e impermeable



Fotografía 3.1 Pluviógrafo.  
Fuente: Estación Meteorológica San Miguel



Fotografía 3.2 Pluviómetro Automático.  
Fuente: Estación Meteorológica San Miguel

### iii. PRECIPITACION MEDIA SOBRE UNA CUENCA.

Es importante para la cuantificación de la lluvia en una cuenca hidrográfica para un intervalo de tiempo.

En general, En muchos problemas hidrológicos es necesario determinar la precipitación media, que cae en un sitio. Los aparatos como Los Pluviómetros y Fluviógrafos solamente registran la lluvia puntual; es decir la que se producen en el punto en que está instalado el aparato y, para cálculos ingenieriles, es importante conocer la precipitación media en una zona dada, como puede ser una cuenca.

Para calcular la Precipitación Media de una tormenta dada, existen tres métodos de uso general que se presentan a continuación.

- **METODO ARITMETICO**

Este método es el más simple para determinar la precipitación media sobre un área, y provee una buena estimación si los aparatos pluviométricos están distribuidos uniformemente en la cuenca, si el área de la cuenca es bastante plana y la variación de las medidas pluviométricas entre los aparatos es pequeña o despreciable.

Este método consiste básicamente en hacer un promedio aritmético de las alturas de la precipitación registradas en cada una de las estaciones utilizadas en el análisis. Se suma la altura de lluvia registrada en un cierto tiempo de cada una de las estaciones pluviométricas localizadas dentro de la zona y se divide entre el número total de estaciones.

$$\bar{P} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.1)$$

Donde:

$\bar{P}$ : Precipitación Media en mm.

n: Numero de aparatos pluviómetros.

P: Precipitación registrada en el aparato pluviométrico i

## • METODO DE POLIGONOS DE THIESSEN

Requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación, identificando el área de influencia de cada pluviómetro y/o fluviógrafo. Así se van formando triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles.

A partir de allí se trazan líneas bisectoras perpendiculares a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo conforma una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación. El área de influencia de cada estación considerada "Polígono" está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca (Fig. 3.5).

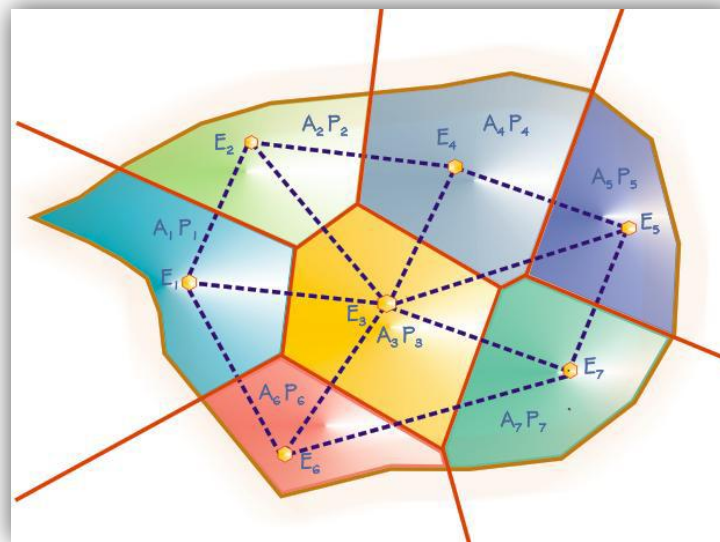


Figura 3.3 Trazado de los polígonos de Thiessen.

La precipitación promedio de una zona geográfica o cuenca se determina de la siguiente manera

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i * A_i)}{A} = \sum_{i=1}^n (P_i * \frac{A_i}{A}) \quad (3.2)$$

Siendo:

$\bar{P}$ : Precipitación media sobre la cuenca

$P_i$ : precipitación observada en la Estación  $i$

$A_i$ : área del polígono correspondiente a la Estación  $i$

$A$ : área total de la cuenca

$n$ : número de estaciones pluviométricas y/o pluviográficas con influencia en la cuenca



• METODO DE ISOYETAS

Para aplicar este criterio se debe contar con un plano de Curvas Isoyetas de la tormenta en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación y para trazarlas se requiere un conocimiento general del tipo de tormentas que se producen en las zonas.

Primeramente, se utilizan los mismos segmentos que unen las estaciones en estudio, según Thiessen; y para cada uno de ellos, en función de los montos pluviométricos de dichas estaciones, se van marcando sobre los mismos, los valores de precipitación con el cual se irán formando las isohietas, de manera proporcional entre la distancia y la diferencia de precipitación de las dos estaciones unidas por cada segmento.

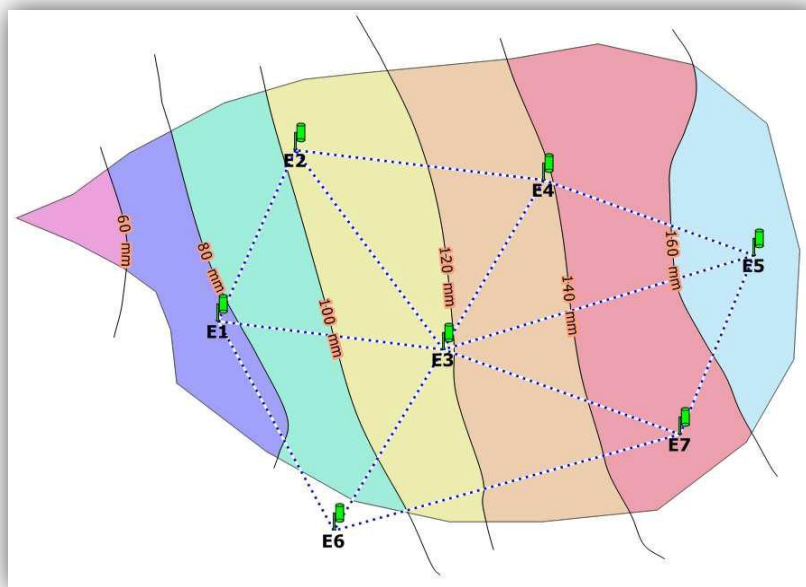


Figura 3.4 Trazado de las curvas de Isoyetas.

Este método se determina de la siguiente manera:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right)}{\sum_{i=1}^{n-1} A_{i+1}} \tag{3.3}$$

Donde:

**n:** Es el número de curvas de igual precipitación.

**P<sub>i</sub>:** Es la precipitación correspondiente a la curva de igual precipitación.

**P<sub>i+1</sub>:** Es la precipitación correspondiente a la curva de igual precipitación *i* + 1

**A<sub>i i+1</sub>:** Al área entre las curvas de igual precipitación *i* e *i* + 1

## **CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA.**

- **INTENSIDAD**

Se define como la mayor o menor precipitación de agua para un tiempo determinado y usualmente se expresa en mm/min. Además pueden mencionarse que la escorrentía superficial es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia, es decir a mayor intensidad de lluvia mayor escorrentía, y también a menor intensidad de lluvia menor escorrentía.

- **DURACIÓN**

Es el periodo de tiempo que tarda una determinada lluvia en precipitar sobre la superficie y usualmente se expresa en minutos o en horas. Las lluvias que producen caudales máximos en un punto de la cuenca hidrográfica son, aquellas cuya duración de precipitación es igual al tiempo que necesita una gota de agua precipitada en el punto más alejado aguas arriba de la cuenca en llegar a un punto de interés. En cuencas pequeñas las tormentas que producen los mayores caudales, son tormentas de corta duración y alta intensidad de lluvia, en tal sentido se utilizan lluvias de varias duraciones tales, como 5, 10, 15, 20, 30, 45, 90, 120, 180, 240 y 360 minutos.

- **FRECUENCIA**

En cuanto mayor es la intensidad de la tormenta más rara es su ocurrencia o' menor su frecuencia. En forma aproximada, (de una duración) a una intensidad más alta de duración específica, consignada en el periodo de registro de n años llamada tormenta de n años, tiene una frecuencia de una vez en "n" años. Esto es importante para relacionar posteriormente las precipitaciones con los caudales generados en los cauces superficiales, por ejemplo para el diseño de obras públicas relacionadas con la escorrentía superficial.

Es más habitual la elaboración de este tipo de curvas después de ciertos cálculos estadísticos, dando lugar a una familia denominada "Curvas IDF"(véase Figura 3.7). En este tipo de gráficos aparecen varias curvas intensidad-duración correspondientes a diversos periodos de retorno, por ejemplo: 10, 25,... años. Para una mejor lectura, es frecuente representar las curvas IDF en escalas logarítmicas. En la figura 3.7 inferior aparecen las mismas curvas IDF del gráfico superior, pero en un gráfico logarítmico.

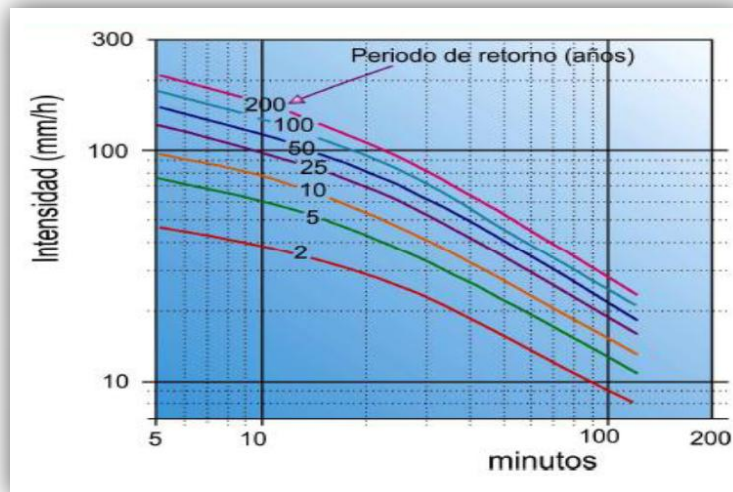


Figura 3.5: Curva Intensidad - Duración - Frecuencia (I.D.F.)

## II. EVAPOTRANSPIRACION.

La evapotranspiración forma parte del ciclo hidrológico, es esencial para la renovación del agua en la atmósfera. Es uno de los elementos principales del balance hídrico superficial.

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados que son La Evaporación y La Transpiración por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por Evaporación y por otra parte mediante Transpiración de las plantas. Vuelve a la atmosfera en forma de vapor.

### EVAPORACION

La evaporación es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo, en las capas cercanas a las superficie, ha estado gaseoso y se transfiere a la atmosfera. A esto hay que añadirle la sublimación que es el paso del estado sólido a vapor, desde la nieve y el hielo

### LA TRANSPIRACION

Es el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas. Esta agua es tomada por las plantas, naturalmente del suelo.

### III. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL O ESCORRENTÍA

La escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería y consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre. La mayoría de los estudios hidrológicos están ligados al aprovechamiento del agua superficial y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento.

**El escurrimiento se define** como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. De acuerdo con las partes de la superficie terrestre en la que se realiza el escurrimiento, estos se pueden dividir en tres clases:

- **Escurrimiento Superficial:** es el flujo sobre el terreno junto con el escurrimiento en corrientes
- **Escurrimiento Sub-superficial:** es una parte del agua de precipitación que se infiltra escurre cerca de la superficie del suelo y más o menos paralelamente a él.
- **Escurrimiento Subterráneo:** nos es más que la otra parte que se infiltra hasta niveles inferiores al freático.

#### i. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Los factores que influyen en la escorrentía superficial se dividen en tres grandes grupos, los cuales son:

- **Naturaleza Climática:** Los climáticos están relacionados con la precipitación.
- **Naturaleza Fisiográfica:** Los Fisiográficos están relacionados con las características físicas de la cuenca
- **Naturaleza Humana:** Estas están relacionadas con la intervención del hombre.

#### ii. VARIABLES QUE CARACTERIZAN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.

##### a) Caudal, Q

El caudal, definido como el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo,  $Q = V/t$ , es la principal variable que caracteriza la escorrentía superficial. Se expresa en  $m^3/s$  o  $l/s$ .

**b) Caudal Especifico, q**

Se define como el caudal Q dividido por el área de drenaje A de la hoya. Se expresa en m<sup>3</sup>/s/Km<sup>2</sup> o l/s/Km<sup>2</sup>. Sirve como elemento comparativo entre hoyas,  $q = Q/A$ .

**c) Caudales Máximos, Medios y Mínimos.**

Es común tener como datos que caracterizan a una hoya los caudales máximos, medios y mínimos en intervalos de tiempo determinados, como hora, día, mes y año.

**d) Coeficiente de Escorrentía Superficial, C.**

Es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitado, en un intervalo de tiempo determinado.

**e) Tiempo de Concentración, (TC).**

Es el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de agua de una hoya toma para llegar a una sección determinada de dicha corriente. El Tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada. Se mide en minutos u horas.

**1. Formula de Pickering.**

$$T_{C1} = \left( \frac{0.871 * L^3}{H} \right) \quad (3.4)$$

**2. Formula de Giandotti:**

$$T_{C2} = \frac{\sqrt{Ac} + 0.5 L}{0.85 Hm} \quad (3.5)$$

$$Hm = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (3.6)$$

Tc. Tiempo de concentración  
L: longitud más larga del cauce  
H: altura  
Hm: Altura Media  
 $\sqrt{Ac}$ : Área de la cuenca  
Hmax: Altura Máxima

### iii. PERIODO DE RETORNO, T.

Los sistemas hidrológicos son afectados algunas veces por eventos extremos, tales como tormentas severas, crecientes y sequías. La magnitud de evento extremo está inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos moderados. El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de las distribuciones de probabilidad.

En la práctica, usualmente esto se lleva a cabo seleccionando el valor máximo anual de la variable que está siendo analizada, por ejemplo el caudal máximo anual, que es el flujo pico instantáneo máximo que ocurre en cualquier momento del año.

## IV. LA INFILTRACIÓN

Sucede cuando las aguas de lluvia o de los ríos penetran lentamente en las rocas, el suelo y el subsuelo. Da origen a las aguas subterráneas y las cavernas. Si se pudiera ir dentro de la tierra, eventualmente se llegaría a suficiente profundidad para ver que todas las rocas están saturadas de agua. ¡Entonces has llegado a la zona de saturación! A la altura de la zona de saturación se le conoce como nivel piezométrico. Por debajo de la superficie el agua yace a diferentes profundidades. En lugares secos el nivel piezométrico se encuentra a gran profundidad, pero en los lugares húmedos la tabla de agua está a poca profundidad. Cuando la tabla de agua es más alta que la superficie real de tierra aparecen los riachuelos, ríos y lagos sobre la tierra.

## 3.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO:

El Estudio Hidrológico da a conocer las cantidades de agua que fluyen superficialmente en un área de recogimiento determinada o cuenca, evaluando parámetros físicos de la región como: área, perímetro, pendiente, elevaciones, etc.

### 3.2.1 Pasos que se siguen un estudio hidrológico:

- I. Localización del proyecto
- II. Recolección de información
- III. Trabajos de campo
- IV. Análisis de la información.

Se detalla a continuación cada uno de los pasos:

#### I. Localización.

En los proyectos de ingeniería se define inicialmente la zona de estudio que es el área de influencia del proyecto. En esta zona se delimitan tanto las áreas que van a ser beneficiadas por el proyecto como las hoyas vertientes de las corrientes naturales que las cruzan y de las que se seleccionan para ser utilizadas.

#### II. Recolección de información.

La información que se recolecta para desarrollar un estudio hidrológico comprende los siguientes aspectos:

- Cartografía
- Hidrometeorología
- Estudios anteriores.

Dentro de la información cartográfica se incluyen los mapas con curvas de nivel a escalas entre 1:100,000 y 1:5,000, las fotografías aéreas y las imágenes de radar y de satélite. Esta información se

procesa para determinar las características morfométricas, de capacidad de almacenamiento, de suelos y uso de la tierra de las hoyas vertientes y de las zonas de importancia dentro del proyecto.

En el aspecto hidrometeorológico se recolecta información sobre las variables del clima, la precipitación, los caudales y niveles de las corrientes naturales y los sedimentos que transportan las corrientes. Por lo general esta información se recolecta en forma de series de tiempo históricas, las cuales se procesan con métodos estadísticos y probabilísticos para determinar regímenes medios y proyecciones futuras.

El análisis de los Estudios que se han desarrollado con anterioridad en la zona del proyecto permite complementar la información recolectada. Este análisis tiene capital importancia cuando el proyecto se desarrolla en varias fases porque en la segunda fase debe analizarse cuidadosamente lo que se hizo en la primera, y así sucesivamente.

### **III. Trabajos de campo.**

Luego de analizar la información recolectada el ingeniero está en capacidad de programar los trabajos de campo que permitan la complementación de la información existente. Entre estos trabajos se cuentan la ejecución de Levantamientos Topográficos y la recolección y análisis de muestras de los sedimentos que transportan las corrientes, la instalación y operación de estaciones climatológicas y pluviométricas y la realización de Aforos.

### **IV. Análisis de la información hidrológica.**

Terminada la etapa de recolección se procede al análisis del clima, la precipitación, los caudales y los sedimentos.

#### **3.2.2 Objetivo del Estudio Hidrológico.**

La ingeniería hidrológica tiene como objetivo, el desarrollo de proyectos que permitan la construcción de obras civiles; que en términos hidráulicos proporcionen una adecuada funcionabilidad al menor costo posible. Por lo tanto, al proyectar una obra hidráulica de gran envergadura se requiere de la estimación del caudal máximo de las avenidas, que llegaran a dicha estructura en un periodo de tiempo determinado; esto con el objetivo de determinar el nivel de agua que pueda alcanzar una avenida.



### **3.2.3 Factores que Influyen en el Estudio Hidrológico.**

El análisis que comprende el estudio hidrológico, se realiza basándose en la investigación de los factores que afectan el escurrimiento del agua superficial; entre los cuales mencionamos a continuación:

- Cantidad y tipo de precipitación.
- Intensidad de la precipitación.
- Tamaño y forma de la cuenca.
- La pendiente a lo largo del cauce.
- Permeabilidad de los suelos y rocas.
- Las condiciones de saturación e infiltración.
- La cantidad y tipo de vegetación.

### **3.2.4 Estudio de Cuenca.**

Cuenca es el área de la superficie terrestre drenada por un único sistema fluvial. Sus límites están formados por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales.

Las cuencas pueden considerarse como sistemas abiertos en los que es posible estudiar los procesos hidrológicos; se llama sistema abierto al conjunto de elementos y alteraciones interrelacionadas que intercambian energía y materia con las zonas circundantes.

#### **I. Manejo de cuencas en el país<sup>7</sup>**

Aún cuando el manejo de cuencas es una práctica cuyos orígenes se remontan a la época del imperio romano y que se fue perfeccionando hasta la época del renacimiento, es claro que, en El Salvador, ha sido, a lo largo del tiempo, un concepto realmente desconocido, a pesar de la creación del Servicio de Ordenación de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos, en la década de los años setenta del siglo XX.

---

<sup>7</sup> La situación del manejo de cuenca en El Salvador

## II. Cuenca hidrográfica:

Una cuenca hidrográfica es la extensión territorial de un sistema de drenaje de la corteza terrestre que posee una corriente principal de aguas superficiales, donde intervienen interrelacionadamente un conjunto de factores físicos-químicos (orogénéticos, climáticos, litológicos y pedológicos), biológicos y socioeconómicos, que le dan sentido dependiendo de la forma y estado en que se presente el agua, y cuya desembocadura está ubicada en un lago o en el océano. En términos simples, es un sistema superficial cerrado, desde la parte más alta hasta la desembocadura, donde interactúan factores físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos, donde la calidad y cantidad de agua y suelo determinan el desarrollo de la vida y el crecimiento de las poblaciones de las diferentes especies, particularmente la del ser humano"

En principio, Caracterizar una cuenca hidrográfica incluye aspectos geológicos y geomorfológicos vinculados con su origen. La emergencia de las partes altas debidas a plegamientos o a fenómenos tectónicos o volcánicos, son partes obligadas en la definición de los atributos particulares de una cuenca, entre los que se pueden mencionar características de los suelos, tipos de materiales existentes y pendiente, entre otros.<sup>8</sup>

Los fenómenos atmosféricos combinados con los anteriores determinan la cantidad y calidad del agua, así como las características de las corrientes y el patrón de drenaje. Otros fenómenos físicos y químicos, incluidos los ciclos del agua, carbono y nitrógeno, determinan la vida de las especies y diferentes procesos biológicos necesarios para el desarrollo de las mismas.

La historia y la evolución de las poblaciones humanas, son, también, un indicador muy importante a considerar. Particularmente importante es el conocimiento de los desastres naturales ocurridos.

Desde la óptica de la hidráulica torrencial y al considerar una corriente de agua desde su origen hasta la desembocadura, una cuenca hidrográfica presenta porciones más o menos definidas que en el caso más complejo incluye cuatro partes:

- Zona de recolección
- Tronco de descarga

---

<sup>8</sup> La situación del manejo de cuencas en El Salvador

- Área de calma
- Área de desembocadura

Cada tramo tiene sus propias particularidades y por ende son distintas las actividades humanas que pueden desarrollarse, a efecto de no contradecir con la naturaleza y el ambiente, y así permitir el desarrollo de las diferentes poblaciones de seres vivos.

Desde un punto de vista geomorfométrico se pueden determinar una serie de indicadores que ayudan a identificar las características de las cuencas hidrográficas y las posibilidades más compatibles de su manejo. Entre los indicadores más utilizados están:

- El factor de forma o índice de compacidad
- Índice de pendiente
- Pendiente media
- Coeficiente de torrencialidad
- Densidad de drenaje

Desde la visión de las clases de suelos y capacidad de uso, existen otros indicadores que apoyan la caracterización de las cuencas hidrográficas, entre los que se pueden mencionar:

- Pendiente
- Profundidad efectiva del suelo
- Pedregosidad
- Humedad

En resumen, todos los elementos vertidos son esenciales para la caracterización de las cuencas hidrográficas y al mismo tiempo dan una idea precisa de lo que puede hacerse en cada cuenca para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales, pero sobre todo dan la sustentación suficiente para establecer el manejo integrado de cuencas y consecuentemente del ordenamiento territorial, tan necesario para asegurar la continuidad de los recursos y de la vida misma de las poblaciones adscritas a esos medios naturales".

### III. Partes de una cuenca hidrográfica<sup>9</sup>

Una cuenca hidrográfica se puede decir que está compuesta por determinadas partes, Según el criterio que se utilice (Figura 3.8), por ejemplo:



Figura 3.6 Partes de una cuenca hidrográfica

Fuente: Manual de Manejo de cuencas. (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales)

**Criterio 1 Altitud:** Si el criterio utilizado es la altura, se podrían distinguir la parte alta, media y baja, sucesivamente, en función de los rangos de altura que tenga la cuenca. Si la diferencia de altura es significativa y varía de 0 a 2,500 msnm, es factible diferenciar las tres partes, si esta diferencia es menor, por ejemplo de 0 a 1000 msnm, posiblemente sólo se distingan dos partes, y si la cuenca es casi plana será menos probable establecer partes. Generalmente este criterio de la altura, se relaciona con el clima y puede ser una forma de establecer las partes de una cuenca.

**Criterio 2 Topografía:** Otro criterio muy similar al anterior es la relación con el relieve y la forma del terreno, las partes accidentadas forman las montañas y laderas, las partes onduladas y planas, forman los valles; y finalmente otra parte es la zona por donde discurre el río principal y sus afluentes, a esta se le denomina cauce.

<sup>9</sup> Manual de Manejo de Cuencas

#### IV. División de una cuenca hidrográfica:

La cuenca hidrográfica puede dividirse en espacios definidos por la relación entre el drenaje superficial y la importancia que tiene con el curso principal. El trazo de la red hídrica es fundamental para delimitar los espacios en que se puede dividir la cuenca. A un curso principal llega un afluente secundario, este comprende una subcuenca. Luego al curso principal de una subcuenca, llega un afluente terciario, este comprende una microcuenca, además están las quebradas que son cauces menores (Fig. 3.9).

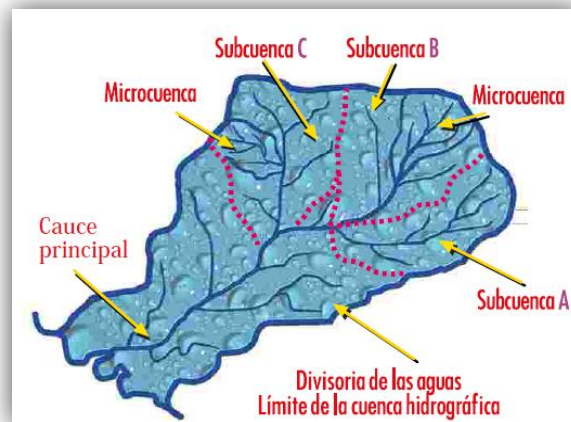


Figura 3.7 División de una Cuenca Hidrográfica.

Fuente: Manual de Manejo de cuencas. (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales)

#### V. CUENCA HIDROGRAFICA Y CUENCA HIDROLOGICA

Según el concepto de ciclo hidrológico, toda gota de lluvia que cae al suelo, continua en forma de escurrimiento e infiltración, luego va a lugares de concentración, allí parte se evapora y vuelve al espacio para formar el ciclo. Luego que la gota de lluvia se infiltra, satura el suelo, pasa a percolación profunda y recarga los acuíferos. En este desplazamiento vertical, el agua puede encontrar con estratos impermeables (rocas duras) que movilizarán las partículas de agua dependiendo de la forma y tipo de rasgos geológicos.

Cuando el relieve y fisiografía, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo subsuperficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A ésta configuración se denomina cuenca hidrológica, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico (Fig. 3.10).

Cuando la divisoria de la cuenca hidrográfica es diferente de la divisoria de la cuenca hidrológica, los flujos subsuperficiales y el movimiento del agua en el suelo se presenta de la siguiente manera:



Figura 3.8 División Hidrográfica e Hidrológica de la Cuenca  
Fuente: Manual de Manejo de cuencas. (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales)

## VI. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CUENCA.

Las características físicas de una cuenca forman un conjunto que influye profundamente en el comportamiento hidrológico de dicha zona tanto a nivel de las excitaciones como de las respuestas de la cuenca tomada como un sistema.

Así pues, el estudio sistemático de los parámetros físicos de las cuencas es de gran utilidad práctica en la ingeniería de la Hidrología, pues con base en ellos se puede lograr una transferencia de información de un sitio a otro, donde exista poca información: bien sea que fallen datos, bien que haya carencia total de información de registros hidrológicos, si existe cierta semejanza geomorfológica y climática de las zonas en cuestión.

La cuenca posee dichas características se clasifican en dos tipos:

1. Las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y tipo de suelo de la cuenca.
2. Las que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corriente, la pendiente, sección transversal, etc.

Estas dependen de la morfología (relieve, forma, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, entre otras.

A continuación se presentan las características más relevantes de las cuencas.

- **El parte aguas.**

Teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja.

**Criterios para el trazo del Parte aguas:**

1. Seleccionar los puntos más elevados del entorno físico de la cuenca.
2. Definición del sistema de drenaje superficial y el cauce más largo.
3. Determinación del punto de interés.
4. La línea divisoria corta ortogonal mente a las curvas de nivel.
5. Cuando la divisoria aumenta su altitud esta corta a la curva de nivel por su parte convexa.
6. La línea divisoria nunca debe cortar a un arroyo, Río, excepto en el punto de interés.

- **Sistema de drenaje.**

Está constituido por el río principal y sus tributarios.

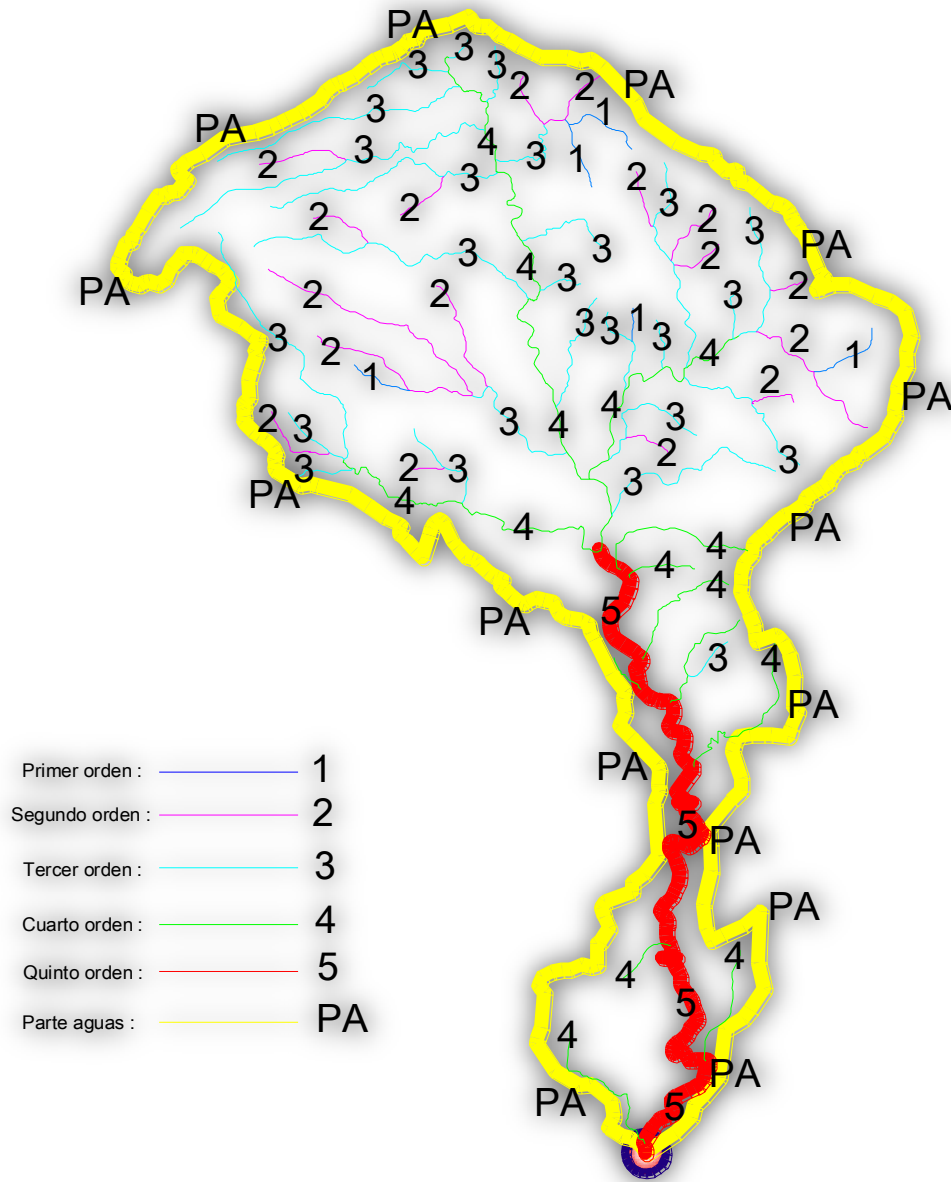
**Orden de las corrientes;** Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca.

**Corrientes de primer orden:** pequeños canales que no tiene tributarios.

**Corrientes de segundo orden:** cuando dos corrientes de primer orden se unen.

**Corrientes de tercer orden:** cuando dos corrientes de segundo orden se unen.

Corrientes de orden n+1: cuando dos corrientes de orden n se unen.



Mapa 3.1 Clasificación de corrientes de agua, micro cuenca San Francisco  
Fuente: Elaboración del grupo de tesis.



## VII. PARÁMETROS FÍSICOS DE UNA CUENCA.

### 1. Delimitación de la cuenca.

La delimitación de la cuenca consiste en la identificación de los cauces que contribuyen al drenaje particular de la microcuenca en relación al punto de interés; y al trazo del adecuado parte-aguas en el cual se detalla todo su perímetro.

### 2. Determinación del Drenaje de la cuenca.

El drenaje es la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca Hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de fuertes lluvias.

Hay dos índices que miden el sistema de drenaje de una cuenca, y son: la densidad de corriente ( $D_s$ ), y la densidad de drenaje ( $D_d$ ).

- **Densidad de corriente  $D_s$ :** Se define como el número de corrientes perennes o intermitentes por unidad de área.
- **Densidad de drenaje  $D_d$ :** es la longitud de corriente por unidad de área.

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad (3.7)$$

$$D_d = \frac{L_s}{A} \quad (3.8)$$

**Donde:**

$N_s$  = Número de corrientes perennes e intermitentes.

$L_s$  = Longitud total de las corrientes

### 3. Área de la cuenca.

Se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por el parte aguas, expresada generalmente en  $\text{km}^2$ .

Los métodos más utilizados para medir estos parámetros son:

- Medición con Planímetro.
- Medición con Curvómetro.
- Digitalización y medición con sistemas de Diseño Gráfico Asistido por Computadora (CAD).

| Tamaño de la cuenca (km <sup>2</sup> ) | Descripción        |
|--|--------------------|
| < 25                                   | Muy pequeña        |
| 25 a 250                               | Pequeña            |
| 250 a 500                              | Intermedia-pequeña |
| 500 a 2,500                            | Intermedia-grande  |
| 2,500 a 5,000                          | Grande             |
| >5,000                                 | Muy grande         |

Tabla: 3.1 Área de la cuenca  
Fuente: Ven Te Show

#### 4. Longitud Perimetral de la cuenca (Lp).

Es la medida de la longitud del contorno o de la línea parte-aguas de la cuenca, expresada en kilómetros (Km.). Los instrumentos más utilizados para determinar el perímetro de una cuenca son:

- a) Curvómetro.
- b) Digitalización.

#### 5. Longitud del cauce principal (Lc).

Es la longitud del canal natural o artificial más largo dentro de la cuenca, expresado en kilómetros (Km.).

## 6. Cálculo de la Pendiente media de la cuenca (Pm).

### Pendiente media:

Es una de las características hidrológicas más importantes de la cuenca ya que rige el drenaje, además está relacionada con los procesos de infiltración, escorrentía, humedad del suelo, alimentación de cursos de agua, etc. El valor de la pendiente controla el tiempo de concentración que es de mucha importancia para conocer la magnitud de las avenidas.

Esta se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$S_m = \frac{\sum L * D}{A_c} (100\%) \quad (3.9)$$

Donde:

S<sub>m</sub>: Pendiente media (%)

∑ L: Sumatoria de todas las longitudes de las curvas de nivel (Kms.)

D: Intervalo entre dos curvas consecutivas (Kms.)

A<sub>c</sub>: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

### El método de Horton, según lo refiere Viessman:

Medida de la pendiente en sentido vertical u horizontal se aplica la siguiente fórmula:

$$P = 1.5 \left( \frac{n * e}{\sum l} \right) \quad (3.10)$$

Donde:

n: numero de intersecciones

e: equidistancia entre curvas de nivel (metros)

∑l: Suma de las longitudes de las verticales u horizontales de la cuadrícula (metros)

### Elevación media de la cuenca.

La elevación media de una corriente es un factor que afecta la temperatura y la precipitación. Pues la variación de la temperatura va a influir en la variación de pérdidas de agua por evaporación.

## Métodos para determinar la elevación media:

### Primer método: Semi Suma

Se puede determinar por la aplicación de métodos de líneas de intersección, para esto se cuadrícula un mapa topográfico de la cuenca, de tal modo que no existan menos de 100 intersecciones dentro del área de drenaje. La elevación media es la media aritmética a las elevaciones de las intersecciones.

### Segundo método: Método Analítico

Se puede también calcular midiendo el área de la cuenca en pares de contorno y curvas de nivel sucesivas. Los porcentajes de esas áreas se calculan con respecto al total y el porcentaje de área sobre o bajo de cada contorno (área entre curvas de nivel con la utilización del software Autodesk Land Desktop 2009).

$$E_m = \sum ae / A_t \quad (3.11)$$

Donde:

$E_m$  = Elevación media.

$A_t$  = Área total de la cuenca ( $Km^2$ ).

$a$  = Área entre dos curvas de nivel ( $Km^2$ ).

$e$  = Elevación media entre dos curvas sucesivas (mts).

### Tercer método: Curva Hipsométrica

La elevación media se puede calcular también por medio de la curva hipsométrica, en la cual interesa conocer cómo se distribuye el área de una cuenca a distintos niveles topográficos, a fin de comparar características de almacenamiento y flujo entre cuencas.

Esto es posible a través de la curva hipsométrica. La curva puede ser obtenida midiendo las áreas entre curvas de nivel adyacentes. La curva representa una distribución Área acumulada vs. Elevación (Figura 3.11).

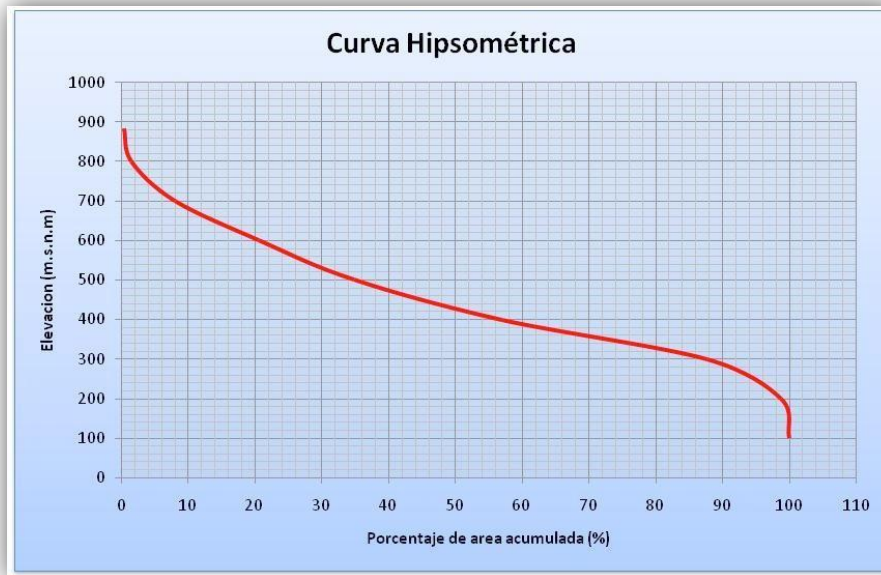


Figura 3.9 Curva Hipsométrica

## 7. Características de la forma de la cuenca.

La forma de la cuenca hidrológica afecta los Hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo, debido a ello es importante conocer las siguientes

Características:

### a. Factor de Forma (Kf).

Este factor relaciona la longitud del eje central de la cuenca con el ancho medio. Comparando dos a más cuencas que poseen características físicas iguales, tendrá mayor drenaje aquella que posea el factor de forma más elevado. El factor de forma se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{Bm}{Lc} = \frac{A/Lc}{Lc} \quad (3.12)$$

Donde:

Bm = Es el ancho promedio de la cuenca en Km.

A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

Lc = Longitud del cauce principal de la cuenca en Km.

Kf = Factor de forma.

## b. Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc).

El coeficiente de compacidad nos indica el grado de redondez o alargamiento de la cuenca. Es adimensional y sus valores son mayores o iguales a uno (1), y se relaciona únicamente con la forma de la cuenca. Si el valor de Kc está entre 0 y 1 ( $0 \leq Kc < 1$ ) la cuenca tiende a ser redonda y por el contrario si Kc es mayor que 1 ( $Kc > 1$ ) la cuenca tiende a ser alargada. Al relacionar dos o más cuenca cuyos factores de capacidad sean iguales o aproximadamente iguales, se puede pensar que ambas tienen características de forma igualmente irregulares.

Ecuación: 
$$Kc = \frac{Lp}{\sqrt{A}} \times 0.28 \quad (3.13)$$

Donde:

Lp = Perímetro de la cuenca en Km.

A = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

## VIII. MÉTODOS PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO HIDROLÓGICO<sup>10</sup>:

Caudal, es el volumen de agua que recoge la cuenca en la unidad de tiempo y que pasa por el punto de control, es utilizado para el cálculo del tirante crítico de las secciones transversales del río en el punto de emplazamiento.

Los métodos empleados para la determinación de eventos máximos, como son los caudales máximos se pueden enumerar como siguen:

- a) **Métodos Empíricos:** Formula de Fuller, Formula de Burki Ziegler, Formula de Dickens, Formula de Mark Math y Formula de Rafael Heras.
- b) **Métodos Hidrometeorológicos:** Formula Racional, Isócronas, Hidrograma Unitario.
- c) **Método Estadístico:** Ajuste de caudales máximos, Instantáneos.
- d) **Método Directo:** Aforos, correlación con otras cuencas, Método del cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.
- e) **Método de Correlación:** Leyes de U.S. Soil Concervation Service( Servicio de Conservación de los Suelos de los Estados Unidos)

---

<sup>10</sup> Fundamentos de Hidrología de Superficie. Aparicio Mijares, Francisco Javier

Por el acceso a la información necesaria para el desarrollo del Método Hidrometeorológicos, como lo son datos de precipitaciones máximas; se tomará este método para el cálculo del caudal máximo.

### **b. Métodos Hidrometeorológicos.**

Los métodos Hidrometeorológicos son aquellos que permiten predeterminar avenidas analizando datos de lluvia y algunas características físicas de la cuenca, su aplicación sólo se puede hacer cuando se ha adquirido previamente, ya sea experimentalmente o por análisis de casos análogos, un buen conocimiento de la distribución de los grandes aguaceros precipitados en la cuenca para poder determinar la intensidad que produce la avenida máxima así como la probabilidad de ocurrencia, tanto del aguacero como de la avenida que produce. Los métodos más aplicables son:

- a. Fórmula Racional
- b. Método de las Isócronas
- c. Hidrograma Unitario

De lo expuesto anteriormente se deduce que los métodos Hidrometeorológicos se aplican cuando se dispone de datos de lluvia (método racional), o bien, cuando se dispone de datos de lluvia y de avenidas reales (hidrograma unitario) y el método de las Isócronas que no es más que una modificación en la aplicación de fórmula racional.

#### **a. Formula Racional**

Esta fórmula establece una relación entre el caudal en función del área de la cuenca y la intensidad de lluvia, a pesar de ser fórmula, se considera como un método, dado que por su estructura es aplicable en condiciones climatológicas propias del lugar estudiado.

La fórmula se enuncia así:

$$Q_c = \left( \frac{50}{3} \right) CIA \quad (3.14)$$

Donde:

**Qc:** Es el caudal de la cuenca ( $\text{m}^3/\text{seg}$ )

**50/3:** Factor de conversión de  $\text{Km}^2 \text{ mm}/\text{min}$  a  $\text{m}^3/\text{seg}$

**C:** Coeficiente de escorrentía (adimensional)

**I:** Intensidad de diseño ( $\text{mm}/\text{min}$ )

**Ac:** Área de la cuenca ( $\text{Km}^2$ )

### **b. Método de las Isócronas.**

Para desarrollar éste método hay que tomar en cuenta dos variables importantes: Intensidad de la precipitación y velocidad de propagación de la onda de crecidas, ésta última suele suponerse constante e independiente de la Intensidad. Para la fijación de los valores de intensidad de propagación de la onda, se utilizan datos directo o son estimados por fórmula empíricas, métodos estadísticos o por comparación con otras cuencas con características similares.

En cuanto a la duración de la lluvia, los valores máximos de crecidas corresponden a eventos lluviosos cuya duración sea del orden del tiempo de concentración. Se suele hacer además la hipótesis de que las lluvias más desfavorables pueden ocurrir en cualquier zona de una región y que las crecidas se propagan con velocidad constante a lo largo de los cauces.

Para aplicar el método de las Isócronas es necesario descomponer la superficie de la cuenca en un cierto número de sectores, limitado por líneas (Isócronas) en las que una gota de agua tarda en llegar tiempos sucesivos de valor  $t$ ,  $2t$ ,  $3t$ , siendo  $t$  la unidad de tiempo considerada.

El intervalo de tiempo de separación entre Isócronas debe calcularse para que el número de zonas delimitadas sea cinco, como mínimo. Una vez fijado el intervalo, se definen o calculan las longitudes de los cauces principales y el mayor número de cauces secundarios, hasta obtener el número suficiente de puntos para encajar las curvas Isócronas, que se trazan con los siguientes criterios:

- Las Isócronas cortan ortogonalmente a los cauces, presentando su concavidad hacia aguas abajo.
- Las Isócronas cortan a las divisorias, formando ángulo agudo hacia aguas arriba.
- Si una Isócrona llega a una divisoria parcial o total, sigue por la divisoria hasta encontrar la misma Isócrona de la cuenca contigua.



### c. Hidrograma Unitario.

Un Hidrograma puede representarse con una gráfica como la observada en la (Fig. 3.12) la cual representa el escurrimiento producido por una sola tormenta. Aunque la forma de los hidrogramas producidos por tormentas particulares varia no sólo de una cuenca a otra, sino también de tormenta a tormenta, es posible distinguir de la Figura 3.12, los siguientes aspectos:

1. **Punto de levantamiento:** En este punto, el agua proveniente de la tormenta analizada comienza a llegar a la salida de la cuenca y se produce inmediatamente después de iniciada la tormenta, durante ésta ó incluso cuando ha transcurrido algún tiempo después que dejó de llover y depende de varios factores, entre los que se pueden mencionar: el tamaño de la cuenca, su intensidad de drenaje, tipo de suelo y duración de la lluvia.
2. **Pico de la tormenta:** Es el caudal máximo producido por la tormenta. Con frecuencia es el punto más importante de un hidrograma para fines de diseño.
3. **Punto de inflexión:** En este punto es aproximadamente cuando se termina el flujo sobre el terreno y de aquí en adelante, el excedente de agua en la cuenca escurre de forma superficial o subterránea.
4. **Final del escurrimiento:** De este punto en adelante el escurrimiento es sólo de origen subterráneo. Normalmente se acepta como el punto de mayor curvatura de la curva de recesión, aunque pocas veces se distingue de forma evidente.

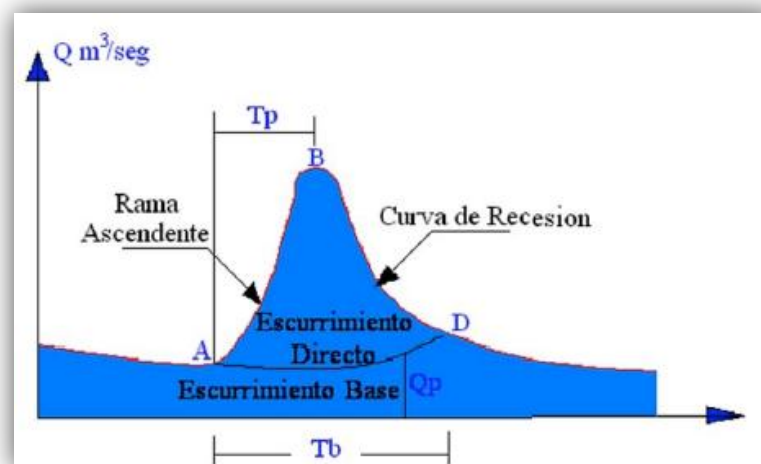


Figura 3.10 Hidrograma Unitario.

**Donde:**

**T<sub>p</sub>:** Tiempo de pico: Es el tiempo que transcurre, entre el punto de levantamiento (A) y el punto pico del hidrograma (B).

**T<sub>b</sub>:** Tiempo base: Es el tiempo que transcurre hasta el punto final del escurrimiento directo.

**Rama ascendente:** Es la parte del hidrograma delimitada por el punto de levantamiento (A) el pico de la fórmula (B).

**Rama descendente o curva de recesión:** Es la parte del hidrograma que va desde el pico de la tormenta (B) hasta el final del escurrimiento directo (D).

El primer paso para la derivación de los datos, es hacer la separación del escurrimiento del agua del subsuelo, del escurrimiento directo. Se determina el volumen del escurrimiento las ordenadas del hidrograma unitario se encuentran dividiendo las ordenadas del escurrimiento directo entre el volumen del escurrimiento directo en pulgadas. "Este método no es recomendable para cuencas con áreas mayores de 5,000 Km<sup>2</sup>".

### 3.3 ESTUDIO HIDRÁULICO.

El estudio hidráulico llega a determinar la sección hidráulica óptima, que es capaz de manejar el caudal de la cuenca, en los cuales, se utilizan los parámetros de diseño que comparan un factor geométrico calculado a partir de sus dimensiones con el factor hidráulico calculado en base al caudal de la cuenca, la rugosidad del cauce y la pendiente del río.

La fórmula que relaciona estos parámetros es la siguiente:

$$\frac{Q_n}{S^{1/2}} = A_H R_H^{2/3} \quad (3.15)$$

Q<sub>n</sub>: caudal natural

S: pendiente de la cuenca

A<sub>H</sub>: area hidráulica

R<sub>H</sub>: radio hidraulico.

FACTOR HIDRÁULICO = FACTOR GEOMÉTRICO

Este se realiza en las secciones transversales del río obtenidas en el estudio topográfico, ubicadas una en el punto de interés y las otras aguas arriba y aguas abajo donde el río presente condiciones desfavorables como meandros, angostamientos del cauce o donde exista un flujo turbulento.

### 3.3.1. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA SECCIÓN DE CANAL.

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. Para secciones complicadas y secciones de corrientes naturales, sin embargo, no se puede escribir una ecuación simple para expresar estos elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos.

A continuación se dan las definiciones de varios elementos geométricos de importancia básica y su geometría de canal con sus respectivas formulas en el Tabla 3.2.

#### ✓ **Profundidad de Flujo ( $Y_n$ ).**

Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre. A menudo este término se intercambia con la *profundidad de flujo de la sección,  $d$* . En efecto, la profundidad de flujo de la sección de flujo perpendicular a la dirección de este, o la altura de la sección del canal que contiene el agua. Para un canal con un ángulo de pendiente longitudinal  $\theta$ , puede verse que la profundidad de flujo es igual a la profundidad de sección de flujo dividida por  $\cos \theta$ . En el caso de canales empinados, por consiguiente, los dos términos deben utilizarse de manera discriminada.

#### ✓ **Nivel**

Es la elevación o distancia vertical desde un nivel de referencia o *datum* hasta la superficie libre. Si el punto más bajo de la sección de canal se escoge como el nivel de referencia, el nivel es idéntico a la profundidad de flujo.

#### ✓ **Ancho Superficial ( $T$ )**

Es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

✓ **Área Mojada ( $A$ )**

Es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo.

✓ **Perímetro Mojado ( $P$ )**

Es la longitud de la línea de intersección de la superficie de canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo.

✓ **Radio Hidráulico ( $R_H$ )**

Es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado.

$$R_H = \frac{A}{P} \quad (3.16)$$

AH: area hidráulica  
RH: radio hidraulico.  
P: Perimetro mojado

✓ **Profundidad Hidráulica ( $D$ )**

Es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie.

$$D = \frac{A}{T} \quad (3.17)$$

D: Profundidad Hidráulica  
A: Área mojada.  
T: Ancho superficial

✓ **Factor de Sección para Flujo crítico ( $Z$ )**

Es el producto del área mojada y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica.

$$Z = A\sqrt{D} = A\sqrt{A/T} \quad (3.18)$$

Z: Factor de Sección para Flujo crítico  
A: Área mojada.  
T: Ancho superficial  
D: Profundidad Hidráulica

✓ **Factor de Sección para Flujo uniforme ( $FG$ )**

Es el producto del área mojada y el radio hidráulico elevado a la potencia

$$FG = AR^{2/3} \quad (3.19)$$

Z: Factor de Sección para Flujo crítico.

A: Área mojada.

RH: radio hidráulico.

**3.3.2 ANÁLISIS PARA FLUJO UNIFORME.**

Conductividad de la sección de canal. El caudal de flujo uniforme en un canal puede expresarse como el producto de la velocidad, representada por la ecuación siguiente, y el área mojada.

$$Q = VA = CAR^X S^Y = KS^Y \quad (3.20)$$

Donde:

$$K = CAR^X \quad (3.21)$$

Q= caudal  
 V: velocidad caudal  
 A: área mojada  
 C: coeficiente de rugosidad  
 K: conductividad de la Sección  
 RH. Radio Hidráulico  
 S: pendiente

El término  $K$  se conoce como conductividad de la sección de canal; es una medida de la capacidad de transporte de la sección de canal, debido a que es directamente proporcional a  $Q$ .

Cuando se utiliza la ecuación de Manning o la ecuación de Chézy como ecuación de flujo uniforme, es decir, cuando  $y = 1/2$ , el caudal de la ecuación 3.13, se convierte en:

$$Q = K \sqrt{S} \quad (3.22)$$

Y la conductividad es:

$$K = Q / \sqrt{S} \quad (3.23)$$

Q= caudal  
 K: conductividad de la Sección  
 S: pendiente

Esta ecuación puede utilizarse para calcular la conductividad cuando tanto el caudal como la pendiente del canal están determinados.

Cuando se utiliza la ecuación de Chézy, la ecuación (3.15) se convierte en:

$$K = C AR^{1/2} \quad (3.24)$$

K: conductividad de la Sección  
C: coeficiente de rugosidad  
RH. Radio Hidráulico

Donde C es el factor de resistencia de Chézy. De manera similar, cuando se utiliza la ecuación de Manning:

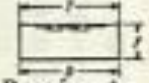




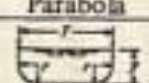
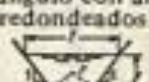
$$K = \frac{AR^{2/3}}{n} \quad (3.25)$$

K: conductividad de la Sección.  
A: Área mojada  
R: Radio hidráulico  
n: Coeficiente de rugosidad

Las anteriores dos ecuaciones 3.21 y 3.22, se utilizan para calcular la conductividad cuando la geometría del área mojada y el factor de resistencia o coeficiente de rugosidad están determinados. Debido a que la ecuación de Manning se utiliza con bastante amplitud, la mayor parte de los análisis y cálculos siguientes se basarán en la ecuación 3.21.

Tabla 3.2 Elementos geométricos de secciones de canal.

Fuente: Hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow *anexo I*.

| Sección   | Área<br>$A$   | Perímetro mojado<br>$P$   | Radio hidráulico<br>$R$  | Ancho superior<br>$T$                                       | Profundidad<br>hidráulica<br>$D$   | Factor de la sección<br>$Z$  |
|---|---|---|--|---|--|--|
| <br>Rectángulo                           | $by$  | $b + 2y$  | $\frac{by}{b + 2y}$  | $b$   | $y$  | $by^{1.48}$  |
| <br>Trapezoide                           | $(b + m)y$  | $b + 2y\sqrt{1 + m^2}$  | $\frac{(b + m)y}{b + 2y\sqrt{1 + m^2}}$                          | $b + 2my$   | $\frac{(b + m)y}{b + 2y}$  | $\frac{[(b + m)y]^{1.48}}{\sqrt{b + 2y}}$  |
| <br>Triángulo                            | $my^2$  | $2y\sqrt{1 + m^2}$  | $\frac{my}{2\sqrt{1 + m^2}}$                                     | $2my$   | $\frac{3}{2}y$   | $\frac{\sqrt{2}}{2} m^{1.48}$  |
| <br>Círculo                              | $\frac{1}{8}(\theta - \text{sen } \theta)d^3$                       | $\frac{1}{2}d\theta$  | $\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right)d$ | $\frac{(\text{sen } \frac{1}{2}\theta)d}{2\sqrt{y}(d - y)}$ | $\frac{1}{4}\left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen } \frac{1}{2}\theta}\right)d$ | $\frac{\sqrt{2}}{32} \frac{(\theta - \text{sen } \theta)^{1.48}}{(\text{sen } \frac{1}{2}\theta)^{2.48}} d^{2.48}$ |
| <br>Parábola                            | $\frac{2}{3}Ty$   | $T + \frac{8}{3}\frac{y^2}{T}$  | $\frac{2Ty^2}{3T^2 + 8y^2}$                                      | $\frac{2}{3}\frac{A}{y}$                                    | $\frac{3}{2}y$   | $\frac{1}{16}\sqrt{6} T y^{1.48}$  |
| <br>Rectángulo con ángulos redondeados | $\left(\frac{\pi}{2} - 2\right)r^2 + (b + 2r)y$                     | $(\pi - 2)r + b + 2y$   | $\frac{(\pi/2 - 2)r^2 + (b + 2r)y}{(\pi - 2)r + b + 2y}$         | $b + 2r$  | $\frac{(\pi/2 - 2)r^2}{b + 2r} + y$  | $\frac{[(\pi/2 - 2)r^2 + (b + 2r)y]^{1.48}}{\sqrt{b + 2r}}$  |
| <br>Triángulo con fondo redondeado     | $\frac{T^2}{8r} - \frac{\pi r^2}{4}(1 - \pi \cot^{-1} \frac{y}{r})$ | $\frac{T}{r}\sqrt{1 + \frac{y^2}{r^2}} - \frac{2r}{y}(1 - \pi \cot^{-1} \frac{y}{r})$ | $\frac{A}{P}$  | $2y(y - r) + r\sqrt{1 + \frac{y^2}{r^2}}$                   | $\frac{A}{P}$  | $A\sqrt{\frac{A}{P}}$  |

\*Aproximación satisfactoria para el intervalo  $0 < x \leq 1$ , donde  $x = 4y/T$ . Cuando  $x > 1$ , use la expresión exacta.  
 $P = (T/2) [\sqrt{1 + x^2} + 1/x \ln(x + \sqrt{1 + x^2})]$ .

### 3.3.3 EL FACTOR DE SECCIÓN PARA CÁLCULO DE FLUJO UNIFORME.

La expresión  $AR^{2/3}$  se conoce como factor de sección para el cálculo de flujo uniforme, y es un elemento importante en el cálculo de flujo uniforme. A partir de la ecuación 3.28 este factor puede expresarse como:

$$AR^{2/3} = nK \quad (3.26)$$

Y, a partir de la ecuación 3.23,

$$AR^{2/3} = nQ/\sqrt{S} \quad (3.27)$$

A: Área mojada

R: Radio hidráulico

n: Coeficiente de rugosidad

K: conductividad de la sección

S: pendiente de la sección

Q: caudal

En primer lugar, la ecuación 3.30, se aplica a una sección de canal cuando el flujo es uniforme. La parte derecha de la ecuación contiene los valores de n, Q y S; pero su parte izquierda depende sólo de la geometría del área mojada. Por consiguiente, la ecuación muestra que para una determinada condición de n, Q y S, existe sólo una profundidad posible para mantener un flujo uniforme, siempre y cuando el valor de  $AR^{2/3}$  aumente con incrementos en la profundidad, lo cual es cierto en la mayor parte de los casos. Esta profundidad es la profundidad normal. Cuando en una sección de canal se conocen n y S, en la ecuación 3.30 puede verse que puede existir solo un caudal para mantener un flujo uniforme a través de la sección, siempre y cuando  $AR^{2/3}$  aumente siempre con un incremento en la profundidad. Este caudal es el caudal normal.

La ecuación 3.30 es una herramienta muy útil para el cálculo y el análisis del flujo uniforme. Cuando se conocen el caudal, la pendiente y la rugosidad, esta ecuación da el factor de sección  $AnRn^{2/3}$  y, por consiguiente, la profundidad normal  $Y_n$ .

Por otra parte, cuando n, S y la profundidad y por consiguiente el factor de sección, se conocen, puede calcularse el caudal normal Q utilizando esta ecuación en la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{AR^{2/3}\sqrt{S}}{n} \quad (3.28)$$



## **Coeficiente De Rugosidad De Manning.**

El coeficiente de rugosidad (n) de Manning es un parámetro que indica la rugosidad del lecho del canal natural, éste depende del tamaño y forma de la sección transversal del canal, del tamaño de sus partículas, de la vegetación, alineamiento del canal, depósitos y socavaciones, etc.

El coeficiente de Manning se puede obtener mediante dos formas: por medio de Tablas y determinándola en campo.

### **a) Por medio de Tablas:**

Las tablas que se utilizan son las de Ven Te Chow, ya que ésta considera los siguientes factores:

1. Rugosidad de la superficie: los granos finos dan un valor bajo de "n" y los granos gruesos un valor alto de "n".
2. Vegetación: esta reduce la velocidad del agua en el canal, retarda el flujo, dependiendo de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación.
3. Alineamiento del canal: curvaturas suaves dan lugar a un valor bajo de "n", mientras que curvaturas con meandros severos aumentan el valor de "n".

Depósitos y socavaciones: la depositación aluvial puede cambiar un canal muy irregular en uno uniforme y disminuir el valor de "n", mientras que la erosión aumenta el valor de "n".

### **b) Determinación de "n" en campo:**

La rugosidad es función del diámetro de las partículas que producen la fricción o rugosidad, ésta viene dada por la siguiente fórmula:

$$n = \left( \frac{12\sqrt{\phi 90}}{64} \right) \quad (3.29)$$

Donde:

**n** : Coeficiente de rugosidad de Manning

**64**: Constante o número de Reynolds para flujo laminar

**Ø90**: Es el diámetro en mm de la curva granulométrica correspondiente al 90% del material que pasa la malla.

Las muestras de material, se deben obtener en las depositaciones aluviales de las riveras del río, cuarteando un área de 1 mt<sup>2</sup>., hasta obtener 2 libras de material por cada banco, llevar al laboratorio de suelos y materiales estas muestras y efectuar el Análisis granulométrico.

| <b>VALORES DE RUGOSIDAD DE RIOS EN CURSOS NATURALES</b>   |                |
|---|----------------|
| <b>Tipo de canal y descripción</b>  | <b>Manning</b> |
| <b>Cursos en planicie:</b>  |                |
| n   |                |
| 1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos   | 0.025          |
| 2. Igual que 1, pero más piedras y pastos   | 0.03           |
| 3. Limpio, curvado, algunos pozos y bancos  | 0.033          |
| 4. Igual que 3, pero algunos pastos y piedras   | 0.035          |
| 5. Igual que 4, nivel inferior, pendiente y sección inefectiva  | 0.04           |
| 6. Igual que 4, pero más piedra   | 0.045          |
| 7. Tramo sucio, con pastos y pozos profundos  | 0.05           |
| 8. Tramos con mucho pasto, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.  | 0.075          |
| Cursos en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos: |                |
| n   |                |
| 9. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas   | 0.03           |
| 10. Fondo: Cantos rodados con grandes rocas   | 0.04           |

Tabla 3.2 Valores de rugosidad de ríos en curso natural  
Fuente: Adaptado de hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow

## CAPITULO IV

### "IDENTIFICACION DE LOS SECTORES CRITICOS"

## 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES DE INTERÉS

Las Zonas que se han seleccionado para realizar el estudio son: Barrio El Calvario, Barrio Las Flores, Colonia Prado, Colonia Romero, se seleccionaron estas zonas porque se encuentran dentro del radio afectado por las inundaciones, por ello se procedió a realizar un recorrido preliminar de los sectores antes mencionados donde el Río San Francisco provoca graves daños a la población. Situación que ha sido evidente en los últimos años en donde se ha experimentado inundaciones por desbordamiento y mas significativamente en 2010 cuando varias tormentas azotaron la zona.

