

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**TESIS:**

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN  
DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACIÓN DEL  
RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
SUBURBANO”**

**PRESENTAN:**

**CONTRERAS HERRERA, BALMORE ANTONIO  
MONTEPEQUE PARADA, JORGE VALENTÍN**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AGOSTO 2007**

**SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA:**

Dra. María Isabel Rodríguez

**VICERRECTOR ACADÉMICO:**

Ing. Joaquín Orlando Machuca Gómez

**SECRETARIA GENERAL:**

Licda. Lidia Margarita Muños Vela

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**DECANO:**

Lic. Marcelino Mejía Gonzáles

**SECRETARIA:**

Licda. Lourdes Elizabeth Prudencio Coreas

**JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA:**

Ing. Oscar Reynaldo Lazo Larín

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**“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**

Para Optar Al Título De:

**INGENIERO CIVIL**

Trabajo De Graduación Aprobado Por:

Coordinador De Procesos De Graduación:

**ING. RIGOBERTO LÓPEZ**

Docente Director de Trabajo de Graduación:

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**

**San Miguel, Agosto 2007, El Salvador, Centro América.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR**

Docente Director:

---

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**

Coordinador De Procesos De Graduación:

---

**ING. RIGOBERTO LÓPEZ**

**Dedicatoria,** a Nuestras  
Familias, por su Amor y  
Abnegación.

## *AGRADECIMIENTO*

*Agradecemos a todas aquellas personas que de forma directa o indirecta contribuyeron para la realización de nuestro trabajo de graduación.*

*Universidad de El Salvador: por la oportunidad que nos dio para podernos formar profesionalmente.*

*A Docente Director: Ing. Guillermo Moya Turcios, por orientarnos en el transcurso del trabajo de graduación.*

*A todos los docentes: que participaron de nuestra formación, gracias por compartir con nosotros sus conocimientos.*

*Al Coordinador: Ing. Rigoberto López, por su ayuda durante el levantamiento topográfico y el esfuerzo realizado al coordinar nuestro proyecto.*

*Al personal del laboratorio de mecánica de suelos: por su valiosa ayuda en la realización de la investigación, en especial a don Emiliano.*

*Al personal de la Biblioteca del Ministerio de Agricultura y Ganadería: por su colaboración en la búsqueda de información.*

*Al Servicio Nacional de Estudios Territoriales: por la información proporcionada de sus estaciones Hidrometeorológicas.*

*Al In. Juan José Cisneros Interiano: por su ayuda y colaboración en la realización de este trabajo.*

*A Maccaferri El Salvador: por la colaboración que nos brindaron.*

*Balmore Contreras y Jorge Montepeque*

## DEDICATORIA

*Al final de esta etapa de mi vida y al inicio de una nueva, agradezco de todo corazón a:*

***Dios todo Poderoso y la Virgen Maria:** por darme la sabiduría y entendimiento para lograr una más de mis metas, por ser mi apoyo y fortaleza.*

***A la memoria de mi Padre:** Mauricio, por la huella llena de valores que dejó en mi vida, por sus palabras de apoyo que permitieron dar inicio a este proyecto.*

***A mi madre:** Etelinda, por estar a mi lado todo el tiempo; brindándome su amor, apoyo y paciencia, confiando en el logro de la meta propuesta.*

***A mis hermanos y primos:** por el cariño, apoyo que siempre me brindaron.*

***A mis tíos y tías:** por el apoyo y confianza que me dieron en el transcurso de mi carrera, en especial a Faustina Herrera.*

***A mis sobrinas:** por su cariño y sus palabras de apoyo.*

***A mi novia:** Victoria, por su amor, comprensión y apoyo en los momentos más difíciles.*

***A mi compañero de tesis:** Jorge, por su paciencia en momentos inciertos.*

***A mis amigos:** que de una u otra manera contribuyeron durante el transcurso de mi meta.*

*Balmore Contreras*

## DEDICATORIA

*Dedico Este Triunfo:*

*A Dios Todo Poderoso y La Virgen María: Por guiarme e iluminarme a lo largo de mi formación Académica y por escuchar mis suplicas en los momentos mas difíciles y haberme permitido alcanzar la meta que me propuse.*

*A Mi Esposa: Rosario del Carmen Quintanilla de Montepeque, por darme su Amor, Comprensión, Esmero y apoyo incondicional a lo largo de mi Carrera y por haber sido paciente en los momentos mas difíciles. La Amo.*

*A Mi Hija: Hasly Valentina Montepeque, por ser mi gran Amor y mi Refugio.*

*A Mi Padre: Sebastián Montepeque, por su animo y confianza hacia mi.*

*A Mi Madre: María Teresa Parada de Montepeque, por su Amor, entendimiento, abnegación y sobre todo Gracias por sus Plegarias y Oraciones.*

*A Mis Hermanos: Juan Carlos Montepeque, David Antonio Montepeque y Hugo Sebastián Montepeque, por darme su apoyo incondicional sobre todo, Juan Carlos que me ayudo económicamente desde que inicie mi carrera y por no haberme abandonado nunca, que Dios todo poderoso lo Bendiga Siempre, los quiero mucho.*

*A Mi Compañero: Balmore Antonio Contreras por haber permitido formar un grupo que siempre luchó para poder salir siempre adelante y por haberme proporcionados sus conocimientos a lo largo de nuestro trabajo de Graduación.*

*A mis demás Familiares y Amigos que siempre estuvieron dándome animo para seguir adelante con mi objetivo. Gracias, ¡Que Dios nos bendiga a todos!*

*Jorge Montepeque*



## ÍNDICE

	Página.
<b>CAPITULO I Marco Conceptual</b>	
1.1 Introducción.....	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	4
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Alcances y Limitaciones.....	7
1.5 Justificación.....	9
1.6 Supuesto.....	11
1.7 Metodología de La Investigación.....	12
<b>CAPITULO II Marco Histórico y Normativo</b>	
2.1 Antecedente del Área en Estudio.....	16
2.2 Condiciones de la Cuenca en Estudio.....	24
2.3 Características de los Canales del Río Grande de San Miguel.....	26
2.4 Marco Normativo.....	29
<b>CAPITULO III Marco Teórico</b>	
3.1 Geología.....	46
3.2 Descripción Geológica del Área de Estudio.....	48
3.3 Tectónica.....	48
3.4 Sismicidad.....	52
3.5 Geomorfología.....	53
3.6 Erosión.....	54
3.7 Sedimentación.....	60
3.8 Cobertura Vegetal.....	62
3.9 Suelo.....	63
3.10 Uso Actual del Suelo.....	66
3.11 Uso Futuro del Suelo.....	72
3.12 Hidrología.....	74
3.13 Hidráulico.....	95

3.14 Obras de Mitigación.....	104
-------------------------------	-----

## **CAPITULO IV Diagnóstico**

4.1 Localización y Descripción del Sitio.....	108
4.2 Metodología para la localización y Clasificación de las Zonas Críticas del Área de Estudio.....	120
4.3 Topografía de los Sectores Críticos del Área de Estudio.....	130
4.4 Estudios de Suelos.....	131
4.5 Estudio Hidrológico.....	174
4.6 Memoria de Calculo del Estudio Hidrológico.....	176
4.7 Estudio Hidráulico.....	211
4.8 Memoria de Calculo del Estudio Hidráulico.....	211
4.9 Análisis para Condición de Flujo Crítico.....	213
4.10 Análisis para Condición de Flujo Normal.....	215

## **CAPITULO V Propuesta de Diseño de Obras de Protección**

5.1 Metodología Disponible.....	231
5.2 Criterios de Selección para el Diseño de Obras de Protección.....	258
5.3 Selección del Tipo de Estructura de Selección.....	267
5.4 Gaviones Para Proyectos Hidráulicos.....	272
5.5 Estructura Proyectada.....	279
5.6 Subestructura (Obra de Protección).....	283
5.7 Diseño de Obra de Protección (Muro de Gavión).....	291
5.8 Análisis Hidráulico.....	305
5.9 Presupuesto de Obra de Protección.....	318
5.10 Presupuesto.....	320

## **CAPITULO VI Conclusiones y Recomendaciones**

6.1 Conclusiones.....	323
6.2 Recomendaciones.....	324

6.3 Recomendaciones Complementarias.....	325
--	-----

### ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 2.1: Ubicación Geográfico de La Ciudad de San Miguel.....	17
Mapa N° 2.2: Sistemas Fluviales en El Salvador.....	25
Mapa N° 3.1: Geología del Departamento de San Miguel.....	47
Mapa N° 3.2: Geología de la Cuenca del Río Grande.....	50
Mapa N° 3.3: Regionalización Sísmica de El Salvador.....	51
Mapa N° 3.4: Tipo de Vegetación en la Sub.-cuenca.....	65
Mapa N° 3.5: Cultivos y Aprovechamientos del Uso del Suelo en El Salvador.....	68

### ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1.1: Muestra la proximidad de 3.60 m y la poca altura de 4.10 m.....	5
Fotografía N° 3.1: Muestra la erosión que existe en el área de estudio.....	55
Fotografía N° 3.2: Depósito de Sedimentación en tramo del Río Grande. ....	61
Fotografía N° 4.1: Se Muestra el Sondeo 1 de la Colonia Jardines del Río.....	150
Fotografía N° 4.2: Se Muestra el Sondeo 2 de la Colonia Jardines del Río.....	150
Fotografía N° 4.3: Se Muestra el Sondeo 1 de la Colonia Carrillo I.....	151
Fotografía N° 4.4: Se Muestra el Sondeo 2 de la Colonia Carrillo I.....	151
Fotografía N° 4.5: Se Muestra el Sondeo 1 de la Colonia Dolores.....	151
Fotografía N° 4.6: Se Muestra el Sondeo 2 de la Colonia Dolores.....	151
Fotografía N° 4.7: Obtención de Muestra con la cuchara partida.....	151

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: SubCuenca del Río Grande de San Miguel.....	28
Figura N° 2.2: Plano de Clasificación de Zonas que no Cumplen con los 50 metros.....	44
Figura N° 3.1: Hidrograma Aislado.....	87

Figura Nº 3.2: Representación Esquemática de un Hidrograma Unitario Triangular.....	89
Figura Nº 4.1: Plano de Ubicación de las Comunidades del Río Grande.....	101
Figura Nº 4.2: Plano de Clasificación de Zonas de acuerdo al Riesgo que Presentan.....	129
Figura Nº 5.1: Presa de El Judío sobre la rambla del mismo nombre.....	245
Figura Nº 5.2: Canalización del río Nervión en Llodio.....	252
Figura Nº 5.3: Encauzamiento del río Segura a su paso por la Vega Baja.....	254
Figura Nº 5.1: Esquema de Muros Rígidos.....	261
Figura Nº 5.2: Esquema de Muros Flexibles.....	262
Figura Nº 5.3: Esquema de Estructuras de Tierra Reforzada.....	263
Figura Nº 5.4: Esquema de estructuras Ancladas.....	264
Figura Nº 5.5: Esquema de Estructuras Enterradas.....	265
Figura Nº 5.4- Elementos constituyentes de los Colchones Reno.....	273
Figura Nº 5.5: Canalización en colchones Reno.....	275
Figura Nº 5.6: Integración Ambiental.....	275
Figura Nº 5.7: Río Felia - Italia.....	275
Figura Nº 5.8 Río Maroglio - Italia.....	275
Figura Nº 5.9: Colocación de colchones Reno en presencia de agua.....	275
Figura Nº 5.10- Elementos constituyentes de los Gaviones Tipo Caja.....	276
Figura Nº 5.11: Detalle constructivo de obra con gavión caja.....	278
Figura Nº 5.12: prueba de carga realizada por Maccaferri.....	278
Figura Nº 5.11:detalle de la característica de ser autodrenante.....	278
Figura Nº 5.11:gavión caja siendo trasladado con grúa.....	278
Figura Nº 5.15 Empujes de Tierra Sobre un Muro.....	284
Figura Nº 5.16: Esfuerzos actuantes sobre un elemento de suelo en “Reposo”.....	285
Figura Nº 5.17: Estados plásticos en el diagrama de Morh. (Suelos Friccionantes).....	286
Figura Nº 5.18: Fuerzas Dinámicas Actuantes en el Muro.....	288

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama Nº 2.1: El problema, causa y efectos de los desastres.....	39
---	----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 3.1: Precipitación Promedio Anual.....	93
Grafico N° 4.1: Curva Granulométrica del Sondeo 1, Colonia Dolores.....	144
Grafico N° 4.2: Curva Granulométrica del Sondeo 2, Colonia Dolores.....	145
Grafico N° 4.3: Curva Granulométrica del Sondeo 1, Colonia Jardines del Río.....	146
Grafico N° 4.4: Curva Granulométrica del Sondeo 2, Colonia Jardines del Río.....	147
Grafico N° 4.5: Curva Granulométrica del Sondeo 1, Colonia Carrillo I.....	148
Grafico N° 4.6: Curva Granulométrica del Sondeo 2, Colonia Carrillo I.....	149
Gráfico N° 4.7: Relación Penetración Estándar, Presión Vertical y la Compacidad.....	153
Grafico N° 4.8: Estratigrafía del Sondeo 1, Colonia Dolores.....	160
Grafico N° 4.9: Estratigrafía del Sondeo 2, Colonia Dolores.....	161
Grafico N° 4.10: Estratigrafía del Sondeo 1, Colonia Jardines del Río.....	162
Grafico N° 4.11: Estratigrafía del Sondeo 2, Colonia Jardines del Río.....	163
Grafico N° 4.12: Estratigrafía del Sondeo 1, Colonia Carrillo I.....	164
Grafico N° 4.13: Estratigrafía del Sondeo 2, Colonia Carrillo I.....	165
Grafico N° 4.14: Curva Hipsométrica Dolores.....	180
Grafico N° 4.15: Curva Hipsométrica Jardines del Río Y Carrillo I.....	181
Grafico N° 4.17: Gráfico correspondiente a las curvas I.D.F.....	196
Grafico N° 4.18: Gráfico Correspondiente a la Intensidad de Diseño (10, 25 y 50 años).....	198
Grafico N° 5.1: Estructuras Económicas.....	319

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 4.1: Descripción de Comunidades Colindantes al Río Grande.....	110
Tabla N° 4.2 : Cubierta Vegetal y Tipo de Sedimento.....	113
Tabla N° 4.3 : Problemática y Causas que lo Originan.....	115
Tabla N° 4.4: Selección De Comunidades.....	117
Tabla N° 4.5: Grado de Socavación de Taludes.....	123
Tabla N° 4.6: Altura de Taludes.....	123

Tabla N° 4.7: Inclinación del Taludes.....	123
Tabla N° 4.8: Inundación.....	124
Tabla N° 4.9: Ubicación de las Viviendas.....	124
Tabla N° 4.10: Deposito de Ripio y Basura.....	124
Tabla N° 4.11: Cubierta Vegetal.....	125
Tabla N° 4.12: Tipo de Sedimento.....	125
Tabla N° 4.13: N° de Viviendas en Riesgo.....	125
Tabla N° 4.14: Puntajes Asignados a cada Comunidad.....	126
Tabla N° 4.15: Evaluación de Comunidades de Acuerdo al Riesgo.....	128
Tabla N° 4.16: Clasificación de las Comunidades de Acuerdo al Riesgo que Presentan.....	128
Tabla N° 5.1: Capacidad para Soportar Deflexión.....	268
Tabla N° 5.2: Fundación Profunda.....	268
Tabla N° 5.3: Interacción con la Fauna.....	269
Tabla N° 5.4: Interacción con la Flora.....	269
Tabla N° 5.5: Necesidad de Mano de Obra Calificada.....	269
Tabla N° 5.6: Efectos en el Nivel Freático.....	270
Tabla N° 5.7: Sustitución y Estabilización de Suelo.....	270
Tabla N° 5.8: Velocidad de Flujo.....	270
Tabla N° 5.9: Puntajes Asignados.....	271
Tabla N° 5.10: Dimensiones Estándar de Gaviones Tipo Colchón Reno.....	274
Tabla N° 5.11: Dimensiones estándar de los Gaviones tipo Caja.....	277
Tabla N° 5.12: Comparación de Velocidades según Obra a Diseñar.....	217
Tabla N° 5.13: Presupuesto del Proyecto para Colonia Dolores.....	320
Tabla N° 5.14: Presupuesto del Proyecto para Colonias Jardines del Río y Carrillo I.....	321

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 2.1: Huracanes con sus Respectives Precipitación y Estación.....	22
Cuadro N° 2.2: Colonias que no Cumplen con los 50 mts establecidos.....	43
Cuadro N° 3.1: Lista de Proyectos de Reforestación en el Área de Estudio.....	59
Cuadro N° 3.2: Usos del Suelo en el Municipio de San Miguel.....	69
Cuadro N° 3.3: Uso Actual del Suelo por Departamento en la Región Oriental, 1996.....	70
Cuadro N° 3.4: Distribución de las Clases de Capacidad del Suelo.....	71
Cuadro N° 3.5: Uso existente de Suelo en el Área de Estudio (1996).....	71
Cuadro N° 3.6: Clasificación de Suelos en el País y en el Área de Estudio.....	72

Cuadro N° 3.7: Matriz de Conversión del Uso del Suelo para el Uso Futuro.....	73
Cuadro N° 3.8: Uso Futuro del Suelo en la Región Oriental.....	73
Cuadro N° 3.9: Coeficientes de Escorrentía para diferentes Tipos de Pendiente.....	86
Cuadro N° 3.10: Elementos Geométricos de Secciones de Canal.....	100
Cuadro No. 3.11: Valores de Rugosidad de Ríos en cursos Naturales.....	104
Cuadro N° 4.17: Cuadro Resumen Para El Contenido de Humedad Dolores.....	134
Cuadro N° 4.18: Cuadro Resumen Para El Contenido de Humedad Jardines del Río.....	135
Cuadro N° 4.19: Cuadro Resumen Para El Contenido de Humedad Carrillo I.....	136
Cuadro N° 4.20: Cuadro de Análisis Granulométrico para la Colonia Dolores.....	137
Cuadro N° 4.21: Cuadro de Análisis Granulométrico para la Colonia Jardines del Río.....	138
Cuadro N° 4.22: Cuadro de Análisis Granulométrico para la Colonia Carrillo I.....	139
Cuadro N° 4.23: Cuadro Resumen para el % de Arenas y Finos, Para la Colonia Dolores..	141
Cuadro N° 4.24: Cuadro Resumen para el % de Arenas y Finos, Para Jardines del Río.....	142
Cuadro N° 4.25: Cuadro Resumen para el % de Arenas y Finos, Para Carrillo I.....	143
Cuadro N° 4.26: Calculo del Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ” Dolores.....	166
Cuadro N° 4.27: Calculo del Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ” Jardines del Río.....	167
Cuadro N° 4.28: Calculo del Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ” Carrillo I.....	168
Cuadro N° 4.29: Calculo de la Capacidad de Carga del Suelo Dolores.....	169
Cuadro N° 4.30: Calculo de la Capacidad de Carga del Suelo Jardines del Río.....	170
Cuadro N° 4.31: Calculo de la Capacidad de Carga del Suelo Carrillo I.....	171
Cuadro N° 4.32: caudales de diseño, basándose en el tamaño de la cuenca.....	174
Cuadro N°: 4.33: Datos de las curvas de nivel a intervalos de 200 mts.....	178
Cuadro N°: 4.34: Tabulación para la Curva Hipsométrica.....	179
Cuadro N° 4.35: Tabulación para la determinación de Em.....	182
Cuadro No 4.36: Caudales Máximos del Río Grande de San Miguel.....	186
Cuadro No 4.37: Calculo de las Estadísticas de los Registros de Caudal.....	187
Cuadro N° 4.38: Criterios De Diseño Generalizado Para Control De Agua.....	188
Cuadro N° 4.39: Intensidad de Precipitación Máxima Anual (Absoluta).....	193
Cuadro N° 4.40: Frecuencia Empírica De Intensidades Para La Colonia Dolores.....	194
Cuadro N° 4.41: Frecuencia Empírica De Intensidades Para La Colonia Jardines.....	195
Cuadro N° 4.42: Intensidad – Duración.....	197
Cuadro N° 4.43: Calculo de la Pendiente de Cada Sector Dolores.....	202
Cuadro N° 4.44: Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector Dolores T = 10 años.....	203
Cuadro N° 4.45: Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector Dolores T = 25 años.....	204
Cuadro N° 4.46: Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector Dolores T =50 años.....	205

Cuadro N° 4.47: Calculo de la Pendiente de Cada Sector Jardines y Carrillo.....	206
Cuadro N° 4.48: Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector Jardines T = 10 años.....	207
Cuadro N° 4.49: Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector Jardines T = 25 años.....	208
Cuadro N° 4.50: Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector Jardines T = 50 años.....	209
Cuadro N° 4.51: Cuadro Resumen del Caudal Máximo de la SubCuenca Dolores.....	210
Cuadro N° 4.52: Cuadro Resumen del Caudal Máximo de la SubCuenca Jardines.....	210
Cuadro N° 4.53: Cuadro de Alturas: Reales, Críticas y Normales, Dolores T = 10 años.....	217
Cuadro N° 4.54: Cuadro de Alturas: Reales, Críticas y Normales, Dolores T = 25 años.....	218
Cuadro N° 4.55: Cuadro de Alturas: Reales, Críticas y Normales, Dolores T = 50 años.....	219
Cuadro N° 4.56: Cuadro de Alturas: Reales, Críticas y Normales, Jardines T = 10 años....	220
Cuadro N° 4.57: Cuadro de Alturas: Reales, Críticas y Normales, Jardines T = 25 años....	222
Cuadro N° 4.58: Cuadro de Alturas: Reales, Críticas y Normales, Jardines T = 50 años....	224
Cuadro N° 5.1: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Muro Rígido.....	261
Cuadro N° 5.2: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Muro Flexible.....	262
Cuadro N° 5.3: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Tierra Reforzada.....	263
Cuadro N° 5.4: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Estructura Anclada.....	264
Cuadro N° 5.5: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Estructura Enterrada....	265
Cuadro N° 5.6: Coeficientes de aceleración sísmica.....	288

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1:** Fotografías que muestran la Vulnerabilidad para cada Colonia

**Anexo 2:** Fotografías Satelital que muestra el Comportamiento de la Sedimentación para cada Colonia

**Anexo 3:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S)

**Anexo 4:** Correspondencia entre las unidades de los Mapas Geológicos y las unidades de Litología y Permeabilidad



**Anexo 5:** Correspondencia entre distintas unidades Litológicas y su Permeabilidad y Vulnerabilidad

**Anexo 6:** Cuadrantes Topográficos, Cuadrícula de Horton y Curvas Isométricas de las Subcuenca del Río Grande de San Miguel.

**Anexo 7:** Planos Topográficos, para las Colonias; Dolores, Jardines del Río y Carrillo I

**Anexo 8:** Planimetría de Propuesta de Obras de Protección para las Colonias; Dolores, Jardines del Río y Carrillo I

**Anexo 9:** Especificaciones Técnicas para El Diseño de Muro de Gavión

**Anexo 10:** Encuesta

# *Capítulo I*

*Marco Conceptual.*

## Introducción.

El Río Grande de San Miguel, es el segundo Río mas largo en la República de El Salvador, se encuentra ubicado en el oriente del país y tiene un área de captación de 2,247 km<sup>2</sup> aproximadamente. La cuenca del Río Grande posee, en su centro, a la ciudad de San Miguel, que se considera como el núcleo de la Región Oriental. Además juega un papel muy importante en el desahogue del drenaje de la Ciudad de San Miguel, dado su cercanía a la ciudad, este ha servido durante años como el centro de recolección del cien por ciento de las aguas residuales, que ha venido degradando el sistema ecológico y el medio ambiente y se manifiesta en la contaminación de las aguas.

De esa misma manera, debido a la necesidad del desarrollo urbano en la zona, se generó una tala indiscriminada de árboles, incorporándose de manera rápida e inevitable el aumento del área talada al generarse la construcción de más viviendas, las alteraciones causadas en el suelo debido al uso inadecuado del mismo ha venido formando sectores de inundación en sitios aguas abajo donde precisamente se encuentra la Ciudad de San Miguel.

Hoy en día ante la constante aparición de nuevas Zonas marginales, surgen problemas mucho mas graves que tendrán a generalizarse con las consecuentes perdidas humanas, económicas y de bienes. Entre los acontecimientos más recientes que han provocado graves daños en las zonas marginales de la zona Oriental, basta mencionar las recientes Inundaciones del invierno de: 29 de Octubre **1998** con el Huracán **Mitch**, 19 de Mayo de **2005** con el Huracán **Adrián**, 04 de Octubre de **2005** con el Huracán **Stan**. Debido a estos acontecimientos es que se ha procurado cumplir con el Plan de Desarrollo Urbano, para poder disminuir las alteraciones causadas en el suelo debido al uso inadecuado del mismo, en el cual se ha planteado una serie de ordenamientos a nivel regional y urbano para todo el país, y en ese marco, el sector vivienda ha tenido prioridad. La falta de atención a las recomendaciones y su implementación, ha

ocasionado un descontrol que en este sentido existe. Lo anterior hace necesario tomar medidas protectoras, a través de obras, delimitación y recuperación de zonas de protección para poder garantizar el bienestar de la población y el desarrollo de estos sectores.

El presente estudio, presentará alternativas de propuestas para los problemas generados por el desbordamiento del Río Grande de San Miguel en el tramo comprendido entre las Colonias; Confianza II y Jardines de San Miguel que se consideran dentro del radio Suburbano a las orillas del Río Grande.

## **Planteamiento del Problema.**

La Ciudad de San Miguel posee áreas propensas a Inundaciones por el desbordamiento del Río Grande, que todos los años durante la época invernal afecta a los pobladores que tienen sus viviendas a las orillas del Río Grande y que en su mayoría son de escasos recursos, este daño se agudiza cuando se presentan tormentas tropicales o huracanadas.

La falta de obras de protección que ayude a minimizar los daños que produce el Río Grande, ocasiona que los pobladores año con año vivan con el temor que en el invierno el Río se desborde, los pobladores durante esta época no duermen y pasan la noche a la orilla vigilando el estado del Río (esto por causa de que tampoco existe un sistema de alerta) en espera que deje de llover para no tener que desalojar sus viviendas, caso contrario, desalojan sus viviendas llevando sus pertenencias cuando tienen tiempo, los pobladores manifiestan que el desalojo lo hacen por sus propios medios ya que no confían dar sus pertenencias a los que llegan a ayudar. Esta situación perjudica a todos los que viven en estas zonas, ya que ocasiona que no puedan realizar sus labores diarias, tienen que pedir permiso en sus trabajos y los niños no asisten a clases. Además los habitantes de algunos sectores no pueden abandonar su hogar por que son personas de bajos recursos y por su dificultad de conseguir otro sitio mas seguro tiene que arriesgar sus vidas y la de sus familias viviendo en las cercanías de este.

Por lo tanto, el control de Inundaciones debe considerar los Recursos Hídricos de manera urgente e imprescindible para el desarrollo y la estabilización de la zona. Se debe tener en cuenta que no solo la intensidad de las Precipitaciones contribuye a la vulnerabilidad sino también otros factores como la pendiente de la Cuenca principal (Río Grande de San Miguel), La Sedimentación y el avance de la Urbanización. De

continuar este problema se seguirá frenando el desarrollo económico y social de estos sectores y perjudicando el bien y la seguridad a la que todo ser humano tiene derecho.



**Fotografía N° 1.1:** Muestra la proximidad de 3.60 m y la poca altura de 4.10 m de las casas de la Colonia Jardines del Río con respecto al Río Grande de San Miguel.

Las inundaciones que se dan por el desbordamiento del Río Grande de San Miguel en la época lluviosa a lo largo del cauce de la zona urbana pueden ser mitigadas con la construcción de obras de protección tales como Bordas, Gaviones, Muros de Contención y Conformación de Taludes.

# Objetivos.

## Objetivo General:

- ⊕ Conocer los problemas que representan las inundaciones causadas por el desbordamiento del Río Grande, en el sector Suburbano de La Ciudad de San Miguel y aplicar los Métodos y parámetros del análisis Hidrológico e Hidráulico aplicado a los márgenes del cauce del Río Grande para su protección y prevención de riesgos, determinando Zonas Criticas.

## Objetivos Específicos:

- ⊕ Identificar los núcleos Poblaciones y Delimitar las zonas inundadas por las crecidas máximas que se dieron entre los año 1,974 al 1,998 del Río Grande en el sector comprendido entre la Colonia Confianza II hasta la Colonia Jardines de San Miguel de la Ciudad de San Miguel.
- ⊕ Se elaborara una Metodología de Clasificación para la selección de las Zonas Susceptibles a Inundación en el Área de estudio.
- ⊕ Se Realizara un Análisis Hidrológico e Hidráulico, que nos permita obtener el Caudal Pico y las elevaciones del nivel del agua en las secciones topográficas seleccionadas.
- ⊕ Elaborar propuesta de Obras Civiles de protección contra inundaciones.
- ⊕ Proporcionar la información técnica para ser utilizada como fuente de consulta por instituciones, estudiantes, etc., interesados en el tema de protección de las comunidades suburbanas que se encuentran a las orillas del Río Grande de San Miguel.

## Alcances y Limitaciones.

### Alcances:

- ⊕ El estudio incluye la obtención de un registro de los sectores afectados por inundaciones a lo largo de 12.00 km de sectores colindantes del Río Grande de San Miguel debido al desbordamiento que se dan durante las crecidas máximas, así como también la clasificación de los sectores críticos en el área que comprende desde la Colonia Confianza II hasta la Colonia Jardines de San Miguel.
- ⊕ Efectuar un Levantamiento Topográfico de las Zonas Críticas del Área de Estudio.
- ⊕ Realizar un análisis Hidrológico para la Obtención del Caudal de Diseño para la sub.-Cuenca que esta comprendida por un Área de 1,061.995 Km<sup>2</sup> donde se encuentra los sectores seleccionados en la primera fase.
- ⊕ La verificación del nivel del agua en las secciones topográficas a cada 20 mts,
- ⊕ Se establecerán las posibles obras de protección civil tales como; conformación de taludes, muros de protección, Gaviones y otras medidas no estructurales que proteja las zonas afectadas directamente por el fenómeno de la inundación, encaminadas a proteger a los pobladores de estos sectores.
- ⊕ Se estimara el presupuesto de cada Obra de Protección con los Precios Índices proporcionados por Maccaferri.



### **Limitaciones / Riesgos:**

- ⊕ La precisión con que han sido tomados los datos de intensidades de precipitación en las diferentes Estaciones Meteorológicas y la Falta de datos recientes.
- ⊕ La discontinuidad de los registros de Precipitaciones con que cuenta la institución encargada, ya que los años no registrados podrían ser más críticos que los que se utilizaran para el análisis.
- ⊕ La información obtenida de los Habitantes de cada Colonia de nuestra área de estudio.
- ⊕ Las Obras de Protección se diseñaran para un periodo de Retorno de 25 años a partir del año 2007.
- ⊕ El Presupuesto tendrá como base los precios proyectados para el año 2007.
- ⊕ Algunos sectores de nuestra área de estudio no se pudo analizar con mas detalles debido a la delincuencia que existe en ella.

## **Justificación.**

Según las “Regiones Críticas de Desastres Naturales de El Salvador”<sup>1</sup>, las áreas propensas a inundaciones en el país suman una área total de 2,573 km<sup>2</sup> y alrededor de un tercio de esta área (870 km<sup>2</sup>), se encuentran ubicadas en la cuenca del Río Grande de San Miguel, la cual ha estado sufriendo severas Inundaciones por largos periodos de duración debido a la extrema Precipitación, su plana Topografía y la reducida capacidad de descarga del Río, afectando cultivos (47.68 km<sup>2</sup>), pastizales (103.17 km<sup>2</sup>), bosques (6.05 km<sup>2</sup>) y el Área Urbanas (1.65 km<sup>2</sup>), siendo esta ultima nuestro sitio de estudio.

La zona urbana de San Miguel debido a un crecimiento desorganizado ha permitido asentamientos de diversas Residenciales, Urbanizaciones, Colonias y Caseríos a las orillas de este Río, lo cual ha acarreado como consecuencia una gran serie de Inundaciones cada vez que se presentan fenómenos extraordinarios que originan precipitaciones intensas, como consecuencia se producen evacuaciones de estos sectores, pérdidas de bienes, destrucción de granjas avícolas, daños en viviendas, interrupción de las actividades cotidianas de los pobladores, desechos al paso del agua, provocando inseguridad y baja plusvalía de las viviendas.

Mientras los peligros naturales continúan produciéndose, las acciones humanas pueden incrementar o reducir la vulnerabilidad de las comunidades ante estos riesgos. El grado de vulnerabilidad se determina por una combinación de factores, incluyendo la conciencia existente sobre estos peligros, las condiciones que presentan los asentamientos humanos y la infraestructura, las políticas y la administración pública, y las habilidades organizativas en todos los campos relacionados con la gestión de los desastres.

---

<sup>1</sup> Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Así como la pobreza dan origen a estas condiciones de vulnerabilidad, el cual serán analizados para encontrar propuestas favorables que permitan mejorar las formas de vida de estas comunidades.

Es por ello que se ha propuesto el análisis de esta cuenca para que a través de observaciones de la zona seleccionada se definan los Sectores que son vulnerables a inundaciones por el desbordamiento del Río Grande y establecimiento de zonas de alto riesgo, y será el punto de partida para la realización del análisis Hidrológico e Hidráulico con lo que se propondrán Obras Civiles de protección para aquellas urbanizaciones y colonias que ya se encuentren bajo esta amenaza.

## Supuesto.

### General:

- ⊕ La construcción de Diques con Gaviones y Muros de Contención son la solución para mitigar los daños ocasionados por el desbordamiento del Río Grande de San Miguel ya que son Técnicamente y económicamente factibles en el sector de interés.

## **Metodología de la Investigación.**

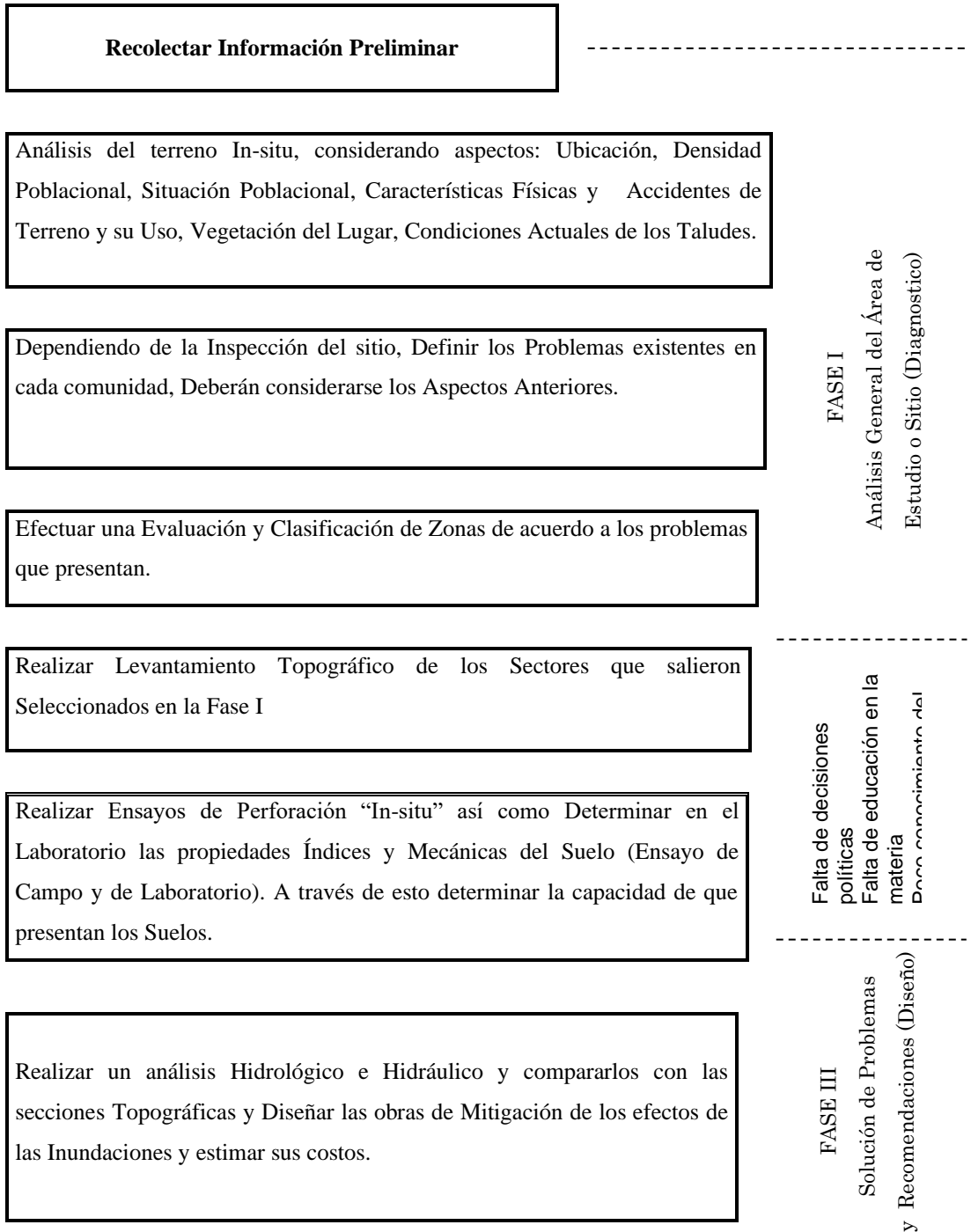
Dependiendo de las características particulares de los casos que requieren de estudios de control de Inundaciones, el procedimiento general que se sigue es el siguiente:

1. Delimitar las zonas inundables. Se puede hacerse utilizando cartografía, fotografías aéreas, topografía de campo, encuestas e inventario de eventos históricos.
2. Determinar las causas de las inundaciones. Pueden ser desbordamientos, encharcamientos, deficiencias de drenaje, obstrucciones o sedimentación.
3. Establecer criterios Geológicos, Geotécnicos e Hidráulicos para la localización y clasificación de zonas críticas del área de estudio.
4. Realizar estudios de Hidráulica Fluvial para conocer la dinámica fluvial y estimar capacidades de los cauces.
5. Diseñar las obras de Mitigación de los efectos de las Inundaciones y estimar sus costos.

De una manera general los proyectos de control de Inundaciones estudian las siguientes opciones:

- 1) Dejar las cosas como están y convivir con el problema.
- 2) Establecer sistemas de alerta para que la población pueda ponerse a salvo.
- 3) Proyectar la construcción de obras civiles:
  - a) Terraplenes protegido por obras marginales.
  - b) Muros en Concreto o en Gaviones.
  - c) Diques Longitudinales, denominados también Jarillones.
  - d) Embalses de regulación.
  - e) Canales de desviación o By – pass.

**<sup>2</sup> Metodología Sugerida para la evaluación de Obras de Protección en la zona del área de Estudio.**



<sup>2</sup> Elaboración Propia del Grupo.

# *Capítulo II*

## *Marco Histórico y Normativo.*



## **Capítulo II**

### **Marco Histórico y Normativo.**

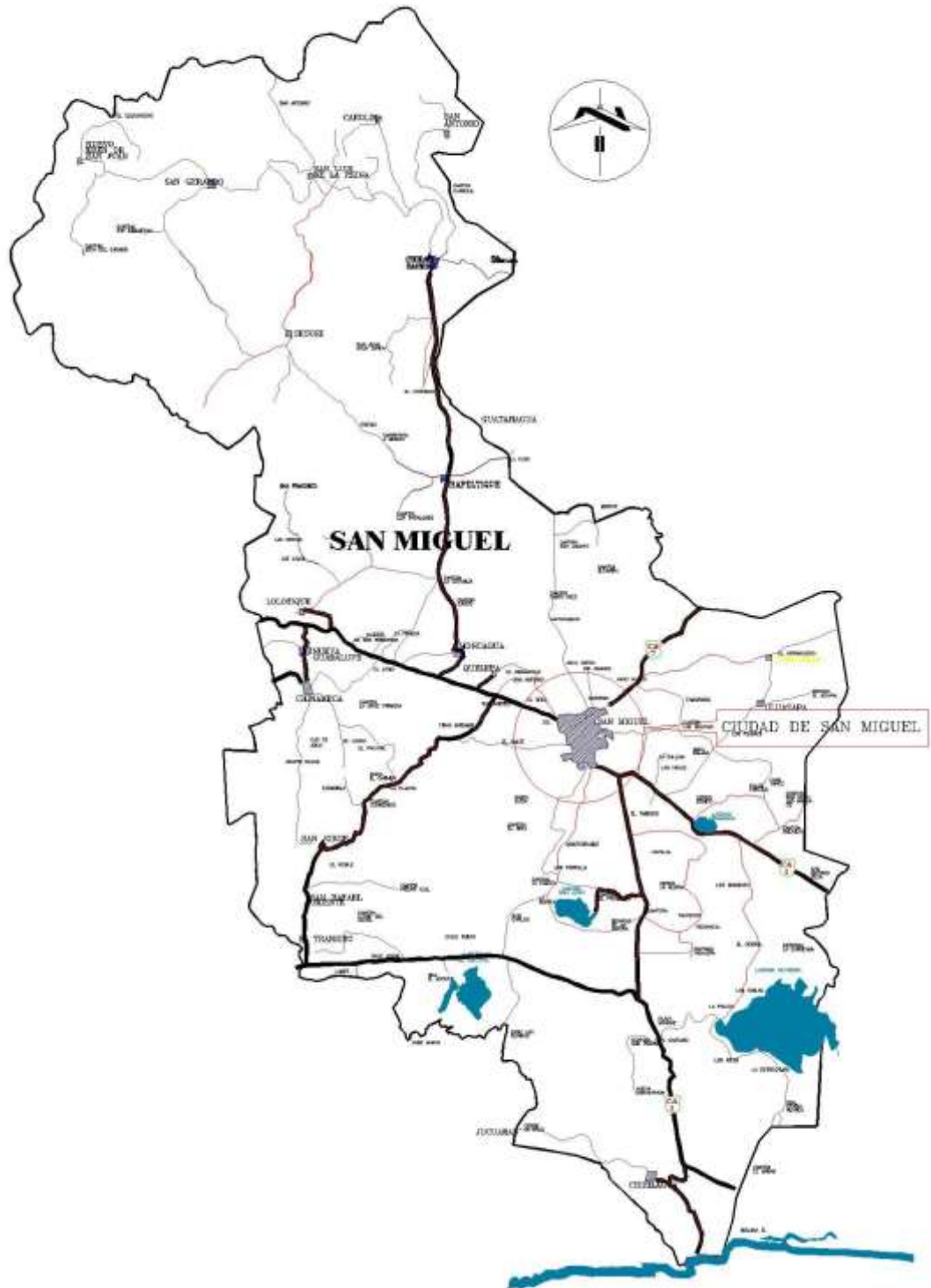
#### **2.1 Antecedentes del Área de Estudio.**

##### **a) Contexto Histórico:**

La Ciudad de San Miguel, cabecera departamental y municipal, esta situada en el centro de la Cuenca del Río Grande de San Miguel. La Ciudad se ubica al Noreste del Volcán Chaparrastique; su posición Geográfica es 13°28'57" LN, 88°10'48" LW, con una altitud de 115.0 m.s.n.m., se delimitan 132.5 kilómetros al oriente de la Ciudad de San Salvador. Sus Ciudades mas cercanas son: Quelepa, Moncagua y Uluazapa. Su radio urbano consta de una superficie de 1,895.64 Ha, según el PLAMADUR del año 1998.

El Río Grande de San Miguel, el segundo Río mas largo en la República de El Salvador, se encuentra ubicado en el oriente del país y tiene un área de captación de 2,247 km<sup>2</sup> aproximadamente (según el estudio de control de crecidas en el Río Grande de San Miguel hecho por La Agencia de Cooperación Internacional del Japón "JICA" y por el Ministerio de Agricultura y Ganadería "MAG"). La cuenca del Río Grande posee, en su centro, a la ciudad de San Miguel, que se considera como el núcleo de la Región Oriental. Los accidentes Geográficos, han tenido influido en el crecimiento de la Ciudad de San Miguel. Ya que ésta ocupa una posición centralizada con respecto a otros núcleos poblados de la región Oriental. Además tiene una posición centrada también en términos de Cuencas Hidrográficas y Valles (Cuenca del Río Grande De San Miguel y Valle de Sirama). La importancia relativa de la Ciudad de San Miguel fue exagerada por el concerniente aislamiento que tiene la región Oriental del país, división por accidente natural del Río Lempa.

## DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL



**Mapa N° 2.1:** Ubicación Geográfica de La Ciudad de San Miguel.  
**Fuente:** Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial.

El cultivo del café, habría influido en el crecimiento del sistema de asentamientos Urbanos de El Salvador, incluyendo el de San Miguel, a partir de finales de los años 1,800. El despegue del café, reemplazo paulatinamente al añil como cultivo principal de exportación, durante la segunda parte del siglo XIX, el cultivo del café en las vertientes del Volcán Chaparrastique, se estimulo el crecimiento Urbano de San Miguel.

También durante este periodo antiguo, los vínculos de transporte contribuyeron al crecimiento de San Miguel. El Ferrocarril y la Carretera Panamericana estimularon el crecimiento Urbano. El acceso a los Puertos, tanto por ferrocarril como por carretera, fue un factor clave para el desarrollo de los cultivos de exportación.

Estos factores, como su ubicación favorable en el centro de la productiva región Oriental, su atención del gobierno central como un centro político-administrativo, sus vínculos de transporte, crearon un punto que estimulo el desarrollo de las actividades comerciales en San Miguel.

Finalmente, el conflicto armado en esta época (80`s), trágicamente ha contribuido al crecimiento de San Miguel; ya que la Región Oriental recibió los golpes mas duros de la guerra, y que por lo cual la migración de la gente que vivía en el campo, se traslado a la ciudad acelerando el crecimiento poblacional debido a este fenómeno.

Dada a esta influencia, San Miguel, es considerada como una ciudad secundaria en el contexto nacional y la región Oriental se convierte en el instrumento analítico para el ejercicio del cociente de ubicación (“El análisis de los cocientes de ubicación indica que San Miguel, en general y hasta cierto punto, juega los papeles típicos de una ciudad secundaria”). El cual señala la importancia relativa de cada una de las ramas de actividades económicas de la ciudad en un dado centro urbano.

De esa misma manera, debido a la necesidad del desarrollo urbano en la zona, se generó una tala indiscriminada de árboles, incorporándose de manera rápida e inevitable el aumento del área talada al generarse la construcción de más viviendas.

Debido a estos acontecimientos es que se ha procurado cumplir con el Plan de Desarrollo Urbano, para poder disminuir las alteraciones causadas en el suelo debido al uso inadecuado del mismo; por tanto se ha venido formando sectores de inundación en sitios aguas abajo (donde precisamente se encuentra la Ciudad), de acuerdo a la tendencia del crecimiento urbano, ya sea de bajo o alto riesgo, debido a las máximas precipitaciones que se da en la zona.

El área de estudio es una Cuenca que esta rodeada por una cordillera montañosa con alturas de 380 m a 1,660 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). El cerro más alto es el de San Miguel (2,129 m), ubicado al Oeste de La Ciudad de San Miguel. A lo largo de los tramos medio y bajo del Río Grande de San Miguel, existe una extensa planicie con potencial para el desarrollo de La Agricultura, la planicie es muy valorada en este país donde la superficie montañosa prevalece. La gran superficie mencionada anteriormente ha estado sufriendo severas Inundaciones de largos periodos de duración debido a la extrema Precipitación, su plana Topografía y la reducida capacidad de descarga del Río.

Las Inundaciones dan como resultado graves daños a la población de las comunidades marginales, situación que ha sido evidente en los últimos años en donde se ha experimentado ocasiones conflictivas en el Río Grande de San Miguel.

Los tipos de Precipitación que pudiesen causar inundaciones en el Área de Estudio son:

- (1) Huracanes y Tormentas tropicales provenientes del Mar Caribe,
- (2) Lluvias tropicales de alta intensidad y
- (3) Precipitación continúa de intensidad media.

El Huracán “*Francelia*” influyó en La Inundación de **1,969** y dio como resultado la descarga máxima registrada en Moscoso en Septiembre 4 y el Huracán “*Gilbert*” afectó La Inundación de **1,988** provocando La Precipitación máxima registrada en 7 días en San Francisco Gotera y la segunda máxima en El Papalón en Septiembre 16. Basándose en la trayectoria de los Huracanes “**Francelia**” y “**Gilbert**”, las fechas de las Inundaciones sucedieron durante el período de transición de Huracán a tormenta tropical. También tenemos entre esas dos fechas al huracán Fifi en 1,974 el cual provoco Inundaciones a lo largo del Río Grande de San Miguel.

Entre los acontecimientos más recientes que han provocado graves daños en las zonas marginales de la zona Oriental, basta mencionar las recientes Inundaciones del invierno de: 29 de Octubre **1998** con el Huracán **Mitch**, 19 de Mayo de **2005** con el Huracán **Adrián**, 04 de Octubre de **2005** con el Huracán **Stan**.

### **Descripción y características del desastre provocado por el Huracán Mitch**

El huracán Mitch ha sido calificado como el desastre de origen hidrometeorológico más grave que haya afectado a la región centroamericana en muchísimos años. No resulta singular solamente por la fuerza que alcanzó el evento al tocar costas de la región, sino también por la extensión de su diámetro, la acumulación de humedad y lluvias que acarreo y la aparentemente errática trayectoria que mantuvo durante varios días.

Hace 9 años, en 1998, El Salvador sufrió el embate del huracán Mitch, el precedente más cercano de una tragedia natural causada por un fenómeno meteorológico. Las lluvias y los fuertes vientos le arrebataron la vida a 240 salvadoreños, la mayor parte de ellos en el humilde poblado de Chilanguera, en San Miguel. Asimismo, 84 mil compatriotas más quedaron desamparados y 20 fueron dados por desaparecidos.

El paso del huracán Mitch dejó daños totales estimados en 388 millones de dólares, es decir, el país perdió el equivalente al 6.4 por ciento del Producto Interno Bruto nacional. Según los datos proporcionados por el Comité de Emergencia Nacional (COEN), más de 10 mil viviendas fueron destruidas por el paso de Mitch en El Salvador. Los departamentos de Ahuachapán y San Miguel y la zona del Bajo Lempa, entre Usulután y San Vicente, fueron los más afectados.

"En esas zonas se concentra el 60 por ciento del total de los damnificados", aseguró un informe de la CEPAL, que asimismo cifró en cerca de 48 millones de dólares la inversión para reconstruir las viviendas dañadas. Además, 22 unidades de salud fueron destruidas y 405 escuelas resultaron afectadas. Asimismo, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados reportó severos daños en los sistemas de distribución de agua potable de 16 municipios.

Las comunicaciones terrestres con el oriente del país, vitales en ese momento debido a los severos daños que sufrió la población migueleña de Chilanguera, se vio interrumpida debido a la que fuerte corriente del río Lempa arrastró los dos puentes que lo atravesaban. Según la Comisión Ejecutiva del río Lempa (CEL), la crecida de agua en el río Lempa alcanzó la exorbitante cifra de 11 mil metros cúbicos de agua por segundo.

Uno de los sectores más afectados fue la agricultura. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) estimó que 100 mil hectáreas de sembrados, la décima parte de los cultivos del país, se perdieron debido a la catástrofe y que murieron 10 mil cabezas de ganado. Una quinta de la cosecha de maíz y de caña de azúcar fue destruida, lo que significó la ruina de muchos agricultores y campesinos.

En el siguiente cuadro se presenta los Huracanes con sus respectivas Precipitaciones y estación Meteorológica.

**Cuadro N° 2.1:** Huracanes con sus Respectivas Precipitación y Estación.  
**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

<b>Fecha</b>	<b>Huracán</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Estación</b>
04/Sep/1969	Francelia	167.60 mm	[M6] Beneficio el Papalón
20/Sep/1974	Fifí	232.1 mm	[U6] Santiago de María
16/Sep/1988	Gilberto	221.6 mm	[M6] Beneficio el Papalón
29/Jul/1996	Cesar	125.6 mm	[M6] Beneficio el Papalón
01/Nov/1998	Mitch	167.4 mm	[Z2] San Fco. Gotera
20/May/2005	Adrián	144.0 mm	[M16] Chapeltique
04/Oct/2005	Stan	103.0 mm	[M16] Chapeltique

Hoy en día ante la constante aparición de nuevas Zonas marginales, surgen problemas mucho mas graves que tendrán a generalizarse con las consecuentes perdidas humanas, económicas y de bienes. A pesar de reconocer la existencia del problema muy poco se ha hecho al respecto. Hasta la fecha han existido varios estudios en relación al desarrollo Urbano y los problemas, entre los que podemos mencionar los siguientes:

➤ El Gobierno de La República de El Salvador (en adelante denominado el “GOES”) ha propuesto un “Plan de Desarrollo Económico y Social, 1994 - 1999” en 1996. Este Plan incluye el desarrollo de las áreas propensas a Inundaciones en la Cuenca del Río Grande de San Miguel, por medio de un proyecto de control de crecidas y drenaje, basándose en las siguientes políticas de desarrollo nacional:

- a) Reducción de la pobreza, especialmente de la pobreza extrema.
- b) Descentralización de la Población.

- c) Fortalecimiento del desarrollo de las áreas Rurales.
- d) Conservación de los recursos naturales y el desarrollo de la economía sostenible.

Por lo tanto, el control de Inundaciones debe considerar los Recursos Hídricos de manera urgente e imprescindible para el desarrollo y la estabilización de la región.

- Groundwater Research Project Lower Basin of The Río Grande de San Miguel (Proyecto de Investigación para la parte Baja de La Cuenca del Río Grande de San Miguel, 1997).
- Predicciones Hidrológicas para Operaciones de Embalse con Fines de Riego en La Cuenca del Río Grande de San Miguel, 1997.
- Consideraciones para Evaluación y Predicción de Inundaciones en la Cuenca del Río Grande de San Miguel, 1997.
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 1997 “ El Estudio de Control Integral de Crecida en el Río Grande de San Miguel en la Republica de El Salvador”
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 1996 “Plan Maestro de desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos”
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) “Recursos y Demandas Potenciales de La Región H”. (Fuente: Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos. Noviembre de 1980.)



- El 1,996 fue elaborado el Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la Ciudad de San Miguel (PLAMADUR) por el consorcio PADCO-ESCO (formado por tres Empresas consultoras: Pacific Consultants Inc. Tokio; Nikken Consultants Inc. Tokio); y PASCO internacional Inc. Tokio; donde se encuentran los tomos referentes a: “El Diagnostico Sectorial del Plan de Ordenamiento Territorial y el Diagnostico Sectorial del Plan de Ordenamiento Ambiental”.

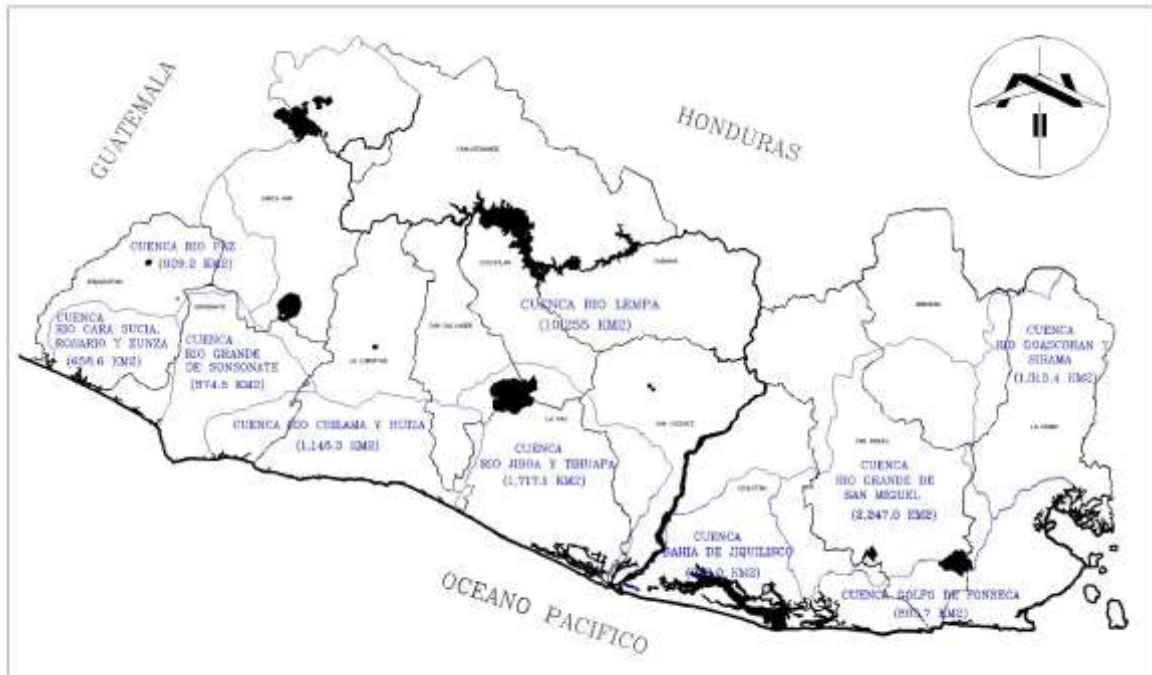
## **2.2 Condiciones de la Cuenca en Estudio.**

### **a) Sistema Fluvial**

Existen diez (10) sistemas Importantes de Ríos en El Salvador como se muestra en el Mapa N° 2.2. La cuenca del Río Grande de San Miguel es la segunda en tamaño en el país y su área total es de 2,247 km<sup>2</sup>, después de la cuenca del Río Lempa. La Cuenca del Río Lempa tiene un área total de 18,246 km<sup>2</sup>, de los cuales 10,255 km<sup>2</sup> (56 %) se encuentran localizados dentro del territorio de El Salvador y el resto en Honduras (30 %) y Guatemala (14 %).

El Río Guayabal y el Río Villerías se originan en las áreas montañosas cerca de Cacaopera, las Delicias de Concepción y Ciudad Barrios, los cuales son los principales tributarios en la cuenca Alta del Río Grande de San Miguel.

Después de que estos dos Ríos se unen cerca de Agua Zarca, éste se convierte en el Río Grande de San Miguel y fluye hacia el sur saliendo del área montañosa. Cerca de La Laguna de Olomega, el Río cambia su curso hacia el Oeste, pasando por la Laguna El Jocotal, cambiando de nuevo hacia el Norte hasta la confluencia del Río Ereguayquín y finalmente fluye hacia el Océano Pacífico



## SISTEMAS FLUVIALES EN EL SALVADOR

### Mapa N° 2.2: Sistemas Fluviales en El Salvador.

**Fuente:** Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

La longitud total del Río Grande de San Miguel es de aproximadamente **124 km** desde la confluencia de los Ríos Guayabal y Villerías hasta el mar. La cuenca se subdivide en tres secciones: la cuenca Alta, Media y Baja, dependiendo de las condiciones topográficas de ésta.

**Cuenca Alta:** La cuenca se encuentra ubicada aguas arriba de la confluencia de los Ríos Guayabal y Villerías. La Cuenca Alta es montañosa y las pendientes del canal son relativamente empinadas. La estación limnimétrica de Villerías se localiza cerca de la parte más baja de la Cuenca Alta.

**Cuenca Media:** Empieza donde los Ríos Guayabal y Villerías convergen, hasta El Delirio. La Laguna de Olomega se encuentra ubicada en la porción baja de esta cuenca.

**Cuenca Baja:** Empieza en El Delirio hasta la desembocadura del Río. La Cuenca Baja se subdivide en tres porciones: la porción de la Laguna El Jocotal, desde El Delirio hasta Vado Marín, la porción de las colinas desde Vado Marín hasta la convergencia del Río Ereaguayquín, y la porción de Usulután/costa que empieza en dicha confluencia hasta el mar.

La elevación de la tierra en esta porción del Río es muy baja y el Río serpentea intensamente. La Laguna El Jocotal se encuentra localizada en la Ribera derecha. Las áreas pantanosas, que se extienden a lo largo del Río y de la Laguna, han estado sufriendo de inundaciones frecuentes.

Desde Vado Marín hasta la confluencia del Río Ereaguayquín, el Río toma su curso por la colina, del lado izquierdo de la ribera. El lado derecho es plano y empieza a formar la pendiente de la falda del Volcán de San Miguel. La pendiente del lecho del Río es mínima o inversa. La cuenca del Río Ereaguayquín tiene áreas de depósitos de lodo en donde la erosión de la tierra es notable. Después de que el Río Grande de San Miguel se une al Río Ereaguayquín, éste fluye entre las colinas con una pendiente relativamente empinada y sale de las colinas cerca de Las Conchas. En los tramos aguas abajo de Las Conchas, el Río fluye hacia una planicie aluvial y luego hacia los esteros y manglares.

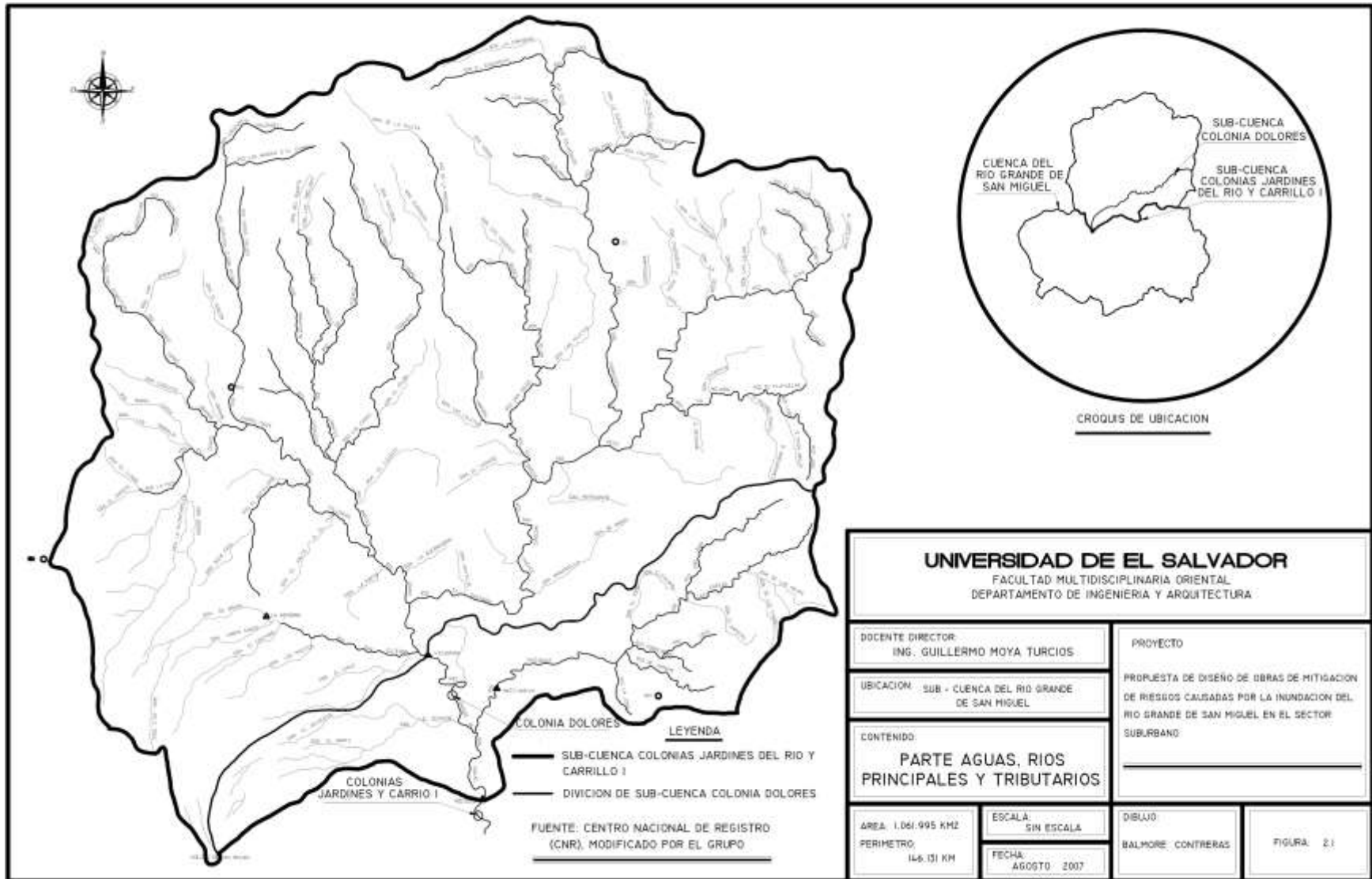
### **2.3 Características de los Canales del Río Grande de San Miguel.**

Para facilitar la presentación, el Río Grande de San Miguel se ha dividido en los siguientes tramos, dependiendo de las características topográficas y la confluencia de los tributarios.

El Tramo Bajo cubre desde la desembocadura del Río (0.0 km) hasta El Delirio (75.1 km), empezando en la desembocadura y yendo aguas arriba.

El Tramo Alto cubre desde El Delirio (75.1 km) hasta la confluencia de los Ríos Guayabal y Villerías (123.9 km), yendo aguas arriba.

En el tramo Alto está nuestro punto de interés ya que dentro de esta se encuentra ubicada la Ciudad de San Miguel, donde se localizan Residenciales, Colonias, Urbanizaciones, Asentamientos, Cantones, Caseríos que están localizadas en las cercanías del Río Grande, estos lugares tienen las características de ser afectada por el desbordamiento del Río Grande en la época Invernal. Por lo tanto se presenta las dos sub.-cuencas que serán analizadas (ver Figura N° 2.1)



## 2.4 Marco Normativo:

La forma en que se responde a situaciones de desastre depende en buena medida de las condiciones Institucionales. Las Instituciones y Leyes son las herramientas que permiten enlazar una respuesta social concreta ante situaciones de emergencia.

La política pública para la gestión del riesgo deber ser formulada desde el nivel central, asumiendo el compromiso de la gestión preventiva que involucre tanto el ámbito Departamental, municipal y local. Al mismo tiempo deberá estar asociada con la realidad socioeconómica, cultural, ambiental y geográfica del país.

Igualmente la política pública debe establecer una institucionalidad fuerte con participación civil, y un marco de derechos y deberes tanto en los aspectos de prevención y mitigación.

Se debe considerar incluir como políticas específicas, dentro de la gestión de riesgos estas evaluaciones:

- ✓ Evaluar las amenazas del país o de una zona determinada
- ✓ Adoptar medidas para asegurar recursos,
- ✓ Priorizar las acciones de prevención y mitigación,
- ✓ Promover la preservación de los ecosistemas,
- ✓ Fomentar la investigación científica y tecnológica sobre la vulnerabilidad que permitan la formulación de propuestas de prevención y mitigación,
- ✓ Elaborar programas preventivos y de simulacros para los centros educativos
- ✓ Crear en la población la cultura de la protección civil,
  
- ✓ Elaboración de Planes de Emergencia y la divulgación,
- ✓ Coordinar secciones informativas sobre la mitigación, preparación y respuesta a los desastres.

## **A) Consideraciones Sobre Algunas Leyes.**

En el país, algunas de las leyes que hacen referencia a los desastres son:

- a) Constitución de la República de El Salvador.
- b) Ley de Defensa Civil.
- c) La Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.
- d) El Código de Salud.
- e) La Ley y Reglamento del Medio Ambiente.
- f) Ley y Reglamento de Urbanismo y Construcción.

Se dispone una relación institucional a través del Comité de Emergencia Nacional COEN. Por medio de este Comité, las diferentes instituciones conjuntamente deben implementar acciones de prevención y mitigación en caso de desastres.

- a) Cuando hablamos de desastres ocasionados por fenómenos naturales casi siempre se ve afectado el bien jurídico vida, es por eso que se tiene que citar en primer lugar **La Constitución de La República de El Salvador** como la norma fundamental de todo el ordenamiento jurídico Salvadoreño, la cual reconoce como origen y fin de la actividad del Estado a la “Persona Humana”, y que esta organizado para la consecución de la justicia, la seguridad jurídica y el bien común.

Por ejemplo:

- ✓ *En el Título II, Capítulo I, Sección Segunda artículo 29, se establece que en casos de guerra, invasión del territorio, rebelión, catástrofe, epidemia y otra calamidad, se suspenderán las garantías constitucionales en parte o en todo*

*el territorio nacional.* No establece ninguna disposición relacionada específicamente con la gestión de riesgo.

**b) La Ley de la Defensa Civil** es la única ley que estrechamente esta orientada a la atención de situaciones de desastre, que fue publicada en 1976. La cual crea el Sistema de Defensa Civil como parte integrante de la Defensa Nacional. Esta Ley reemplazo a la Ley de Emergencia Nacional emitida el 4 de junio de 1965. Con esta Ley, se busca proteger y ayudar a la población para superar las consecuencias de desastres y se establece el Sistema de Defensa Civil, cuyos objetivos son:

- Prevenir daños y cuando estos ocurrieren, disminuir su magnitud,
- Ayudar a la población afectada,
- Asegurar la rehabilitación de quienes resultaren perjudicados.
- Procurar la continuidad de los servicios públicos.
- Obtener de la población afectada y de todos los sectores del país, la necesaria colaboración para realizar la Defensa Civil.