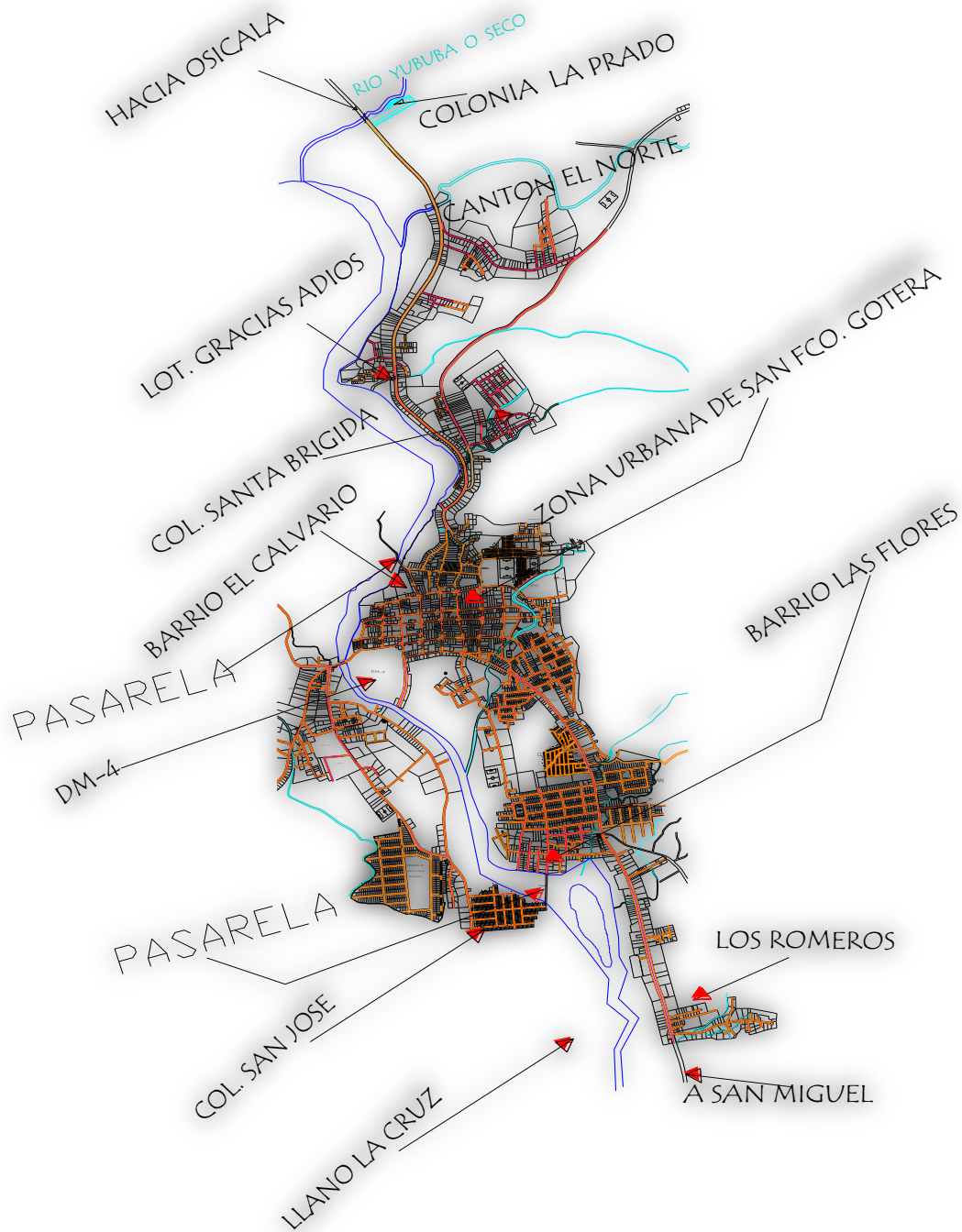
La clasificación se realizó en base a observaciones de la zona seleccionada anteriormente, la cual permite descartar aquellas que presentan baja peligrosidad y viceversa.

Los criterios que se han tomado de base para selección son los siguientes:

1. Ubicación de la Comunidad (Distancia a la que se encuentran con respecto a la orilla del talud del río.)
2. Densidad Poblacional (Numero de viviendas en la zona)
3. Situación Poblacional (Prioritariamente las afectadas por inundación)
4. Accidentes del terreno y su uso (posibles fallas, sedimentación, desechos sólidos, ripio, etc.)
5. Vegetación del lugar.
6. Condiciones Actuales de los Taludes.
7. Obras de Protección existentes

## 4.2 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE INTERÉS

El Río **San Francisco** nace cerca de los cerros Obanaba, Lomas del Divisadero y cerros Mendoza está ubicado hacia el norte de la ciudad de San Francisco Gotera y hace su recorrido de norte a sur pasando al costado Nor-Deste de la zona urbana de la ciudad.



**Mapa 4.1** Localización de los sitios de interés  
**Fuente:** Grupo de Investigación

#### 4.2.1 Afluentes principales que abastecen el Rio San Francisco:

| AFLUENTES PRINCIPALES       | UBICACIÓN   | LONGITUD (metros) | Vegetación                                   | Pendiente Media | Cauce o lecho fluvial  |
|-----------------------------|---|-------------------|--|-----------------|--|
| <p><b>Rio Yoloaquin</b></p> | <p>Está ubicado al Nor-Este de la ciudad de San Francisco Gotera, nace en el Municipio de Delicias de Concepción haciendo un recorrido sobre el Pueblo de Yoloaquin y Chilanga.</p> <p><b>Afluentes ubicados en el Municipio de Delicias de Concepción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Seco, con longitud de 1935.19</li> <li>_ Qda. La Comidera con una longitud de 4804.38</li> <li>_ Qda. La Pilita Honda, con una longitud de 1690.17 m.</li> </ul> <p><b>Afluentes ubicados en el Municipio de Yoloaquin:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Rio El Volcán con una longitud de 4798.47 m.</li> <li>_ Qda. El Limón con una longitud de 2,216.66 m</li> <li>_ Rio Adobera con una longitud de 1462.18 m.</li> <li>_ Qda. El Calihuaste con una longitud de 2,216.66 m</li> <li>_ Qda. La Laguna con una longitud de 6,582.32 m.</li> </ul> <p><b>Afluentes ubicados en el Municipio de Chilanga:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Rio El Potrero con una longitud de 2,672.54 metros</li> <li>_ Qda El Ojusthal con una longitud de 1,171.65 m.</li> <li>_ Qda. El Pital con una longitud 2,075.59 m.</li> <li>_ Qda. La Pileta con una longitud 1,165.15 m.</li> <li>_ Qda. Los Naranjos con una longitud 5,842.51 m.</li> </ul> | <p>10, 075.31</p> | <p>Predomina los pastos y granos básicos</p> | <p>4.5 %</p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Suelo Rocoso</li> <li>_ Canto Rodado</li> </ul> |

| AFLUENTES PRINCIPALES           | UBICACIÓN  | LONGITUD (metros)      | Vegetación   | Pendiente media      | Cauce o lecho fluvial   |
|---------------------------------|--|------------------------|--|----------------------|---|
| <p><b>Rio El Chagüite</b></p>   | <p>Tiene su orígenes en los cerros: Choloma, Arapolas y Los Gutiérrez en el municipio de Lolotiquillo, al Nor-Oeste de la ciudad de San Francisco Gotera.</p> <p><b>Afluentes principales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Qda. Joya del Cacao con una longitud. de 3,464.1 m.</li> <li>_ Qda. Gualindo con una longitud de 42,49.84 m.</li> <li>_ Qda. El salto con una longitud de 1542.58 m.</li> <li>_ Qda. El Bañadero con una longitud de 3255.04m</li> <li>_ Qda. El Carretón y tiene una longitud de 1408.11m.</li> <li>_ Qda. Agua Zarca y tiene una longitud de 981.55 m.</li> <li>_ Qda. Sunsulaca o El Coyote con una longitud de 3071.56</li> <li>_ Qda. Colpoa con una longitud de 3073.53 m.</li> <li>_ Qda. La Canoa con una longitud de 893.88 m.</li> </ul> | <p><b>3,046.16</b></p> | <p>Predominan:</p> <p>Suelos de tipo Clase I, II, III, IV, V, y VI, abarcando todas las planicies irrigables y susceptibles de irrigación.</p> | <p><b>1.31 %</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Suelo Rocoso</li> <li>_ Canto Rodado.</li> </ul> |
| <p><b>Rio Yubaba o Seco</b></p> | <p>Tiene su inicio en los cerros : Ososa, Chato y está ubicado al Nor-Oeste de la ciudad de San Francisco Gotera</p> <p><b>Afluentes principales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Rio El Chagüite una longitud de 3046.16 m.</li> <li>_ Qda Los Achiotes con una longitud de 2,391.61 m</li> <li>_ Qda. El Chilamate o El Tempisque con una longitud De 2,636.62 m.</li> <li>_ La Qda. La Bruja con una longitud de 919.65 m</li> </ul>   | <p><b>1,946.28</b></p> | <p>Abarca los terrenos con mejores perspectivas para el desarrollo forestal. Incluye suelos clase VII</p>                                      | <p><b>1.33%</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>_ Suelo Rocoso</li> <li>_ Canto Rodado</li> </ul>  |

| <b>AFLUENTES PRINCIPALES</b>  | <b>UBICACIÓN</b>   | <b>LONGITUD (metros)</b> | <b>Vegetación</b>   | <b>Pendiente media</b> | <b>Cauce o lecho fluvial</b>    |
|-------------------------------|--|--------------------------|---|------------------------|---------------------------------|
| <b>Rio Araute</b>             | Se origina en el cerro San Bartolo y Loma Guapinol y está ubicado al Nor-este de la ciudad de San Francisco Gotera<br><b>Afluente principales:</b><br>_ Rio El Zapote o Qda Honda con una longitud de 5,340.87 m.<br>_ Qda. Las Cruces con una longitud de 1,339.66 m.<br>_ Qda. Los Leones con una longitud de 1530.38 m.<br>_ Qda. Seca con una longitud de 1050.93 m.<br>_ Qda. La Ceiba con una longitud de 1926.12 m.<br>_ Qda. Pela Venado con una longitud de 634.01 m. | <b>6,133.16</b>          | Aquellos suelos dedicados a la ganadería. Son suelos de regulares características que limitan la explotación a ciertos cultivos | <b>3.59%</b>           | _ Suelo Rcoso<br>_ Canto rodado |
| <b>Qda. El Chacalín</b>       | Se origina en el cerro Picacho, del Municipio de San Francisco Gotera.   | <b>3,124.73</b>          | Suelo urbano consolidado  | <b>8.00%</b>           | _ Canto Rodado                  |
| <b>Qda Seca o Guachipilín</b> | Proviene de la Loma el Divisadero.   | <b>1,318.22</b>          | Suelo urbano consolidado  | <b>15.24%</b>          | _ Canto Rodado                  |
| <b>Qda. Siramba</b>           | Se origina de la Loma Siramba del Municipio de San Francisco Gotera.   | <b>2,389.20</b>          | Suelo urbano consolidado  | <b>9.21%</b>           | _ Canto Rodado                  |
| <b>Qda. Coroguara</b>         |  | <b>997.22</b>            | Suelo urbano no consolidado   | <b>8.52%</b>           | _ Canto Rodado                  |
| <b>Qda. La Arenera</b>        | Desciende del cerro Las Carranza y desemboca en la colonia Los Romero.   | <b>3654.57</b>           | Suelo urbano no consolidado   | <b>5.47%</b>           | _ Canto Rodado                  |

**Cuadro 4.1** Afluentes principales del rio San Francisco

**Fuente:** Elaboración grupo de investigación a partir de bases de datos cartográficos existentes del CNR



### 4.3 ANÁLISIS DE CRITERIO DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES

Una zona de desbordamiento se puede identificar en el campo observando los indicios geológicos, hidrológicos, geomorfológicos (forma del relieve), pedológicos (suelo), edafológicos (vegetación) y otros, como por ejemplo humedad del terreno, áreas con agua estancada, sedimentos, zonas con vegetación dañada, líneas de escombros, etc.

Los desbordamientos en El Rio San Francisco se dan en las zonas urbanas de la ciudad de San Francisco Gotera y sabiendo que uno de los objetivos de este estudio es identificar y seleccionar los sitios de alto riesgo a inundaciones, ocasionados por el incremento de la escorrentía superficial. Es decir desbordamientos producidos por lluvias continuas o de intensidades elevadas con la capacidad de sobrepasar los niveles de absorción de agua de los suelos manifestando los incrementos de caudal en el cauce del rio, por lo cual se determinaron dos etapas de relevancia para poder determinar los sectores, causas y efectos del desbordamiento las cuales son:

- a) La información proporcionada por los habitantes, debido a que ellos son los afectados directamente por el problema de desbordamiento del rio San Francisco.
- b) La identificación obtenida por medio de la visitas de campo en la zonas afectadas, para determinar las causas y efectos.

Se tomaran algunos criterios para la identificación de las zonas de desbordamientos:

- Alteración de la Geomorfología.
- Hidrológicos.
- Vegetación.
- Medición de niveles de desbordamientos.
- Deterioro de la cuenca alta.

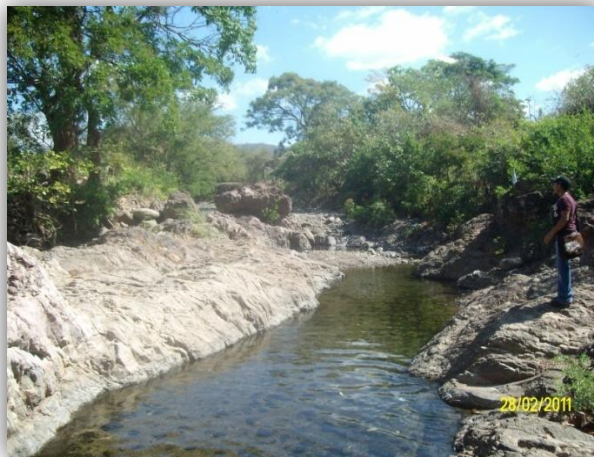
- **Alteración de la Geomorfología.**

**Concepto:**

Geomorfología a la ciencia que tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y submarino. Constituye una disciplina de síntesis orientada, especialmente hacia el estudio de uno de los componentes del medio natural.

**Identificación:**

En la cuenca del río San Francisco se identificó por medio de las diferentes visitas de campo realizadas, que las zonas donde se desborda el río, existe muy poca pendiente. Es decir en la parte baja de la cuenca, debido a que es la zona donde se encuentra el cauce principal y las secciones más reducidas del río.



**Fotografía 4.1** Zona de lecho rocoso.  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Fotografía 4.2** Zona rural de la Colonia La Prado.  
**Fuente:** Grupo de Investigación

- **Hidrológicos.**

**Identificación:**

La zona urbana del río San Francisco se encuentra en la parte baja de la cuenca, en lo que observa que al haber precipitaciones el nivel del agua sube más que en las otras partes del río, ya que por la impermeabilización de los suelos, hay poca infiltración y la evapotranspiración disminuye con la deforestación y la escorrentía es excesiva cuando suceden eventos extremos.



**Fotografía 4.3** Obstrucción del cause  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Fotografía 4.4** Obstrucción de tuberías de aguas negras  
**Fuente:** Grupo de Investigación

- **Vegetación:**

**Identificación vegetal:**

En la parte media del río se encuentra limitada la vegetación, debido a los asentamientos existentes y el desarrollo urbano desordenado no ha dejado zonas de protección que se requiere por ley.

En la parte alta del río se observan zonas que están siendo utilizados para cultivos pero estos no son permanentes debido al suelo existente en la zona. También en este sector se encuentran parte del bosque existente en la quebrada que está siendo deforestado por medio del hombre ya que se han talado árboles adultos, observados en las visitas de campo a este lugar y otros que se talan para la construcción de nuevas urbanizaciones. También se encuentran pastizales naturales y vegetación.



**Fotografía 4.5** Socavación del talud  
**Fuente:** Grupo de Investigación



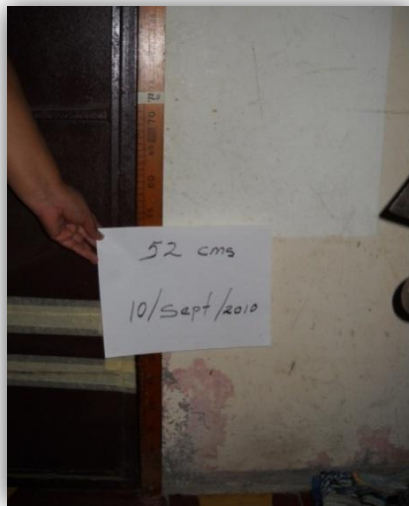
**Fotografía 4.6** Colonia San José.  
**Fuente:** Grupo de Investigación

- **Medición de niveles de desbordamiento.**

**Identificación:**

En las visitas de campo realizadas en las zonas donde se desborda el río San Francisco se observó que en algunos lugares la escorrentía fue tan alta que logro alcanzar los techos de las viviendas de los habitantes de la zona.

Los habitantes han construido pretils en las puertas de sus casas para contrarrestar los desbordamientos que se dan constantemente en el río, a continuación se presentan algunas fotografías.



**Fotografía 4.7** Nivel alcanzado por desbordamiento del río  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Fotografía 4.8** Vivienda colapsada  
**Fuente:** Grupo de Investigación



- **Deterioro de la cuenca alta.**

**Identificación:**

En las distintas visitas realizadas en la parte alta del río se observó que uno de los problemas que genera el deterioro de la cuenca es la deforestación, por lo cual este es uno de los problemas de mayor significación ambiental. También por la pendiente natural que presenta el río, se visualizó la degradación de suelos y el arrastre de sedimentos así como desechos sólidos, troncos de árboles y otros objetos que sirven de obstáculos en las obras de paso.



**Fotografía 4.9** Suelo extremadamente rocoso.  
Fuente: Grupo de Investigación



**Fotografía 4.10** Deslizamiento de talud.  
Fuente: Grupo de Investigación

Los resultados obtenidos del análisis de identificación, relacionando las dos etapas mencionadas, señalan que los sectores donde se desborda el río San Francisco son los que se presentan en la tabla 4.2 (ver anexo I, plano 5.1)

| Sector. | Zona.                                | Tramo.  |
|---------|--------------------------------------|---------|
| 1       | Parte alta de Colonia La Prado.      | Tramo 1 |
| 2       | Parte media de barrio El Calvario.   | Tramo 2 |
| 3       | Parte media de barrio Las Flores     | Tramo 3 |
| 4       | Parte baja de la Colonia Los Romeros | Tramo 4 |

**Cuadro 4.1** Zonas de desbordamiento  
Fuente: Grupo de Investigación

#### 4.4 DETERMINACION DE LAS CAUSAS QUE ORIGINA EL DESBORDAMIENTO DEL RIO SAN FRANCISCO

Dentro de las causas que han provocado los desbordamientos en el río y por las observaciones en las diferentes visitas de campo, no se identifica una sola causa sino que se ha debido a una serie de factores que asociadas provocaron el problema, también ayuda la aportación de la información proporcionada por los habitantes de las zonas afectadas a lo largo del río, dentro de las causas podemos mencionar las siguientes:

- La obstrucción de los puentes y pasarela de la zona urbana, principalmente provocados por árboles destroncados, en menor medida desechos sólidos y ripio lo cual forma sedimentos, todo ello arrastrado por la escorrentía.
- También hay que considerar la procedencia de ramas y árboles talados en distintos lugares cercanos al Río en las cuales se identificaron árboles adultos por el tamaño de estos, se observo tala de árboles en la zona media alta durante visitas de campo, lo cual se está haciendo indiscriminadamente.

- La construcción de viviendas de la zona de protección del río, como es en el caso del barrio El Calvario y Barrio Las Flores.
- La ocupación e impermeabilización del suelo en la zona urbana, provoca un incremento de caudal en el río. De forma similar, aunque menos evidente, es el comportamiento de las zonas con ausencia de vegetación de toda la parte baja de la cuenca San Francisco.

#### 4.5 DETERMINACION DE LOS EFECTOS OCASIONADOS POR EL DESBORDAMIENTO DEL RIO SAN FRANCISCO

Dentro de los efectos ocasionados por el desbordamiento del río San Francisco en el año 2010 podemos mencionar los siguientes:

- **Efectos Sociales:**

Perdida de clases por cierre temporal decretadas por Protección Civil, incertidumbre de la población afectada, aumento de la pobreza, delincuencia, proliferación de enfermedades infecto-contagiosas e improvisación de espacios inadecuados para las personas damnificadas.

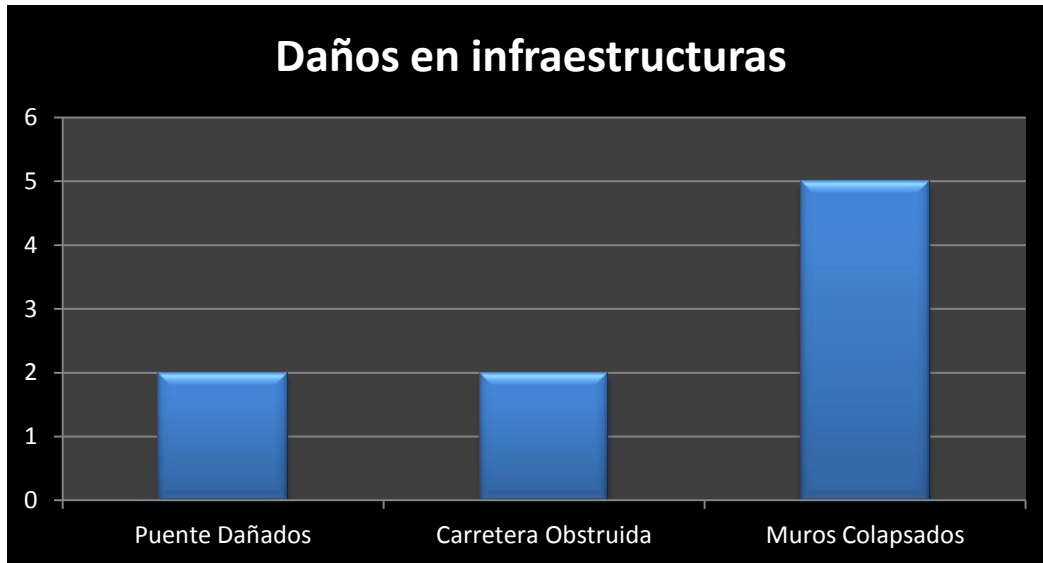
- **Efectos Económicos:**

Colapso de infraestructuras (viviendas y muro de gaviones ubicado en la colonia San José, daños de barandales en la pasarela peatonal en el barrio El Calvario), pérdidas de bienes materiales, daños a viviendas aledañas al río, pérdida de cosechas y/o cultivos.

| Comunidad        | Familias afectadas | Familias evacuadas | Viviendas dañadas |
|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Col. La Prado    | 17                 | 12                 | 5                 |
| B° El Calvario   | 14                 | 4                  | 4                 |
| B° Las Flores    | 31                 | 10                 | 8                 |
| Col. Los Romeros | 10                 | 12                 | 3                 |
| <b>Total</b>     | <b>72</b>          | <b>38</b>          | <b>20</b>         |

**Cuadro 4.2:** Afectaciones del periodo invernal  
Fuente: Protección civil





**Grafica 4.1** Afectaciones en infraestructura en periodo invernal de 2010  
**Fuente:** Protección civil

Imágenes que muestran los daños provocados por el desbordamiento del río San Francisco



**Fotografía 4.11** Daños en infraestructura  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Fotografía 4.12** Daños materiales  
**Fuente:** Grupo de Investigación

## Capítulo V

# "EVALUACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE INTERÉS"

## 5. EVALUACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE INTERÉS

### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

**5.1.1 UBICACIÓN** Esta área se encuentra conformada por los sitios críticos de interés (SCI) que se identificaron en el capítulo anterior, los cuales se describen a continuación:

**PUNTO DE INTERÉS 1:** Este se encuentra ubicado en la Col. Prado a un costado de la pista de aterrizaje del Destacamento Militar (DM4), a unos pocos metros de la carretera que conduce de la ciudad de Chilanga, Osicala, Yoloaquin entre otros.



**Figura 5.1** Punto de interés 1  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Mapa 5.1:** Punto de Interés I  
**Fuente:** Grupo de Investigación

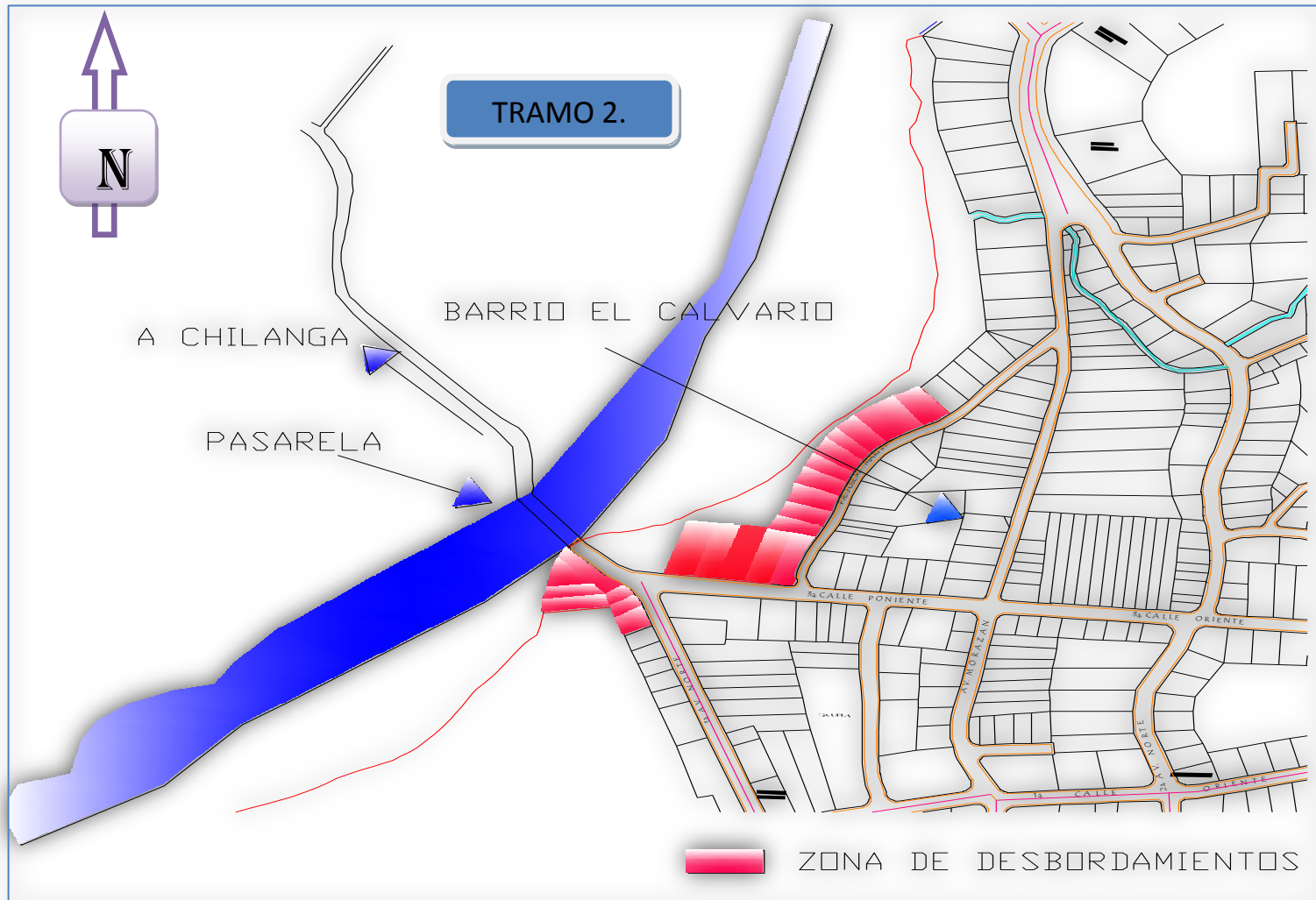


## **PUNTO DE INTERES 2:**

Este se encuentra en el Barrio El Calvario ubicado a un costado de la zona urbana de la Ciudad de San Francisco Gotera, el punto de interés será ubicado en la obra de paso conocida como La Pasarela.



**Figura 5.2:** Punto de interés 2  
**Fuente:** Grupo de Investigación



Mapa 5.2: Punto de Interés 2  
Fuente: Grupo de Investigación

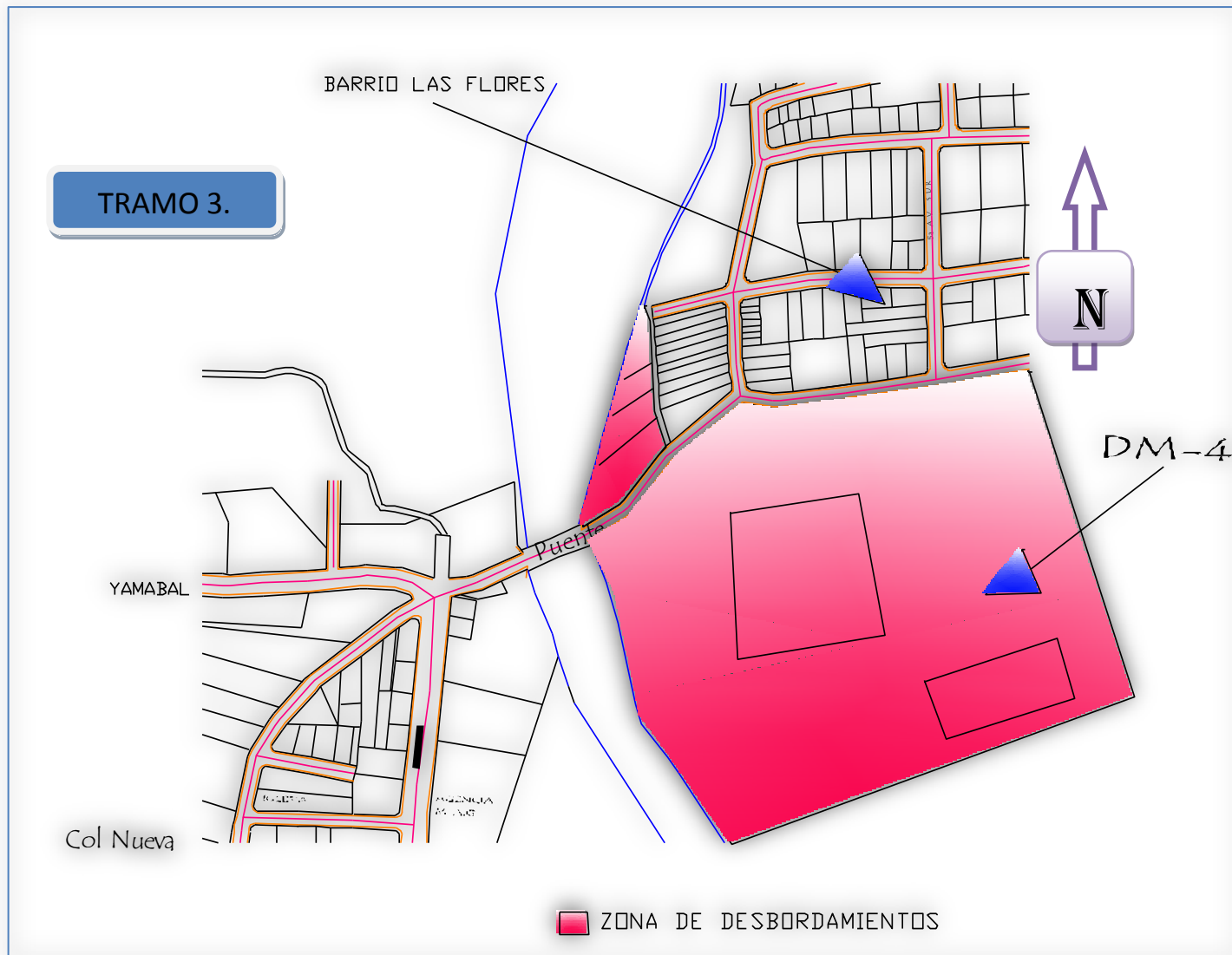


## **PUNTO DE INTERES 2:**

La Zona urbanizable se extiende al borde poniente del río, entre este y un camino rural existente, ocupando amplias áreas disponibles entre lotificaciones dispersas. Ubicando específicamente el punto de interés en El Puente San Francisco.



**Figura 5.3:** Punto de interés 3  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Mapa 5.3:** Punto de Interés 3  
**Fuente:** Grupo de Investigación

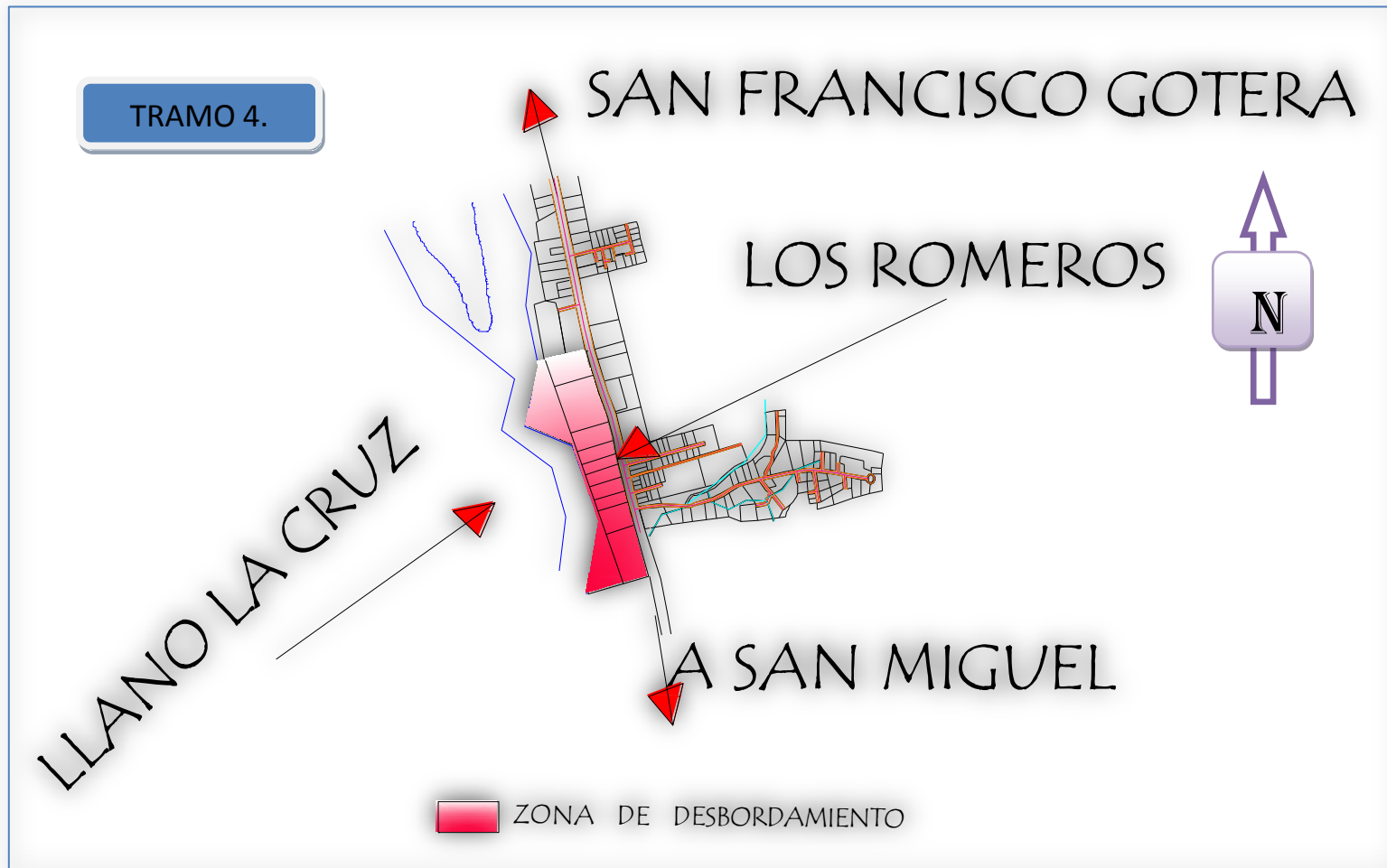


#### **PUNTO DE INTERES 4:**

Este tramo se localiza en la Colonia Los Romeros esta se encuentra a la entrada de la ciudad de San Francisco Gotera, en este sector se localiza el cuarto punto de interés.



**Figura 5.4:** Punto de interés 4  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Mapa 5.4:** Punto de Interés 4  
**Fuente:** Grupo de Investigación

## 5.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SCI (Sectores Críticos de Interés)

Dentro de los sectores críticos de interés que se estudian existen una cantidad de características físicas, pero debido a los desbordamientos causados por la escorrentía en este río y a la similitud que tienen los tres puntos críticos se pueden mencionar los más importantes, y estos son:

- Las áreas en las cuales están ubicados los puntos críticos de interés se encuentran urbanizadas, motivo por el cual es necesario dar respuesta al problema de los desbordamientos del río.



**Fotografía 5.1:** Zona urbanizada  
**Fuente:** Grupo de Investigación

- La mayoría del área donde se encuentran los sectores críticos e incluso aguas arriba del primer punto de interés se encuentran en un alto porcentaje de impermeabilidad debido a la deforestación y al lecho rocoso del río, esto aumenta la escorrentía de quebradas que desembocan en el río.



**Fotografía 5.2:** Área Deforestada  
**Fuente:** Grupo de Investigación



**Fotografía 5.3:** Lecho rocoso  
**Fuente:** Grupo de Investigación

- Los puntos de interés están ubicados en sectores urbanos de la ciudad de San Francisco Gotera, los cuales al tener problemas de desbordamiento paralizan el tráfico vehicular e incluso peatonal sobre algunos sectores, generando también pérdidas económicas a la población afectada.



**Fotografía 5.4:** Área Afectada  
**Fuente:** Grupo de Investigación



### 5.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

#### a) GEOLOGÍA.

La geología de la cuenca se caracteriza de acuerdo al nivel que se encuentra entre los cuales se tiene:

##### ✓ PARTE ALTA Y MEDIA.

En esta zona de la cuenca se encuentran suelos que están expuestos a la erosión, apropiados para cultivos. Entre los cuales se puede mencionar: suelo clase IV, clase VI, clase VII, también clase pedológica latosoles arcillo-rojizos.

- a) **CLASE IV:** Suelos con fuertes limitaciones que requieren complejas medidas de manejo para ser cultivados; son más apropiados para pastoreo y otros usos.
- b) **CLASE VI:** Suelos con graves limitaciones que por lo general los hacen no aptos para el cultivo.
- c) **CLASE VII:** Suelos con muy graves limitaciones que los hacen inadecuados para el cultivo, quedando restringidos al uso de pastoreo naturales bosques, etc.



**Fotografía 5.5:** Suelos clase VII  
**Fuente:** Grupo de Investigación

**LATOSILES ARCILLO - ROJIZOS:** Suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y grados de oxidación.

La textura superficial es franco arcillosa y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión. La fertilidad puede ser alta en terrenos protegidos pudiéndose utilizar maquinaria agrícola cuando la pendiente es moderada. Son suelos aptos para casi todos los cultivos.

✓ **PARTE BAJA.**

El área de la parte baja del río San Francisco se encuentra en su mayoría urbanizada, por ello su caracterización geológica se limita a describir únicamente los depósitos de sedimentos causados por la escorrentía directa, compuesto por arena fina mezclada con sólidos como piedras de diferentes tamaños, basura y ramas, troncos de árboles y líquidos como son las aguas residuales descargadas al cauce depositadas por los habitantes que viven en el sector del río, como se puede ver en la fotografía 5.6

Aguas servidas por parte de los habitantes de la zona urbanizada en la parte baja de la quebrada depositada directamente al cauce principal.



**Fotografía 5.6:** Aguas servidas  
**Fuente:** Grupo de Investigación

## **5.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO.**

Como se expuso en el capítulo III, que el Estudio Hidrológico se realiza para conocer el caudal producido por avenidas máximas extraordinarias, que se generaran en un periodo determinado, con el fin de determinar el nivel de aguas que pueda resultar en las secciones de rio especificas de las zonas que resultaron criticas y así proponer obras de protección para mitigar los riesgos de inundación. Para este caso, el estudio se llevo a cabo en la sub-cuenca del Rio San Francisco Gotera, la cual se extiende en una posición Norte-Sur desde Yoloaquin pasando por la ciudad de San Francisco Gotera.

### **5.4.1 Memoria de Cálculo del Estudio Hidrológico.**

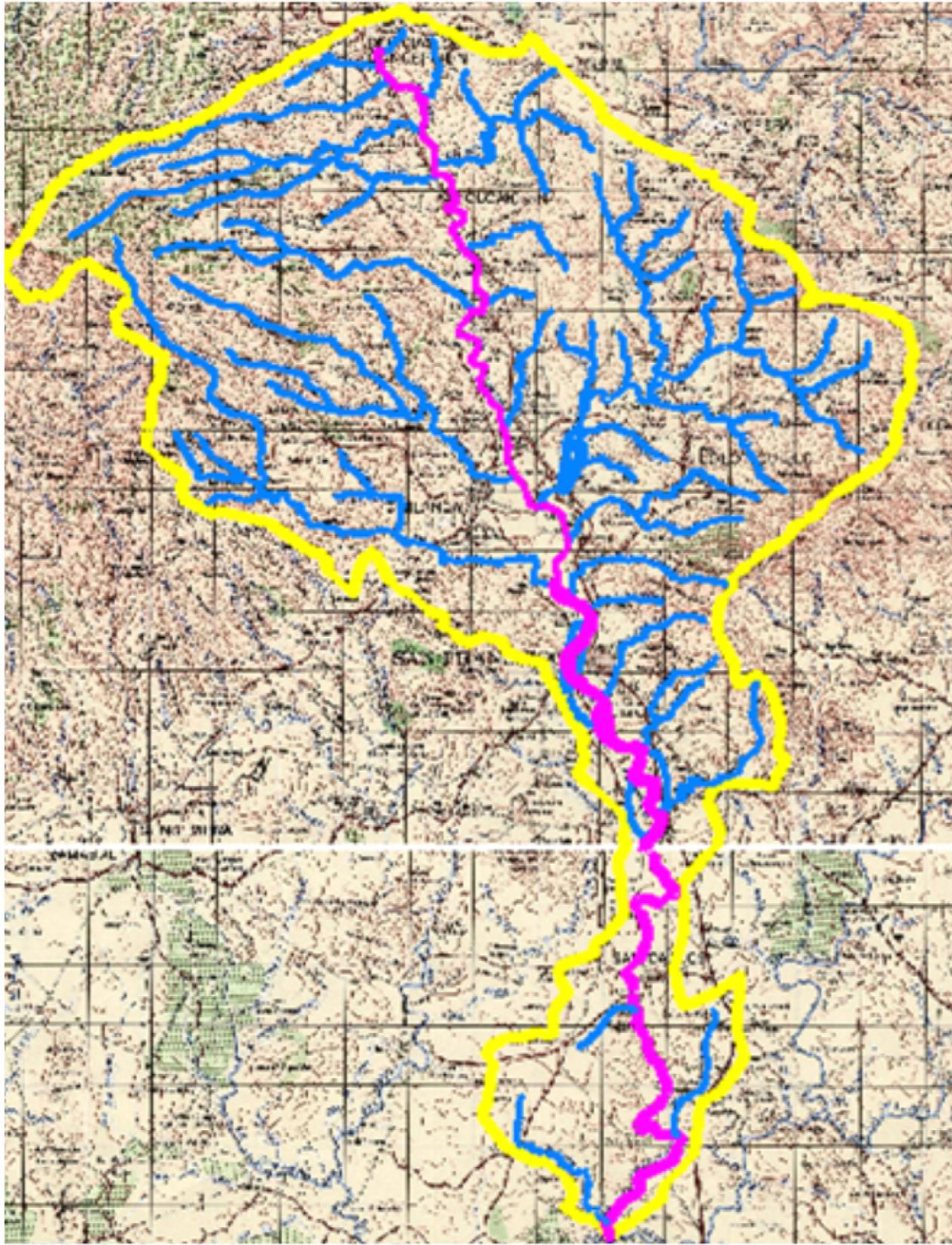
#### **a) PARAMETROS FISICOS DE UNA CUENCA**

##### **1. Delimitación de la cuenca:**

Para realizar el trazo de la delimitación de la cuenca fue necesario hacer un recorrido preliminar sobre el cauce del rio desde la colonia La Prado, Barrio El Calvario, Barrio Las Flores, culminando en la Col. Los Romeros, aproximadamente 8.5 km.

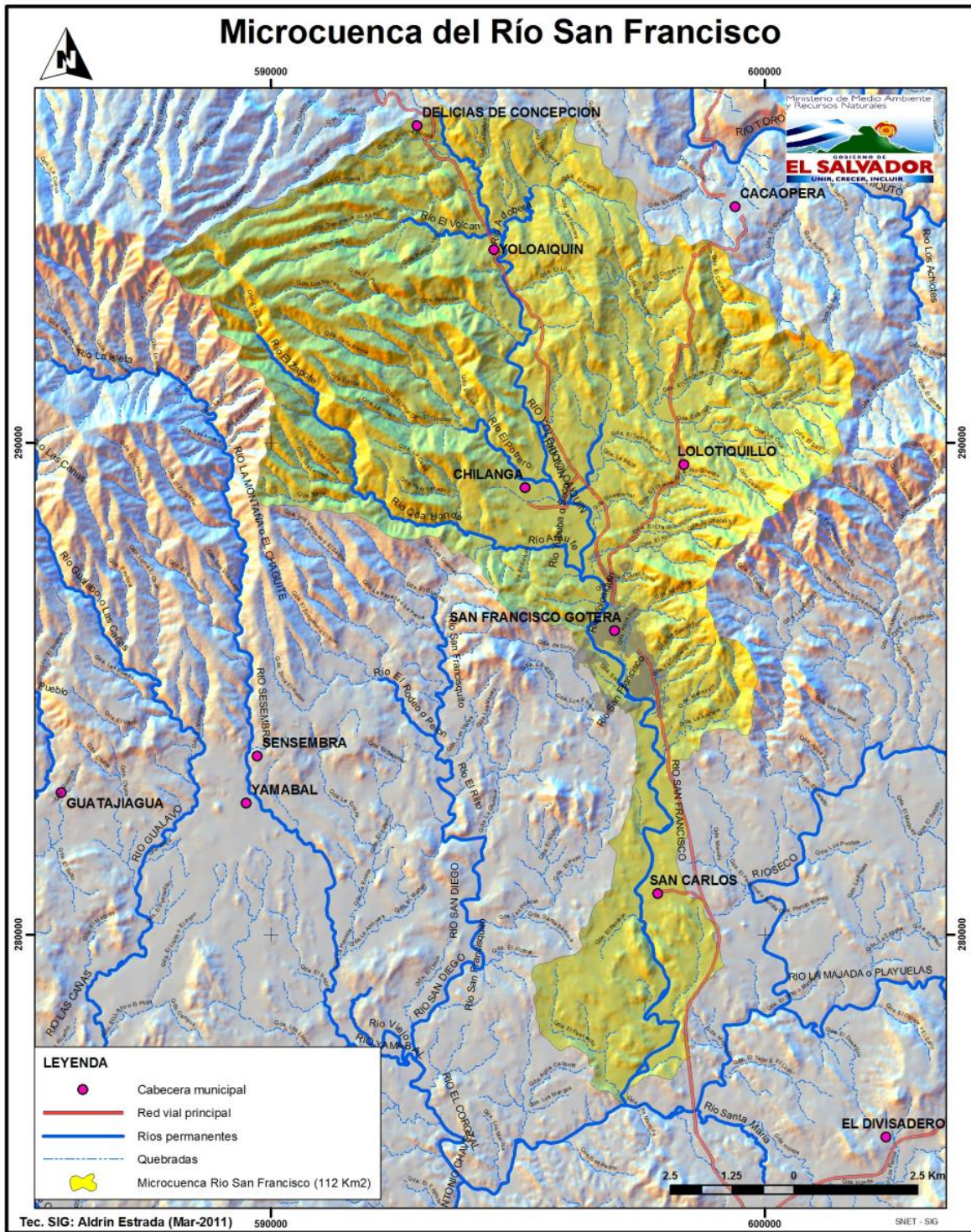
Por medio de los cuadrantes de los municipios de San Francisco Gotera y Jocoro en una escala de 1:50 000 adquiridos en el C.N.R.( Centro Nacional de Registro), se identificaron los cursos de agua que aportan escorrentía al cauce principal para determinar el parte-aguas de la cuenca y así obtener su respectiva delimitación.



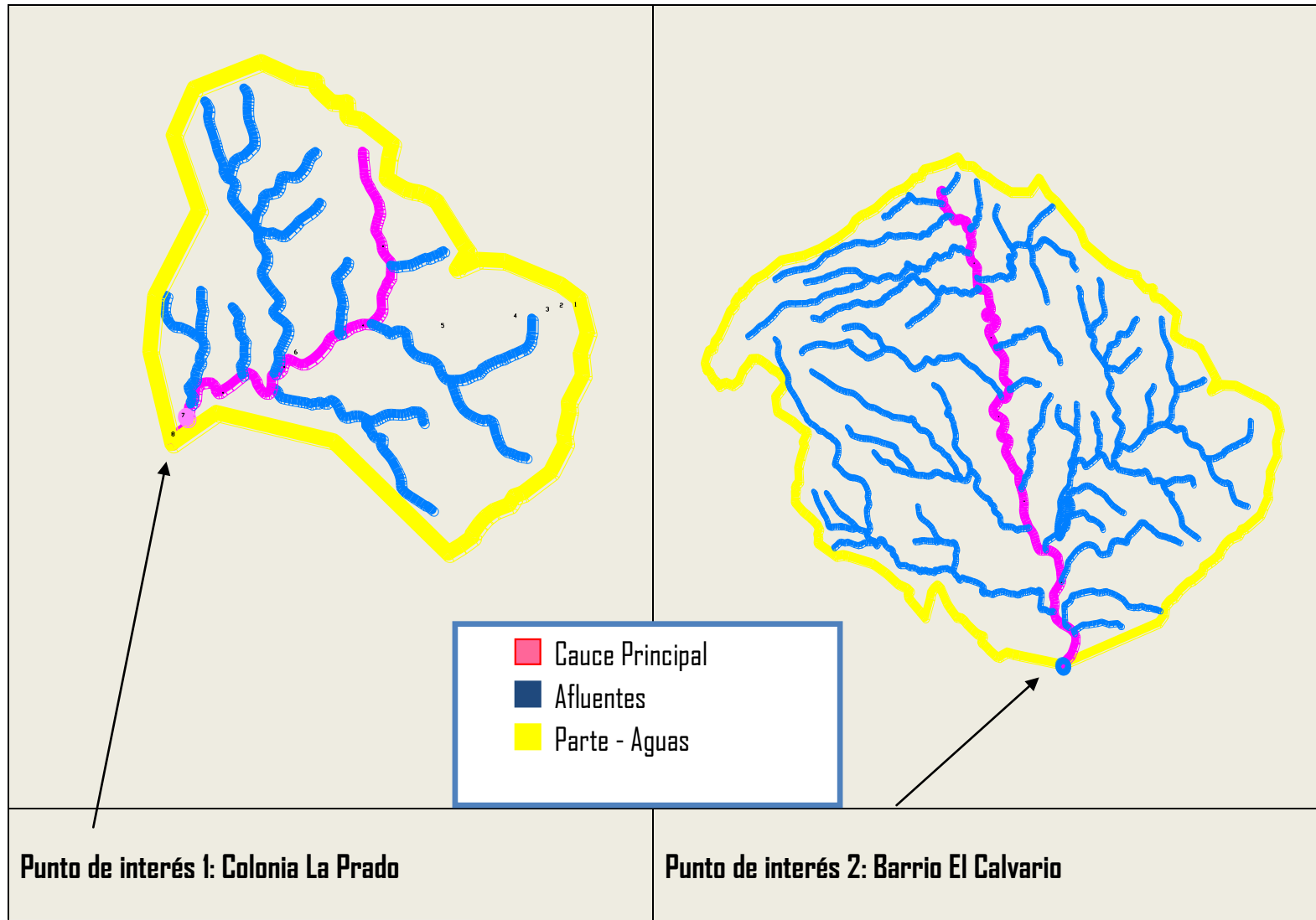


**Mapa 5.5:** Delimitación de la cuenca  
Fuente: Grupo de Investigación

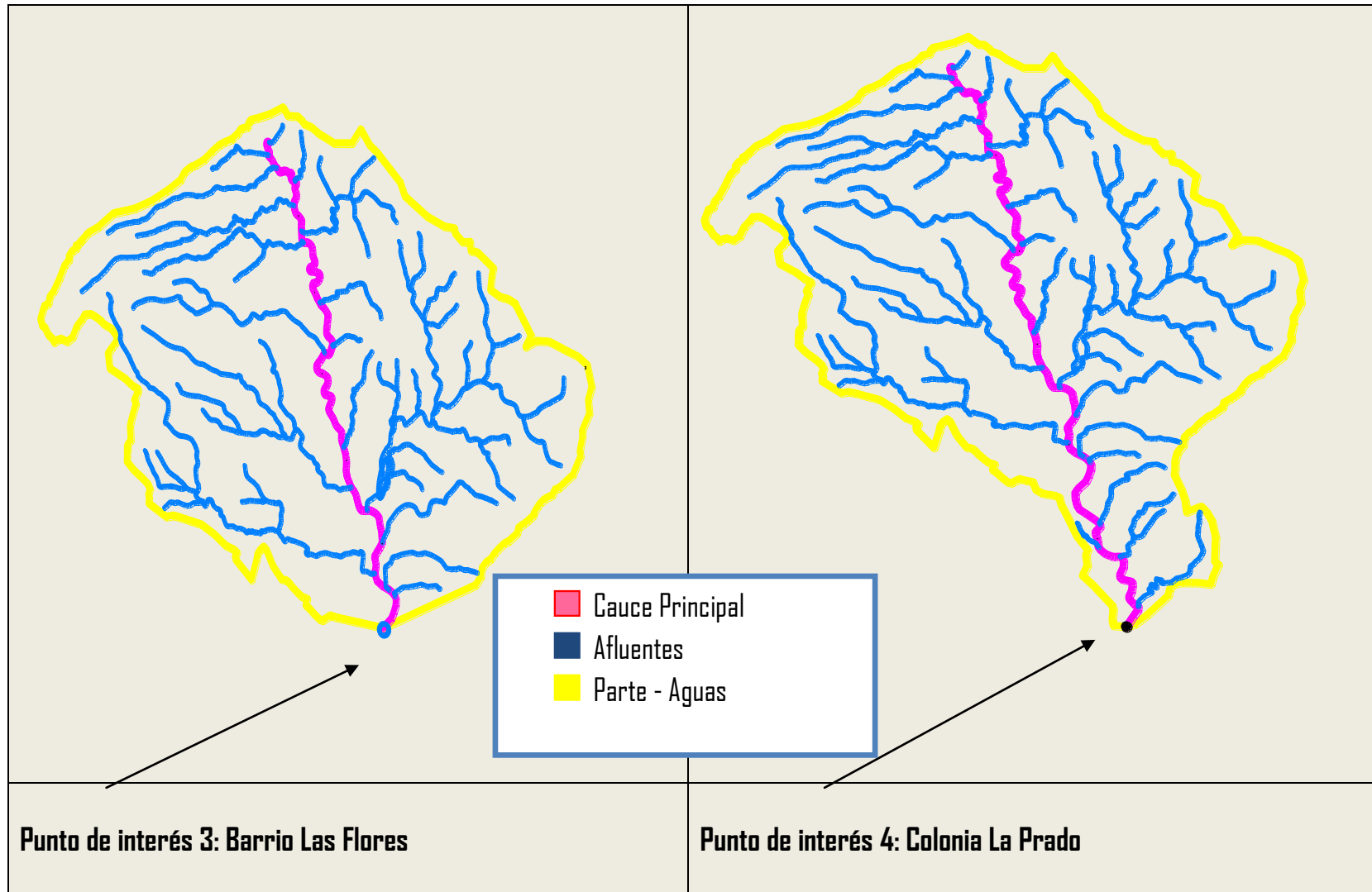




**Mapa 5.6:** Micro cuenca del Río San Francisco  
**Fuente:** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales



**Mapa 5.7:** Delimitación de la sub-cuencas  
**Fuente:** Grupo de Investigación



Mapa 5.7: Delimitación de la sub-cuencas  
Fuente: Grupo de Investigación

## 2. Determinación del drenaje de la cueca

Es la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de fuertes lluvias. En la cuenca del Río San Francisco, presenta dos cauces permanente de importancia los cuales son Río Yubaba o Seco y el Río Yoloquin, los afluentes más largos son quebradas y pequeños manantiales que escurren en la época lluviosa, aunque los últimos permanecen cierto tiempo aun después de finalizada esta estación.

Partiendo del punto más elevado de la cuenca y siguiendo el cauce del Río San Francisco, se encuentra que la ramificación de los drenajes llega al cauce principal, en ángulo menor de 90° casi en su totalidad y son desarrollados por laderas con inclinación elevada, dando lugar a un "Diseño Dentrítico".

### Índices que miden el sistema de drenaje.

Otros indicadores del grado de bifurcación de una cuenca son la Densidad de corrientes (Ds), definida como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área, y la densidad de drenaje Dd, definida como la longitud de corrientes por unidad de área. Ver ecuaciones 3.7 y 3.8.

| Puntos de interés | Localización        | Ns Corrientes | Área(km <sup>2</sup> ) | Ds= Ns/Área Corrientes/km <sup>2</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------|------------------------|--|
| 1                 | Colonia La Prado    | 29            | 20.92                  | 1.39                                   |
| 2                 | Barrio El Calvario  | 48            | 90.43                  | 0.53                                   |
| 3                 | Barrio Las Flores   | 48            | 91.08                  | 0.53                                   |
| 4                 | Colonia Los Romeros | 53            | 99.69                  | 0.53                                   |

**Cuadro 5.1** Densidad de corrientes

Fuente: Grupo de Investigación

| Puntos de interés | Localización        | Ls (Km) | Área(km <sup>2</sup> ) | Ls= L/Área km/km <sup>2</sup> |
|-------------------|---------------------|---------|------------------------|-------------------------------|
| 1                 | Colonia La Prado    | 38.98   | 20.92                  | 1.86                          |
| 2                 | Barrio El Calvario  | 180.17  | 90.43                  | 1.99                          |
| 3                 | Barrio Las Flores   | 181.07  | 91.08                  | 1.99                          |
| 4                 | Colonia Los Romeros | 196.18  | 99.69                  | 1.97                          |

**Cuadro 5.2** Densidad de drenaje

Fuente: Grupo de Investigación

### 3. Área de la cuenca.

El área delimitada por el parte - aguas, se obtuvo a través de la digitalización de los cuadrantes de los Municipios de San Francisco Gotera y Jocoro, a escala 1:50000 y con la ayuda del programa Autodesk Land Desktop se obtuvo el área respectiva de la cuenca con un valor de:

| Puntos de interés | Localización        | Área(km <sup>2</sup> ) |
|-------------------|---------------------|------------------------|
| 1                 | Colonia La Prado    | 20.92                  |
| 2                 | Barrio El Calvario  | 90.43                  |
| 3                 | Barrio Las Flores   | 91.08                  |
| 4                 | Colonia Los Romeros | 99.69                  |

**Cuadro 5.3:** Área de cuenca

**Fuente:** Grupo de Investigación

### 4. Longitud perimetral de la cuenca.

El perímetro de la cuenca se obtuvo, por medio de la digitación de los cuadrantes y obteniendo los siguientes valores:

| Puntos de interés | Localización        | Perímetro(km) |
|-------------------|---------------------|---------------|
| 1                 | Colonia La Prado    | 20.39         |
| 2                 | Barrio El Calvario  | 42.50         |
| 3                 | Barrio Las Flores   | 42.78         |
| 4                 | Colonia Los Romeros | 49.81         |

**Cuadro 5.4:** Longitud perimetral de la cuenca.

**Fuente:** Grupo de Investigación

### 5. Longitud del cauce principal (Lc):

La longitud del cauce principal se determino por medio de la digitalización:

| Puntos de interés | Localización        | Longitud (km) |
|-------------------|---------------------|---------------|
| 1                 | Colonia La Prado    | 6.37          |
| 2                 | Barrio El Calvario  | 13.16         |
| 3                 | Barrio Las Flores   | 13.53         |
| 4                 | Colonia Los Romeros | 17.56         |

**Cuadro 5.5:** Longitud perimetral de la cuenca.

**Fuente:** Grupo de Investigación



## 6. Cálculo de la pendiente media de la cuenca (Pm). Ver ecuación (3.10)

Primer método: 
$$S_m = \frac{\sum L * D}{A_c} \times 100\% \quad \text{Ecuación 3.9}$$

### Pasos para determinar la pendiente media:

#### ➤ Separación entre curvas de nivel (D)

Haciendo uso del programa *Autodesk Land Desktop 2009*, se procedió a la determinación de las longitudes de las curvas de nivel, de acuerdo al intervalo de curvas

$$D = \frac{H_{max} - H_{min}}{6} \quad (5.1)$$

Donde:

Hmax: Elevación mayor

Hmin: Elevación menor

| Puntos de interés | Localización    | Hmax (m.s.n.m) | Hmin (m.s.n.m) | $D = \frac{H_{max} - H_{min}}{6}$ | D     |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|-------|
| 1                 | Col. La Prado   | 845            | 300            | $D = \frac{845 - 300}{6}$         | 90.8  |
| 2                 | Bº El Calvario  | 1300           | 300            | $D = \frac{1300 - 300}{6}$        | 166.7 |
| 3                 | Bº Las Flores   | 1300           | 280            | $D = \frac{1300 - 280}{6}$        | 170.0 |
| 4                 | Col Los Romeros | 1300           | 260            | $D = \frac{1300 - 260}{6}$        | 173.3 |

**Cuadro 5.6** Separación entre curvas de nivel

Fuente: Grupo de Investigación

➤ Longitud de curvas de nivel ( $\Sigma L$ )

Se midieron las curvas de nivel a intervalos de 100 metros, a partir de la cota menor

| Punto de interés 1: Colonia La Prado |               | Punto de interés 2: Bº El Calvario   |               |
|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| No DE CURVAS                         | LONGITUD (Km) | No DE CURVAS                         | LONGITUD (Km) |
| 300.0                                | 3.10          | 300.0                                | 31.77         |
| 400.0                                | 20.11         | 400.0                                | 64.25         |
| 500.0                                | 18.23         | 500.0                                | 72.05         |
| 600.0                                | 14.22         | 600.0                                | 43.35         |
| 700.0                                | 1.96          | 700.0                                | 24.82         |
| 800.0                                | 0084          | 800.0                                | 22.29         |
| <b><math>\Sigma L =</math></b>       | <b>58.46</b>  | 900.0                                | 18.02         |
|                                      |               | 1000.0                               | 11.27         |
|                                      |               | 1100.0                               | 6.67          |
|                                      |               | 1200.0                               | 5.63          |
|                                      |               | 1300.0                               | 0.71          |
|                                      |               | <b><math>\Sigma L_c =</math></b>     | <b>301.00</b> |
| Punto de interés 3: Bº Las Flores    |               | Punto de interés 4: Col. Los Romeros |               |
| No DE CURVAS                         | LONGITUD (Km) | No DE CURVAS                         | LONGITUD (Km) |
| 300.0                                | 31.77         | 300.0                                | 40.96         |
| 400.0                                | 64.25         | 400.0                                | 69.23         |
| 500.0                                | 72.01         | 500.0                                | 73.37         |
| 600.0                                | 43.35         | 600.0                                | 43.39         |
| 700.0                                | 24.82         | 700.0                                | 24.82         |
| 800.0                                | 22.29         | 800.0                                | 22.29         |
| 900.0                                | 18.02         | 900.0                                | 18.02         |
| 1000.0                               | 11.27         | 1000.0                               | 11.27         |
| 1100.0                               | 6.67          | 1100.0                               | 6.67          |
| 1200.0                               | 5.63          | 1200.0                               | 5.63          |
| 1300.0                               | 0.71          | 1300.0                               | 0.91          |
| <b><math>\Sigma L_c =</math></b>     | <b>301.00</b> | <b><math>\Sigma L_c =</math></b>     | <b>317.40</b> |

Cuadro 5.7: Longitudes de curva de nivel

### Sustituyendo datos en ecuación 3.10

| Puntos de interés | Localización    | $\Sigma L$ (Km) | D (Km) | Ac (Km <sup>2</sup> ) | $S_m = \frac{\Sigma L * D}{Ac} \times 100\%$  | S <sub>m</sub> |
|-------------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------------|---|----------------|
| 1                 | Col. La Prado   | 58.46           | 0.10   | 20.92                 | $D = \frac{58.46 * 0.10}{20.92} \times 100\%$ | 27.94 %        |
| 2                 | Bº El Calvario  | 301.00          | 0.10   | 85.75                 | $D = \frac{301 * 0.10}{85.75} \times 100\%$   | 35.10 %        |
| 3                 | Bº Las Flores   | 301.00          | 0.10   | 91.02                 | $D = \frac{301 * 0.10}{91.02} \times 100\%$   | 33.05 %        |
| 4                 | Col Los Romeros | 317.40          | 0.10   | 99.69                 | $D = \frac{317.4 * 0.10}{99.69} \times 100\%$ | 31.84 %        |

**Cuadro 5.8: Pendiente media**

Fuente: Grupo de Investigación

**Segundo método: Método de Horton, según lo refiere Viessman.  
(Ver anexo 2, planos de 5.7 a 5.10)**

$$P = 1.5 \left( \frac{n * e}{\Sigma l} \right) \text{ Ecuación 3.10}$$

#### PUNTO DE INTERÉS I:

| Sector | Intersección |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 8            | 12         | 1500.00            | 6124.70    | 0.80      | 0.29       | 0.55                 |
| 2      | 15           | 23         | 10276.97           | 10352.11   | 0.22      | 0.33       | 0.28                 |
| 3      | 16           | 21         | 11408.20           | 18120.48   | 0.21      | 0.17       | 0.19                 |
| 4      | 10           | 13         | 7804.73            | 7127.58    | 0.19      | 0.27       | 0.23                 |
| 5      | 10           | 13         | 6260.07            | 6489.86    | 0.24      | 0.30       | 0.27                 |

**Cuadro 5.9 Pendiente del punto de interés I**

Fuente: Grupo de Investigación



### PUNTO DE INTERES 2:

| Sector | Intersección |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 21           | 25         | 13813.54           | 14811.4    | 0.23      | 0.25       | 0.24                 |
| 2      | 26           | 29         | 19028.9            | 18614.4    | 0.20      | 0.23       | 0.22                 |
| 3      | 68           | 67         | 29536.2            | 30936.7    | 0.35      | 0.32       | 0.34                 |
| 4      | 88           | 79         | 42300.4            | 41787.0    | 0.31      | 0.28       | 0.30                 |
| 5      | 94           | 86         | 41269.6            | 41284.2    | 0.34      | 0.31       | 0.33                 |
| 6      | 65           | 48         | 30992.8            | 30542.7    | 0.31      | 0.24       | 0.28                 |

**Cuadro 5.10** Pendiente del punto de interés 2

Fuente: Grupo de Investigación

### PUNTO DE INTERES 3:

| Sector | Intersección |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 15           | 23         | 14257.1            | 14801.3    | 0.16      | 0.23       | 0.20                 |
| 2      | 38           | 19         | 19174.1            | 20075.7    | 0.30      | 0.14       | 0.22                 |
| 3      | 71           | 86         | 32359.1            | 31849.7    | 0.33      | 0.41       | 0.37                 |
| 4      | 94           | 74         | 32775.8            | 42428.1    | 0.43      | 0.26       | 0.35                 |
| 5      | 79           | 75         | 35098.1            | 40268.0    | 0.34      | 0.28       | 0.31                 |
| 6      | 66           | 52         | 28803.0            | 31211.2    | 0.34      | 0.25       | 0.30                 |

**Cuadro 5.11** Pendiente del punto de interés 3

Fuente: Grupo de Investigación

### PUNTO DE INTERES 4:

| Sector | Intersección |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 34           | 35         | 20067.2            | 20224.3    | 0.25      | 0.26       | 0.26                 |
| 2      | 80           | 52         | 31208.7            | 32951.9    | 0.38      | 0.24       | 0.31                 |
| 3      | 113          | 82         | 44976.6            | 44926.0    | 0.38      | 0.27       | 0.33                 |
| 4      | 102          | 85         | 51789.6            | 55583.9    | 0.30      | 0.23       | 0.26                 |
| 5      | 80           | 59         | 32275.2            | 37071.8    | 0.37      | 0.24       | 0.31                 |
| 6      | 12           | 14         | 13031.6            | 12304.1    | 0.14      | 0.17       | 0.15                 |

**Cuadro 5.12** Pendiente del punto de interés 4

Fuente: Grupo de Investigación

✘ **Elevación media de la cuenca:**

✚ **Primer método: Semisuma de Elevaciones**

Uno de los métodos más utilizados, pero menos precisos, para determinar la elevación media de una cuenca es a través de la semisuma de la cota mayor y la cota menor. La cual se calculara a través de la ecuación 4.3.

$$E_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Sustituyendo datos en ecuación 5.1:

| Puntos de interés | Localización    | H max (m.s.n.m) | H min (m.s.n.m) | $E_m = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$ | $E_m$ (m.s.n.m.) |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|
| 1                 | Col. La Prado   | 840             | 300             | $E_m = \frac{840 + 300}{2}$         | 570              |
| 2                 | Bº El Calvario  | 1320            | 260             | $E_m = \frac{1320 + 260}{2}$        | 790              |
| 3                 | Bº Las Flores   | 1320            | 240             | $E_m = \frac{1320 + 240}{2}$        | 780              |
| 4                 | Col Los Romeros | 1320            | 220             | $E_m = \frac{1320 + 220}{2}$        | 770              |

**Cuadro 5.13** Semisuma de elevaciones

**Fuente:** Grupo de Investigación

## Segundo método: Método Analítico

La determinación de la elevación media a través de este método se basa en la ecuación 3.11:

**Cuadro 5.14** Tabulación para el cálculo de la Em. Colonia La Prado

| Elevaciones |     | Área entre Curvas ( km <sup>2</sup> ) | Elevación media m.s.n.m. | A * Em         |
|-------------|-----|---------------------------------------|--------------------------|----------------|
| 840         | 800 | 0.065                                 | 820                      | 53.31          |
| 800         | 700 | 0.269                                 | 750                      | 201.97         |
| 700         | 600 | 2.964                                 | 650                      | 1926.44        |
| 600         | 500 | 5.039                                 | 550                      | 2771.65        |
| 500         | 400 | 5.807                                 | 450                      | 2613.15        |
| 400         | 300 | 6.430                                 | 350                      | 2250.39        |
| 300         | 280 | 0.351                                 | 290                      | 101.90         |
| $\Sigma$    |     | <b>20.925</b>                         |                          | <b>9918.80</b> |

Fuente: Grupo de Investigación

Aplicando ecuación:

$$Em = \frac{\sum (A.em)}{Ac}$$

Ecuación: 3.11

Sustituyendo datos:

$$Em = \frac{9918.80 \text{ km}^2 \cdot \text{m.s.n.m}}{20.92 \text{ km}^2} = 474.00 \text{ m.s.n.m}$$

**Cuadro 5.15:** Tabulación para el cálculo de la Em. Barrió El Calvario

| Elevaciones |      | Área entre Curvas ( km <sup>2</sup> ) | Elevación media m.s.n.m. | A * Em          |
|-------------|------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1320        | 1300 | 0.07                                  | 1310                     | 96.22           |
| 1300        | 1200 | 0.64                                  | 1250                     | 799.36          |
| 1200        | 1100 | 1.68                                  | 1150                     | 1929.14         |
| 1100        | 1000 | 1.57                                  | 1050                     | 1653.11         |
| 1000        | 900  | 3.00                                  | 950                      | 2853.84         |
| 900         | 800  | 3.97                                  | 850                      | 3377.92         |
| 800         | 700  | 4.70                                  | 750                      | 3525.81         |
| 700         | 600  | 8.37                                  | 650                      | 5440.45         |
| 600         | 500  | 16.41                                 | 550                      | 9027.41         |
| 500         | 400  | 20.92                                 | 450                      | 9414.00         |
| 400         | 300  | 21.30                                 | 350                      | 7455.28         |
| 300         | 260  | 3.10                                  | 280                      | 868.00          |
| <b>Σ</b>    |      | <b>85.75</b>                          |                          | <b>39108.87</b> |

Fuente: Grupo de Investigación

Aplicando ecuación:

$$Em = \frac{\sum (A.em)}{Ac}$$

**Ecuación: 3.11**

Sustituyendo datos:

$$Em = \frac{39108.87 \text{ k m}^2 \cdot \text{m.s.n.m}}{85.75 \text{ km}^2} = 456.00 \text{ m.s.n.m}$$

**Cuadro 5.16:** Tabulación para el cálculo de la Em. Barrió Las Flores

| Elevaciones |      | Área entre Curvas ( km <sup>2</sup> ) | Elevación media m.s.n.m. | A * Em          |
|-------------|------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1320        | 1300 | 0.07                                  | 1310                     | 96.22           |
| 1300        | 1200 | 0.64                                  | 1250                     | 799.36          |
| 1200        | 1100 | 1.68                                  | 1150                     | 1929.14         |
| 1100        | 1000 | 1.57                                  | 1050                     | 1653.11         |
| 1000        | 900  | 3.83                                  | 950                      | 3637.45         |
| 900         | 800  | 3.97                                  | 850                      | 3377.92         |
| 800         | 700  | 4.70                                  | 750                      | 3525.81         |
| 700         | 600  | 8.70                                  | 650                      | 5657.18         |
| 600         | 500  | 16.41                                 | 550                      | 9027.41         |
| 500         | 400  | 20.24                                 | 450                      | 9107.31         |
| 400         | 300  | 21.98                                 | 350                      | 7693.03         |
| 300         | 280  | 7.22                                  | 290                      | 2093.80         |
| <b>Σ</b>    |      | <b>91.02</b>                          |                          | <b>40482.45</b> |

Fuente: Grupo de Investigación

Aplicando ecuación:

$$Em = \frac{\sum (A.em)}{Ac}$$

Ecuación: 3.11

Sustituyendo datos:

$$Em = \frac{40482.45 \text{ k m}^2 \cdot \text{m.s.n.m}}{91.02 \text{ km}^2} = 444.75.00 \text{ m.s.n.m}$$

**Cuadro 5.17:** Tabulación para el cálculo de la Em. Barrió Las Flores

| Elevaciones |      | Área entre Curvas ( km <sup>2</sup> ) | Elevación media m.s.n.m. | A * Em          |
|-------------|------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1320        | 1300 | 0.07                                  | 1310                     | 96.22           |
| 1300        | 1200 | 0.64                                  | 1250                     | 799.36          |
| 1200        | 1100 | 1.68                                  | 1150                     | 1929.14         |
| 1100        | 1000 | 1.57                                  | 1050                     | 1653.11         |
| 1000        | 900  | 3.83                                  | 950                      | 3637.45         |
| 900         | 800  | 3.97                                  | 850                      | 3377.92         |
| 800         | 700  | 4.70                                  | 750                      | 3525.81         |
| 700         | 600  | 8.36                                  | 650                      | 5434.00         |
| 600         | 500  | 16.53                                 | 550                      | 9093.70         |
| 500         | 400  | 20.95                                 | 450                      | 9427.17         |
| 400         | 300  | 23.60                                 | 350                      | 8260.00         |
| 300         | 200  | 13.73                                 | 250                      | 3433.37         |
| 200         | 180  | 0.05                                  | 190                      | 9.19            |
| $\Sigma$    |      | <b>99.69</b>                          |                          | <b>42551.97</b> |

**Fuente:** Grupo de Investigación

Aplicando ecuación:

$$Em = \frac{\sum (A.em)}{Ac}$$

**Ecuación: 3.11**

Sustituyendo datos:

$$Em = \frac{42551.97 \text{ km}^2 \cdot \text{m.s.n.m}}{99.69 \text{ km}^2} = 426.82 \text{ m.s.n.m}$$

### Tercer método: Curva Hipsométrica

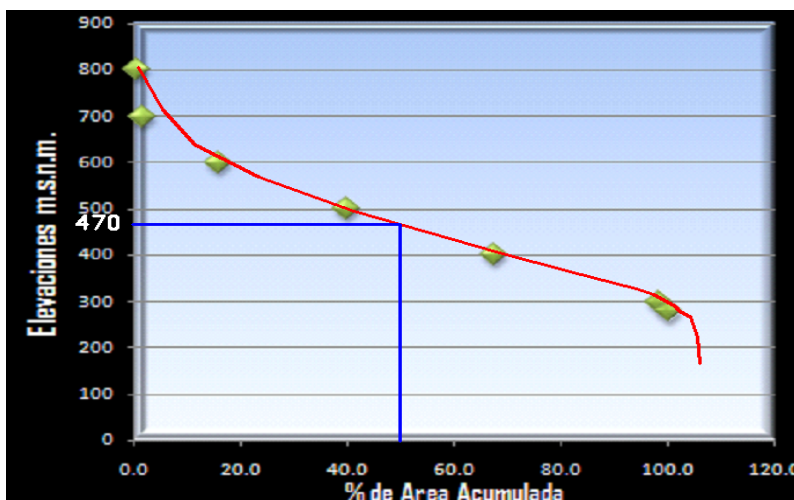
Con un intervalo entre curvas de nivel a cada 100 metros, se obtuvieron los siguientes datos

**Cuadro 5.18:** Tabulación para el cálculo de la Em. Colonia La Prado

**Fuente:** Grupo de Investigación

| Curva    | Longitud Km  | Área entre Curvas (km <sup>2</sup> ) | % de área | % área acumulada |
|----------|--------------|--------------------------------------|-----------|------------------|
| Fin      | 0            |                                      |           |                  |
|          |              | 0.07                                 | 0.31      | 0.31             |
| 800      | <b>0.84</b>  |                                      |           |                  |
|          |              | 0.27                                 | 1.28      | 1.59             |
| 700      | <b>1.96</b>  |                                      |           |                  |
|          |              | 2.96                                 | 14.14     | 15.73            |
| 600      | <b>14.22</b> |                                      |           |                  |
|          |              | 5.04                                 | 24.04     | 39.77            |
| 500      | <b>18.23</b> |                                      |           |                  |
|          |              | 5.81                                 | 27.70     | 67.47            |
| 400      | <b>20.11</b> |                                      |           |                  |
|          |              | 6.47                                 | 30.86     | 98.33            |
| 300      | <b>3.10</b>  |                                      |           |                  |
|          |              | 0.35                                 | 1.67      | 100.00           |
| 280      | 0            |                                      |           |                  |
| $\Sigma$ | 58.46        | 20.96                                | 100.00    |                  |

Luego se graficaron las elevaciones versus el porcentaje de área acumulada (ver Gráfico 5.1) La elevación media por este método es la ordenada que corresponde al 50% de las áreas acumuladas de la cuenca, en este caso el dato es de 470 m.s.n.m.,



**Gráfico 5.1:** Curva Hipsométrica  
Punto de interés I  
**Fuente:** Grupo de Investigación

**Cuadro 5.19:** Tabulación para la Curva Hipsométrica Barrio El Calvario

Fuente: Grupo de Investigación

| Curva    | Longitud Km   | Área entre Curvas (km <sup>2</sup> ) | % de área      | % área acumulada |
|----------|---------------|--------------------------------------|----------------|------------------|
| Fin      | 0             |                                      |                |                  |
|          |               | 0.07                                 | 0.09           | 0.09             |
| 1300     | 0.91          |                                      |                |                  |
|          |               | 0.64                                 | 0.75           | 0.83             |
| 1200     | 5.63          |                                      |                |                  |
|          |               | 1.68                                 | 1.96           | 2.79             |
| 1100     | 6.67          |                                      |                |                  |
|          |               | 1.57                                 | 1.84           | 4.62             |
| 1000     | 11.27         |                                      |                |                  |
|          |               | 3.00                                 | 3.50           | 8.13             |
| 900      | 18.02         |                                      |                |                  |
|          |               | 3.97                                 | 4.63           | 12.8             |
| 800      | 22.29         |                                      |                |                  |
|          |               | 4.70                                 | 5.48           | 18.2             |
| 700      | 24.82         |                                      |                |                  |
|          |               | 8.37                                 | 9.76           | 28.0             |
| 600      | 43.35         |                                      |                |                  |
|          |               | 16.41                                | 19.141         | 47.1             |
| 500      | 72.01         |                                      |                |                  |
|          |               | 20.92                                | 24.397         | 71.5             |
| 400      | 64.25         |                                      |                |                  |
|          |               | 21.30                                | 24.841         | 96.4             |
| 300      | 31.77         |                                      |                |                  |
|          |               | 3.10                                 | 3.615          | 100.0            |
| 280      | 0             |                                      |                |                  |
| <b>Σ</b> | <b>301.00</b> | <b>85.75</b>                         | <b>100.000</b> |                  |

En este caso el dato de Elevación media es de 480 m.s.n.m.

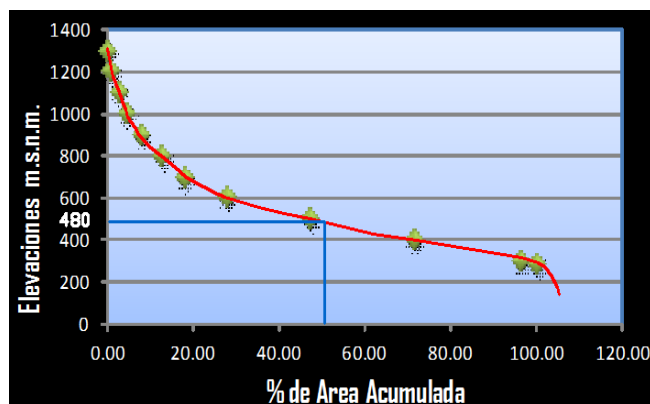


Grafico 5.2: Curva Hipsométrica punto de interés 2  
Fuente: Grupo de Investigación

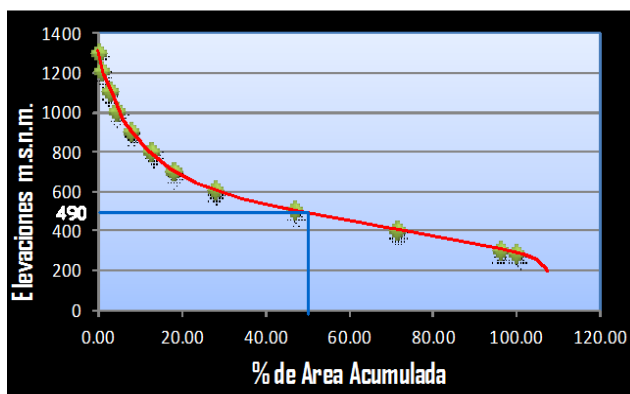


**Cuadro 5.20:** Tabulación para la Curva Hipsométrica Barrio Las Flores

Fuente: Grupo de Investigación

| Curva    | Longitud Km   | Área entre Curvas (km <sup>2</sup> ) | % de área     | % área acumulada |
|----------|---------------|--------------------------------------|---------------|------------------|
| Fin      | 0             |                                      |               |                  |
|          |               | 0.07                                 | 0.08          | 0.09             |
| 1300     | 0.91          |                                      |               |                  |
|          |               | 0.64                                 | 0.70          | 0.79             |
| 1200     | 5.63          |                                      |               |                  |
|          |               | 1.68                                 | 1.84          | 2.63             |
| 1100     | 6.67          |                                      |               |                  |
|          |               | 1.57                                 | 1.73          | 4.36             |
| 1000     | 11.27         |                                      |               |                  |
|          |               | 3.83                                 | 4.21          | 8.57             |
| 900      | 18.02         |                                      |               |                  |
|          |               | 3.97                                 | 4.37          | 12.93            |
| 800      | 22.29         |                                      |               |                  |
|          |               | 4.70                                 | 5.16          | 18.10            |
| 700      | 24.82         |                                      |               |                  |
|          |               | 8.70                                 | 9.56          | 27.66            |
| 600      | 43.35         |                                      |               |                  |
|          |               | 16.41                                | 18.03         | 45.69            |
| 500      | 72.01         |                                      |               |                  |
|          |               | 20.24                                | 22.24         | 67.93            |
| 400      | 64.25         |                                      |               |                  |
|          |               | 21.98                                | 24.15         | 92.07            |
| 300      | 31.77         |                                      |               |                  |
|          |               | 7.22                                 | 7.93          | 100.00           |
| 280      | 0             |                                      |               |                  |
| <b>Σ</b> | <b>301.00</b> | <b>91.02</b>                         | <b>100.00</b> |                  |

En este caso el dato de elevación media es de 490 m.s.n.m.,



**Gráfico 5.3:** Curva Hipsométrica punto de interés 3  
Fuente: Grupo de Investigación

**Cuadro 5.21:** Tabulación para la Curva Hipsométrica Colonia Los Romeros.

| Curva    | Longitud Km   | Área entre Curvas (km <sup>2</sup> ) | % de área     | % área acumulada |
|----------|---------------|--------------------------------------|---------------|------------------|
| Fin      | 0             |                                      |               |                  |
|          |               | 0.07                                 | 0.07          | 0.07             |
| 1300     | 0.91          |                                      |               |                  |
|          |               | 0.64                                 | 0.64          | 0.72             |
| 1200     | 5.63          |                                      |               |                  |
|          |               | 1.68                                 | 1.68          | 2.40             |
| 1100     | 6.67          |                                      |               |                  |
|          |               | 1.57                                 | 1.58          | 3.98             |
| 1000     | 11.27         |                                      |               |                  |
|          |               | 3.83                                 | 3.84          | 7.82             |
| 900      | 18.02         |                                      |               |                  |
|          |               | 3.97                                 | 3.99          | 11.8             |
| 800      | 22.29         |                                      |               |                  |
|          |               | 4.70                                 | 4.72          | 16.5             |
| 700      | 24.82         |                                      |               |                  |
|          |               | 8.36                                 | 8.39          | 24.9             |
| 600      | 43.35         |                                      |               |                  |
|          |               | 16.53                                | 16.58         | 41.5             |
| 500      | 72.01         |                                      |               |                  |
|          |               | 20.95                                | 21.01         | 62.5             |
| 400      | 64.25         |                                      |               |                  |
|          |               | 23.60                                | 23.67         | 86.2             |
| 300      | 31.77         |                                      |               |                  |
|          |               | 13.73                                | 13.78         | 100.0            |
| 200      |               |                                      |               |                  |
|          | 0.83          | 0.05                                 | 0.05          | 100.000          |
| 180      |               |                                      |               |                  |
| <b>Σ</b> | <b>301.00</b> | <b>99.70</b>                         | <b>100.00</b> |                  |

Fuente: Grupo de Investigación

En este caso el dato de elevación media es de 470 m.s.n.m.,

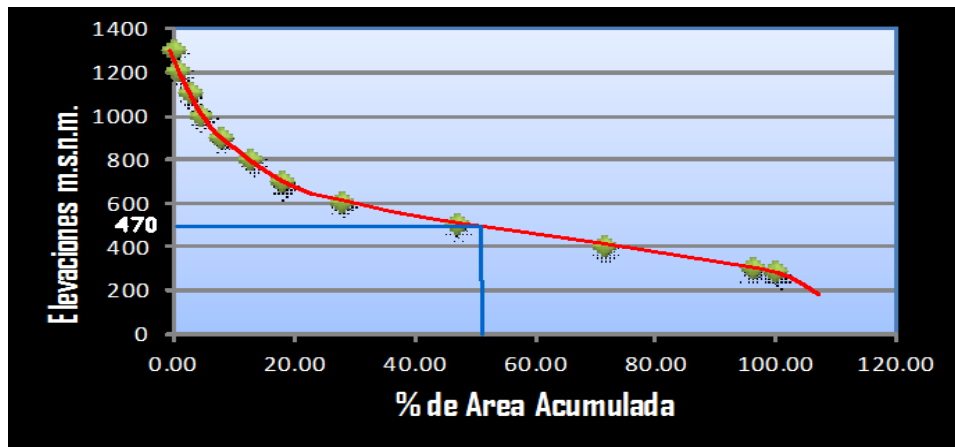


Gráfico 5.4: Curva Hipsométrica punto de interés 4

Fuente: Grupo de Investigación

## b) Características de la forma de la cuenca:

### I. Factor de Forma

$$K_f = \frac{B_m}{L_c} = \frac{A/L_c}{L_c} \quad (3.13)$$

| Puntos de interés | Localización    | Área Km <sup>2</sup> | Lc km | $K_f = \frac{B_m}{L_c} = \frac{A/L_c}{L_c}$ | Kf   |
|-------------------|-----------------|----------------------|-------|---|------|
| 1                 | Col. La Prado   | 20.92                | 6.37  | $K_f = \frac{20.92/6.37}{6.37}$             | 0.49 |
| 2                 | Bº El Calvario  | 85.75                | 13.16 | $K_f = \frac{85.75/13.16}{13.16}$           | 0.50 |
| 3                 | Bº Las Flores   | 90.02                | 13.51 | $K_f = \frac{90.02/13.51}{13.51}$           | 0.51 |
| 4                 | Col Los Romeros | 99.69                | 17.56 | $K_f = \frac{99.69/17.56}{17.56}$           | 0.23 |

Cuadro 5.21: Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc).

Fuente: Grupo de Investigación

## II. Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (K<sub>c</sub>).

$$K_c = \frac{Lp}{\sqrt{A}} \times 0.28$$

Ecuación: (3.14)

| Puntos de interés | Localización    | Lp Km | Área Km <sup>2</sup> | $K_c = \frac{Lp}{\sqrt{A}} \times 0.28$        | Kf   |
|-------------------|-----------------|-------|----------------------|--|------|
| 1                 | Col. La Prado   | 20.39 | 20.92                | $K_c = \frac{20.39}{\sqrt{20.92}} \times 0.28$ | 1.40 |
| 2                 | Bº El Calvario  | 42.50 | 85.75                | $K_c = \frac{42.50}{\sqrt{85.75}} \times 0.28$ | 1.29 |
| 3                 | Bº Las Flores   | 45.50 | 90.02                | $K_c = \frac{45.50}{\sqrt{90.02}} \times 0.28$ | 1.33 |
| 4                 | Col Los Romeros | 49.81 | 99.69                | $K_c = \frac{49.81}{\sqrt{99.69}} \times 0.28$ | 1.40 |

**Cuadro 5.22:** Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (K<sub>c</sub>).

Fuente: Grupo de Investigación

Como el valor de "K<sub>c</sub>" es mayor que la unidad, por lo cual se determina que son cuencas de forma alargada

### c) Determinación de los Coeficientes de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía está en función de tres variables: La cobertura vegetal, tipo de suelo, y la pendiente del terreno. A diferencia del método racional, para este caso se debe determinar un coeficiente de escorrentía para cada zona delimitada por las líneas Isócronas. En cuanto a la evaluación de la cobertura vegetal, se realizó mediante un mapa de Límite nacional y estudio de suelos según DGEA elaborado por el Programa Salvadoreño de Inversión sobre el Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA) (Ver anexo 3)

La escorrentía para cada sector de la sub-cuenca se obtiene en base al Plano vegetativo de la región, mapa de tipo de suelo y del cuadro de anexo 3.

#### PUNTO DE INTERES 1: COLONIA LA PRADO

| Sector | Pendiente del Sector | Cobertura Vegetal          | Tipo de Suelo | Coeficiente de Escorrentía |
|--------|----------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| 1      | 55 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.65                       |
| 2      | 28 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                       |
| 3      | 19 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.55                       |
| 4      | 23 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                       |
| 5      | 27 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                       |

**Cuadro 5.23:** Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 1)

**Fuente:** Grupo de Investigación

#### PUNTO DE INTERES 2: BARRIO EL CALVARIO

| Sector | Pendiente del Sector | Cobertura Vegetal          | Tipo de Suelo | Coeficiente de Escorrentía |
|--------|----------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| 1      | 24 %                 | Bosque, densa vegetación   | Impermeable   | 0.50                       |
| 2      | 22 %                 | Cultivos                   | Impermeable   | 0.55                       |
| 3      | 34 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                       |
| 4      | 30 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                       |
| 5      | 33 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                       |
| 6      | 28 %                 | Sin vegetación             | Impermeable   | 0.75                       |

**Cuadro 5.24:** Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 2)

**Fuente:** Grupo de Investigación

### PUNTO DE INTERES 3: BARRIO LAS FLORES

| Sector | Pendiente del Sector | Cobertura Vegetal          | Tipo de Suelo | Coefficiente de Escorrentía |
|--------|----------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|
| 1      | 20 %                 | Bosque, densa vegetación   | Impermeable   | 0.50                        |
| 2      | 22 %                 | Cultivos                   | Impermeable   | 0.55                        |
| 3      | 37 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                        |
| 4      | 35 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                        |
| 5      | 31 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                        |
| 6      | 30 %                 | Sin vegetación             | Impermeable   | 0.75                        |

**Cuadro 5.25:** Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 3)

Fuente: Grupo de Investigación

### PUNTO DE INTERES 4: COLONIA LOS ROMEROS

| Sector | Pendiente del Sector | Cobertura Vegetal          | Tipo de Suelo | Coefficiente de Escorrentía |
|--------|----------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|
| 1      | 26 %                 | Bosque, densa vegetación   | Impermeable   | 0.50                        |
| 2      | 31 %                 | Cultivos                   | Impermeable   | 0.55                        |
| 3      | 33 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                        |
| 4      | 26 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                        |
| 5      | 31 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.60                        |
| 6      | 15 %                 | Pastos y vegetación ligera | Impermeable   | 0.55                        |

**Cuadro 5.26:** Coeficiente de Escorrentía (Punto de interés 4)

Fuente: Grupo de Investigación

Calculo de pendientes media por sector para los tres puntos de interés analizados. Obtenida toda la información necesaria para la aplicación de la ecuación de Horton (Ecuación 3.10) para cada sector entre cada Isócrona (Ver Planos 5.7, 5.8, 5.9 y 5.19 en Anexo 2), se procede a calcular las pendientes medias de las respectivas sub-cuencas

d) **Periodo de retorno.**

Para determinar los valores del período de retorno existen datos en base a experiencias obtenidas en el diseño para estructuras de control de agua, tal como se muestra en el cuadro 4.27:

**Cuadro 4.27:** Criterios de Diseño Generalizado Para Estructuras de Control de Agua.

| TIPO DE ESTRUCTURA                | PERIODO DE RETORNO |
|-----------------------------------|--------------------|
| <b>ALCANTARILLAS DE CARRETERA</b> |                    |
| Volúmenes de tráfico bajos        | 5 - 10             |
| Volúmenes de tráfico medios       | 10 - 25            |
| Volúmenes de tráfico altos        | 50 - 100           |
| <b>PUNTES DE CARRETERA</b>        |                    |
| Sistema secundario                | 10 - 50            |
| Sistema primario                  | 50 - 100           |
| <b>AEROPUERTOS</b>                |                    |
| Volúmenes bajos                   | 5 - 10             |
| Volúmenes medios                  | 10 - 25            |
| Volúmenes altos                   | 50 - 100           |
| <b>DIQUES</b>                     |                    |
| En fincas                         | 2 - 50             |
| Alrededor de ciudades             | 50 - 200           |
| <b>PRESAS (Amenaza baja)*</b>     |                    |
| Pequeñas                          |                    |
| Medias                            | 50 - 100           |
| Grandes                           | 100 +              |
| <b>PRESAS (Amenaza Alta)**</b>    |                    |
| Pequeñas                          | -                  |
| Medias                            | -                  |
| Altas                             | -                  |

!\*Poca probabilidad de pérdidas de vidas

\*\* Con probabilidad de altas pérdidas de vidas

**Fuente:** Hidrología Aplicada, Autor Ven - Te - Chow, Editorial McGraw Hill, Tercera Edición, 1995.

Se tomara un periodo de retorno ubicado en el rango de 10 - 50 años, que es el establecido para puentes carreteros en un sistema secundario según el autor. Se evaluara un periodo de retorno TR= 50 años y TR= 100 debido a que el punto de interés 3 está ubicado en un sistema primario.

### i. Tiempo De Concentración.

Existen muchas formulas empíricas para calcular el tiempo de concentración sin embargo en el presente estudio se utilizaran las más usadas en el medio las cuales son:

#### Formula de Pickering.

$$T_{C1} = \left( \frac{0.871 * L^3}{H} \right) \quad (3.4)$$

Aplicando ecuaciones en cada uno de los sectores se tiene:

| Puntos de interés | Localización    | Lp Km | H max m.s.n.m. | $T_{C1} = \left( \frac{0.871 * L^3}{H} \right) * 60 \text{ min}$        | $T_{C1}$ |
|-------------------|-----------------|-------|----------------|---|----------|
| 1                 | Col. La Prado   | 6.37  | 845            | $T_{C1} = \left( \frac{0.871 * 20.39^3}{845} \right) * 60 \text{ min}$  | 36.05    |
| 2                 | Bº El Calvario  | 13.16 | 1320           | $T_{C1} = \left( \frac{0.871 * 13.16^3}{1320} \right) * 60 \text{ min}$ | 70.21    |
| 3                 | Bº Las Flores   | 13.51 | 1320           | $T_{C1} = \left( \frac{0.871 * 13.51^3}{1320} \right) * 60 \text{ min}$ | 72.37    |
| 4                 | Col Los Romeros | 17.56 | 1320           | $T_{C1} = \left( \frac{0.871 * 17.56^3}{1320} \right) * 60 \text{ min}$ | 96.97    |

**Cuadro 5.28:** Valores de Tc utilizando la formula de Pickering.

**Fuente:** Grupo de Investigación



## 2. Formula de Giandotti:

$$T_{c2} = \frac{\sqrt{Ac + 0.5 L}}{0.85 Hm} \quad (3.5)$$

| Puntos de interés | Localización    | Ac<br>Km <sup>2</sup> | Lc<br>Km | Hm<br>(m.s.n.m.) | $T_{c2} = \frac{\sqrt{Ac + 0.5 L}}{0.85 Hm} * 60 \text{ min}$               | T <sub>c2</sub><br>min |
|-------------------|-----------------|-----------------------|----------|------------------|---|------------------------|
| 1                 | Col. La Prado   | 20.92                 | 6.37     | 470              | $T_{c2} = \frac{\sqrt{20.92 + 0.5 * 6.37}}{0.85 * 470} * 60 \text{ min}$    | 41.03                  |
| 2                 | Bº El Calvario  | 85.75                 | 13.16    | 480              | $T_{c2} = \frac{\sqrt{85.75 + (0.5 * 13.16)}}{0.85 * 480} * 60 \text{ min}$ | 93.43                  |
| 3                 | Bº Las Flores   | 90.02                 | 13.51    | 490              | $T_{c2} = \frac{\sqrt{90.02 + (0.5 * 13.51)}}{0.85 * 490} * 60 \text{ min}$ | 95.04                  |
| 4                 | Col Los Romeros | 99.69                 | 17.56    | 470              | $T_{c2} = \frac{\sqrt{99.69 + (0.5 * 17.56)}}{0.85 * 470} * 60 \text{ min}$ | 108.11                 |

**Cuadro 5.29:** Valores de T<sub>c</sub> utilizando la formula de Pickering.

**Fuente:** Grupo de Investigación

| Punto de interés | Localización    | T <sub>c1</sub><br>(min) | T <sub>c2</sub><br>(min) | T <sub>prom</sub> = (T <sub>c1</sub> + T <sub>c2</sub> ) / 2 | T <sub>c</sub><br>prom<br>(min) |
|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| 1                | Col. La Prado   | 36.05                    | 46.00                    | T <sub>prom</sub> = (36.05 + 46) / 2                         | 41.03                           |
| 2                | Bº El Calvario  | 70.21                    | 93.43                    | T <sub>prom</sub> = (70.21 + 93.43) / 2                      | 81.82                           |
| 3                | Bº Las Flores   | 72.37                    | 95.04                    | T <sub>prom</sub> = (72.37 + 95.04) / 2                      | 83.70                           |
| 4                | Col Los Romeros | 96.97                    | 108.11                   | T <sub>prom</sub> = (96.97 + 108.11) / 2                     | 108.11                          |

**Cuadro 5.30:** Valores de T<sub>c</sub> promedio

**Fuente:** Grupo de Investigación

## ii. Intensidad De Diseño.

Se procedió a la búsqueda e identificación de la información meteorológica en la estación Z-2, ubicada en el municipio de San Francisco Gotera (Ver Tabla No 5.31). Teniendo los registros de intensidad de lluvia para una duración determinada como un tiempo de concentración promedio de los dos métodos evaluados.

El periodo de retorno a evaluar será de 50 y 100 años, por lo que se desarrolla el siguiente procedimiento:

- Se toman valores de intensidades máximas anuales de lluvia de la estación pluviográfica, en el rango de valores de duración de la lluvia del tiempo de concentración. (de 15 min. a 360 min.)
- Se ordenan los datos de intensidad de lluvia de cada estación, en orden de magnitud decreciente (de mayor a menor)
- Calcular la probabilidad de ocurrencia en porcentaje a partir de la ecuación 5.2

$$Fm = \frac{m}{(n+1)} * 100 \quad \text{ecuación 5.2}$$

### Donde:

fm: Frecuencia empírica (%)

m: Posición del dato

n: Número total de datos

Todo esto se tabula como lo muestra el Cuadro 5.32, luego se procede a graficar los datos en papel probabilístico GUMBEL (Gráfico 5.5). Obteniendo para la estación de San Francisco Gotera los valores de Intensidad de Diseño que corresponden al rango de valores de duración de la lluvia (Tabla 5.33), seguidamente estos datos se plotean en papel semilogarítmico, teniendo en el eje de las abscisas los tiempos de duración en minutos y en el eje de las ordenadas las intensidades en mm/min. (Gráfico 5.6-5.8); luego, con el tiempo de concentración se traza la curva y se lee en las ordenadas la intensidad de diseño para el área de influencia de la cuenca.



SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES  
 SERVICIO METEOROLÓGICO  
 CENTRO DE INFORMACIÓN Y AGROCLIMATOLOGÍA  
 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL (ABSOLUTA)



En mm/minuto para diferentes periodos

ESTACIÓN: San Francisco Gotera

ÍNDICE: Z-2

LATITUD: 13°41.8'

LONGITUD: 13°41.8'

ELEVACIÓN: 250 m.s.n.m.

| Año  | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 45   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 240  | 360  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1962 | 2.80 | 2.60 | 2.33 | 2.10 | 1.60 | 1.19 | 0.93 | 0.78 | 0.66 | 0.47 | 0.40 | 0.31 | 0.21 |
| 1963 | 2.88 | 2.69 | 2.31 | 2.08 | 1.80 | 1.63 | 1.42 | 1.17 | 1.08 | 0.88 | 0.74 | 0.18 | 0.07 |
| 1964 | 2.56 | 2.05 | 1.81 | 1.76 | 1.47 | 1.11 | 0.86 | 0.58 | 0.46 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.12 |
| 1965 | 3.16 | 2.26 | 2.06 | 1.89 | 1.61 | 1.23 | 1.00 | 0.77 | 0.48 | 0.40 | 0.34 | 0.26 | 0.06 |
| 1966 | 3.40 | 3.14 | 2.83 | 2.14 | 1.52 | 1.02 | 0.84 | 0.61 | 0.53 | 0.51 | 0.41 | 0.21 | 0.18 |
| 1967 | 3.04 | 2.22 | 1.95 | 1.76 | 1.44 | 1.12 | 0.97 | 0.81 | 0.43 | 0.27 | 0.24 | 0.19 | 0.13 |
| 1968 | 2.68 | 2.59 | 2.43 | 2.32 | 1.92 | 1.33 | 0.84 | 0.67 | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.16 | 0.08 |
| 1969 | 3.80 | 3.80 | 2.95 | 2.49 | 2.14 | 1.68 | 1.45 | 1.00 | 0.76 | 0.63 | 0.53 | 0.41 | 0.28 |
| 1970 | 3.32 | 2.41 | 2.00 | 2.00 | 1.95 | 1.44 | 1.10 | 0.75 | 0.40 | 0.33 | 0.28 | 0.22 | 0.19 |
| 1971 | 1.98 | 1.96 | 1.67 | 1.50 | 1.33 | 0.97 | 0.97 | 0.77 | 0.60 | 0.50 | 0.45 | 0.33 | 0.23 |
| 1972 | 2.01 | 1.96 | 1.17 | 1.12 | 1.00 | 0.90 | 0.76 | 0.53 | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.22 | 0.17 |
| 1973 | 3.36 | 2.57 | 2.43 | 2.05 | 1.61 | 1.33 | 1.13 | 0.85 | 0.67 | 0.56 | 0.49 | 0.38 | 0.28 |
| 1974 | 2.00 | 1.96 | 1.96 | 1.75 | 1.31 | 0.95 | 0.71 | 0.48 | 0.36 | 0.28 | 0.30 | 0.28 | 0.20 |
| 1975 | 2.80 | 1.90 | 1.57 | 1.45 | 1.23 | 0.96 | 0.77 | 0.62 | 0.48 | 0.39 | 0.33 | 0.26 | 0.18 |
| 1976 | 2.58 | 2.39 | 1.96 | 1.87 | 1.06 | 1.28 | 1.06 | 0.73 | 0.55 | 0.44 | 0.40 | 0.32 | 0.21 |
| 1977 | 3.22 | 2.82 | 1.82 | 1.88 | 1.55 | 1.08 | 0.83 | 0.62 | 0.41 | 0.34 | 0.29 | 0.22 | 0.20 |
| 1978 | 3.24 | 3.09 | 2.71 | 2.52 | 1.87 | 1.55 | 1.22 | 0.83 | 0.63 | 0.50 | 0.42 | 0.32 | 0.19 |
| 1979 | 2.00 | 2.00 | 1.87 | 1.60 | 1.50 | 1.34 | 1.16 | 0.81 | 0.65 | 0.55 | 0.49 | 0.29 | 0.24 |
| 1980 | 2.60 | 2.20 | 1.93 | 1.78 | 1.40 | 1.01 | 0.81 | 0.58 | 0.50 | 0.60 | 0.52 | 0.29 | 0.29 |
| 1981 | 2.06 | 2.06 | 1.90 | 1.82 | 1.58 | 1.09 | 0.67 | 0.45 | 0.34 | 0.28 | 0.19 | 0.21 | 0.16 |
| 1982 | 3.04 | 2.33 | 1.40 | 1.36 | 1.23 | 1.03 | 0.92 | 0.69 | 0.56 | 0.47 | 0.47 | 0.39 | 0.28 |

**Cuadro 5.31:** Intensidad de Precipitación Máxima Anual (Absoluta)

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

**Nota:** La serie de datos de registros de intensidades que se utilizaron fueron de los años de 1962 hasta 1982, ya estos son los datos más confiables proporcionados por (SNET)



SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES  
 SERVICIO METEOROLÓGICO  
 CENTRO DE INFORMACIÓN Y AGROCLIMATOLOGÍA  
 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL (ABSOLUTA)



En mm/minuto para diferentes periodos

ESTACIÓN: San Francisco Gotera

ÍNDICE: Z-2

LATITUD: 13°41.8'

LONGITUD: 13°41.8'

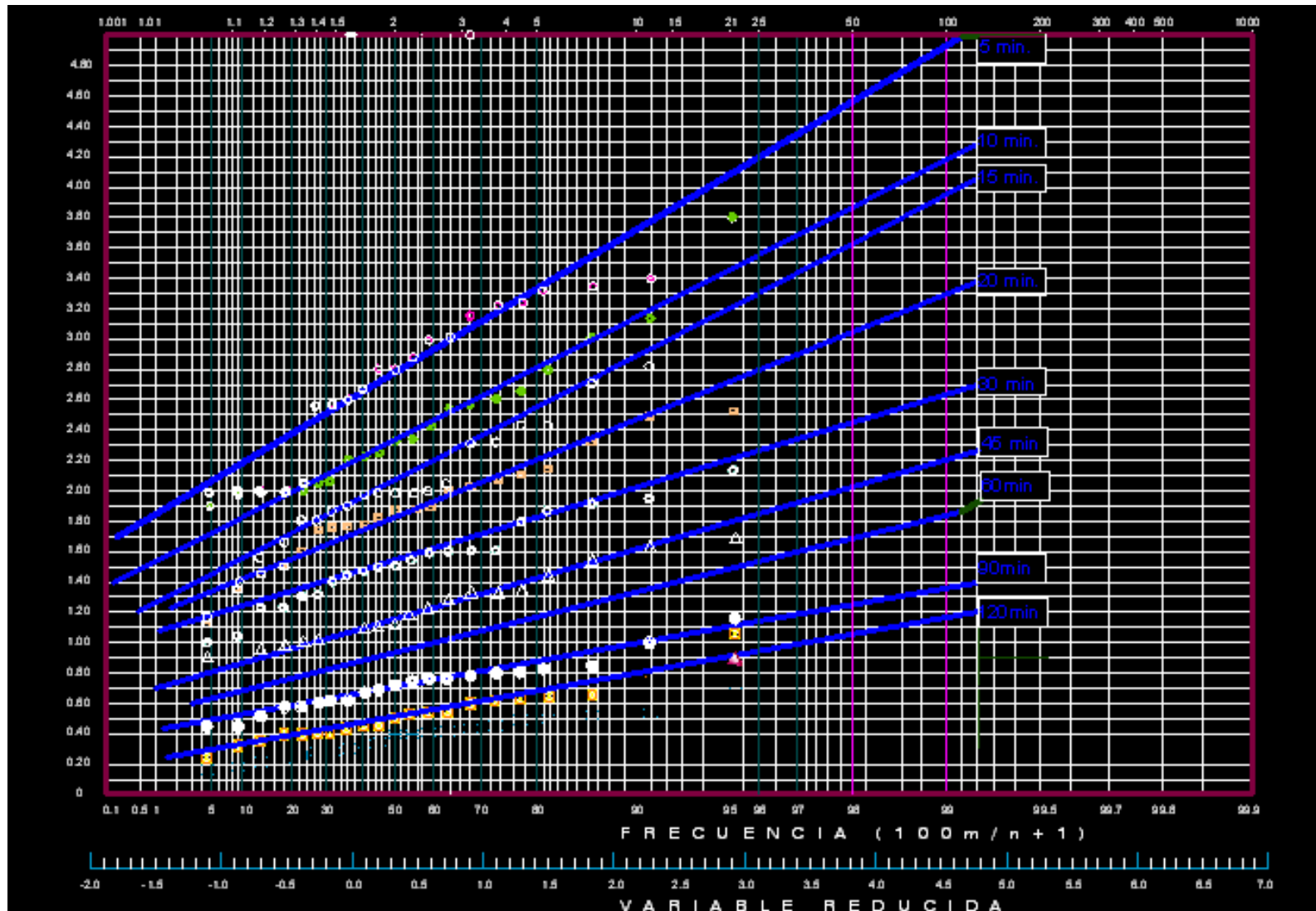
ELEVACIÓN: 250 m.s.n.m.

**Cuadro 5.32:** Frecuencia empírica y ordenamiento de intensidades para los sitios de interés inundación en San Francisco Gotera

| Posición | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 45   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 240  | 360  | $F = \frac{m}{(n+1)} * 100$ |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------|
| 1        | 1.98 | 1.90 | 1.17 | 1.12 | 1.00 | 0.90 | 0.67 | 0.45 | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.26 | 0.06 | 4.55%                       |
| 2        | 2.00 | 1.96 | 1.40 | 1.36 | 1.06 | 0.95 | 0.71 | 0.48 | 0.34 | 0.26 | 0.19 | 0.18 | 0.07 | 9.09%                       |
| 3        | 2.00 | 1.96 | 1.57 | 1.45 | 1.23 | 0.96 | 0.76 | 0.53 | 0.36 | 0.27 | 0.23 | 0.16 | 0.08 | 13.64%                      |
| 4        | 2.01 | 1.96 | 1.67 | 1.50 | 1.23 | 0.97 | 0.77 | 0.58 | 0.40 | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.12 | 18.18%                      |
| 5        | 2.06 | 2.00 | 1.81 | 1.60 | 1.31 | 1.01 | 0.81 | 0.58 | 0.40 | 0.28 | 0.28 | 0.19 | 0.13 | 22.73%                      |
| 6        | 2.56 | 2.05 | 1.82 | 1.75 | 1.33 | 1.02 | 0.83 | 0.61 | 0.41 | 0.33 | 0.29 | 0.21 | 0.16 | 27.27%                      |
| 7        | 2.58 | 2.06 | 1.87 | 1.76 | 1.40 | 1.03 | 0.84 | 0.62 | 0.43 | 0.34 | 0.29 | 0.22 | 0.17 | 31.82%                      |
| 8        | 2.60 | 2.20 | 1.90 | 1.76 | 1.44 | 1.08 | 0.84 | 0.62 | 0.46 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.18 | 36.36%                      |
| 9        | 2.68 | 2.22 | 1.93 | 1.78 | 1.47 | 1.09 | 0.86 | 0.67 | 0.48 | 0.39 | 0.33 | 0.21 | 0.18 | 40.91%                      |
| 10       | 2.80 | 2.26 | 1.95 | 1.82 | 1.50 | 1.11 | 0.92 | 0.69 | 0.48 | 0.40 | 0.34 | 0.22 | 0.19 | 45.45%                      |
| 11       | 2.80 | 2.33 | 1.96 | 1.87 | 1.52 | 1.12 | 0.93 | 0.73 | 0.50 | 0.44 | 0.40 | 0.32 | 0.19 | 50.00%                      |
| 12       | 2.88 | 2.39 | 1.96 | 1.88 | 1.55 | 1.19 | 0.97 | 0.75 | 0.53 | 0.47 | 0.40 | 0.28 | 0.20 | 54.55%                      |
| 13       | 3.04 | 2.41 | 2.00 | 1.89 | 1.58 | 1.23 | 0.97 | 0.77 | 0.55 | 0.47 | 0.41 | 0.22 | 0.20 | 59.09%                      |
| 14       | 3.04 | 2.57 | 2.06 | 2.00 | 1.60 | 1.28 | 1.00 | 0.77 | 0.56 | 0.50 | 0.42 | 0.32 | 0.21 | 63.64%                      |
| 15       | 3.16 | 2.59 | 2.31 | 2.05 | 1.61 | 1.33 | 1.06 | 0.78 | 0.60 | 0.50 | 0.45 | 0.31 | 0.21 | 68.18%                      |
| 16       | 3.22 | 2.60 | 2.33 | 2.08 | 1.61 | 1.33 | 1.10 | 0.81 | 0.63 | 0.51 | 0.47 | 0.33 | 0.23 | 72.73%                      |
| 17       | 3.24 | 2.69 | 2.43 | 2.10 | 1.80 | 1.34 | 1.13 | 0.81 | 0.65 | 0.55 | 0.49 | 0.29 | 0.24 | 77.27%                      |
| 18       | 3.32 | 2.82 | 2.43 | 2.14 | 1.87 | 1.44 | 1.16 | 0.83 | 0.66 | 0.56 | 0.49 | 0.39 | 0.28 | 81.82%                      |
| 19       | 3.36 | 3.09 | 2.71 | 2.32 | 1.92 | 1.55 | 1.22 | 0.85 | 0.67 | 0.60 | 0.52 | 0.38 | 0.28 | 86.36%                      |
| 20       | 3.40 | 3.14 | 2.83 | 2.49 | 1.95 | 1.63 | 1.42 | 1.00 | 0.76 | 0.63 | 0.53 | 0.41 | 0.28 | 90.91%                      |
| 21       | 3.80 | 3.80 | 2.95 | 2.52 | 2.14 | 1.68 | 1.45 | 1.17 | 1.08 | 0.88 | 0.74 | 0.29 | 0.29 | 95.45%                      |

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

Grafico 5.5: Gráfico correspondiente a las curvas I.D.F.



Fuente: Grupo de Investigación

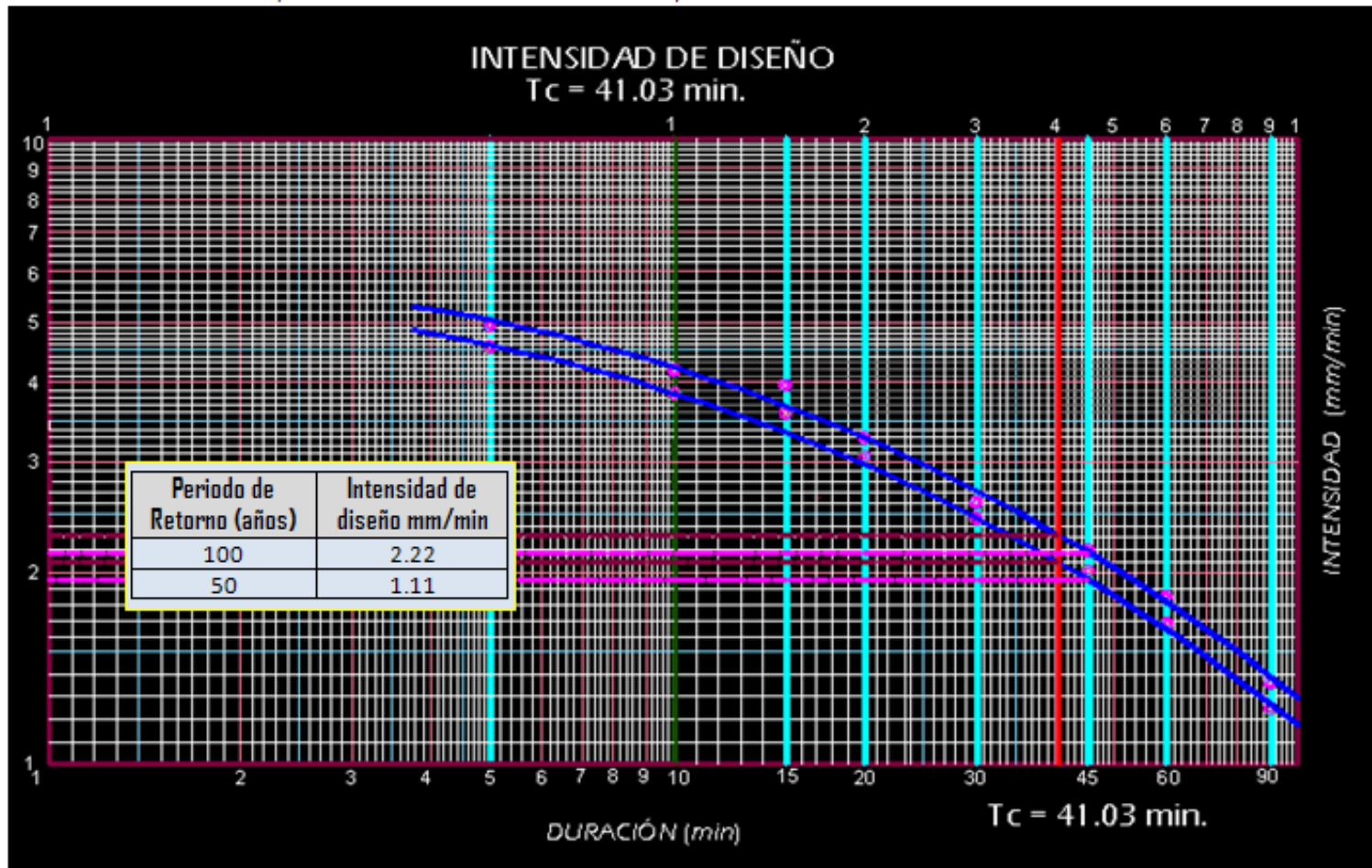
Los datos obtenidos de cruzar la línea del periodo de retorno para 50 y 100 años y las rectas de dispersión para cada duración obtenemos el tabla 5.331, y con estos datos se procede a graficar la intensidad de diseño para los cuatros sitios de interés con su respectivo tiempo de concentración.

**Tabla 5.33:** Intensidad – Duración para periodos retorno de 50 y 100 años.

| DURACIÓN (MIN) | INTENSIDADES EN MM/MINUTO PARA TR = 50 AÑOS | INTENSIDADES EN MM/MINUTO PARA TR = 100 AÑOS |
|----------------|---|--|
| 5              | 5.1   | 4.5  |
| 10             | 4.1   | 3.9  |
| 15             | 3.6   | 3.8  |
| 20             | 3.1   | 3.2  |
| 30             | 2.4   | 2.5  |
| 45             | 2.1   | 2.2  |
| 60             | 1.8   | 1.9  |
| 90             | 1.3   | 1.4  |
| 120            | 1.1   | 1.2  |

Fuente: Grupo de Investigación

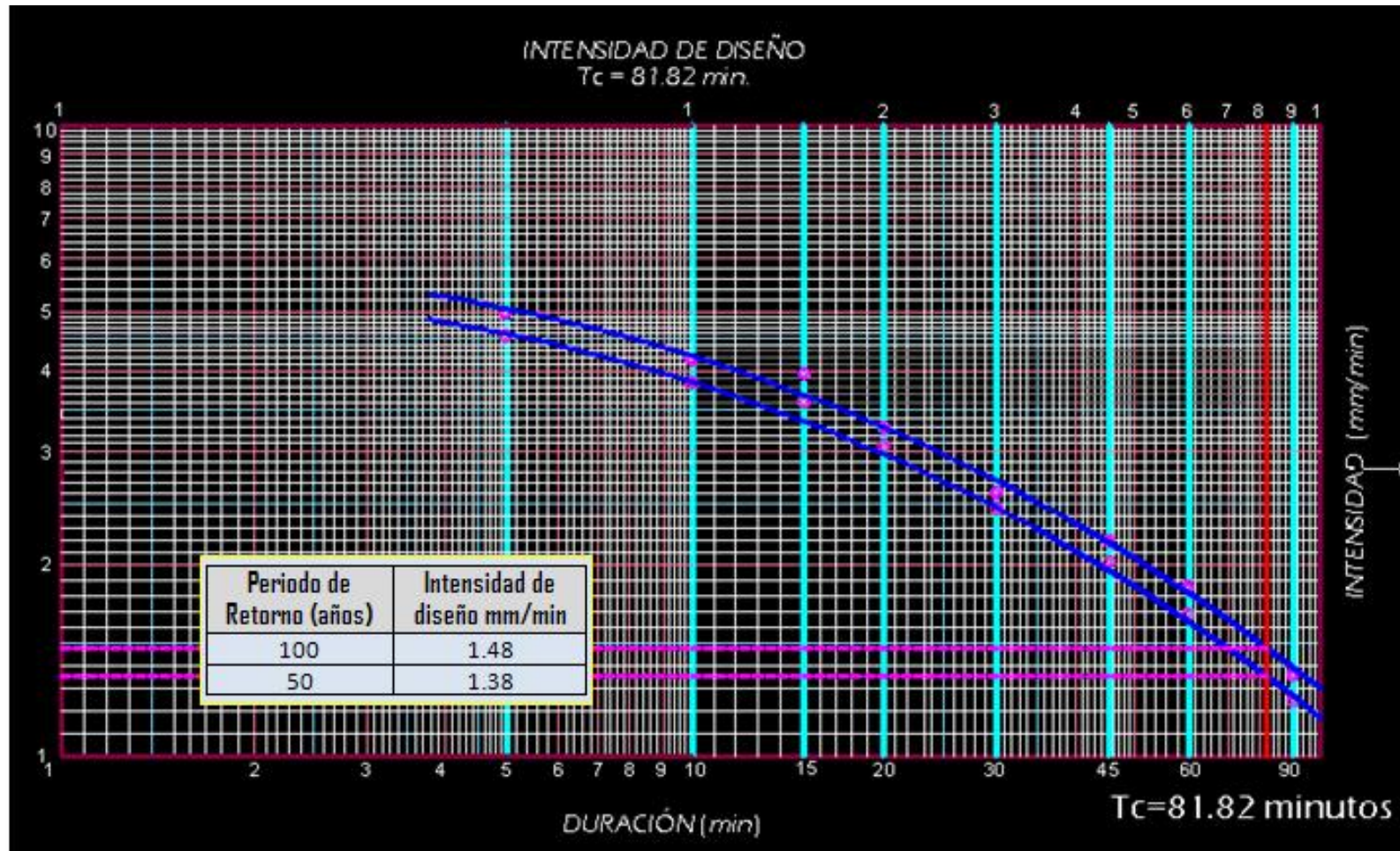
**Gráfico 5.6:** Gráfico Correspondiente a la Intensidad de Diseño (50 y 100 años). Punto de interés 1 "Colonia La Prado"



Fuente: Grupo de Investigación.