"Esta ley merece un comentario especial, es autoritaria en su contenido y verticalista en cuanto a la institucionalidad creada. La Ley constituye un producto mas de la preocupación existente en el gobierno salvadoreño y en la clase política en general". Esta ley ya no responde a las exigencias sociales en lo que respecta a la gestión de riesgo.

**c) Actualmente se publico la Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres** el 31 de agosto de 2005, en el cual se manifiesta el interés del gobierno para modernizar las instituciones relacionadas con el manejo de los desastres.



En el que se establece como finalidad 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.

Esta propuesta ha sido elaborada con aportes del Comité de Emergencia Nacional - COEN, y como objetivo principal tiene: “crear, reglamentar y estructurar el sistema nacional de emergencia (SISNAE) en forma permanente para auxilio a la población civil”.

El SISNAE incluye a instancias de gobierno y a cuerpos de socorro (Cruz Roja, Cruz Verde, Comandos de Salvamento, Cuerpo de Bomberos y otras entidades de servicio).

**d)** En el **Código de Salud**, se aclara que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social debe coordinar acciones para la atención integral de los efectos posteriores a un desastre; el traslado a los centros de asistencia médica; dictar las medidas necesarias para el mantenimiento de los servicios básicos de saneamiento; dictar y desarrollar medidas de prevención de epidemias; supervisar el eficiente cumplimiento de sus disposiciones

La disposición más directamente relacionada con los desastres es la que establece que toda institución de salud pública o privada, debe tener un plan de emergencia para casos de catástrofe, epidemia o cualquier otra calamidad general.

**e)** En la **Ley del Medio Ambiente**, aprobada en 1998, Decreto No. 233, se define Desastre Ambiental como (Artículo 5): “Todo acontecimiento de alteración del medio

ambiente, de origen natural o inducido, o producido por acción humana, que por su gravedad y magnitud ponga en peligro la vida o las actividades humanas o genere un daño significativo para los recursos naturales, produciendo severas pérdidas al país o a una región”.

**Art. 1.-** La presente ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la constitución de La República, que se refiere 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.

### **1) Unidades Ambientales.**

**Art. 7.-** Las instituciones públicas que formen parte del SINAMA (Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente), deberán contar con Unidades Ambientales, organizadas con personal propio y financiado con el presupuesto de las unidades primarias. Las unidades Ambientales son estructuras especializadas, con funciones de supervisar, coordinar y dar seguimiento a las políticas, planes, programas, proyectos y acciones ambientales dentro de su institución y para velar por el cumplimiento de las normas ambientales por parte de la misma y asegurar la necesaria coordinación interinstitucional en la gestión ambiental, de acuerdo a las directrices emitidas por el ministerio.

**2) Incorporación de La Dimensión Ambiental en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento del Territorio:**

**Art. 12.-** El Ministerio deberá asegurar que la dimensión ambiental sea incorporada en todas las políticas, planes y programas nacionales, regionales y locales de desarrollo y ordenamiento del territorio.

**3) Criterios Ambientales en el Desarrollo y Ordenamiento del Territorio:**

**Art. 14.-** Para incorporar la dimensión ambiental en toda política, plan o programa de desarrollo y ordenamiento del territorio, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- a) La valoración económica de los recursos naturales, que incluya los servicios ambientales que estos puedan prestar, de acuerdo a la naturaleza y características de los ecosistemas;
- b) Las características ambientales del lugar y sus ecosistemas, tomando en cuenta sus recursos naturales y culturales y en especial, la vocación natural y el uso potencial del suelo, siendo la Cuenca Hidrográfica, la unidad base para la plantación del territorio.
- c) Los desequilibrios existentes por efecto de los asentamientos humanos, las actividades de desarrollo y otras actividades humanas o de fenómenos naturales.

Por lo que en el *Capítulo IV, se describe:*

✓ *artículo 53, la prevención de desastre ambiental,*

- ✓ *artículo 54 habla sobre las emergencias y desastres ambientales*
- ✓ *el artículo 55 hace referencia a la obligación de elaborar planes de prevención y contingencia ambiental.*

Este capítulo está dedicado a regular las contingencias, emergencias y desastres ambientales. Según sus disposiciones, el Estado tiene el deber de adoptar medidas para prevenir y controlar desastres ambientales.

#### **4) Prevención de Desastre Ambiental.**

**Art. 53.-** El Estado y sus Instituciones tienen el deber de adoptar medidas para prevenir, evitar y controlar desastres ambientales.

#### **5) Obligación de Elaborar planes de Prevención y contingencia Ambiental.**

**Art. 55.-** El Ministerio, en coordinación con el comité de Emergencia Nacional (COEN), elaborará el Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental, siendo este último el que lo ejecutará. El plan pondrá énfasis en las áreas frágiles o de alto riesgo, de acuerdo a un Mapa Nacional de Riesgo Ambiental que será elaborado por el Ministerio con el apoyo de las instituciones especializadas.

Cuando se trate de instituciones privadas deberán de rendir fianza que garantice el establecimiento de su Plan Institucional de Prevención y Contingencia incurriendo en responsabilidad administrativa quien tenga la obligación y no elabore dicho plan.

## **6) Manejo de los Suelos y Ecosistemas Terrestres.**

**Art. 75.-** El Presidente de la República, a propuesta del Ministerio, formulara los reglamentos relativos al manejo de los suelos y ecosistemas terrestres, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) El uso del suelo y de los ecosistemas terrestres deberá ser compatible con su vocación natural y capacidad productiva, sin alterar su equilibrio;
- b) Deberá evitarse las practicas que provoquen la erosión, la degradación de los suelos por contaminación o la modificación de sus características Topográficas y Geomorfológicas;
- c) Deberán llevarse a cabo practicas de conservación y recuperación de los suelos, por quienes realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales, mineras, urbanísticas, de infraestructura u otras que afecten o puedan afectar negativamente sus condiciones;
- d) En los casos de construcción de obras de civiles y aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, que puedan directa e indirectamente provocar deterioros significativos de los suelos, deberán realizarse las acciones de regeneración y restauración requeridas; y
- e) En áreas de recarga acuífera y Cuencas Hidrográficas se priorizara la protección de los suelos, las fuentes y corrientes de agua, procurando que estas mantengan y aumenten sus caudales básicos.

Luego la misma Ley manda que el Ministerio en coordinación con el Comité de Emergencia Nacional COEN, elabore el "Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental" que será ejecutado por éste. "El Plan pondrá énfasis en las áreas frágiles o de alto riesgo, de acuerdo a un Mapa Nacional de Riesgo Ambiental que será elaborado por el Ministerio, con el apoyo de las Instituciones especializadas".

En el área de Centro América, se tiene el Plan Regional de Reducción de Desastres (PRRD). Es el mecanismo mediante el cual los gobiernos de la Región Centroamericana, a través de sus instituciones especializadas, plantean sus políticas, prioridades y acciones de prevención y mitigación de los desastres.

El PRRD surge como una iniciativa del Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), con el fin de establecer una estrategia centroamericana para reducir el impacto de los desastres en la sociedad y fue ratificado por la más alta instancia política de la Región - la Reunión de Presidentes – en el año 1993, mediante la resolución 26 del Protocolo de Guatemala.

El Plan consta de tres partes:

- a) Plan Básico: donde se identifican los lineamientos generales, estrategias y responsabilidades a nivel regional
- b) Las Estrategias Sectoriales: Las Instituciones especializadas y secretarías del Sistema de Integración Centro Americana (SICA) establecen sus planes de acción.
- c) Los Planes Nacionales de Mitigación y Atención de Desastres.

En el Plan Regional de Reducción de Desastres se evalúa la situación problemática que se percibe en el área Centroamericana:

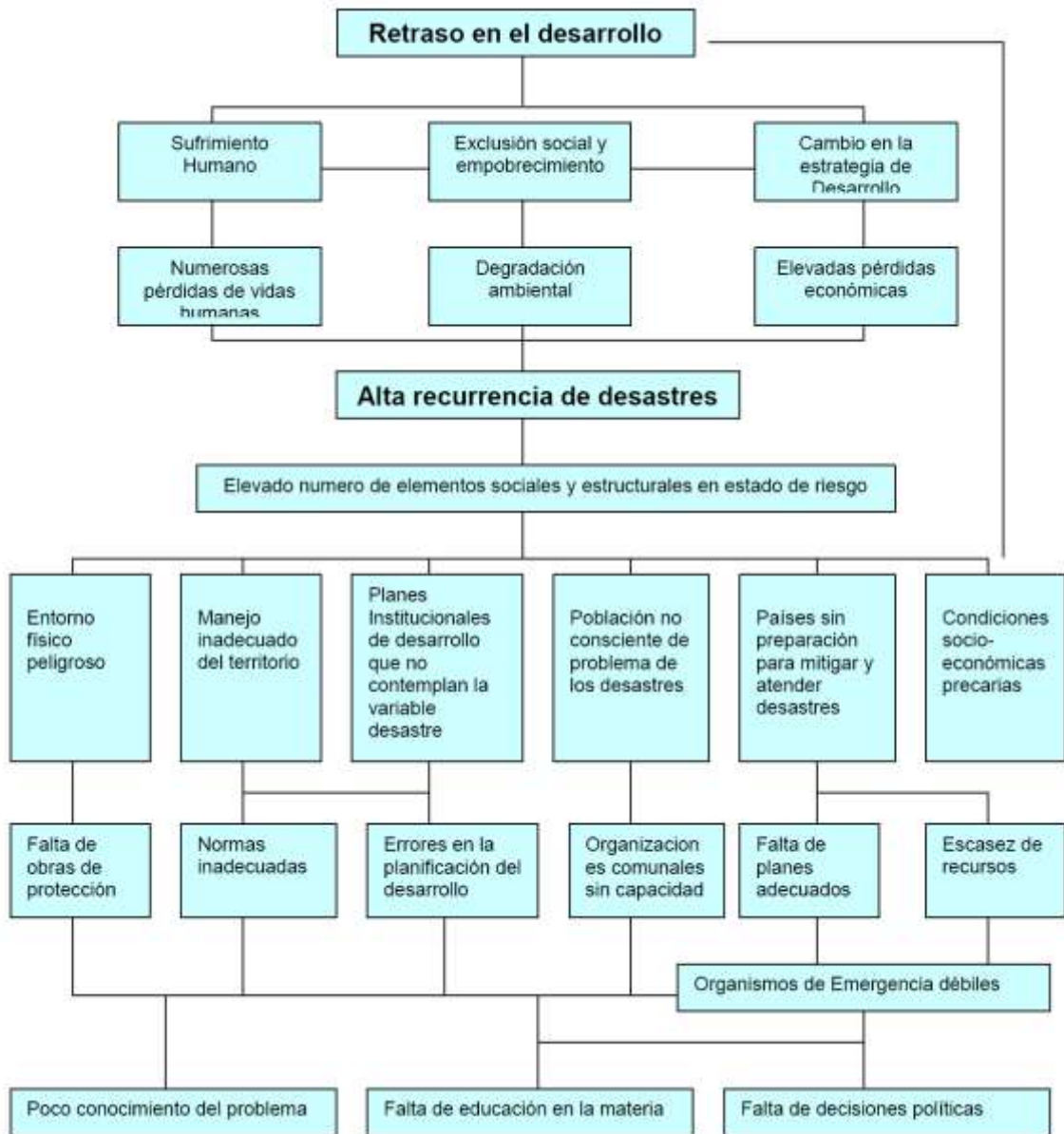
El incremento de áreas vulnerables en todo el mundo y en mayor grado, en países con bajo grado de desarrollo confirma la inherencia del factor humano y la creciente responsabilidad y necesidad de gobiernos y sociedades civiles de asumir mayores compromisos políticos, institucionales, técnicos y formativos en materia de mitigación y reducción de desastres.

Como se muestra en el Diagrama N° 2.1, la vulnerabilidad institucional no es la menos importante. Existe una significativa debilidad en las estructuras institucionales responsables de prevenir, mitigar y atender desastres. Aunque se ha observado una tendencia de mejoría, se requiere un mayor nivel de decisión política, para establecer planes y estrategias mas adecuadas. La falta de decisiones políticas que no fortalecen a los organismos de emergencia, dificultan la formulación de planes adecuados, lo que conduce a elevar la vulnerabilidad estatal de los países centroamericanos.

Además en el PRRD se proponen los programas, para cada país tendrán sus variantes, pero dichos programas se elaboraran considerando los siguientes elementos:

- Gestión Integral del Riesgo,
- Evaluación de la Amenaza y la Vulnerabilidad,
- Monitoreo de los Fenómenos Naturales,
- Preparación de Respuesta en caso de Emergencia
- Mitigación,
- Conciencia y Educación
- Aprendizaje de los Desastres,
- Adopción de Reglamentos para Diseño y Construcción,
- Uso del suelo,
- Colaboración Regional.

**Diagrama N° 2.1:** El problema, causa y efectos de los desastres.  
**Fuente:** La Importancia de la Política Publica en la Gestión del Riesgo en El Salvador.





f) El desarrollo urbano en la Ciudad de San Miguel, esta regulado por la *ley de Urbanismo y Construcción* y en el ente estatal facultado es el Vice ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.

**Art. 1.-** El Vice ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, será el encargado de formular y dirigir La Política Nacional de Vivienda y Desarrollo Urbano; así como de elaborar los Planes Nacionales y Regionales y las disposiciones de carácter general a que deben sujetarse las urbanizaciones, parcelaciones y construcciones en todo el territorio de La República

La elaboración, aprobación y ejecución de planes de Desarrollo Urbano y Rural de la localidad, corresponde al mismo Municipio, los que deberían enmarcarse dentro de los planes de Desarrollo Regional o Nacional de Vivienda y Desarrollo; en efecto de los planes de Desarrollo Local, tendrán aplicación las disposiciones de carácter general y los planes a que se refiere el inciso primero de este artículo.

Cuando los municipios no cuenten con sus propios planes de Desarrollo Local y Ordenanzas Municipales respectivas, todo particular, entidad oficial o autónoma, deberá solicitar la aprobación correspondiente al Vice ministerio de Vivienda y desarrollo Urbano, antes que a cualquier otra oficina, para ejecutar todo tipo de proyecto a que se refiere este artículo.

**Art. 50:** Todo accidente natural dentro de una parcelación o colindante con otra deberá contar con una zona de protección con las excepciones reguladas en el Art. 51 de este Reglamento.

El ancho de la zona de protección se establecerá basándose en los criterios siguientes:

**a) Profundidad de la quebrada.**

El ancho de la zona de protección en quebrada se determinará multiplicando su profundidad por el factor 1.5 y se medirá paralela a partir de dicha orilla y a todo lo largo del terreno en la parte afectada.

La profundidad de la quebrada se medirá a partir de la orilla próxima inferior al borde inmediato superior o el borde inferior cuando el lecho se encuentre al pie de un cerro o fuerte desnivel topográfico.

El ancho de la zona de protección solamente podrá modificarse según lo dispuesto en el Art. 51 de este Reglamento (ver figura N° 2.2).

**b) Estudio de área de reconocimiento.**

El ancho de la zona de protección de un río o de una quebrada caudalosa deberá ser determinado por un estudio de las áreas de recogimiento o influencia de los mismos con el cual se determinará el área hidráulica necesaria de acuerdo con el caudal máximo instantáneo resultante.

Este estudio deberá determinar al menos la altura máxima probable que alcanzará 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 de secciones de muros, etc). Dicho estudio deberá ser realizado por profesionales o empresas debidamente acreditadas.

**Art. 51:** Las zonas de protección que no cuenten con vegetación adecuada a que se presenten cambios de nivel mayores de un metro deberán ser protegidos con obras tales como: taludes, en gramados, barreras naturales, etc.

El ancho de la zona de protección original en quebradas secas, o estacionarias podrá reducirse mediante la construcción de muros o la combinación de muros y taludes cuya relación será de 1.5 horizontal por 1.0 vertical o mediante la cual podrá aumentarse mediante tratamientos especiales de los mismos, con suelo, cementos, enchapados y otros, pero tal medida deberá justificarse mediante la presentación de un estudio o 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. Propiedad, uso y mantenimiento de las zonas de protección.

#### **B) Ordenanza Municipal de la Alcaldía de San Miguel:**

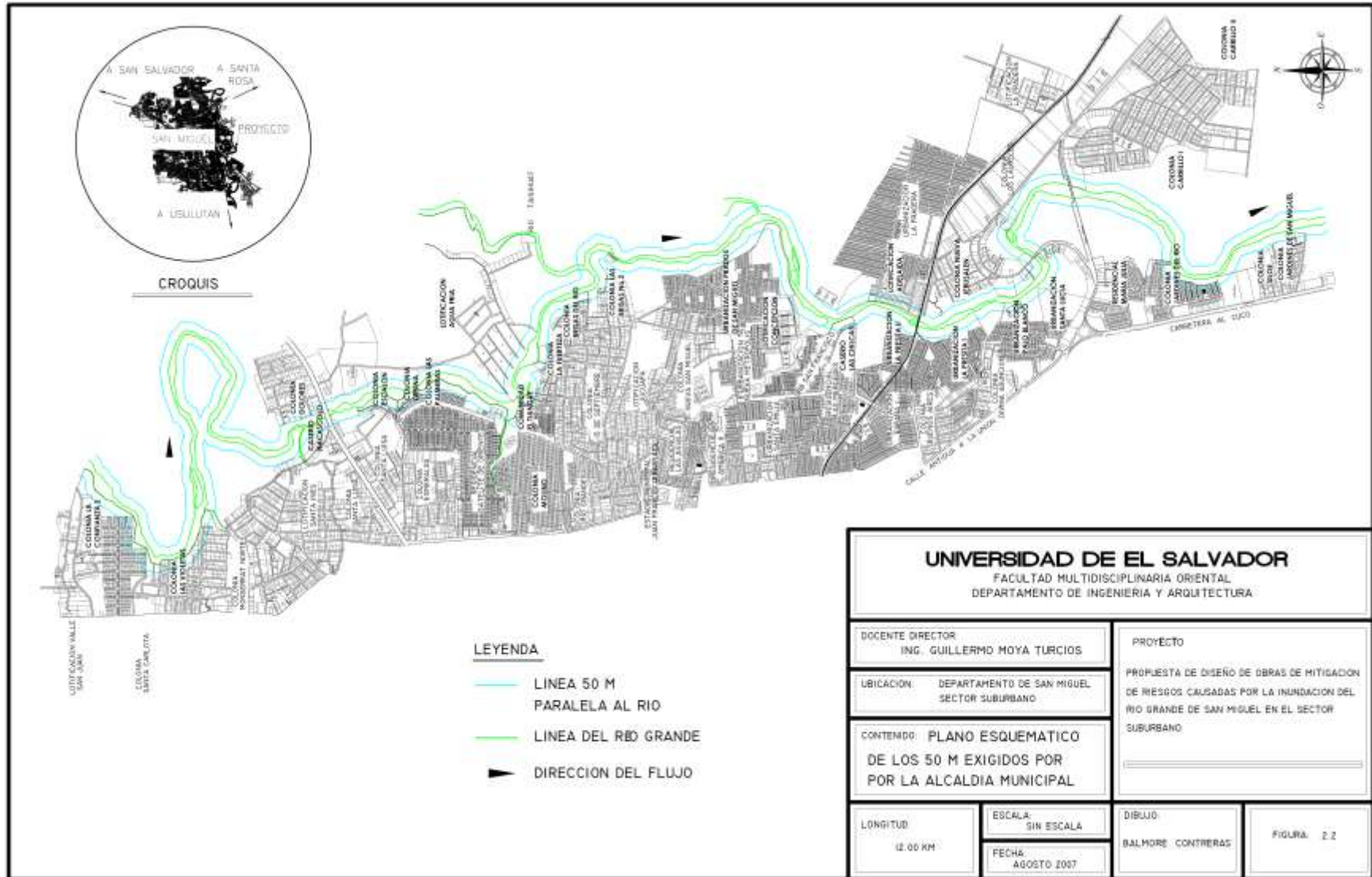
El Gobierno de El Salvador ha disminuido su gobierno central, a favor del gobierno municipal y micro – regional. El proceso de descentralización esta acompañado tanto de limitaciones como de oportunidades. Por un lado se ofrece la oportunidad de manejar y administrar los recursos naturales existentes a nivel local. Por otra parte, las municipalidades salvadoreñas, como la de San Miguel, confrontan serias limitaciones técnicas y presupuestarias. De hecho, pocas instituciones locales y organizaciones de la sociedad civil están financiadas, institucionales y técnicamente equipadas para asimilar sus responsabilidades.

La alcaldía Municipal es la encargada en velar la aplicación de La Ley y Reglamento de Urbanismo y Construcción para este caso lo concerniente a lo establecido en los artículos 50 inciso b). Para lo que la Alcaldía Municipal de San Miguel ha establecido una Franja de 50 metros paralelo a la orilla del Río Grande de San Miguel (ver figura N° 2.3).

**Cuadro N° 2.2:** Colonias que no Cumplen con los 50 mts lineales a lo largo del Río Grande como zona de Protección, establecidos por la Alcaldía de San Miguel.

**Fuente:** Elaboración Propia del grupo.

<b>N°</b>	<b>Nombre de las Comunidades</b>	<b>Criterio.</b>
1	Colonia Jardines de San Miguel.	No Cumplen
2	Colonia Jardines del Río.	No Cumplen
3	Lotificación Adelaida.	No Cumplen
4	Caserío Las Chilcas.	No Cumplen
5	Lotificación Concepción.	No Cumplen
6	Colonia las Brisas II.	No Cumplen
7	Colonia Brisas del Río.	No Cumplen
8	Colonia La Fuerteza.	No Cumplen
9	Comunidad el Tiangué.	No Cumplen
10	Colonia Las Palmeras.	No Cumplen
11	Colonia Urbina.	No Cumplen
12	Colonia Escalón.	No Cumplen
13	Colonia Dolores.	No Cumplen
14	Caserío Nacascolo.	No Cumplen
15	Colonia Las Violetas.	No Cumplen



# *Capítulo III*

*Marco Teórico.*

## **Capítulo III**

### **Marco Teórico.**

#### **3.1 Geología.**

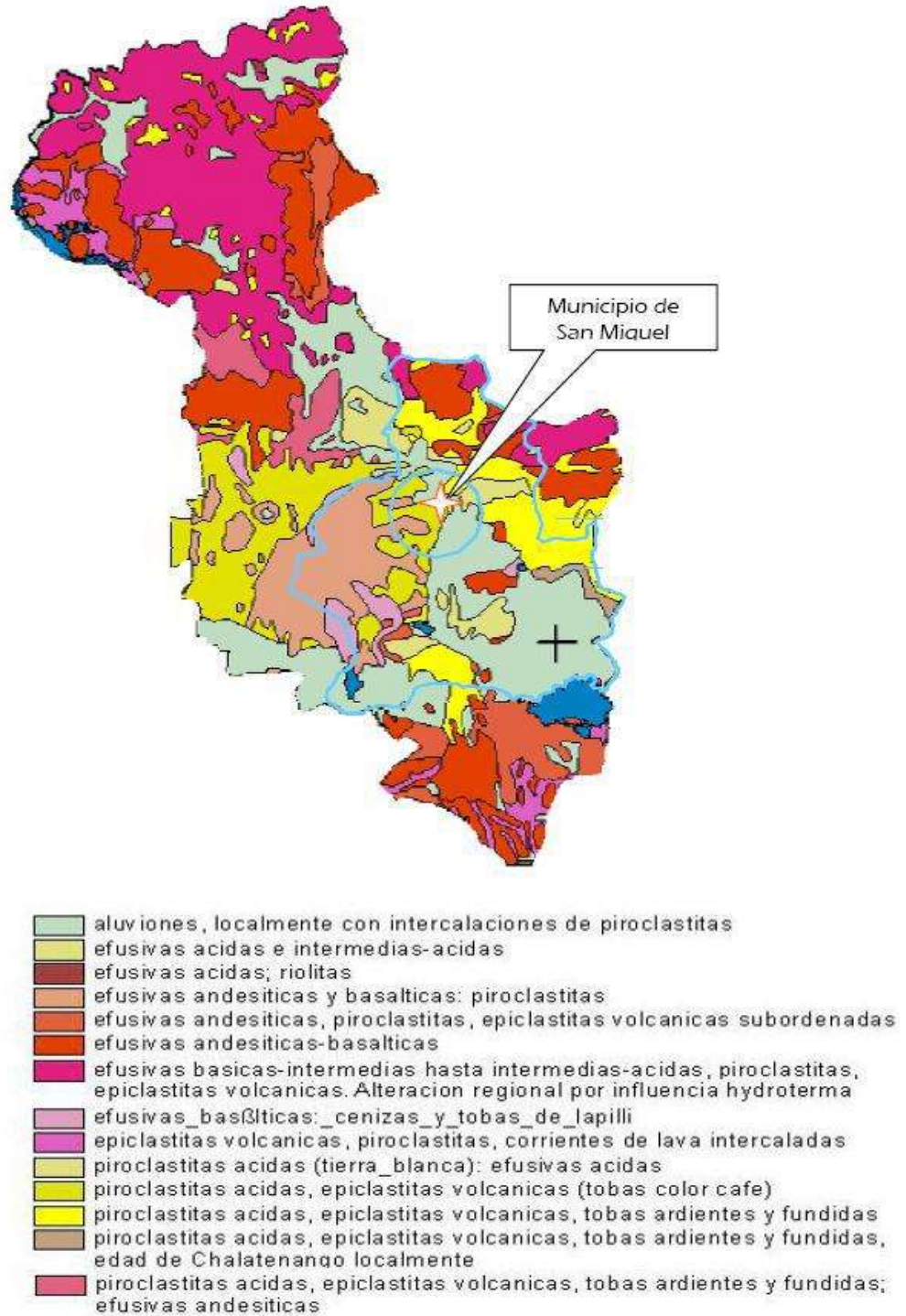
Es el campo de la ciencia que se interesa por el origen del planeta Tierra, su historia, su forma, la materia que lo configura y los procesos que actúan o han actuado sobre él.

#### **Geología Local.**

La Geología en el Municipio de San Miguel pertenece en su mayoría a las formaciones: San Salvador y Cuscatlán, las cuales se han generado a través de las diferentes etapas que han tenido la conformación de la tierra. (Ver Mapa No 3.1). El volcán Chaparrastique pertenece a la cadena de volcanes y conos importantes del país tales como: Santa Ana, Izalco, San Salvador, San Vicente, Conchagua, Cerro Singuil, Cerro Cerrito y otros de menores dimensiones lo que constituyen la formación San Salvador.

La formación San Salvador, localiza al poniente de la ciudad esta compuesta por: piroclásticas acidas, epiclásticas volcánicas, efusivas andesíticas y basálticas, tobas ardientes y fundidas. Al norte de la ciudad se localiza la formación Cuscatlán, la cual esta constituida por; Piroplásticas Acidas, epiclásticas Volcánicas, Tobas Ardientes y Fundidas, Efusivas Acidas, Intermedias-Acidas, Efusivas Andesíticas y basálticas y aluviones con interrelaciones de piroclástitas. La parte sur del Municipio esta formado por; Piroclástitas acidas, epiclásticas volcánicas, tobas ardientes y fundidas, efusivas acidas, efusivas basálticas (cenizas y tobas de lapille), efusivas andesíticas, y aluviones con interrelaciones de Piroclástitas. Al oriente tenemos: Piroclásticas acidas, epiclásticas volcánicas, tobas ardientes y fundidas. Una parte ellas pertenecen a la formación de Chalatenango, y la otra a la formación de Cuscatlán.

**Mapa N° 3.1:** Geología del Departamento de San Miguel.  
**Fuente:** PLAMADUR.





### **3.2 Descripción Geológica del Área de Estudio.**

La geología del área consiste en tobas finas, lapíceas, breccia, vítreas, y rocas ígneas intercaladas con lava basáltica y/o andesítica. Depósitos recientes tales como las planicies Inundables, Pantanos, Talud y Terrazas cubren Rocas volcánicas y se encuentran localizados a lo largo del Río Grande de San Miguel y en los alrededores de las Lagunas de Olomega y El Jocotal.

En las áreas montañosas, las rocas predominantes son las volcánicas, flujo piroclástico y depósitos de conos. En estas áreas, la erosión no es tanta, aunque la vegetación es pobre.

Los depósitos de flujo de lodo están distribuidos en las áreas entre los volcanes de San Miguel y Usulután y en las faldas del Volcán de San Miguel, Estas áreas tienen una permeabilidad alta y no están bien consolidadas, por lo que son débiles contra la Erosión causada por tormentas.

Depósitos recientes en el Río, depósitos pantanosos y depósitos aluviales se encuentran localizados a lo largo de los tramos bajo y medio del Río Grande de San Miguel. Estas áreas son planas y suaves, formando las planicies Inundables. En áreas aguas arriba, a lo largo de los tributarios del Río Grande de San Miguel, existen depósitos de Talud y terrazas, que consisten en Arcilla, Arena y Grava, (Ver Mapa No 3.2).

### **3.3 Tectónica.**

El Salvador se encuentra ubicado en una zona volcánica donde la actividad sísmica es muy pronunciada, como consecuencia de su complejidad tectónica.

Existen diferentes zonas sísmicas:

- ⊕ Una de ellas presenta epicentros localizados específicamente en la zona norte del país aproximadamente a unos 100 Km. a partir de la zona costera.
- ⊕ Otra de las zonas sísmicas, se encuentra paralela a la cadena de volcanes jóvenes del país en la parte continental, generando movimientos terráqueos por actividad puramente volcánica. Estas zonas están comprendidas en la Zona sur de El Salvador (Zona I), en los departamentos de Ahuachapán Sonsonate, La Paz, Usulután y el Sur de Santa Ana, La Libertad, San Salvador, Cuscatlán, San Vicente, San Miguel y la Unión. (Ver Mapa N°. 3.3)

Los principales volcanes jóvenes y activos de El Salvador son los siguientes:

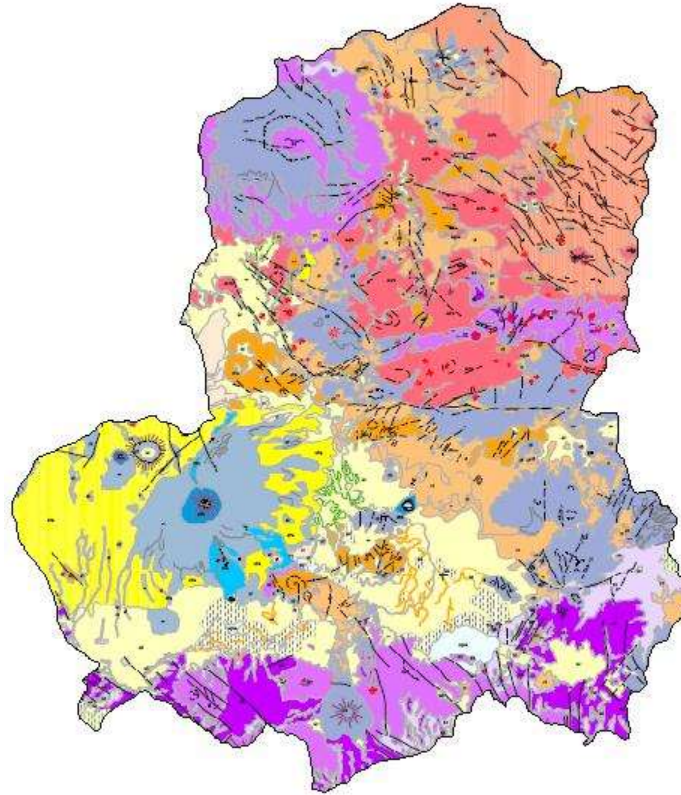
Volcán de Santa Ana o Lamatepeq, Volcán de Izalco en Sonsonate, Volcán de San Salvador, Volcán de San Vicente o Chinchontepeq, Volcán Tecapa de Usulután, Volcán de San Miguel o Chaparrastique y el Volcán de Conchagua.

Los volcanes más activos se encuentran ubicados al Sur de la Meseta Central de El Salvador. La actividad sísmica se origina de dos causas principales: La actividad volcánica y el diastrofismo. Los terremotos debidos al diastrofismo son llamados tectónicos.

El tectonismo se puede observar en el terreno al detectar grietas, cortes irregulares u plegamientos en las superficies de los taludes, principalmente en los taludes del cauce o alrededores. Además, el tectonismo se puede detectar al comparar el desnivel entre los taludes en ambos lados del cauce, donde el río o quebrada puede ser un lineamiento o falla geológica.

**Mapa N° 3.2:** Geología de la Cuenca del Río Grande.

**Fuente:** Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, modificado por el grupo.



Formaciones Geológicas			
Depósitos sedimentarios del Cuaternario	Proclivitas ácidas, epiclásticas volcánicas	Efluvios ácidos y igneísimos, facies de proclivitas	Siembras (volcánicas)
Censos de atomización (ocotas, filas de lapilli, cinder)	Principalmente depósitos lavas	Proclivitas ácidas hasta intermedias, en la parte basal localmente efluvios intermedios hasta intermedios-ácidos	Coseo (volcánica)
Efluvios básicos intermedios	Principalmente depósitos lavas	Capas más conglomeradas de cuarzo y caliza amorfas, filas, filitas localmente volcánicas intermedias alteradas	Escarpes de Tencia
Tierra blanda porclásticas ácidas e epiclásticas volcánicas subordinadas localmente efluvios ácidos (A1)	Efluvios básicos intermedios	Calizas y calizas margosas con una intercalación de capas rojas (capas rojas margosas con ft)	Escarpes de Cobán
Efluvios ácidos	Efluvios básicos intermedios, proclivitas volcánicas subordinadas (estratos no diferenciados y efluvios volcánicos)	Conglomerados de cuarzo principalmente rojo, filitas, filitas localmente volcánicas intermedias	Estructura Andar
Proclivitas ácidas, epiclásticas volcánicas ( tipos color café )	Epiclásticas volcánicas y proclivitas, localmente efluvios básicos intermedios intercalados	Metasedimentos, margas, calizas y margas, localmente más antiguas y más jóvenes	Estructura Volcánica en color
Efluvios básicos intermedios, proclivitas subordinadas	Efluvios ácidos, proclivitas ácidas subordinadas	Depósitos sedimentarios del Cuaternario	Falta
Proclivitas ácidas, epiclásticas volcánicas localmente efluvios básicos intermedios	Proclivitas ácidas, graníticas, epiclásticas localmente efluvios ácidos intercalados	Depósito de estuario con, sin manglar	Fumarola
Efluvios básicos intermedios	Rocas intrusivas ácidas hasta intermedias	Playa fuerte costera con nivel antiguo de costa	Faltas-Superficie
Efluvios ácidos e intermedios ácidos (ocurrencias aisladas en parte suroccidental + d2)	Proclivitas intermedias hasta intermedias ácidas, epiclásticas volcánicas efluvios subordinados	Depósitos silíceos en, río representación de depósitos adyacentes (por ejemplo d2)	Localidad (volcánica)
	Efluvios intermedios hasta intermedios ácidos, proclivitas subordinadas, alteración regional por rocas intrusivas	Coseo de depósitos	Paleocauce
		Sello (volcánica)	

**Mapa N° 3.3:** Regionalización Sísmica de El Salvador.

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



Estructuralmente la zona que se encuentra la Ciudad de San Miguel presenta poca complejidad, se destaca la existencia de zonas de fallas y diaclasas que afectan básicamente a los materiales de los miembros de la formación del suelo.

Las fallas son normales en dirección SW – NE y N – S, que corresponde a episodios de distensión y acomodamiento posteriores al vulcanismo joven de la región. Las Diaclasas definen una red amplia de fracturas pequeñas y poca abertura con buzamientos sub.-verticales y direcciones múltiples.

### **3.4 Sismicidad**

El Salvador está ubicado en una zona de alta actividad sísmica, sin embargo, es posible distinguir una zona que prácticamente se puede considerar de muy baja actividad sísmica. Esta zona está comprendida en la zona norte del país, en los Departamentos de Chalatenango, Cabañas, Morazán y el norte de Santa Ana, La Libertad, San Salvador, Cuscatlán, San Vicente, San Miguel y la Unión (Zona II, Ver Mapa N° 3.3). En cambio, en la Meseta Central del país esta afectada por diferentes fallas sísmicas que la vuelven altamente susceptibles a fenómenos sísmicos.

Históricamente, han ocurridos desastres sísmicos en las poblaciones como San Vicente, Jucuapa, Chinameca y San Salvador. Siendo los más notables, los ocurridos en la Ciudad de San Salvador, que es la ciudad más grande del país, y está ubicada en una zona de alta actividad sísmica. Desde su fundación, en 1,546, ha sido azotada por severos terremotos. Los fenómenos sísmicos del país aparecen en los registros históricos desde 1,524, afectando a San Salvador en los años 1,873, 1,917, 1,919, 1,965, 1,986 y 2,001.

Durante la época de la colonia los fenómenos sísmicos y vulcanológicos, fueron los desastres más frecuentes que afectaron a las poblaciones; los terremotos, modificaron el relieve terrestre, originando fisuras y grietas en el suelo, produciendo cambios de nivel, deslizamientos de tierra y desprendimientos de las laderas montañosas; además se produjeron cambios en los cursos de los ríos y trastornos en la circulación de las aguas subterráneas, como sucedió con la erupción del Volcán de San Salvador en el año 1,658, a través de su cono adventicio conocido como el Playón, esto obstruyó el cauce del río Sucio por efecto de la extrusión de lava, provocando la inundación y desaparición del pueblo de San Juan Tecapán.

### **3.5 Geomorfología.**

Es el estudio científico de la forma del terreno y de los paisajes. El término suele aplicarse a los orígenes y a la morfología dinámica (cambio de la estructura y de la forma) de las superficies de la Tierra,. Incluida a veces en el campo de la geografía física, la geomorfología es el estudio del aspecto geológico del terreno visible.

#### **Geomorfología Local:**

Un rasgo ortográfico notable de la zona de Influencia del estudio es su ubicación dentro del valle fluvial (o cuenca) del Río Grande de San Miguel. El área también ha sido afectada, aunque no severamente, por Erupciones y temblores debidos a la actividad volcánica.

El volcán de San Miguel esta ubicado dentro del Municipio de San Miguel, a solo 11 kilómetros al sudoeste de la ciudad. Su elevación es de 2,129 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). De las faldas de dicho volcán se origina una red de drenajes o tributarios que directamente desaguan en el Río Grande de San Miguel; su relieve es determinado por el volcán en la parte Alta, con pendientes de 15 al 30 %; pero en su parte Media y Baja se observan pendientes menores al 15%. De hecho en la Ciudad misma el relieve es bastante plano, por lo que es causa de Inundaciones Urbanas durante la época lluviosa.

Las áreas a lo largo de las cuencas Media y Baja del Río Grande de San Miguel son propicias a Inundaciones. Las áreas Inundadas en el pasado se localizan a lo largo del Río Grande de San Miguel, alrededor de la Laguna de Olomega, Laguna el Jocotal, cerca del Ciudad de San Miguel y en el delta de su desembocadura en La Bahía de Jiquilisco – Bocana La Chepona y Puerto Parada.

Además existen elementos Geomorfológicos que son muy Importante de mencionar y analizar, estos son: Terrazas, Escarpas, Loma, Cerro, Erosión Vegetal, Erosión Horizontal, Planicie.

El drenaje que poseen los Tributarios del Río Grande de San Miguel se determino como **Dendrítico** por las características visuales que se tomaron de la zona. Todo el relieve que se da en la Ciudad de San Miguel, es de tipo volcánico, puesto que su Inicio se encuentra en las faldas del volcán de San Miguel. El relieve volcánico se define como: Relieve Sedimentario, por que se Sedimentan Rocas de manera masiva.

### **3.6 Erosión.**

Es el proceso natural de naturaleza física y química que desgastan y destruyen continuamente los suelos y rocas de la corteza terrestre; incluyen el transporte de material pero no la meteorización estática. La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores, como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento, la gravedad y la vida vegetal y animal. En algunas regiones predomina alguno de estos factores, como el viento en las zonas áridas. En función del principal agente causante de la erosión y del tiempo que sus efectos sobre la superficie terrestres tardan en manifestarse, se habla de erosión geológica o natural y de erosión acelerada. La primera es debida a la acción de agentes y procesos naturales que actúan a lo largo de millones de años; mientras que la erosión acelerada es el resultado de la acción antrópica y sus efectos se dejan sentir en un periodo de tiempo mucho menor.

Los agentes naturales como el viento, la lluvia y los ciclos de temperaturas erosionan continuamente la superficie de la tierra. En muchos casos la erosión se combate mediante la plantación de hierba y árboles que formen un fuerte sistema de raíces o extendiendo redes que eviten la pérdida de roca y suelo (ver Fotografía N° 3.1).



**Fotografía N° 3.1:** Muestra la erosión que existe en el área de estudio.

### **Erosión Hídrica.**

En el desarrollo Topográfico de la superficie terrestre, el agente que tiene mayor importancia es el agua, debido a que es este agente es el que va modelando la superficie y dejando características de disección y variación en espesores y contenidos granulométricos en los estratos, debido al material de Roca o Suelo que lo acompaña. Ya que la mayor parte del material que constituyen las Rocas Sedimentarias fue transportado en épocas pasadas por la escorrentía superficial.

Puede decirse que Erosión es; El proceso mecánico que conduce a la construcción y destrucción de las formas del relieve terrestre mediante la intervención de agentes exógenos sobre la superficie, tal proceso comprende tres etapas principales

- Desprendimiento (Roca, Suelo o combinado).
- Transporte (Corto o Largo).
- Depositación.



El moldeo superficial que se produce en cada una de estas fases, es parte del Ciclo Erosivo cuya finalidad es lograr el perfil del equilibrio Morfológico Terrestre.

Toda corriente, necesita desarrollar fuerza dinámica para transportar partículas, sobre todo para levantar los sedimentos del fondo una vez que estos han sido recogidos. Si se aumenta la velocidad, se incrementa el transporte de las partículas, explicándose así, el transporte de bloques de gran peso.

En un Río el proceso de Erosión se da cuando la cantidad de material sólido que éste es capaz de mover, es mayor que los sedimentos arrastrados por la corriente en un momento dado.

De acuerdo a Aguilar R. (1,985) cada tipo de corriente se puede adaptar a las partículas de material que presentan diferente Granulometría; es así como los cantos rodados generalmente son transportados por tracción a velocidades que oscilan entre 5 y 8 Km/h, al haber crecidas, que es cuando tiene lugar casi todo el transporte fluvial.

El transporte de las arenas se hace a velocidades mayores que el de los cantos rodados; en las arcillas su transporte se efectúa en suspensión coloidal, debido a ellos es que los Ríos en su tramo medio presentan un aspecto de turbidez. El proceso de Erosión se inicia con la precipitación atmosférica, al golpear las gotas de agua en forma directa sobre la superficie de las rocas removiendo de ellas partículas que luego se mantienen en suspensión.

El ataque ocasionado al suelo por el agua se realiza tanto en la profundidad de su perfil, como en la superficie, en la cual, las partículas del suelo son arrastradas aisladamente. Cuando las características que presenta el suelo permiten en todo momento la Infiltración de una cantidad de agua igual o superior a la que se ha precipitado, no se produce ninguna corriente superficial; caso contrario se forma una lámina de agua que puede llegar a ponerse en movimiento a causa de la pendiente del terreno, que según Darcy, está gobernada por la Pendiente, la Permeabilidad y la

Geometría del estrato mojado. En el proceso Erosivo la acción de esorrentía se manifiesta superficialmente, transportando a diversos lugares a aquellas partículas, que por su tamaño y forma son fáciles de arrastrar y, disgregando los elementos “terrosos”.

Si la cantidad de agua precipitada es un volumen considerable, la acción producida por la esorrentía superficial puede ser catastrófica, ya que arrastra la capa de suelo que sirve de sostén a la cubierta vegetal, dejando al descubierto a la Roca Madre. Después de las grandes lluvias, los torrentes, aun en los cauces más pequeños, comienzan a transportar todo tipo de material que sea arrastrado por el agua; debilitándose la resistencia del lecho y aumentando la Erosión, debido a que la carga que corre por el lecho del Río, está en movimiento Irregular constante, golpea contra el fondo del Río e intensifica los remolinos.

La Erosión ocasionada por el arrastre de las aguas fluviales produce la excavación del cauce del Río y el modelado de las vertientes. La acción que ocurre sobre el cauce es de ahondamiento y sus resultados pueden tipificarse como: Excavaciones, carcavamientos, socavación e incizado en el fondo o lateralmente.

Debido a la Erosión a que se ven sometidas las vertientes del Río. Según Clará (1,985), se producen aguas sin control alguno, las cuales tienden a formar arroyos tributarios y a desgastar las márgenes del Río por el desplazamiento fluvial. Si las rocas que forman la pared de la vertiente son duras, la Erosión del cauce no es muy intensa; por tanto, el Río corre encausado entre escarpados y angosturas; todo lo contrario ocurre si las paredes del valle son de roca blanda, ya que la Erosión es tan intensa que el Río se desarrolla en anchura, como ocurre en muchos tramos del Río Grande de San Miguel.

Un proceso de Erosión será de mayor o menor intensidad, según la cantidad de agua que circula por la superficie terrestre y su fuerza de arrastre, así como el tipo de material que encuentren a su paso. Un factor que en el país aumenta la Erosión de los Ríos y quebradas aledañas, es el inadecuado diseño de desagües de aguas negras y lluvias, colocados y/o vertidos en los Ríos directamente y sin ningún tratamiento;

haciendo vulnerables los taludes que conforman las márgenes del Río a fenómenos geodinámicos como los derrumbes e Inundaciones.

Específicamente en el Río Grande, el problema se ha agravado por la expansión del área urbana de la Ciudad de San Miguel, que ha conducido a la concentración de aguas de drenaje, elevando así los caudales de las crecidas. El resultado, es la amenaza de dañar cualquier forma de infraestructura urbana existente como efecto de la Erosión. Las secciones del Río Grande necesitan protección contra la Erosión lateral de que son objeto, evidenciándose que la mayor parte de la Erosión se manifiesta en el lecho del Río, y en sus Márgenes.

### **Erosionabilidad.**

El principal agente de la Erosión, es el agua, que contribuye en gran medida al desprendimiento, remoción y arrastre de materiales poco cohesivo. De acuerdo a investigación efectuada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG (1,997), la cantidad de arena depositada y el movimiento del suelo en el fondo del Río Grande, confirma las acumulaciones de materiales que éste transporta.

### **Erosión Local.**

La Erosión de los suelos es uno de los problemas ambientales más serios en el país. La Estrategia Nacional Ambiental tiene como meta el uso sostenible del recurso suelo por medio de la reducción de la Erosión. Seis proyectos de reforestación, que se muestran en el Cuadro N° 3.1, se encuentran implementándose con el fin de la conservación del suelo y la reconstrucción de los ecosistemas naturales en el área de Estudio.

**Cuadro N° 3.1:** Lista de Proyectos de Reforestación en el Área de Estudio

**Fuente:** Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Organización Ejecutora	Municipio	Área (ha)	Árbol	Comentario
IDEA	El Transito Chirilagua	35	Bambú	Mejoramiento de la situación ecológica en la Laguna El Jocotal
COMUS	El Transito	40	Madera, Frutales	Protección de Suelos y Subsuelos en Moropala
FESACORA	San Miguel El Transito	40	Casamota, Cantora	Protección de tierra agrícola en cooperativas
ACDJ	El Transito	-	-	-
ACELCEI	San Miguel	12	Frutales, Conacaste, Carreto.	Reforestación de la Comunidad La Ceiba
SOCORRO LUTERANO	San Miguel	34	Frutales, Leucaena, Cortés, Madrecacao.	Reforestación y Creación de comités Ambientales en la Cooperativa Las Gemelitas.

En el caso del Área de Estudio, la tierra se encuentra completamente desarrollada y los bosques cubren solamente un porcentaje muy pequeño del área total. Sin embargo, la tierra que no es cultivable abarca el 52 % del Área de Estudio, y debería estar cubierta de bosques, pues sus pendientes son muy pronunciadas y la capa de suelo es muy delgada. Con la evaluación que se hizo del uso existente de suelo y basándose en el Mapa de Clasificación de Suelos de MAG, se puede deducir que los pastizales se están expandiendo en tierras que no son propicias para el cultivo. Este uso inapropiado de suelos lo hace propenso a ocasionar Erosión.

Considerando esta situación, el uso futuro de suelos, basándose en la siguiente clasificación, será propuesta para obtener un uso sostenible del recurso suelo. Los

conceptos principales de este plan esperan los siguientes efectos con el uso apropiado de suelo, de acuerdo a su potencialidad:

- ✱ Mejoramiento del uso de suelos propensos a Inundaciones.
- ✱ Mejoramiento del uso de suelos propensos a la Erosión.
- ✱ Mejoramiento de la productividad Agrícola.

### **3.7 Sedimentación.**

Es fácil reconocer la corriente de agua de un Río, pero no siempre se aprecia que esta corriente está compuesta por sedimentos además de por agua. La carga de sedimentos arrastrados por la corriente tiene una gran importancia, ya que proporciona al agua la capacidad de erosionar, transportar y depositar materiales, lo cual constituye el papel principal de los Ríos en el modelado de las formas del relieve. Cada año, el Río Grande de San Miguel transporta hasta los océanos Ciertas cantidades de sedimentos. El Río actúan sobre el modelado del relieve de tres maneras en los diferentes tramos de su curso: la acción erosiva predomina cerca del nacimiento, en la cabecera del Río Grande; en su curso medio se realiza el transporte de los materiales arrancados aguas arriba; y en su curso bajo deposita estos sedimentos y gana nuevas tierras (ver fotografía satelital N° 3.2).

En la mayoría de los Ríos en su cabecera labran valles escalonados en forma de ‘V’ y socavan las laderas de las montañas que los rodean, lo que provoca corrimientos de tierra y desprendimientos, que aportan al cauce detritos sin pulir. La turbulenta corriente de los Ríos de montaña arrastra y hace chocar entre sí a los guijarros y cantos rodados de los lechos. Cuando el Río encuentra capas de roca particularmente resistentes se forman rápidos y cascadas, pero su acción erosiva no disminuye y estas formas de paisaje sólo son temporales. Las capas de rocas duras acaban por ser quebradas por la acción del Río, que profundiza la erosión de su lecho y nivela las tierras altas al llevar

sedimentos en bruto a su cuenca media. Si la erosión es muy intensa, una enorme cantidad de sedimentos, a los que se llama aluvi3n, se depositan al pie de las monta1as, dando lugar a una forma c3nica de relieve, denominada cono de deyecci3n.

**Fotografía N° 3.2:** Dep3sito de Sedimentaci3n en tramo del R3o Grande.  
**Fuente:** Google Earth.



Los procesos de formaci3n de paisajes predominantes en la cuenca media del R3o Grande son el transporte y la criba de los sedimentos. Cuando el R3o deja las tierras altas, su pendiente (gradiente) disminuye y ya no es capaz de arrastrar guijarros o cantos, aunque s3 grava, arena o limo. En esta fase la actividad erosiva es fundamentalmente horizontal y el R3o ensancha su valle a costa de las colinas cercanas. Los meandros del R3o construyen y modifican la llanura de inundaci3n de los R3os a lo largo de los valles, depositando guijarros y cantos rodados recogidos aguas arriba y arrastrando grava fina, arenas y limo arrancados a las colinas circundantes y a las propias orillas del R3o.

Las curvas del R3o Grande se van ampliando, debido a la Erosi3n de los bancos de su orilla externa compensada por el avance (por agregaci3n de materiales) de los de su orilla interna. A veces, el curso del R3o se vuelve muy tortuoso y la corriente acaba

por hacer desaparecer las estrechas barras de tierra que separan los brazos del meandro. El cauce del meandro aislado queda como un lago con forma de herradura, llamado meandro abandonado, en mitad de la llanura de Inundación. Los meandros abandonados acaban por ser colmatados de finos sedimentos cuando el Río Grande se desborda en su llanura de inundación, pero mientras existen estos lagos añaden diversidad a los entornos ecológicos de la llanura aluvial.

En el curso bajo el gradiente disminuye aún más y el proceso de modelado del paisaje que domina es la sedimentación. Durante algún tiempo se pensó que esto se debía a que los Ríos en su curso bajo circulaban más despacio que en su nacimiento y cuenca media, pero las mediciones indicaron que no era cierto. En las tierras bajas la velocidad de los Ríos suele ser mayor que la de los cursos de agua de montaña, pese a ser menor su pendiente. Esto se debe a que la fricción de los finos materiales que componen su lecho es menor y no hace perder velocidad a la corriente. En las tierras bajas la llanura de inundación es mayor debido a la acreción lateral de arenas y limos a los bancos del Río y a la acreción vertical de limos y arcillas durante las crecidas, momento en el que se deposita mayor cantidad de sedimentos por la pérdida de velocidad del agua cuando abandona el cauce del Río. Como consecuencia de ello aparecen unos muretes naturales en ambas orillas del Río Grande que reciben el nombre de bancales. El Río en su curso bajo suelen trazar meandros, pero si transportan un gran volumen de sedimentos su cauce se desdobra en varios canales entrelazados dando lugar a un Río extendido y trenzado que cambia continuamente de forma y posición. (Ver Anexo 2).

### **3.8 Cobertura Vegetal.**

Al hablar de cobertura vegetal nos estamos refiriendo a uno de los factores indispensables para la clasificación de cuencas. Ya que de ella depende el grado de infiltración o permeabilidad que un suelo puede tener (ver Mapa N° 3.4).

A mayor porcentaje de cobertura vegetal, mayor será el grado de infiltración que tenga un suelo. Mientras que al disminuir la cobertura, el suelo se vuelve impermeable; ya que el agua que cae directamente sobre este genera lo que es la escorrentía superficial lo cual provoca la Erosión en los suelos y causa las Inundaciones. La Ciudad de San Miguel ha tenido un constante desarrollo, lo que ha implicado cambios en los usos de suelo. De tal manera que la cobertura vegetal ha venido siendo el factor mas alterado debido a que no se respetan ni las zonas de reserva ecológica.

Prueba de ello es que en el año de 1,992 el área utilizada para arbusto o bosque era de 5.97% del total de usos de suelo en la ciudad; para 1,996 se estima 5.79% en lo referente al uso de suelo agrícola se estima el 45.3% para el año de 1,992 y 36% para el año 1,996. Los datos expuestos no están indicando el grado de perdida de la cobertura vegetal en la ciudad y lo poco o nada que se ha hecho en la actualidad para poder contra restar dicho fenómeno.

Por que aunque no tenemos un estudio actual, si podemos evaluar las características actuales de desarrollo, y podemos decir que si hacemos un análisis comparativo de 1,996 hasta la fecha; han surgido cantidades de Lotificaciones diseñadas en tierra de uso agrícola, así como también urbanizaciones en tierras de reserva ecológica. Lo que nos indica que la tendencia a disminuir estas áreas es continúa.

### **3.9 Suelo.**

El suelo es una capa superficial muy delgada de la tierra, de la cual depende la vida del ser humano, los animales y los vegetales.

La formación del suelo es el resultado de diversos factores que han actuado durante millones de años, entre ellos se encuentran la depositación de materiales que

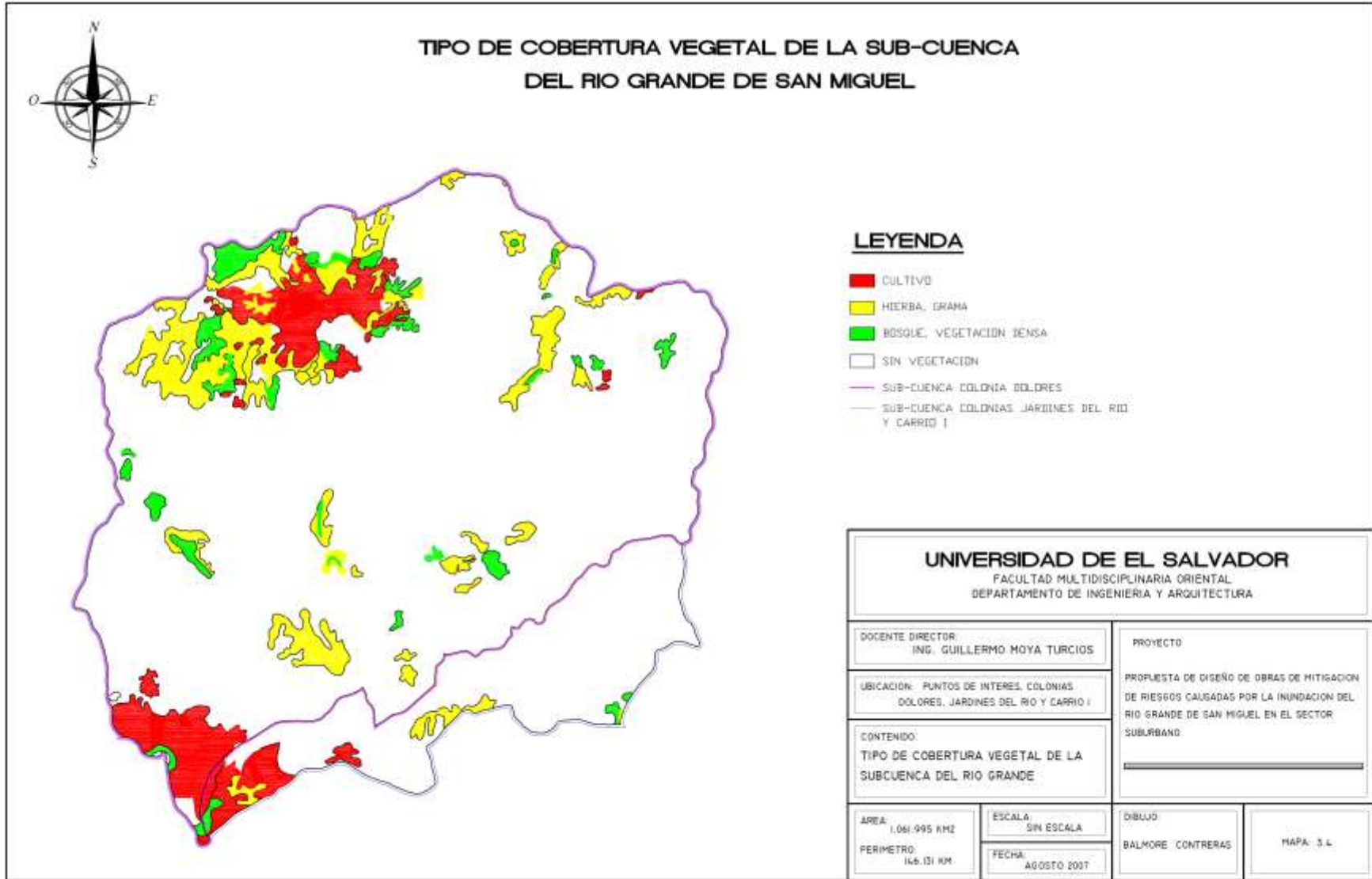


arrastran los Ríos, la descomposición de la materia orgánica, la actividad volcánica, los cambios de temperatura y el agua. Existen varias clases de suelos, las cuales dependen de los componentes que predominan; en éste se encuentran partículas de arena y arcilla que provienen de la descomposición de las rocas, limos que provienen de las cenizas volcánicas, calizas, salina, etc.

En los suelos aptos para cultivos hay además materia orgánica que resulta de la descomposición de plantas y animales. En El Salvador, las rocas más importantes son las de origen ígneo, principalmente de basalto, cuyos ejemplares característicos se encuentran en las corrientes de lava de los volcanes de San Salvador y San Miguel, (ver Mapa N° 3.5).

Hay rocas ígneas como el granito y la granodiorita, con alto contenido de cuarzo y ortoclasa y bajo contenido de minerales ferromagnesianos. De estas rocas hay pocos yacimientos en El Salvador, ubicados en su mayoría en la región Noroeste del departamento de Chalatenango. Sin embargo, existen grandes áreas de materiales ácidos tales como las tobas riolíticas, en la región Norte y Noroeste del país.

Existen yacimientos importantes de cenizas volcánicas en el área del cinturón volcánico que cruza el país, de Poniente a Oriente. Los suelos encontrados en la cadena de volcanes jóvenes son todos originados de materiales piroclásticos y lavas basálticas. Las cimas de la mayoría de volcanes jóvenes, tienen abundantes afloramientos rocosos o capas de escoria, en los conos y en las faldas de la mayoría de volcanes jóvenes tienen grandes cantidades de piedra en forma de derrames, en las faldas inferiores y planicies de pie de monte de los volcanes, también se encuentran arcillas rojizas.



Rocas sedimentarias antiguas hay pocas áreas, en los alrededores de la ciudad de Metapán donde se encuentran los principales yacimientos de rocas calizas. Dependiendo del tipo de suelo que se encuentre, del grado de cohesión del suelo, de la inclinación de los taludes in-situ, se considera que un talud sea estable o no, para garantizar el emplazamiento de una estructura de paso como un puente o una bóveda. Los estratos rocosos se consideran los más firmes ya que permiten que un talud sea estable. La vegetación en las márgenes de los Ríos puede evitar en parte la erosión, pero no garantiza su estabilidad.

### **3.10 Uso Actual del Suelo.**

Esta expresión puede definirse como una distribución o zonificación del suelo, para distintos usos de explotación del mismo, ya sea para fines comerciales o sociales. Los usos proyectados para el suelo, puede ser: Comercial, Industrial, Institucional, Recreacional y Vivienda. También existen zonas destinadas para uso agrícola, otras zonas que son recomendadas para conservación y reforestación, entre cuyos fines pueden mencionarse el de conservar reservas acuífera, prevenir la erosión y contaminación del Medio Ambiente.

En un plan de zonificación de usos del suelo, deben proyectarse zonas de importancia para un futuro de desarrollo urbano, tomando en consideración, criterios de factibilidad técnica, económica y social. En San Miguel el uso del suelo clasificado en el año de 1,996 es:

**Uso Comercial:** Se Localiza, a lo largo de la calle Chaparrastique y calle Sirama extendiéndose en una franja de 4 cuadras a ambos lados de este eje, concentrándose también en forma longitudinal sobre la carretera panamericana ( Ruta Militar, Km. 135 y Av. Roosevelt hasta el Km. 131).

El Comercio Representa una de las actividades económicas principales de la ciudad, dentro de ellas se encuentran los mercados, tiendas, almacenes, centros comerciales, ventas de muebles, venta de vehículos automotores, supermercados, gasolineras, farmacias, etc., que constituyen en gran parte del comercio de bienes. Entre el comercio de servicio existen en la ciudad: Molinos de Nixtamal, Talleres de mecánica, peluquerías, salones de belleza, hoteles moteles, laboratorios, clínicas medicas, asociaciones de ahorro y prestamos, bancos, casas de cambios, etc.

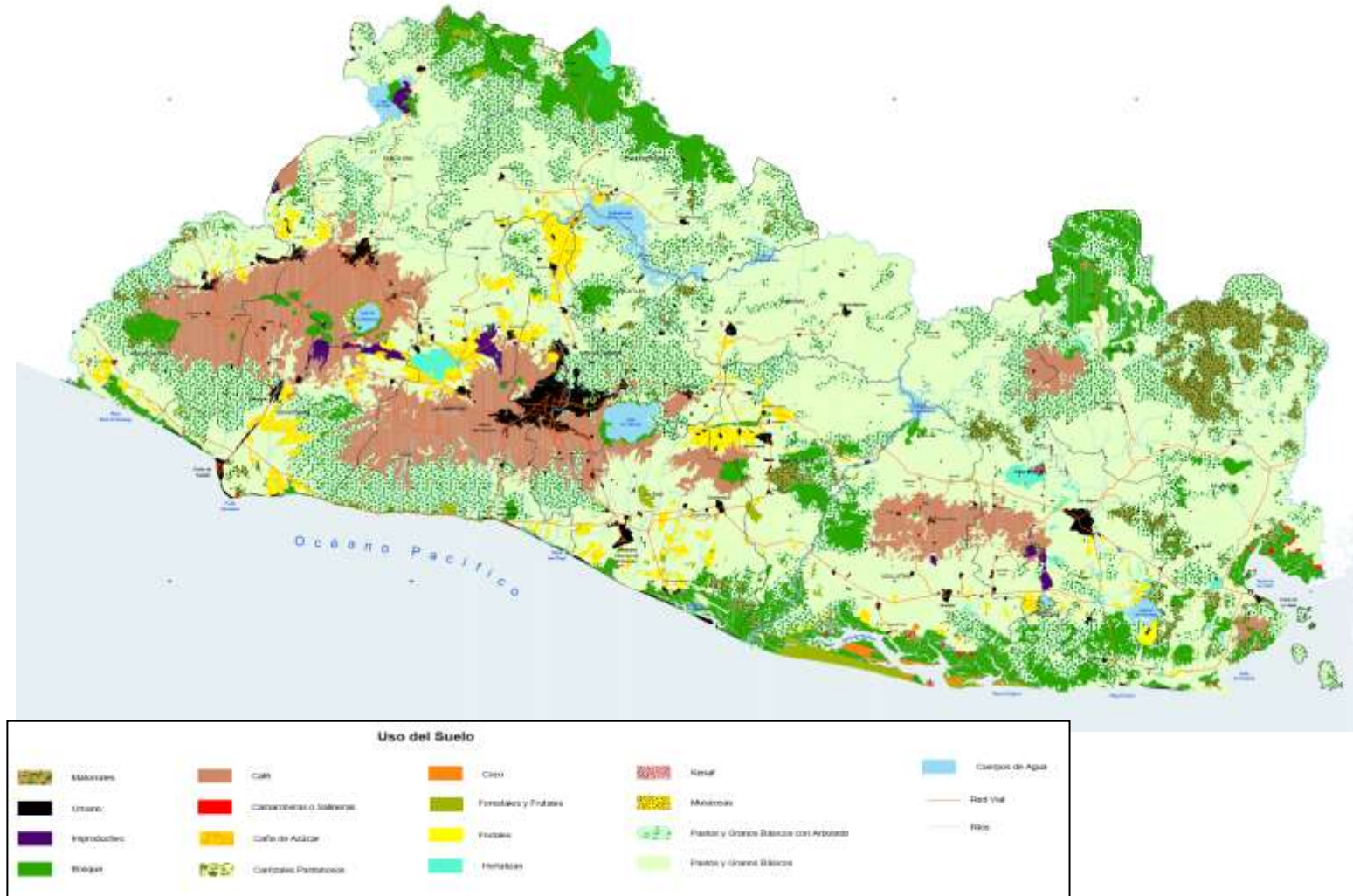
**Uso Industrial:** se ha desarrollado en forma dispersa en un amplio sector limitado por 10<sup>a</sup> Ave. Norte, Ruta Militar, Avenida Roosevelt y Carretera Panamericana.

Una de las características principales de la ciudad, es que dentro de su radio urbano se ubican industrias que no solamente sirven a ella, sino a todo departamento y sus alrededores, así se cuenta con: distribuidores de la Coca Cola, Distribuidores de la Pepsi, Beneficio de Arroz, Pequeñas fabricas de; Baterías, Calzado, Hielo, Ladrillo, Materiales de Construcción, Panadería, Imprentas, Detergentes, Fabril de Aceites, Mueblería, Candelas y Veladoras, etc.

**Uso Institucional:** la mayoría de instituciones se encuentran dentro de la ciudad, las demás se localizan en forma dispersa sobre la Avenida Roosevelt o cerca de ella. Se considera como uso institucional todas las Oficinas de Gobierno; Correos, ANDA, Alcaldía Municipal, Centros de Gobiernos Municipal, Las Iglesias, Centros Educativos, Hospitales, Centros Universitarios, etc

**Uso Recreacional:** Existe en forma dispersa por todo el espacio urbano de la ciudad, contándose con canchas de Football, Basketball, Estadios, Parques, Cines, Sala de billar y Otros.

**Mapa N° 3.5:** Cultivos y Aprovechamientos del Uso del Suelo en El Salvador.  
**Fuente:** Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial.



**Vivienda:** Se ha desarrollado por todos los rubros de la ciudad, la mayoría son viviendas unifamiliares; existen también algunos mesones y Tugurios. Los mesones se localizan en la parte vieja de la ciudad, principalmente en la 6<sup>a</sup> Avenida Norte – Sur, 8<sup>a</sup> Avenida Norte y Avenida José Simeón Cañas, y los tugurios en el derecho de la línea férrea.