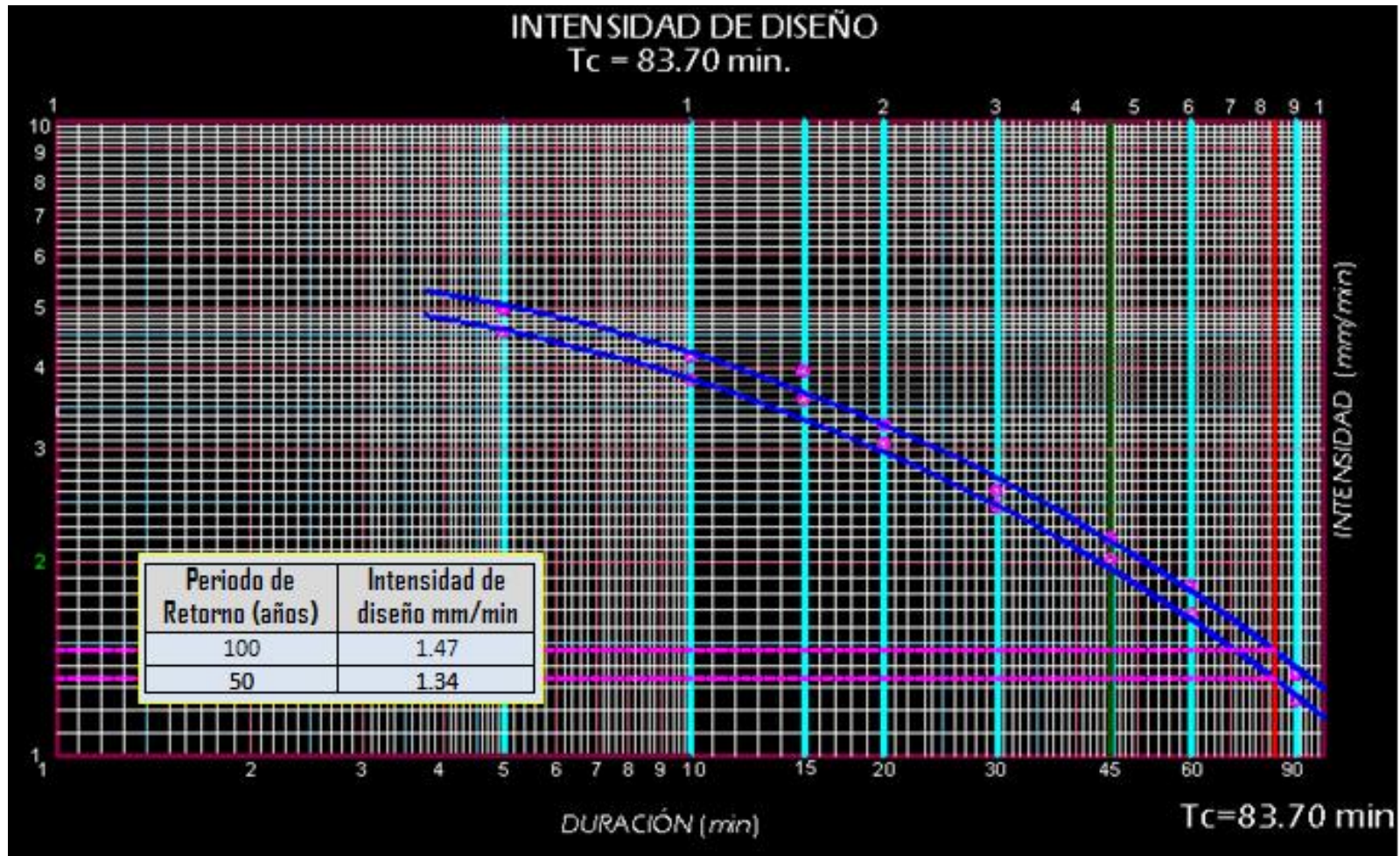
**Grafico 5.7:** Gráfico Correspondiente a la Intensidad de Diseño (50 y 100 años). Punto de interés 2 "Barrio El Calvario"



**Fuente:** Grupo de Investigación.



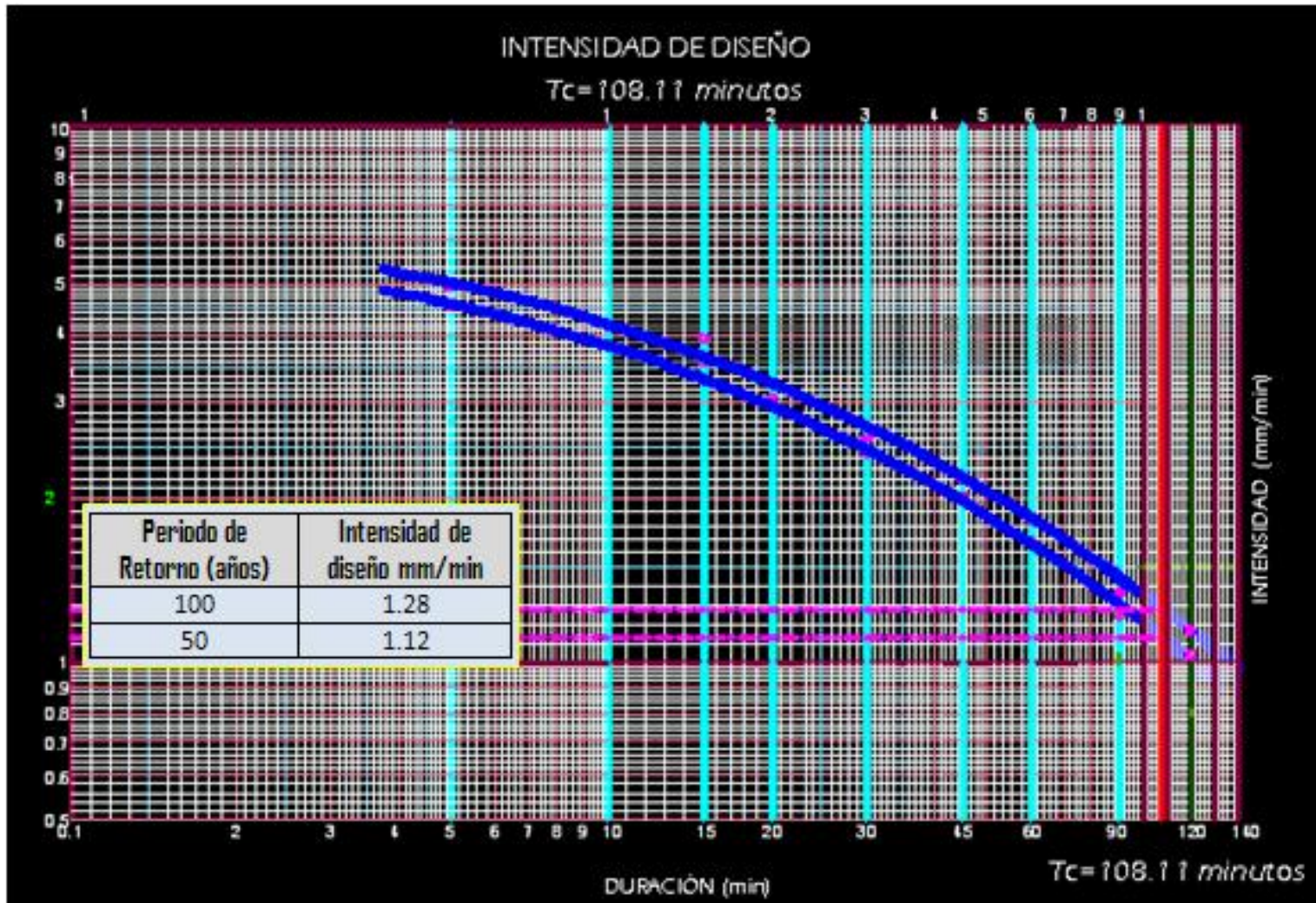
**Grafico 5.8:** Gráfico Correspondiente a la Intensidad de Diseño (50 y 100 años). Punto de interés 3 "Barrio Las Flores"



**Fuente:** Grupo de Investigación.



**Gráfico 5.8:** Gráfico Correspondiente a la Intensidad de Diseño (50 y 100 años). Punto de interés 4 "Colonia Los Romeros"



**Fuente:** Grupo de Investigación

## **e) Calculo del Caudal.**

### **Método de las Isócronas.**

La información básica de que se debe disponer para estimar una crecida es la siguiente:

- Información de intensidades máximas, mapas con información topográfica, que permitan la delimitación de la zona de recogimiento, así como la definición de los principales cauces.
- Mapas que definan el comportamiento de las lluvias en los meses húmedos, además debe disponerse de información de las condiciones geológicas y de vegetación de la zona, así como datos de aforo o caudales máximos registrados, información que resulta indispensable para la aplicación de la metodología.
- El mapa hidrográfico de la zona se utiliza para calcular el tiempo de concentración del área de interés, así como la longitud de los diferentes cauces por medio de los cuales se puede determinar los intervalos entre las curvas Isócronas

Conocido el tiempo de concentración de la cuenca se podrá determinar o establecer el tiempo de duración de la lluvia. Es importante también para efecto de revisión del dato a generar, disponer de caudales máximos de alguna estación hidrométrica a fin de dar un dictamen de la bondad de la metodología utilizada. Además, se debe establecer cuál será el período de diseño a ser utilizado.

### **Secuencia de Cálculo.**

El procedimiento a seguir para la estimación del caudal máximo con el que tendría que diseñarse la obra de Mitigación para un período de retorno de 50 y 100 años es:

- **Establecimiento de las Líneas Isócronas.**

Como se menciona anteriormente las líneas Isócronas son aquellas que delimitan cierto número de sectores, en las que una gota de agua tarda en llegar en tiempos sucesivos de  $t$ ,  $2t$ , etc., al punto considerado, por lo cual es de interés la determinación del tiempo de concentración.

**Para efecto de trazado de las curvas Isócronas, se procede de la siguiente manera.**

✚ Se estima la velocidad de propagación de la onda de crecidas que se puede calcular de la siguiente manera:

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{Ecuación 5.3}$$

Donde:

t= tiempo de concentración

d= longitud del cauce mas largo

| Punto de interés | Localización    | Lon. del cauce | Tc prom (min) | $V = \frac{d}{t}$    | V    |
|------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|------|
| 1                | Col. La Prado   | 6.37           | 41.03         | $V = (6.37/41.03)$   | 0.16 |
| 2                | Bº El Calvario  | 13.16          | 81.82         | $V = (13.16/81.82)$  | 0.16 |
| 3                | Bº Las Flores   | 13.53          | 83.70         | $V = (13.59/83.70)$  | 0.16 |
| 4                | Col Los Romeros | 17.56          | 108.11        | $V = (17.56/108.11)$ | 0.16 |

**Cuadro 5.34** Velocidad de propagación

**Fuente:** Grupo de Investigación

✚ Ahora, el tiempo de concentración se divide en cinco partes como mínimo, luego el tiempo resultante en minutos se multiplica por la velocidad máxima dando un valor de longitud que correspondería a ese intervalo de tiempo (Tn).

$$T_n = \frac{T_c}{n} \quad \text{Ecuación 5.4}$$

Donde:

Tc: es igual al tiempo de concentración

n: es igual al número de partes mínimas en que se dividirá el tiempo de concentración (cinco partes).

| Punto de interés | Localización    | Tc prom (min) | n | $T_n = \frac{T_c}{n}$ | Tn    |
|------------------|-----------------|---------------|---|-----------------------|-------|
| 1                | Col. La Prado   | 41.03         | 5 | $T_n = (41.03/5)$     | 8.21  |
| 2                | Bº El Calvario  | 81.82         | 6 | $V = (81.82/6)$       | 13.64 |
| 3                | Bº Las Flores   | 83.70         | 6 | $V = (83.70/6)$       | 13.95 |
| 4                | Col Los Romeros | 108.11        | 6 | $V = (108.11/6)$      | 18.02 |

**Cuadro 5.35** Valores de Tn

Fuente: Grupo de Investigación

✚ La longitud (Lf), que es el intervalo a la cual se distribuirá cada curva isócrona se calcula de la siguiente manera:

$$Lf = V * T_n \text{ Ecuación 5.5}$$

**Donde:**

V: es la velocidad de propagación de la onda de crecidas.

Tn: es el tiempo de concentración dividido entre "n" partes.

| Punto de interés | Localización    | V    | Tn    | $Lf = V * T_n$      | Tn   |
|------------------|-----------------|------|-------|---------------------|------|
| 1                | Col. La Prado   | 0.16 | 8.21  | $Lf = 0.16 * 8.21$  | 1.31 |
| 2                | Bº El Calvario  | 0.16 | 13.64 | $Lf = 0.16 * 13.64$ | 2.18 |
| 3                | Bº Las Flores   | 0.16 | 13.95 | $Lf = 0.16 * 13.95$ | 2.23 |
| 4                | Col Los Romeros | 0.16 | 18.02 | $Lf = 0.16 * 18.02$ | 2.88 |

**Tabla 5.36** Valores de Lf

Fuente: Grupo de Investigación

✚ **Calculo de caudales por sector.**

Sustituyendo los valores obtenidos anteriormente en la ecuación 4.8, se calculan los caudales para cada zona de delimitadas por las isócronas de cada Sub-Cuenca como se muestra en los cuadros 4.37, 4.38 y 4.39

$$Q = (50/3) CIA \text{ Ecuación 5.6}$$

Donde:

C= Coeficiente de escorrentía para cada sector.

I= Intensidad de diseño para la sub-cuenca.

A= Área de cada sector de la sub-cuenca.

**Tabla 5.37:** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Colonia La Prado para Tr= 50 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coeficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 3.04                    | 55%       | 0.65                       | 1.11                | 19.96                        |
| 2            | 5.29                    | 28%       | 0.60                       | 1.11                | 16.21                        |
| 3            | 5.78                    | 19%       | 0.55                       | 1.11                | 11.30                        |
| 4            | 3.81                    | 23%       | 0.60                       | 1.11                | 9.84                         |
| 5            | 3.01                    | 27%       | 0.60                       | 1.11                | 9.02                         |
| <b>Total</b> | <b>20.92</b>            |           |                            |                     | <b>66.33</b>                 |

Fuente: Grupo de Investigación

**Tabla 5.38** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Colonia La Prado para Tr= 100 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coeficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 3.04                    | 55%       | 0.65                       | 2.22                | 40.22                        |
| 2            | 5.29                    | 28%       | 0.60                       | 2.22                | 32.89                        |
| 3            | 5.78                    | 19%       | 0.55                       | 2.22                | 22.35                        |
| 4            | 3.81                    | 23%       | 0.60                       | 2.22                | 19.46                        |
| 5            | 3.01                    | 27%       | 0.60                       | 2.22                | 18.05                        |
| <b>Total</b> | <b>20.92</b>            |           |                            |                     | <b>132.96</b>                |

Fuente: Grupo de Investigación

**Tabla 5.39:** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Barrio El Calvario para Tr= 50 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 7.29                    | 24%       | 0.50                        | 1.38                | 20.14                        |
| 2            | 9.61                    | 22%       | 0.55                        | 1.38                | 26.76                        |
| 3            | 16.13                   | 34%       | 0.60                        | 1.38                | 75.68                        |
| 4            | 21.42                   | 30%       | 0.60                        | 1.38                | 88.71                        |
| 5            | 20.41                   | 33%       | 0.60                        | 1.38                | 92.95                        |
| 6            | 15.56                   | 28%       | 0.75                        | 1.38                | 75.19                        |
| <b>Total</b> | <b>90.43</b>            |           |                             |                     | <b>379.43</b>                |

Fuente: Grupo de Investigación

**Tabla 5.40:** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Barrio El Calvario para Tr= 100 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 7.29                    | 24%       | 0.50                        | 1.48                | 21.60                        |
| 2            | 9.61                    | 22%       | 0.55                        | 1.48                | 28.70                        |
| 3            | 16.13                   | 34%       | 0.60                        | 1.48                | 81.17                        |
| 4            | 21.42                   | 30%       | 0.60                        | 1.48                | 95.14                        |
| 5            | 20.41                   | 33%       | 0.60                        | 1.48                | 99.68                        |
| 6            | 15.56                   | 28%       | 0.75                        | 1.48                | 80.64                        |
| <b>Total</b> | <b>90.43</b>            |           |                             |                     | <b>406.93</b>                |

Fuente: Grupo de Investigación

**Tabla 5.41:** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Barrio Las Flores para Tr= 50 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 8.41                    | 20%       | 0.5                         | 1.34                | 18.80                        |
| 2            | 9.30                    | 22%       | 0.55                        | 1.34                | 25.15                        |
| 3            | 16.20                   | 37%       | 0.6                         | 1.34                | 80.35                        |
| 4            | 21.46                   | 35%       | 0.6                         | 1.34                | 100.68                       |
| 5            | 20.41                   | 31%       | 0.6                         | 1.34                | 84.82                        |
| 6            | 15.28                   | 30%       | 0.75                        | 1.34                | 76.81                        |
| <b>Total</b> | <b>91.08</b>            |           |                             |                     | <b>386.60</b>                |

**Tabla 5.42:** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Barrio Las Flores para Tr= 100 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 8.41                    | 20%       | 0.5                         | 1.47                | 20.62                        |
| 2            | 9.30                    | 22%       | 0.55                        | 1.47                | 27.59                        |
| 3            | 16.20                   | 37%       | 0.6                         | 1.47                | 88.14                        |
| 4            | 21.46                   | 35%       | 0.6                         | 1.47                | 110.45                       |
| 5            | 20.41                   | 31%       | 0.6                         | 1.47                | 93.04                        |
| 6            | 15.28                   | 30%       | 0.75                        | 1.47                | 84.26                        |
| <b>Total</b> | <b>91.08</b>            |           |                             |                     | <b>424.11</b>                |

Fuente: Grupo de Investigación

**Tabla 5.43:** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Colonia Los Romeros para Tr= 50 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 10.08                   | 26%       | 0.5                         | 1.12                | 24.46                        |
| 2            | 16.46                   | 31%       | 0.55                        | 1.12                | 52.40                        |
| 3            | 22.31                   | 33%       | 0.6                         | 1.12                | 82.46                        |
| 4            | 26.02                   | 26%       | 0.6                         | 1.12                | 75.79                        |
| 5            | 18.40                   | 31%       | 0.6                         | 1.12                | 63.88                        |
| 6            | 6.43                    | 15%       | 0.55                        | 1.12                | 9.91                         |
| <b>Total</b> | <b>99.69</b>            |           |                             |                     | <b>308.90</b>                |

Fuente: Grupo de Investigación

**Tabla 5.44:** Cuadro Caudal máximo para la Sub-Cuenca en Colonia Los Romeros para Tr= 100 años

| Sector       | Área (km <sup>2</sup> ) | Pendiente | Coefficiente de Escorrentía | Intensidad (mm/min) | Caudal (m <sup>3</sup> /seg) |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1            | 10.08                   | 26%       | 0.5                         | 1.28                | 27.95                        |
| 2            | 16.46                   | 31%       | 0.55                        | 1.28                | 59.88                        |
| 3            | 22.31                   | 33%       | 0.6                         | 1.28                | 94.24                        |
| 4            | 26.02                   | 26%       | 0.6                         | 1.28                | 86.61                        |
| 5            | 18.40                   | 31%       | 0.6                         | 1.28                | 73.01                        |
| 6            | 6.43                    | 15%       | 0.55                        | 1.28                | 11.32                        |
| <b>Total</b> | <b>99.69</b>            |           |                             |                     | <b>353.03</b>                |

Fuente: Grupo de Investigación



## 5.5 ESTUDIO HIDRAULICO.

### Memoria de Cálculo de Estudio Hidráulico.

Como se explicó anteriormente la expresión  $AR^{2/3}$  se conoce como factor de sección para el cálculo de flujo uniforme, y es un elemento importante en el cálculo de flujo uniforme, este factor puede expresarse como:

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = A_H R_H^{2/3} \quad \text{Ecuación 3.15}$$

### Coefficiente de Rugosidad de Manning.

Para la determinación del coeficiente de rugosidad  $n$  de Manning se utilizó el cuadro 3.2. De acuerdo con las características del Rio San Francisco en los sectores analizados presenta curso Limpio, curvado, algunos pozos, sin fallas o pozos profundos, pero más piedras y pastos.

Coefficiente  $n$  de Manning = **0.035**

### Análisis para Condición de Flujo Crítico.

El cálculo del flujo crítico comprende la determinación de la profundidad crítica y la velocidad cuando se conocen el caudal y la sección de canal, al igual que para la condición de flujo uniforme el método utilizado fue el método algebraico con aproximación mediante prueba y error que se presenta a continuación.

### Análisis para Condición de Flujo Normal.

A partir de la ecuación de flujo uniforme pueden calcularse la profundidad normal y la velocidad normal. Para la realización de los cálculos se utiliza la ecuación de Manning, el método utilizado para el presente estudio fue el método algebraico con aproximación mediante prueba y error que se presenta posteriormente al análisis para la condición de flujo crítico.

## Análisis para Condición de Flujo Crítico.

### ESTUDIO HIDRÁULICO

### Punto de interés "Colonia La Prado"

Caudal  $Q_c = 66.33 \text{ (m}^3\text{/seg)}$

Coefficiente de rugosidad = 0.035

Factor Hidráulico = 224.24 (m<sup>3</sup>/seg)

Sección 0+000

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{AH^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|---|
| 1                    | 10.23   | 15.54    | 34.45                                      | 224.24                                      | 26.00   |
| 2                    | 51.53   | 24.31    | 2814.27                                    | 224.24                                      | 234.98  |
| 1.7                  | 22.7  | 20.04    | 20.04                                      | 224.24                                      | 75.67   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 1 m.

Sección 0+050

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{AH^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|---|
| 1                    | 14.23   | 15.54    | 92.71                                      | 224.24                                      | 42.65   |
| 2                    | 35.17   | 24.31    | 894.75                                     | 224.24                                      | 132.50  |
| 1.5                  | 22.45   | 24.54    | 20.04                                      | 224.24                                      | 67.25   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 1 m.

Sección 0+100

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{AH^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|---|
| 1.1                  | 11.1  | 15.21    | 44.96                                      | 224.24                                      | 29.70   |
| 2.5                  | 31.18   | 20.29    | 746.99                                     | 224.24                                      | 121.06  |
| 1.5                  | 19.92   | 17.53    | 20.04                                      | 224.24                                      | 66.51   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 1 m.

## Análisis para Condición de Flujo Crítico.

### ESTUDIO HIDRÁULICO

### Punto de interés "Barrio El Calvario"

Caudal  $Q_c = 379.43 \text{ (m}^3\text{/seg)}$

Coefficiente de rugosidad = 0.035

Factor Hidráulico = 7337.77 (m<sup>3</sup>/seg)

Sección 4+850

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|--|
| 3                    | 119.62  | 68.96    | 12410.35                                   | 7337.77                                     | 493.45   |
| 2.5                  | 87.57   | 59.24    | 5667.88                                    | 7337.77                                     | 333.47   |
| 2.7                  | 99.81   | 63.13    | 7875.11                                    | 7337.77                                     | 393.08   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2.5 m.

Sección 4+900

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|--|
| 3                    | 168.81  | 89.57    | 26853.56                                   | 7337.77                                     | 725.86   |
| 2.5                  | 126.19  | 78.54    | 12792.46                                   | 7337.77                                     | 500.99   |
| 2.3                  | 103.55  | 75.34    | 7368.76                                    | 7337.77                                     | 380.23   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2.2 m.

Sección 4+950

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|--|
| 3                    | 177.75  | 94.04    | 29859.75                                   | 7337.77                                     | 765.41   |
| 2.5                  | 132.9   | 84.47    | 13894.48                                   | 7337.77                                     | 522.12   |
| 2.1                  | 108.15  | 79.92    | 7913.96                                    | 7337.77                                     | 394.05   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2 m.

## Análisis para Condición de Flujo Crítico.

### ESTUDIO HIDRÁULICO

### Punto de interés "Barrio Las Flores"

Caudal  $Q_c = 386.6 \text{ (m}^3/\text{seg)}$

Coefficiente de rugosidad = 0.035

Factor Hidráulico = 7617.71 (m<sup>3</sup>/seg)

Sección 5+400

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|--|
| 3                    | 87.07   | 53.36    | 6185.29                                    | 7617.71                                     | 348.36   |
| 2.5                  | 62.45   | 45.03    | 2704.37                                    | 7617.71                                     | 230.35   |
| 3.2                  | 94.56   | 54.27    | 7789.91                                    | 7617.71                                     | 390.95   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 3 m.

Sección 5+450

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|--|
| 3                    | 64.6  | 42.48    | 6346.19                                    | 7617.71                                     | 249.51   |
| 3.5                  | 84.54   | 44.44    | 13596.05                                   | 7617.71                                     | 365.21   |
| 3.7                  | 98.5  | 59.8     | 15981.13                                   | 7617.71                                     | 395.95   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2.2 m.

Sección 5+500

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H \text{ (m}^2\text{)}$ | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|---|----------|--|---|--|
| 3                    | 67.55   | 38.5     | 8006.00                                    | 0.00  | 280.25   |
| 3.5                  | 86.09   | 43.85    | 14550.86                                   | 7337.77                                     | 377.81   |
| 3.6                  | 90.76   | 45.34    | 16489.29                                   | 7337.77                                     | 402.19   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2 m.

## Análisis para Condición de Flujo Crítico.

### ESTUDIO HIDRÁULICO

### Punto de interés "Colonia Los Romeros"

Caudal  $Q_c = 308.9$  (m<sup>3</sup>/seg)

Coefficiente de rugosidad = 0.035

Factor Hidráulico = 7617.71 (m<sup>3</sup>/seg)

Sección 8+300

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A_H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|--|----------|--|---|--|
| 3                    | 101.06                                     | 54.58    | 9455.28                                    | 16395.05                                    | 430.71   |
| 2.5                  | 74.41                                      | 51.39    | 4008.53                                    | 16395.05                                    | 280.44   |
| 2.6                  | 80.21                                      | 52.66    | 4899.76                                    | 16395.05                                    | 310.05   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2.5 m.

Sección 8+350

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A_H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|--|----------|--|---|--|
| 3                    | 83.9                                       | 33.31    | 17730.10                                   | 0.00  | 417.05   |
| 2.5                  | 67.8                                       | 31.07    | 10031.08                                   | 7337.77                                     | 313.70   |
| 2.4                  | 66.9                                       | 30.85    | 9705.62                                    | 7337.77                                     | 308.56   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2.4m.

Sección 8+400

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

| Tirante $Y_c$<br>(m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | T<br>(m) | Factor Geométrico<br>$FG = \frac{A^3}{2T}$ | Factor Hidráulico<br>$FH = \frac{Qc^2}{2g}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = \left(\frac{A_H^3}{T} * g\right)^{0.5}$ |
|----------------------|--|----------|--|---|--|
| 3                    | 83.46                                      | 29.9     | 19443.03                                   | 0.00  | 436.73   |
| 2.5                  | 68.68                                      | 29.23    | 11083.12                                   | 7337.77                                     | 329.74   |
| 2.4                  | 65.21                                      | 29.07    | 9538.88                                    | 7337.77                                     | 305.90   |

Nota: esta sección solo permite un tirante ( $Y_c$ ) de hasta 2.4 m.

## Análisis para Condición de Flujo Normal.

### ESTUDIO HIDRÁULICO

### Punto de interés "Colonia La Prado"

Caudal  $Q_c = 66.33 \text{ (m}^3\text{/seg)}$

Coefficiente de rugosidad = 0.035

Sección 0+000

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.0123

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 1                | 31.28                            | 10.23                                      | 0.327                                   | 4.856  | 15.387   |
| 2                | 50.68                            | 51.53                                      | 1.017                                   | 52.105                                       | 165.105  |
| 1.7              | 39.11                            | 18.760                                     | 0.480                                   | 11.496                                       | 36.426   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

Sección 0+050

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.013

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 1                | 45.11                            | 14.23                                      | 0.32                                    | 6.59   | 21.48  |
| 2                | 52.82                            | 35.17                                      | 0.67                                    | 26.82  | 87.36  |
| 1.5              | 46.60                            | 22.45                                      | 0.48                                    | 13.80  | 44.94  |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

Sección 0+100

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.015

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 1                | 29.34                            | 11.1                                       | 0.38                                    | 5.81   | 20.52  |
| 2                | 31.18                            | 31.18                                      | 1.00                                    | 31.18  | 110.19   |
| 1.5              | 36.24                            | 19.92                                      | 0.55                                    | 13.37  | 47.24  |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

## Análisis para Condición de Flujo Normal.

### ESTUDIO HIDRÁULICO

### Punto de interés "Barrio El Calvario"

Caudal  $Q_c = 379.43 \text{ (m}^3\text{/seg)}$

Coefficiente de rugosidad = 0.035

Sección 4+850

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.011

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 141                              | 119.62                                     | 0.84                                    | 107.19                                       | 321.23   |
| 2.5              | 121.04                           | 87.57                                      | 0.72                                    | 70.57  | 211.48   |
| 2.7              | 129.03                           | 99.81                                      | 0.77                                    | 84.10  | 252.03   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Sección 4+900

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.012

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 179.57                           | 168.81                                     | 0.94                                    | 162.00                                       | 507.03   |
| 2.5              | 157.43                           | 126.19                                     | 0.80                                    | 108.89                                       | 340.80   |
| 2.3              | 142.23                           | 103.55                                     | 0.73                                    | 83.80  | 262.29   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

Sección 4+950

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.014

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 188.46                           | 177.75                                     | 0.94                                    | 170.95                                       | 582.03   |
| 2.5              | 170.71                           | 132.9                                      | 0.78                                    | 112.47                                       | 382.92   |
| 2.1              | 108.15                           | 160.08                                     | 1.48                                    | 207.91                                       | 707.87   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

## Análisis para Condición de Flujo Normal.

### ESTUDIO HIDRÁULICO

### Punto de interés "Barrio Las Flores"

Caudal  $Q_c = 386.6 \text{ (m}^3\text{/seg)}$

Coefficiente de rugosidad = 0.035

Sección 5+400

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.012

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 107.08                           | 87.07                                      | 0.81                                    | 75.85  | 240.36   |
| 2.5              | 90.79                            | 62.45                                      | 0.68                                    | 48.66  | 154.20   |
| 3.2              | 112.22                           | 94.56                                      | 0.84                                    | 84.35  | 267.31   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Sección 5+450

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.012

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 85.98                            | 64.6                                       | 0.75                                    | 53.39  | 167.10   |
| 2.5              | 91.27                            | 84.54                                      | 0.93                                    | 80.33  | 251.42   |
| 2.3              | 100.84                           | 108.26                                     | 1.07                                    | 113.51                                       | 355.26   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Sección 5+500

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.014

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 78.92                            | 67.55                                      | 0.86                                    | 60.90  | 207.33   |
| 2.5              | 88.86                            | 86.09                                      | 0.97                                    | 84.29  | 286.99   |
| 2.1              | 91.72                            | 90.76                                      | 0.99                                    | 90.13  | 306.85   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE



**Análisis para Condición de Flujo Normal.**

**ESTUDIO HIDRÁULICO**

**Punto de interés "Colonia Los Romeros"**

Caudal  $Q_c = 308.9 \text{ (m}^3\text{/seg)}$

Coeficiente de rugosidad = 0.035

Sección 8+300

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.012

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 112.3                            | 101.06                                     | 0.900                                   | 94.199                                       | 298.49   |
| 2.5              | 105.36                           | 74.41                                      | 0.706                                   | 59.011                                       | 186.99   |
| 4                | 115.66                           | 155.88                                     | 1.348                                   | 190.193                                      | 602.67   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

Sección 8+350

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.013

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 69.95                            | 84.1                                       | 1.20                                    | 95.09  | 309.77   |
| 2.5              | 64.92                            | 67.8                                       | 1.04                                    | 69.79  | 227.35   |
| 2.3              | 64.42                            | 66.25                                      | 1.03                                    | 67.50  | 219.89   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

Sección 8+400

Pendiente ( $S_c$ ) = 0.014

| Tirante<br>y (m) | Perímetro<br>mojado<br>$P_m$ (m) | Área Hidráulica<br>$A_H$ (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico<br>$R_H = A_H/P_m$ (m) | Factor Geométrico<br>$F_G = A_H * R_H^{2/3}$ | Caudal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$Q = (S^{1/2}/n)F_G$ |
|------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| 3                | 65.36                            | 83.46                                      | 1.28                                    | 98.23  | 334.45   |
| 2.5              | 63.37                            | 68.68                                      | 1.08                                    | 72.46  | 246.72   |
| 2.1              | 60.51                            | 63.23                                      | 1.04                                    | 65.11  | 221.68   |

OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL INSUFICIENTE

**Cuadro Resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un periodo de retorno de 50 años (Colonia La Prado)**

| <b>Estación</b> | <b>Altura real Y(m)</b> | <b>Altura critica Yc (m)</b> | <b>Altura normal Ym(m)</b> |
|-----------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0+000           | 1.2                     | 1.5                          | 1.8                        |
| 0+050           | 1.3                     | 1.6                          | 1.9                        |
| 0+100           | 1.5                     | 1.6                          | 1.7                        |
| 0+150           | 1.6                     | 1.4                          | 1.6                        |
| 0+200           | 1.1                     | 1.9                          | 1.8                        |
| 0+250           | 1.3                     | 2                            | 2.3                        |
| 0+300           | 1.4                     | 1.9                          | 2.1                        |

**Cuadro Resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un periodo de retorno de 100 años (Colonia La Prado)**

| <b>Estación</b> | <b>Altura real Y(m)</b> | <b>Altura critica Yc (m)</b> | <b>Altura normal Ym(m)</b> |
|-----------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0+000           | 1.2                     | 1.6                          | 2.1                        |
| 0+050           | 1.3                     | 1.8                          | 2.2                        |
| 0+100           | 1.5                     | 2.0                          | 2.1                        |
| 0+150           | 1.6                     | 1.6                          | 1.9                        |
| 0+200           | 1.1                     | 2.3                          | 2.1                        |
| 0+250           | 1.3                     | 2.2                          | 1.9                        |
| 0+300           | 1.4                     | 2.1                          | 2.3                        |

**Cuadro Resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un periodo de retorno de 50 años (Barrio El Calvario)**

| <b>Estación</b> | <b>Altura real Y(m)</b> | <b>Altura critica Yc (m)</b> | <b>Altura normal Ym(m)</b> |
|-----------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0+000           | 1.2                     | 1.5                          | 1.8                        |
| 0+050           | 1.3                     | 1.6                          | 1.9                        |
| 0+100           | 1.5                     | 1.6                          | 1.7                        |
| 0+150           | 1.6                     | 1.4                          | 1.6                        |
| 0+200           | 1.1                     | 1.9                          | 1.8                        |
| 0+250           | 1.3                     | 2                            | 2.3                        |
| 0+300           | 1.4                     | 1.9                          | 2.1                        |

**Cuadro Resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un periodo de retorno de 100 años (Barrio El Calvario)**

| <b>Estación</b> | <b>Altura real Y(m)</b> | <b>Altura critica Yc (m)</b> | <b>Altura normal Ym(m)</b> |
|-----------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 0+000           | 1.2                     | 1.6                          | 2.1                        |
| 0+050           | 1.3                     | 1.8                          | 2.2                        |
| 0+100           | 1.5                     | 2.0                          | 2.1                        |
| 0+150           | 1.6                     | 1.6                          | 1.9                        |
| 0+200           | 1.1                     | 2.3                          | 2.1                        |
| 0+250           | 1.3                     | 2.2                          | 1.9                        |
| 0+300           | 1.4                     | 2.1                          | 2.3                        |

**Cuadro 5.49 resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un Periodo de Retorno de 50 años (Barrio Las Flores)**

| Estación | Altura real Y(m) | Altura critica Yc (m) | Altura normal Ym(m) |
|----------|------------------|-----------------------|---------------------|
| 5+000    | 0.91             | 1.6                   | 2.4                 |
| 5+050    | 0.80             | 2.4                   | 2.7                 |
| 5+100    | 0.70             | 2.2                   | 2.4                 |
| 5+150    | 1.30             | 1.4                   | 1.6                 |
| 5+200    | 0.80             | 1.7                   | 4.6                 |
| 5+250    | 0.70             | 2                     | 2.3                 |
| 5+300    | 1.30             | 1.9                   | 3.6                 |
| 5+350    | 1.2              | 2.7                   | 5.3                 |
| 5+400    | 0.80             | 3.2                   | 3.5                 |
| 5+450    | 0.70             | 3.7                   | 2.5                 |
| 5+500    | 1.30             | 3.6                   | 2.7                 |
| 5+550    | 1.11             | 4.1                   | 4.5                 |
| 5+600    | 1.2              | 4.2                   | 5.2                 |

**Fuente:** Grupo de Investigación

**Cuadro 5.50 resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un Periodo de Retorno de 100 años ( Barrio Las Flores)**

| Estación | Altura real Y(m) | Altura critica Yc (m) | Altura normal Ym(m) |
|----------|------------------|-----------------------|---------------------|
| 5+000    | 0.91             | 1.9                   | 2.4                 |
| 5+050    | 0.80             | 2.7                   | 2.7                 |
| 5+100    | 0.70             | 2.6                   | 2.4                 |
| 5+150    | 1.30             | 1.9                   | 1.6                 |
| 5+200    | 0.80             | 3.2                   | 4.6                 |
| 5+250    | 0.70             | 2.7                   | 2.8                 |
| 5+300    | 1.30             | 3.2                   | 3.9                 |
| 5+350    | 1.2              | 2.7                   | 4.1                 |
| 5+400    | 0.80             | 3.2                   | 3.5                 |
| 5+450    | 0.70             | 3.7                   | 2.5                 |
| 5+500    | 1.30             | 3.6                   | 2.7                 |
| 5+550    | 1.11             | 4.1                   | 4.5                 |
| 5+600    | 1.2              | 4.2                   | 5.2                 |

**Fuente:** Grupo de Investigación

**Cuadro 5.51 resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un Periodo de Retorno de 50 años (Colonia Los Romeros)**

| Estación | Altura real $Y(m)$ | Altura critica $Y_c (m)$ | Altura normal $Y_m(m)$ |
|----------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| 8+200    | 0.90               | 2.2                      | 2.9                    |
| 8+250    | 1.20               | 2.5                      | 2.8                    |
| 8+300    | 1.20               | 2.6                      | 3.2                    |
| 8+350    | 1.30               | 2.4                      | 3.1                    |
| 8+400    | 1.10               | 2.4                      | 3.6                    |
| 8+450    | 1.20               | 2.3                      | 3.7                    |
| 8+500    | 1.30               | 3.2                      | 3.6                    |

**Fuente:** Grupo de Investigación

**Cuadro 5.52 resumen de de alturas reales, criticas y normales  
Para un Periodo de Retorno de 100 años (Colonia Los Romeros)**

| Estación | Altura real $Y(m)$ | Altura critica $Y_c (m)$ | Altura normal $Y_m(m)$ |
|----------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| 8+200    | 0.90               | 2.5                      | 3.5                    |
| 8+250    | 1.20               | 2.7                      | 3.6                    |
| 8+300    | 1.20               | 2.8                      | 3.9                    |
| 8+350    | 1.30               | 2.6                      | 3.8                    |
| 8+400    | 1.10               | 3.1                      | 4.1                    |
| 8+450    | 1.20               | 3.4                      | 4.2                    |
| 8+500    | 1.30               | 3.2                      | 4.4                    |

**Fuente:** Grupo de Investigación

## **CAPITULO VI**

### **"PROPUESTAS DE OBRAS DE MITIGACION"**

## **6. PROPUESTA DE OBRAS DE MITIGACIÓN**

Las Obras de Mitigación o Protección, es toda aquella acción que se debe de tomar para reducir o eliminar los riesgos a que se encuentran sometidas las personas que residen en las cercanías del Rio San Francisco y por la posible eventualidad de un siniestro fenómeno Hidro-meteorológico originado por el poder de la naturaleza. Y que debido a la intervención humana se reduce el impacto generado por esta.

### **6.1 CONTROL DE INUNDACIONES.**

A través de los años, el hombre ha tratado de evitar con diferentes métodos los daños causados por las inundaciones. Una inundación es el producto del escurrimiento provocado por la lluvia y/o el deshielo, de cantidades tan grandes de agua que no pueden alojarse en los cauces de las corrientes.

Los proyectos de control de inundaciones se refieren a la prevención de daños por derrames o desbordamientos de las corrientes naturales a través de la combinación y uso de una serie de medidas que pueden reducir los efectos en las comunidades, cultivo y propiedades que se encuentren en la planicie de inundación del río.

Debido a que cada proyecto de control de inundaciones presenta características propias que lo hacen diferente de otros, resulta bastante difícil describir un proceso simple que lleve a la mejor decisión en cuanto al diseño del mismo. Para el caso específico del presente documento ha sido necesario delimitar espacialmente el área de estudio y de las zonas a protegerse, analizar la cantidad y calidad de información hidrológica existente para, en base a ello, determinar el método más apropiado para la obtención del caudal, y por último, determinar las características de inundación de la zona utilizando la información topográfica existente para poder establecer las áreas inundables correspondientes a diferentes periodos de retorno.

Una vez determinada el área a proteger, la crecida de diseño y el mapa de inundación para diferentes periodos de retorno, es necesario analizar las posibles medidas que se deben tomar para la prevención y el control de inundaciones, de manera que puedan estimarse la aplicabilidad de las mismas en el área de la Ciudad de San Francisco Gotera y los beneficios que puedan obtenerse como fruto de la adopción de dichas medidas. Entre estos beneficios están aquellos obtenidos directamente al evitar los daños provocados por las inundaciones (pérdida de cosechas, casas, muebles, etc.), los obtenidos por el uso más intensivo de los terrenos protegidos y los que se derivan de actividades que vienen del uso o transformación de servicios afectados directamente por las inundaciones. Sin embargo, también debe tomarse en cuenta que los beneficios más

grandes del control de inundaciones son la reducción de enfermedades producidas por las condiciones que crean las inundaciones y sobre todo, la prevención de muertes de los habitantes de la zona.

Resulta claro que los beneficios que pueden obtenerse del control de avenidas son de carácter económico, ecológico y social, debe a la vez mencionarse que estos tres aspectos son igualmente importantes y que una vez que se demuestre su favorecimiento, el proyecto deberá someterse a un análisis técnico y económico para que pueda considerarse como factible.

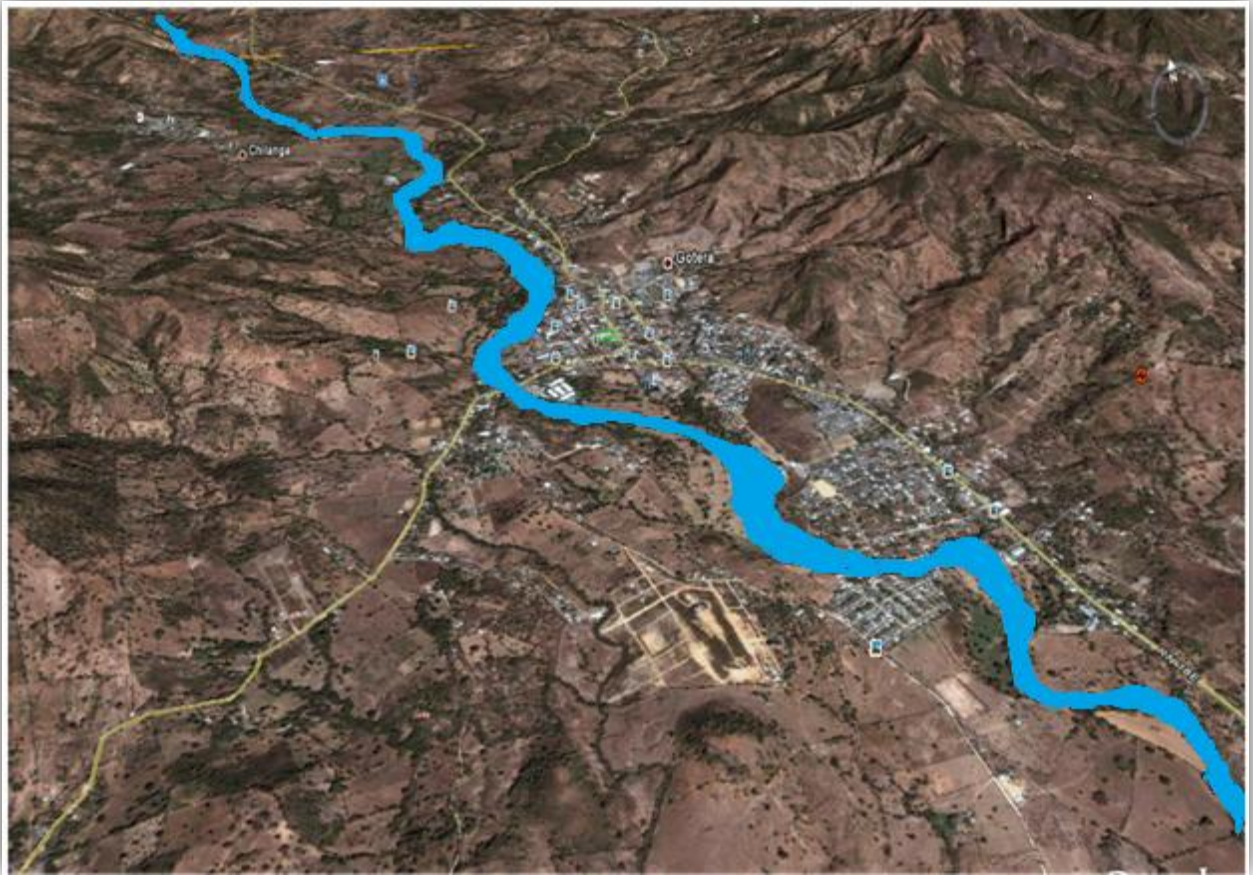
En el presente apartado se hará, en primer lugar, una descripción general de las medidas comúnmente adoptadas para el control de inundaciones. Posteriormente, una vez conocidos los detalles de funcionamiento de cada una de ellas, se analizarán las ventajas y desventajas que presentan con respecto al comportamiento del Río San Francisco específicamente en la Ciudad de San Francisco Gotera. De esta manera se podrá seleccionar satisfactoriamente la combinación de medidas a utilizar para el control de inundaciones en dicha zona.

## **6.2 MEDIDAS COMÚNMENTE ACEPTADAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES.**

### **6.2.1 Zonificación de las planicies de inundación.**

Una de las mejores formas de evitar los daños por inundaciones es permanecer fuera de las planicies de inundación de las corrientes. Esto puede lograrse a través de una legislación que regule el tipo, construcción y uso de las edificaciones y del suelo dentro de las zonas más frecuentemente inundables en coordinación con los gobiernos locales que tengan jurisdicción sobre dichos lugares; o bien creando zonas verdes a lo largo donde las inundaciones hacen impracticables otros usos. Otra medida adoptada con frecuencia en países desarrollados, como los Estados Unidos, es la de fijar zonas de inundación en las que el propietario construya por su cuenta y riesgo, ya que se le notifica que no se dará protección alguna por avenidas posteriores.





**Figura 6.1** Áreas inundables en la ciudad de San Francisco Gotera  
**Fuente:** Google Earth

La zonificación de las planicies de inundación como se muestra en la Figura resulta ser una medida bastante efectiva en todos aquellos países en los que el gobierno central y los gobiernos locales coordinan esfuerzos de una manera continua, ya que solo de esta manera su aplicación beneficia a las comunidades que se encuentran bajo riesgo de ser afectadas por alguna inundación.

## 6.2.2 Manejo de terrenos.

### a) Mejoramiento de la cubierta vegetal en la cuenca. (Reforestación)

La cubierta vegetal quita humedad del suelo por transpiración e implica una alta pérdida de lluvia por intersección durante las tormentas; además, detiene la erosión de los suelos, lo cual previene la formación de barreras por azolvamiento en el cauce del río. Se esperará entonces menos escurrimiento de una zona bien cubierta de vegetación que de una que no la posea, ya que la cubierta vegetal crea una especie de embalse retardador que almacena una porción del escurrimiento.



**Fotografía 6.1** Zonas reforestadas  
Fuente: [maiaexport.com](http://maiaexport.com)

Sin embargo, si bien es cierto que este almacenamiento representa un porcentaje alto en precipitaciones pequeñas, es bastante despreciable para avenidas de gran magnitud, sobre todo si la precipitación productora de la avenida está precedida por lluvias que hayan llenado el espacio para almacenamiento de agua en el suelo por saturación. Esto implica que una buena cubierta vegetal sobre una cuenca reduce la frecuencia de severidad de avenidas pequeñas, pero tendrá poco efecto directo sobre las avenidas mayores.

## **b) Conservación del agua en suelos de cultivo.**

Las medidas de conservación del suelo y agua en terrenos de cultivo crean depósitos en el suelo, los cuales pueden almacenar una cantidad considerable de lluvia.

Este almacenamiento puede crear una reducción significativa en el escurrimiento superficial y disminuir así las avenidas menores en los pequeños arroyos y corrientes cercanas a la zona de cultivo. Sin embargo los métodos de conservación de suelo y agua resultan relativamente ineficientes para la protección de zonas de inundación a lo largo de corrientes principales y para el control de avenidas de gran magnitud, debido sobre todo a que solamente influyen en un porcentaje pequeño del área de drenaje y la capacidad de almacenamiento del suelo no es muy grande a menos que éste se encuentre totalmente seco.

También debe mencionarse que las operaciones de drenaje de tierras tienden a aumentar las avenidas, ya que aceleran el escurrimiento del agua del suelo y eliminan el almacenamiento natural del agua en estanques y ciénagas. Por lo tanto, si bien es cierto que el valor de estos trabajos para propósitos agrícolas garantiza su continuidad, cualquier reducción de avenidas ocasionada por ellos debe tomarse como un beneficio incidental.

### **6.2.3 Instalación de sistemas de alarma y previsión**

En todas aquellas cuencas hidrográficas en las que la configuración geomorfológica y las características climáticas e hidrológicas son tales que es frecuente la ocurrencia de inundaciones, es obligado disponer de un sistema de alarma que permita avisar, con la mayor antelación posible, la presentación de la inundación, para poder tomar las medidas oportunas. Estos sistemas precisan, en primer lugar, de una red de toma de datos básicos, a partir de los cuales se puedan inferir los caudales y niveles en cada punto conflictivo de la cuenca; esta red puede variar, según sea su sofisticación técnica, desde la detección de los simples niveles de agua que se van produciendo en diferentes puntos de las cuencas de cabecera hasta una verdadera previsión del tiempo "basada en estaciones de radar y/o sensores adecuados instalados en satélites artificiales", pasando por una red de pluviógrafos convenientemente situados.



**Fotografía 6.2** Reunión sobre instalación de sistema de alerta temprana  
**Fuente:** Grupo de investigación

#### **6.2.4 Evacuación de las zonas de inundación.**

Esta técnica se utiliza en zonas escasamente pobladas, en donde los valores de la propiedad no significan otros controles y la pérdida de vidas puede evitarse por evacuación rápida. Para que una medida de esta naturaleza tenga éxito, es necesario contar con un buen servicio de pronóstico de avenidas y con una red de comunicación que sea capaz de dar avisos adecuados con suficiente anticipación, para permitir una evacuación ordenada y completa. Además, depende mucho de las características hidrológicas de la corriente, mas difícil es dar aviso con tiempo suficiente como para permitir la movilización de los habitantes de la zona.



**Fotografía 6.3:** Evacuación de zona de inundación.  
**Fuente:** Protección Civil San Francisco Gotera.



## 6.2.5 Mejoramiento y rectificación del cauce.

Esta medida tiene como objetivo mejorar la capacidad hidráulica del cauce, lo cual puede llevar, en algunas ocasiones, a una marcada reducción en el nivel de aguas del río en un punto específico. Algunos de los procedimientos que pueden resultar efectivos para el mejoramiento y rectificación del cauce, se describen a continuación:

### a) Eliminación de troncos y basuras



**Fotografía 6.4:** Limpieza de Río Tempisque C.R.  
**Fuente:** [excavacionesja.webcindario.com](http://excavacionesja.webcindario.com)

Los troncos de árboles, rocas y otras obstrucciones del cauce propician la formación de barreras que disminuyen la capacidad hidráulica del río aumentando así el riesgo de una inundación. Los métodos más efectivos para la eliminación de estas barreras son los tractores, las grúas en barcasas y los explosivos, aun cuando el método a utilizar deberá ser elegido por el proyectista de acuerdo a las circunstancias especiales que se den en cada caso particular.

### b) Dragado de barreras.



**Fotografía 6.5:** Dragado de Río Paraguay.  
**Paraguay.** Fuente: [presidencia.gov.py](http://presidencia.gov.py)

El dragado es un procedimiento mecánico por el medio del cual se elimina el material azolvado en el cauce del río. Este procedimiento debe llevarse a cabo periódicamente, ya que de otra manera la capacidad hidráulica del río se vería disminuida y aumentaría el riesgo de una inundación. El dragado también se requiere cuando se termina la construcción de una obra, para eliminar las secciones del cauce muy azolvadas, y debe repetirse continuamente a lo largo de la ejecución de todos aquellos proyectos en los cuales exista el riesgo de que haya material que pueda ser

arrastrado por la corriente para evitar que este se deposite aguas abajo.

### c) Rectificación y alineamiento del cauce.



**Fotografía 6.6:** Encauce de Rio Carrizal Tabasco.  
**Fuente:** Wikipedia.org

Los codos bruscos son inconvenientes desde el punto de vista del control por avenidas ya que disminuyen la capacidad hidráulica del cauce y, por lo tanto aumenta el riesgo de una inundación. La reducción de los niveles máximos que puede alcanzar el agua en una determinada sección puede lograrse aumentando la velocidad de la corriente, lo cual ocurre si se eliminan codos bruscos. Esto ocurre de una manera natural cuando se forma un corte como resultado de la erosión entre ambos lados de un cuello angosto del terreno. También pueden utilizarse cortes artificiales al dragar cortes pilotos por el cuello del terreno, los escurrimientos posteriores del río excavan un cauce completo a lo largo del trazo del corte piloto, cerrando el antiguo codo con los dispositivos de azolve.

### d) Revestimiento y alineación total del cauce.

Estos métodos consiguen su propósito disminuyendo el valor del coeficiente "n" de Manning para el tramo de interés, aumentando el radio hidráulico por incremento del tirante, e incrementando la pendiente del cauce acortando la longitud del mismo. El efecto de estas mejoras en las alturas de las avenidas puede calcularse con los procedimientos hidráulicos usuales. El proyectista debe tener siempre presente que las medidas para mejorar la capacidad hidráulica del cauce, son esencialmente medidas de protección local que pueden aumentar las magnitudes de las avenidas en algunos puntos aguas abajo. Por ese motivo, las mejoras del cauce deben ser consideradas como conceptos de un plan integral para la corriente, y así planearse y ejecutarse par que sus beneficios en un punto no sean alcanzados por daños en cualquier otro lugar.

## 6.3 BORDAS Y MUROS DE ENCAUSAMIENTO.

### a) Definición y generalidades.

Las bordas y muros de encauzamiento son esencialmente presas longitudinales erigidas en dirección paralela del río en lugar de atravesar su cauce y constituyen uno de los métodos más antiguos y más ampliamente usados para proteger los terrenos de las aguas de avenida.

Una borda es un dique de tierra, mientras que un muro de encauzamiento es usualmente una construcción de mampostería. En general, las bordas y muros de encauzamiento deben satisfacer los mismos criterios de diseño que las presas regulares.

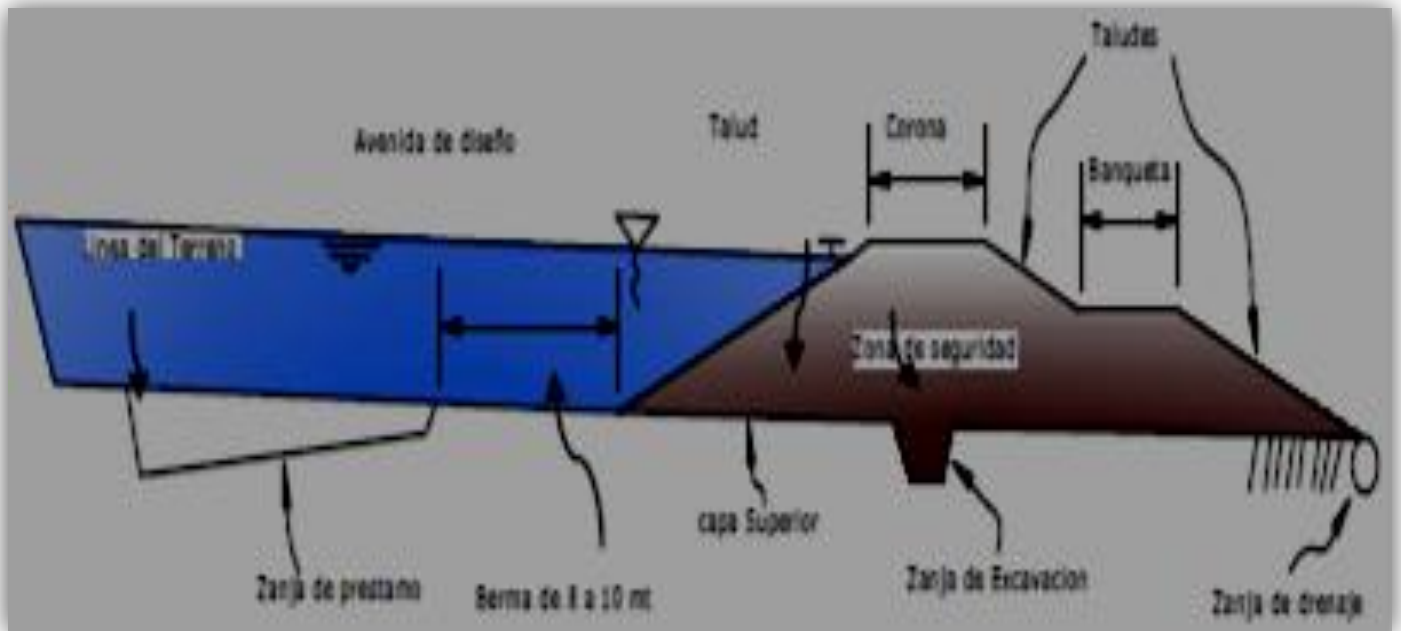
### b) Conformación de bordas.

Las bordas son las que se usan con más frecuencia en el control de avenidas porque pueden construirse a un costo relativamente más bajo al utilizar los materiales aprovechables del lugar. El costo de un sistema de bordas consta del valor del terreno ocupado por las bordas y el costo de construcción de las mismas. Usualmente se construyen con material excavado de zanjas de préstamo paralelas a ellas.

Si se emplea el material seco, éste debe colocarse en capas y compactarse. El material menos permeable se coloca en el borde al lado del río. Usualmente no hay material adecuado para el núcleo tal como la arcilla y la mayor parte de bordas son terraplenes de naturaleza homogénea.

Las secciones transversales de las bordas deben ajustarse al lugar y a los materiales aprovechables de la zona. Tal como se observa en la Figura N° 6.2 el material se excava de una zanja de préstamo paralela a la borda y se deja un espacio adecuado entre el pie de la borda y la zanja, para evitar el colapso de la misma.

El ancho de la corona de las bordas usualmente está determinado por el uso al que se les vaya a destinar. Lo ideal es tener un ancho de unos 3 m para permitir el movimiento del equipo de mantenimiento. Los taludes de la borda usualmente son muy planos debido a los materiales de construcción relativamente malos. Si es posible, evitar el deterioro de la erosión se recomienda cubrirlos con grama. Aunque esto posee el inconveniente de que si el ganado tiene acceso a las bordas la dañaran.



**Figura 6.2:** Sección típica de la borda.  
**Fuente:** Manual de obras hidráulicas.

Aun cuando es poco probable que una borda falle durante una avenida, el agua puede sobrepasar el límite de saturación de la borda hasta el punto en el que la filtración a través de ésta pueda causar la inundación de los terrenos protegidos. Para prevenir este tipo de situaciones, es conveniente un drenaje de zanja o de tubería a lo largo del pie del talud de la borda (Figura 6.2); la parte del talud opuesta a la ribera del río deberá ser lo suficientemente plana para encerrar a la línea de filtración.

Es posible lograr algún ahorro en la construcción del terraplén si se construye el talud trasero con una berma (banqueta) que aumente la anchura de la base sin exigir un relleno pesado arriba de la línea de saturación. El suelo de la base debe rastrearse antes de colocar el material de relleno del terraplén. Con frecuencia se usa una zanja interceptora (o zanja de escombros) rellena con el mejor material y que se extiende de 1.50 a 2.50 m debajo de la base del terraplén. Para evitar que la filtración se convierta en un problema serio, en algunos casos se excava una zanja angosta en la borda determinada y se llena con un núcleo de arcilla.

Durante la excavación, la zanja es llenada con una lechada delgada para evitar que las paredes fallen; de esta manera si va a ocurrir alguna reducción apreciable de la filtración, el núcleo debe penetrar a un horizonte regularmente impermeable.



### **c) Conformación de los muros de encauzamiento.**

Debido a los taludes planos de las bordas, éstos requieren de una anchura de la base bastante grande. En las áreas rurales los costos de los terrenos en los que se puedan construir las bordas pueden ser razonables; sin embargo representan terreno perdido que deja de ser aprovechado en otros fines. En este caso, los muros de encauzamiento de avenidas pueden ser una solución preferible. Los muros se diseñan para resistir la presión hidrostática ejercida por el agua cuando esté al nivel de la avenida de diseño. Si el muro está respaldado por un terraplén, también debe servir como un muro de retención contra el empuje de tierra, cuando haya niveles bajos en la corriente.

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de cargas:

- Muros masivos rígidos
- Muros masivos flexibles
- Tierra reforzada
- Estructuras ancladas
- Estructuras enterradas

Los siguientes factores deben tenerse en cuenta para seleccionar el tipo de muro de encauzamiento o contención.

- Localización del muro de contención propuesto, su posición relativa con relación a otras estructuras y la cantidad de espacio disponible.
- Altura de la estructura propuesta y topografía resultante.
- Condiciones del terreno y agua freática.
- Cantidad de movimiento del terreno aceptable durante la construcción y la vida útil de la estructura, y el efecto de este movimiento en muros vecinos, estructuras o servicios.
- Disponibilidad de materiales.
- Tiempo disponible para la construcción.
- Efecto del agua como agente permeable en la estructura.
- Apariencia.
- Vida útil y mantenimiento.

### i) Muros rígidos.

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. (Ver Figura 6.3). Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más simples de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor a la masa inestable.

El empleo de muros rígidos para el encauzamiento de aguas en una práctica común en todo el mundo, pero su éxito ha sido limitado por la dificultad que existe en el análisis de cada caso en particular y por las diferencias que existen entre las fuerzas reales que actúan sobre el muro, en un caso de deslizamiento y los procedimientos de análisis basados en criterios de presiones activas, utilizando las teorías de presión de tierras de Rankine y Coulomb. Ocurre con frecuencia que un deslizamiento de rotación, en donde la fuerza actuante en el pie tiene una componente vertical importante hacia arriba, levante el muro y son muchos los casos conocidos de fracasos en el empleo de muros para controlar deslizamientos rotacionales.

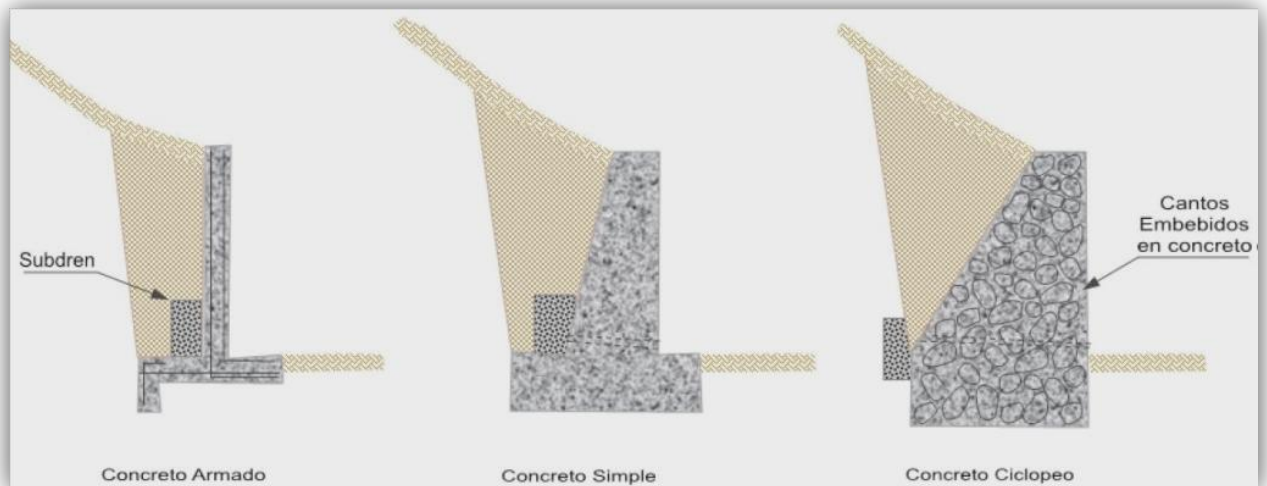


Figura 6.3: Muros rígidos

Fuente: [anunico.com.co](http://anunico.com.co)

En el caso de deslizamientos de rotación, el muro puede representar un buen sistema de estabilización siempre que este cimentado por debajo de posible o reales superficies de falla y se diseñe para que sea capaz de resistir las cargas de desequilibrio debidas al deslizamiento, adicionadas por un factor de seguridad que se recomienda no sea inferior a 2.0.