**Cuadro N° 3.2:** Usos del Suelo en el Municipio de San Miguel.  
**Fuente:** PLAMADUR, 1996

<b>USO DEL SUELO</b>	<b>1992 %</b>	<b>1996 %</b>	<b>2005 %</b>
Asentamiento Rural	4.30	5.98	9.72
Residencial Baja Densidad	4.09	4.16	4.35
Residencial Media Densidad	8.11	12.42	20.20
Residencial Alta Densidad	7.38	6.46	3.93
Asentamiento Urbano	4.62	4.44	3.95
Tugurio	0.54	0.65	0.95
Industrial	0.39	0.42	0.50
Institucional	2.16	2.58	3.74
Comercial	1.44	4.46	10.77
Recreacional	1.02	1.06	1.17
Transporte	0.39	0.25	0.92
Agrícola	45.30	36.00	10.43
Arbusto o Bosque	5.97	5.79	5.30
Terreno Libre	5.79	2.09	6.23
Terreno en Desarrollo	2.74	6.22	11.12
Terreno Baldío	2.54	2.77	3.40
Ríos y Quebradas	2.05	2.23	2.73
Terrenos Inundables	1.17	1.00	0.61
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

El uso actual del suelo en la Región Oriental se resume por departamento en la Cuadro N° 3.3, basándose en el último mapa de SIG del cual hay datos disponibles. La distribución de clases de capacidad del suelo se resume por departamentos en la Cuadro N° 3.4, también basándose en el último mapa SIG disponible. Basándose en estos mapas, se analiza el uso futuro posible del suelo utilizando un SIG. Para este propósito, se ha construido una matriz de conversión de uso del suelo para cada combinación de uso del suelo y capacidad del suelo en el presente (Cuadro N° 3.5).

**Cuadro N° 3.3:** Uso Actual del Suelo por Departamento en la Región Oriental, 1996

**Fuentes:** Mapas del uso del suelo del MAG, CATIE e IICA.

(Unidad: km<sup>2</sup>)

Uso del suelo	Usulután	San Miguel	Morazán	La Unión	Región Oriental	Porción (%)
Tierra cultivada	804	685	273	468	2,230	29.4
1. Granos básicos	510	429	211	449	1,600	21.1
2. Otras cosechas anuales	22	107	10	8	150	2.0
3. Café	246	136	52	9	440	5.8
4. Otras cosechas perennes	26	13	0	2	40	0.5
5. Pastos/praderas	475	1,002	604	704	2,790	36.8
6. Bosques naturales	453	334	579	764	2,130	28.1
7. Manglares	219	0	0	86	310	4.1
8. Áreas urbanas	10	32	4	6	50	0.7
9. Otros (cuerpos de agua, lava, etc.)	8	24	0	36	70	0.9
Total	1,971	2,078	1,459	2,065	7,580	100.0

**Cuadro N° 3.4:** Distribución de las Clases de Capacidad del Suelo por Departamento en la Región Oriental

Fuente: IBID, 1995.

(Unidad: ha)

Clase de capacidad del suelo	Usulután	San Miguel	Morazán	La Unión	Región Oriental	Porción (%)
I	7,093	764	0	0	7,857	1.0
II	22,425	7,949	93	740	31,208	4.1
III	30,572	28,136	3,981	9,068	71,756	9.5
IV	36,888	38,511	11,024	15,747	102,171	13.5
V	3,316	4,625	1,075	18,008	27,024	3.6
VI	26,063	27,571	3,351	15,173	72,159	9.5
VII	59,331	70,720	107,252	119,838	357,142	47.2
VIII	10,205	27,963	19,125	27,654	84,948	11.2
Otros	1,229	1,579	0	223	3,031	0.4
Total	197,124	207,819	145,903	206,452	757,297	100.0

**Cuadro N° 3.5:** Uso existente de Suelo en el Área de Estudio (1996).

Fuentes: Agencia de Desarrollo de OEA y MAG

		SUELOS DE USO AGRÍCOLA											
	Urbano	Granos Básicos	Paisales	Café	Caña de Azúcar	Henequén	Fruta	Verduras	Subtotal	Bosques	Lago	Lava	Total
Área (1,000 ha)	2.9	11.0	146.4	14.0	3.9	5.2	0.8	1.0	<b>182.3</b>	33.1	3.6	2.8	<b>224.7</b>



**Cuadro N° 3.6:** Clasificación de Suelos en el País y en el Área de Estudio.

**Fuentes:** 1) Agencia de Desarrollo de OEA 2) MAG

<b>Clasificación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>Otro</b>	<b>Total</b>
1) País Entero (1,000 ha)	14.0	106.0	237.0	333.0	36.0	201.0	859.0	254.0	57.0	2,096.0
%	0.7	5.1	11.3	15.9	1.7	9.6	41.0	12.1	2.7	100.0
2) Área de Estudio (ha)	2.1	12.4	29.3	26.4	5.9	20.7	86.3	21.8	19.9	224.7
%	0.9	5.5	13.0	11.7	2.6	9.2	38.4	9.7	8.9	100.0

### **3.11 Uso Futuro del Suelo.**

La distribución esperada del uso del suelo para el año 2,019 se muestra en la Cuadro N° 3.8. Tal como se muestra en el cuadro, el área para granos básicos ocupa 125,670 ha, lo suficiente para la autosuficiencia en la producción de maíz para sustento, maíz y maicillo para suplir granjas lecheras. La agricultura por irrigación únicamente se encuentra en 7,257 ha pero porciones de suelo para agricultura intensiva de tierras altas y tierras bajas podrían dedicarse también a la agricultura irrigada. El área para pastizales controlados excede las necesidades asumidas para el valor agregado estimado.

**Cuadro N° 3.7:** Matriz de Conversión del Uso del Suelo para el Uso Futuro del Suelo en la Región Oriental

**Fuente:** Equipo de Estudio de JICA, 1997.

Uso actual del suelo	Capacidad del Suelo								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X
1. Granos básicos	(1)(3)(4)	(1)(3)(4) )	(2)	(2)	(5)	(6)	(7)	(9)(10)	(10)
2. Otras cosechas anuales	(1)(3)(4)	(1)(3)(4) )	(3)(4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(9)(10)	(10)
3. Café	(1)(3)(4)	(3)(4)	(3)(4)	(4)	(6)	(7)	(7)	(9)(10)	(10)
4. Otras cosechas perennes	(1)(3)(4)	(3)(4)	(3)(4)	(4)	(6)	(7)	(7)	(9)(10)	(10)
5. Pastizales	(1)(3)(4)	(3)(4)	(3)(4)	(6)	(6)	(7)(9)	(7)(9)	(8)	(10)
6. Bosques Naturales	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(10)
7. Manglares	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(10)
8. Área urbana	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)
9. Otros	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)

- Uso Futuro del Suelo:**
- (1) Agricultura por irrigación
  - (2) Granos básicos (maíz, maicillo, pulsos)
  - (3) Agricultura intensiva de tierras bajas (caña de azúcar, kenaf, algodón, etc.)
  - (4) Agricultura intensiva de tierras altas (vegetales, kenaf, ñil, etc.)
  - (5) Agricultura extensa/marginal
  - (6) Pastos controlados
  - (7) Cultivos de árboles (marañón, cítricos/aguacate, café de estricta altura/café de mediana altura) y pastizales
  - (8) Bosques protegidos/manglares y matorrales
  - (9) Asentamientos y áreas turísticas
  - (10) Otros/misceláneo

**Cuadro N° 3.8:** Uso Futuro del Suelo en la Región Oriental

**Fuente:** SIG, 1997

Uso del suelo	Área (ha)	Porción (%)
(1) Agricultura por irrigación	7,257	1.0
(2) Granos básicos	125,659	16.6
(3) Agricultura intensiva de tierra baja	33,700	4.4
(4) Agricultura intensiva de tierra alta	12,094	1.6
(5) Agricultura extensa/marginal	21,905	2.9
(6) Tierras manejadas	35,735	4.7
(7) Cosecha de árboles y tierras	218,872	28.9
(8) Bosques/mangles protegidos y matorrales	282,215	37.2
(9) Asentamientos y áreas turísticas	14,376	1.9
(10) Otros/misceláneos	5,979	0.8
<b>Total</b>	<b>757,793</b>	<b>100.0</b>

### **3.12 Hidrología.**

Es la ciencia que estudia la distribución del agua en la Tierra, sus reacciones físicas y químicas con otras sustancias existentes en la naturaleza, y su relación con la vida. Además es una ciencia muy antigua, su origen y desarrollo está marcado por el incremento de los asentamientos poblacionales, ya que éstos produjeron la necesidad de hacer uso racional de los recursos Hídricos destinados al consumo humano.

Cuando La Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), promovió un programa para iniciar en forma ordenada y sistemática la investigación, desarrollo y almacenamiento de los recursos hídricos a nivel centroamericano, lo que demandaba que en cada país beneficiario del proyecto, debía existir una organización encargada de la evaluación e investigación de los recursos Hídricos a nivel del país, con la condición de tener un carácter independiente de los usuarios del recurso, los cuales son típicos con facilidad.

En base a esto se formó el Servicio Hidrológico y Meteorológico como dependencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería encargado de obtener, procesar, evaluar e investigar en forma sistemática y ordenada la información Hidrometeorológica necesaria para un desarrollo integral y múltiple de los recursos Hídricos. Luego de 20 años de recolección sistemática de datos Hidrometeorológicos a nivel del país, se inicia un proyecto denominado “Plan Maestro para el Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos”, el cual ha dado por resultado un plan de obras Hidráulicas a nivel nacional en donde se planifica el desarrollo y uso de los recursos Hídricos y que actualmente ha permitido tener por lo menos un instrumento de planificación ordenado y en donde se ha compatibilizado el uso del recurso.

## **Cuencas Hidrográficas.**

Cuenca es el área de la superficie terrestre delimitada por un parte-aguas que separa el agua que cae en la superficie de la tierra. La cuenca es drenada por un único sistema fluvial compuesto por numerosos Ríos, Quebradas, Riachuelos, etc. Sus límites están formados por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales. El tamaño y forma de una cuenca viene determinado generalmente por las condiciones geológicas del terreno. El patrón y densidad de las corrientes y ríos que drenan este territorio no sólo dependen de su estructura geológica, sino también del relieve de la superficie terrestre, el clima, el tipo de suelo, la vegetación y, cada vez en mayor medida, de las repercusiones de la acción humana en el medio ambiente de la cuenca.

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. La medición y análisis cuantitativo de sus características hidrográficas se denomina Morfometría de la cuenca.

Por este motivo, la cuenca representa la unidad fundamental empleada en Hidrología. Constituye a la vez uno de los rasgos principales del paisaje, cuyo proceso de formación en la mayoría de los continentes está determinado por la erosión fluvial y el transporte y deposición de sedimentos. Ésta es la razón por la que las cuencas también son la unidad básica de estudio de la Geografía Física. El estudio de las cuencas permite también mejorar la evaluación de los riesgos de Inundación y la gestión de los recursos Hídricos gracias a que es posible medir la entrada, acumulación y salida de sus aguas y planificar y gestionar su aprovechamiento analíticamente.

### **Criterios para el trazo del Parteaguas.**

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

### **Parámetros Físicos de la 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.

#### **3) Área de la cuenca (A).**

Es la medida de la superficie de la cuenca expresada en kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>). Los instrumentos que se utilizan para medir el área de una cuenca son:

- a) Planímetro.
- b) Planímetro analógico.
- c) Digitalización.

**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 mas utilizados para determinar el perímetro de una cuenca son:

- a) Curvímetro.
- b) Digitalización.

**5) Densidad de Drenaje ó longitud de corriente (Dd).**

Se define como la longitud perimetral de la cuenca por unidad de área.

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$Dd = \frac{Lp}{A} \quad (3.1)$$

Donde:

Lp = Longitud de la cuenca.

A = Área de la cuenca.

**6) Longitud del cauce principal (Lc).**

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

**7) Desnivel de la cuenca (H).**

La elevación media es la dirección promedio de la cuenca con respecto al nivel del mar, expresado en metros (mts.). Es de interés conocerla, ya que tiene relación con la temperatura y la precipitación.

$$H = \text{Elev. Mayor} - \text{Elev. Menor.}$$

**8) Longitud de planta de la cuenca (Lplanta).**

Mediante trigonometría, utilizando la longitud del cauce principal y el desnivel de la cuenca, se puede determinar la longitud de planta de la cuenca.

**9) 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. En cuencas pequeñas, para drenaje superficial, puede ser un factor dominante en la determinación del Hidrograma.

**Enunciado:** La pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividida entre su longitud medida en planta.

$$\text{Pendiente media de la cuenca} = Pm = \frac{H}{L_{\text{planta}}} \quad (3.2)$$

Donde:

H = Elevación media de la cuenca en m.s.n.m.

Lplanta = Longitud de la cuenca medida en planta expresada en Km.

**Características de la forma de la cuenca.**

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

➤ **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:

$$Kf = \frac{Bm}{Lc} = \frac{A/Lc}{Lc} \quad (3.3)$$

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.

➤ **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 esta 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: 
$$Kc = \frac{Lp}{\sqrt{A}} \times 0.28 \quad (3.4)$$

Donde:

Lp = Perímetro de la cuenca en Km.

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



### **Hidrología de la Zona en Estudio.**

La Región Oriental, es separada del resto del territorio por el Río Lempa, y este constituye el principal recurso Hídrico de la nación, su potencial para regar las planicies costeras es decisivo en el futuro desarrollo agrícola de la región. De igual manera la zona oriental cuenta con el Río Grande de San Miguel, que tiene gran potencial para el riego. En la zona se encuentran lagunas de gran valor agro económico como son: Laguna de Olomega, el Jocotal, San Juan Lazo y la de Aramuaca.

La Ciudad de San Miguel, es recorrida por el Río Grande de San Miguel, desde el costado norte, bordea la parte oriente y sur de la ciudad, convirtiéndose en un límite e intensivo para el desarrollo urbanístico.

Riegan a la región los ríos: Grande de San Miguel, San Antonio Chávez, Cañas, El Guayabal, San Esteban, Taisihuat, Níspero, El Papalón, el Rebalse, El Jute, Miraflores, Zamorán, Garza y Otros. Sobre salen las quebradas: El Venado, El Amate, El Jalacatal, Tixcuco, La Gallina, Juan Yánez, Los Coyotes y Guacuco. El drenaje de la zona se realiza a través de los ríos afluentes del Río Grande; este se considera como de tipo dendrítico, aunque existe área con drenaje radial especialmente en la zona del volcán. La ciudad de encuentra entre las cuencas Altas – Media del Río Grande de San Miguel.

### **Factores que incluye 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, entre los cuales están:

- a) Cantidad y tipo de la precipitación.
- b) Intensidad de la precipitación.
- c) Tamaño de la cuenca.
- d) Pendiente a lo largo del cauce.

- e) Permeabilidad de suelos y rocas.
- f) Condiciones de saturación.
- g) Cantidad y tipo de vegetación.

### **Métodos para la determinación del caudal de diseño.**

Los aspectos ya mencionados, junto al acceso a los datos disponibles, dirigirán el método a seleccionar para calcular el caudal. Existen tres métodos empleados para tal deducción, estos son los siguientes:

- a) Métodos Empíricos.
- b) Métodos Estadísticos.
- c) Métodos Hidrometeorológicos.

#### **a) Métodos Empíricos.**

Los métodos empíricos están basados en la experiencia del proyectista y en general, requieren del conocimiento del tamaño de la cuenca considerada; son procedimientos fundamentados en información de orden general obtenidas de corrientes de agua estudiadas anteriormente, ya sea de la misma cuenca o de otras; sólo son aplicables a cuencas cuyas características son similares a las que sirvieron de base para deducirlas. La ventaja de estos métodos es que son de fácil y rápida aplicación. Entre ellos están:

🕒 *Avenidas Históricas*: Su aplicación consta de tres pasos:

1. Determinación de la altura de aguas máximas alcanzadas por la corriente.
2. Estimación de la avenida máxima observada.
3. Estimación de la avenida máxima posible.

Ⓢ *Curvas Envolventes:* Se trazan en un gráfico los caudales de avenidas máximas, calculadas en función del área de las cuencas que lo producen. Se obtienen puntos que no pasan cierta zona del gráfico, lo cual forma la curva envolvente.

Ⓢ *Fórmulas Empíricas:* Surgen de la necesidad de estimar avenidas de ríos donde se tiene el número de datos suficientes para efectuar un cálculo de confianza, con un margen de seguridad. Las fórmulas empíricas, se dividen en función de la cantidad y tipo de factores que se toman en consideración, entre ellas se mencionan:

1) *Formula de Burkli-Ziegler.*

Se requiere que en la cuenca donde se ha de aplicar esta fórmula exista por lo menos una estación meteorológica.

2) *Formula de Dickens.*

Esta fórmula es aplicable únicamente para áreas que van desde 2.5 hasta 250 Kms<sup>2</sup>.

#### **b) Métodos Estadísticos.**

Los métodos estadísticos hacen uso de datos de *precipitaciones - escurrimientos* que *se han registrado* durante un largo periodo y se basan en los caudales máximos anuales del cauce en estudio.

Estos métodos consideran que el caudal máximo anual es una variable aleatoria que tiene una cierta distribución y se basan en ciertas leyes estadísticas tales como: Ley de Gumbel, Ley de Nash, Ley de Lebediev, etc.

La aplicación no es recomendable en el país, especialmente en zonas urbanas, ya que no se cuenta con un sistema de muestreo para caudales drenados en áreas urbanas.

**c) Métodos Hidrometeorológicos.**

Estos métodos, basan su estudio en la relación lluvia - escurrimiento, requieren de datos de precipitación, así como de algunas características de las cuencas de estudio. Sin embargo cada método en particular presenta sus limitantes referentes a esta investigación. Dentro de los métodos Hidrometeorológicos más aplicables se encuentran:

- Método Racional.
- Hidrograma Unitario.
- Hidrograma Unitario Triangular Equivalente.
- Método de las Isócronas.

➤ **Método Racional.**

Consiste únicamente en la aplicación de una fórmula, la cual expresa que la descarga es igual a un porcentaje de la precipitación multiplicada por el área de la cuenca. La duración mínima de la lluvia es el Tiempo de Concentración ( $t_c$ ). Esta es la base del método o fórmula racional. Se enuncia así:

$$Q = K C i A \quad (3.5)$$

Donde:

Q = Caudal en  $m^3/seg$ .

K = Constante de conversión de unidades.

C = Coeficiente de Escorrentía, adimensional.

i = Intensidad de lluvia para diseño en  $mm/min$ .

A = Área de drenaje, en  $m^2$ .

Este método se basa en las siguientes hipótesis:

1. La proporción de escurrimiento resultante de cualquier intensidad de lluvia, es un máximo cuando esa intensidad de lluvia dura al menos tanto como el tiempo de concentración.
2. El máximo escurrimiento resultante de cualquier intensidad de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración, es una fracción de esa precipitación, *esto es*, se supone una relación lineal  $Q$  e  $I$ , y  $Q = 0$  cuando  $I = 0$ .
3. La frecuencia de la máxima descarga es la misma que la de la intensidad de lluvia para el tiempo de concentración dado.
4. La relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje es la misma que la relación entre duración e intensidad de precipitación.
5. El Coeficiente de Escorrentía es el mismo para lluvia de diversas frecuencias.
6. El Coeficiente de Escorrentía es el mismo para todas las lluvias en una cuenca dada.

Este método no toma en cuenta el efecto de almacenamiento de la cuenca, pues supone que la descarga es igual a la precipitación fluvial menos toda la retención de la cuenca. Tampoco considera variaciones de intensidad de lluvia en el área, durante todo el tiempo de concentración. Estas suposiciones hacen particularmente susceptible de errores los cálculos, cuando el tamaño de área de drenaje es grande.

Con valores correctos de precipitación fluvial y para un coeficiente de escurrimiento dado, la formula racional siempre sobrestima el escurrimiento con errores apreciables al aumentar el tamaño de la cuenca. Por consiguiente, esta fórmula es confiable a cuencas pequeñas menores de 2 Km<sup>2</sup>.

El valor del Coeficiente de Escorrentía depende en gran medida de las características que rigen la cantidad y velocidad de escurrimiento de la cuenca. Cuando el tipo de superficie que cubre el agua es muy variado, el valor de C se encuentra por ponderación. En la Cuadro N° 3.9, se presentan Valores de coeficientes de escorrentía para diversos periodos de retorno.

➤ **Hidrograma Unitario.**

Un Hidrograma puede representarse con una gráfica como la observada en la Figura N° 3.1, 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 N° 3.1, 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 mas 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.

**Cuadro N° 3.9:** Coeficientes de Escorrentía para diferentes Tipos de Pendiente.

**Fuente:** Tomado de: Hidrología, Ven Te Chow, (*Benites et al, 1980*), McGraw Hill, Bogotá. 1988

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

**Tp:** Tiempo de pico: Es el tiempo que transcurre, entre el punto de levantamiento (A) y el punto pico del hidrograma (B).

**Tb:** 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) y el pico de la fórmula (B).

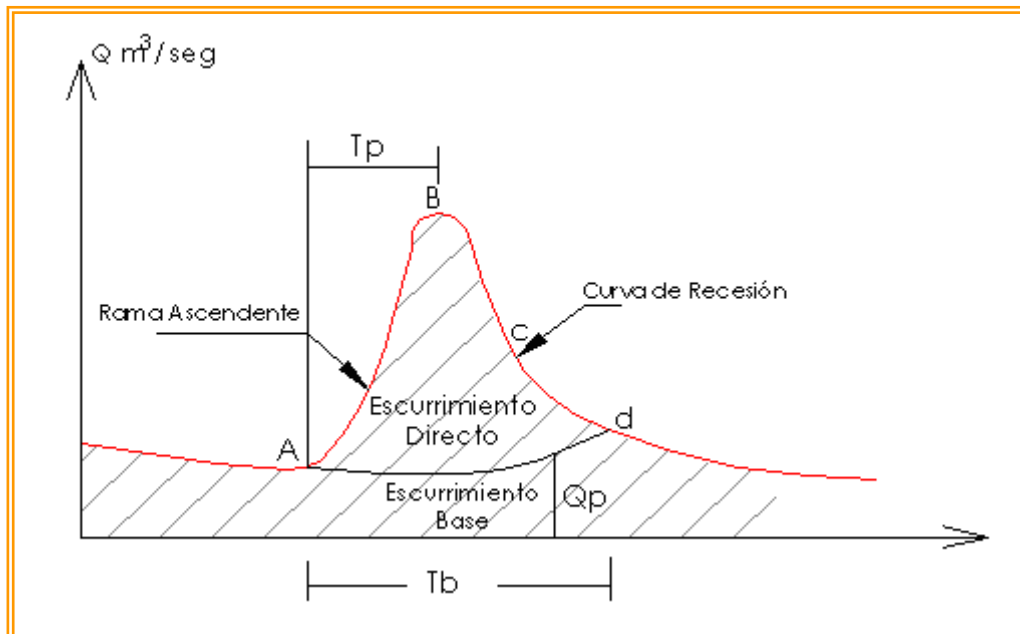
**Rama descendente o curva de recesión:** Es la parte del hidrograma que va desde el pico de la tormenta (B) hasta el final del escurrimiento directo (D).

Este método considera que si dos lluvias Idénticas caen sobre una cuenca de drenaje que tuviera condiciones Idénticas antes de la Precipitación, los Hidrogramas de escurrimientos derivados de dichas lluvias, serían los mismos. Esto constituye la base del método.

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 y 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>”**.

**Figura N° 3.1:** Hidrograma Aislado.

**Fuente:** Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays





➤ **Hidrograma Unitario Triangular Equivalente.**

Un Hidrograma Unitario sintético es un Hidrograma Unitario estimado siguiendo una metodología establecida, sin necesidad del análisis de datos de Precipitación – Escorrentía. El desarrollo de Hidrogramas unitarios sintéticos se basa en el siguiente principio: si el volumen del hidrograma de escorrentía superficial es conocido (volumen es igual al área de la hoya hidrográfica multiplicado por una unidad de profundidad de escorrentía superficial), el caudal pico puede ser calculado suponiendo una cierta forma del hidrograma unitario.

Existen muchos hidrogramas unitarios sintéticos, pero el más utilizado en nuestro medio es el hidrograma triangular, el cual presenta la posibilidad de mostrar un hidrograma como un triángulo, en donde las curvas de ascenso y descenso del hidrograma se convierten en líneas rectas, las cuales en su punto de convergencia, representan el caudal máximo.

Si se supone una forma triangular ver Figura N° 3.2, el volumen es igual a:

$$V = \frac{Q_p t_b}{2} = A \text{cuenca} \times Llef \quad (3.6)$$

Donde:

V: Volumen bajo el Hidrograma Unitario Triangular.

Q<sub>p</sub>: Caudal Pico.

t<sub>b</sub>: Tiempo base del hidrograma unitario triangular.

A: Área de drenaje de la hoya hidrográfica.

Llef: Lluvia efectiva, considerada como la unidad de Profundidad de escorrentía.

De tal manera se define la Lluvia efectiva, como:

$$Llef = D \times i \times C \times 0.90$$

Donde:

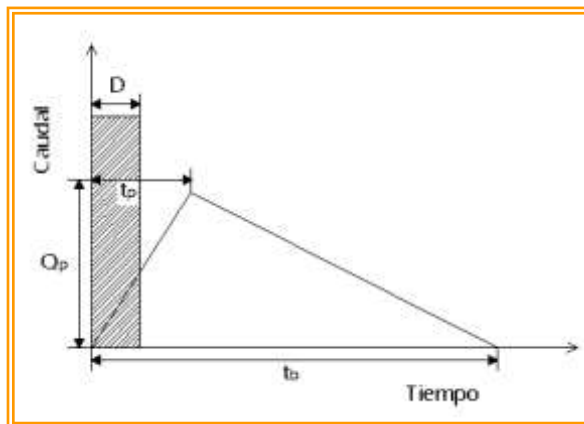
D: Duración de la tormenta.

i: Intensidad de lluvia.

C: Coeficiente de Escorrentía.

Debido a que los datos de la intensidad de lluvia son puntuales, y para que la lluvia efectiva o lámina de lluvia sea distribuida uniformemente sobre toda la cuenca, entonces su cálculo será afectado por el factor 0.90, que es un factor previamente determinado para ser usado, en cuencas características de nuestro medio.

Para la aplicación de este método se obtienen hidrogramas originados por la precipitación ocurrida en cada uno de los hidrogramas considerados, en forma independiente se dibujan en un sistema de coordenadas, en el que las abscisas representan el tiempo y las ordenadas el gasto, sumando las ordenadas en diferentes puntos y uniendo los puntos resultantes de estas sumas, obtenemos el hidrograma provocado por las lluvias de diseño. Los hidrogramas correspondientes a cada intervalo de lluvias se representan en forma triangular. Un hidrograma real no es exactamente un triángulo, pero se escoge esta forma geométrica, debido a la similitud que existe entre ella y la forma de un hidrograma. La obtención de este tipo de hidrogramas se detalla en la Figura N° 3.2.



**Figura N° 3.2:** Representación Esquemática de un Hidrograma Unitario Triangular.  
**Fuente:** Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays

De la Geometría del Hidrograma unitario se determinan las siguientes ecuaciones:

⊕ **Caudal Máximo (Qp).**

$$Q_p = 2V / t_b \quad (3.7)$$

Donde:

Qp: Descarga Máxima, en  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

V: Volumen de Esguerrimiento en  $\text{m}^3$ .

t<sub>b</sub>: Tiempo base, en horas.

⊕ **Tiempo Base (t<sub>b</sub>).**

$$t_b = 2.67 t_p \quad (3.8)$$

Donde:

t<sub>p</sub> : Tiempo pico, en horas.

⊕ **Tiempo Pico (t<sub>p</sub>).**

$$t_p = D/2 + 0.6 t_c \quad (3.9)$$

Donde:

D: Duración, en minutos.

t<sub>c</sub>: Tiempo de Concentración, en horas.

➔ **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.
- Cada Isócrona se comporta como una unidad homogénea, es decir, que en cada Isócrona es aplicable la Ecuación Racional.
- La sumatoria de los caudales parciales por Isócrona, es igual al Caudal Total.

## **Meteorología.**

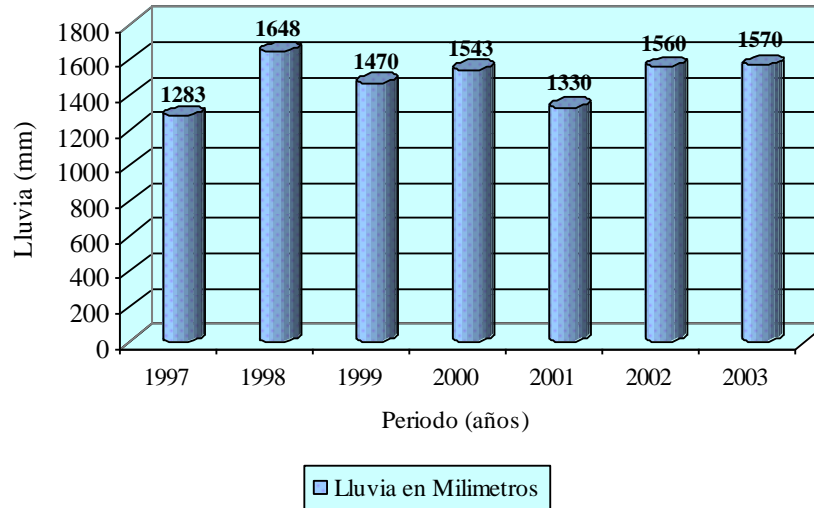
La precipitación Anual promedio en San Miguel para el año de 1,997 fue de 1,283 milímetros de lluvia, y una Humedad Relativa Promedio Anual alta del 73%. Para el año de 1,998 en el cual ocurrió el fenómeno del Mitch, la Precipitación Anual Promedio fue de 1,648 mm de lluvia, y una Humedad Relativa del 72%; se ha determinado como la precipitación mas alta en los últimos 6 años, ya que para el año 2003 el dato registrado fue de 1,570 mm de lluvia, con una humedad aproximada del 70%.

Durante el año 2003; la apoca lluviosa empezó con gran magnitud en el mes de Junio, teniendo un periodo seco en los meses de Mayo y Julio, y terminando fuertemente en mes de Octubre. La época seca se presento en los mese de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Diciembre.

El mes mas lluvioso para el 2003 fue el mes de Junio, con un valor de 325 mm de lluvia; y Enero, al igual de Febrero y Diciembre fueron los meses más secos, es decir sin lluvia. De acuerdo al servicio Meteorológico del S.N.E.T. la Evapotranspiración Potencial para el área de San Miguel en el periodo de 1970 – 2000, durante los 6 meses de la época lluviosa, alcanza una lluvia de 987 mm, es decir casi los 990 mm de lluvia.

La Ciudad de San Miguel no presenta con mucha frecuencia la inclemencias de desastres provocados por huracanes o ciclones, excepto por el Huracán Francelia, que influencio en la inundación de 1969, y el huracán Gilberto que causo las inundaciones de 1988, ambos presentaron precipitaciones máximas en la estaciones de Moscoso y El Papalón. Además hace algunos años, en 1998 la ciudad se encontró con un nuevo fenómeno, el Huracán Mitch, pero este no afecto directamente a la misma. Pero no es de enmarcarse únicamente en sucesos trancedentales, ya que la ciudad posee desde siempre problemas de inundaciones urbanas que afectan a la comunidad y que de alguna forma se tiene que actuar para poder mitigar tal acontecimiento. El grafico que se presenta contiene registros pluviométricos anuales a partir del año 1997 hasta 2003.

**Grafico N° 3.1:** Precipitación Promedio Anual.  
**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (S.N.E.T.)



### **Precipitación.**

La precipitación se define como la deposición de gotas de agua y partículas de hielo que se forman en la atmósfera y regresan a la superficie de la Tierra atraídas por la fuerza gravitacional. Las precipitaciones, están en dirección directa con la altitud del terreno, obteniéndose mayores cantidades de lluvia en las partes mas elevadas.

El servicio Meteorológico del (S.N.E.T.), lleva un registro de cantidades de lluvias, para disponer de datos de ocurrencia de las crecidas y así determinar por ejemplo; la frecuencia con que se produce la máxima intensidad de precipitación en un intervalo de tiempo.

Desde el punto de vista de la Ingeniería Hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

### **Análisis Probabilístico de la Precipitación.**

Los datos de lluvia de varias tormentas son analizados a través de un estudio conocido como Análisis de Intensidad, Duración y Frecuencia de lluvias (I-D-F).

**Intensidad:** Cantidad de lluvia medida durante un periodo de tiempo determinado (Ej. 15 min., 30 min., 1 hora, 24 horas).

**Duración:** Tiempo establecido del evento para el análisis de datos de lluvia.

**Frecuencia:** Recurrencia con que ocurren unos eventos de lluvia de una misma magnitud.

### **Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia I – D - F.**

El grado óptimo de seguridad de una estructura Hidráulica depende, tanto de su costo, como del costo de las pérdidas asociadas con una falla. Según la teoría estadística, no es posible obtener el 100% de seguridad de que no exista ningún evento que sobrepase las dimensiones físicas de una estructura como el vertedor de una presa, sino que solo se puede hablar de un riesgo pequeño aceptable que depende de la intensidad, duración y la frecuencia de un evento; por lo que es necesario analizar estadísticamente los datos Hidrológicos.

Este método correlaciona simultáneamente las 3 variables en una familia de curvas, con la ventaja de no necesitar transformar las precipitaciones a intensidades.

- Para utilizar este método se requiere calcular el tiempo de concentración de la cuenca ( $t_c$ ), por medio de cualquier ecuación empírica (Kirpich, Giandotti, etc.).
- Se ordenan de menor a mayor los datos de intensidades con duraciones cercanas al  $t_c$  de la cuenca y se les calcula su frecuencia según Weibull.

- Luego se grafican los datos en papel Tipo Gumbel I.
- Se trazan las líneas rectas para cada duración, según la disposición y dispersión que presenten los puntos en el papel Gumbel Tipo I (en forma gráfica o estadística).
- Luego, de acuerdo al Período de Retorno calculado o escogido de tablas, se traza una línea vertical, la cual toca las líneas rectas correspondientes a cada duración, debiéndose leer en el eje “Y” las Intensidades correspondientes a cada duración.
- Finalmente se grafican en papel semi logarítmico las intensidades encontradas contra las duraciones respectivas, debiéndose leer la intensidad correspondiente a una tormenta de duración igual al tiempo de concentración.

### 3.13 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:

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = A_H R_H^{2/3} \quad (3.10)$$

Factor Hidráulico = Factor Geométrico



Este se realiza en las secciones transversales del Río obtenidas en el estudio Topográfico, ubicadas una en el punto de emplazamiento 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.

### **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 la Cuadro N° 3.10.

#### ➤ **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 ( $R$ )**

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

$$R_H = \frac{A}{P} \quad (3.11)$$

➤ **Profundidad Hidráulica ( $D$ )**

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

$$D = \frac{A}{T} \quad (3.12)$$

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

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

$$Z = A\sqrt{D} = A\sqrt{\frac{A}{T}} \quad (3.13)$$

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

Es el producto del área mojada y el radio hidráulico elevado a la potencia 2/3.

$$FG = AR^{2/3} \quad (3.14)$$

**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.

$$Q = VA = CAR^x S^y = KS^y \quad (3.15)$$

Donde:

$$K = CAR^x \quad (3.16)$$

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 (3.11), se convierte en:

$$Q = K\sqrt{S} \quad (3.17)$$

y la conductividad es:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{S}} \quad (3.18)$$

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 (3.13) se convierte en:

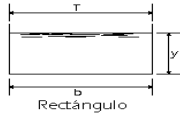
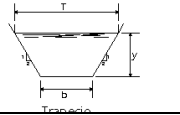

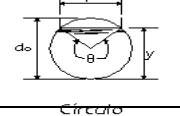
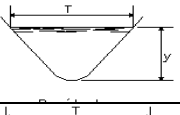
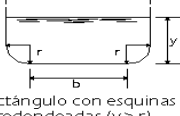

$$K = CAR^{1/2} \quad (3.19)$$

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

$$K = \frac{AR^{2/3}}{n} \quad (3.20)$$

Las anteriores dos ecuaciones (3.19 y 3.20) 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 (3.20).

**Cuadro N° 3.10:** Elementos Geométricos de Secciones de Canal.  
**Fuente:** Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow.

Sección	Área (A)	Perímetro Mojado (P)	Radio Hidráulico (R)	Ancho Superficial (T)	Profundidad Hidráulica (D)	Factor de Sección (Z)
 Rectángulo	$by$	$(b + 2y)$	$\frac{(by)}{(b + 2y)}$	$b$	$y$	$by^{1.5}$
 Trapecio	$(b + zy)y$	$b + 2y \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\frac{[(b + zy)y]^{1.5}}{\sqrt{b + 2zy}}$
 Triángulo	$zy^2$	$2y \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{2y}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zy^{2.5}$
 Círculo	$1/8 (\theta - \text{sen } \theta) do^2$	$1/2 \theta do$	$1/4 (1 - \text{sen } \theta / \theta) do$	$\frac{(\text{sen } 1/2 \theta) do}{2\sqrt{y(do - y)}}$	$1/8 \left[ \frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen} \cdot 1/2 \theta} \right] do$	$\frac{\sqrt{2} \cdot [\theta - \text{sen } \theta]^{1.5}}{32 \cdot [\text{sen} \cdot 1/2 \theta]^{0.5}} do^{2.5}$
 Círculo	$2/3 T y$	$T + 8/3 y^2/T *$	$\frac{2 T^2 y}{3 T^2 + 8 y^2}$	$\frac{3A}{2y}$	$2/3y$	$2/9\sqrt{6} \cdot Ty^{1.5}$
 Rectángulo con esquinas redondeadas ( $y > r$ )	$(\pi/2 - 2) r^2 + (b+2r)y$	$(\pi - 2) r + b + 2y$	$\frac{(\pi/2 - 2)r^2 + (b + 2r)y}{(\pi - 2)r + b + 2y}$	$b + 2r$	$\frac{(\pi/2 - 2)r^2}{b + 2r} + y$	$\frac{[(\pi/2 - 2)r^2 + (b + 2r)y]^{1.5}}{\sqrt{b + 2r}}$
 Triángulo con fondo redondeado	$T^2/4z - r^2/z (1 - z \cot^{-1} z)$	$T/z \sqrt{1 + z^2} - 2r/2 (1 - z \cot^{-1} z)$	$\frac{A}{P}$	$2 \left[ z(y - r) + r\sqrt{1 + z^2} \right]$	$\frac{A}{T}$	$A \cdot \sqrt{\frac{A}{T}}$

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

### **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 (3.20), este factor puede expresarse como:

$$AR^{2/3} = nK \quad (3.21)$$

y, a partir de la ecuación (3.21),

$$AR^{2/3} = \frac{nQ}{\sqrt{S}} \quad (3.22)$$

En primer lugar, la ecuación (3.22) 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 (3.22) 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 (3.22) 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  $A_n R_n^{2/3}$  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:

$$Q = \frac{AR^{2/3}\sqrt{S}}{n} \quad (3.23)$$

### **Coefficiente 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:

$$n = \frac{(\sqrt[12]{\phi 90})}{64} \quad (3.24)$$

Donde:

n : Coeficiente de rugosidad e Manning

64 : Constante o número de Reynolds para flujo laminar.

$\phi 90$ : 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.



**Cuadro No. 3.11:** Valores de Rugosidad de Ríos en cursos Naturales.  
**Fuente:** Adaptado de Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow.

<b>Tipo de Canal y Descripción</b>	<b>Manning</b>
<b>Cursos en planicie:</b>	<b>n</b>
1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025
2. Igual que 1, pero mas piedras y pastos	0.030
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	0.040
6. Igual que 4, pero más piedra	0.045
7. Tramo sucio, con pastos y pozos profundos	0.050
8. Tramos con mucho pasto, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.	0.075
<b>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:</b>	<b>n</b>
9. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030
10. Fondo: Cantos rodados con grandes rocas	0.040

### **3.14 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 mas vulnerables.

#### **Efectos De Las Inundaciones.**

Las inundaciones no sólo dañan la propiedad, amenazan la vida de seres humanos y animales, también tienen otros efectos como la erosión del suelo y la sedimentación excesiva. A menudo quedan destruidas las zonas de desove de los peces y otros hábitats de la vida silvestre. Numerosos embalses ven reducida su vida útil al verse colmatados en un tiempo rápido por la gran cantidad de sedimentos que aportan las

crecidas de los ríos que vierten a éstos. Las corrientes muy rápidas ocasionan daños mayores, mientras que las crecidas prolongadas de las aguas obstaculizan el flujo, dificultan el drenaje e impiden el empleo productivo de los terrenos. Se ven afectados con frecuencia los estribos de los puentes, los peraltes de las vías, las canalizaciones y otras estructuras, así como la navegación y el abastecimiento de energía hidroeléctrica

### **Amenaza**

Una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de los deslizamientos, incluyendo el volumen o áreas de los movimientos y su probabilidad de ocurrencia. También es importante describir las velocidades y las velocidades diferenciales de los deslizamientos.

Alternativamente la amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.

### **Vulnerabilidad**

El grado de probabilidad de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos dentro del área afectada por el deslizamiento.

# *Capítulo IV*

## *Diagnóstico.*

## **Capítulo IV Diagnóstico.**

Las Zonas que se han seleccionado para realizar el estudio se encuentra delimitada entre la colonia La Confianza II y la Colonia Jardines de San Miguel que se consideran dentro del radio Suburbano, por lo que se procedió a realizar un recorrido preliminar de los sectores donde el Río Grande provoca graves daños a la población de las comunidades marginales, situación que ha sido evidente en los últimos años en donde se ha experimentado inundaciones por desbordamiento.

La clasificación se realizó en base a observaciones de la zona seleccionada anteriormente, la cual nos permitió descartar aquellas que por las características que presentaban se consideran de baja peligrosidad.

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 de talud del río.)
2. Densidad Poblacional (Numero de viviendas)
3. Situación Poblacional (Prioritariamente las afectadas por inundación)
4. Accidentes del terreno y su uso (posibles fallas, meandros, sedimentación, basura, ripio, etc.)
5. Vegetación del lugar.
6. Condiciones Actuales de los Taludes.
7. Obras de Protección existentes.

#### **4.1 Localización y Descripción del Sitio.**

El Río Guayabal y el Río Villerías se originan en las áreas montañosas cerca de Cacaopera, las Delicias de Concepción y Ciudad Barrios, los cuales son los principales tributarios en la cuenca Alta del Río Grande de San Miguel. Después de que estos dos Ríos se unen cerca de Agua Zarca, éste se convierte en el Río Grande de San Miguel y fluye hacia el sur pasando al costado este del centro de La Ciudad de San Miguel, el sector de estudio se inicia al costado este de la Colonia Confianza II y finaliza al costado este de la Colonia Jardines de San Miguel, la longitud del tramo es de 12.00 Km.

El terreno del área de estudio próximo al río grande presenta pendientes del terreno suaves que a medida se acerca al cauce, se definen cortes verticales que forman taludes de altura variable que oscilan entre los 2.00 y 20.00 metros.

La pendiente del cauce es muy suave y no se observan cambios bruscos en su recorrido lo cual ocasiona el bajo nivel de descarga del río y provoca la acumulación de sedimento, teniendo una pendiente promedio de aproximadamente 0.10 %.

El tipo de suelo que esta conformada el área de estudio esta determinada por varias rocas volcánicas y materiales eruptivos de diferentes tipos y épocas, tales como flujos de lava, flujo piroclástico, flujo de lodo, etc., La Geología del área consiste en tobas finas, breccia, vítreas, y Rocas Ígneas intercaladas con Lava Basáltica y/o Andesítica. Depósitos recientes tales como las planicies inundables, pantanos, talud y terrazas cubren rocas volcánicas.

Los materiales del lecho del Río y de la Ribera consisten principalmente en arena y arcilla en los tramos aguas abajo, arcilla con materia orgánica.

Existen pocos efectos erosivos en la parte alta de la zona de estudio, esto debido en gran parte a la gran vegetación, pero a medida avanza el recorrido del río, se dan algunos casos erosivos en los taludes como en la urbanización Adelaida, Residencial María Julia y Colina Carrillo I por la falta de vegetación sobre la pared del talud.

El deterioro de la calidad de agua del Río Grande de San Miguel, se ha convertido en un problema serio, pues afecta las áreas Río Abajo. La causa principal de la contaminación es la emanación de aguas residuales de las áreas urbanas de San Miguel. De acuerdo a la oficina Municipal de la Ciudad de San Miguel, el 100% de las aguas residuales se vierten en el Río sin tratamiento. Y según los vecinos de estos sectores durante la época de verano los residuos fecales se sedimentan ocasionando malos olores. En algunos de estos desagües también tienen el problema que las obras de protección de las tuberías han sido dañadas y en estos puntos se esta socavando.

En las proximidades del Río se localizan viviendas de todo tipo que van desde residenciales hasta viviendas ilegales o piratas cuyas casas son construidas de laminas y madera que no poseen los servicios básicos de aguas negras, aguas lluvias y potable, por lo que los habitantes han construido posos y fosas sépticas.

En el sector se observa que en la mayoría de casos no se ha dejado área de protección, y en los lugares donde se ha diseñado esta mas tarde han sido utilizada con otros propósitos como área verde, construcción de vivienda ilegales y como botadero de basura.

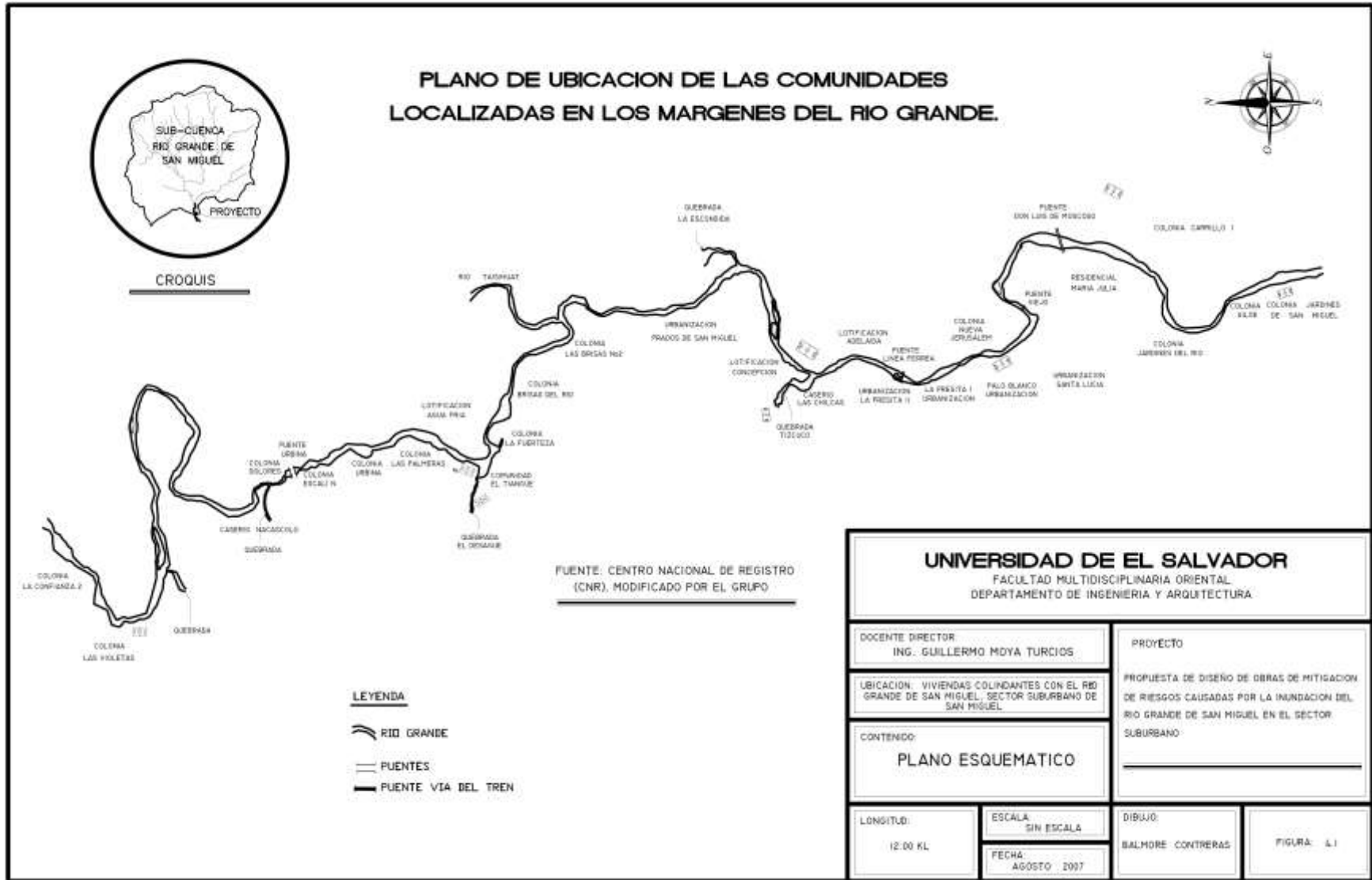
Según los pobladores de algunos sectores, los problemas de desbordamiento se dan incluso cuando se tienen tormenta constante durante dos días, por lo que pasan en vigilia todas las noches en época invernal y se agrava con las tormentas tropicales y huracanes.

Para lograr ubicar mejor en la zona y dimensionar los alcances del presente estudio, se describirán las colindancias del área considerada tomando como base el recorrido del Río. Esto se muestra en la Tabla N° 4.1 y en la Figura N° 4.1:

**Tabla N° 4.1:** Descripción de Comunidades Colindantes al Río Grande.

**Fuente:** Elaboración Propia del Grupo

<b>Comunidades Colindantes al Río Grande.</b>	<b>Orientación</b>
1. Colonia Jardines de San Miguel.	↘ Oeste.
2. Colonia Siloe.	↘ Oeste.
3. Colonia Jardines del Río.	↘ Noreste
4. Residencial María Julia.	↘ Oeste.
5. Colonia Carrillo I.	↘ Este
6. Urbanización Santa Lucia.	↘ Oeste.
7. Urbanización Palo Blanco.	↘ Oeste.
8. Colonia Nueva Jerusalén.	↘ Este
9. Lotificación Adelaida.	↘ Este
10. Urbanización Presita I.	↘ Suroeste
11. Urbanización Presita II.	↘ Oeste.
12. Caserío Las Chilcas.	↘ Oeste.
13. Lotificación Concepción.	↘ Noreste
14. Urbanización Prados de San Miguel.	↘ Oeste.
15. Colonia las Brisas II.	↘ Oeste.
16. Colonia Brisas del Río.	↘ Suroeste.
17. Lotificación Agua Fría.	↘ Norte.
18. Colonia La Fuerteza.	↘ Sur.
19. Comunidad el Tiangué.	↘ Suroeste
20. Colonia Las Palmeras.	↘ Oeste.
21. Colonia Urbina.	↘ Oeste.
22. Colonia Escalón.	↘ Oeste.
23. Colonia Dolores.	↘ Este.
24. Caserío Nacascolo.	↘ Oeste.
25. Colonia Las Violetas.	↘ Oeste.
26. Colonia La Confianza II.	↘ Noreste.





En base a observaciones del sitio, y a los criterios de selección, se procedió a clasificar las comunidades, descartando aquellos lugares que por sus características podrían tener menor peligrosidad, de acuerdo a las Tablas N° 4.2, N° 4.3 y N° 4.4.

✨ Los criterios de selección considerados son los siguientes:

- Ubicación de la comunidad (específicamente si esta localizada en los márgenes del Río o próxima a Taludes).
- Situación Poblacional (prioritariamente las comunidades afectadas).
- Accidentes del terreno y su uso (posibles fallas, vaguadas, Meandros, depósitos de basura, ripio, etc.).
- Obras de Protección existentes (si las hubiere); como Muros, Guarda niveles, Gaviones.
- Condición Actual de los Taludes.
- Vegetación del lugar. En muchos casos esta indicada el tipo de suelo predominante en la zona.
- Ancho del cauce y altura de aguas Máximas, etc.

Los datos poblacionales obtenidos y presentados en el Tabla N° 4.4, fueron proporcionados a través de las mismas personas residentes de cada lugar, así como también del departamento de Saneamiento de las Unidades de Salud de el Cantón el Zamorán, Unidad de Salud de la Colonia Carrillo, Unidad de Salud del Hospital San Juan de Dios.

A través de la encuesta realizada a dichas comunidades, se ha determinado el número de viviendas que se encuentran en alto riesgo, por lo que se detecto las problemáticas que afecta a cada una de ellas, por tanto se puede observar cuales comunidades son las que presentan mayor problema.

<sup>3</sup>Tabla N° 4.2 (1/2): Cubierta Vegetal y Tipo de Sedimento.

N°	Nombre de las Comunidades	Cubierta Vegetal a lo largo del lecho del Río.	Sedimentación a lo largo del lecho del Río.
1	Colonia Jardines de San Miguel.	Vegetación Abundante en el Talud	—
2	Colonia Siloe.	Vegetación Abundante en el Talud	—
3	Colonia Jardines del Río.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
4	Residencial María Julia.	Deforestación en el Cuerpo del Talud	Sedimento con Vegetación (en grandes cantidades)
5	Colonia Carrillo I.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento con Vegetación (en grandes cantidades)
6	Urbanización Santa Lucia.	Vegetación Abundante en el Talud	—
7	Urbanización Palo Blanco.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
8	Colonia Nueva Jerusalén.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
9	Lotificación Adelaida.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
10	Urbanización Presita I.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
11	Urbanización Presita II.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento con Vegetación (en pequeña cantidad)
12	Caserío Las Chilcas.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
13	Lotificación Concepción	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)

<sup>3</sup> Elaboración Propia del Grupo, observada según las Características de cada lugar de estudio.

<sup>4</sup>Tabla N° 4.2 (2/2): Cubierta Vegetal y Tipo de Sedimento.

N°	Nombre de las Comunidades	Cubierta Vegetal a lo largo del lecho del Río.	Sedimentación a lo largo del lecho del Río.
14	Urbanización Prados de San Miguel.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento con Vegetación (en pequeña cantidad)
15	Colonia las Brisas II.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
16	Colonia Brisas del Río.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
17	Lotificación Agua Fría.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en pequeñas cantidades)
18	Colonia La Fortaleza.	Vegetación escasa en la Margen.	Sedimento sin Vegetación (en pequeñas cantidades)
19	Comunidad el Tiangué.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento con Vegetación (en pequeña cantidad)
20	Colonia Las Palmeras.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en pequeñas cantidades)
21	Colonia Urbina.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
22	Colonia Escalón.	Vegetación Escasa en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
23	Colonia Dolores.	Deforestación en el Margen del Río.	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)
24	Caserío Nacascolo.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento con Vegetación (en grandes cantidades)
25	Colonia Las Violetas.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en pequeñas cantidades)
26	Colonia La Confianza II.	Vegetación Abundante en el Talud	Sedimento sin Vegetación (en grandes cantidades)

<sup>4</sup> Elaboración Propia del Grupo, observada según las Características de cada lugar de estudio.

<sup>5</sup>Tabla N° 4.3 (1/2): Problemática y Causas que lo Originan.

N°	Nombre de la Comunidad	Altura Promedio de Talud	Inclinación Promedio del Talud	Problemática.	Causas
1	Colonia Jardines de San Miguel.	15.0 m	74º	Sufren de Problemas de Socavación. Y Basura.	Debido a falta de tren de Aseo.
2	Colonia Siloe.	13.0 m	70º	Basura.	Debido a falta de tren de Aseo.
3	Colonia Jardines del Río.	4.10 m	64º	Sufren de Problemas de Socavación y de Inundación. Basura	Falta de Obra de Protección en el desagüé de aguas Residuales y por el desbordamiento del Río. Servicio no constante de Tren de Aseo.
4	Residencial María Julia.	2.50 m	7.5º	Sufren de Problemas de Socavación.	Debido al cauce del Río.
5	Colonia Carrillo I.	5.0 m	9.0º	Sufren de Problemas de Inundación.	Debido al Desbordamiento del Río.
6	Urbanización Santa Lucía.	10.50 m	82º	—	—
7	Urbanización Palo Blanco.	7.50 m	55º	Sufren de Problemas de Socavación.	Falta de Obra de Protección en el desagüé de aguas Residuales.
8	Colonia Nueva Jerusalén.	14.0 m	35º	—	—
9	Lotificación Adelaida.	13.0 m	33º	Sufren de Problemas de Socavación y de Inundación.	Por el desbordamiento del Río.
10	Urbanización Presita I.	10.75 m	35º	Basura y Contaminación debido al desagüé.	Debido a falta de tren de Aseo y por el mal olor que este genera
11	Urbanización Presita II.	14.0 m	30º	Basura.	Debido a falta de tren de Aseo.
12	Caserío Las Chilcas.	7.50 m	17.50º	Sufren de Problemas de Inundación, de Basura y Contaminación debido al desagüé.	Debido al desbordamiento del Río, por falta de tren de Aseo y por el mal olor que este genera.
13	Lot. Concepción	6.20 m	5º	—	—

<sup>5</sup> Elaboración Propia del Grupo, observada según las Características de cada lugar de estudio.

**6Tabla N° 4.3 (2/2): Problemática y Causas que lo Originan.**

<b>N°</b>	<b>Nombre de la Comunidad</b>	<b>Altura Promedio de Talud</b>	<b>Inclinación Promedio del Talud</b>	<b>Problemática.</b>	<b>Causas</b>
14	Urbanización Prados de San Miguel.	10.10 m	11.50º	Sufren de Desagüé.	Mal diseño de desagüe de aguas Lluvias.
15	Colonia las Brisas II.	15.0 m	21º	Sufren de Problemas de Inundación.	Debido al Desbordamiento del Río.
16	Colonia Brisas del Río.	12.70 m	25º	Sufren de Problemas de Inundación.	Debido al Desbordamiento del Río.
17	Lotificación Agua Fría.	5.50 m	11.80º	—	—
18	Colonia La Fuerzeza.	10.0 m	23.50º	Surgen de Problemas de Inundación.	Debido al Desbordamiento del Río.
19	Comunidad el Tiangué.	4.90 m	15.60º	Sufren de Problemas de Inundación.	Debido al Desbordamiento del Río.
20	Colonia Las Palmeras.	7.50 m	13.50º	—	—
21	Colonia Urbina.	6.50 m	25º	—	—
22	Colonia Escalón.	7.0 m	20.30º	Sufren de Problemas de Inundación.	Debido al Desbordamiento del Río.
23	Colonia Dolores.	8.50 m	38.70º	Sufren de Problemas de Inundación.	Debido al Desbordamiento del Río.
24	Caserío Nacascolo.	10.75 m	28.80º	—	—
25	Colonia Las Violetas.	18.0 m	68.50º	—	—
26	Colonia La Confianza II.	10.0 m	5º	—	—

<sup>6</sup> Elaboración Propia del Grupo, observada según las Características de cada lugar de estudio.

Tabla N° 4.4 (1/3): Selección De Comunidades.

N°	Nombre de la Comunidad	Distancia del borde del Río hasta la casa más próxima.	Población (HBTS)	N° de Viviendas en Riesgo	Problemas Detectados.										
					Grado de Socavación	Altura del Talud	Inclinación del Talud	Inundaciones	Ubicación de Viviendas	Deposito de Ripio y Basura	Cubierta Vegetal	Tipo de Material	Tipo de Sedimentos	Viviendas en Riesgo	
1	Colonia Jardines de San Miguel.	40.0 mts	—	—	x	x	x		x	x	x	x	x		
2	Colonia Siloe.	75.0 mts	—	—		x	x		x	x	x	x	x		
3	Colonia Jardines del Río.	3.60 mts	212	53	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
4	Residencial María Julia.	262.0 mts	—	—	x	x	x		x		x	x			
5	Colonia Carrillo I.	313.0 mts	196	49	x	x	x		x		x	x			
6	Urbanización Santa Lucia.	219.0 mts	—	—		x	x		x		x	x	x		
7	Urbanización Palo Blanco.	117.0 mts	—	—	x	x	x		x		x	x	x		
8	Colonia Nueva Jerusalén.	50.0 mts	—	—		x	x		x		x	x	x		
9	Lotificación Adelaida.	6.0 mts	20	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Tabla N° 4.4 (2/3): Selección De Comunidades.

N°	Nombre de la Comunidad	Distancia del borde del Río hasta la casa más próxima.	Población (HBTS)	N° de Viviendas en Riesgo	Problemas Detectados.											
					Grado de Socavación	Altura del Talud	Inclinación del Talud	Inundaciones	Ubicación de Viviendas	Deposito de Ripio y Basura	Cubierta Vegetal	Tipo de Material	Tipo de Sedimentos	Viviendas en Riesgo		
10	Urbanización Presita I.	71.0 mts	—	—		x	x			x	x	x	x	x		
11	Urbanización Presita II.	60.0 mts	—	—		x	x			x	x	x	x	x		
12	Caserío Las Chilcas.	30.0 mts	8	2		x	x	x		x	x	x	x	x	x	
13	Lotificación Concepción	25.0 mts	—	—		x	x			x		x	x	x		
14	Urbanización Prados de San Miguel.	74.0 mts	—	—		x	x			x		x	x	x		
15	Colonia las Brisas II.	15.0 mts	80	20		x	x	x		x		x	x	x	x	
16	Colonia Brisas del Río.	10.0 mts	88	22		x	x	x		x		x	x	x	x	
17	Lotificación Agua Fría.	50.0 mts	—	—		x	x			x		x	x	x		

Tabla N° 4.4 (3/3): Selección De Comunidades.

N°	Nombre de la Comunidad	Distancia del borde del Río hasta la casa más próxima.	Población (HBTS)	N° de Viviendas en Riesgo	Problemas Detectados.											
						Grado de Socavación	Altura del Talud	Inclinación del Talud	Inundaciones	Ubicación de Viviendas	Deposito de Ripio y Basura	Cubierta Vegetal	Tipo de Material	Tipo de Sedimentos	Viviendas en Riesgo	
18	Colonia la Fuerzeza	14.0 mts	20	5			x	x	x	x		x	x	x	x	
19	Comunidad el Tiangué.	15.0 mts	24	6			x	x	x	x		x	x	x	x	
20	Colonia Las Palmeras.	42.0 mts	—	—			x	x		x		x	x	x		
21	Colonia Urbina	20.0 mts	—	—			x	x		x		x	x	x		
22	Colonia Escalón.	22.0 mts	64	16			x	x	x	x		x	x	x	x	
23	Colonia Dolores.	32.0 mts	88	22			x	x	x	x		x	x	x	x	
24	Caserío Nacascolo.	45.0 mts	—	—			x	x		x		x	x	x		
25	Colonia Las Violetas.	3.0 mts	—	—			x	x		x		x	x	x		
26	Colonia La Confianza II.	350.0 mts	—	—			x	x		x		x	x	x		



## **4.2 Metodología Para la Localización y Clasificación de las Zonas Críticas del Área de Estudio.**

El método para la clasificación de zonas críticas del área de estudio, esta basado en todos aquellos parámetros que fueran indicativos de las condiciones existentes en la misma, como son: la socavación, características de los taludes existentes, inundación, ubicación de las viviendas descargas de aguas servidas, etc.

Para la evaluación de los parámetros antes descritos, se procedió a dar rangos de valores a cada categoría de una forma cualitativa en la cual la condición más desfavorable se evalúa con el mayor puntaje, lo que se muestra en las Tablas N° 4.5 hasta N° 4.13. En la Tabla N° 4.5 Muestra lo que es el grado de socavación a la cual se le asignaron 3 categorías que son *Alto, Medio y Bajo*: Refiriéndose a la *categoría Baja* a todos aquellos sectores del área de estudio que presentaban Socavación de 1 a 7mts lineales cuando existen crecidas en el Río Grande; *Categoría Media* a todos aquellos sectores del área de estudio que presentaban Socavación de 8 a 12 mts lineales cuando existen crecidas en el Río Grande; *Categoría Alta* a todos aquellos sectores del área de estudio que presentaban Socavación de 8 a 12 mts lineales y que se dan constantemente durante todo el año. En la Tabla N° 4.6 Muestra las Diferentes Rangos de Alturas de Taludes que están directamente relacionada con las alturas máximas y mínimas en los sectores del área de estudio. En la Tabla N° 4.7 Muestra las Diferentes Rangos de inclinación de Taludes que están directamente relacionada con las Inclinaciones máximas y mínimas en los sectores del Área en Estudio. En la Tabla N° 4.8 Muestra los 3 tipos de Rangos asignados a las Inundaciones las cuales son: *Inundación Frecuente, Inundación Eventual de un Gran sector solo en crecidas máximas y Inundación Eventual en crecidas máximas pequeño sector*; *Inundación Frecuente*: son todos aquellos sectores que sufren de inundación cuando se dan Lluvias de 2 días o mas.

*Inundación Eventual de un Gran sector solo en crecidas máximas*: estas ocurren cuando se dan tormentas tropicales o huracanes y esta afecta a un gran sector del área de

estudio. *Inundación Eventual en crecidas máximas pequeño sector*: estas ocurren cuando se dan tormentas tropicales o huracanes y esta afecta a un pequeño sector del área de estudio. En la Tabla N° 4.9 Muestra la Ubicación de las viviendas con respecto al cauce del Río. En la Tabla N° 4.10 Muestra el Deposito de Ripio y Basura, la cual hace referencia a la cantidades y posición que tiene el deposito de basura y ripio con respecto al Río. En la Tabla N° 4.11 Muestra los diferentes tipos de Cubierta vegetal que existe en el Área de Estudio. la Tabla N° 4.12 Muestra los diferentes tipos de Sedimento que existe en el Área de Estudio. la Tabla N° 4.13 Muestra los Rangos de valores de Viviendas en Riesgo en el Área de Estudio. Posteriormente se analizaron cada uno de los parámetros existentes en cada comunidad, asignándoles el puntaje correspondiente de acuerdo a las características que predominan en las mismas, en la Tabla N° 4.14 se presentan dichos resultados, las diferentes zonas en que se dividió el área de estudio, fueron evaluados de acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla N° 4.14 en la que se obtuvo la sumatoria de la evaluación en cada comunidad los mayores puntajes representan las zonas mas criticas del área de estudio y por ende las de menor valor representan las menos criticas. En la Tabla N° 4.15 se muestran los puntajes para la evaluación de las comunidades de acuerdo al riesgo que presentan, para los cuales se asignaron 3 criterios los cuales son: *Zonas Críticas, Zonas de Riesgo Moderado y Zona de Bajo Riesgo*;

### **“Zonas Críticas”**

- Las personas están en peligro tanto al exterior como al interior de las viviendas o edificios.
- Existen un alto peligro de destrucción repentina de viviendas y edificios.
- Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una probabilidad de ocurrencia elevada, y las personas, en este caso, están sobre todo amenazadas al exterior de las viviendas y edificios.

La zona marcada en Rojo corresponde esencialmente a una zona de prohibición o de Amenaza.

### **“Zonas de Riesgo Moderado”**

- Las personas están en peligro al exterior de las viviendas o edificios, pero no casi al interior.
- Las viviendas y edificios pueden sufrir daños, pero no destrucción repentina, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.

La zona Amarilla es esencialmente una zona de reglamentación, donde daños severos pueden reducirse con medidas de precaución apropiadas. Por lo que todas aquellas zonas que se consideran que están dentro y fuera de peligro, solamente se exponen en riesgo cuando ocurre un Fenómeno Hidrometeorológico o Temporales de varios días de duración por lo cual se describe las características físicas existentes que están representadas en dichas comunidades.

### **“Zona de Bajo Riesgo”**

- El peligro para las personas es débil o inexistente.
- Las viviendas o edificios pueden sufrir daños leves.

Esta considerada como aquellas zonas que no presentan peligro debido al desbordamiento del Río Grande, ya que no resultan perjudicados ante cualquier Fenómeno Hidrometeorológico, peso sin embargo presentan otras problemáticas y que a la larga esto puede afectar directamente a las personas residentes en estas zonas.

En la Tabla N° 4.16, se presentan las comunidades seleccionadas de acuerdo al Riesgo que presenta cada lugar y en la Figura N° 4.2 se detalla la localización y clasificación de zonas: Criticas, Riesgo Moderado y Bajo Riesgo.