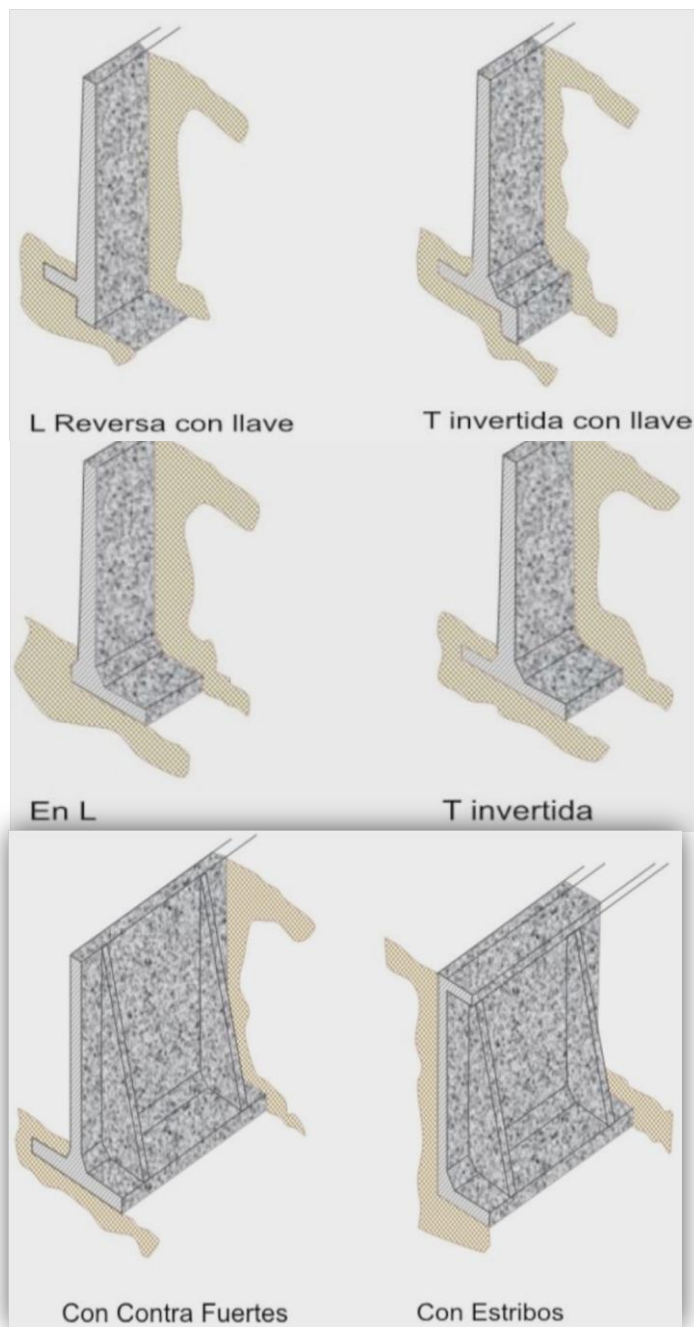
## ii) Muros de concreto reforzado.

Una estructura de concreto reforzado resiste movimientos debidos a la presión de la tierra sobre el muro. El muro una vez se apoya en una cimentación por fuera de la masa inestable. Existen los siguientes tipos de muro reforzado (Ver Figura 6.4):

- **Muros empotrados o en cantiléver**, en forma de L o T invertida, los cuales tienen una placa semivertical o inclinada monolítica con otra placa en la base.
- **Muros con contrafuertes**, en los cuales la placa vertical o inclinada esta soportada por contrafuertes monolíticos que le dan rigidez y ayudan a transmitir la carga a la placa de cimentación.
- **Muros con estribos**, en los cuales adicionalmente a la placa vertical y la placa de cimentación y los contrafuertes, se constituye una placa superior sub-horizontal que aumentan la rigidez y capacidad para soportar momentos.

En la mayoría de los casos se colocan llaves o espolones de concreto debajo de la placa de cimentación para mejorar la resistencia al deslizamiento. Debe de tenerse en cuenta que, la utilización de contrafuertes o estribos generalmente disminuye el costo comparativamente con un muro empotrado en L o T invertida. La pendiente de la pared de fachada debe dársele una inclinación ligera para evitar la sensación visual de que el muro se encuentra inclinado. Generalmente, se recomienda una pendiente de 1 en 50.

En todos los casos los muros de concreto armado deben contener un sistema de drenaje detrás de su pared vertical y/o un sistema de lloraderos o salidas para el agua represada detrás del muro (barbacanas). Debe tenerse en cuenta que, aun en el caso de suelos completamente secos, la presencia del muro puede inducir el represamiento de pequeñas cantidades de agua de infiltración. Es importante la construcción de juntas estructurales para evitar fisuras o grietas relacionadas con cambios de temperatura. La distancia entre juntas se recomienda que no deba ser mayor de 20 metros a lo largo del muro.



**Figura 6.4:** Muros de concreto reforzado.

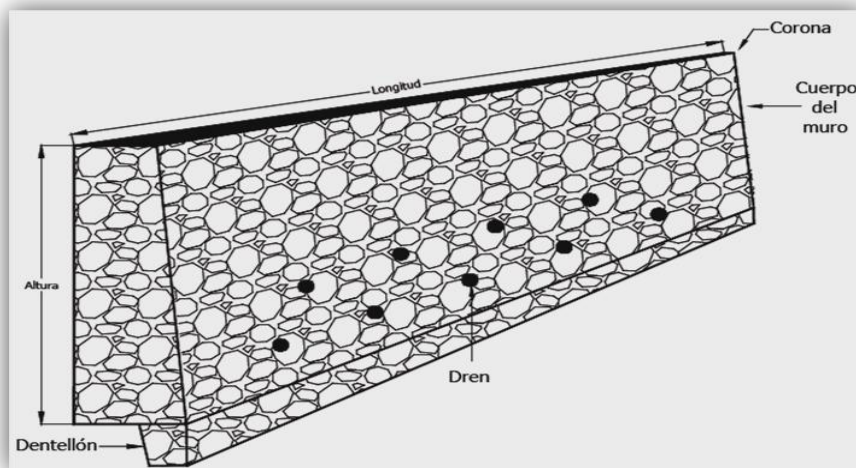
**Fuente:** [anunico.con.co](http://anunico.con.co).

- **Muros de concreto sin refuerzo.**

Los muros de concreto sin refuerzo son masas relativamente grandes de concreto o concreto con piedra, las cuales trabajan como estructuras rígidas. Los muros de concreto simple o ciclópeo actúan como estructuras de peso o gravedad y se recomienda no se empleen en alturas superiores a cuatro metros, debido no solo al aumento de los costos, sino a la presencia de esfuerzos de flexión que no pueden ser resistidos por el concreto simple y se pueden presentar roturas a flexión en la parte inferior del muro o dentro del cimiento.

Los muros de concreto en todos los casos, deben tener un sistema de sub-drenaje para eliminar la posibilidad de presiones de agua. Se deben construir juntas de contracción o expansión a distancias en ningún caso superiores a los 20 metros. Si los materiales utilizados poseen características de dilatación grande por cambio de temperatura, las juntas deben colocarse a 8 metros de distancia entre ellas. La pendiente de la pared del muro debe tener una inclinación similar a la recomendada para muro de concreto armado.

Los muros de concreto deben cimentarse por debajo de la superficie de falla con el objeto de obtener fuerzas de reacción por fuera del movimiento que aporten estabilidad, no solo al muro sino al deslizamiento.



**Figura 6.5:** Muros de concreto sin refuerzo  
Fuente: Sagarpa (Muros de contención)

- **Muros de concreto ciclópeo.**

El concreto ciclópeo es una mezcla de concreto con cantos o bloques de roca dura.

Generalmente, se utilizan mezclas de 60% de concreto y 40% de volumen de piedra. Sin embargo, deben tenerse en cuenta que a mayor cantidad de piedra existe mayor posibilidad de agrietamiento del muro, por presencia de zonas de debilidad estructural interna. En ocasiones se le colocan refuerzos de varilla de acero dentro del concreto ciclópeo para mejorar su resistencia interna. El diseño de un muro de concreto ciclópeo es muy similar al de los muros de concreto simple rígidos y masivos.

**Cuadro 6.1:** Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.

| MURO   | VENTAJAS   | DESVENTAJAS   |
|--|--|---|
| REFORZADO  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes superiores a diez metros, previo su diseño estructural y estabilidad.</li> <li>● Se utilizan métodos convencionales de Construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Requieren de buen piso de cimentación.</li> <li>● Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales.</li> <li>● Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos la estabilización de deslizamiento de masas grandes de suelo.</li> </ul>                        |
| CONCRETO SIMPLE                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes.</li> <li>● Se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente.</li> <li>● Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros</li> </ul> |
| CONCRETO CICLÓPEO SIMILARES A LOS DE CONCRETO SIMPLE | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no pueden soportar esfuerzos a flexión de flexión grandes.</li> </ul>   |

Fuente: Manual de diseño de muros

### iii) Muros flexibles.

Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura. Los muros flexibles se diseñan generalmente, para resistir presiones activas en lo que se refiere a su estabilidad intrínseca y actúan como masas de gravedad.

Existen varios tipos de y entre ellos los más populares son:

- Muros de gaviones.
- Muros de elementos prefabricados (muros criba)
- Muros de piedra.

Cada uno de estos tipos de muros posee unas características especiales de construcción, diseño y comportamiento.



**Fotografía 6.7:** Muro Flexible (Muro de Llantas).  
**Fuente:** Apuntes de arquitectura [digital.blogspot.com](http://digital.blogspot.com).

- **Muros de gaviones.**

Los gaviones son cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca. Algunas de las ventajas de un muro en gaviones son las siguientes: simple de construir y mantener y utiliza los cantos y piedras disponibles en el sitio. Se puede construir sobre fundaciones débiles. Su estructura es flexible y puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de



muros y es fácil de demoler o reparar. Se emplean tres tipos de malla diferente: hexagonales o de triple torsión, electro soldada y elaborada simple.

El principal problema consiste en que las mallas pueden presentar corrosión en suelos ácidos. Existen una gran cantidad de tamaños de malla disponible para formar las cajas. Generalmente, se utilizan cajas de 2.0m x 1.0m x 1.0m. La forma básica es trapezoidal.



**Fotografía 6.8:** Muro de Gaviones.

**Fuente:** [murotalud.com](http://murotalud.com)

En ocasiones, los muros de gaviones contienen una serie de contrafuertes que los hacen trabajar como estructuras ancladas al suelo detrás del muro.

- **Muro criba.**

El muro criba es básicamente una estructura parecida a una caja formada por prefabricados de concreto entrelazados. El espacio interior de las cajas se rellena con suelo granular permeable o roca para darle resistencia y peso, conformando un muro de gravedad.



Generalmente existen dos tipos de prefabricados que se colocan en forma paralela a la superficie del talud o normal a este.

Los travesaños son prefabricados normales al eje del muro en forma horizontal. En ocasiones, los travesaños son de una longitud tal que obliga a la construcción de un elemento intermedio similar a sus puntas. Los largueros son prefabricados largos que se apoyan entre los travesaños y que tienen como objeto contener el material colocado dentro de las cajas cribas. Las fuerzas son transferidas entre los prefabricados en los puntos de unión. Adicionalmente, se pueden colocar pequeños bloques que se les llaman "almohadas" en localizaciones críticas entre los prefabricados para soportar algunos esfuerzos, tales como torsiones y reducir la flexión.

Los largueros son prefabricados largos que se apoyan entre los travesaños y que tienen como objeto contener el material colocado dentro de las cajas cribas. Las fuerzas son transferidas entre los prefabricados en los puntos de unión. Adicionalmente, se pueden colocar pequeños bloques que se les llaman "almohadas" en localizaciones críticas entre los prefabricados para soportar algunos esfuerzos, tales como torsiones y reducir la flexión.



**Fotografía 6.9:** Muro Criba

**Fuente:** wix.com

- **Muros en piedra (pedraplenes).**

Los muros en piedra son estructuras construidas con bloques o cantos grandes de roca, los cuales se colocan unos sobre otros en forma manual o al volteo. El tamaño de los bloques utilizados generalmente supera las 3 pulgadas y pueden utilizarse bloques hasta de un metro de diámetro si se tiene equipo adecuado para su colocación. El diseño consiste en determinar las dimensiones exteriores del pedraplén.

El ancho de la base del pedraplén generalmente, es superior a su altura o por lo menos igual. El ángulo de inclinación de la pared exterior depende del tipo de roca, tamaño y angulosidad. Para bloques grandes se pueden utilizar pendientes de hasta  $1/6H: 1B$ . El ancho mínimo de la parte superior del muro es de un metro. Se acostumbra colocarle un geotextil en la interface entre el pedraplén y el suelo, y un subdrén en forma similar a los muros de los gaviones.



**Fotografía 6.10:** Muro de piedra.

**Fuente:** [proyectostransversales.blogspot.com](http://proyectostransversales.blogspot.com)

**Cuadro 6.2.** Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro flexible.

| MURO                    | VENTAJAS   | DESVENTAJAS  |
|-------------------------|--|--|
| <b>GAVIONES</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil alivio de presiones de aguas, soportan movimientos sin pérdida de eficiencia.</li> <li>• Es de construcción sencilla y económica.</li> <li>• Permeabilidad.</li> <li>• No necesitan cimentación.</li> <li>• Versatilidad.</li> <li>• Integración paisajística.</li> <li>• Resistencia.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambiente ácidos, por ejemplo, en suelos residuales de granitos se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos sitios.</li> <li>• Al amarre de la malla y las unidades generalmente no se le hace un buen control de calidad.</li> </ul> |
| <b>CRIBA</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son fáciles de construir y ayudan en la mayor parte de su volumen.</li> <li>• Utiliza elementos prefabricados los cuales permiten un mejor control de calidad.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere material granular, autodrenante. Puede ser costoso cuando se construye un solo muro por la necesidad de prefabricar los elementos de concreto armado.</li> <li>• Generalmente no funciona en alturas superiores a siete metros.</li> </ul>  |
| <b>LLANTAS (NEUSOL)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son fáciles de construir y ayudan en el reciclaje de los elementos utilizados.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen procedimientos confiables de diseño y su vida útil no es conocida.</li> </ul>  |
| <b>PIEDRA-PEDRAPLEN</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son fáciles de construir y económicos cuando hay piedra disponible.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente grandes</li> </ul>  |

**Fuente:** Manual de diseño de muros.

### 6.3.1. Localización y distribución de las bordas.

El ancho del cauce está íntimamente ligado con la altura de las bordas y los muros.

El cauce debe ser lo suficientemente ancho como para conducir el gasto de diseño y evitar la formación durante la avenida de oleajes. La zona de inundación del río es plana, un incremento en la anchura del cauce de río permitirá bordas más bajas. Además deben aprovecharse totalmente las elevaciones naturales del terreno ya que estas permiten tener bordas más bajas y con frecuencia ofrecen mejores condiciones para la cimentación. Si el cauce del río es razonablemente recto y el valor de los terrenos es igual a ambos lados de la corriente, usualmente los muros y las bordas irán espaciados equidistantes a cada lado del río. Usualmente, sin embargo, el río no es recto y las líneas de las bordas faldean por el exterior de los codos o curvas del río (Ver Figura 6.6) para que el cauce bordeado sea menos tortuoso que el cauce natural de las aguas bajas.

En ningún caso la borda debe estar tan próximo a un codo que la socavación de un banco la debilite. En los puntos donde pueda esperarse erosión en los bancos, la borda debe ser firmemente revestida y protegida por diques permeables como seguridad contra falla. Una ciudad o una propiedad particular pueden protegerse con un anillo de bordas tal como se muestra en la Figura 6.8. La alternativa a ésta solución se presenta en la misma figura y consiste en llevar de regreso la línea del bordo hasta que pueda terminar en terreno alto. Si no se realizara este enlace, los extremos del bordo podrían ser flanqueados y la obra sería inútil.

Generalmente los anillos de bordos se ejecutan cuando una comunidad o ciudad está interesada únicamente en su propia protección. Cuando los intereses no son particulares, los bordos son llevados hacia aguas arriba a lo largo de los tributarios principales para ligarlos a terreno alto. Debe mencionarse que cuando una línea de borda cruza por cauces tributarios o afluentes menores el proyectista debe evaluar también la alternativa de bloquear el cauce y crear

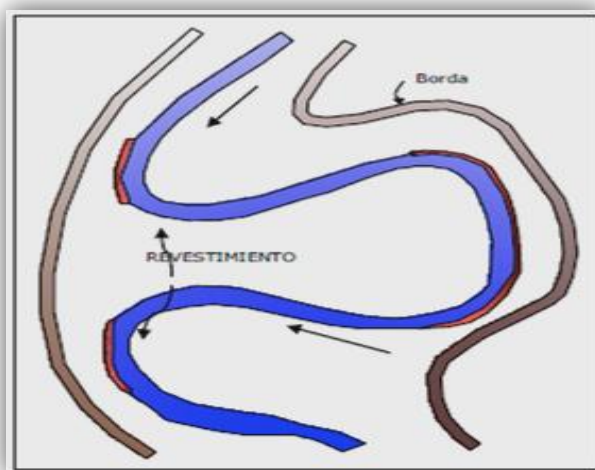


Figura 6.6 Distribución y Localización de bordas.  
Fuente: Manual de Construcción de bordas.

un problema de drenaje interior.

La selección de estas alternativas es primordialmente de orden económico pero obviamente muchas corrientes pequeñas no pueden ser tratadas económicamente con la primera alternativa, y por lo tanto, el problema de drenaje interior está presente en casi todos los diseños de bordas. El drenaje interior se define como el problema de drenaje local atrás de una borda.

Para resolver este problema pueden utilizarse las siguientes soluciones.

- El agua puede recogerse en un punto bajo y bombearse sobre la borda durante las avenidas cuando el escurrimiento por gravedad a través de las compuertas de salida sea imposible. (Ver Figura 6.7a)
- El agua puede recogerse en un canal abierto sobre el lado interno de la borda que da al terreno y deriva aguas abajo en algún punto en donde la descarga por gravedad sea siempre posible. (Ver Figura 6.7b)
- Introducir las corrientes tributarias a un conducto a presión cuyo extremo de aguas arriba esté en un nivel tal que permita el escurrimiento por gravedad hacia la corriente principal todo el tiempo. Esta medida solo es factible si el terreno alto está
- Recoger el agua en un depósito de almacenamiento hasta que la descarga por gravedad a la corriente sea posible. Esto resulta impráctico si los periodos de aguas altas en la corriente son de larga duración.

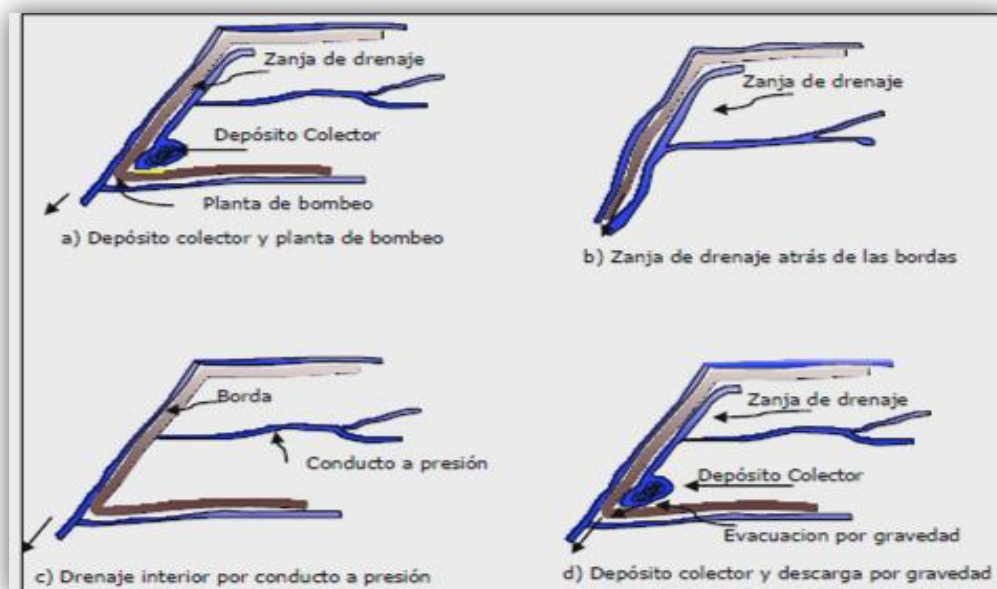


Figura 6.7: Drenaje interior de áreas bordeadas.

Fuente: Manual de Construcción de Bordas.

### **6.3.2 Mantenimiento de las bordas.**

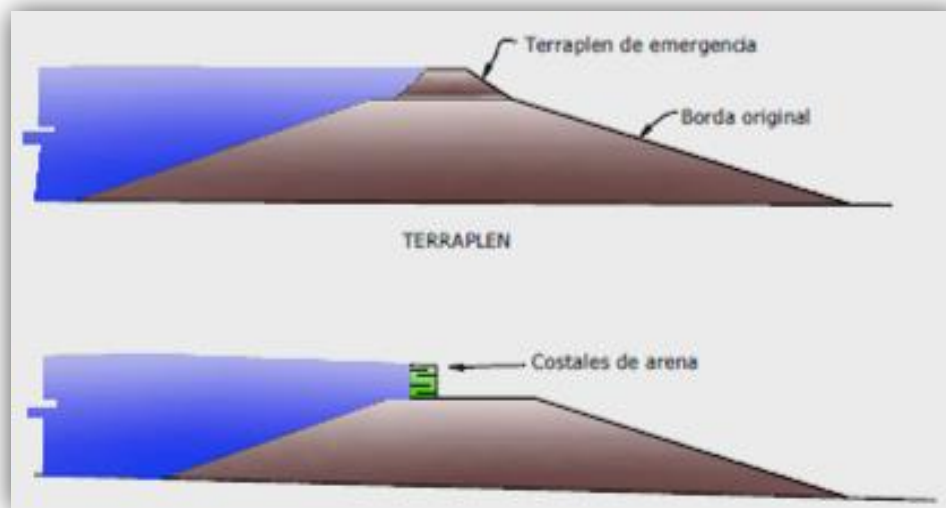
Hay muchas causas posibles para las fallas de las bordas y ninguna borda puede considerarse como segura durante una avenida.

Las condiciones de la cimentación y los materiales de construcción para las bordas rara vez son totalmente satisfactorios y, por consiguiente, siempre existe el riesgo de falla.

- La socavación del banco de la corriente puede producir la falla al pie de la borda del lado del río.
- Los conductos dejados por la descomposición de las raíces pueden iniciar la erosión destructiva llevando a la borda a la falla.
- La infiltración a través del material de cimentación en los altos niveles del río puede generar un montículo de arena y la remoción del material por tubificación a través montículo puede formar un conducto que puede sufrir un colapso bajo el peso de la borda.
- Los animales pueden dañar las bordas cuando buscan alimentos tales como zacate u otros cultivos.

Por todo lo expuesto anteriormente, las bordas deben ser sometidas a una inspección anual para la búsqueda de evidencia de socavaciones peligrosas en los bancos, lugares débiles creados por los animales o la vegetación, asentamientos de la cimentación, derrames, y deslizamientos de los bancos, erosión alrededor de las bordas y cualquier otra fuente de peligro. Cualquier condición de éstas debe corregirse prontamente para evitar futuras desgracias. Algunas veces es necesario llevar a cabo una serie de actividades con el fin de mantener la efectividad de una borda. La socavación de los banco puede estar ocurriendo sin ser advertida bajo las aguas de avenida, pero si se le detecta puede algunas veces controlarse vaciando rocas o costales de arena en el área de la socavación. Si la filtración causa un deslizamiento sobre el lado del terreno de la borda, este talud puede reforzarse con madera o ramas y darle peso con costales de arena.

Cuando las aguas del río crecen durante la avenida es posible que en algunos casos sea necesaria una sobreelevación de la borda. Una borda puede levantarse hasta 0.75 m con tierra tomada en el lado del terreno del terraplén o con sacos llenos de tierra. Si se hace necesario hacer una mayor elevación, podría construirse un muro de madera apoyado en costales de arena o tierra.



**Figura 6.8:** Sobreelevación de Bordas.  
**Fuente:** Manual de construcción de bordas.

Si ya no es posible defender la borda existente, puede construirse una borda de refuerzo para contener a las aguas de avenida que entrarían por una rotura en la borda principal. La localización de esta borda de refuerzo debe seleccionarse con base en la factibilidad y rapidez de construcción, aunque debe protegerse la mayor superficie de terrenos y propiedades posible sin poner en peligro toda la zona bordeada.

Los muros de encauzamiento usualmente son menos susceptibles a fallar que las bordas, pero el agua alta puede saltar un muro, o pueden socavarse sus cimientos, por lo cual estos también deben ser inspeccionados periódicamente.

### **6.3.3 Efecto de las bordas y los muros de encauzamiento en los niveles de los ríos.**

Las bordas generalmente restringen la anchura del cauce al evitar el escurrimiento en la planicie de inundación y esto produce niveles mayores en el tramo bordeado.

Sin embargo, las mejoras al cauce que usualmente acompañan a la construcción de las bordas aumentan las velocidades y pueden anular parcial o totalmente el incremento de los niveles del agua. Si los niveles en el tramo bordeado son aumentados, los niveles también serán más altos aguas arriba del tramo bordeado. Aguas debajo de éste, los escurrimientos máximos serán incrementados debido al almacenamiento del cauce disminuido como producto del aumento general en la velocidad del escurrimiento.

El producto neto de la construcción de bordas y muros de encauzamiento depende mucho de las características de la situación. Usualmente, sin embargo, la construcción de éstos y los trabajos asociados del control de avenidas producen un incremento general en los niveles de avenida a lo largo del río, a menos que se proporcione mejoras extensivas tales como vasos de almacenamiento o cauces de alivio. El aumento en el nivel que acompaña la construcción de bordas y muros de encauzamiento ha llegado a tener en alguna ocasiones consecuencias desafortunadas: es frecuente que zonas protegidas con bordas se encuentren en una situación de riesgo inminente y sea inundadas como consecuencias de los efectos promovidos por la construcción de nuevas bordas en la vecindad. Por tanto, el mejor programa de control de inundaciones será aquel que se desarrolle de un proyecto integral maestro y que tome en cuenta todas estas series de consideraciones.

#### **6.4 CRITERIO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE OBRA DE ACUERDO A LA ZONA CRÍTICA DE INUNDACION.**

El riesgo de inundaciones en una zona determinada. En lugar de ello, debe tenerse en mente que siempre existe una probabilidad, por pequeña que sea, de que ocurra un caudal que sobrepase la magnitud del que ha sido seleccionado para proyectar las obras de protección. De esta manera la prevención debe de entenderse no como un absoluto control, que es por demás imposible sino como una mitigación de los efectos de inundaciones. El significado de esta última afirmación es el que no se puede mediante la construcción de uno o más tipos de obras civiles, influir o alterar los procesos de generación y tránsito de escorrentía en una cuenca, sino por el contrario nada más es posible tratar de asimilar sus consecuencias en una zona específica de acuerdo a la frecuencia con la que sucedan.

De acuerdo con lo anterior el diseño de los diversos tipos de obras entendidas en función de prevenir o disminuir un determinado nivel de daño asociado con una eventual inundación no es factible realizarla en forma aislada, sino, por el contrario, deben enmarcarse dentro de un plan general de inundaciones. Este plan solo estaría enfocado desde el punto de vista de realización de proyectos de ingeniería, sino también debe comprender el desarrollo de medidas concretas en las diversas áreas que forman la actividad económica de la región, tales como el manejo adecuado de los cultivo, ordenamiento de las actividades productivas en la región, delimitación de las áreas de construcción de infraestructura de acuerdo al riesgo existente, etc. Todo ello debe estar coordinado a través de normas e instituciones que permanentemente estén dispuestas a formular y desarrollar soluciones concretas que puedan dar una respuesta efectiva al problema de las inundaciones. Tal es el caso en San Francisco Gotera.



### **6.4.1 Criterios para el desarrollo de proyectos de ingeniería en la prevención de inundaciones.**

El objetivo de este apartado no es el de proponer mecánicamente una serie de reglas que deban cumplirse ciegamente de principio a fin, desconociendo las magnitudes de los alcances, sino más bien el dar lineamientos generales de tal manera que el análisis que de ellos se haga lleve por sí mismo a la determinación del tipo y ubicación de las obras que conviene proyectar. En este sentido se tiene las siguientes consideraciones:

#### **a) Respecto al cauce y al flujo del río.**

Uno de los principales factores que influyen en el problema de las inundaciones en la zona baja de un río es el valor nulo o casi nulo de las pendientes existentes a lo largo del cauce principal y en las áreas adyacentes. Normalmente esto ocasiona una disminución en las magnitudes de las velocidades del flujo y por lo tanto una menor capacidad de transporte de los materiales sólidos arrastrados por el río desde las partes altas y medias de la cuenca. Por lo tanto, ocurre una depositación continua de estos materiales en el lecho del río, lo que ocasiona un decremento en el área hidráulica efectiva del río que tendrá que transportar las futuras avenidas. Este proceso se conoce como azolvamiento.

Lo anterior es un proceso cíclico y continuo, ello quiere decir que con el transcurso del tiempo ocurren nuevas crecidas, se depositan más materiales sólidos y así sucesivamente hasta llegar a un estado tal que la presencia de obstrucciones en el lecho del río, ya sea por troncos, rocas grandes o simplemente cúmulos de material granular, produce una alteración significativa en la forma como se desarrolla el flujo del mismo. En estas condiciones al ocurrir una avenida de gran magnitud, aparte de incrementar la depositación de sólidos en el lecho del río, la sección transversal es incapaz de trasladar las cantidades tanto del agua como la de los materiales arrastrados en su seno, por lo que se produce una derivación del flujo hacia las áreas aledañas, generando los conocidos efectos de las inundaciones en las áreas habitadas cercanas al río.

En algunos casos la obstrucción al flujo por los obstáculos existentes es tal que la excesiva acumulación de partículas de suelo en ellos es capaz de formar una especie de isla o islote dentro del cauce, incrementando el efecto negativo sobre el traslado de avenidas, dado que la disminución en el área hidráulica del río es aún mayor. Obviamente esto solo ocurrirá en la zona baja susceptible a la influencia de las inundaciones.

### **b) Consideraciones respecto al tipo de obra que se propondrá.**

Diversos aspectos deben tenerse en cuenta en la selección del tipo de obra más apropiada para el control de desbordamientos. Estos tienen relación tanto con la forma misma de la obra que se proyecte como con su ubicación en la zona de inundación y su efecto en el flujo del río en las áreas localizadas aguas abajo del mismo. Si se toma el dragado del cauce, el resultado del mismo no debería dejar en el lecho del río altas pendientes, dado que se produciría un aumento en el costo al tener que cortar mayores volúmenes de tierra.

Al hablar de dragado, no debe entenderse que por medio de él se lograra el total control de desbordamientos, dado que la magnitud que tendría tal proyecto sería tan grande que su alto costo haría imposible financiar la ejecución. Como variante, puede considerarse un dragado que simplemente restablezca tanto los fondos azolvados del río, con el objeto de no obstaculizar el flujo. Referente a las bordas, estas no deberían tener una gran altura, debido a que se ocasiona un incremento en el costo de la construcción de las mismas, por las mayores cantidades de material involucradas. Así mismo, se produce en ese caso una estructura muy esbelta que al mismo tiempo es sumamente inestable con respecto a la acción de las fuerzas inducidas por la masa de agua que retiene, lo que podría ocasionar un repentino colapso. En lugar de proyectar una estructura de gran altura, conviene más el modificar su distancia desde la ribera del río en cada una de las secciones que se consideren, de tal manera que con un tipo de estructura de dimensiones que la hagan relativamente estable, sea posible contener las alturas de inundación. Es factible proceder de esta manera siempre y cuando la ubicación de las bordas no ponga en excesivo riesgo las zonas habitables.

### **c) Cercanía de las zonas habitadas del río.**

Al momento de tomar una solución ante el persistente problema de la ocurrencia de inundaciones en la zona baja de un río, en principio, sería preferible optar por la total evacuación de los habitantes de dicha zona en función de no arriesgar en ningún sentido sus vidas. Sin embargo esto no siempre es factible dado que por lo general existen factores económicos que se deben considerar. Por ejemplo el traslado de los habitantes hacia otras zonas implica tanto la pérdida de sus antiguas viviendas como la erogación de fondos para la adquisición de nuevos terrenos y viviendas. A ello debe agregársele el hecho de que se estaría dejando inactiva una cantidad considerable de terrenos con gran capacidad de producción de cultivos, lo cual ocasiona pérdidas económicas por las cosechas que no se comercializan.

Además de proponer un grupo de medidas concretas, de las cuales el diseño de obras civiles es solo parte, una alternativa viable es establecer una zonificación de las actividades productivas de los habitantes de las áreas susceptibles de inundaciones, con el objeto de adecuarles a las condiciones de riesgo existentes, y de esa manera, aprovechar al máximo el tipo y cantidad de recursos existentes en la región.

Esta zonificación deberá efectuarse en términos tanto del valor económico de los productos existentes y de la inversión a futuro que representan como de la magnitud estimada de daños que ocasionaría una eventual inundación. En todo caso es de primordial importancia hacer el conocimiento de los habitantes de las zonas en peligro de inundación la magnitud del problema al que se encuentran expuestos con el objeto de tener a disposición una determinada cantidad de recursos, principalmente de tipo medico, así como reservas alimenticias, los cuales se utilizarían inmediatamente después de ocurrida una inundación.

#### **d) Consecuencias de las fallas en las obras de protección.**

Independientemente del tipo de estructura que se proyecte para el control de inundaciones, el colapso o falla de una obra de protección específica ocasionaría graves consecuencias, principalmente en la forma de daños a la economía o hasta pérdida de vidas humanas, entre los habitantes de las zonas en peligro de inundación.

Por ello, siempre debe evacuarse los habitantes de las zonas posiblemente afectadas al ocurrir una inundación. Esto no se refiere a que las obras de protección propuestas no pueden presentar determinado nivel de seguridad, sino más bien porque siempre podría ocurrir un evento cuya capacidad fuera mayor que para la que se encuentran diseñadas las obras civiles de protección.

Dado que no puede saberse con exactitud el nivel de la máxima acción a la cual se verán sometidas las estructuras para prevención de inundaciones durante su vida útil, lo único que puede hacerse es asumir con un criterio técnico, para este caso el análisis de frecuencia de crecidas, el nivel de la mayor inundación que cabe esperar ocurra, y en base a ello determinar el tipo de obra que se utilizara. Esto, por supuesto, debe realizarse recurriendo a ciertos procedimientos de diseño de ingeniería y a la vez interpretarlos con sentido práctico, lo más posible de acuerdo con las características específicas del problema en particular.

## 6.5 SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN.

Los siguientes factores deben tenerse en cuenta para seleccionar el tipo de muro de contención:

- Localización del muro de contención propuesto, su posición relativa con relación a otras estructuras y la cantidad de espacio disponible.
- Altura de la estructura propuesta y topografía resultante.
- Condiciones del terreno y agua freática.
- Cantidad de movimiento del terreno aceptable durante la construcción y la vida útil de la estructura, y el efecto de este movimiento en muros vecinos, estructuras o servicios.
- Disponibilidad de materiales.
- Tiempo disponible para la construcción.
- Apariencia.
- Vida útil y mantenimiento.

Es difícil definir cuáles son las soluciones más adecuadas, siendo que en cada caso es necesario conocer las exigencias de permeabilidad o impermeabilidad, robustez, flexibilidad, rugosidad, durabilidad y economía.

Por lo que se realizó en base a características funcionales de las estructuras anteriormente descritas, la cual nos permitió evaluar todas aquellas que se consideran prácticas para la zona.

**Los criterios que se han tomado de base para selección son los siguientes:**

- 1) Capacidad para Soportar Deflexión
- 2) Profundidad de Fundación.
- 3) Interacción con la Fauna
- 4) Interacción con la Flora
- 5) Necesidad de Mano de Obra Calificada
- 6) Efecto en el Nivel Freático
- 7) Sustitución y Estabilización del suelo.
- 8) Velocidad de Flujo.
- 9) Costos Unitarios.

### 1.0: CAPACIDAD PARA SOPORTAR DEFLEXIÓN

(Rango de Valores Asignados).

| DESCRIPCION | PUNTAJE |
|-------------|---------|
| SOPORTA     | 10.00   |
| NO SOPORTA  | 0.00    |

### 2.0: FUNDACIÓN PROFUNDA.

(Rango de Valores Asignados).

| DESCRIPCION     | PUNTAJE |
|-----------------|---------|
| ES NECESARIO    | 0.00    |
| NO ES NECESARIO | 10.00   |

### 3.0: INTERACCIÓN CON LA FAUNA.

(Rango de Valores Asignados).

| DESCRIPCION | PUNTAJE |
|-------------|---------|
| BUENA       | 6.00    |
| MALA        | 0.00    |

### 4.0: INTERACCIÓN CON LA FLORA.

(Rango de Valores Asignados).

| DESCRIPCION | PUNTAJE |
|-------------|---------|
| BUENA       | 8.00    |
| MALA        | 0.00    |

### 5: NECESIDAD DE MANO DE OBRA CALIFICADA.

(Rango de Valores Asignados).

| DESCRIPCION | PUNTAJE |
|-------------|---------|
| SI          | 10.00   |
| NO          | 0.00    |

### **6: EFECTOS EN EL NIVEL FREÁTICO.**

(Rango de Valores Asignados).

| <b>DESCRIPCION</b> | <b>PUNTAJE</b> |
|--------------------|----------------|
| IMPERMEABLE        | 0.00           |
| PERMEABLE          | 10.00          |

### **7: SUSTITUCION Y ESTABILIZACION DEL SUELO.**

(Rango de Valores Asignados).

| <b>DESCRIPCION</b> | <b>PUNTAJE</b> |
|--------------------|----------------|
| SI                 | 0.00           |
| NO                 | 10.00          |

### **8: VELOCIDAD DE FLUJO**

(Rango de Valores Asignados).

| <b>DESCRIPCION</b> | <b>PUNTAJE</b> |
|--------------------|----------------|
| MENOS DE 3 m/s     | 0.00           |
| MAS DE 3 m/s       | 10.00          |

### **9: COSTOS UNITARIOS**

(Rango de Valores Asignados).

| <b>DESCRIPCION</b> | <b>PUNTAJE</b> |
|--------------------|----------------|
| ALTO               | 0.00           |
| BAJO               | 10.00          |

• **EVALUACION DE RANGO ASIGNADOS PARA ESTABLECER TIPO DE ESTRUCTURA.**

**TIPO DE ESTRUCTURA**

|  | <b>Concreto Armado</b> | <b>Concreto Simple</b> | <b>Concreto Ciclópeo</b> | <b>Gaviones</b> | <b>Refuerzo Geotextil</b> | <b>Refuerzo Malla</b> |
|--|------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| <b>Capacidad para Soportar Deflexión</b>       | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                     | 10.00           | 10.00                     | 10.00                 |
| <b>Profundidad de Fundación.</b>               | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                     | 10.00           | 10.00                     | 10.00                 |
| <b>Interacción con la Fauna</b>                | 6.00                   | 6.00                   | 6.00                     | 6.00            | 0.00                      | 0.00                  |
| <b>Interacción con la Flora</b>                | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                     | 8.00            | 8.00                      | 8.00                  |
| <b>Necesidad de Mano de Obra Calificada</b>    | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                     | 10.00           | 10.00                     | 10.00                 |
| <b>Efecto en el Nivel Freático</b>             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                     | 10.00           | 10.00                     | 10.00                 |
| <b>Sustitución y Estabilización del suelo.</b> | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                     | 10.00           | 0.00                      | 0.00                  |
| <b>Velocidad de Flujo.</b>                     | 10.00                  | 10.00                  | 10.00                    | 10.00           | 0.00                      | 0.00                  |
| <b>Costos Unitarios.</b>                       | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                     | 10.00           | 10.00                     | 10.00                 |
| <b>TOTALES</b>                                 | <b>16.00</b>           | <b>16.00</b>           | <b>16.00</b>             | <b>84.00</b>    | <b>58.00</b>              | <b>58.00</b>          |

En base al criterio utilizado, la mayor puntuación obtenida es de **84 puntos**. La estructura a utilizar para el diseño de propuesta como Obra de Mitigación es Muro de Gavión ya que cumple con las características necesarias.

## 6.6 GAVIONES PARA PROYECTOS HIDRÁULICOS.

### 6.6.1 Antecedentes.

Los Gaviones es una técnica sencilla para hacer estructuras hidráulicas de bajo costo y larga duración en los países en desarrollo. Desde el siglo XVI, los Ingenieros utilizaban en Europa unas cestas de mimbre rellenas de tierra denominadas por sus inventores Italianos *Gabbioni*, o "Jaulas Grandes" para fortificar los emplazamientos militares y reforzar las orillas de los Ríos. Hoy, el Servicio de Recursos, Fomento y Aprovechamiento de Aguas (AGLW) del Departamento de Agricultura de la FAO está promoviendo la misma tecnología sencilla los "Gaviones" para utilizarlos como bloques de construcción en las estructuras hidráulicas de bajo costo y larga duración en los países en desarrollo.

#### 6.6.1.1 Tipos de Gaviones

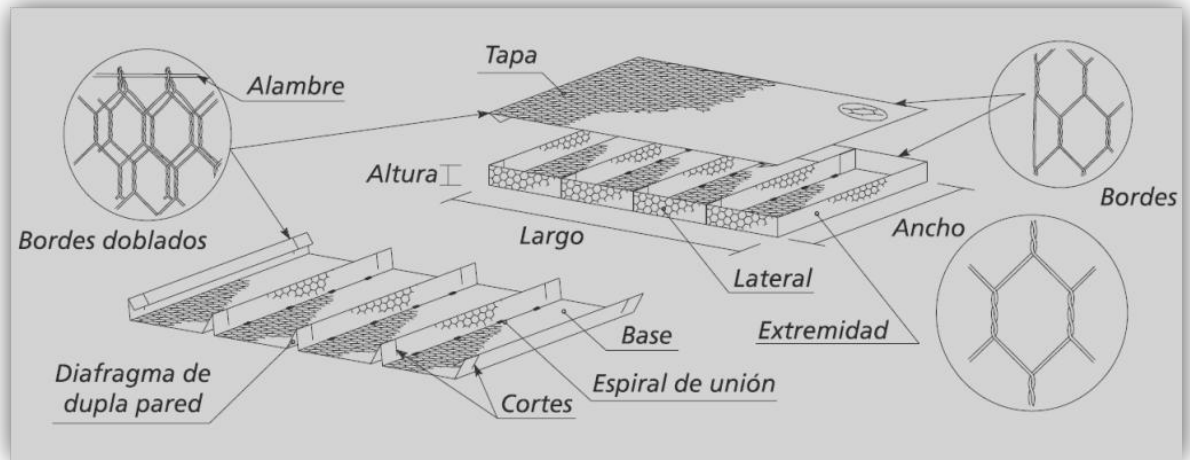
- **Colchón Reno.**

##### A. Características.

El colchón Reno es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, de gran área y pequeño espesor, desarrollados especialmente para actuar como revestimiento.

Base, paredes laterales, diafragmas de doble pared y paredes de las extremidades son formadas a partir de un único paño en malla hexagonal a doble torsión. La tapa también es fabricada con un único paño de malla y es suministrada por separador. Las aristas de los paneles de malla son reforzadas con alambres de mayor diámetro. Debido al contacto constante con el agua son fabricados en alambres con revestimiento pesado de zinc y protección adicional en material plástico.





**Figura 6.9** Elementos constituyentes de los colchones reno.  
**Fuente:** Maccaferri.

El paño que forma la base es doblado, durante la producción, para formar los diafragmas, uno a cada metro, los cuales dividen el colchón en celdas de aproximadamente dos metros cuadrados. En obra, el colchón es desdoblado y montado para que asuma la forma de paralelepípedo. Posteriormente es transportado y ubicado conforme a lo especificado en el proyecto y debe ser llenado con material pétreo, con diámetro medio nunca inferior a la menor dimensión de la malla hexagonal. Son estructuras flexibles adecuadas para la construcción de obras complementarias tales como plataformas de deformación para proteger la base de los muros, canaletas de drenaje, revestimiento de taludes además de su función principal, que es actuar como revestimiento flexible de márgenes y fondos de cursos de agua.

La red, en malla hexagonal de doble torsión, es producida con alambres de acero con bajo contenido de carbono, revestido con una aleación de zinc, aluminio (5%) y tierras raras (revestimiento Galfan), que confiere protección contra la corrosión. Como estos elementos trabajan en contacto constante con agua y en ambientes normalmente agresivos, utilizándose, para la producción de colchones Reno, la malla producida con alambre con revestimiento adicional de material plástico, que ofrece una protección definitiva contra la corrosión. Se debe recordar que, aún cuando en la fase de diseño-análisis del agua indique que esta no es agresiva, es casi imposible hacer previsiones sobre cuales serán su calidad después de algunos años o el análisis del agua indique que esta no es agresiva, es casi imposible hacer previsiones sobre cuales serán su calidad después de algunos años.

## B. Dimensiones.

Las dimensiones de los colchones Reno son estandarizadas. Su longitud, siempre es múltiplo de 1 m, varía entre 3 m y 6 m, en cuanto a su ancho es siempre de 2 m. Su espesor puede variar entre 0,17 m, 0,23 m y 0,30 m. A pedido, pueden ser fabricados los colchones Reno a medidas diferentes de las estándar.

| Colchones Reno®      |           |            |                        |            |
|----------------------|-----------|------------|------------------------|------------|
| Dimensiones Estándar |           |            | Área [m <sup>2</sup> ] | Diafragmas |
| Largo [m]            | Ancho [m] | Altura [m] |                        |            |
| 3,00                 | 2,00      | 0,17       | 6                      | 2          |
| 4,00                 | 2,00      | 0,17       | 8                      | 3          |
| 5,00                 | 2,00      | 0,17       | 10                     | 4          |
| 6,00                 | 2,00      | 0,17       | 12                     | 5          |
| 3,00                 | 2,00      | 0,23       | 6                      | 2          |
| 4,00                 | 2,00      | 0,23       | 8                      | 3          |
| 5,00                 | 2,00      | 0,23       | 10                     | 4          |
| 6,00                 | 2,00      | 0,23       | 12                     | 5          |
| 3,00                 | 2,00      | 0,30       | 6                      | 2          |
| 4,00                 | 2,00      | 0,30       | 8                      | 3          |
| 5,00                 | 2,00      | 0,30       | 10                     | 4          |
| 6,00                 | 2,00      | 0,30       | 12                     | 5          |

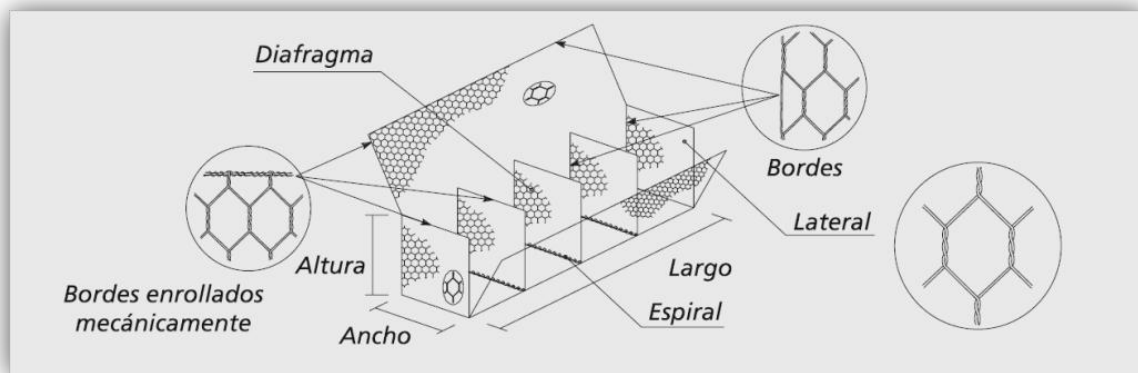
**Tabla 6.1** Dimensiones estándar de gaviones tipo colchón reno.

Fuente: Macafferri.

- **Gaviones Caja**

### A. Características.

El gavión tipo caja es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, producida a partir de un único paño de malla hexagonal de doble torsión, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y trasera. A este paño base son unidos, durante la fabricación, paneles que formarán las dos paredes de las extremidades y los diafragma



**Figura 6.10** Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja colchones reno.  
**Fuente:** Maccaferri.

Después de retirado del fardo, cada elemento debe ser completamente desdoblado y montado en obra, asumiendo la forma de un paralelepípedo. Es posteriormente transportado e instalado, conforme a lo definido en el proyecto y amarrado, aún vacío, a los gaviones adyacentes.

Debe ser llenado con material pétreo, con diámetro medio nunca inferior a la menor dimensión de la malla hexagonal. La red, en malla hexagonal de doble torsión, es producida con alambres de acero con bajo contenido de carbono, revestidos con una aleación de zinc (95%), aluminio (5%) y tierras raras (revestimiento Galfan®), que confiere protección contra la corrosión.

Cuando está en contacto con agua, es aconsejable que sea utilizada la malla producida con alambres con revestimiento adicional de material plástico, que ofrece una protección definitiva contra la corrosión.

## B. Dimensiones.

Las Dimensiones de los gaviones caja son estandarizadas:

- El largo, siempre múltiplo de 1 m, varía de 1 m a 4 m, con excepción del gavión de 1,5 m.
- El ancho es siempre de 1 m.
- El alto puede ser de 0,5 m o 1,0 m.

A pedido, pueden ser fabricados gaviones caja de medidas diferentes de las estándar.

| Gaviones Caja con Diafragmas |           |          |                           |            |
|------------------------------|-----------|----------|---------------------------|------------|
| Dimensiones Estándar         |           |          | Volumen [m <sup>3</sup> ] | Diafragmas |
| Largo [m]                    | Ancho [m] | Alto [m] |                           |            |
| 1,50                         | 1,00      | 0,50     | 0,75                      | -          |
| 2,00                         | 1,00      | 0,50     | 1,00                      | 1          |
| 3,00                         | 1,00      | 0,50     | 1,50                      | 2          |
| 4,00                         | 1,00      | 0,50     | 2,00                      | 3          |
| 1,50                         | 1,00      | 1,00     | 1,50                      | -          |
| 2,00                         | 1,00      | 1,00     | 2,00                      | 1          |
| 3,00                         | 1,00      | 1,00     | 3,00                      | 2          |
| 4,00                         | 1,00      | 1,00     | 4,00                      | 3          |

**Tabla 6.2** Dimensiones estándar de gaviones tipo caja

**Fuente:** Macaferri.

## 6.7 ESTRUCTURA PROYECTADA.

Para el control de las Inundaciones se proyectara construir 50 mts de longitud de Muro de Gavión para la Colonia La Prado, Barrio el calvario 200 mts, Barrio Las Flores 150 mts y colonia Los Romeros 100 mts de longitud de Muro de Gavión. Estos Muros serán construidos según las Especificaciones Técnicas, ASTM A – 90. Esta decisión fue tomada de acuerdo a la factibilidad de bajo costo que estos presentan ya que en comparación con un Muro de Concreto resulta más económica su construcción porque no se utilizan materiales como: El Cemento y Arena, aparte de una serie de ventajas que estos Muros ofrecen. (Ver Detalle de comparación de Presupuestos en anexo 6, Cuadro 6.1 y Cuadro 6.2).

### 1. Obra en el Cauce de Río.

Se plantea una limpieza de la arena y todo material que dificulte el flujo del agua.

Modificando así las secciones transversales en la cual Los materiales removidos serán utilizados en las secciones donde se necesite relleno, sin embargo el material artificial (plástico y similar) serán seleccionados y trasladados fuera del área donde se realizara el proyecto.

### 2. Obra en los Márgenes del Río.

Se propone la construcción de Muro de Gavión tipo gravedad con colchón Reno, para evitar el socavamiento por infiltración, dicho muro se construirá con material propio a las especificaciones establecidas según las Normas de Diseño. La altura del muro es calculada en función a una crecida máxima según el estudio Hidráulico para un periodo de retorno de 25 años según estudio Hidrológico.

El levantamiento del sistema de defensa requiere de los siguientes puntos de interés:

1. En la alineación de los muros se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:
  - Trazado de ejes para el Muro de Gavión, procediendo a su replanteo en obra.
  - Delimitación de áreas de corte y relleno de tierra para la conformación de la cimentación.
2. Las dimensiones de los Gaviones se calcularan en función de la altura máxima obtenida del análisis Hidráulico.

### **6.7.1. Especificaciones Técnicas Para Gaviones.**

- **Descripción.**

- Este consistirá en el suministro y colocación de roca, canastas (Gaviones) de malla de alambre y colchoneta galvanizada, instalados en el sitio designado de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el alineamiento, pendiente, dimensiones y disposiciones indicadas en los planos u ordenado por el Ingeniero (ver más detalles en Anexo 10).

- **Materiales.**

- Los Gaviones serán suministrados de varias longitudes y alturas.
- Las longitudes serán múltiplos (2, 3 ó 4) de la anchura horizontal.
- Los Gaviones deberán tener una anchura uniforme; Las dimensiones de los Gaviones podrán tener una tolerancia de 3% de los tamaños establecidos por el fabricante.
- Los Gaviones serán construidos de malla alambre. La malla será fabricada de alambre de acero Galvanizado, que tenga un diámetro mínimo de 2.14 mm.
- La resistencia a la tracción tendrá un margen de 4,140 a 5,860 Kg/cm<sup>2</sup> (60,000 a 85,000 lbr pulg<sup>2</sup>).
- El recubrimiento mínimo de zinc para el alambre será de 2.7 gr por 0.929 m<sup>2</sup> (0.080 onz/pie<sup>2</sup>) de superficie del alambre no cubierto, según se determina por las pruebas efectuadas de acuerdo a la forma ASTM A – 90.

- **Requerimiento para la Construcción.**

- La malla de alambre se retorcerá de tal manera que forme una abertura hexagonal de tamaño uniforme.
- La malla será fabricada de tal manera que tenga la habilidad de resistir cualquier deformación o Levantamiento de cualquier torcedura o conexión que forman la malla cuando se corta una hilada de cualquier tramo de la malla.
- Los Gaviones serán fabricados de tal manera que todas sus partes puedan ser ensambladas en el sitio de la obra, en canastas rectangulares en los tamaños especificados.
- Los Gaviones serán construidos monolíticamente por cada unidad para que la resistencia y flexibilidad en los puntos de amarre de las diferentes partes sea por los menos igual a las de la malla.

- Donde la longitud del Gavión excediese su anchura horizontal, el Gavión se dividirá en secciones cuyas longitudes no excedan al ancho del Gavión.
- La división se hará con diafragmas hechos de malla de alambre que tenga las mismas características de la usada para el Gavión.
- Además, El Gavión siempre tendrá diafragmas que aseguren la posición correcta de la base sin necesidad de sujetadores adicionales.
- Todos los bordes o aristas perimetrales de la malla que forma el Gavión, deben ser amarrados y asegurados entre sí, para que dichos bordes tengan la misma resistencia que todo el conjunto de la malla.
- El alambre usado para el amarre de los bordes (alambre perimetral) tendrá un diámetro no menor de 2.2 mm y llenará los mismos requisitos del alambre de la malla.
- El alambre de amarre y conexión será suministrado en cantidades suficientes para que puedan asegurar los bordes y diafragmas y además, proveer cuatro alambres antiesadores diagonales en cada sección, cuya altura será de  $1/3$  a  $1/2$  de la anchura del Gavión.
- Este alambre deberá llenar los mismos requisitos del alambre para la malla, excepto que el calibre podrá ser menor hasta 2 números.

- **Relleno de Roca.**

- La roca que se usará dentro de los Gaviones deberá ser tenaz y libre de intemperizaciones y podrá obtenerse de cualquier fuente que sea aprobada por el Ingeniero.
- Ninguna roca será menor de 102 mm (4") (dimensión mínima), ni mayor de 330 mm (13") (dimensión máxima).
- El material rocoso debe tener una granulometría razonablemente graduada dentro de los tamaños límite.

- **Ensamble e Instalación.**

- Los Gaviones serán instalados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Los Gaviones deben ser colocados sobre una cimentación pareja. El alineamiento y niveles finales serán aprobados por el Ingeniero.
- Cada unidad de Gavión será ensamblada por amarre conjunto de todos los bordes verticales con un embobinado a cada 102 mm (4").
- Los Gaviones vacíos deberán ser colocados de acuerdo al alineamiento y niveles mostrados en los planos o como lo indique el Ingeniero.
- Los alambres de amarre serán usados para unir entre sí las secciones o unidades de Gavión, en la misma forma descrita para el ensamblaje.
- Los alambres atiesadores internos serán espaciados uniformemente y afianzados con seguridad en cada unidad de la estructura.

- Una herramienta para estirar alambre de cercas o una barra de hierro pueden ser usados para estirar las canastas de alambre o mantenerlas en el alineamiento apropiado.
  - Los Gaviones serán llenados con la piedra colocada con cuidado manualmente o con máquina, para mantener el alineamiento sin que se formen embobamientos y con mínimo de huecos.
  - La colocación alterna de roca y alambre de amarre será efectuada hasta que el Gavión esté lleno.
  - Después de que el Gavión ha sido llenado, la cubierta se doblará sobre el Gavión hasta que caiga sobre todos los lados y bordes.
  - Después la cubierta se asegurará a los lados, bordes y diafragmas con alambre de amarre, de la misma manera descrita anteriormente para el ensamblaje.
- **Métodos de Medición.**
- La cantidad de obra que se pagará será el número de metros cúbicos de Gaviones terminados, aceptados y medidos por procesamiento establecido.

## 6.8 SUBESTRUCTURA (OBRA DE PROTECCIÓN).

### 6.8.1 Fuerzas que Actúan Sobre el Muro de Gavión.

#### A) Las principales Fuerzas que Actúan en el Gavión son:

- El peso propio del muro ( $W$ ), que actúa en el centro de gravedad de la sección transversal.
- El empuje del suelo debido al relleno contra el respaldo del muro ( $E_a$ ), que forma un ángulo normal al mismo.
- La reacción normal del suelo sobre la base del muro ( $N$ ).
- La fuerza de fricción que se desarrolla entre el suelo y la base del muro.
- El empuje que el terreno ejerce sobre el frente del muro ( $E_p$ )

#### B) Fuerzas Debido al Agua:

- Presiones hidrostáticas: son debidas a la acumulación de agua en el frete o en respaldo del muro.
- Fuerzas de Filtración: son debidas al flujo de agua a través del relleno del muro.
- Subpresiones: son las provocadas por el agua retenida en la base del muro.



### **C) Otras Fuerzas:**

- Fuerzas sísmicas, producidas por temblores en la masa del suelo aumentando momentáneamente el empuje lateral contra el muro.

## **6.8.2 Procedimiento de Cálculo del Muro de Gavión.**

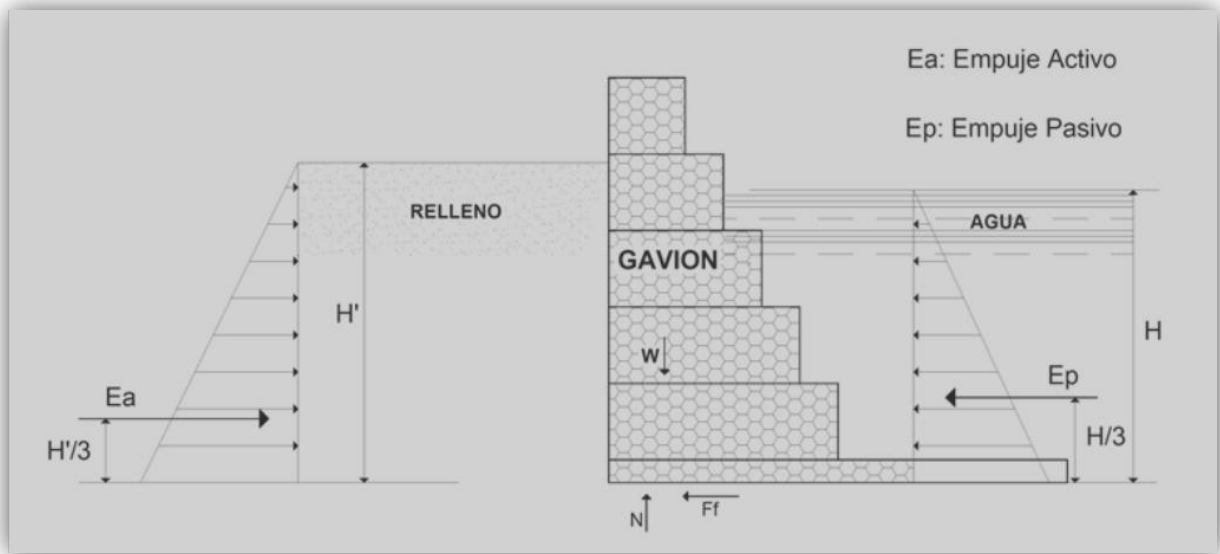
Para el cálculo del Muro de Gavión se prosigue de la siguiente manera:

- Seleccionar las Dimensiones tentativas del Gavión.
- Analizar la estabilidad frente a las fuerzas que lo solicitan tal que cumpla los requisitos estructurales.
- Se realizan varios tanteos hasta que los resultados sean satisfactorios, modificando las dimensiones del Gavión.
- Se determinan las magnitudes de las fuerzas que actúan sobre el Gavión como: los empujes de tierra (el empuje activo y el empuje pasivo), empujes dinámicos (sismo), peso propio del muro y peso de la tierra.
- Cuando se tienen todas las magnitudes de las fuerzas que actúan sobre la subestructura se analiza la estabilidad contra; Deslizamiento, Volteo y Capacidad Soportante del Suelo.