**Tabla N° 4.5:** Grado de Socavación de Taludes  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Alta	10.0
Media	7.0
Baja	4.0

**Tabla N° 4.6:** Altura de Taludes.  
(Rango de Valores Asignados por mts. de altura).

Descripción	Puntaje
0 – 4 mts.	10.0
4 – 6 mts.	8.0
6 – 10 mts.	6.0
10 – 15 mts.	4.0
15 – 20 mts.	2.0

**Tabla N° 4.7:** Inclinación del Taludes.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
2° – 60°	2.0
60° – 75°	4.0
75° – 90°	8.0

**Tabla N° 4.8:** Inundación.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Inundación Frecuente.	8.0
Inundación eventual de un gran sector solo en crecidas máximas.	5.0
Inundación eventual en crecidas máximas pequeño sector.	3.0

**Tabla N° 4.9:** Ubicación de las Viviendas.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
En la corona de Taludes Críticos.	8.0
En las márgenes del Río no en Taludes.	6.0
Separadas del Río una Distancia prudencial pero de peligro.	3.0
Viviendas sin Peligro.	0.0

**Tabla N° 4.10:** Deposito de Ripio y Basura.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción.	Puntaje
En Pequeñas Cantidades en las Márgenes.	2.0
En Pequeñas Cantidades en el Cauce.	4.0
En Grandes Cantidades en las Márgenes.	6.0
En Grandes Cantidades en el Cauce.	8.0

**Tabla N° 4.11:** Cubierta Vegetal.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Deforestación en la Margen del Río.	7.0
Vegetación Escasa en la Margen.	2.0
Deforestación en el Cuerpo del Talud.	8.0
Vegetación escasa en el Talud.	4.0
Vegetación Abundante en el Talud.	1.0

**Tabla N° 4.12:** Tipo de Sedimento.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Sedimento sin vegetación (en pequeñas cantidades)	2.0
Sedimento sin vegetación (en grandes cantidades)	6.0
Sedimento con vegetación (en pequeñas cantidades)	4.0
Sedimento con vegetación (en grandes cantidades)	8.0

**Tabla N° 4.13:** N° de Viviendas en Riesgo.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
1 – 16	2.0
17 – 32	6.0
33 – 48	8.0
49 – 65	10.0

**Tabla N° 4.14 (1/2):** Puntajes Asignados a cada Comunidad de Acuerdo a las Características predominantes en las mismas.

Comunidad Parámetros De Evaluación.	Colonia Jardines de San Miguel.	Colonia Siloe.	Colonia Jardines del Río.	Residencial María Julia.	Colonia Carrillo I.	Urbanización Santa Lucia.	Urbanización Palo Blanco.	Colonia Nueva Jerusalén.	Urbanización Presita I.	Lotificación Adelaida	Urbanización Presita II.	Caserío Las Chilcas.	Lotificación Concepción.	Urbanización Prados de San Miguel	Colonia las Brisas II.	Colonia Brisas del Río.
Grado de Socavación	7.0	0.0	7.0	4.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Altura del Talud	4.0	4.0	8.0	6.0	8.0	4.0	6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	4.0	4.0	4.0
Inclinación del Talud	4.0	4.0	4.0	2.0	2.0	8.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Inundaciones	0.0	0.0	8.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	0.0	5.0	5.0
Ubicación de Viviendas	6.0	6.0	6.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	0.0	6.0	6.0
Deposito de Ripio y Basura	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0
Cubierta Vegetal	1.0	1.0	4.0	8.0	4.0	1.0	4.0	1.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0	4.0
Tipo de Sedimentos	0.0	0.0	6.0	8.0	8.0	0.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	6.0	6.0	4.0	6.0	6.0
Viviendas en Riesgo	0.0	0.0	10	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	6.0	6.0
<b>TOTALES</b>	<b>28.0</b>	<b>21.0</b>	<b>59.0</b>	<b>28.0</b>	<b>40.0</b>	<b>13.0</b>	<b>32.0</b>	<b>13.0</b>	<b>18.0</b>	<b>30.0</b>	<b>11.0</b>	<b>27.0</b>	<b>15.0</b>	<b>11.0</b>	<b>33.0</b>	<b>35.0</b>

**Tabla N° 4.14 (2/2):** Puntajes Asignados a cada Comunidad de Acuerdo a las Características predominantes en las mismas.

Comunidad Parámetros De Evaluación.	Lotificación Agua Fría.	Colonia La Fuerteza.	Comunidad el Tiangué.	Colonia Las Palmeras	Colonia Urbina	Colonia Escalón	Colonia Dolores.	Caserío Nacascolo	Colonia Las Violetas.	Colonia La Confianza II.
Grado de Socavación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Altura del Talud	8.0	6.0	8.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	2.0	6.0
Inclinación del Talud	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	2.0
Inundaciones	0.0	3.0	3.0	0.0	0.0	3.0	5.0	0.0	0.0	0.0
Ubicación de Viviendas	0.0	6.0	6.0	0.0	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0	0.0
Deposito de Ripio y Basura	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Cubierta Vegetal	1.0	2.0	4.0	1.0	1.0	4.0	7.0	1.0	1.0	1.0
Tipo de Sedimentos	2.0	2.0	4.0	2.0	6.0	6.0	6.0	8.0	2.0	6.0
Viviendas en Riesgo	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	2.0	6.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTALES</b>	13.0	23.0	31.0	11.0	23.0	28.0	40.0	21.0	15.0	15.0



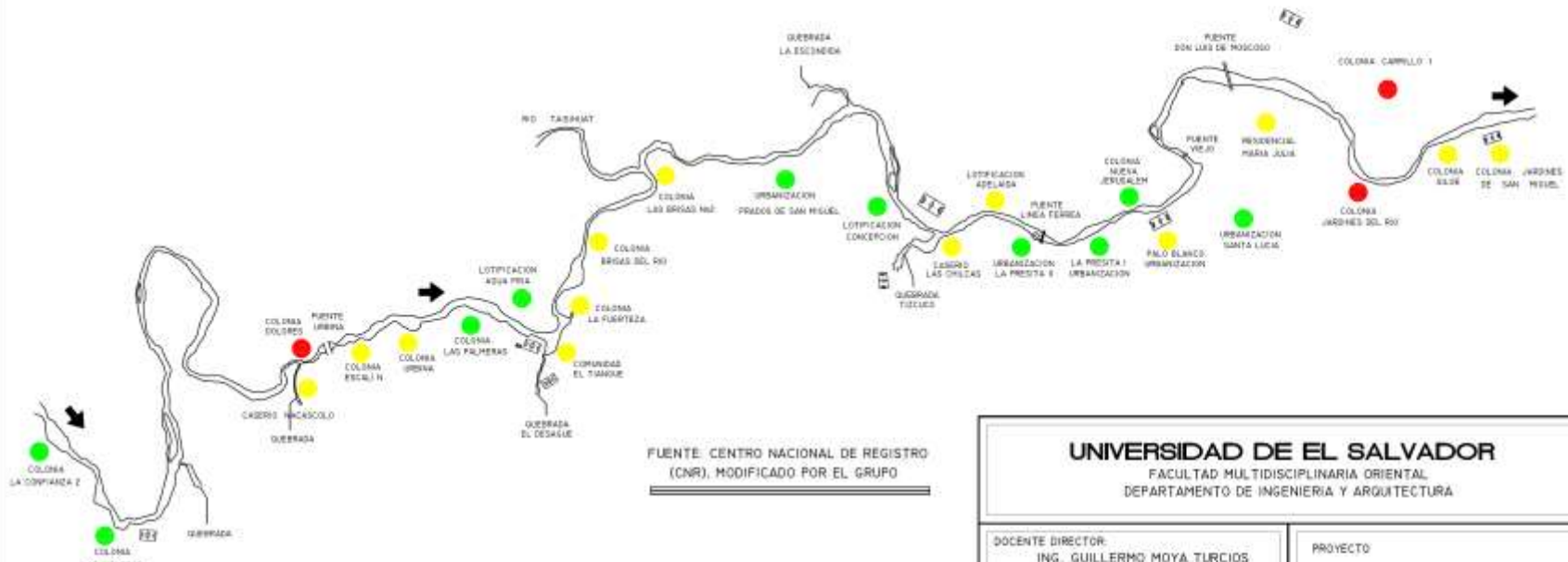
**Tabla N° 4.15:** Evaluación de Comunidades de Acuerdo al Riesgo.

Descripción	Puntaje	Color en Mapa.
Zona Crítica.	39 – 60	Rojo
Zona de Riesgo Moderado.	20 – 38	Amarillo
Zona de Bajo Riesgo.	11 – 19	Verde

**Tabla N° 4.16:** Clasificación de las Comunidades de Acuerdo al Riesgo que Presentan.

Comunidad.	Zona Crítica.	Zona de Riesgo Moderado.	Zona de Bajo Riesgo.
1. <u>Colonia Jardines de San Miguel.</u>		X	
2. <u>Colonia Siloe.</u>		X	
3. <u>Colonia Jardines del Río.</u>	X		
4. <u>Residencial María Julia.</u>		X	
5. <u>Colonia Carrillo I.</u>	X		
6. <u>Urbanización Santa Lucia.</u>			X
7. <u>Urbanización Palo Blanco.</u>		X	
8. <u>Colonia Nueva Jerusalén.</u>			X
9. <u>Lotificación Adelaida.</u>		X	
10. <u>Urbanización Presita I.</u>			X
11. <u>Urbanización Presita II.</u>			X
12. <u>Caserío Las Chilcas.</u>		X	
13. <u>Lotificación Concepción</u>			X
14. <u>Urbanización Prados de San Miguel.</u>			X
15. <u>Colonia las Brisas II.</u>		X	
16. <u>Colonia Brisas del Río.</u>		X	
17. <u>Lotificación Agua Fría.</u>			X
18. <u>Colonia La Fuerza.</u>		X	
19. <u>Comunidad el Tiangué.</u>		X	
20. <u>Colonia Las Palmeras.</u>			X
21. <u>Colonia Urbina.</u>		X	
22. <u>Colonia Escalón.</u>		X	
23. <u>Colonia Dolores.</u>	X		
24. <u>Caserío Nacascolo.</u>		X	
25. <u>Colonia Las Violetas.</u>			X
26. <u>Colonia La Confianza II.</u>			X

## MAPA DE CLASIFICACION DE ZONAS DE ACUERDO AL RIESGO QUE PRESENTAN



FUENTE: CENTRO NACIONAL DE REGISTRO (CNR), MODIFICADO POR EL GRUPO

### LEYENDA

- RIO GRANDE
- PUENTES
- PUENTE VIA DEL TREN
- DIRECCION DEL FLUJO
- ZONAS DE BAJO RIESGO
- ZONAS DE RIESGO MODERADO
- ZONAS CRITICAS

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
DOCENTE DIRECTOR ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS		PROYECTO PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO	
UBICACION: VIVIENDAS COLINDANTES CON EL RIO GRANDE, SECTOR SUBURBANO DE SAN MIGUEL		<b>PLANO ESQUEMATICO</b>	
CONTENIDO:			
LONGITUD: 12.00 KL	ESCALA: SIN ESCALA	DISEÑO: BALMORE CONTRERAS	FIGURA: 4.2
	FECHA: AGOSTO 2007		

#### **4.3 Topografía de los Sectores Críticos del Área de Estudio.**

El Área de Estudio es una cuenca que está rodeada por una cordillera montañosa con alturas de 380 m a 1,660 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). El cerro más alto es el de San Miguel (2,129 m), ubicado al Oeste de la Ciudad de San Miguel. En los límites del Área de Estudio se encuentran localizados: al Norte, el Cerro Cacahuatique (1,663 m) y Cerro Ocotepeque (1,179 m), al Sur el Cerro El Mono (882 m) y Cerro Panela (737 m), al Oeste el Volcán de Usulután (1,450 m) y el Cerro El Tigre (1,645 m) y al Este, cordilleras de 380 m a 620 m de altura.

A lo largo de los tramos medio y bajo del Río Grande de San Miguel, existen amplias superficies planas con elevaciones aproximadas de 90 m alrededor de la ciudad de San Miguel, 65 m alrededor de la Laguna de Olomega, 25 m alrededor de la Laguna El Jocotal y 1 m en el área del estero. Existe una caída de 30 m en la elevación del suelo entre las Laguna de Olomega y El Jocotal (El Delirio).

#### **Levantamiento Del Cauce del Río.**

Primeramente se debe fijar un banco de marca como referencia para todo el levantamiento. Para nuestro caso se utilizó estación total para realizar dicho levantamiento topográfico a lo largo del Río. (Ver levantamiento topográfico en Anexo 7).

El levantamiento del eje del Río camino se realizó solamente para las colonias que salieron seleccionadas anteriormente que son Colonias Dolores, Jardines del Río y Carrillo I. para la Colonia Dolores se levanto 580 metros de longitud a partir del Puente Urbina hasta donde termina la colonia, para las Jardines del Río y Carrillo I se levanto 1,289.82 mts desde el inicio de la colonia Jardines del Río hasta llegar al puente Don Luís de Moscoso. Del mismo modo se verificara la topografía y forma del alineamiento.

La planimetría de detalle se realiza con Estación Total: para definir la posición del eje respecto al cauce, por medio de deflexiones. La toma de detalle se realiza para configurar el ancho del cauce Río, tomando como referencia los árboles y taludes según se tenga, así como las cercas, alambradas existentes y casas habitacionales que se encuentran cerca. Además se colocara la ubicación de los sondeos para el estudio de suelos.

La altimetría se realizo Estación Total: para determinar la morfología del eje del camino. Dicha configuración, definida por las curvas de nivel y puntos prominentes o apropiados para referencia desfavorables para replanteo o control de niveles.

#### **Levantamiento de las Secciones Transversales sobre el Río.**

Las secciones transversales del Río o del cauce se deben ubicar de la siguiente manera: una en el punto de emplazamiento, sobre el eje central del río; otra perpendicular al cauce en el punto de emplazamiento. A demás Se debe incluir los taludes laterales y el lecho del cauce (Ver levantamiento topográfico en Anexo 7). Para el presente estudio se analizan secciones transversales del cauce a cada 60.0 mts de distancia entre ellas para todo el levantamiento topográfico.

## **4.4 Estudios de Suelos.**

### **Propiedades Índices de los Suelo.**

Son las que proporcionan las características generales de los suelos y al mismo tiempo permiten clasificarlos en base al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) (Ver Anexo 3), o cualquier otro sistema de clasificación de suelos o sea, identificarlo de acuerdo al tamaño de sus partículas, al color, textura, plasticidad, olor, etc.

Dos propiedades índices de los suelos muy importantes son:

a) Las propiedades de los granos de los suelos. Son las que corresponden a las partículas individuales, de las que está. Compuesto el suelo, sin hacer referencia a la manera en que éstas están dispuestas en un depósito de suelo.

b) Las propiedades del suelo de agregado o de conjunto. Dependen de la estructura y disposición de las partículas en la masa del suelo.

Las propiedades índices dan una mejor idea del tipo de suelo que se está analizando, y las áreas críticas en las que será necesaria la realización de estudios más completos o detallados. Estas propiedades por si solas no muestran el comportamiento de los suelos sujetos a carga; es decir, que por medio de estas propiedades, solo es posible determinar qué tan bueno es un suelo con relación a otro “, pero no cuánto, por consiguiente, es necesario la determinación de las propiedades mecánicas. La clasificación de suelos estima cualitativamente las propiedades índices como pauta para establecer los problemas que se puedan originar por el uso de un suelo dado. El sistema de clasificación de suelos más utilizado en El Salvador es el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) (Ver Anexo 3).

### **Propiedades Mecánicas de los Suelo.**

Toda edificación requiere conocer las propiedades mecánicas del suelo para diseñar en forma racional las fundaciones. El grado de confiabilidad con que se determinen tales propiedades y su representatividad, se logra, si se toman muestras inalteradas de prueba y se dispone del conocimiento geológico de la zona. La geología nos dará una idea de los distintos suelos a encontrar así como de su posible comportamiento.

### **Determinación Del Contenido De Humedad (ASTM D-2216).**

$$\begin{aligned}W_{\text{tara + muestra}} &= 66.10 \text{ gr.} \\W_{\text{tara}} &= 10.90 \text{ gr.} \\W_{\text{muestra húmeda}} &= W(\text{tara + muestra}) - W_{\text{tara}} \\&= (66.10 \text{ gr.} - 10.90 \text{ gr.}) \\W_{\text{muestra húmeda}} &= 55.20 \text{ gr.}\end{aligned}$$

### **Después de secado al horno por 24 horas:**

$$\begin{aligned}W_{\text{tara + muestra}} &= 57.01 \text{ gr.} \\W_{\text{muestra seca}} &= W(\text{tara + muestra seca}) - W_{\text{tara}} \\&= (57.01 \text{ gr.} - 10.90 \text{ gr.}) \\W_{\text{muestra seca}} &= 46.11 \text{ gr.}\end{aligned}$$

### **Porcentaje de Humedad:**

$$\%W = \frac{W_{\text{humedo}} - W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}}} \times 100$$

$$\%W = \frac{55.20 - 46.11}{46.11} \times 100$$

$$\%W = 19.71 \cdot \%$$

Nota: Para todos los Sondeos realizados se Calcularon de la misma forma que se hizo anteriormente y que además se resume en los cuadros N° 4.17, N° 4.18, N° 4.19, para todas las Colonias.

**Cuadro N° 4.17:** Cuadro Resumen Para El Contenido de Humedad para la Colonia Dolores.

**Proyecto:** Propuesta de Diseño de obras de Protección de Riesgos Causadas por la Inundación del Río Grande de San Miguel

**Ubicación:** COLONIA DOLORES

**Sondeo N°: 1**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad (mts)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Peso de suelo Húmedo y Tara (grs.)	38,40	40,20	35,10	43,90	34,40	55,60	61,50
Peso de Suelo Seco y Tara (grs.)	33,70	33,20	30,08	38,90	30,06	49,80	54,20
Peso de agua (grs.)	4,70	7,00	5,02	5,00	4,34	5,80	7,30
Peso de Tara (grs.)	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Peso de Suelo Seco (grs.)	22,80	22,30	19,18	28,00	19,16	38,90	43,30
Contenido de Agua (%)	<b>20,61</b>	<b>31,39</b>	<b>26,17</b>	<b>17,86</b>	<b>22,65</b>	<b>14,91</b>	<b>16,86</b>

**Sondeo N°: 2**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad (mts)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Peso de suelo Húmedo y Tara (grs.)	40,36	42,58	37,58	45,86	36,52	57,30	63,25
Peso de Suelo Seco y Tara (grs.)	35,12	34,56	31,80	40,10	31,60	51,00	55,40
Peso de agua (grs.)	5,24	8,02	5,78	5,76	4,92	6,30	7,85
Peso de Tara (grs.)	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Peso de Suelo Seco (grs.)	24,22	23,66	20,90	29,20	20,70	40,10	44,50
Contenido de Agua (%)	<b>21,64</b>	<b>33,90</b>	<b>27,66</b>	<b>19,73</b>	<b>23,77</b>	<b>15,71</b>	<b>17,64</b>

**Cuadro N° 4.18:** Cuadro Resumen Para El Contenido de Humedad para la Colonia Jardines del Río.  
**Proyecto:** Propuesta de Diseño de obras de Protección de Riesgos Causadas por la Inundación  
del Río Grande de San Miguel

**Ubicación:** COLONIA JARDINES DEL RÍO

**Sondeo N°: 1**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad (mts)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Peso de suelo Húmedo y Tara (grs.)	59,30	75,50	70,10	68,50	87,70	56,50	66,10
Peso de Suelo Seco y Tara (grs.)	49,40	66,90	60,04	59,60	70,02	49,60	57,01
Peso de agua (grs.)	9,90	8,60	10,06	8,90	17,68	6,90	9,09
Peso de Tara (grs.)	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Peso de Suelo Seco (grs.)	38,50	56,00	49,14	48,70	59,12	38,70	46,11
Contenido de Agua (%)	<b>25,71</b>	<b>15,36</b>	<b>20,47</b>	<b>18,28</b>	<b>29,91</b>	<b>17,83</b>	<b>19,71</b>

**Sondeo N°: 2**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad (mts)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Peso de suelo Húmedo y Tara (grs.)	61,60	78,00	72,20	71,00	90,30	59,00	68,20
Peso de Suelo Seco y Tara (grs.)	51,80	69,50	62,08	62,20	72,04	52,20	59,02
Peso de agua (grs.)	9,80	8,50	10,12	8,80	18,26	6,80	9,18
Peso de Tara (grs.)	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Peso de Suelo Seco (grs.)	40,90	58,60	51,18	51,30	61,14	41,30	48,12
Contenido de Agua (%)	<b>23,96</b>	<b>14,51</b>	<b>19,77</b>	<b>17,15</b>	<b>29,87</b>	<b>16,46</b>	<b>19,08</b>



**Cuadro N° 4.19:** Cuadro Resumen Para El Contenido de Humedad para la Colonia Carrillo I.

**Proyecto:** Propuesta de Diseño de obras de Protección de Riesgos Causadas por la Inundación del Río Grande de San Miguel

**Ubicación:** COLONIA CARRILLO I

**Sondeo N°: 1**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad (mts)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Peso de suelo Húmedo y Tara (grs.)	74,90	50,40	60,20	62,65	65,38	59,55	65,56
Peso de Suelo Seco y Tara (grs.)	65,70	44,80	53,65	54,50	58,10	53,90	56,72
Peso de agua (grs.)	9,20	5,60	6,55	8,15	7,28	5,65	8,84
Peso de Tara (grs.)	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Peso de Suelo Seco (grs.)	54,80	33,90	42,75	43,60	47,20	43,00	45,82
Contenido de Agua (%)	<b>16,79</b>	<b>16,52</b>	<b>15,32</b>	<b>18,69</b>	<b>15,42</b>	<b>13,14</b>	<b>19,29</b>

**Sondeo N°: 2**

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad (mts)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Peso de suelo Húmedo y Tara (grs.)	77,80	52,80	62,40	65,30	67,72	62,02	68,12
Peso de Suelo Seco y Tara (grs.)	68,40	47,60	56,30	57,23	60,85	55,90	59,44
Peso de agua (grs.)	9,40	5,20	6,10	8,07	6,87	6,12	8,68
Peso de Tara (grs.)	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Peso de Suelo Seco (grs.)	57,50	36,70	45,40	46,33	49,95	45,00	48,54
Contenido de Agua (%)	<b>16,35</b>	<b>14,17</b>	<b>13,44</b>	<b>17,42</b>	<b>13,75</b>	<b>13,60</b>	<b>17,88</b>

### Determinación de la Granulometría y Porcentajes de Finos (ASTM – D 421)

Dibujar la curva granulométrica representativa del suelo (en papel semilogarítmico), y con la forma que describa, apreciar la distribución de los tamaños de las partículas, y su clasificación, según su Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

**Cuadro N° 4.20:** Cuadro de Análisis Granulométrico para la Colonia Dolores.

Peso: 700.00 grs.

<b>COLONIA DOLORES</b>		<b>SONDEO No 1</b>		
Profundidad: (0.00 - 3.50) mts				
MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (grs.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	28.08	4.01	4.01	95.99
50	33.47	4.78	8.79	91.21
100	38.45	5.49	14.29	85.71
200	41.83	5.98	20.26	79.74
Pasa 200	558.17	79.74	100.00	0.00

Peso: 523.89 grs.

<b>COLONIA DOLORES</b>		<b>SONDEO No 2</b>		
Profundidad: (0.00 - 3.50) mts				
MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (grs.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	5.15	0.98	0.98	99.02
50	47.83	9.13	10.11	89.89
100	51.27	9.79	19.90	80.10
200	62.75	11.98	31.88	68.12
Pasa 200	356.89	68.12	100.00	0.00

**Cuadro N° 4.21:** Cuadro de Análisis Granulométrico para la Colonia Jardines del Río.

Peso: 628.19 grs.

<b>COLONIA JARDINES DEL Río</b>		<b>SONDEO No 1</b>		
Profundidad: (0.00 - 3.50) mts				
MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (grs.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	55.93	8.90	8.90	91.10
50	62.78	9.99	18.90	81.10
100	75.79	12.06	30.96	69.04
200	91.23	14.52	45.48	54.52
Pasa 200	342.46	54.52	100.00	0.00

Peso: 675.60 grs.

<b>COLONIA JARDINES DEL Río</b>		<b>SONDEO No 2</b>		
Profundidad: (0.00 - 3.50) mts				
MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (grs.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	30.31	4.49	4.49	95.51
50	80.14	11.86	16.35	83.65
100	89.55	13.25	29.60	70.40
200	96.98	14.35	43.96	56.04
Pasa 200	378.62	56.04	100.00	0.00

**Cuadro N° 4.22:** Cuadro de Análisis Granulométrico para la Colonia Carrillo I.

Peso: 550.25 grs.

<b>COLONIA CARRILLO I</b>		<b>SONDEO No 1</b>		
Profundidad: (0.00 - 3.50) mts				
MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (grs.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	11.85	2.15	2.15	97.85
50	26.17	4.76	6.91	93.09
100	30.50	5.54	12.45	87.55
200	36.17	6.57	19.03	80.97
Pasa 200	445.56	80.97	100.00	0.00

Peso: 450.90 grs.

<b>COLONIA CARRILLO I</b>		<b>SONDEO No 2</b>		
Profundidad: (0.00 - 3.50) mts				
MALLA No.	PESO RETENIDO PARCIAL (grs.)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	8.20	1.82	1.82	98.18
50	12.25	2.72	4.54	95.46
100	15.75	3.49	8.03	91.97
200	18.81	4.17	12.20	87.80
Pasa 200	395.89	87.80	100.00	0.00

## **Determinación de Porcentajes de Finos (Arcilla y Limo).**

### **Ensayo de Sedimentación:**

Se aplica a suelos de grano Fino para obtener en una forma rápida su granulometría.

### **Colonia Dolores.**

$$\% \text{ Limo} = \frac{(\text{VolLimo})}{(\text{Vol Pr obeta})} \times 100$$

$$\% \text{ Limo} = \frac{(5.0)}{(22.5)} \times 100$$

$$\% \text{ Limo} = 22.22\%$$

$$\% \text{ Arcilla} = 77.78\%$$

**Nota:** En el Cuadro N° 4.23, se Resumen los porcentajes de Arena y Finos que existe para cada Sondeo, según su profundidad y su muestra.

### **Colonia Jardines del Río.**

$$\% \text{ Limo} = \frac{(\text{VolLimo})}{(\text{Vol Pr obeta})} \times 100$$

$$\% \text{ Limo} = \frac{(10.0)}{(34.0)} \times 79.07$$

$$\% \text{ Limo} = 23.26\%$$

$$\% \text{ Arcilla} = 55.81\%$$

**Nota:** En el Cuadro N° 4.24, se Resumen los porcentajes de Arena y Finos que existe para cada Sondeo, según su profundidad y su muestra.

### **Colonia Carrillo I.**

$$\% \text{ Limo} = \frac{(\text{VolLimo})}{(\text{Vol Pr obeta})} \times 100$$

$$\% \text{ Limo} = \frac{(15.0)}{(33.0)} \times 76.74$$

$$\% \text{ Limo} = 34.88\%$$

$$\% \text{ Arcilla} = 41.86\%$$

**Nota:** En el Cuadro N° 4.25, se Resumen los porcentajes de Arena y Finos que existe para cada Sondeo, según su profundidad y su muestra.

Una vez obtenidos los porcentajes de arenas y finos para cada sondeo y para cada profundidad, se trazan las curvas granulométricas para cada sondeo que se realizó a dichas colonias. Que a continuación se muestran en los Gráficos N° 4.1 hasta N° 4.6.

**Cuadro N° 4.23:** Cuadro Resumen para el % de Arenas y Finos, Para la Colonia Dolores

COLONIA DOLORES		SONDEO N°1	
Profundidad (mts)	% de Arena	% de Finos	
		% de Limo	% de Arcilla
0.00 – 0.50	—	77.78	22.22
0.50 – 1.00	—	79.81	20.19
1.00 – 1.50	23.91	41.31	34.78
1.50 – 2.00	21.47	43.25	35.28
2.00 – 2.50	23.89	42.13	33.98
2.50 – 3.00	22.56	40.85	36.59
3.00 – 3.50	50	50	—

COLONIA DOLORES		SONDEO N°2	
Profundidad (mts)	% de Arena	% de Finos	
		% de Limo	% de Arcilla
0.00 – 0.50	—	68.24	31.76
0.50 – 1.00	—	72.40	27.60
1.00 – 1.50	25.87	47.62	26.51
1.50 – 2.00	23.83	45.50	30.67
2.00 – 2.50	26.45	48.26	25.29
2.50 – 3.00	24.28	43.49	32.23
3.00 – 3.50	60	40	—

**Nota:** como no presenta ningún porcentaje de Arcilla para una profundidad de 3.50 mts, se dice que el suelo es Friccionante (No Cohesivo), para lo cual la cohesión equivale a cero,  $C = 0$ .

**Cuadro N° 4.24:** Cuadro Resumen para el % de Arenas y Finos, Para la Colonia Jardines del Río.

COLONIA JARDINES DEL RÍO.		SONDEO N°1	
Profundidad (mts)	% de Arena	% de Finos	
		% de Limo	% de Arcilla
0.00 – 0.50	74.29	25.71	—
0.50 – 1.00	72.38	27.62	—
1.00 – 1.50	68.75	31.25	—
1.50 – 2.00	30.43	69.57	—
2.00 – 2.50	29.13	70.87	—
2.50 – 3.00	25.47	74.53	—
3.00 – 3.50	30.93	55.81	13.26

COLONIA JARDINES DEL RÍO.		SONDEO N°2	
Profundidad (mts)	% de Arena	% de Finos	
		% de Limo	% de Arcilla
0.00 – 0.50	67.58	32.42	—
0.50 – 1.00	69.72	30.28	—
1.00 – 1.50	75.26	24.74	—
1.50 – 2.00	56.86	43.14	—
2.00 – 2.50	61.26	38.74	—
2.50 – 3.00	52.89	47.11	—
3.00 – 3.50	45.36	35.42	19.22

**Nota:** como presenta poco porcentaje de Arcilla para una profundidad de 3.50 mts, para ambos sondeos y que a demás predomina mas Arena y Limo se puede despreciar la poca Arcilla que existe, y se puede decir que la cohesión equivale a cero, **C = 0**.

**Cuadro N° 4.25:** Cuadro Resumen para el % de Arenas y Finos, Para la Colonia Carrillo I

<b>COLONIA CARRILLO I</b>		<b>SONDEO N°1</b>	
Profundidad (mts)	% de Arena	% de Finos	
		% de Limo	% de Arcilla
0.00 – 0.50	23.26	41.86	34.88
0.50 – 1.00	25.81	38.21	35.98
1.00 – 1.50	29.57	37.87	32.56
1.50 – 2.00	35.42	38.78	25.80
2.00 – 2.50	39.22	39.22	21.56
2.50 – 3.00	24.39	58.54	17.07
3.00 – 3.50	1.89	98.11	—

<b>COLONIA CARRILLO I</b>		<b>SONDEO N°2</b>	
Profundidad (mts)	% de Arena	% de Finos	
		% de Limo	% de Arcilla
0.00 – 0.50	27.46	44.43	28.11
0.50 – 1.00	27.22	42.42	30.36
1.00 – 1.50	32.85	49.17	17.98
1.50 – 2.00	38.84	40.35	20.81
2.00 – 2.50	43.44	43.44	13.12
2.50 – 3.00	27.68	62.08	10.24
3.00 – 3.50	15.43	84.57	—

**Nota:** como no presenta ningún porcentaje de Arcilla para una profundidad de 3.50 mts, se dice que el suelo es Friccionante (No Cohesivo), para lo cual la cohesión equivale a cero, **C = 0**.