## **6.8.3 Fuerzas y Presiones que Intervienen en el Muro de Gavión.**

- **Empuje de Tierra.**

Las presiones laterales de tierra son las fuerzas producidas por la masa de suelo. La variación de la magnitud de la presión lateral de la tierra cambia dependiendo de la naturaleza de la misma, de sus características físicas de cada tipo de suelo (cohesión, ángulo de fricción interna y peso volumétrico del suelo), por su peso unitario y por la altura del relleno. Las presiones laterales ejercidas sobre el Muro se muestra en la figura 6.13.



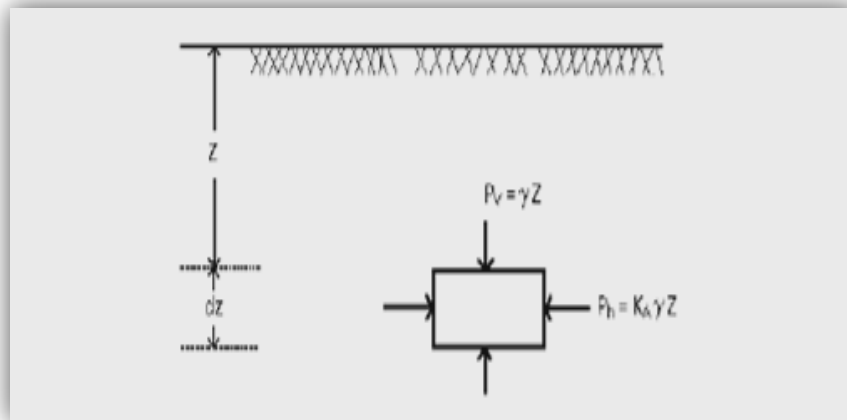
**Figura 6.11:** Empuje de Tierra sobre El Muro de Gavión.  
**Fuente:** maccaferri.

La Estabilidad de los Gaviones depende del Empuje Pasivo, Empuje Activo Dinámico y Empuje Activo Estático, según la Teoría de Rankin. Estados "Plásticos" de Equilibrio "Teoría de Rankine" en Suelos Friccionantes (No Cohesivos). Considérese un elemento de suelo de altura de situado a una profundidad "Z", en el interior de un semiespacio de suelo en "reposo" (es decir sin que se permita ningún desplazamiento a partir de un estado natural, que es lo que en lo sucesivo se entenderá por "reposo"); sea la frontera del semiespacio horizontal. En tales condiciones la presión vertical efectiva actuante sobre el elemento.

Si se representa en el diagrama de Mohr el círculo correspondiente al estado de esfuerzos descritos para el elemento mencionado se tendrá un círculo tal como el 1, que evidentemente no es de falla.

A partir de estas condiciones de esfuerzo en "reposo" se puede llegar a la falla por dos caminos de interés práctico. El primero consistirá en disminuir el esfuerzo horizontal, manteniendo la vertical constante; se llega así al círculo 2 de falla, con un esfuerzo principal menor  $\sigma_3 = K_a \gamma Z$ , donde se denomina coeficiente de presión activa de tierras; nótese que este esfuerzo corresponde en este círculo a la presión horizontal, pues, por hipótesis, el esfuerzo principal mayor correspondiente es  $\gamma Z$  o presión vertical debido al peso del suelo sobreyacente sobre el elemento.

A la presión horizontal, pues, por hipótesis, el esfuerzo principal mayor correspondiente es  $\gamma Z$  o presión vertical debido al peso del suelo sobre yacente sobre el elemento.



**Figura 6.12:** Esfuerzos actuantes sobre un elemento de suelo en "Reposo"

**Fuente:** Mecánica de Suelos, Juárez Badillo, tomo 2

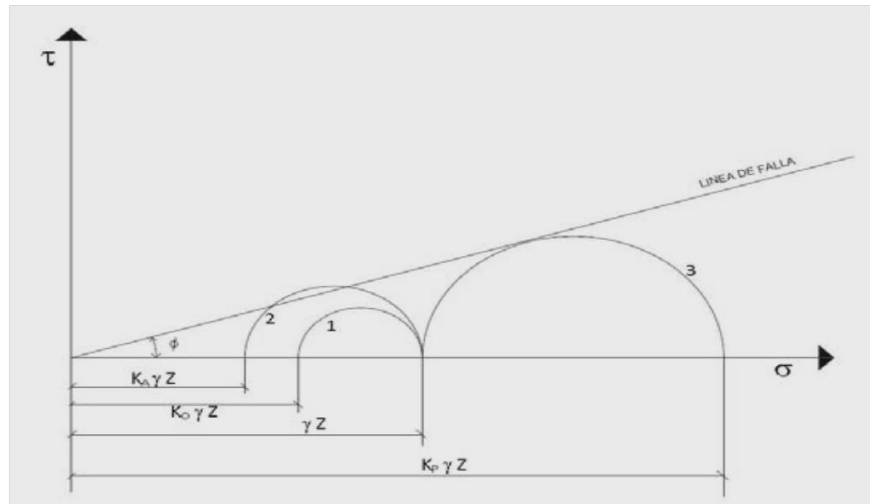
**Donde:**

$\gamma$ : Es el peso específico correspondiente al estado en que se encuentra el medio.

Bajo la presión vertical actuante el elemento de suelo se presiona lateralmente originándose así un esfuerzo horizontal,  $P_h$ , que, con base a la experiencia, se ha aceptado como directamente proporcional a  $P_v$ .

$$P_h = K_o \cdot \gamma Z$$

La constante de proporcionalidad entre  $P_v = \gamma_s Z$  y  $P_h$  se denomina coeficiente de presión de tierra en reposo. El segundo camino para llevar a la falla al elemento en estudio consistirá en tomar el esfuerzo  $\gamma Z$  como el principal menor, aumentando por consiguiente ahora la presión horizontal hasta llegar a un valor  $K_p \gamma_s Z$ , tal que el círculo resultante sea tangente a la línea de



**Figura 6.13:** Estados plásticos en el diagrama de Mohr. (Suelos Friccionantes)  
**Fuente:** Mecánica de Suelos, Juárez Badillo, tomo 2

falla. El valor  $K_p$  recibe el nombre de coeficiente de presión pasiva de tierras.

Las dos posibilidades anteriores son las únicas de interés práctico para llegar a estados de falla a partir del "reposo", puesto que respetan el valor  $\gamma Z$  de la presión vertical, que es una condición natural del problema, por lo menos en un primer análisis simplificado.

Para el análisis de Muros se considera el empuje activo de tierras, el cual ocurre cuando el estribo tiene la tendencia de desplazarse hacia el frente; que para este caso es la condición más crítica.

De acuerdo con Rankine se dirá que un suelo está en estado plástico cuando se encuentra en estado de falla. Así, de acuerdo con lo anterior, caben dos estados plásticos prácticos. El que se tiene cuando el esfuerzo horizontal alcanza el valor mínimo  $K_a \gamma Z$  y el que ocurre cuando dicha presión llega al valor máximo  $K_p \gamma_s Z$ . Estos datos se denominan respectivamente activo y pasivo.

El Empuje Pasivo ( $E_p$ ) es la resistencia que una masa de suelo opone a su desplazamiento cuando es solicitada por una fuerza lateral. El Empuje Activo Estático ( $E_a$ ) es aquel que produce una acción en el muro debido a la carga gravitacional de la masa de suelo que es retenida (relleno). El Empuje Activo Dinámico ( $E_{ae}$ ) es una carga adicional que se provoca al muro por efecto de las fuerzas eventuales como los movimientos sísmicos en el suelo.

El Empuje Activo Dinámico ( $E_{ac}$ ), que se encuentra en el Art. 40 del Reglamento de Emergencia de Diseño sísmico de El Salvador, se debe tomar en cuenta que para efectos de diseño del Muro, para que las fuerzas que tienen lugar por efectos de la aceleración en el suelo no provoquen su Inestabilidad. Estas se calcularán así:

$$EDH = (3/8) \gamma_s H^2 (A_{hmax}) \quad (6.1)$$

$$EDV = (1/2) \gamma_s H^2 (A_{vmax}) \quad (6.2)$$

**Donde:**

**EDH:** Es el Empuje Dinámico Horizontal, que actúa a 0.6 H sobre la base del muro.

**EDV:** Es El Empuje Dinámico Vertical, que actúa a 0.2 H del talón del muro, y que debe traducirse en fuerza lateral aplicada a H/3 del muro, así:

$$E_{ah} = EDV K_a \quad (6.3)$$

**A<sub>h</sub>máx:** Es el Coeficiente de Aceleración Horizontal.

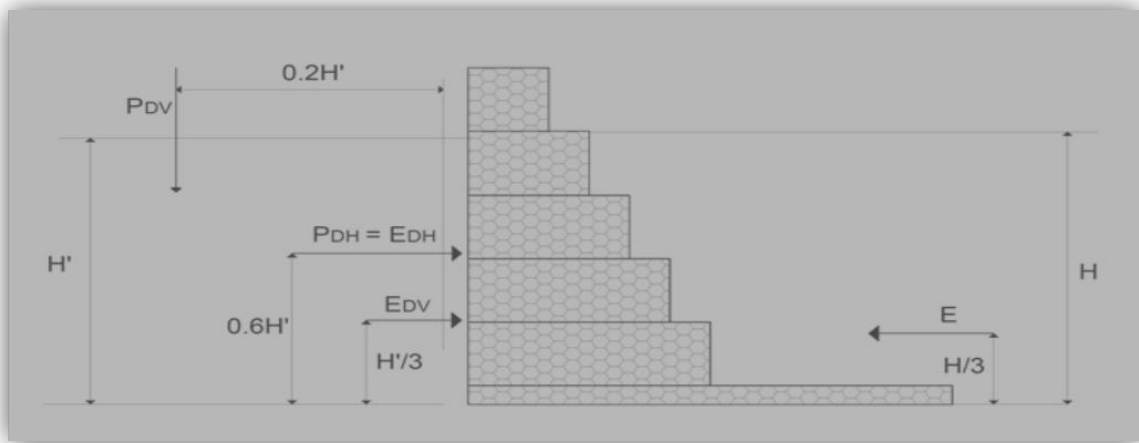
**A<sub>v</sub>máx:** Es el Coeficiente de Aceleración Vertical

Los coeficientes de Aceleración Horizontal y Vertical, para la zona I como para la zona II son los siguientes:

| Coeficiente | Zona |      |
|-------------|------|------|
|             | I    | II   |
| $A_{hmáx}$  | 0.20 | 0.10 |
| $A_{vmáx}$  | 0.10 | 0.05 |

**Cuadro 6.3:** Coeficientes de aceleración sísmica.

**Fuente:** Tomada del Norma Técnica para Diseño por Sismo.



En el estado plástico activo, (figura 6.15) evidentemente se tiene:

$$\frac{Ph}{Pv} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1}{N\phi} \quad (6.4)$$

Se ve entonces que:

$$KA = \frac{1}{N\phi} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (6.5)$$

Expresión que da el valor del coeficiente activo de presión de tierras.

Análogamente, en el estado plástico pasivo se tendrá:

$$\frac{Ph}{Pv} = \frac{\sigma_1}{\sigma_3} = N\phi \quad (6.6)$$

Y resulta que:

$$KP = N\phi = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (6.7)$$

Para el coeficiente pasivo de presión de tierras.

Los dos casos de estados plásticos anteriores parecen tener una correspondencia con la realidad ingenieril que los hace de interés práctico.

### 6.8.4 Formulas para los Empujes Friccionantes.

- **Hipótesis Para su Aplicación.**

Si las expresiones para las presiones activa y pasiva, dentro de la teoría de Rankine, obtenidos para una profundidad  $Z$ , se integran a lo largo de la altura  $H$  del muro, podrán obtenerse los empujes totales correspondientes. El procedimiento implica la suposición de que los estados plásticos respectivos se han desarrollado totalmente en toda la masa del relleno, es decir, que el muro se ha deformado lo necesario.

Así, para el estado plástico activo podrá escribirse, con base en la ecuación 6.4

$$P_h = \frac{P_v}{N\beta} = \frac{\gamma Z}{N\beta} \quad (6.8)$$

Expresión que da la presión horizontal actuante sobre el Muro a la profundidad  $z$ .  
En un elemento  $dz$  del respaldo del Muro, a la profundidad  $z$ , obra el empuje:

$$dE_A = \frac{1}{N\beta} (\gamma Z dz) \quad (6.9)$$

Supuesta una dimensión unitaria normal al papel; por lo tanto en la altura  $H$  el empuje total será:

$$E_A = \frac{1}{N\beta} \left( \int_0^H Z \cdot dz \right) = \frac{1}{2N\beta} (\gamma_s H^2) = \frac{1}{2} K_A \gamma_s H^2 \quad (6.10)$$

La expresión 6.10 da el empuje total activo ejercido por un relleno horizontal contra un Muro de respaldo vertical.

En forma análoga, para el estado plástico pasivo, a partir de la forma 6.6 se llega al valor del empuje pasivo total:

$$E_P = \frac{1}{2} (N\beta \gamma H^2) = \frac{1}{2} (K_P \gamma H^2) \quad (6.11)$$

Valida también para Muros de respaldo vertical y superficial del Relleno Horizontal.

## 6.9 DISEÑO DE OBRA DE PROTECCIÓN (MURO DE GAVION) Y PRESUPUESTO

### PUNTO DE INTERÉS 1: COLONIA LA PRADO

De acuerdo con los estudios hidrológicos e hidráulicos y a las inspecciones realizadas en la Colonia La Prado se determino:

1. Construir muro de gavión con una longitud de 50 metros, que estaría Ubicado al este del cauce del rio, como se muestra en la figura 6.16.



**Figura 6.16** Ubicación del muro de gavión Colonia La Prado

Fuente: Grupo de Investigación.

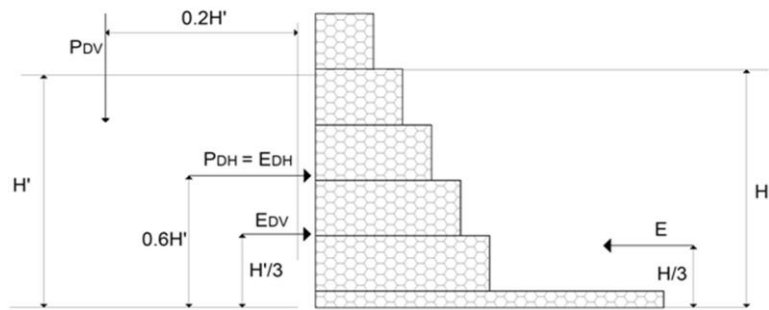
La decisión de proponer muros del gavión es porque acelera el estado de equilibrio del cauce. Además evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, así como también controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones. La economía, vida útil de la estructura y factibilidad de construcción es algunas de las ventajas de estos muros.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Ministerio de Obras Publicas



FUERZAS DINAMICAS ACTUANTES EN EL GAVION

Gavión Longitudinal



DATOS:

Lugar: Colonia La Prado.

|              |                         |         |                       |
|--------------|-------------------------|---------|-----------------------|
| $\phi =$     | 30 °                    | $q_a =$ | 25 Ton/m <sup>2</sup> |
| $\gamma_p =$ | 2.7 Ton/m <sup>3</sup>  | $H =$   | 6 m                   |
| $\gamma_s =$ | 1.45 Ton/m <sup>2</sup> | $L =$   | 50.00 m               |
| base =       | 6 m                     |         |                       |

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_a = \frac{\gamma_s H^2 K_a}{2} - 2.C.H\sqrt{K_a}$$

$$K_a = 0.33$$

$$E_a = 3.88$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_p = \frac{1}{2}(N.\phi.\gamma.H^2) = \frac{1}{2}(K_p.\gamma.H^2)$$

$$K_p = 3$$

$$E_p = 0$$

| ELEMENTO     | AREA (m <sup>2</sup> ) | PESO (Ton/m) | BRAZO (m)     | MR (Ton-m/m) |
|--------------|------------------------|--------------|---------------|--------------|
| 1            | 1.00                   | 2.70         | 5.50          | 14.85        |
| 2            | 1.50                   | 4.05         | 5.25          | 21.26        |
| 3            | 2.00                   | 5.40         | 5.00          | 27.00        |
| 4            | 2.50                   | 6.75         | 4.75          | 32.06        |
| 5            | 3.00                   | 8.10         | 4.50          | 36.45        |
| 6            | 3.50                   | 9.45         | 4.25          | 40.16        |
|              |                        |              |               |              |
| <b>TOTAL</b> | $\Sigma W =$           | 36.5         | $\Sigma Mr =$ | 171.79       |

$$\mu = 2/3 (\tan \phi)$$

$$f = \mu n$$

$$\mu = 0.38$$

$$f = 13.851$$

$$\text{Ton/m}$$

### Coeficientes de aceleración sísmica

| Coeficientes            | Zona I | Zona II |
|-------------------------|--------|---------|
| <b>A<sub>h</sub>máx</b> | 0.2    | 0.1     |
| <b>A<sub>v</sub>máx</b> | 0.1    | 0.05    |

### Fuerzas Sísmicas:

**Encontrando Empuje Dinámico Horizontal:**

$$EDH = 3/8 \gamma H^2 A_{hmax}$$

$$Edh = 3.915 \text{ Ton/m}$$

**Encontrando Empuje Dinámico Vertical:**

$$EDV = 1/2 \gamma H^2 A_{vmax}$$

$$Edv = 2.61 \text{ Ton/m}$$

**NOTA:** La carga vertical se transforma en carga horizontal al multiplicarla por  $K_a$

$$E_{dv} = (E_d)(K_a) \qquad P_{dv} = 0.86 \text{ Ton/m}$$

### Momento de volteo

$$M_v = (E_a + E_{dv})(H/3) + (E_{dv})(0.60H)$$

$$M_v = 23.5766 \text{ Ton.m/m}$$

| Efecto        | sísmica | gravitacional |
|---------------|---------|---------------|
| Deslizamiento | 1.2     | 1.5           |
| volteo        | 1.2     | 1.5           |

#### 1) Desplazamiento

$$FS = (E_p + f) / (E_{dh} + P_{dv} + E_a)$$

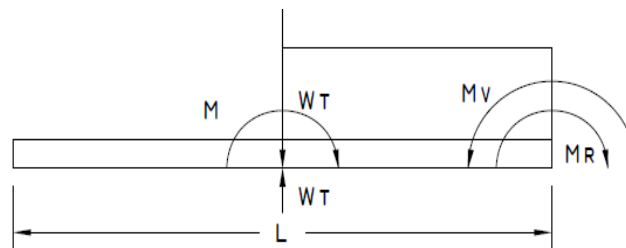
$$FS = 1.600106281 \text{ VERDADERO}$$

#### 2) Volteo

$$FS = M_r / M_v$$

$$FS = 7.286355963 \text{ VERDADERO}$$

#### 3) Capacidad de Suelo $q < q_a$



$$e = M / WT \quad > / < \quad L/6$$

$$\text{Si: } e < L/6$$

$$\text{Usar: } q = (W_T / A) \times (1 \pm (G^* e) / L) \qquad A = L \times l_m$$

$$\text{Si: } e > L/6$$

$$Usar: (2. W_T) / (3 * B * m)$$

$$B = 1.0 \text{ m}, m = (L / 2) - e$$

$$M = M_r - M_v - \Sigma W L / 2$$

$$M = 93.54$$

$$e = M / W_T = 2.57$$

$$L/6 = 0.5$$

$$q = 21.66 \text{ Ton/m}^2$$

**Por lo tanto el Muro cumple con las condiciones necesarias de diseño.**

## **2. Como obras no estructurales se proponen:**

- Campañas de concientización a la población del uso de los suelos.
- Realizar proyectos de reforestación en la zona alta de la cuenca del Rio San Francisco
- Activar un comité de alerta temprana entre los pobladores de dicha Colonia para salvaguardar vidas y pérdidas económicas en esta zona.
- Reubicación de viviendas que colindan en las riveras del rio.

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

COLONIA LA PRADO

PARTIDA No: 1

BODEGA

UNIDAD:

ML

SG

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL |          |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.00     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             | SUB TOTAL  |          |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL  |
|-------------|--------|----------|-----------|-----------|
| OTROS       | SG     |          | \$ 130.00 | \$ 130.00 |
|             |        |          |           |           |
|             |        |          | SUB TOTAL | \$ 130.00 |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$130.00 |
| COSTO INDIRECTO |  |         | \$0.00   |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$130.00 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 2                                      LIMPIEZA Y CHAPEO                                      Unidad                                      M2

ÍTEM No:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MAND DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Caporal     | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.0023      | 0.04     |
| Auxiliar    | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.0023      | 0.02     |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.06     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN            | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|------------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camiones Para desalojo |      |           | 0.0023      | \$30.00    | \$0.07   |
| Machetes, cumas, etc.  |      |           | 1.0         | 0.01       | 0.01     |
|                        |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.08     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |        |
|-----------------|--|---------|--------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$0.14 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$0.01 |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$0.15 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 3

TRAZO.

UNIDAD:

SG

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN                  | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------------------|--------|----------|-----------|----------|
| Costanera de pino            | vara   | 0.05     | 1.00      | 0.05     |
| Regla pacha de pino          | vara   | 0.02     | 0.85      | 0.02     |
| Clavo de Ho. 2 1/2" c/cabeza | libra  | 0.01     | 1.00      | 0.01     |
| Cordel No. 15                | rollo  | 0.00     | 2.50      | 0.00     |
|                              |        |          |           |          |
|                              |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:                    |        |          | SUB TOTAL | 0.08     |

**B. MAND DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           |             | 0.25       | 0.25     |
|                     |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.25     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$91.48  |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$9.15   |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$100.63 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 4

EXCAVACION

UNIDAD:  
M3

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MAND DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| auxiliar    | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN           | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-----------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| EQUIPO Y HERRAMIENTAS |      |           | 0.1100      | 80.00      | 8.80     |
|                       |      |           |             | SUB TOTAL  | 8.80     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No.: 5 GAVIONES

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN      | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------|--------|----------|-----------|----------|
| PIEDRA           | M3     | 1.25     | \$ 30.00  | \$ 37.50 |
| GAVION TIPO CAJA | M3     | 1.00     | \$ 45.00  | \$ 45.00 |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:        |        |          | SUB TOTAL | \$ 82.50 |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN     | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-----------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Maestro de Obra | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.70        | 12.92    |
| Albañiles       | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.70        | 6.03     |
|                 |        |            |            |             |          |
|                 |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:       |        |            |            | SUB TOTAL   | 18.94    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           | 1           | \$0.25     | \$0.25   |
|                     |      |           |             |            |          |
|                     |      |           |             |            |          |
|                     |      |           |             | SUB TOTAL  | \$0.25   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$101.69 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.17  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$111.86 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No: 6 TRANSPORTE

ÍTEM No.:  
**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camion      | SG   |           | 0.11        | \$80.00    | \$8.80   |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             | SUB TOTAL  | \$8.80   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |

**VOLUMENES DE OBRA**

**IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.  
COLONIA LA PRADO, PUNTO DE INTERES No 1.**

| No                     | DESCRIPCION DE PARTIDAS | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO DIRECTO |           |          | TOTAL COSTO DIRECTO | COSTO INDIRECTO | IVA 13%  | TOTAL COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO PARTIDA      |
|------------------------|-------------------------|----------|--------|---------------|-----------|----------|---------------------|-----------------|----------|----------------------|---------------|--------------------|
|                        |                         |          |        | MATERIAL      | MANO OBRA | OTROS    |                     |                 |          |                      |               |                    |
| 1                      | Bodega                  | 1.00     | SG     | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$0.00          | \$ 16.90 | \$130.00             | \$146.90      | \$130.00           |
| 2                      | Limpieza y Chapeo       | 300.00   | m2     | \$0.00        | \$0.25    | \$0.00   | \$0.25              | \$0.01          | \$ 0.03  | \$0.26               | \$0.28        | \$78.00            |
| 3                      | Traza                   | 1.00     | SG     | \$91.48       | \$12.00   | \$0.00   | \$103.48            | \$9.15          | \$ 13.45 | \$112.63             | \$116.93      | \$112.63           |
| 4                      | Excavacion con Maquina  | 300.00   | m3     | \$0.00        | \$0.50    | \$5.00   | \$5.50              | \$10.00         | \$ 0.72  | \$15.50              | \$6.22        | \$4,650.00         |
| 5                      | Gavión                  | 675.00   | m3     | \$45.00       | \$15.00   | \$0.25   | \$60.25             | \$10.17         | \$ 7.83  | \$70.42              | \$68.08       | \$47,533.50        |
| 6                      | Transporte              | 15.00    | Viaje  | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$10.00         | \$ 16.90 | \$140.00             | \$146.90      | \$2,100.00         |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                    |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                    |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                    |
| <b>COSTO TOTAL</b>     |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$54,604.13</b> |
| <b>IVA</b>             |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$ 7,098.54</b> |
| <b>VALOR DE OFERTA</b> |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$61,702.67</b> |

## PUNTO DE INTERES 2: BARRIO EL CALVARIO.

En este punto de interés se proponen las siguientes obras de mitigación, como posible solución a la problemática que se presenta en esta zona en época lluviosa:

1. Muro de Gavión con una longitud de 200 mts, ya que dada la cercanía que se encuentra el Rio con la población se toma a bien proponer dicha Obra para que sirva de barrera protectora y al mismo tiempo como encauce del Rio.



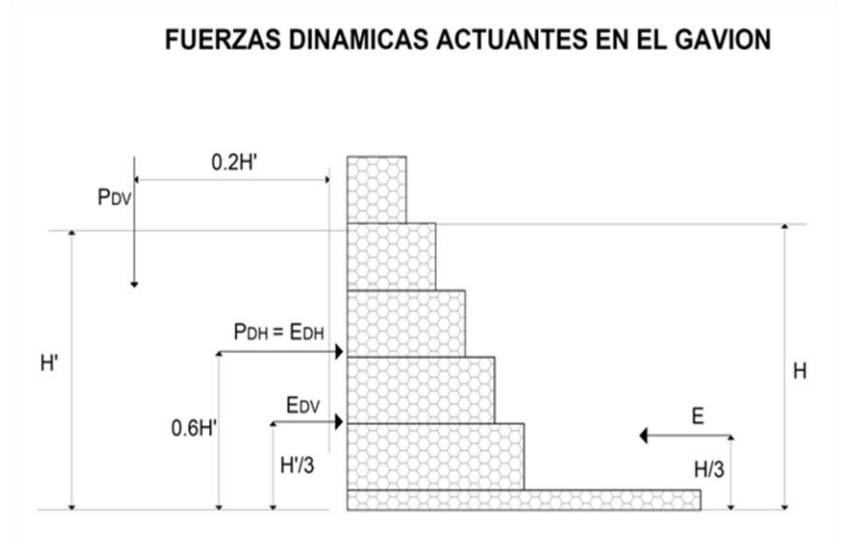
**Figura 6.17:** Ubicación de Muro de Gavión.

**Fuente:** Grupo de investigación.

Dada la cercanía de la población al Rio San Francisco es recomendable construir tal obra que se propone ya que no existe ninguna protección y es por ello que se ocasiona desborde al momento de precipitaciones intensas.

## DISEÑO DE OBRA DE PROTECCION (MURO DE GAVION)

### Gavi3n Longitudinal



#### DATOS:

Lugar: Barrio El Calvario

|               |                         |         |                       |
|---------------|-------------------------|---------|-----------------------|
| $\emptyset =$ | 30 °                    | $q_a =$ | 25 Ton/m <sup>2</sup> |
| $\gamma_p =$  | 2.7 Ton/m <sup>3</sup>  | H =     | 6 M                   |
| $\gamma_s =$  | 1.45 Ton/m <sup>2</sup> | L =     | 200 M                 |
| base =        | 3 M                     | H =     | 0 M                   |

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_a = \frac{\gamma_s H^2 K_a}{2} - 2.C.H.\sqrt{K_a}$$

$$K_a = 0.33$$

$$E_a = 3.88$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_p = \frac{1}{2} (N.\phi.\gamma.H^2) = \frac{1}{2} (K_p.\gamma.H^2)$$

$$K_p = 3$$

$$E_p = 0$$

| ELEMENTO     | AREA (m <sup>2</sup> ) | PESO (Ton/m) | BRAZO (m)     | MR (Ton-m/m) |
|--------------|------------------------|--------------|---------------|--------------|
| 1            | 1.00                   | 1.45         | 5.50          | 7.98         |
| 2            | 1.50                   | 2.18         | 5.25          | 11.42        |
| 3            | 2.00                   | 2.90         | 5.00          | 14.50        |
| 4            | 2.50                   | 3.63         | 4.75          | 17.22        |
| 5            | 3.00                   | 4.35         | 4.50          | 19.58        |
| 6            | 3.50                   | 5.08         | 4.25          | 21.57        |
| <b>TOTAL</b> | $\Sigma W =$           | 19.6         | $\Sigma Mr =$ | 92.26        |

$$\mu = 2/3 (\text{Tan } \phi)$$

$$f = \mu n$$

$$\mu = 0.38$$

$$f = 7.4385 \text{ Ton/m}$$

### Coeficientes de aceleración sísmica

| Coeficientes            | Zona I | Zona II |
|-------------------------|--------|---------|
| <b>A<sub>h</sub>máx</b> | 0.2    | 0.1     |
| <b>A<sub>v</sub>máx</b> | 0.1    | 0.05    |

### Fuerzas Sísmicas:

**Encontrando Empuje Dinámico Horizontal:**

**Encontrando Empuje Dinámico Vertical:**

$$EDH = 3/8 \gamma H^2 A_{hmax}$$

$$EDV = 1/2 \gamma H^2 A_{vmax}$$

$$Edh = 3.92 \text{ Ton/m}$$

$$Edv = 2.61 \text{ Ton/m}$$

**NOTA: La carga vertical se transforma en carga horizontal al multiplicarla por K<sub>a</sub>**

$$Edvh = (Edv)(K_a)$$

$$Pdvh = 0.86 \text{ Ton/m}$$

### Momento de volteo

#### 1) Desplazamiento

$$M_v = (E_a + E_{dvh})(H/3) + (E_{dvh})(0.60H)$$

$$M_v = 12.58328 \text{ Ton.m/m} \\ FS = (E_p + f) / (E_{dh} + D_{dvh} + E_a)$$

| Efecto        | sismica | gravitacional |
|---------------|---------|---------------|
| Deslizamiento | 1.2     | 1.5           |
| volteo        | 1.2     | 1.5           |

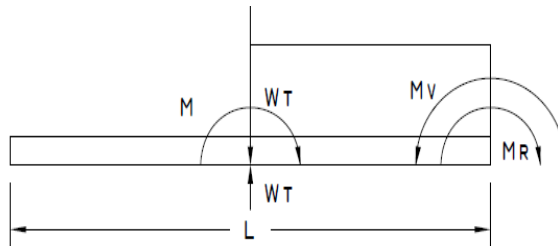
$$FS = 0.85882027 \quad \text{VERDADERO}$$

#### 2) Volteo

$$FS = M_r / M_v$$

$$FS = 7.33165359 \quad \text{VERDADERO}$$

#### 3) Capacidad de Suelo $q < q_a$



$$e = M / WT \quad >/< \quad L/6$$

Si:  $e < L/6$

$$U_{sar}: q = (WT / A) \times (1 \pm (G * e) / L) \quad A = L \times l \text{ m}$$

Si:  $e > L/6$

$$U_{sar}: (2 \cdot WT) / (3 * B * m) \quad B = 1.0 \text{ m}, m = (L / 2) - e$$

$$M = M_r - M_v - \Sigma W \cdot L/2$$

$$M = 79.67$$

$$e = M / WT \quad e = 4.07$$

$$L/6 = 0$$

$$q = 16.54 \text{ Ton/m}^2$$

**Por lo tanto el Muro cumple con las condiciones necesarias de diseño.**



f. También se proponen las siguientes Obras no Estructurales:

- Aplicación de Ley de Urbanismo y Construcción ya que debido al desarrollo desorganizado se está construyendo en la rivera del Rio Sanfrancisco no dejando la distancia que se menciona en el Art. 50 de la Ley ya mencionada.
- Encauzamiento del Rio para que este retome su estado natural.
- Realizar limpieza del Rio aguas arriba ya que existen materiales de arrastre asi como también arboles que se encuentran deteriorados y pueden causar daños en infraestructura actual "Pasarela Peatonal". Ya que en sucesos anteriores ha sufrido daños considerables.
- Concientización a la población mediante charlas educativas, de que hacer en casos de emergencia cuando esté ocurriendo el evento y salvaguardar las vidas y bienes materiales.
- Establecer un sistema de alerta temprana.

A continuación se detallan: el precio unitario y presupuesto de Obra de Mitigación (Muro de Gavión).  
Que se propone:

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

Ba. EL CALVARIO

PARTIDA No: 1

BODEGA

UNIDAD:

SG

ML

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL |          |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.00     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             | SUB TOTAL  |          |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL  |
|-------------|--------|----------|-----------|-----------|
| OTROS       | SG     |          | \$ 130.00 | \$ 130.00 |
|             |        |          | SUB TOTAL | \$ 130.00 |

|                 |  |         |  |          |
|-----------------|--|---------|--|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D |  | \$130.00 |
| COSTO INDIRECTO |  |         |  | \$0.00   |
| PRECIO UNITARIO |  |         |  | \$130.00 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 2 LIMPIEZA Y CHAPED Unidad 300 M2

ÍTEM No:  
**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Caporal     | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.0023      | 0.04     |
| Auxiliar    | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.0023      | 0.02     |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.06     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN            | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|------------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camiones para desalojo |      |           | 0.0023      | \$30.00    | \$0.07   |
| Machetes, cumas, etc.  |      |           | 1.0         | 0.01       | 0.01     |
|                        |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.08     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |        |
|-----------------|--|---------|--------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$0.14 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$0.01 |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$0.15 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 3

TRAZO.

UNIDAD:

SG

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN                  | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------------------|--------|----------|-----------|----------|
| Costanera de pino            | vara   | 0.05     | 1.00      | 0.05     |
| Regla pacha de pino          | vara   | 0.02     | 0.85      | 0.02     |
| Clavo de Ho. 2 1/2" c/cabeza | Libra  | 0.01     | 1.00      | 0.01     |
| Cordel No. 15                | Rollo  | 0.00     | 2.50      | 0.00     |
|                              |        |          |           |          |
|                              |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:                    |        |          | SUB TOTAL | 0.08     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           |             | 0.25       | 0.25     |
|                     |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.25     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$91.48  |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$9.15   |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$100.63 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 4

EXCAVACION

UNIDAD:  
300 M3

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MAND DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Auxiliar    | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN           | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-----------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| EQUIPO Y HERRAMIENTAS |      |           | 0.1100      | 80.00      | 8.80     |
|                       |      |           |             | SUB TOTAL  | 8.80     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No.: 5 GAVIONES

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN      | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------|--------|----------|-----------|----------|
| PIEDRA           | M3     | 1.25     | \$ 30.00  | \$ 37.50 |
| GAVION TIPO CAJA | M3     | 1.00     | \$ 45.00  | \$ 45.00 |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:        |        |          | SUB TOTAL | \$ 82.50 |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN     | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-----------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Maestro de Obra | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.70        | 12.92    |
| Albañiles       | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.70        | 6.03     |
|                 |        |            |            |             |          |
|                 |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:       |        |            |            | SUB TOTAL   | 18.94    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           | 1           | \$0.25     | \$0.25   |
|                     |      |           |             |            |          |
|                     |      |           |             | SUB TOTAL  | \$0.25   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$101.69 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.17  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$111.86 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No: 6 TRANSPORTE

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camion      | SG   |           | 0.11        | \$80.00    | \$8.80   |
|             |      |           |             |            |          |
| SUBTOTAL:   |      |           |             | SUB TOTAL  | \$8.80   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |

**VOLUMENES DE OBRA**

**IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.  
BARRIÓ EL CALVARIO, PUNTO DE INTERES No 2.**

| No                     | DESCRIPCION DE PARTIDAS | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO DIRECTO |           |          | TOTAL COSTO DIRECTO | COSTO INDIRECTO | IVA 13%  | TOTAL COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO PARTIDA       |
|------------------------|-------------------------|----------|--------|---------------|-----------|----------|---------------------|-----------------|----------|----------------------|---------------|---------------------|
|                        |                         |          |        | MATERIAL      | MAND OBRA | OTROS    |                     |                 |          |                      |               |                     |
| 1                      | Bodega                  | 1.00     | SG     | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$0.00          | \$ 16.90 | \$130.00             | \$146.90      | \$130.00            |
| 2                      | Limpieza y Chapeo       | 1,200.00 | m2     | \$0.00        | \$0.25    | \$0.00   | \$0.25              | \$0.01          | \$ 0.03  | \$0.26               | \$0.28        | \$312.00            |
| 3                      | Trazo                   | 1.00     | SG     | \$91.48       | \$12.00   | \$0.00   | \$103.48            | \$9.15          | \$ 13.45 | \$112.63             | \$116.93      | \$112.63            |
| 4                      | Excavacion con Maquina  | 1200.00  | m3     | \$0.00        | \$0.50    | \$5.00   | \$5.50              | \$10.00         | \$ 0.72  | \$15.50              | \$6.22        | \$18,600.00         |
| 5                      | Gavion                  | 2700.00  | m3     | \$45.00       | \$15.00   | \$0.25   | \$60.25             | \$10.17         | \$ 7.83  | \$70.42              | \$68.08       | \$190,134.00        |
| 6                      | Transporte              | 40.00    | Viaje  | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$10.00         | \$ 16.90 | \$140.00             | \$146.90      | \$5,600.00          |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
| <b>COSTO TOTAL</b>     |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$214,888.63</b> |
| <b>IVA</b>             |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$ 27,935.52</b> |
| <b>VALOR DE OFERTA</b> |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$242,824.15</b> |



### PUNTO DE INTERES 3: BARRIO LAS FLORES.

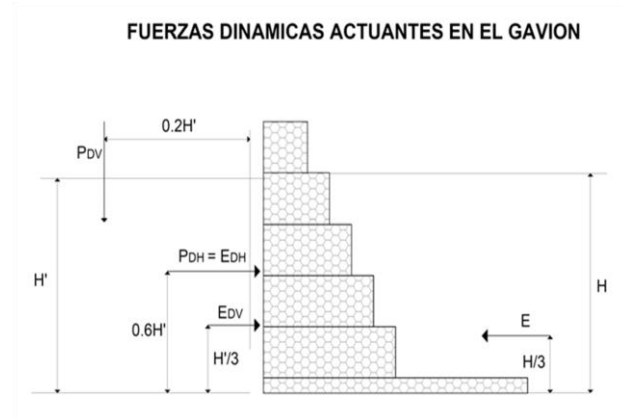
Este punto se propone un Muro de gavión ya que por las visitas realizadas se llegó a la siguiente Obra de Mitigación como posible solución, debido a que en la zona existe un puente vehicular y de acuerdo a los estudios realizados tanto Hidrológico e hidráulico esta estructura es insuficiente para el Caudal Max registrado, otro problema es la construcción de bordas que se realizaron como medida de mitigación por el desbordamiento del Rio; lo que causo fue otro problema grave ya que el agua que fluye de la escorrentía superficial no desemboca directamente al Rio porque encuentra a su paso la borda construida formándose un estancamiento lo que permite que se inunden las casas de este sector y se constato mediante testimonios de la población así como también imágenes del canal local (Sol Tv, Morazán).



**Figura 6.18:** Ubicación de Muro de Gavión.  
**Fuente.:** Grupo de Investigación.

## Diseño de Obra de Protección

### Gavión Longitudinal



#### DATOS:

Lugar: Barrio Las Flores

|              |                         |         |                       |
|--------------|-------------------------|---------|-----------------------|
| $\phi =$     | 30 °                    | $q_a =$ | 25 Ton/m <sup>2</sup> |
| $\gamma_p =$ | 2.7 Ton/m <sup>3</sup>  | L =     | 150 M                 |
| $\gamma_s =$ | 1.45 Ton/m <sup>2</sup> | C =     | 0 M                   |
| base =       | 4.5 m                   | H =     | 0 M                   |

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_a = \frac{\gamma_s H^2 K_a}{2} - 2.C.H.\sqrt{K_a}$$

$$K_a = 0.33$$

$$E_a = 3.88$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_p = \frac{1}{2}(N.\phi.\gamma.H^2) = \frac{1}{2}(K_p.\gamma.H^2)$$

$$K_p = 3$$

$$E_p = 0$$

| ELEMENTO     | AREA<br>(m <sup>2</sup> ) | PESO<br>(Ton/m) | BRAZO (m)     | MR<br>(Ton-<br>m/m) |
|--------------|---------------------------|-----------------|---------------|---------------------|
| 1            | 1.00                      | 1.45            | 5.50          | 7.98                |
| 2            | 1.50                      | 2.18            | 5.25          | 11.42               |
| 3            | 2.00                      | 2.90            | 5.00          | 14.50               |
| 4            | 2.50                      | 3.63            | 4.75          | 17.22               |
| 5            | 3.00                      | 4.35            | 4.50          | 19.58               |
| 6            | 3.50                      | 5.08            | 4.25          | 21.57               |
| <b>TOTAL</b> | $\Sigma W =$              | 19.6            | $\Sigma Mr =$ | 92.26               |

$$\mu = 2/3 (\tan \phi)$$

$$f = \mu n$$

$$\mu = 0.38$$

$$f = 7.4385 \text{ Ton/m}$$

### Coeficientes de aceleración sísmica

| Coeficientes             | Zona I | Zona II |
|--------------------------|--------|---------|
| <b>A<sub>h</sub> máx</b> | 0.2    | 0.1     |
| <b>A<sub>v</sub> máx</b> | 0.1    | 0.05    |

### Fuerzas Sísmicas:

**Encontrando Empuje Dinámico Horizontal:**

$$EDH = 3/8 \gamma H^2 A_{hmax}$$

$$Edh = 3.92 \text{ Ton/m}$$

**Encontrando Empuje Dinámico Vertical:**

$$EDV = 1/2 \gamma H^2$$

$$A_{vmax}$$

$$Edv = 2.61 \text{ Ton/m}$$

**NOTA: La carga vertical se transforma en carga horizontal al multiplicarla por  $K_a$**

$$Edvh = (Edv)(Ka) \qquad Pdvh = 0.86 \quad \text{Ton/m}$$

### Momento de volteo

$$Mv = (Ea + Edvh)(H/3) + (Edvh)(0.60H)$$

$$Mv = 12.58328 \quad \text{Ton.m/m}$$

| Efecto        | sísmica | gravitacional |
|---------------|---------|---------------|
| Deslizamiento | 1.2     | 1.5           |
| volteo        | 1.2     | 1.5           |

#### 1) Desplazamiento

$$FS = (Ep + f) / (E dh + Ddvh + Ea)$$

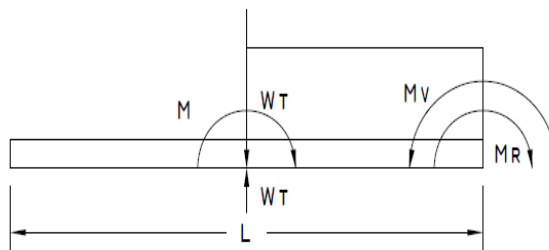
$$FS = 0.85882027 \quad \text{VERDADERO}$$

#### 2) Volteo

$$FS = Mr / Mv$$

$$FS = 7.33165359 \quad \text{VERDADERO}$$

#### 3) Capacidad de Suelo $q < q_a$



$$e = M / WT \quad >/< \quad L/6$$

$$\text{Si: } e < L/6$$

$$U_{\text{sar}}: q = (W_T / A) \times (1 \pm (B \cdot e) / L) \quad \begin{matrix} A = L \times l \\ m \end{matrix}$$

$$\text{Si: } e > L/6$$

$$U_{\text{sar}}: (2 \cdot W_T) / (3 \cdot B \cdot m) \quad \begin{matrix} B = 1.0 \text{ m} , m = (L \\ /2) - e \end{matrix}$$

$$M = M_r - M_v - \Sigma W \cdot L/2$$

$$M = 79.67$$

$$e = M/W_T = 4.07$$

$$L/6 = 0$$

$$q = 16.54 \text{ Ton/m}^2$$

**Por lo tanto el Muro cumple con las condiciones necesarias de diseño.**

## **2 Además se proponen como Obras de Mitigación Adicionales:**

- Encauzamiento de Rio para remover todo el sedimento que ha sido depositado sobre las pilas del Puente y esto obstruye el paso del agua.
- Realización de bordas como medidas de protección y Aplicación de La Ley Urbanismo y Construcción con sanciones monetarias y evitar aumento de la población en ese sector.
- En este sector la construcción de muros de gaviones permitirá que el rio no se desborde; pero este a su vez obstruirá el flujo generado por la escorrentía superficial sobre el área urbana por las precipitaciones provocando un estancamiento, ya que no existe un sistema de drenaje que evacue las mismas. Para solventar esta problemática es necesario la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial, específicamente en el Pasaje Gerardo

Barrios, Avenida León Linares y en segunda calle poniente, en un área de 8230 m<sup>2</sup> beneficiando a 31 viviendas de este sector (Ver figura 6.18.1) las cuales son directamente afectadas. por lo que se recomienda como medida necesaria, la reubicación de estas familias, así prevenir pérdidas materiales y salvaguardar las vidas humanas. Una vez realizado el traslado de los habitantes a una zona segura se podrán realizar obras de mitigación propuesta y ese espacio sea utilizado como zonas de áreas verdes y zonas de protección del rio.



**Figura 6.19** Ubicación de zona afectada por escorrentía superficial

**Fuente:** Grupo de investigación.



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

Ba. LAS FLORES

PARTIDA No: 1

BODEGA

UNIDAD:

SG

ML

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL |          |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.00     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             | SUB TOTAL  |          |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL  |
|-------------|--------|----------|-----------|-----------|
| OTROS       | SG     |          | \$ 130.00 | \$ 130.00 |
|             |        |          | SUB TOTAL | \$ 130.00 |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$130.00 |
| COSTO INDIRECTO |  |         | \$0.00   |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$130.00 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 2                      LIMPIEZA Y CHAPEO                      Unidad                      300 M2

ÍTEM No:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Caporal     | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.0023      | 0.04     |
| Auxiliar    | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.0023      | 0.02     |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.06     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN            | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|------------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camiones para desalojo |      |           | 0.0023      | \$30.00    | \$0.07   |
| Machetes, cumas, etc.  |      |           | 1.0         | 0.01       | 0.01     |
|                        |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.08     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |  |        |
|-----------------|--|---------|--|--------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D |  | \$0.14 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  |  | \$0.01 |
| PRECIO UNITARIO |  |         |  | \$0.15 |



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 3

TRAZO.

UNIDAD:

SG

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN                  | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------------------|--------|----------|-----------|----------|
| Costanera de pino            | vara   | 0.05     | 1.00      | 0.05     |
| Regla pacha de pino          | vara   | 0.02     | 0.85      | 0.02     |
| Clavo de Ho. 2 1/2" c/cabeza | Libra  | 0.01     | 1.00      | 0.01     |
| Cordel No. 15                | Rollo  | 0.00     | 2.50      | 0.00     |
|                              |        |          |           |          |
|                              |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:                    |        |          | SUB TOTAL | 0.08     |

**B. MANDO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           |             | 0.25       | 0.25     |
|                     |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.25     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$91.48  |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$9.15   |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$100.63 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 4

EXCAVACION

300

UNIDAD:

M3

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MAND DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Auxiliar    | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN           | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-----------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| EQUIPO Y HERRAMIENTAS |      |           | 0.1100      | 80.00      | 8.80     |
|                       |      |           |             | SUB TOTAL  | 8.80     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No.: 5 GAVIONES

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN      | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------|--------|----------|-----------|----------|
| PIEDRA           | M3     | 1.25     | \$ 30.00  | \$ 37.50 |
| GAVION TIPO CAJA | M3     | 1.00     | \$ 45.00  | \$ 45.00 |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:        |        |          | SUB TOTAL | \$ 82.50 |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN     | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-----------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Maestro de Obra | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.70        | 12.92    |
| Albañiles       | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.70        | 6.03     |
|                 |        |            |            |             |          |
|                 |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:       |        |            |            | SUB TOTAL   | 18.94    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           | 1           | \$0.25     | \$0.25   |
|                     |      |           |             |            |          |
| SUBTOTAL:           |      |           |             | SUB TOTAL  | \$0.25   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$101.69 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.17  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$111.86 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No: 6 TRANSPORTE

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camion      | SG   |           | 0.11        | \$80.00    | \$8.80   |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             | SUB TOTAL  | \$8.80   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |

**VOLUMENES DE OBRA**

**IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.**

**BARRIO LAS FLORES, PUNTO DE INTERES No 3.**

| No                     | DESCRIPCION DE PARTIDAS | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO DIRECTO |            |          | TOTAL COSTO DIRECTO | COSTO INDIRECTO | IVA 13%  | TOTAL COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO PARTIDA       |
|------------------------|-------------------------|----------|--------|---------------|------------|----------|---------------------|-----------------|----------|----------------------|---------------|---------------------|
|                        |                         |          |        | MATERIAL      | MANDO OBRA | OTROS    |                     |                 |          |                      |               |                     |
| 1                      | Bodega                  | 1.00     | SG     | \$0.00        | \$0.00     | \$130.00 | \$130.00            | \$0.00          | \$ 16.90 | \$130.00             | \$146.90      | \$130.00            |
| 2                      | Limpieza y Chapeo       | 600.00   | m2     | \$0.00        | \$0.25     | \$0.00   | \$0.25              | \$0.01          | \$ 0.03  | \$0.26               | \$0.28        | \$156.00            |
| 3                      | Trazo                   | 1.00     | SG     | \$91.48       | \$12.00    | \$0.00   | \$103.48            | \$9.15          | \$ 13.45 | \$112.63             | \$116.93      | \$112.63            |
| 4                      | Excavacion con Maquina  | 600.00   | m3     | \$0.00        | \$0.50     | \$5.00   | \$5.50              | \$10.00         | \$ 0.72  | \$15.50              | \$6.22        | \$9,300.00          |
| 5                      | Gavion                  | 1800.00  | m3     | \$45.00       | \$15.00    | \$0.25   | \$60.25             | \$10.17         | \$ 7.83  | \$70.42              | \$68.08       | \$126,756.00        |
| 6                      | Transporte              | 29.00    | Viaje  | \$0.00        | \$0.00     | \$130.00 | \$130.00            | \$10.00         | \$ 16.90 | \$140.00             | \$146.90      | \$4,060.00          |
|                        |                         |          |        |               |            |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
|                        |                         |          |        |               |            |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
|                        |                         |          |        |               |            |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
| <b>COSTO TOTAL</b>     |                         |          |        |               |            |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$140,514.63</b> |
| <b>IVA</b>             |                         |          |        |               |            |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$ 18,266.90</b> |
| <b>VALOR DE OFERTA</b> |                         |          |        |               |            |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$158,781.53</b> |

## PUNTO DE INTERÉS No. 4

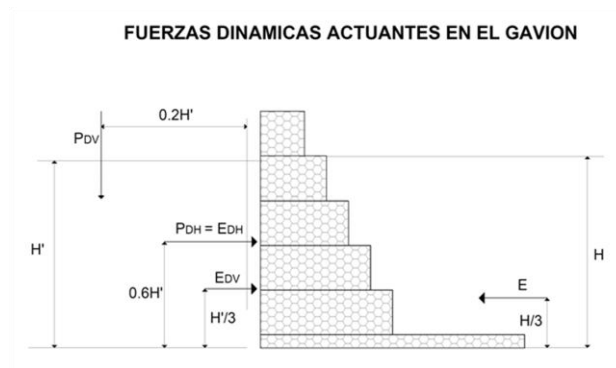
Esta colonia se encuentra ubicada en la zona sub-urbana de La ciudad de San Francisco Gotera, la cual también presenta peligro en época lluviosa ya que no existe una obra de mitigación que ayude a proteger la integridad física de los pobladores trayendo como consecuencia pérdidas económicas ya que sus plantaciones las deteriora el paso del agua desbordada.



**Figura 6.19 Ubicación de Muro de Gavión en Colonia Los Romeros.**  
Fuente: Grupo de Investigación.

## DISEÑO DE OBRA DE PROTECCION

### Gavión Longitudinal



#### DATOS:

Lugar: Col. Los Romeros

|              |                         |         |                       |
|--------------|-------------------------|---------|-----------------------|
| $\phi =$     | 30 °                    | $q_a =$ | 25 Ton/m <sup>2</sup> |
| $\gamma_p =$ | 2.7 Ton/m <sup>3</sup>  | H =     | 6 m                   |
| $\gamma_s =$ | 1.45 Ton/m <sup>2</sup> | ISD =   | 0 m                   |
| base =       | 3 m                     | H =     | 0 m                   |

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_a = \frac{\gamma_s H^2 K_a}{2} - 2CH\sqrt{K_a}$$

$$K_a = 0.33$$

$$E_a = 3.88$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_p = \frac{1}{2} (N\phi\gamma H^2) = \frac{1}{2} (K_p \gamma H^2)$$

$$K_p = 3$$

$$E_p = 0$$

| ELEMENTO     | AREA (m <sup>2</sup> ) | PESO (Ton/m) | BRAZO (m)     | MR (Ton-m/m) |
|--------------|------------------------|--------------|---------------|--------------|
| 1            | 1.00                   | 2.70         | 5.50          | 14.85        |
| 2            | 1.50                   | 4.05         | 5.25          | 21.26        |
| 3            | 2.00                   | 5.40         | 5.00          | 27.00        |
| 4            | 2.50                   | 6.75         | 4.75          | 32.06        |
| 5            | 3.00                   | 8.10         | 4.50          | 36.45        |
| 6            | 3.50                   | 9.45         | 4.25          | 40.16        |
|              |                        |              |               |              |
| <b>TOTAL</b> | $\Sigma W =$           | 36.5         | $\Sigma Mr =$ | 171.79       |

$$\mu = 2/3 (\text{Tan } \phi)$$

$$f = \mu n$$

$$\mu = 0.38$$

$$f = 13.851 \text{ Ton/m}$$

### Coeficientes de aceleración sísmica

| Coeficientes             | Zona I | Zona II |
|--------------------------|--------|---------|
| <b>A<sub>h</sub> máx</b> | 0.2    | 0.1     |
| <b>A<sub>v</sub> máx</b> | 0.1    | 0.05    |

### Fuerzas Sísmicas:

**Encontrando Empuje Dinámico Horizontal:**

$$EDH = 3/8 \gamma H^2 A_{hmax}$$

$$Edh = 3.915 \text{ Ton/m}$$

**Encontrando Empuje Dinámico Vertical:**

$$EDV = 1/2 \gamma H^2$$

$$A_{vmax}$$

$$Edv = 2.61 \text{ Ton/m}$$



**NOTA: La carga vertical se transforma en carga horizontal al multiplicarla por  $K_a$**

$$E_{dvh} = (E_{dv})(K_a) \qquad P_{dvh} = 0.86 \quad \text{Ton/m}$$

**Momento de volteo**

$$M_v = (E_a + E_{dvh})(H/3) + (E_{dvh})(0.60H)$$

$$M_v = 23.5766 \quad \text{Ton.m/m}$$

| Efecto        | sísmica | gravitacional |
|---------------|---------|---------------|
| Deslizamiento | 1.2     | 1.5           |
| volteo        | 1.2     | 1.5           |

1) Desplazamiento

$$FS = (E_p + f) / (E_{dh} + P_{dvh} + E_a)$$

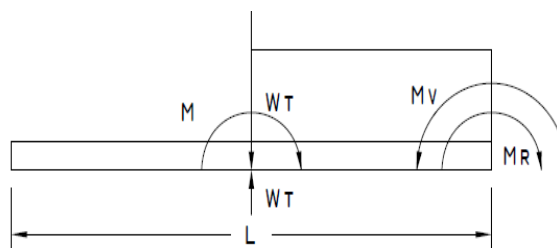
$$FS = 1.60010628 \quad \text{VERDADERO}$$

2) Volteo

$$FS = \frac{M_r}{M_v}$$

$$FS = 7.28635596 \quad \text{VERDADERO}$$

3) Capacidad de Suelo  $q < q_a$



$$e = M / W_T \quad > / < \quad L/6$$

$$\text{Si: } e < L/6$$

$$U_{sar}: q = (W_T / A) \times (1 \pm (B \cdot e) / L) \quad \begin{matrix} A = L \times \\ 1 \text{ m} \end{matrix}$$

$$\text{Si: } e > L/6$$

$$U_{sar}: (2 \cdot W_T) / (3 \cdot B \cdot m) \quad \begin{matrix} B = 1.0 \text{ m}, m = ( \\ L / 2) - e \end{matrix}$$

$$M = M_r - M_v - \Sigma W \cdot L/2$$

$$M = 93.54$$

$$e = M / W_T \quad e = 2.57$$

$$L/6 = 0.5$$

$$q = 21.66 \text{ Ton/m}^2$$

Por lo tanto el Muro cumple con las condiciones necesarias de diseño.

**Otras propuestas de Obras de Mitigación tenemos:**

- Promover en la población campañas de concientización a los pobladores de mejor uso de Suelos, ya que presente una excesiva erosión.
- Realizar labores de dragado y encauzamiento del Rio ya que presente abundante sedimento que ha sido material arrastrado.
- Reubicación de viviendas cercanas al Rio

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

COLONIA LOS ROMEROS

PARTIDA No: 1

BODEGA

UNIDAD:  
SG

ML

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL |          |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.00     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             | SUB TOTAL  |          |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL  |
|-------------|--------|----------|-----------|-----------|
| OTROS       | SG     |          | \$ 130.00 | \$ 130.00 |
|             |        |          | SUB TOTAL | \$ 130.00 |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$130.00 |
| COSTO INDIRECTO |  |         | \$0.00   |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$130.00 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 2                                      LIMPIEZA Y CHAPEO                                      Unidad                                      300 M2

ÍTEM No:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Caporal     | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.0023      | 0.04     |
| Auxiliar    | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.0023      | 0.02     |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 0.06     |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN            | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|------------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camiones para desalojo |      |           | 0.0023      | \$30.00    | \$0.07   |
| Machetes, cumas, etc.  |      |           | 1.0         | 0.01       | 0.01     |
|                        |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.08     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |        |
|-----------------|--|---------|--------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$0.14 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$0.01 |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$0.15 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 3

TRAZO.

UNIDAD:

SG

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN                  | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------------------|--------|----------|-----------|----------|
| Costanera de pino            | vara   | 0.05     | 1.00      | 0.05     |
| Regla pacha de pino          | vara   | 0.02     | 0.85      | 0.02     |
| Clavo de Ho. 2 1/2" c/cabeza | libra  | 0.01     | 1.00      | 0.01     |
| Cordel No. 15                | rollo  | 0.00     | 2.50      | 0.00     |
|                              |        |          |           |          |
|                              |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:                    |        |          | SUB TOTAL | 0.08     |

**B. MAND DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           |             | 0.25       | 0.25     |
|                     |      |           |             | SUB TOTAL  | 0.25     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$91.48  |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$9.15   |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$100.63 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:

IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

PARTIDA No: 4

EXCAVACION

300

UNIDAD:

M3

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MAND DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Auxiliar    | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|             |        |            |            |             |          |
|             |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:   |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN           | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-----------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| EQUIPO Y HERRAMIENTAS |      |           | 0.1100      | 80.00      | 8.80     |
|                       |      |           |             | SUB TOTAL  | 8.80     |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No.: 5 GAVIONES

ÍTEM No.:

**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN      | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|------------------|--------|----------|-----------|----------|
| PIEDRA           | M3     | 1.25     | \$ 30.00  | \$ 37.50 |
| GAVION TIPO CAJA | M3     | 1.00     | \$ 45.00  | \$ 45.00 |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
|                  |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:        |        |          | SUB TOTAL | \$ 82.50 |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN     | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|-----------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| Maestro de Obra | 15     | 1.23       | 18.45      | 0.70        | 12.92    |
| Albañiles       | 7      | 1.23       | 8.61       | 0.70        | 6.03     |
|                 |        |            |            |             |          |
|                 |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:       |        |            |            | SUB TOTAL   | 18.94    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN         | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|---------------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Herramientas varias |      |           | 1           | \$0.25     | \$0.25   |
|                     |      |           |             |            |          |
|                     |      |           |             | SUB TOTAL  | \$0.25   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$101.69 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.17  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$111.86 |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS  
SIN IVA**

PROYECTO:  
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.

UNIDAD: C/U

PARTIDA No: 6 TRANSPORTE

ÍTEM No.:  
**A. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          |           |          |
| SUBTOTAL:   |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

**B. MANO DE OBRA**

| DESCRIPCIÓN        | JORNAL | PRESTACIÓN | JORN-TOTAL | RENDIMIENTO | SUBTOTAL |
|--------------------|--------|------------|------------|-------------|----------|
| M. Obra Calificada | 0.11   | 1.2300     | 0.14       | 674.3000    | 91.23    |
|                    |        |            |            |             |          |
| SUBTOTAL:          |        |            |            | SUB TOTAL   | 91.23    |

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | CAPACIDAD | RENDIMIENTO | COSTO/HORA | SUBTOTAL |
|-------------|------|-----------|-------------|------------|----------|
| Camion      | SG   |           | 0.11        | \$80.00    | \$8.80   |
|             |      |           |             |            |          |
|             |      |           |             | SUB TOTAL  | \$8.80   |

**D. SUBCONTRATOS**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO    | SUBTOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|
|             |        |          |           |          |
|             |        |          | SUB TOTAL | 0.00     |

|                 |  |         |          |
|-----------------|--|---------|----------|
| COSTO DIRECTO = |  | A+B+C+D | \$100.03 |
| COSTO INDIRECTO |  | 10.00%  | \$10.00  |
| PRECIO UNITARIO |  |         | \$110.03 |



**VOLUMENES DE OBRA**

**IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA. COLONIA LOS ROMEROS, PUNTO DE INTERES No 4.**

| No                     | DESCRIPCION DE PARTIDAS | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO DIRECTO |           |          | TOTAL COSTO DIRECTO | COSTO INDIRECTO | IVA 13%  | TOTAL COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO PARTIDA       |
|------------------------|-------------------------|----------|--------|---------------|-----------|----------|---------------------|-----------------|----------|----------------------|---------------|---------------------|
|                        |                         |          |        | MATERIAL      | MANO OBRA | OTROS    |                     |                 |          |                      |               |                     |
| 1                      | Bodega                  | 1.00     | SG     | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$0.00          | \$ 16.90 | \$130.00             | \$146.90      | \$130.00            |
| 2                      | Limpieza y Chapeo       | 900.00   | m2     | \$0.00        | \$0.25    | \$0.00   | \$0.25              | \$0.01          | \$ 0.03  | \$0.26               | \$0.28        | \$234.00            |
| 3                      | Trazo                   | 1.00     | SG     | \$91.48       | \$12.00   | \$0.00   | \$103.48            | \$9.15          | \$ 13.45 | \$112.63             | \$116.93      | \$112.63            |
| 4                      | Excavacion con Maquina  | 900.00   | m3     | \$0.00        | \$0.50    | \$5.00   | \$5.50              | \$10.00         | \$ 0.72  | \$15.50              | \$6.22        | \$13,950.00         |
| 5                      | Gavion                  | 2000.00  | m3     | \$45.00       | \$15.00   | \$0.25   | \$60.25             | \$10.17         | \$ 7.83  | \$70.42              | \$68.08       | \$140,840.00        |
| 6                      | Transporte              | 29.00    | Viaje  | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$10.00         | \$ 16.90 | \$140.00             | \$146.90      | \$4,060.00          |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
|                        |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               |                     |
| <b>COSTO TOTAL</b>     |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$159,326.63</b> |
| <b>IVA</b>             |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$ 20,712.46</b> |
| <b>VALOR DE OFERTA</b> |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$180,039.09</b> |

## **CAPITULO VII**

### **"CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"**

## 7.1 CONCLUSIONES.

En la propuesta de diseño de obras de mitigación de riesgos causadas por el desbordamiento del Río San Francisco en la ciudad de San Francisco Gotera y en base al desarrollo de la investigación realizada se concluye:

- Se comprobó mediante las visitas realizadas el exceso de deforestación que sufre la cuenca del Río San Francisco, lo cual permite que sea un factor determinante porque se genera un aumento en el escurrimiento superficial debido a la degradación del suelo, erosión, disminución de la infiltración y evapotranspiración.
- De acuerdo a los resultados obtenidos del Estudio Hidrológico e Hidráulico se determino proponer Muros de Gaviones como Obra de Mitigación por las ventajas que estos ofrecen entre las cuales se menciona su bajo costo de construcción y otras medidas no estructurales por ejemplo: concientización a la población del uso del suelo.
- No se debe permitir que siga la construcción de viviendas aledañas al Río San Francisco, ya que por medio de las visitas de campo se constato que la Ley de Urbanismo y Construcción no ha sido aplicada, en base al art. 50 en el que se establece dejar las zonas de protección.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Promover campañas enfocadas al cuidado del Medio Ambiente en Centros Educativos así como también en Instituciones Públicas y Privadas.
- A las autoridades, que se tenga un mayor control de las áreas deforestadas para evitar su aumento. Así como también sancionar a las personas que talan indiscriminadamente arboles en dicha zona conforme a la Ley, ya que esto provoca una mayor degradación y erosión del suelo.
- Realizar trabajos de ornato y limpieza del cauce del Rio periódicamente.
- Una reubicación de las viviendas que se encuentran en La Colonia La Prado, específicamente las que colindan con El Rio así como también en La Colonia Los Romeros, ya que es la solución más adecuada a la problemática con la que se estaría salvaguardando la vida de las personas y a la vez se está garantizando la ampliación del cauce para que regrese a su estado natural.
- Ampliación del área Hidráulica del Puente que se encuentra ubicado en el Barrio Las Flores ya que su diseño actual no es suficientemente optima para el flujo del caudal natural del Rio y debido a esto se forma un cuello de botella que obstruye el paso a los objetos de arrastre formándose remanso, lo cual permite que el Rio se desborde en esta zona.
- En el sector conocido como La Pasarela que se encuentra ubicada en el Barrio el Calvario se recomienda la construcción de un puente que conduzca hacia Chilanga ya que actualmente en época seca se utiliza como paso vehicular porque debido a la obra que se propone quedaría cerrada completamente esa arteria, previniendo así el desbordamiento del Rio en esa zona.

- En el Barrio Las Flores se recomienda construir un sistema de aguas lluvias para minimizar los problemas de escorrentía superficial.
- Mantener un sistema de alerta temprana entre las autoridades de Chilanga, Lolotiquillo, Yoloayquin y San Francisco Gotera junto a protección civil para realizar las evacuaciones respectivas en zonas vulnerables a inundaciones.
- Es necesario llevar a cabo un mantenimiento continuo tanto preventivo como correctivo en las obras propuestas en el predimensionamiento para que estas ejerzan la función para la cual han sido diseñada.



# BIBLIOGRAFIA

## LIBROS

Autor: Ana Deisy López Ramos

**Título: Gestión de Riesgos Urbanos Inundaciones Urbanas en El Salvador.**

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), El salvador.

Servicio Hidrológico Nacional. El salvador.

Autor: Ven Te Show, David R. Maidment y Larry W. Mays

**Título: Hidrología Aplicada.**

Edición: Primera edición, Santafé Bogotá Colombia.

Autor: Ven Te Show. Mc Graw-Hill

**Título: Hidráulica de Canales Abiertos.**

Edición: Primera edición, Santafé Bogotá Colombia.

Autor: Aparicio Mijares, Francisco J

**Título: Fundamentos de Hidrología de Superficie.**

Limusa, Mexico, DF.

Autor: MONSALVE SÁENZ, Germán.

**Título: Hidrología en la ingeniería,**

Editorial: Escuela Colombiana de Ingeniería. Santa fe Bogotá, Colombia.

Segunda edición. Abril de 2000.

Autor: Ray k. Linsley – Max Kohler

**Título: Hidrología para Ingenieros,**

Edición: Segunda Edición, 1975

## TESIS

- **“Análisis del escurrimiento superficial y propuesta de obras de mitigación en la quebrada Chogual, municipio de la Unión”.**

PRESENTADO POR:

CRUZ PACHECO, HEYNER EDENILSON

LEIVA CABALLERO, GEORGE FERNANDO

MEDINA MACHADO, ORLANDO ENRIQUE

Universidad De El Salvador, 2009

- **“PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACIÓN DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO”**

Presentado Por:

CONTRERAS HERRERA, BALMORE ANTONIO

MONTEPEQUE PARADA, JORGE VALENTÍN

Universidad De El Salvador, 2007

- **Ley de Urbanismo y Construcción. Reglamento de Urbanismo y Construcción. Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU). San Salvador, El Salvador, C.A. Julio, 1996.**



## RECURSOS ELECTRÓNICOS

- [www.snet.gob.sv](http://www.snet.gob.sv)
- [www.CEPAL.com](http://www.CEPAL.com)
- [www.CEPRODE.com](http://www.CEPRODE.com)
- Canal de televisión de Morazán (El Sol de Morazán)

## SOFTWARE

- Autodesk Land Desktop 2008.
- Microsoft Office 2007.
- Software Google Earth
- Software de Organización Geográfica.

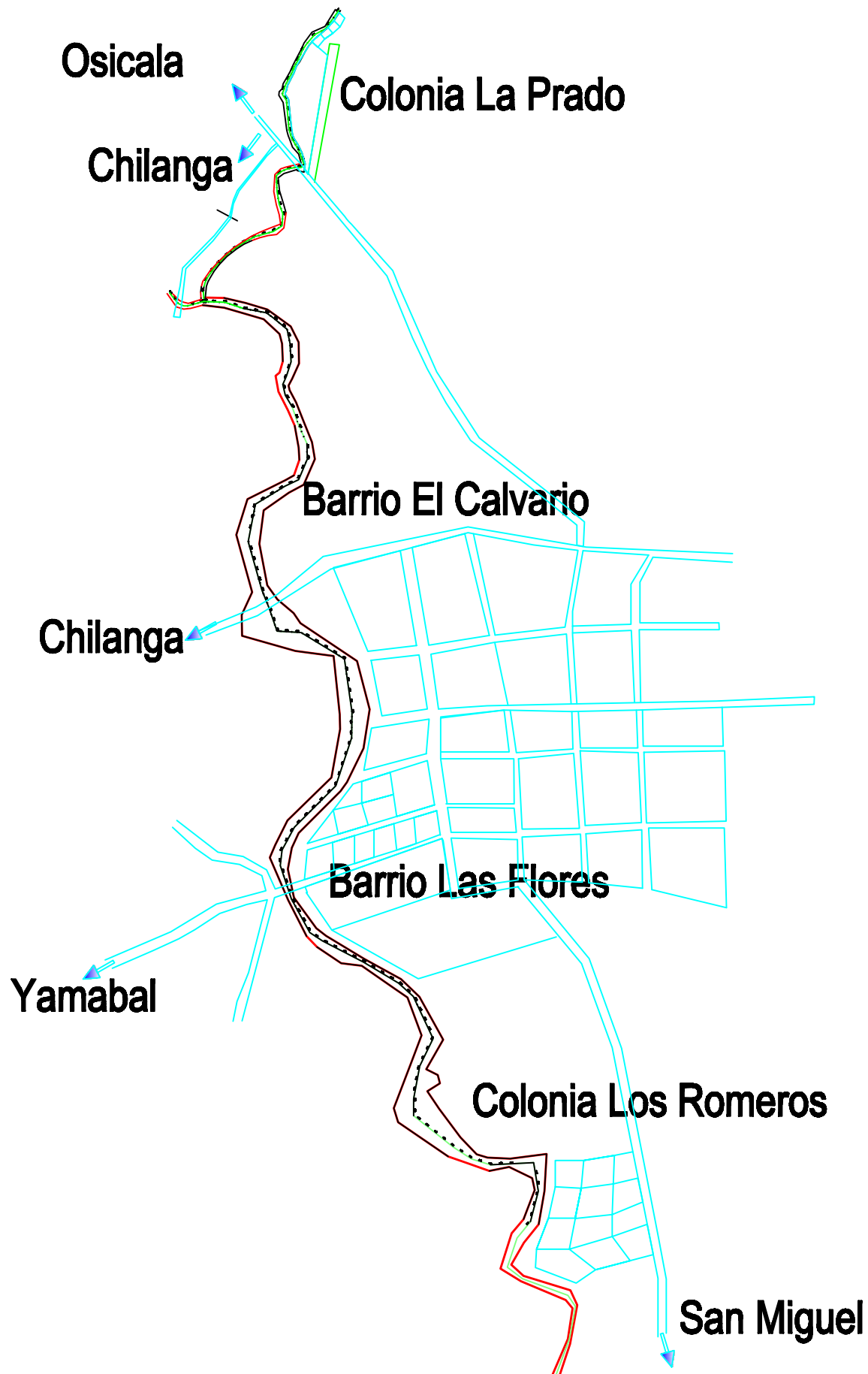
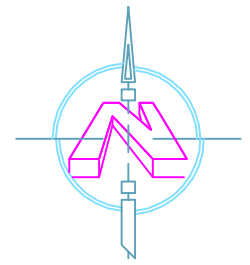


# ANEXOS

# **Anexo 1**

## **Planimetría, curvas de nivel, área entre Curvas, parte-aguas.**

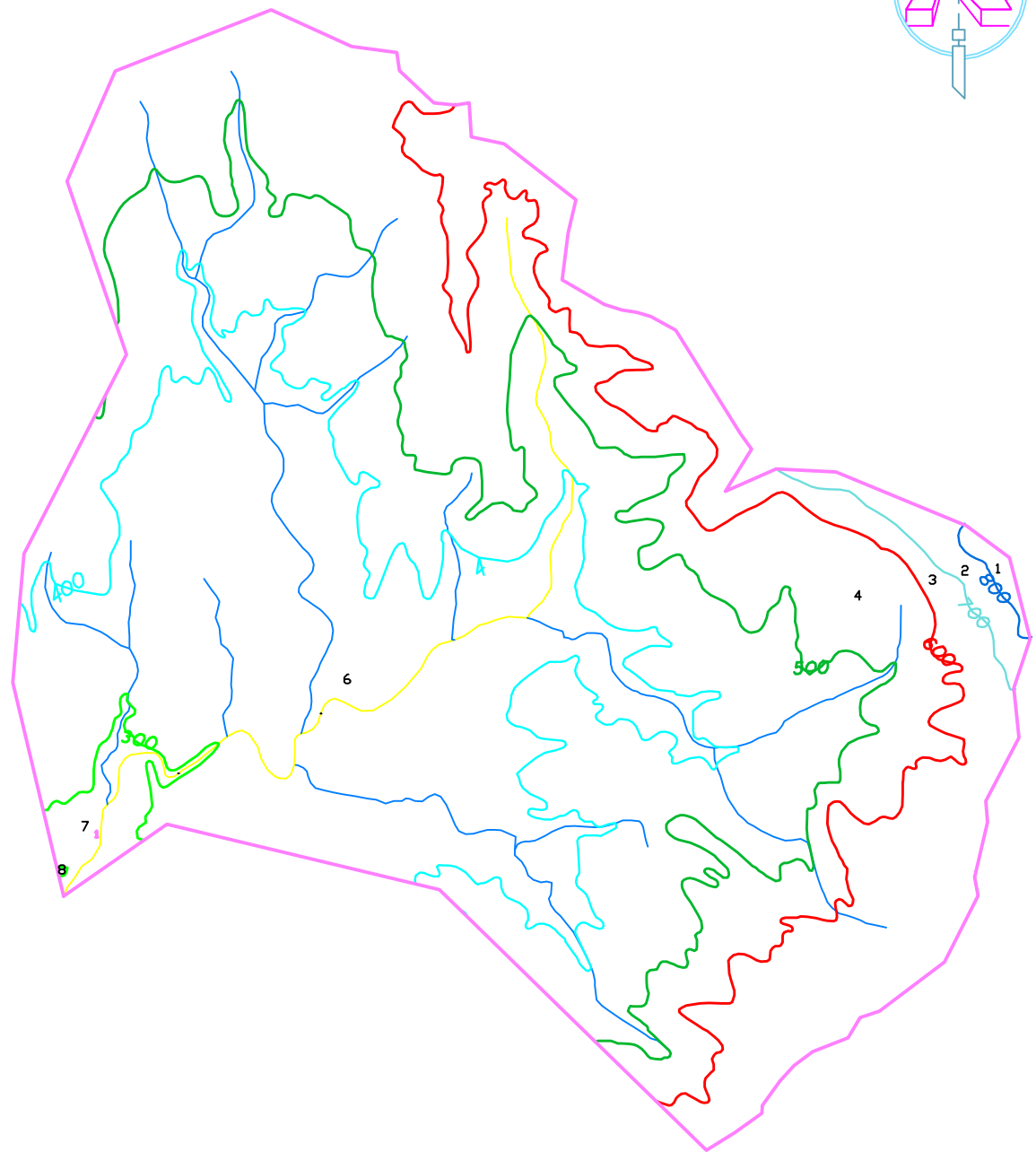
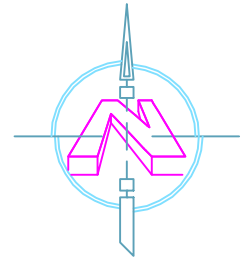
# PLANIMETRIA DE ZONAS CRITICAS A INUNDACION



|   |  |   |                             |
|---|--|---|-----------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b><br>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL<br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  |  | <b>CONTENIDO :</b><br>PLANIMETRIA EN ZONAS CRITICAS DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO GOTERA |                             |
| <b>PRESENTAN:</b><br>DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ<br>GARCIA, JUAN ERNESTO<br>RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO<br>RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN   | <b>DOCENTE DIRECTOR :</b><br>ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA | <b>FECHA :</b><br>NOVIEMBRE /11   | <b>ESCALA :</b><br>INDICADA |
| <b>PROYECTO:</b><br>"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA" |  | <b>PLANO:</b><br>5.1  |                             |



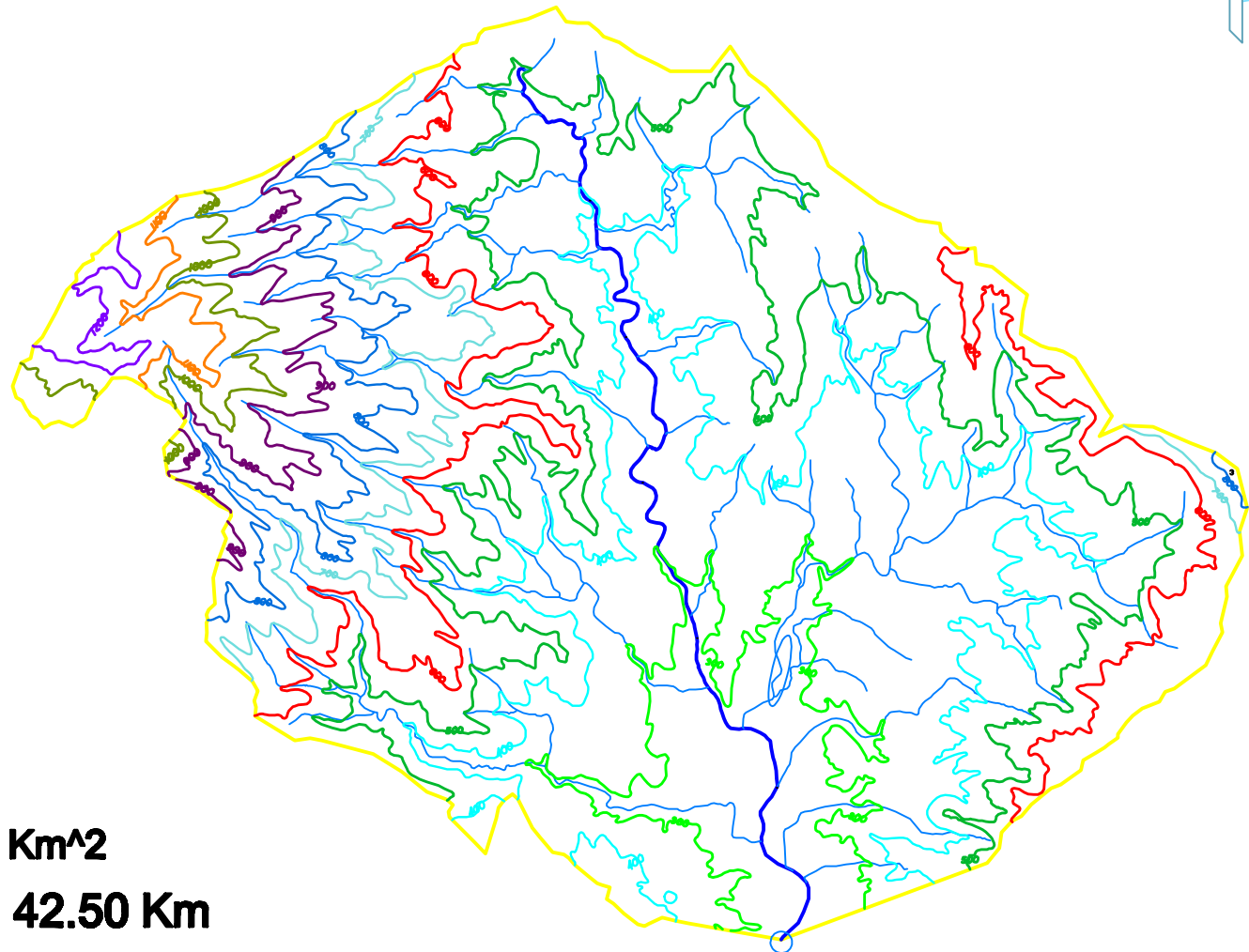
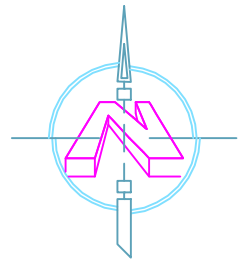
# PUNTO DE INTERES 1: COLONIA "LA PRADO"



| ELEVACIONES | AREA ENTRE CURVAS (Km <sup>2</sup> ) | LONGITUD |
|-------------|--------------------------------------|----------|
| 840 - 800   | 0.065                                | 0.00     |
| 800 - 700   | 0.269                                | 0.84     |
| 700 - 600   | 2.964                                | 1.96     |
| 600 - 500   | 5.039                                | 14.22    |
| 500 - 400   | 5.807                                | 18.23    |
| 400 - 300   | 6.430                                | 20.11    |
| 300 - 280   | 0.351                                | 3.10     |
| Σ           | 20.925                               | 58.46    |

|  |  |   |                             |  |
|--|--|---|-----------------------------|--|
| <b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b><br>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL<br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA   |  | <b>CONTENIDO :</b><br>LONGITUD Y AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL |                             |  |
| <b>PRESENTAN:</b> DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ<br>GARCIA, JUAN ERNESTO<br>RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO<br>RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN   | <b>DOCENTE DIRECTOR :</b><br>ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA | <b>FECHA :</b><br>NOVIEMBRE /11                             | <b>ESCALA :</b><br>INDICADA |  |
| <b>PROYECTO:</b> "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA" |  | <b>PLANO:</b><br>5.2  |                             |  |

# PUNTO DE INTERES 2: BARRIO "EL CALVARIO"



**AREA : 90.43 Km<sup>2</sup>**

**PERIMETRO: 42.50 Km**

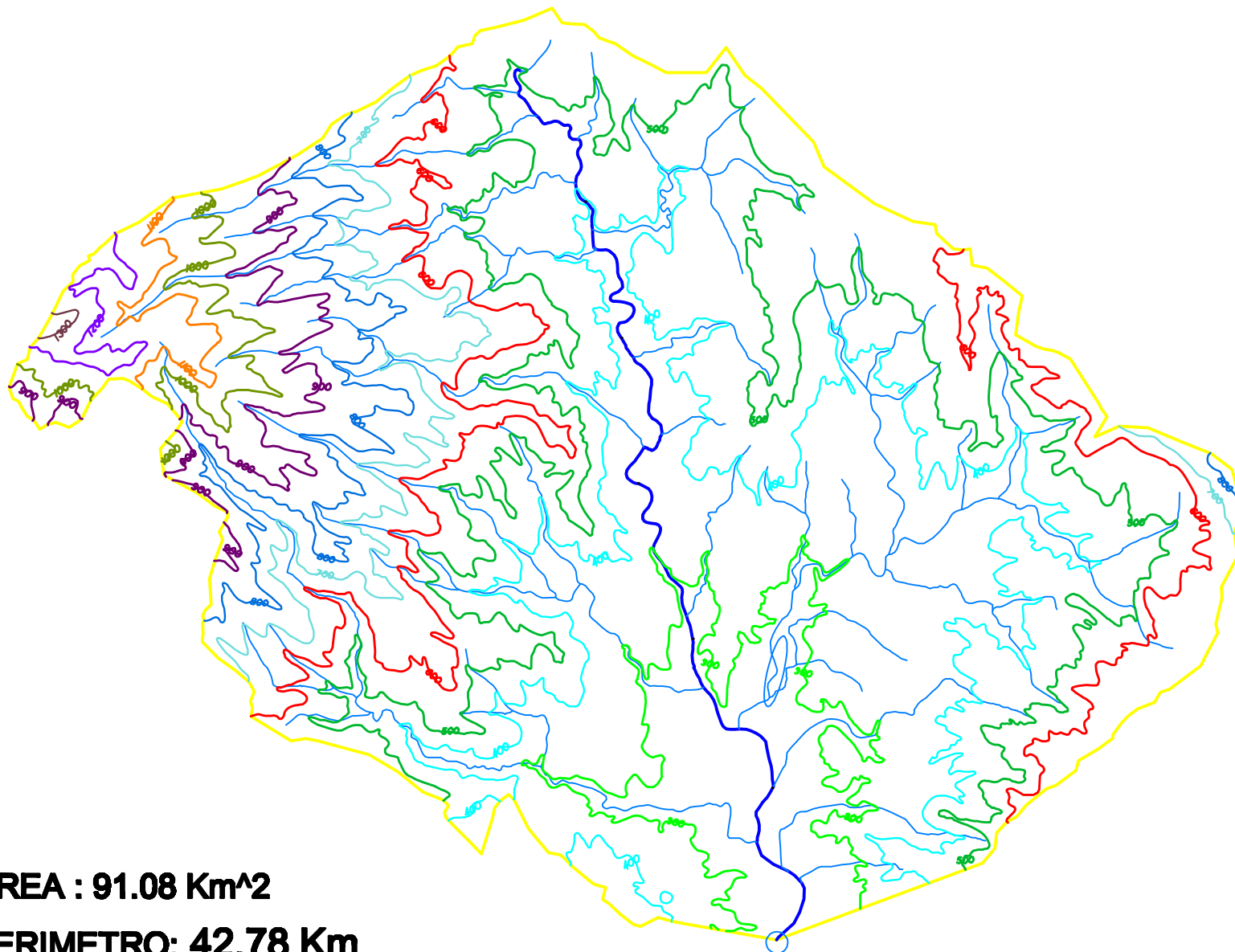
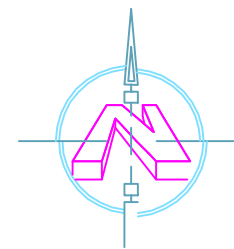
**LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL: 13.16 Km**

## CUADRO DE DISTANCIAS Y AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL

| ELEVACIONES | AREA ENTRE CURVAS (Km <sup>2</sup> ) | LONGITUD (Km) |
|-------------|--------------------------------------|---------------|
| 1320 - 1300 | 0.07                                 | 0.00          |
| 1300 - 1200 | 0.64                                 | 0.71          |
| 1200 - 1100 | 1.68                                 | 5.63          |
| 1100 - 1000 | 1.57                                 | 6.67          |
| 1000 - 900  | 3.00                                 | 11.27         |
| 900 - 800   | 3.97                                 | 18.02         |
| 800 - 700   | 4.70                                 | 22.29         |
| 700 - 600   | 8.37                                 | 24.82         |
| 600 - 500   | 16.41                                | 43.35         |
| 500 - 400   | 20.92                                | 72.05         |
| 400 - 300   | 21.30                                | 64.25         |
| 300 - 280   | 3.10                                 | 64.25         |
| Σ           | 85.75                                | 301.00        |

|   |  |   |                             |  |
|---|--|---|-----------------------------|--|
| <b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b><br>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL<br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  |  | <b>CONTENIDO :</b><br>LONGITUD Y AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL |                             |  |
| <b>PRESENTAN:</b><br>DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ<br>GARCIA, JUAN ERNESTO<br>RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO<br>RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN   | <b>DOCENTE DIRECTOR :</b><br>ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA | <b>FECHA :</b><br>NOVIEMBRE /11                             | <b>ESCALA :</b><br>INDICADA |  |
| <b>PROYECTO:</b><br>"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA" |  | <b>PLANO:</b><br>5.3  |                             |  |

# PUNTO DE INTERES 3: BARRIO "LAS FLORES"



**AREA : 91.08 Km<sup>2</sup>**

**PERIMETRO: 42.78 Km**

**LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL: 13.53 Km**

## CUADRO DE DISTANCIAS Y AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL

| ELEVACIONES | AREA ENTRE CURVAS (Km <sup>2</sup> ) | LONGITUD (Km) |
|-------------|--------------------------------------|---------------|
| 1320 - 1300 | 0.07                                 | 0.00          |
| 1300 - 1200 | 0.64                                 | 0.71          |
| 1200 - 1100 | 1.68                                 | 5.63          |
| 1100 - 1000 | 1.57                                 | 6.67          |
| 1000 - 900  | 3.83                                 | 11.27         |
| 900 - 800   | 3.97                                 | 18.02         |
| 800 - 700   | 4.70                                 | 22.29         |
| 700 - 600   | 8.70                                 | 24.82         |
| 600 - 500   | 16.41                                | 43.35         |
| 500 - 400   | 20.24                                | 72.01         |
| 400 - 300   | 21.98                                | 64.25         |
| 300 - 280   | 7.22                                 | 32.36         |
| Σ           | <b>91.02</b>                         | <b>301.38</b> |

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**CONTENIDO :**  
 LONGITUD Y AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL

**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
 GARCIA, JUAN ERNESTO  
 RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
 RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADN

**DOCENTE DIRECTOR :**  
 ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA

**FECHA :**  
 NOVIEMBRE /11

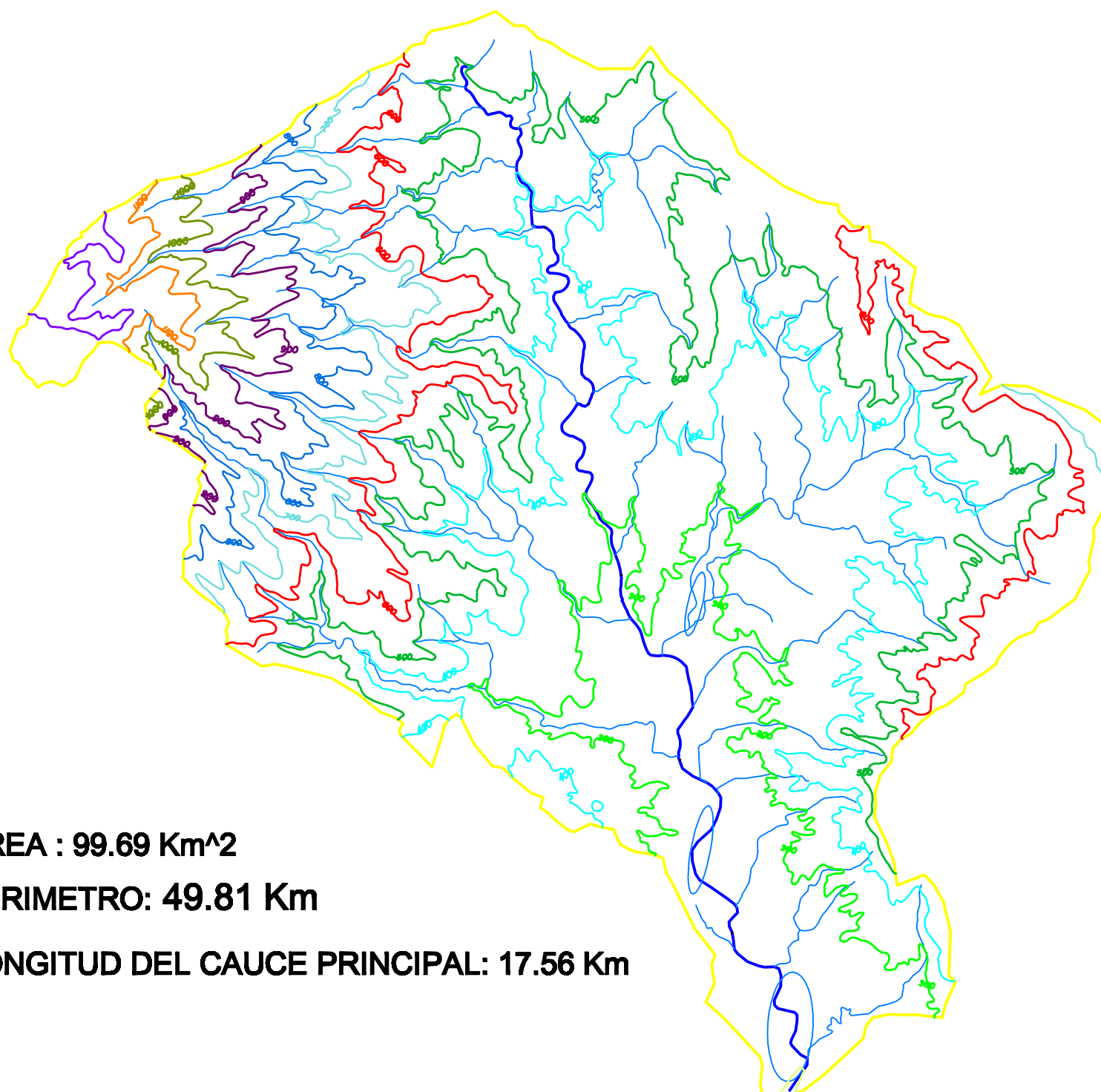
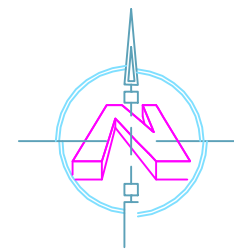
**ESCALA :**  
 INDICADA

**PROYECTO:** "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"

**PLANO:**  
 5.4



# PUNTO DE INTERES 4: COLONIA "LOS ROMEROS"



**AREA : 99.69 Km<sup>2</sup>**

**PERIMETRO: 49.81 Km**

**LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL: 17.56 Km**

## CUADRO DE DISTANCIAS Y AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL

| ELEVACIONES | AREA ENTRE CURVAS (Km <sup>2</sup> ) | LONGITUD (Km) |
|-------------|--------------------------------------|---------------|
| 1320 - 1300 | 0.07                                 | 0.00          |
| 1300 - 1200 | 0.64                                 | 0.91          |
| 1200 - 1100 | 1.68                                 | 5.63          |
| 1100 - 1000 | 1.57                                 | 6.67          |
| 1000 - 900  | 3.83                                 | 11.27         |
| 900 - 800   | 3.97                                 | 18.02         |
| 800 - 700   | 4.70                                 | 22.29         |
| 700 - 600   | 8.36                                 | 24.82         |
| 600 - 500   | 16.53                                | 43.35         |
| 500 - 400   | 20.95                                | 73.39         |
| 400 - 300   | 23.60                                | 69.23         |
| 300 - 200   | 13.73                                | 40.96         |
| 200 - 180   | 0.05                                 | 0.83          |
| Σ           | <b>99.69</b>                         | <b>317.40</b> |

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**CONTENIDO :**  
 LONGITUD Y AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL

**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
 GARCIA, JUAN ERNESTO  
 RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
 RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN

**DOCENTE DIRECTOR :**  
 ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA

**FECHA:**  
 NOVIEMBRE /11

**ESCALA:**  
 INDICADA

**PROYECTO:** "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"

**PLANO:**  
 5.5

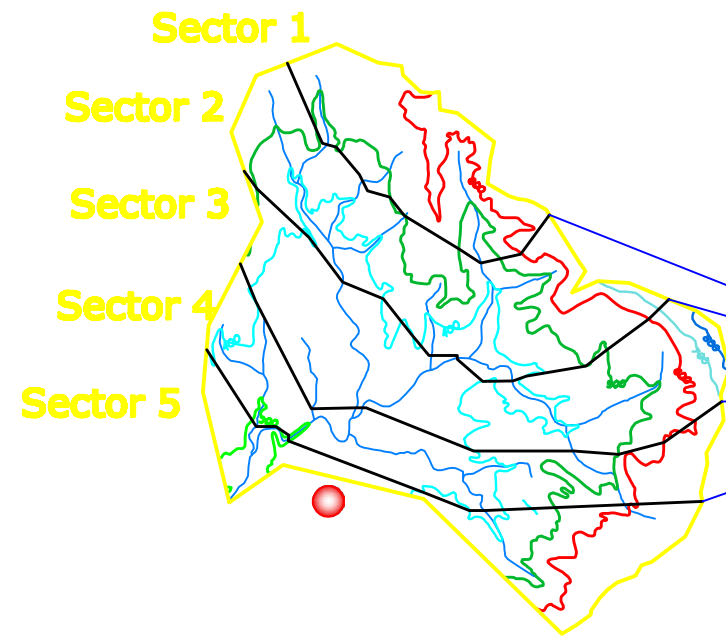




# **Anexo 2**

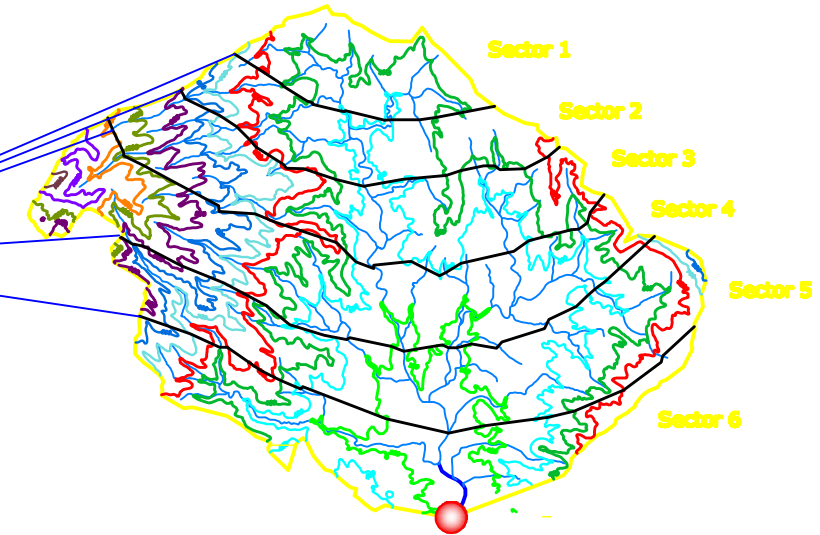
## **Curvas Isócronas y cuadrícula de Horton.**

## Punto de interes 1




Colonia "La Prado"

## Punto de interes 2



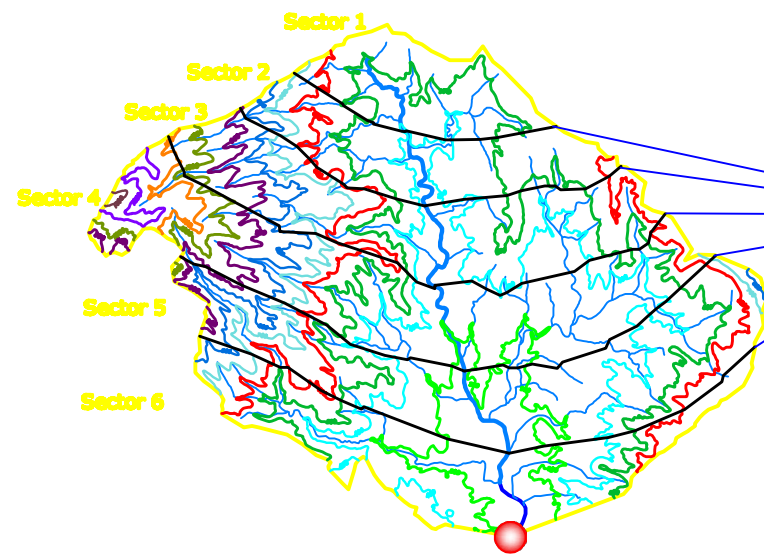
Barrio "El Calvario"

**LINEAS  
ISOCRONAS**

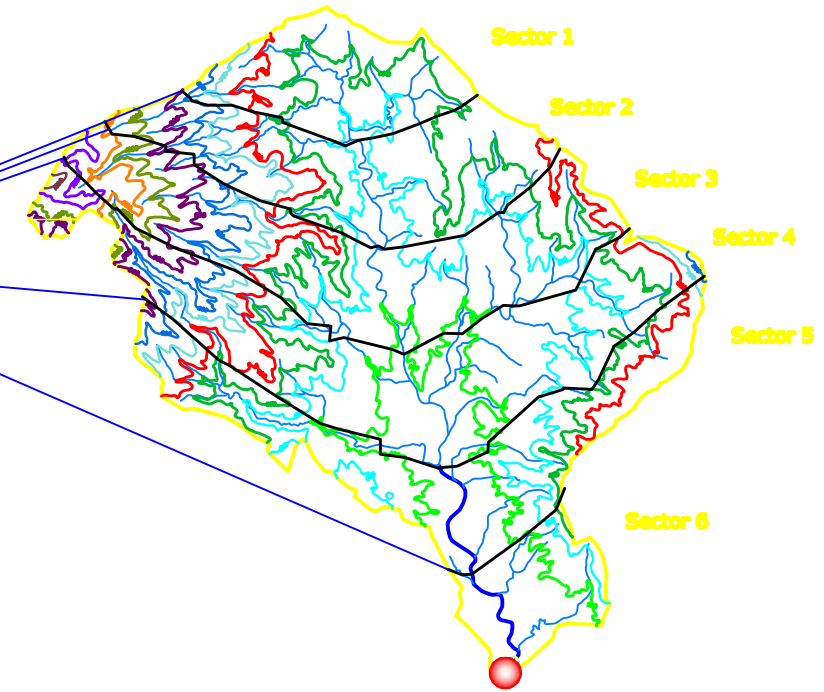
|   |  |                                       |                             |   |
|---|--|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| <b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b><br>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL<br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  |  | <b>CONTENIDO :</b><br>CURVA ISOCRONAS |                             |  |
| <b>PRESENTAN:</b><br>DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ<br>GARCIA, JUAN ERNESTO<br>RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO<br>RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN   | <b>DOCENTE DIRECTOR :</b><br>ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA | <b>FECHA :</b><br>NOVIEMBRE /11       | <b>ESCALA :</b><br>INDICADA |   |
| <b>PROYECTO:</b><br>"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION<br>CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA<br>DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA" |  | <b>PLANO:</b><br>5.6                  |                             |   |

### Punto de interes 3

### Punto de interes 4




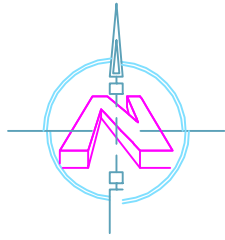
**LINEAS  
ISOCRONAS**



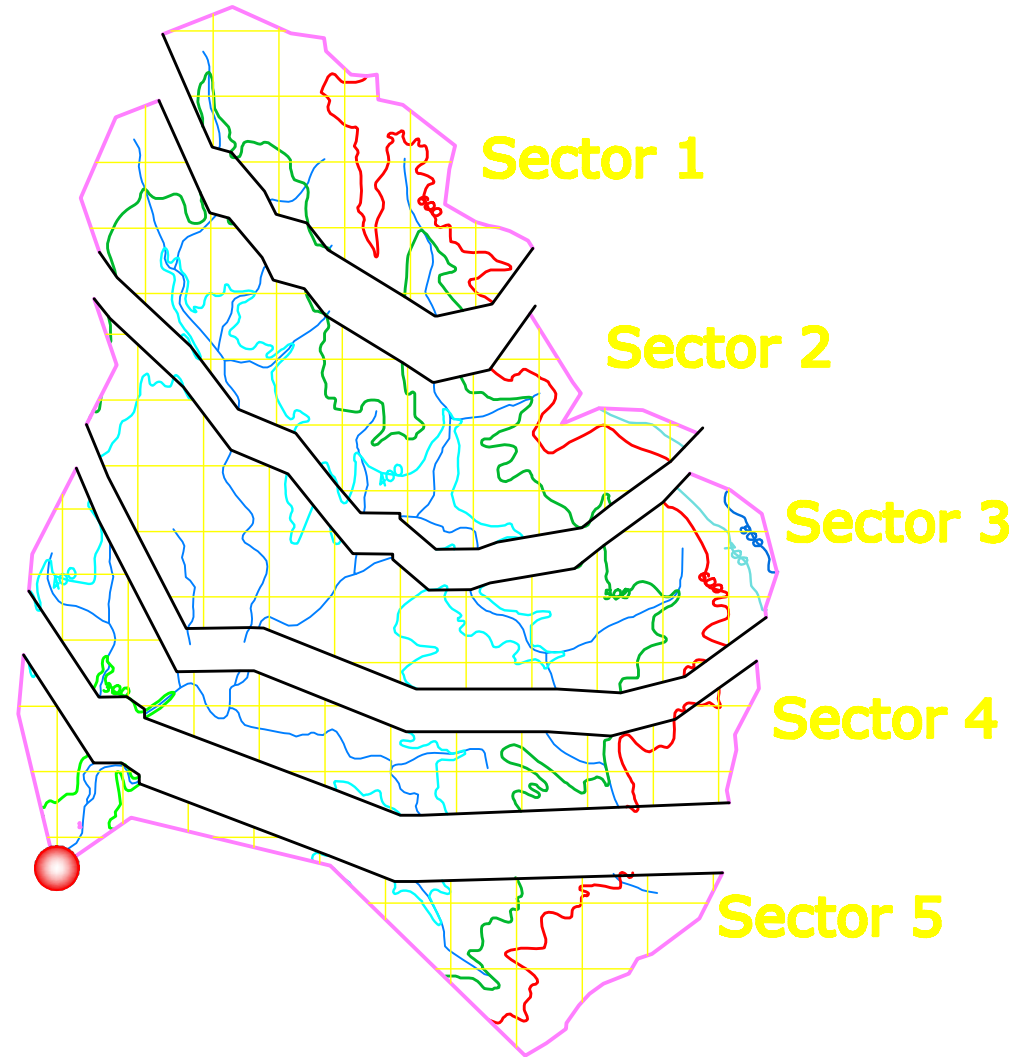
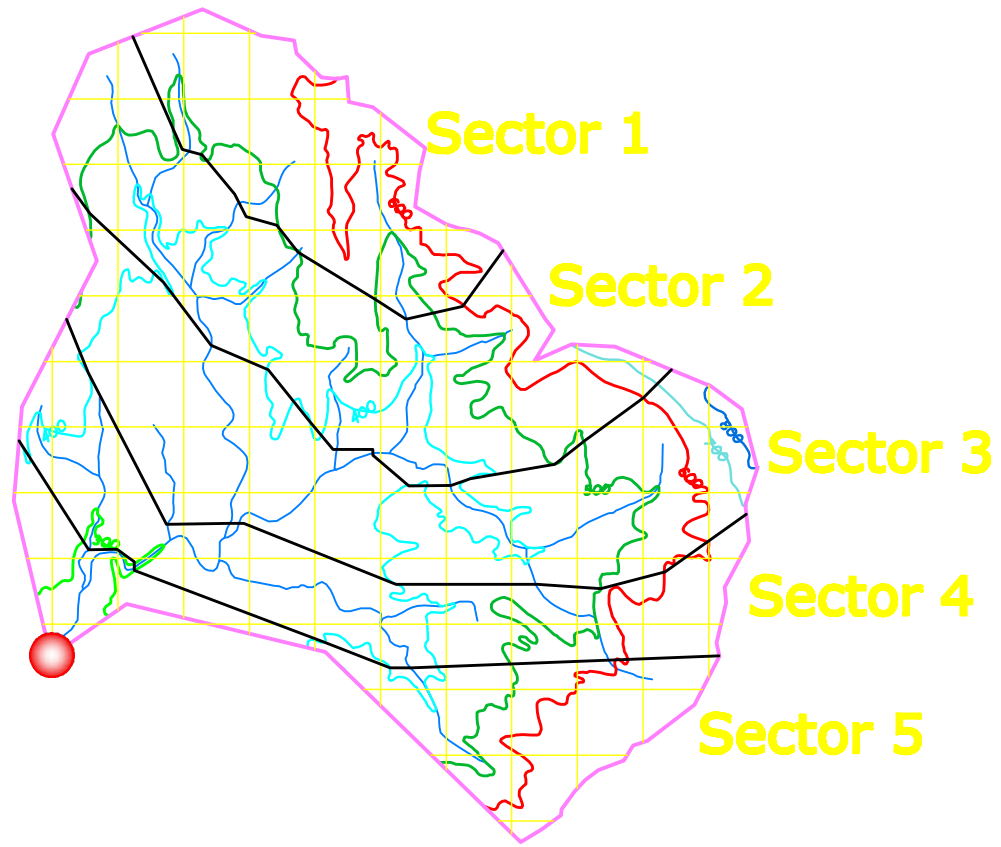
**Barrio "Las Flores"**

**Colonia "Los Romeros"**

|  |   |                                       |                                   |   |                                 |                             |
|--|---|---------------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b><br>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL<br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA |   | <b>CONTENIDO :</b><br>CURVA ISOCRONAS |                                   |  |                                 |                             |
| <b>PRESENTAN:</b>  | DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ<br>GARCIA, JUAN ERNESTO<br>RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO<br>RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN  | <b>DOCENTE DIRECTOR :</b>             | ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA |   | <b>FECHA :</b><br>NOVIEMBRE /11 | <b>ESCALA :</b><br>INDICADA |
| <b>PROYECTO:</b>   | "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA" |                                       | <b>PLANO:</b>                     |   | 5.7                             |                             |



## PUNTO DE INTERES 1: COLONIA "LA PRADO"



| Sector | Intersección |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 8            | 12         | 1500.00            | 6124.70    | 0.80      | 0.29       | 0.55                 |
| 2      | 15           | 23         | 10276.97           | 10352.11   | 0.22      | 0.33       | 0.28                 |
| 3      | 16           | 21         | 11408.20           | 18120.48   | 0.21      | 0.17       | 0.19                 |
| 4      | 10           | 13         | 7804.73            | 7127.58    | 0.19      | 0.27       | 0.23                 |
| 5      | 10           | 13         | 6260.07            | 6489.86    | 0.24      | 0.30       | 0.27                 |
| Σ      | 59           | 82         | 37249.97           | 48214.73   | 0.24      | 0.26       | 0.25                 |



**CONTENIDO:**  
"CUADRICULA DE HORTON PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA"

FECHA: NOVIEMBRE /11  
ESCALA: INDICADA

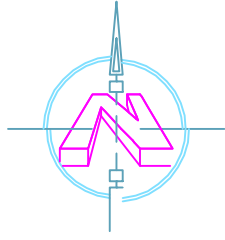
PLANO: 5.8

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

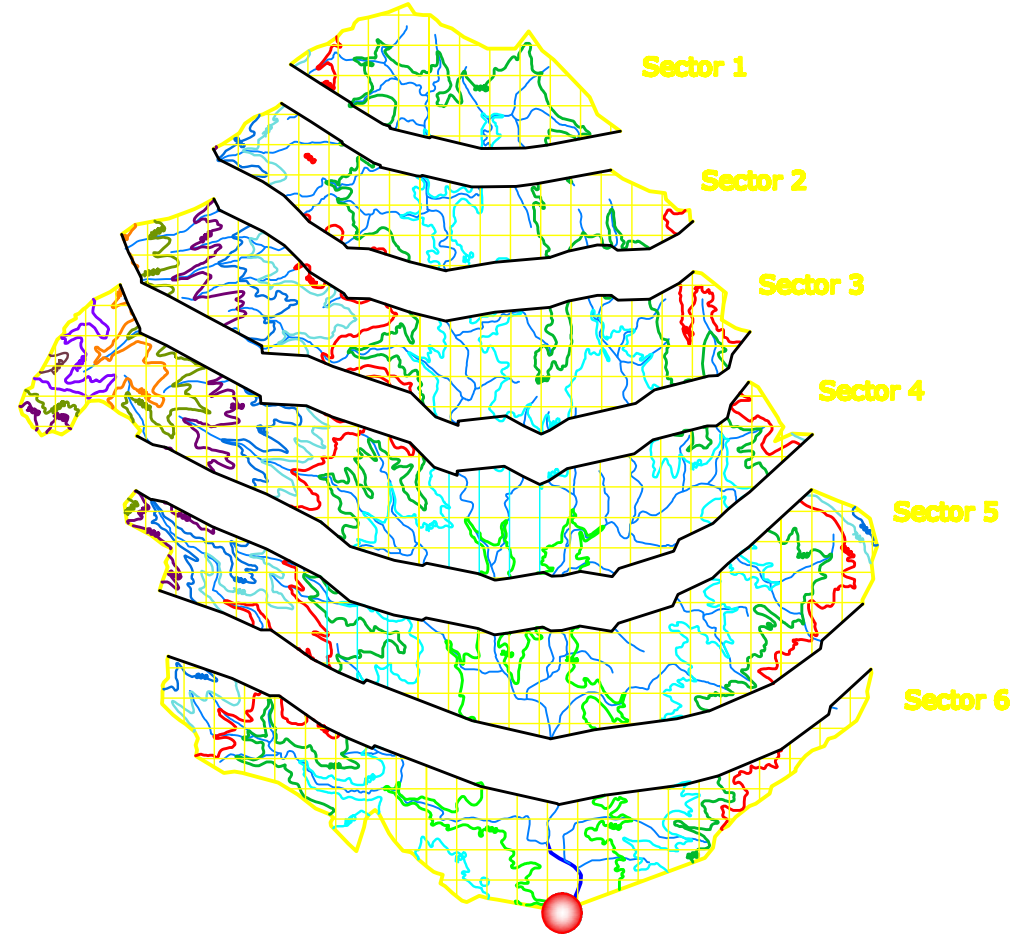
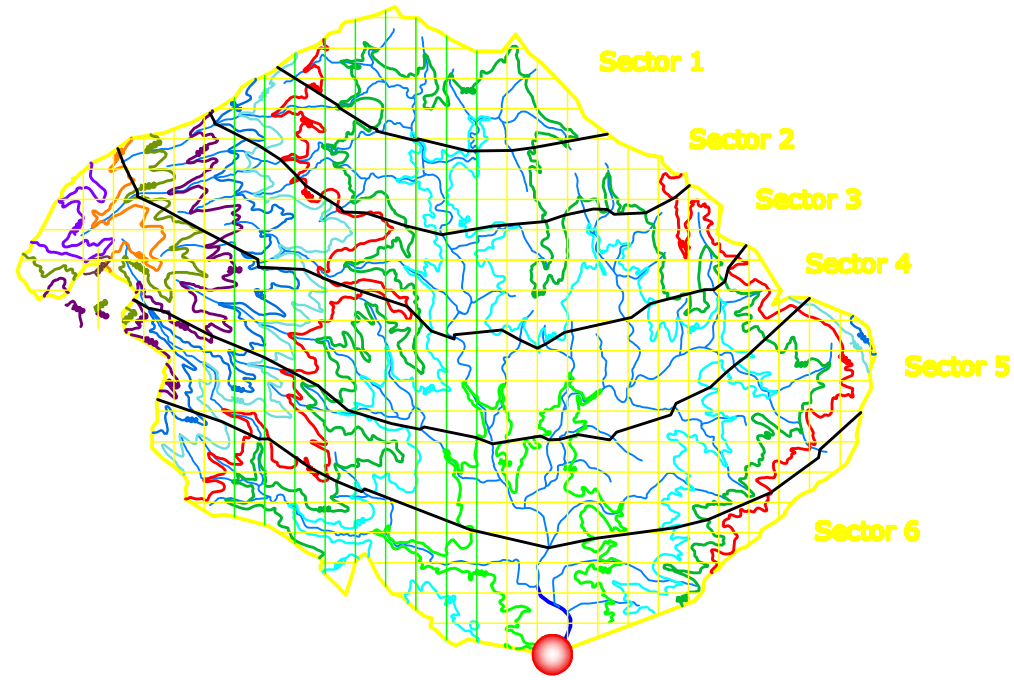
**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
GARCIA, JUAN ERNESTO  
RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN

**DOCENTE DIRECTOR:** ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA

**PROYECTO:** "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUBURBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"



## PUNTO DE INTERES 2: BARRIO "EL CALVARIO"



| Sector | Intersección |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 21           | 25         | 13813.54           | 14811.4    | 0.23      | 0.25       | 0.24                 |
| 2      | 26           | 29         | 19028.9            | 18614.4    | 0.20      | 0.23       | 0.22                 |
| 3      | 68           | 67         | 29536.2            | 30936.7    | 0.35      | 0.32       | 0.34                 |
| 4      | 88           | 79         | 42300.4            | 41787.0    | 0.31      | 0.28       | 0.30                 |
| 5      | 94           | 86         | 41269.6            | 41284.2    | 0.34      | 0.31       | 0.33                 |
| 6      | 65           | 48         | 30992.8            | 30542.7    | 0.31      | 0.24       | 0.28                 |
| Σ      | 362          | 334        | 176941.4           | 177976.3   | 0.31      | 0.28       | 0.29                 |



**CONTENIDO:**  
"CUADRICULA DE HORTON PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA"

**FECHA:** NOVIEMBRE /11  
**ESCALA:** INDICADA

**PLANO:** 5.9

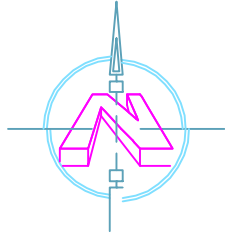
**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**DOCENTE DIRECTOR:**  
ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVA

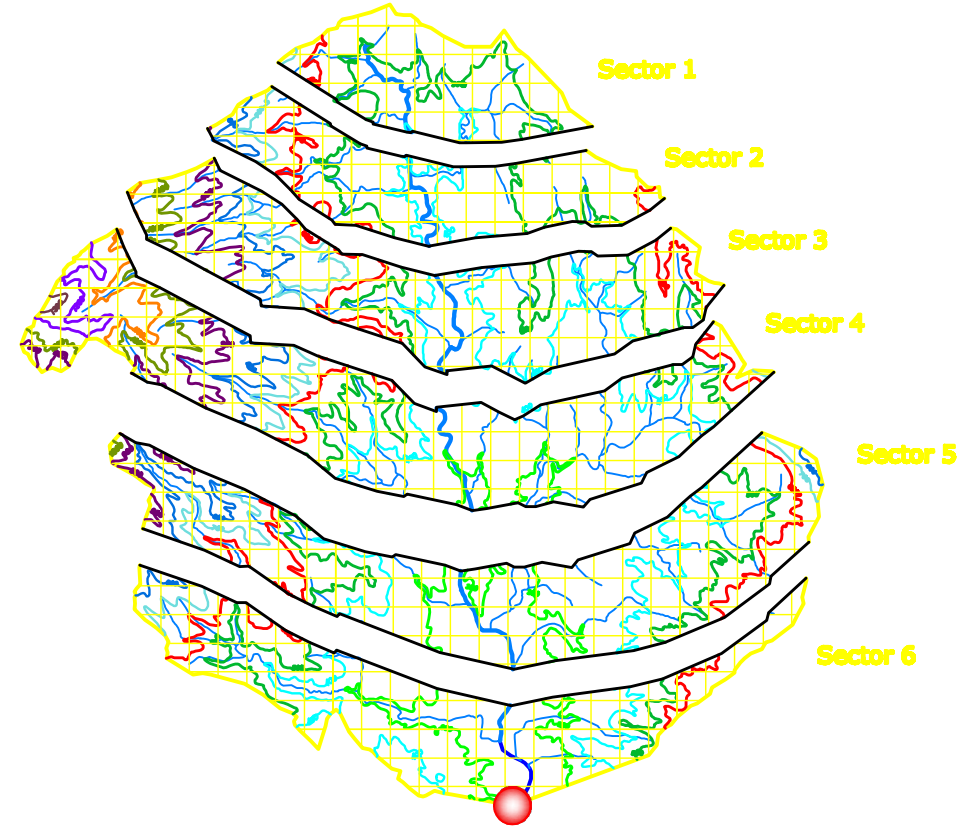
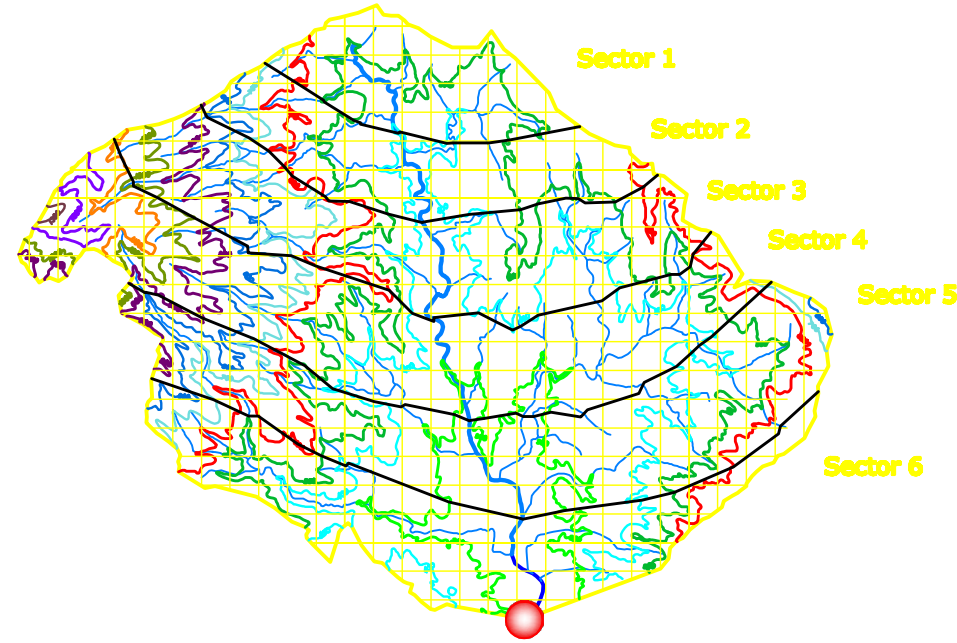
**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
GARCIA, JUAN ERNESTO  
RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN

**PROYECTO:** "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUBURBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"





## PUNTO DE INTERES 3: BARRIO "LAS FLORES"



| Sector | Intersección |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 15           | 23         | 14257.1            | 14801.3    | 0.16      | 0.23       | 0.20                 |
| 2      | 38           | 19         | 19174.1            | 20075.7    | 0.30      | 0.14       | 0.22                 |
| 3      | 71           | 86         | 32359.1            | 31849.7    | 0.33      | 0.41       | 0.37                 |
| 4      | 94           | 74         | 32775.8            | 42428.1    | 0.43      | 0.26       | 0.35                 |
| 5      | 79           | 75         | 35098.1            | 40268.0    | 0.34      | 0.28       | 0.31                 |
| 6      | 66           | 52         | 28803.0            | 31211.2    | 0.34      | 0.25       | 0.30                 |
| Σ      | 363          | 329        | 162467.1           | 180633.9   | 0.34      | 0.27       | 0.30                 |



**CONTENIDO:**  
"CUADRICULA DE HORTON PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA"

**FECHA:** NOVIEMBRE /11  
**ESCALA:** INDICADA

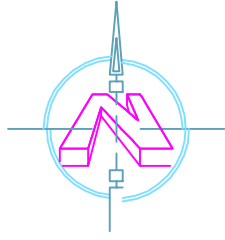
**PLANO:** 5.10

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

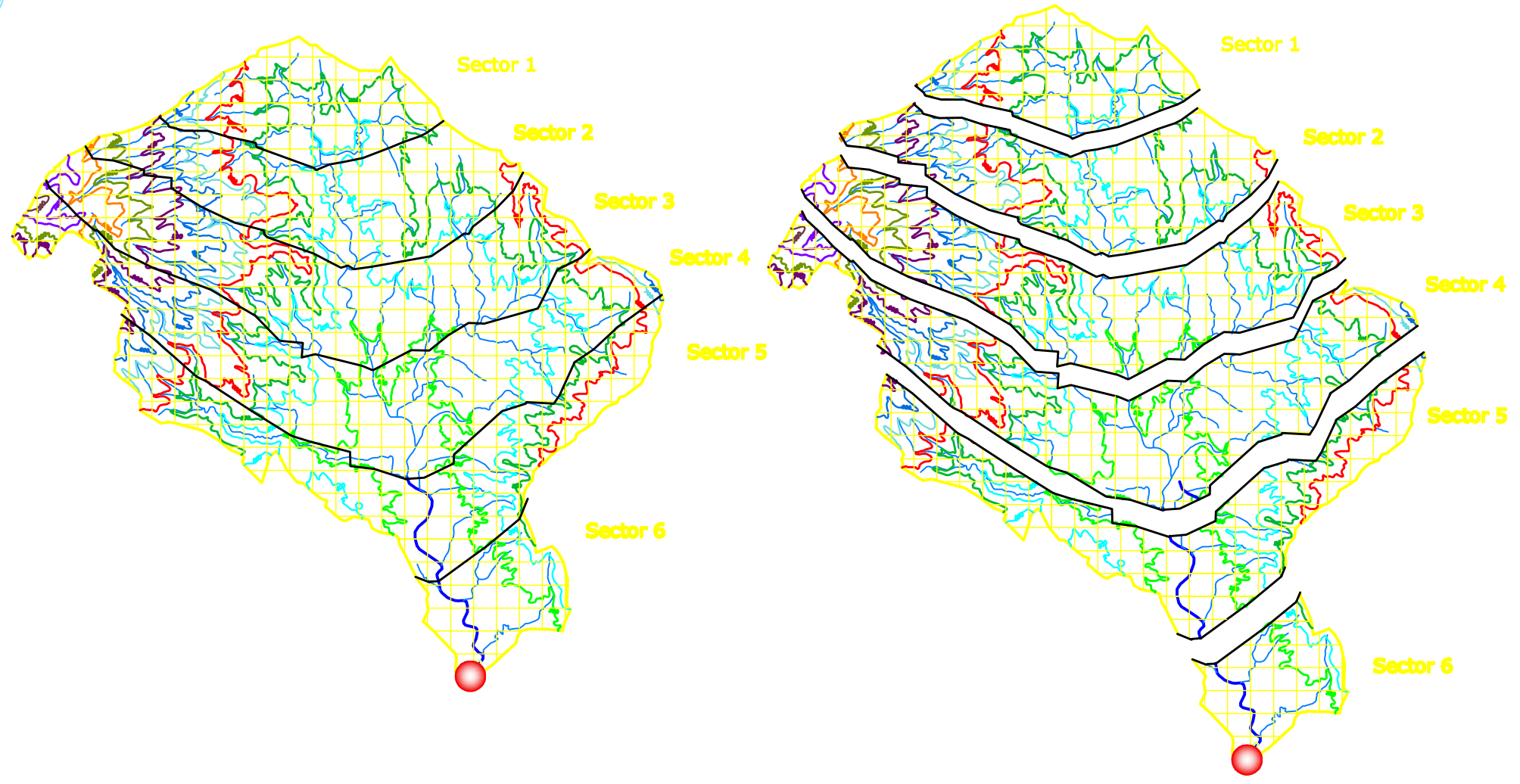
**DOCENTE DIRECTOR:**  
ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAYA

**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
GARCIA, JUAN ERNESTO  
RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN

**PROYECTO:** "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"



## PUNTO DE INTERES 4: COLONIA "LOS ROMEROS"



| Sector | Interseccion |            | Distancias(metros) |            | Pendiente |            | Pendiente del Sector |
|--------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------------|
|        | Vertical     | Horizontal | Vertical           | Horizontal | Vertical  | Horizontal |                      |
| 1      | 34           | 35         | 20067.2            | 20224.3    | 0.25      | 0.26       | 0.26                 |
| 2      | 80           | 52         | 31208.7            | 32951.9    | 0.38      | 0.24       | 0.31                 |
| 3      | 113          | 82         | 44976.6            | 44926.0    | 0.38      | 0.27       | 0.33                 |
| 4      | 102          | 85         | 51789.6            | 55583.9    | 0.30      | 0.23       | 0.26                 |
| 5      | 80           | 59         | 32275.2            | 37071.8    | 0.37      | 0.24       | 0.31                 |
| 6      | 12           | 14         | 13031.6            | 12304.1    | 0.14      | 0.17       | 0.15                 |
| Σ      | 421          | 327        | 193348.9           | 203062.0   | 0.33      | 0.24       | 0.28                 |



|   |  |                                 |                             |
|---|--|---------------------------------|-----------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b><br>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL<br>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  |  | <b>CONTENIDO :</b>              |                             |
| <b>PRESENTAN:</b><br>DAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ<br>GARCIA, JUAN ERNESTO<br>RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO<br>RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN  | <b>DOCENTE DIRECTOR :</b><br>ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA | <b>FECHA :</b><br>NOVIEMBRE /11 | <b>ESCALA :</b><br>INDICADA |
| <b>PROYECTO:</b><br>"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA" |  | <b>PLANO:</b><br>5.11           |                             |

## **Anexo 3.**

# **Valores para determinar la Coeficientes de Escorrentía**

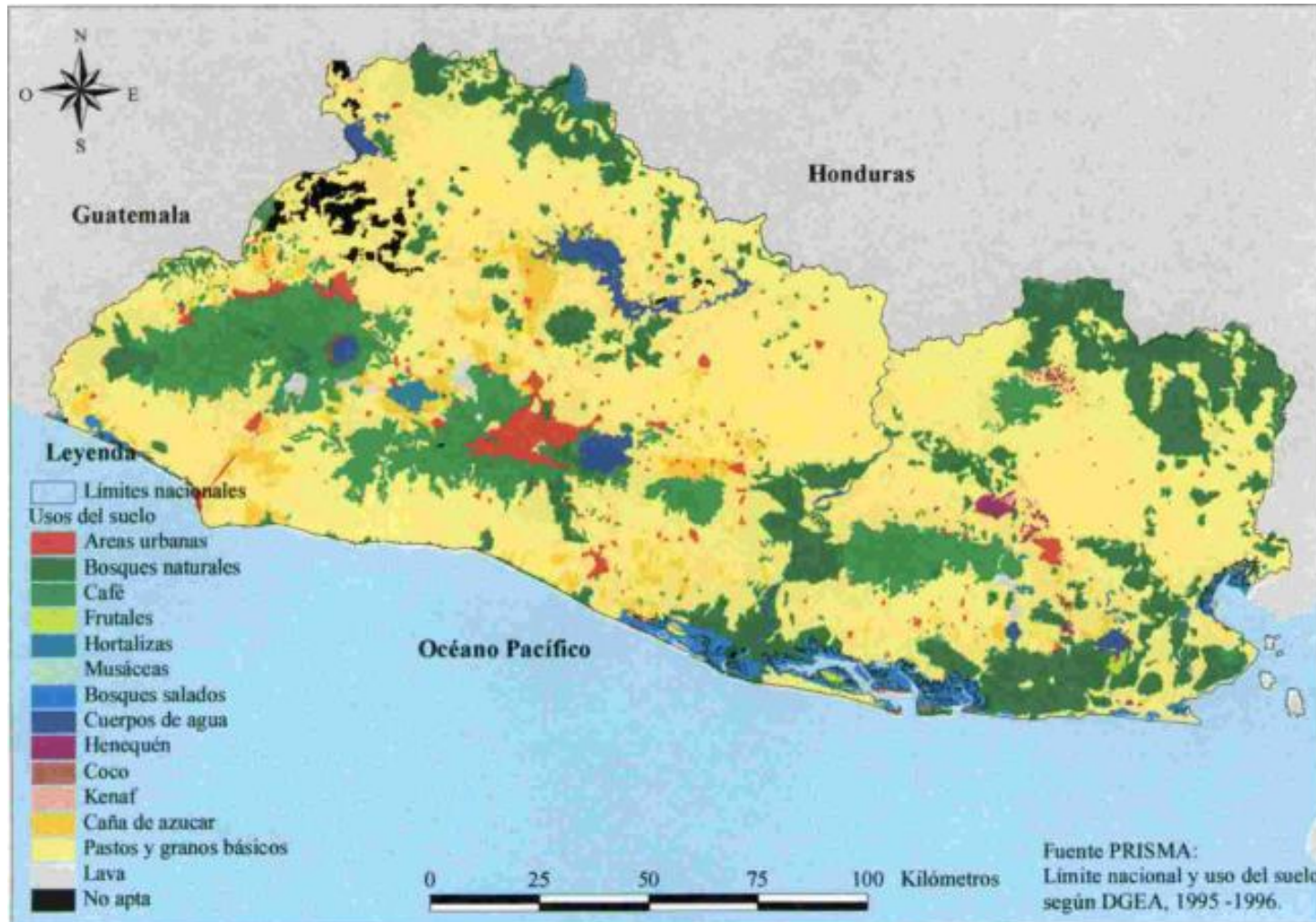


Coeficientes de escorrentía para diferentes tipos de pendiente

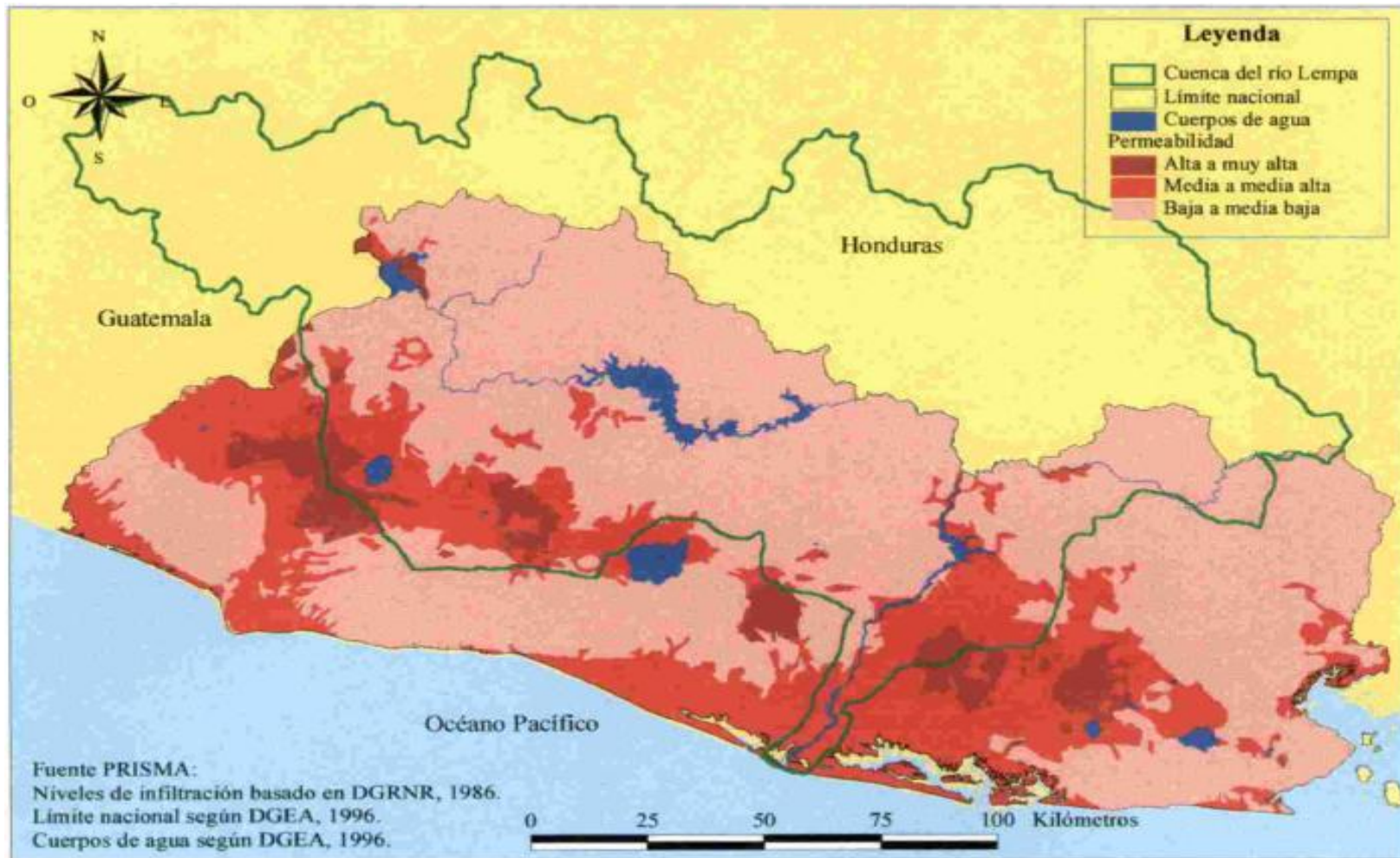
| Cobertura vegetal         | Tipo de suelo | >50% | 20-50 % | 5-20% | 1-5% | 0-1% |
|---------------------------|---------------|------|---------|-------|------|------|
| Sin vegetación            | Impermeable   | 0.80 | 0.75    | 0.70  | 0.65 | 0.60 |
|                           | Semipermeable | 0.70 | 0.65    | 0.60  | 0.55 | 0.50 |
|                           | Permeable     | 0.50 | 0.45    | 0.40  | 0.35 | 0.30 |
| Cultivos                  | Impermeable   | 0.70 | 0.55    | 0.60  | 0.55 | 0.50 |
|                           | Semipermeable | 0.60 | 0.55    | 0.50  | 0.45 | 0.40 |
|                           | Permeable     | 0.40 | 0.35    | 0.30  | 0.25 | 0.20 |
| Pastos, vegetación ligera | Impermeable   | 0.65 | 0.60    | 0.55  | 0.50 | 0.45 |
|                           | Semipermeable | 0.55 | 0.50    | 0.45  | 0.40 | 0.35 |
|                           | Permeable     | 0.35 | 0.30    | 0.25  | 0.20 | 0.15 |
| Hierba, grama             | Impermeable   | 0.60 | 0.55    | 0.50  | 0.45 | 0.40 |
|                           | Semipermeable | 0.50 | 0.45    | 0.40  | 0.35 | 0.30 |
|                           | Permeable     | 0.30 | 0.25    | 0.20  | 0.15 | 0.10 |
| Bosque, densa vegetación. | Impermeable   | 0.55 | 0.50    | 0.45  | 0.40 | 0.35 |
|                           | Semipermeable | 0.45 | 0.40    | 0.35  | 0.30 | 0.25 |
|                           | Permeable     | 0.25 | 0.20    | 0.15  | 0.10 | 0.05 |

Fuente: Hidrología, Ven Te Chow, (Benites et al, 1980), McGraw Hill, Bogotá 1988.  
Tp: Tiempo

Mapa de la Cobertura Vegetal de El Salvador.



### Niveles de Permeabilidad de los Suelos en El Salvador.

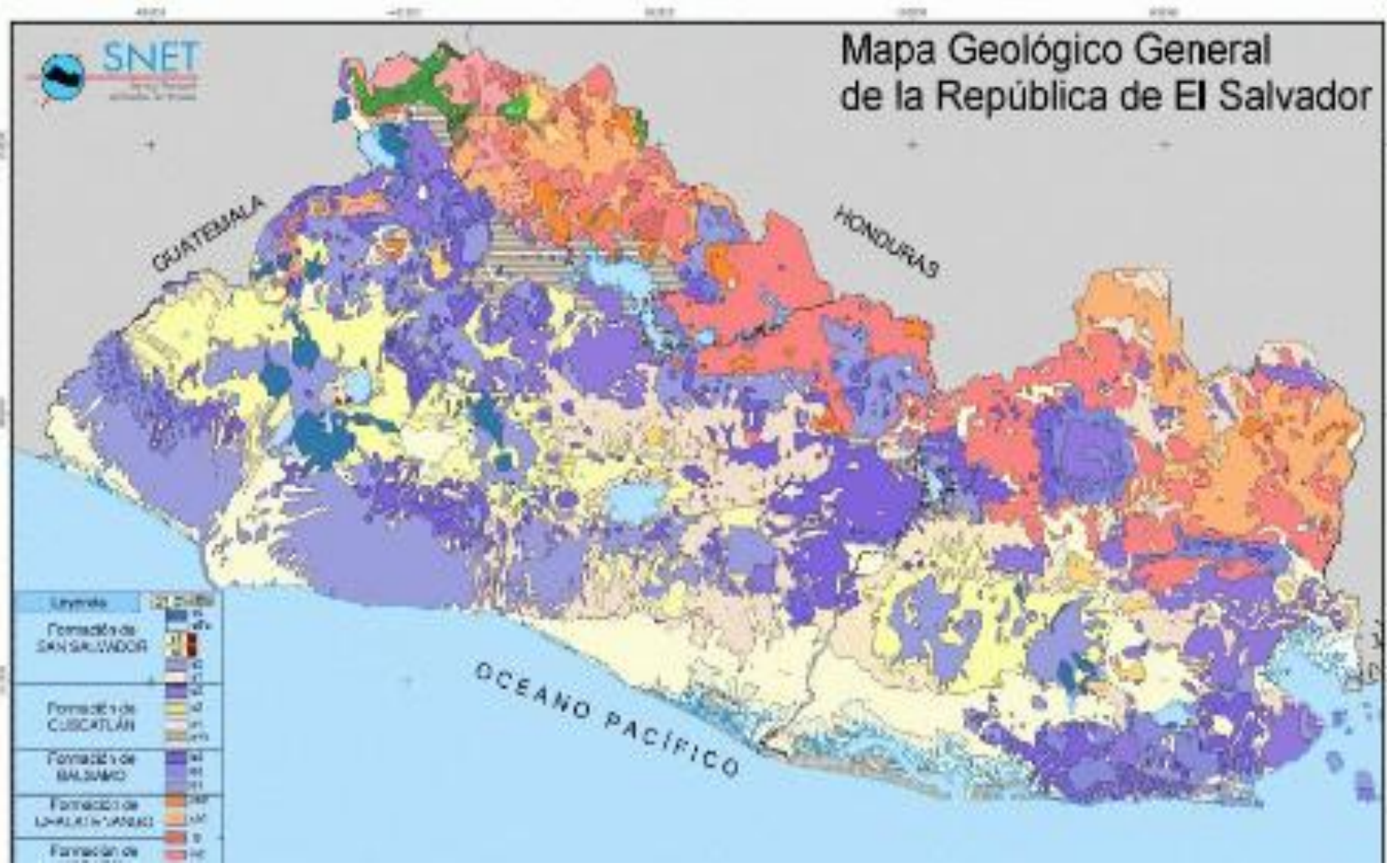


## **Anexo 4.**

### **Valores para determinar:**

- **Angulo de fricción interna**
- **Capacidad de carga y Peso Específico del suelo**





## PESO ESPECIFICO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

| Material                                       | Peso específico aparente Kg/m <sup>3</sup> |
|--|--|
| <b>Rocas</b>                                   |  |
| • Arenisca                                     | 2.600                                      |
| • Arenisca porosa y caliza porosa              | 2.400                                      |
| • Basalto, diorita                             | 3.000                                      |
| • Calizas compactas y mármoles                 | 2.800                                      |
| • Granito, sienita, diabosa, pórfido           | 3.800                                      |
| • Gneis  | 3.000                                      |
| • Pizarra de tejados                           | 2.800                                      |
| <b>Piedras artificiales</b>                    |  |
| • Adobe  | 1.600                                      |
| • Amiantocemento                               | 2.000                                      |
| • Baldosa cerámica                             | 1.800                                      |
| • Baldosa de gres                              | 1.900                                      |
| • Baldosa hidráulica                           | 2.100                                      |
| • Hormigón ordinario                           | 2.200                                      |
| • Ladrillo cerámico macizo (0 a 10% de huecos) | 1.800                                      |

### Estratos de Morazán (Mioceno)

Compuestos por rocas extrusivas, básicas intermedias; ácidas, piroclásticas, tobas fundidas, rolitas y epiclásticas volcánicas.

**ÁNGULO DE FRICCIÓN ENTRE LA SUPERFICIE DE CONTACTO DE DISTINTOS MATERIALES**  
**FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES**  
**AUTOR: DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS**

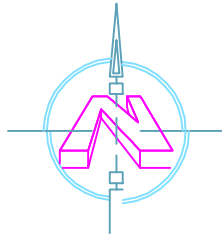
| MATERIALES EN LA INTERFASE  | ÁNGULO DE FRICCIÓN $\delta$ (°)                                      |
|---|--|
| Concreto masivo y mampostería sobre los siguientes suelos de cimentación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roca sana limpia</li> <li>• Grava limpia, mezclas de grava-arena, arena gruesa</li> <li>• Arena limpia fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa</li> <li>• Arena limpia fina, arena limosa o arcillosa fina a media</li> <li>• Arcilla arenosa fina, limo no plástico</li> <li>• Arcilla preconsolidada o residual muy rígido y duro</li> <li>• Arcilla media rígida a rígida y arcilla limosa</li> </ul> | 35<br>29 a 31<br>24 a 29<br>19 a 24<br>17 a 19<br>22 a 26<br>17 a 19 |
| Concreto prefabricado o premoldeado sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grava limpia, mezclas de grava-arena, relleno rocoso bien graduado con gravilla</li> <li>• Arena limpia, mezclas de arena limosa-grava, relleno de roca dura de un solo tamaño.</li> <li>• Arena limosa, grava o arena mezclada con limos o arcilla</li> <li>• Limo arenoso fino, limos no plásticos</li> </ul>   | 22 a 26<br>17 a 22<br>17<br>14                                       |
| Entre arenas finas, limos no plásticos<br><br>Varios materiales estructurales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mampostería sobre mampostería, rocas ígneas y metamórficas:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roca débil sobre roca débil</li> <li>• Roca dura sobre roca débil</li> <li>• Roca dura sobre roca dura</li> </ul> </li> <li>• Acero sobre acero en empalmes de tablestacas</li> </ul>   | 17<br><br>35<br>33<br>29<br>17                                       |



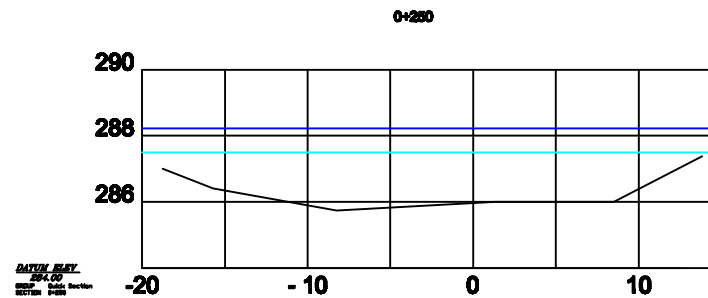
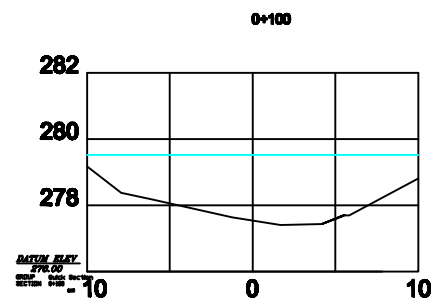
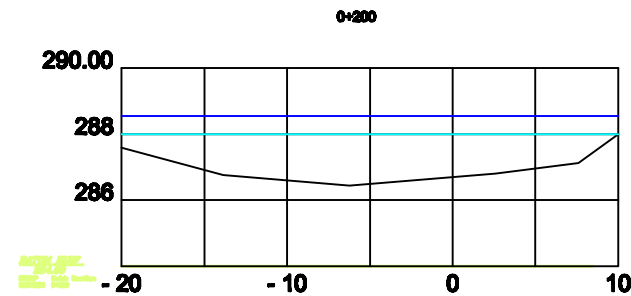
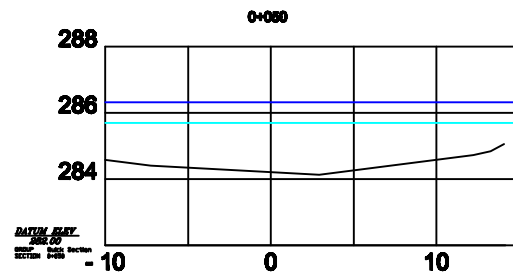
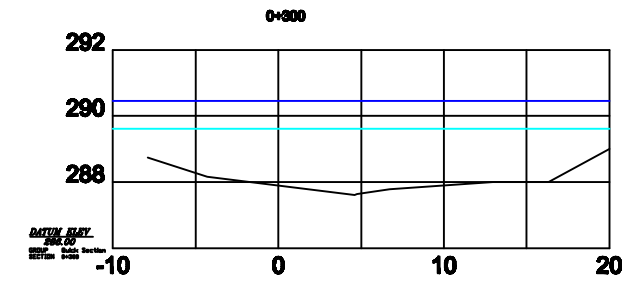
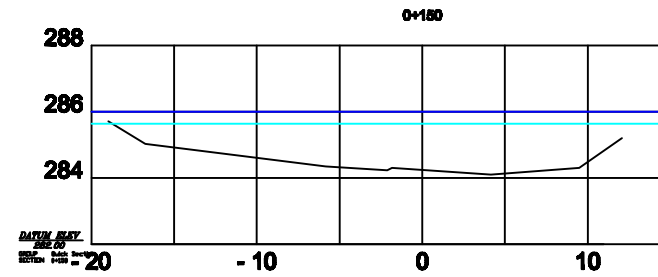
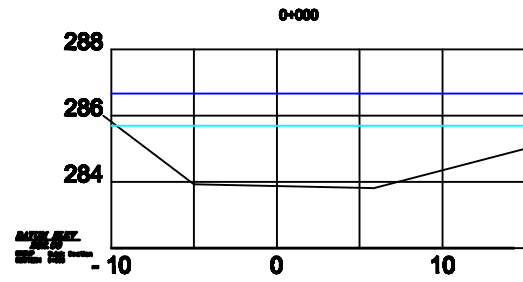


# **Anexo 5**

## **Secciones Transversales del Rio San Francisco**



# PUNTO DE INTERES 1: COLONIA "LA PRADO"



NIVEL DE AGUAS  
PARA UN TR= 50 AÑOS

NIVEL DE AGUAS  
PARA UN TR= 100 AÑOS



**CONTENIDO :**  
SECCIONES DE LAS ZONAS CRITICAS  
A INUNDACION DEL RIO SAN FRANCISCO

**FECHA :**  
NOVIEMBRE /11

**DOCENTE DIRECTOR :**  
ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAYA

**PRESENTAN:**  
DAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
GARCIA, JUAN ERNESTO  
RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN

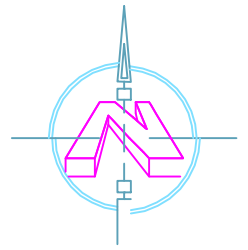
**ESCALA :**  
INDICADA

**PROYECTO:**  
"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION  
CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA  
DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GONTERA"

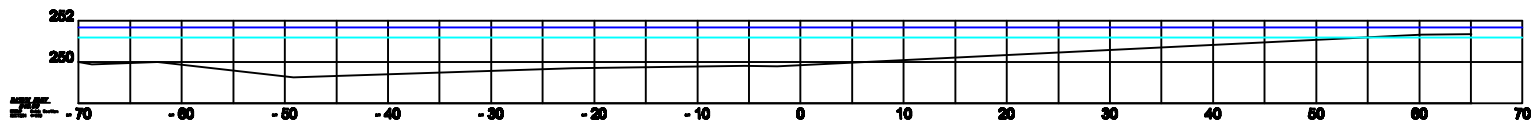
**PLANO:**  
5.12

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

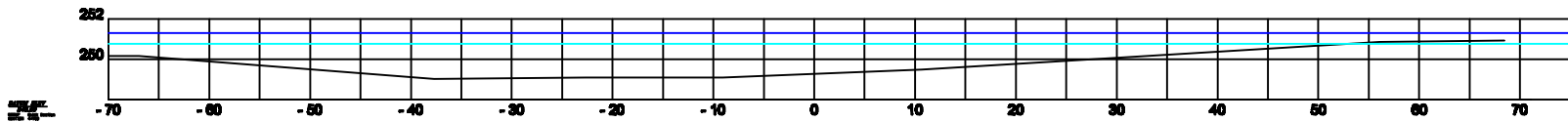
# PUNTO DE INTERES 2: BARRIO "EL CALVARIO"



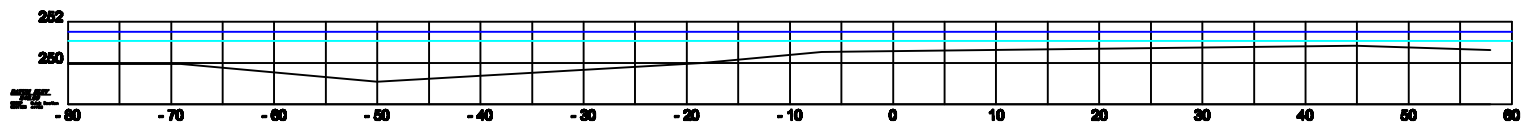
4+650



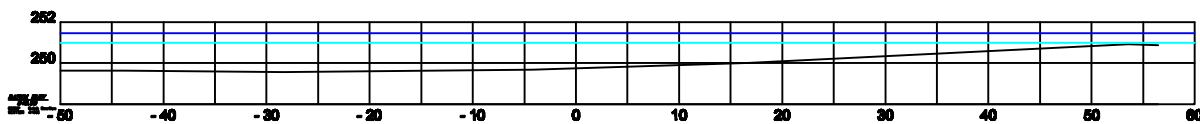
4+700



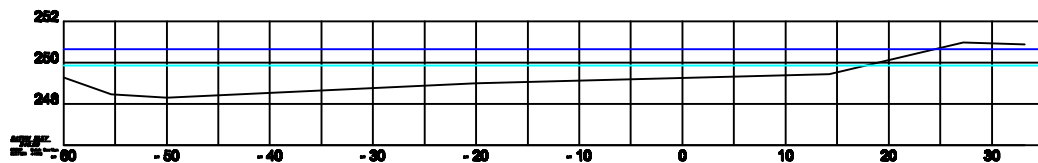
4+750



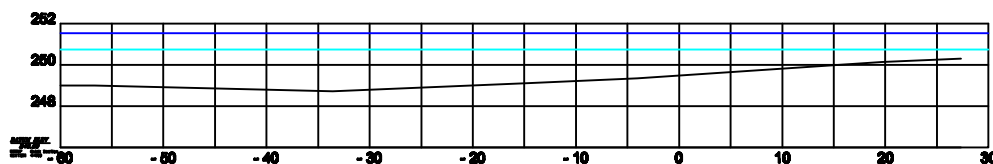
4+800



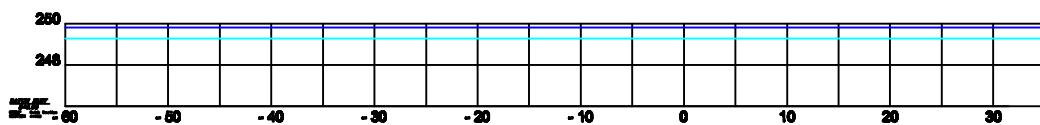
4+850



4+900



4+950



————— NIVEL DE AGUAS  
PARA UN TR= 50 AÑOS

————— NIVEL DE AGUAS  
PARA UN TR= 100 AÑOS

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**CONTENIDO :**  
SECCIONES DE LAS ZONAS CRITICAS  
A INUNDACION DEL RIO SAN FRANCISCO

**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
GARCIA, JUAN ERNESTO  
RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN

**DOCENTE DIRECTOR :**  
ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA

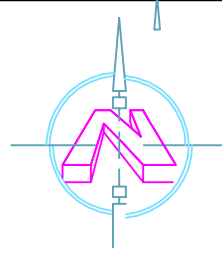
**FECHA :**  
NOVIEMBRE /11

**ESCALA :**  
INDICADA

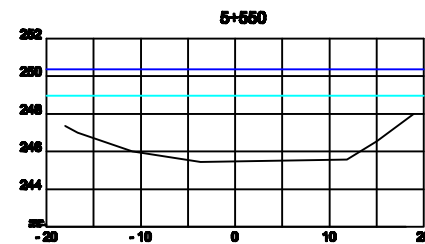
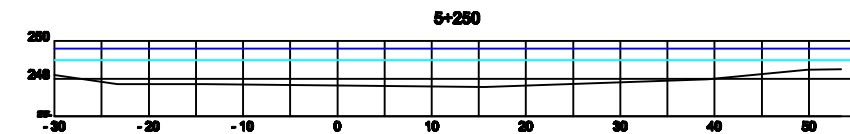
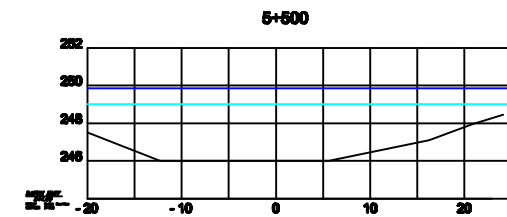
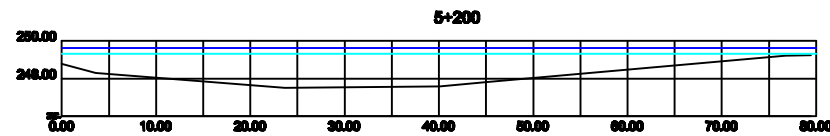
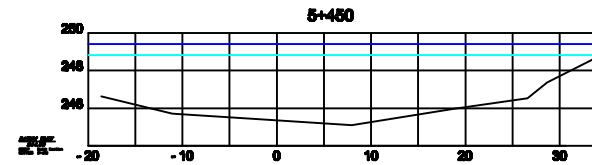
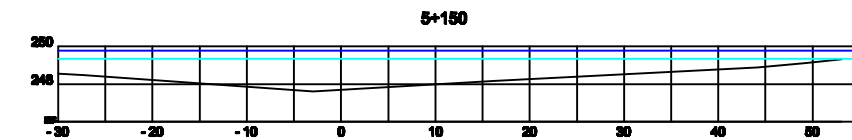
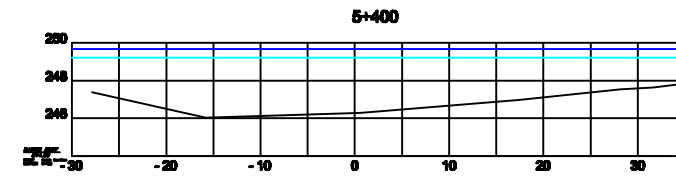
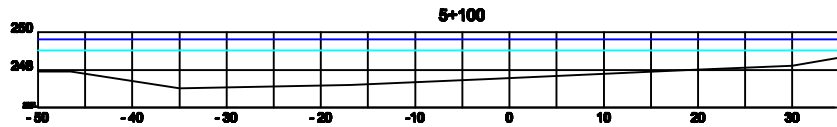
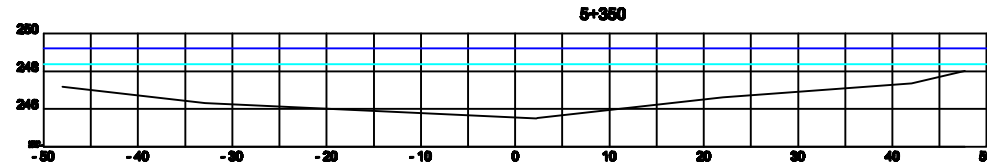
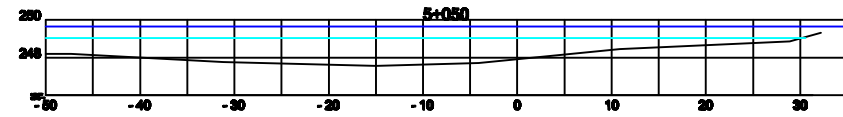
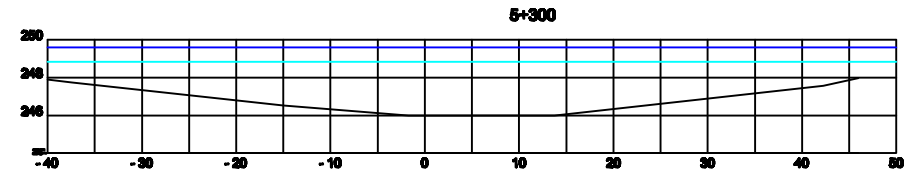
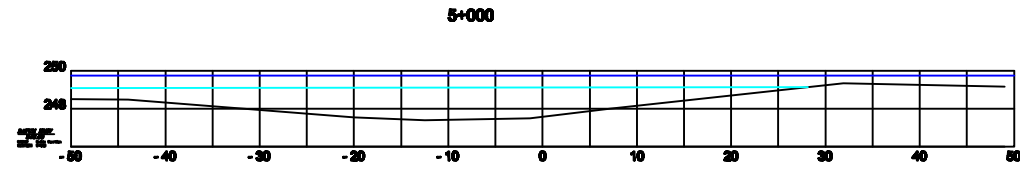
**PROYECTO:** "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION  
CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA  
DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"

**PLANO:**  
5.13





## PUNTO DE INTERES 3: BARRIO "LAS FLORES"



——— NIVEL DE AGUAS  
 PARA UN TR= 50 AÑOS  
——— NIVEL DE AGUAS  
 PARA UN TR= 100 AÑOS



**CONTENIDO :**  
 SECCIONES DE LAS ZONAS CRITICAS  
 A INUNDACION DEL RIO SAN FRANCISCO

**FECHA :**  
 NOVIEMBRE /11

**DOCENTE DIRECTOR :**  
 ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAYA

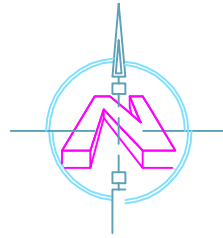
**PRESENTAN:**  
 DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
 GARCIA, JUAN ERNESTO  
 RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
 RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN

**ESCALA :**  
 INDICADA

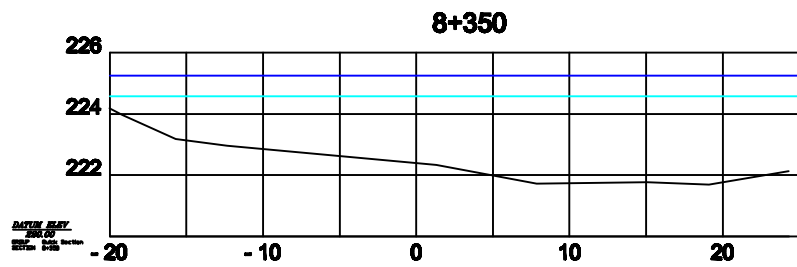
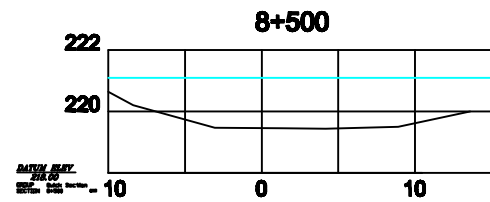
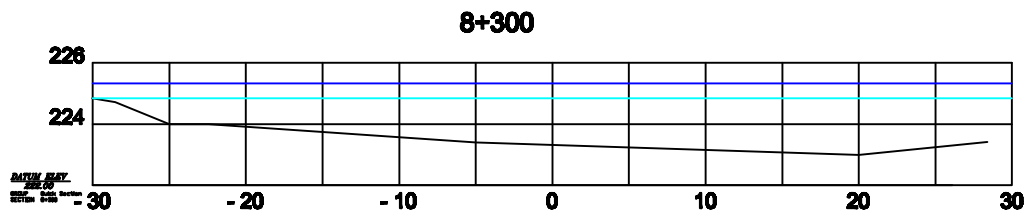
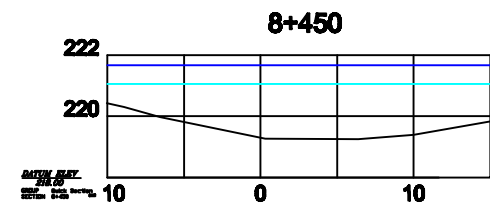
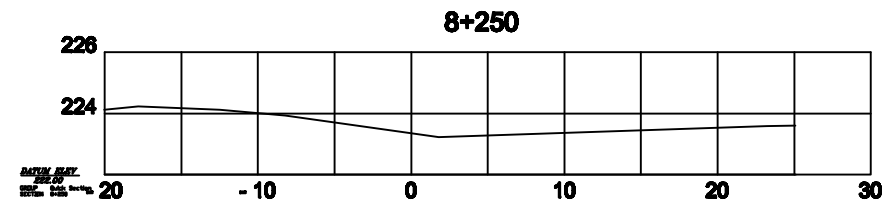
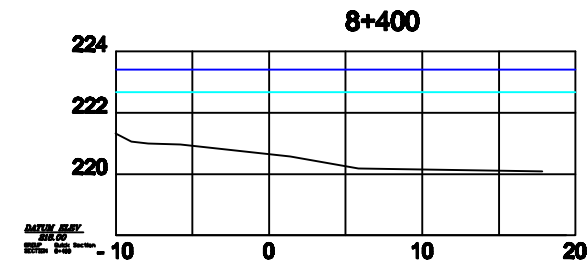
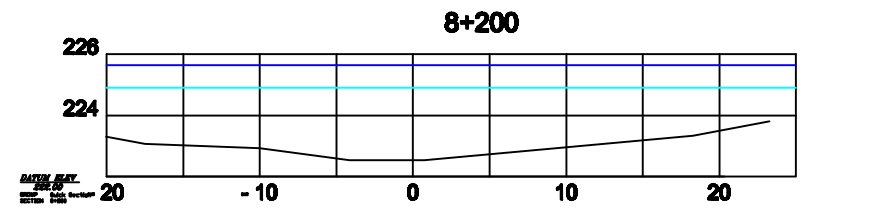
**PLANO:**  
 5.14

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**PROYECTO:**  
 "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION  
 CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA  
 DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"



### PUNTO DE INTERES 4: COLONIA "LOS ROMEROS"



— NIVEL DE AGUAS  
 PARA UN TR= 50 AÑOS  
  
— NIVEL DE AGUAS  
 PARA UN TR= 100 AÑOS



|   |  |   |                             |
|---|--|---|-----------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b><br>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL<br>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  |  | <b>CONTENIDO :</b><br>SECCIONES DE LAS ZONAS CRITICAS<br>A INUNDACION DEL RIO SAN FRANCISCO |                             |
|   |  | <b>FECHA :</b><br>NOVIEMBRE /11   | <b>ESCALA :</b><br>INDICADA |
| <b>PRESENTAN:</b><br>DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ<br>GARCIA, JUAN ERNESTO<br>RAMOS MURRES, MARINA DEL ROSARIO<br>RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN  | <b>DOCENTE DIRECTOR :</b><br>ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA | <b>PLANO:</b><br>5.15   |                             |
| <b>PROYECTO:</b><br>"IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION<br>CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA<br>DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA" |  |   |                             |

# **Anexo 6**

## **Comparación de presupuesto Muro de Gavión- Muro de Concreto**

**VOLUMENES DE OBRA**

**IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADOS POR EL RIO SANFRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB URBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA.  
COLONIA LA PRADO, PUNTO DE INTERES No 1.**

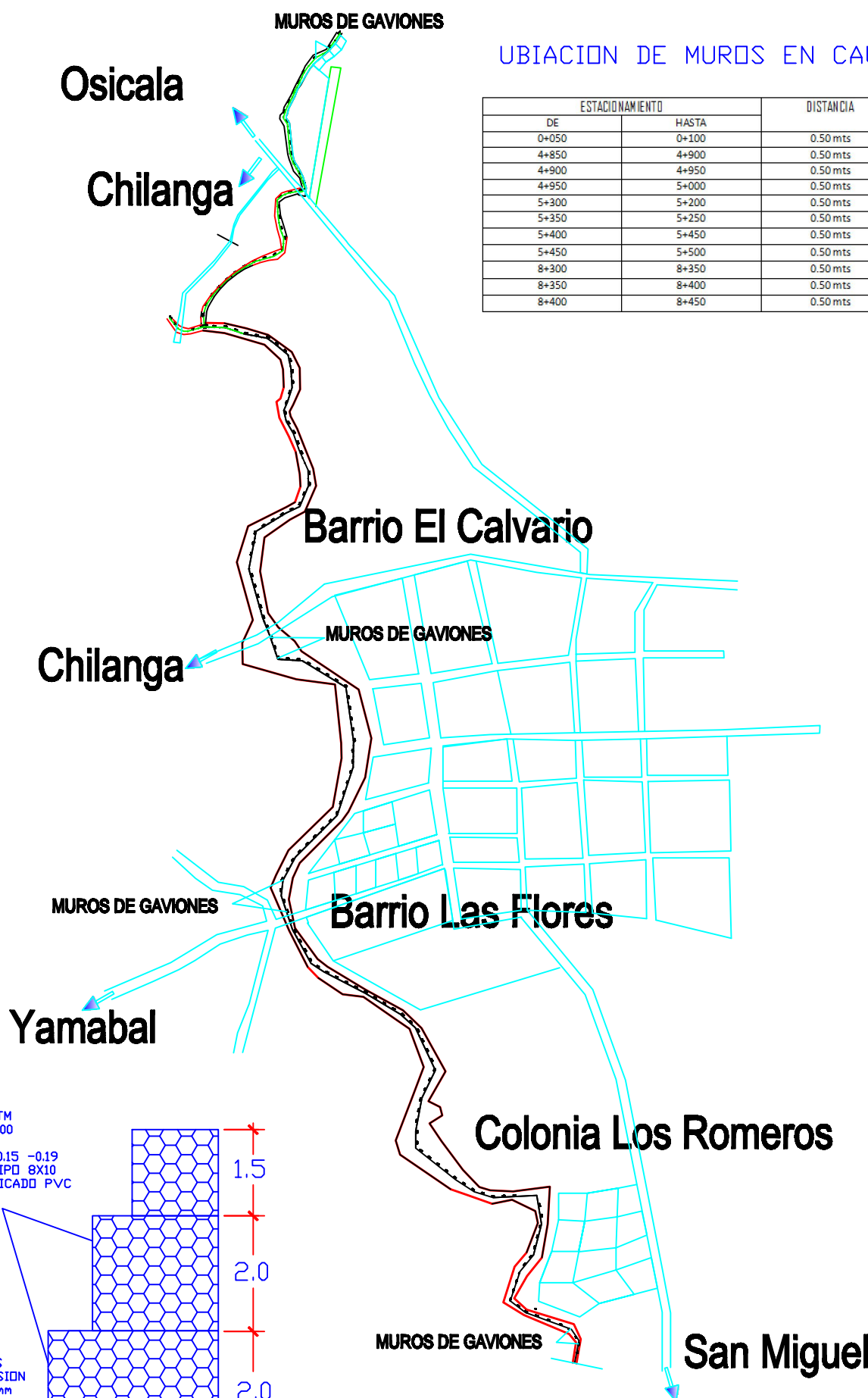
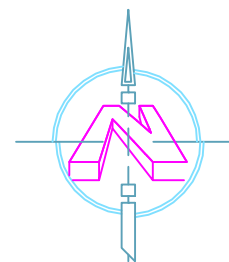
| No                     | DESCRIPCION DE PARTIDAS | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO DIRECTO |           |          | TOTAL COSTO DIRECTO | COSTO INDIRECTO | IVA 13%  | TOTAL COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO PARTIDA       |
|------------------------|-------------------------|----------|--------|---------------|-----------|----------|---------------------|-----------------|----------|----------------------|---------------|---------------------|
|                        |                         |          |        | MATERIAL      | MAND OBRA | OTROS    |                     |                 |          |                      |               |                     |
| 1                      | Bodega                  | 1.00     | SG     | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$0.00          | \$ 16.90 | \$130.00             | \$146.90      | \$130.00            |
| 2                      | Limpieza y Chapeo       | 300.00   | m2     | \$0.00        | \$0.25    | \$0.00   | \$0.25              | \$0.01          | \$ 0.03  | \$0.26               | \$0.28        | \$78.00             |
| 3                      | Traza                   | 1.00     | SG     | \$91.48       | \$12.00   | \$0.00   | \$103.48            | \$9.15          | \$ 13.45 | \$112.63             | \$116.93      | \$112.63            |
| 4                      | Excavacion con Maquina  | 300.00   | m3     | \$0.00        | \$0.50    | \$5.00   | \$5.50              | \$10.00         | \$ 0.72  | \$15.50              | \$6.22        | \$4,650.00          |
| 5                      | muro de concreto        | 1800.00  | m3     | \$45.00       | \$15.00   | \$0.25   | \$60.25             | \$10.17         | \$ 7.83  | \$70.42              | \$68.08       | \$126,756.00        |
| 6                      | Transporte              | 15.00    | Viaje  | \$0.00        | \$0.00    | \$130.00 | \$130.00            | \$10.00         | \$ 16.90 | \$140.00             | \$146.90      | \$2,100.00          |
| <b>COSTO TOTAL</b>     |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$133,826.63</b> |
| <b>IVA</b>             |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$ 17,397.46</b> |
| <b>VALOR DE OFERTA</b> |                         |          |        |               |           |          |                     |                 |          |                      |               | <b>\$151,224.09</b> |

# **Anexo 7**

## **Propuesta para la Prevención de Inundaciones y sus Respectivas Secciones**



# PLANIMETRIA DE ZONAS CRITICAS A INUNDACION



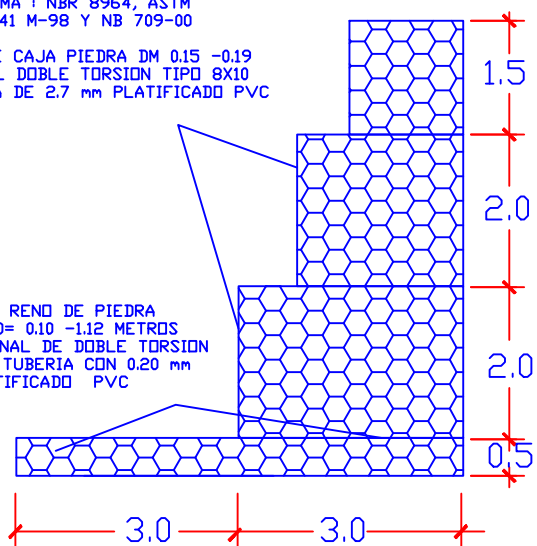
UBIACION DE MUROS EN CAUCE DEL RIO

| ESTACIONAMIENTO |       | DISTANCIA | ORIENTACION |
|-----------------|-------|-----------|-------------|
| DE              | HASTA |           |             |
| 0+050           | 0+100 | 0.50 mts  | Este        |
| 4+850           | 4+900 | 0.50 mts  | Este        |
| 4+900           | 4+950 | 0.50 mts  | Este        |
| 4+950           | 5+000 | 0.50 mts  | Este        |
| 5+300           | 5+200 | 0.50 mts  | Este        |
| 5+350           | 5+250 | 0.50 mts  | Este        |
| 5+400           | 5+450 | 0.50 mts  | Este        |
| 5+450           | 5+500 | 0.50 mts  | Este        |
| 8+300           | 8+350 | 0.50 mts  | Este        |
| 8+350           | 8+400 | 0.50 mts  | Este        |
| 8+400           | 8+450 | 0.50 mts  | Este        |

NORMA : NBR 8964, ASTM  
A-641 M-98 Y NB 709-00

GAVION DE CAJA PIEDRA DM 0.15 -0.19  
HEXAFONAL DOBLE TORSION TIPO 8X10  
CON TUBERIA DE 2.7 mm PLATIFICADO PVC

COLCHON RENO DE PIEDRA  
DIAMETRO D= 0.10 -1.12 METROS  
MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSION  
TIPO 6X8 Y TUBERIA CON 0.20 mm  
PLASTIFICADO PVC



DETALLE DE MUROS GAVIONES

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**CONTENIDO :**  
PLANIMETRIA Y PROPUESTA DE MUROS DE  
GAVIONES EN EL MUNICIPIO DE  
SAN FRANCISCO GOTERA

**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
GARCIA, JUAN ERNESTO  
RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADIN

**DOCENTE DIRECTOR :**  
ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA

**FECHA :**  
NOVIEMBRE /11

**ESCALA :**  
INDICADA

**PROYECTO:** IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION  
CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUB-URBANA  
DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA\*

**PLANO:**  
6.1





**CONTENIDO :**  
 SECCIONES MODIFICADAS CON MURO DE GAVIONES

FECHA : NOVIEMBRE /11  
 ESCALA : INDICADA

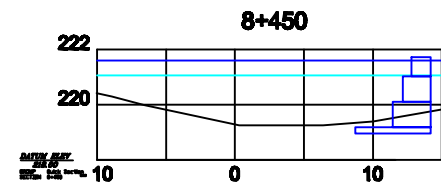
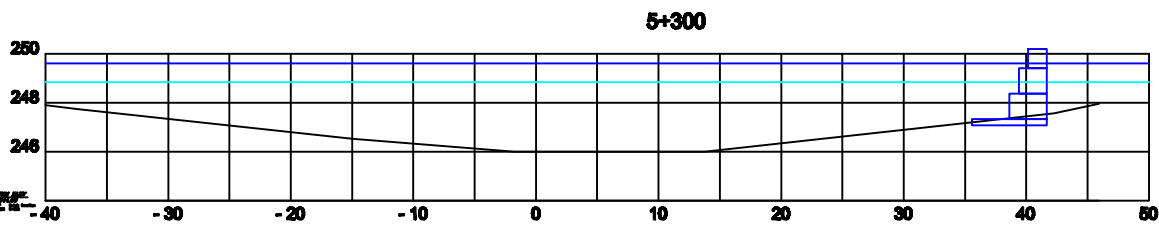
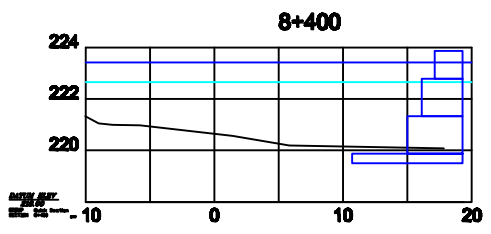
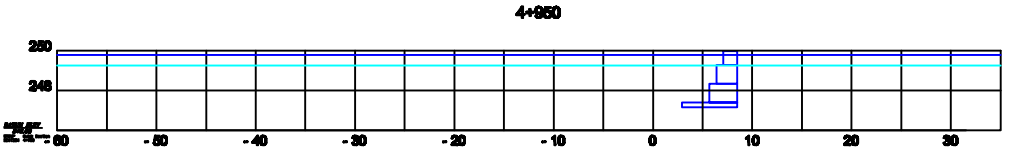
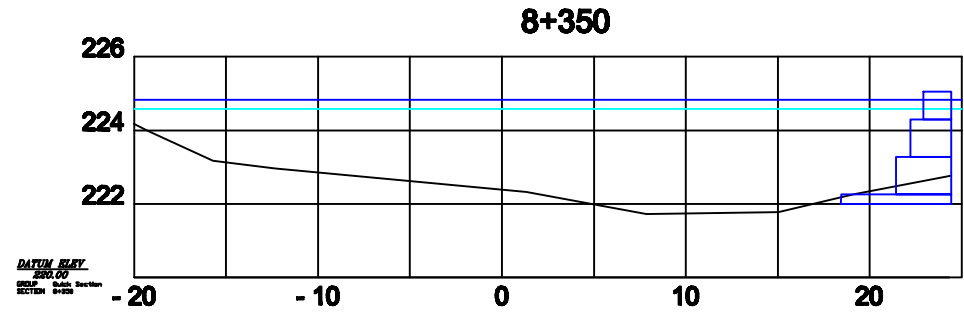
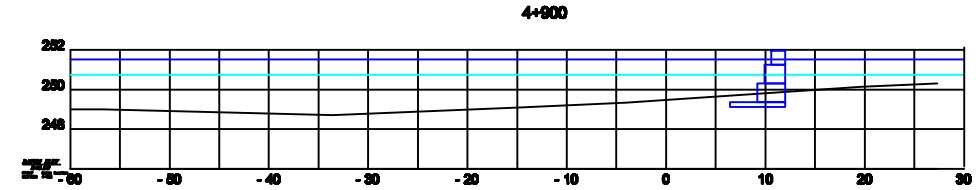
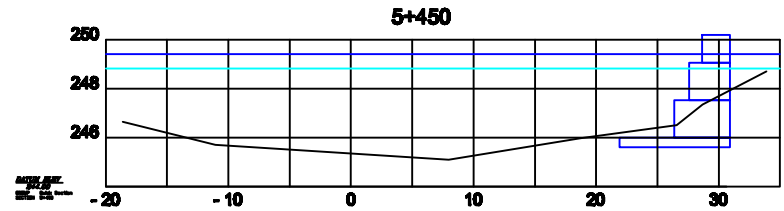
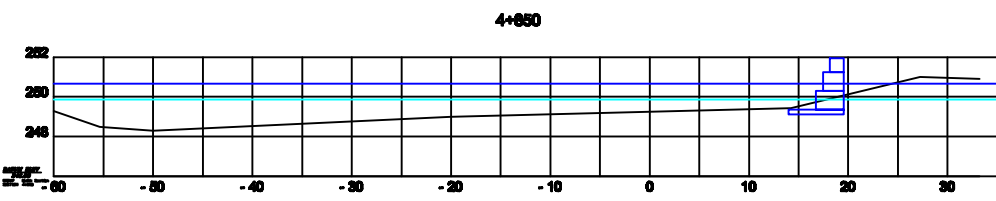
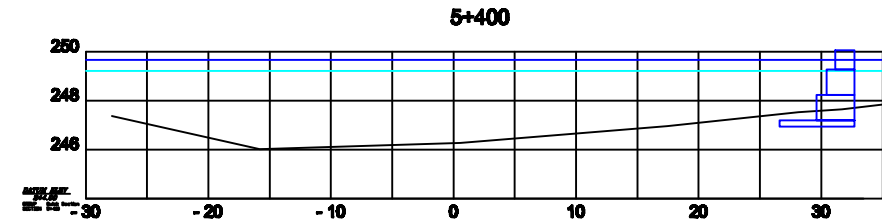
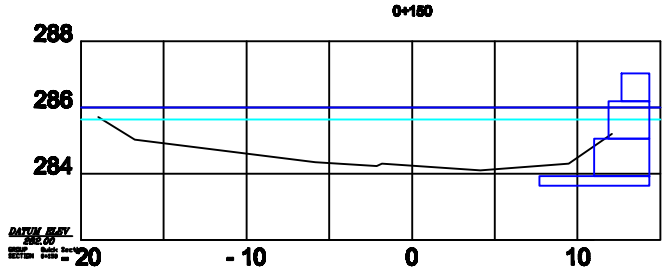
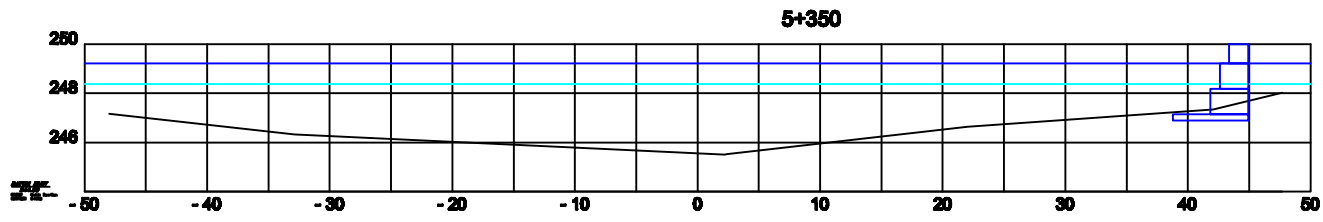
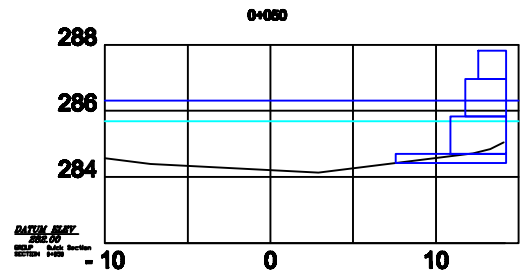
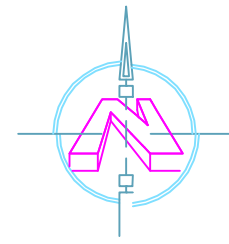
PLANO: 6.2

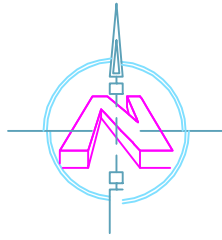
**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PRESENTAN: DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
 GARCIA, JUAN ERNESTO  
 RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
 RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN

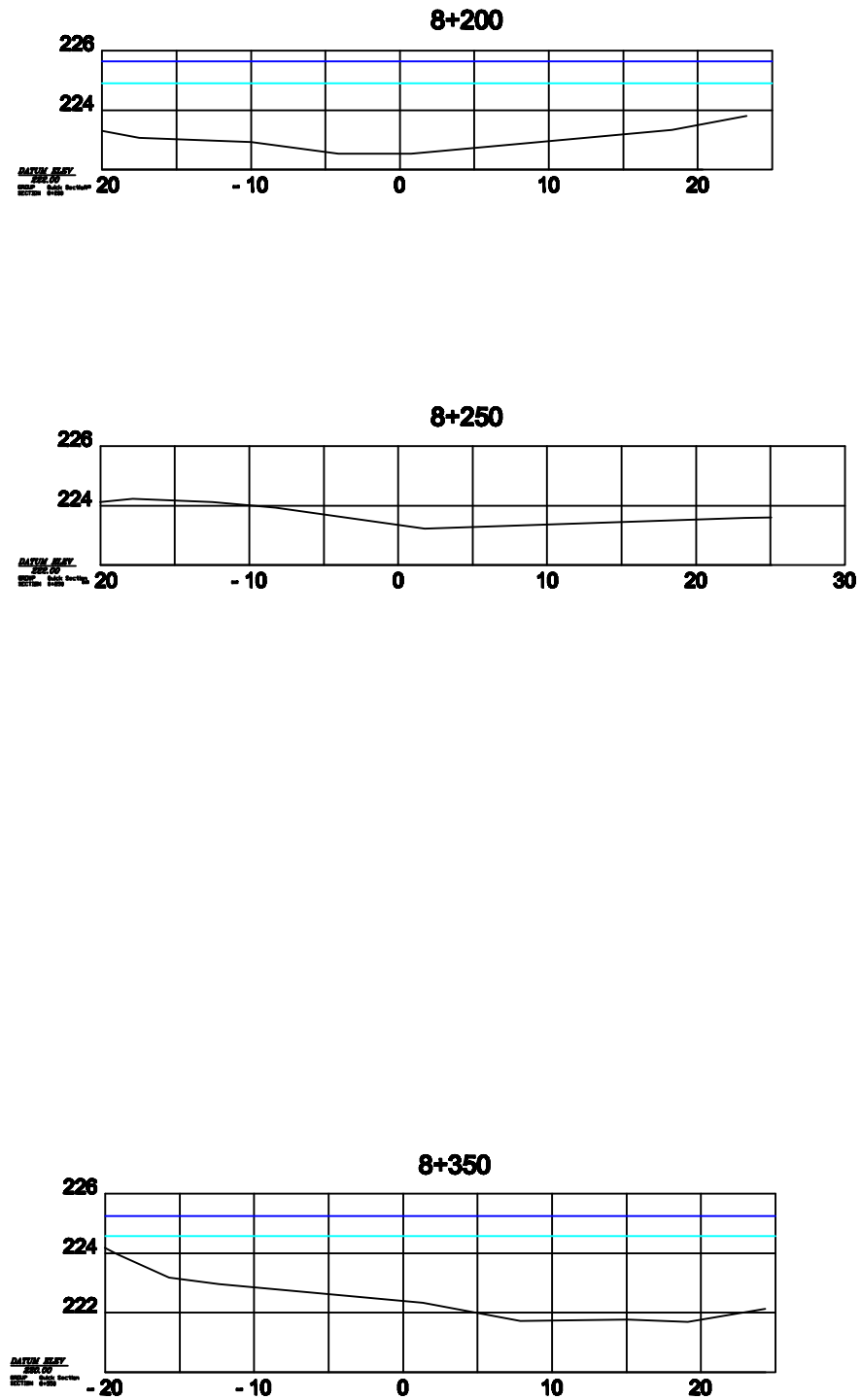
DOCENTE DIRECTOR :  
 ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAYA

PROYECTO: "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUBURBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTERA"





### PUNTO DE INTERES 4: COLONIA "LOS ROMEROS"



**CONTENIDO :**  
**SECCIONES DE LAS ZONAS CRITICAS A INUNDACION DEL RIO SAN FRANCISCO**  
**FECHA :** NOVIEMBRE /11  
**ESCALA :** INDICADA  
**PLANO:** 5.15

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**PRESENTAN:** DIAZ MARTINEZ, ADA BEATRIZ  
 GARCIA, JUAN ERNESTO  
 RAMOS RAMIREZ, MARINA DEL ROSARIO  
 RODRIGUEZ NOLASCO, NOE ADRIAN  
**DOCENTE DIRECTOR :** ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVA  
**PROYECTO:** "IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS PROBLEMAS DE INUNDACION CAUSADO POR EL RIO SAN FRANCISCO EN LA ZONA URBANA Y SUBURBANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO GOTEIRA"