GRAFICO No 4.1  
COLONIA DOLORES  
Curva Granulometrica del Sondeo No 1, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

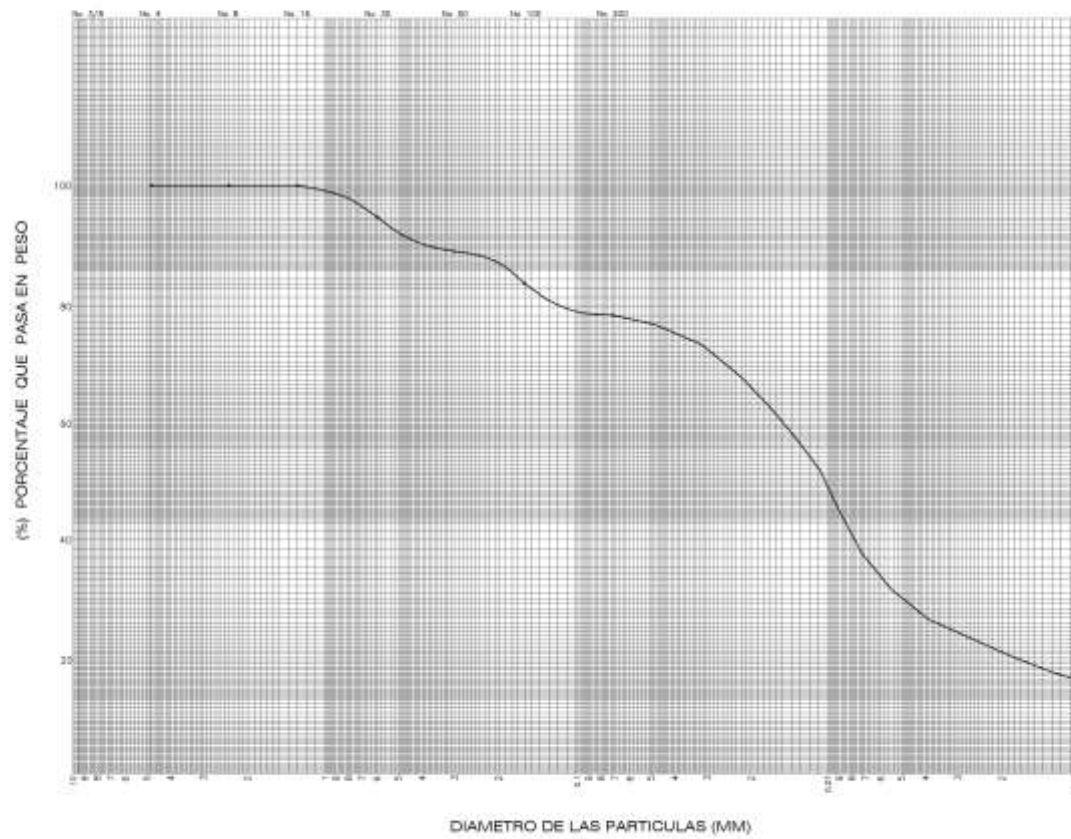


GRAFICO No 4.2  
COLONIA DOLORES  
Curva Granulometrica del Sondeo No 2, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

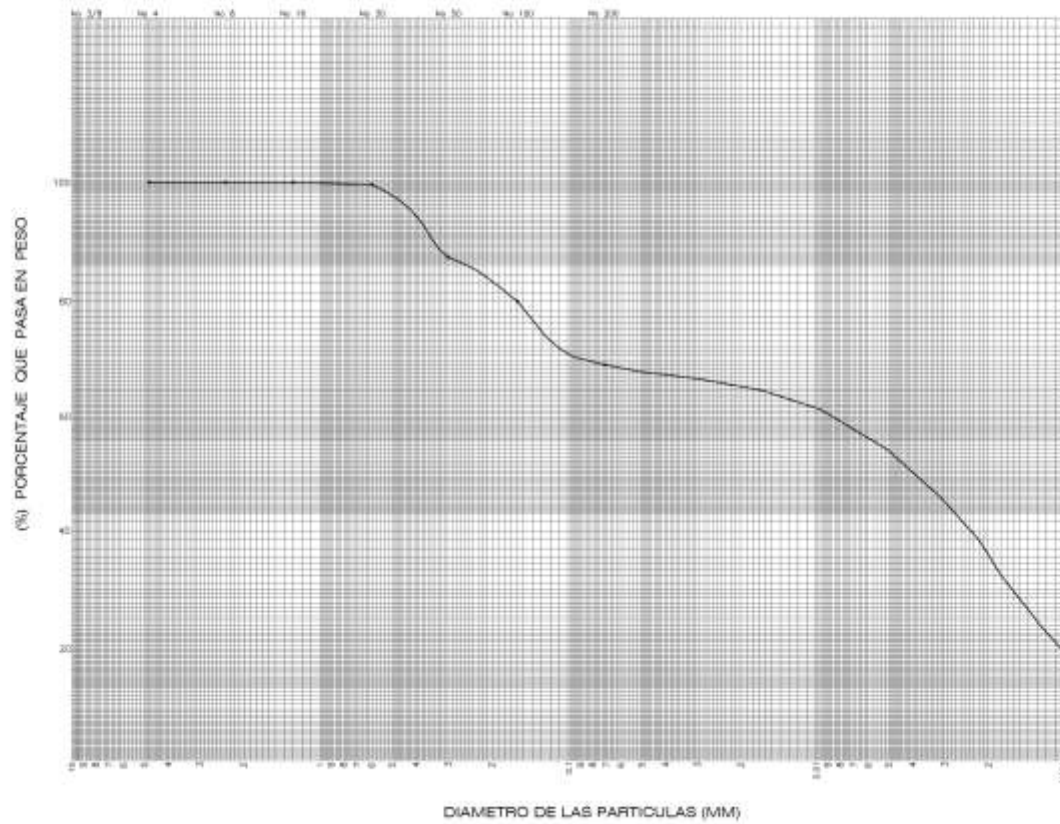


GRAFICO No 4.3  
COLONIA JARDINES DEL RIO.  
Curva Granulometrica del Sondeo No 1, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

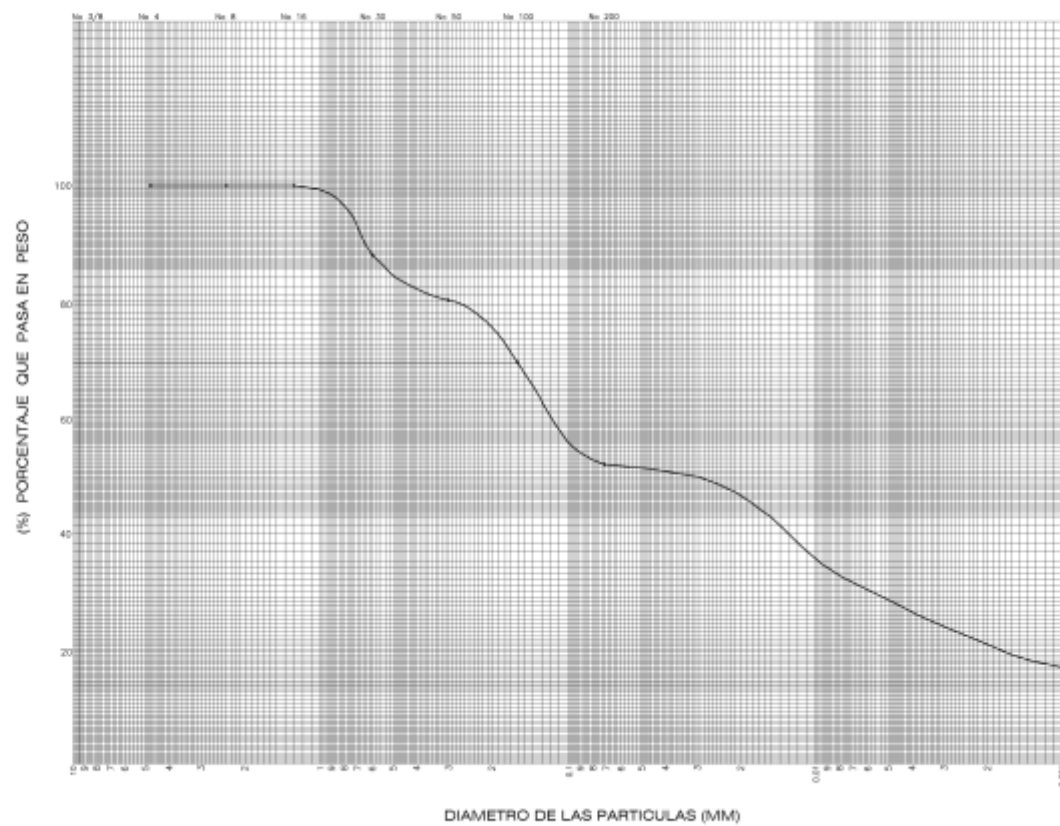


GRAFICO No 4.4  
COLONIA JARDINES DEL RIO.  
Curva Granulometrica del Sondeo No 2, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

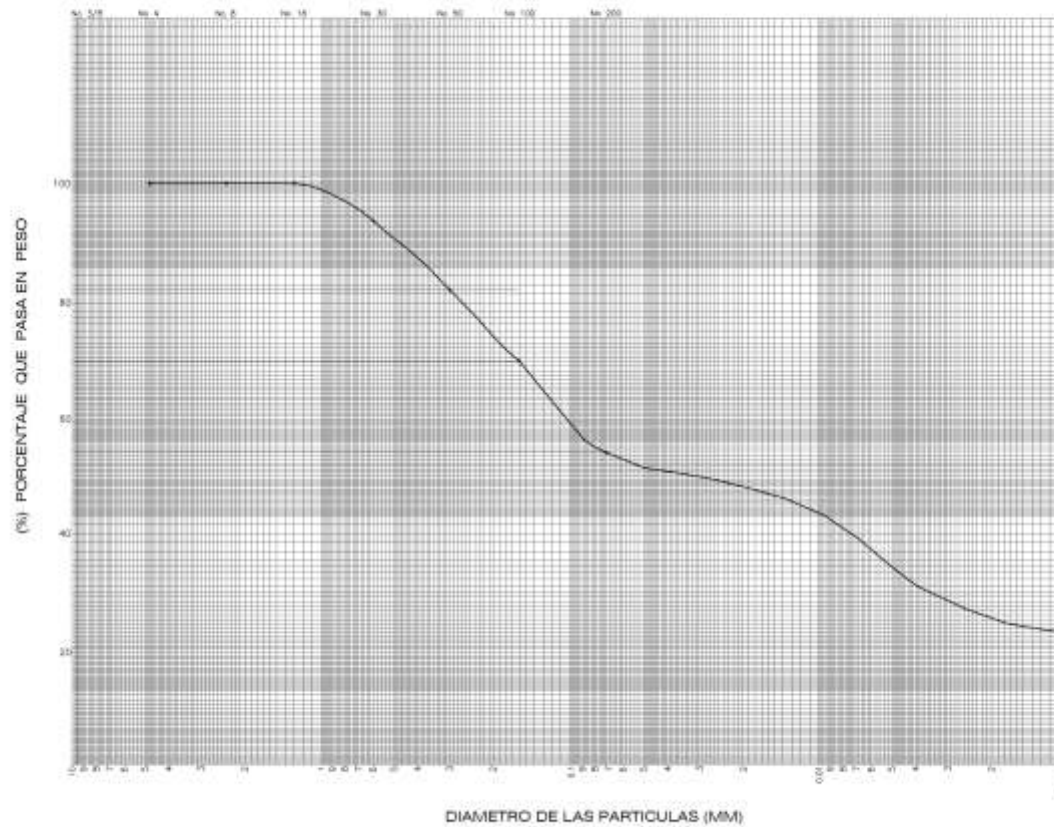


GRAFICO No 4.5  
COLONIA CARRILLO I  
Curva Granulometrica del Sondeo No 1, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

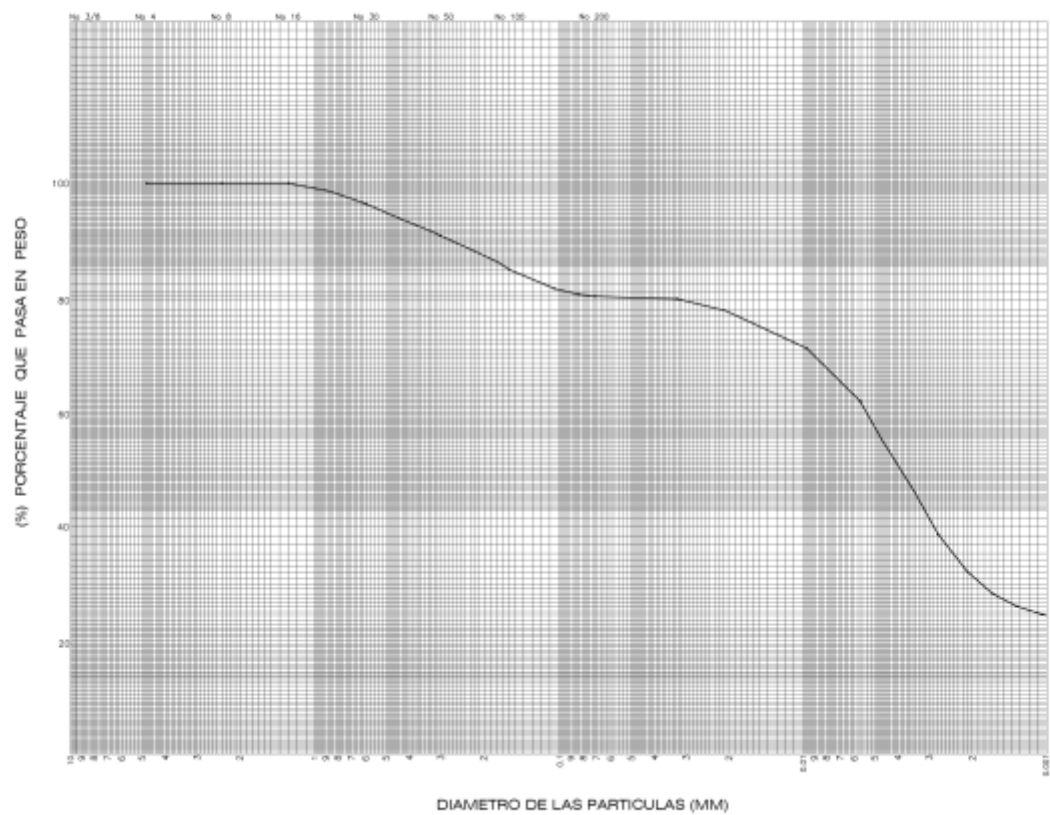
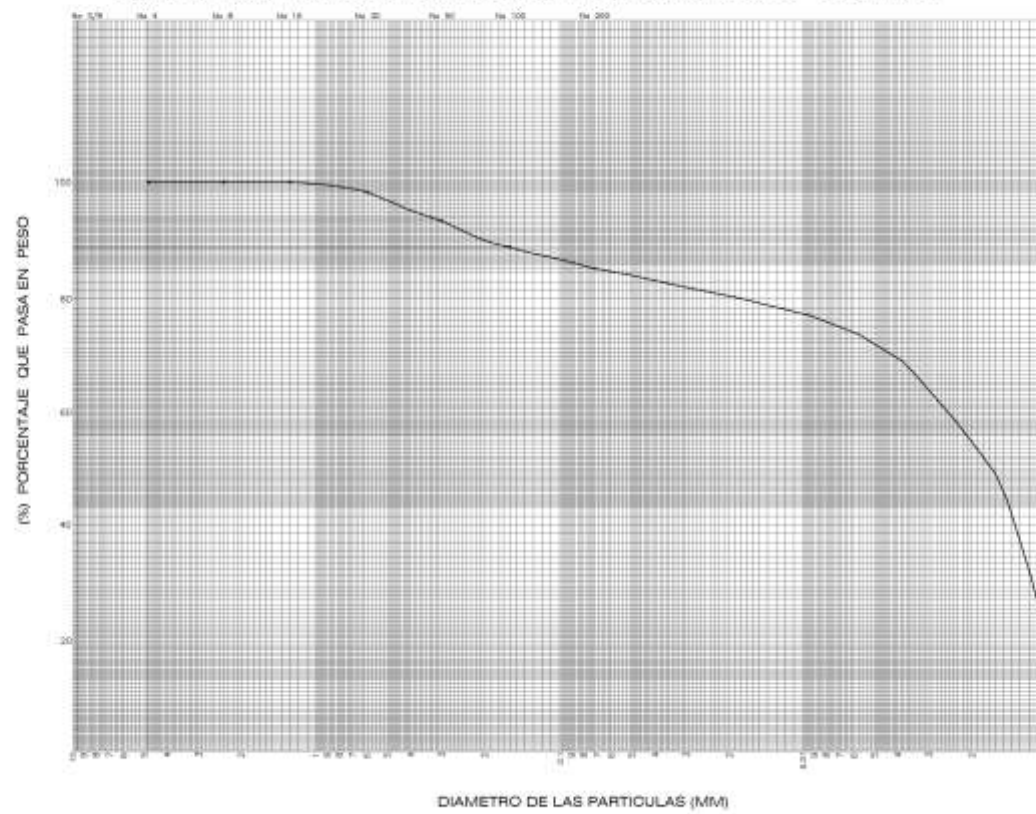


GRAFICO No 4.6  
COLONIA CARRILLO I  
Curva Granulometrica del Sondeo No 2, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.



### **Método de Ensayo Para la Prueba de Penetración Estándar (S.P.T.) (Astm D-1586)**

Este método de exploración de suelos permite encontrar la resistencia del suelo, y quizás entre todos los métodos exploratorios es el que mejor resultados proporciona, en suelos friccionantes, la prueba permite conocer la compacidad relativa de los mantos la cual es una característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico, en suelos plásticos permite adquirir una idea, si bien tosca, de la resistencia a la compresión simple.



**Fotografía N° 4.1:** Se Muestra el Sondeo N° 1, que se realizo en la Colonia Jardines del Río.



**Fotografía N° 4.2:** Se Muestra el Sondeo N° 2, que se realizo el la Colonia Jardines del Río.



**Fotografía N° 4.3:** Se Muestra el Sondeo N° 1, que se realizo en la Colonia Carrillo I.



**Fotografía N° 4.4** Se Muestra el Sondeo N° 2, que se realizo el la Colonia Carrillo I.



**Fotografía N° 4.5:** Se Muestra el Sondeo N° 1, que se realizo en la Colonia Dolores.



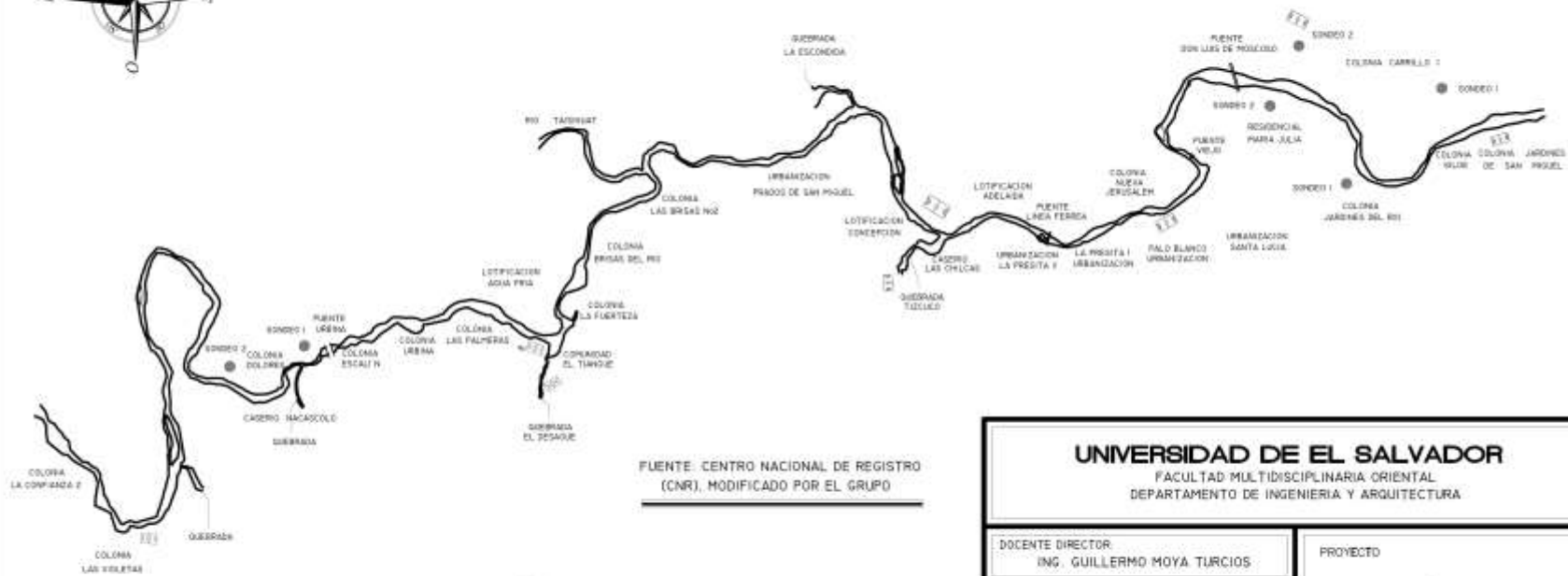
**Fotografía N° 4.6:** Se Muestra el Sondeo N° 2, que se realizo el la Colonia Dolores.



**Fotografía N° 4.7:** Obtención de Muestras de la cuchara partida para Conocer la Estratigrafía del suelo de Cada sondeo.



**PLANO ESQUEMATICO DE LOS SONDEOS REALIZADOS  
EN LAS COLONIAS: DOLORES, JARDINES DEL RIO Y CARRILLO I.**



FUENTE: CENTRO NACIONAL DE REGISTRO (CNR), MODIFICADO POR EL GRUPO

**LEYENDA**

- RIO GRANDE
- PUENTES
- PUENTE VIA DEL TREN
- SONDEOS SPT

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

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO

UBICACION: COLONIA DOLORES, JARDINES DEL RIO Y CARRILLO I

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO

CONTENIDO:  
**PLANO ESQUEMATICO DE UBICACION DE SONDEOS**

LONGITUD:  
12.00 KL.

ESCALA:  
SIN ESCALA

DIBUJO

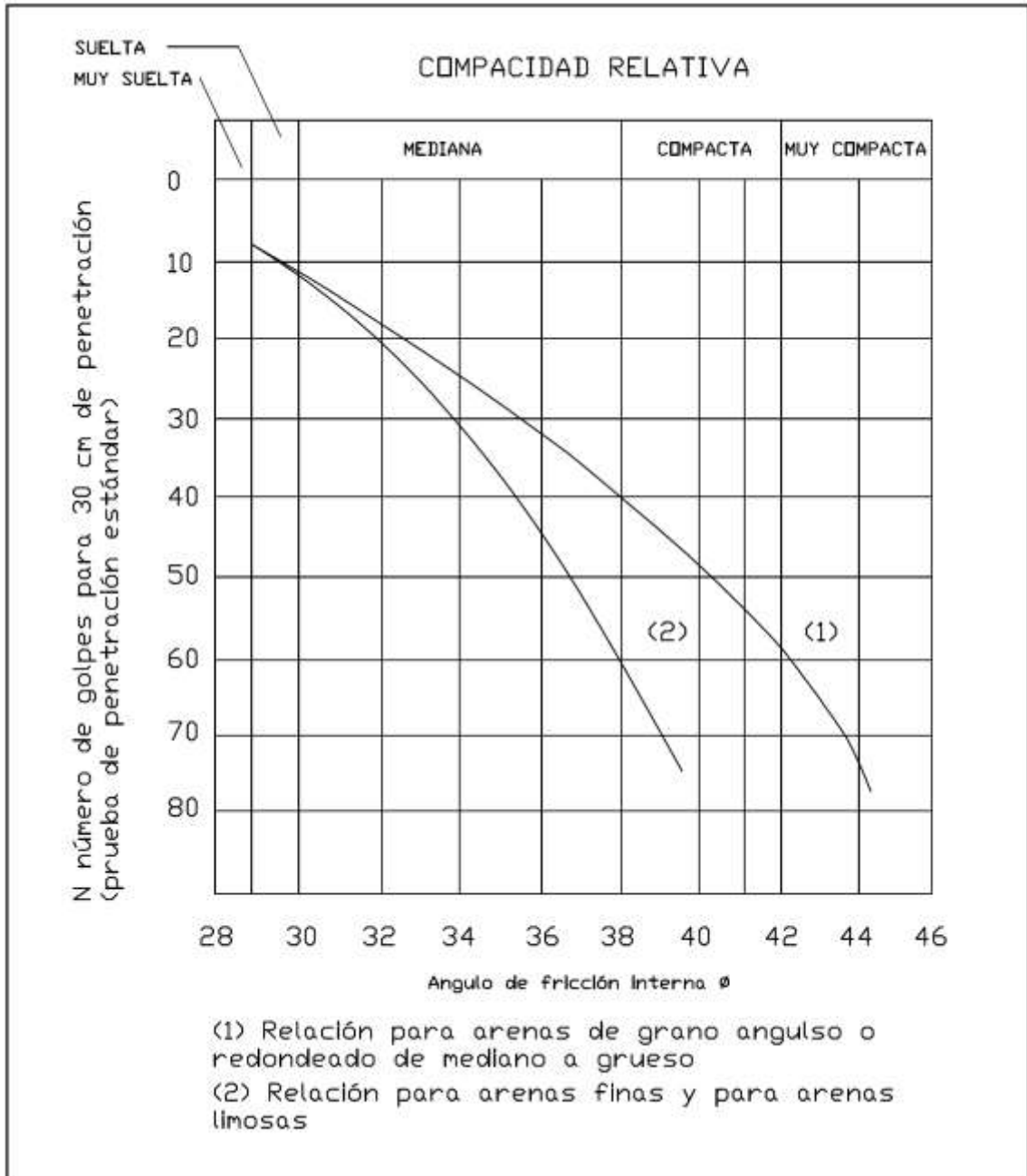
BALMORE CONTRERAS

FECHA:  
AGOSTO 2007

PLANO: 4.3

**Gráfico N° 4.7:** Relación entre la Penetración Estándar, Presión Vertical y la Compacidad Relativa.

**Fuente:** Ingeniería de Cimentaciones, Manuel Delgado Vargas. 2da Edición.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
 ASTM D – 1586

Hoja N° 1

Obra: \_\_\_\_\_ Estructura: Obras de Mitigación.  
 Localización: Colonia Dolores Sondeo N° : 1 Elevación broncal: 2.5 mts.  
 Fecha: 10 de Junio de 2007 Operador: Emiliano Supervisor: \_\_\_\_\_  
 Herramienta de Avance: \_\_\_\_\_ Peso Golpeador: 140 lbs  
 Herramienta de muestreo: Cuchara partida

PROFUNDIDAD EN MTS.	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				RECOBRO EN CMS.	HUMEDAD %	CLASIFICACIÓN
	20 cm	15 cm	15 cm	“N”			
0.00 – 0.50	7	7	7	14	21	16.79	Limo Arcilloso
0.50 – 1.00	7	6	9	15	20	16.52	Limo Arcilloso
1.00 – 1.50	12	13	10	23	18	15.32	Limo Arcilloso Arenoso
1.50 – 2.00	12	13	10	23	17	18.69	Limo Arcilloso Arenoso
2.00 – 2.50	12	12	11	23	12	15.42	Limo Arcilloso Arenoso
2.50 – 3.00	11	12	12	24	10	13.14	Limo Arcilloso Arenoso
3.00 – 3.50	16	14	11	25	9	19.29	Limo Arenoso

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
 ASTM D – 1586

Hoja N° 2

Obra: \_\_\_\_\_ Estructura: Obras de Mitigación.  
 Localización: Colonia Dolores Sondeo N° : 2 Elevación broncal: 3.0 mts.  
 Fecha: 10 de Junio de 2007 Operador: Emiliano Supervisor: \_\_\_\_\_  
 Herramienta de Avance: \_\_\_\_\_ Peso Golpeador: 140 lbs  
 Herramienta de muestreo: Cuchara partida

PROFUNDIDAD EN MTS.	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				RECOBRO EN CMS.	HUMEDAD %	CLASIFICACIÓN
	20 cm	15 cm	15 cm	“N”			
0.00 – 0.50	6	7	9	15	18	16.35	Limo Arcilloso
0.50 – 1.00	7	8	9	17	19	14.17	Limo Arcilloso
1.00 – 1.50	15	11	14	25	17	13.44	Limo Arenoso Arcilloso
1.50 – 2.00	16	12	14	26	16	17.42	Limo Arcilloso Arenoso
2.00 – 2.50	18	13	14	27	15	13.75	Limo Arenoso Arcilloso
2.50 – 3.00	14	13	15	28	15	13.60	Limo Arcilloso Arenoso
3.00 – 3.50	15	15	15	30	11	17.88	Arenoso Limoso

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
 ASTM D – 1586

Hoja N° 3

Obra: \_\_\_\_\_ Estructura: Obras de Mitigación.  
 Localización: Colonia Jardines del Rio Sondeo N° : 1 Elevación broncal: 4.0 mts.  
 Fecha: 10 de Junio de 2007 Operador: Emiliano Supervisor: \_\_\_\_\_  
 Herramienta de Avance: \_\_\_\_\_ Peso Golpeador: 140 lbs  
 Herramienta de muestreo: Cuchara partida

PROFUNDIDAD EN MTS.	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				RECOBRO EN CMS.	HUMEDAD %	CLASIFICACIÓN
	20 cm	15 cm	15 cm	“N”			
0.00 – 0.50	7	5	5	10	42	25.71	Arenoso Limoso
0.50 – 1.00	12	5	5	10	32	15.36	Arenoso Limoso
1.00 – 1.50	8	5	7	12	32	20.47	Arenoso Limoso
1.50 – 2.00	9	8	7	15	30	18.28	Limo Arenoso
2.00 – 2.50	3	6	14	20	29	29.91	Limo Arenoso
2.50 – 3.00	10	13	12	25	15	17.83	Limo Arenoso
3.00 – 3.50	11	14	13	27	14	19.71	Limo Arenoso Arcilloso

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
 ASTM D – 1586

Hoja N° 4

Obra: \_\_\_\_\_ Estructura: Obras de Mitigación.  
 Localización: Colonia Jardines del Rio Sondeo N° : 2 Elevación broncal: 5.0 mts.  
 Fecha: 10 de Junio de 2007 Operador: Emiliano Supervisor: \_\_\_\_\_  
 Herramienta de Avance: \_\_\_\_\_ Peso Golpeador: 140 lbs  
 Herramienta de muestreo: Cuchara partida

PROFUNDIDAD EN MTS.	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				RECOBRO EN CMS.	HUMEDAD %	CLASIFICACIÓN
	20 cm	15 cm	15 cm	“N”			
0.00 – 0.50	5	4	6	10	38	23.96	Arenoso Limoso
0.50 – 1.00	4	9	6	15	37	14.51	Arenoso Limoso
1.00 – 1.50	18	12	7	19	30	19.77	Arenoso Limoso
1.50 – 2.00	11	14	15	29	30	17.15	Arenoso Limoso
2.00 – 2.50	12	13	16	29	15	29.87	Arenoso Limoso
2.50 – 3.00	15	17	12	29	13	16.46	Arenoso Limoso
3.00 – 3.50	19	18	13	31	9	19.08	Arenoso Limoso Arcilloso

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 “ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
 ASTM D – 1586

Hoja N° 5

Obra: \_\_\_\_\_ Estructura: Obras de Mitigación.  
 Localización: Colonia Carrillo I Sondeo N° : 1 Elevación broncal: 3.0 mts .  
 Fecha: 10 de Junio de 2007 Operador: Emiliano Supervisor: \_\_\_\_\_ .  
 Herramienta de Avance: \_\_\_\_\_ Peso Golpeador: 140 lbs .  
 Herramienta de muestreo: Cuchara partida \_\_\_\_\_ .

PROFUNDIDAD EN MTS.	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				RECOBRO EN CMS.	HUMEDAD %	CLASIFICACIÓN
	20 cm	15 cm	15 cm	“N”			
0.00 – 0.50	9	9	7	16	32	16.79	Limo Arcilloso Arenoso
0.50 – 1.00	8	8	9	17	22	16.52	Limo Arcilloso Arenoso
1.00 – 1.50	23	18	12	30	21	15.32	Limo Arcilloso Arenoso
1.50 – 2.00	13	14	18	32	18	18.69	Limo Arenoso Arcilloso
2.00 – 2.50	21	18	14	32	18	15.42	Limo Arenoso Arcilloso
2.50 – 3.00	26	34	27	61	12	13.14	Limo Arenoso Arcilloso
3.00 – 3.50	26	34	27	61	8	19.29	Limo Arenoso

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
“ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA”

PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
ASTM D – 1586

Hoja Nº 6

Obra: \_\_\_\_\_ Estructura: Obras de Mitigación.  
Localización: Colonia Carrillo I Sondeo Nº : 2 Elevación broncal: 4.0 mts .  
Fecha: 10 de Junio de 2007 Operador: Emiliano Supervisor: \_\_\_\_\_ .  
Herramienta de Avance: \_\_\_\_\_ Peso Golpeador: 140 lbs .  
Herramienta de muestreo: Cuchara partida \_\_\_\_\_ .

PROFUNDIDAD EN MTS.	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				RECOBRO EN CMS.	HUMEDAD %	CLASIFICACIÓN
	20 cm	15 cm	15 cm	“N”			
0.00 – 0.50	10	7	9	16	30	16.35	Limo Arcilloso Arenoso
0.50 – 1.00	9	8	12	20	28	14.17	Limo Arcilloso Arenoso
1.00 – 1.50	16	15	18	33	25	13.44	Limo Arenoso Arcilloso
1.50 – 2.00	17	16	19	35	23	17.42	Limo Arenoso Arcilloso
2.00 – 2.50	18	16	20	36	18	13.75	Limo Arenoso Arcilloso
2.50 – 3.00	20	26	37	63	11	13.60	Limo Arenoso Arcilloso
3.00 – 3.50	25	28	36	64	9	17.88	Limo Arenoso



GRAFICO No 4.8  
 COLONIA DOLORES

Curva de Humedad del Suelo y # de Golpes "N" del Sondeo No 1, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

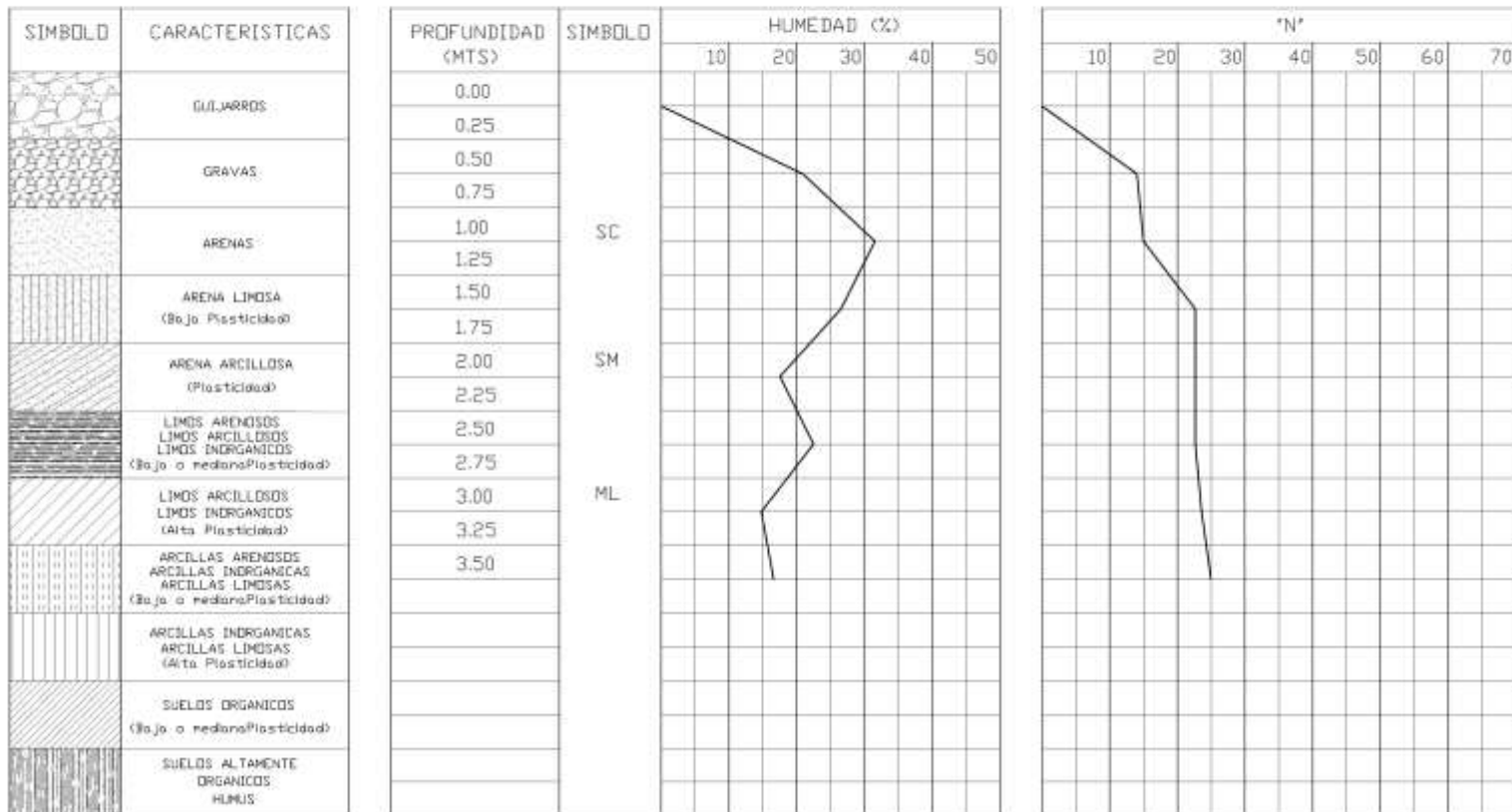


GRAFICO No 4.9  
 COLONIA DOLORES

Curva de Humedad del Suelo y # de Golpes "N" del Sondeo No 2, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

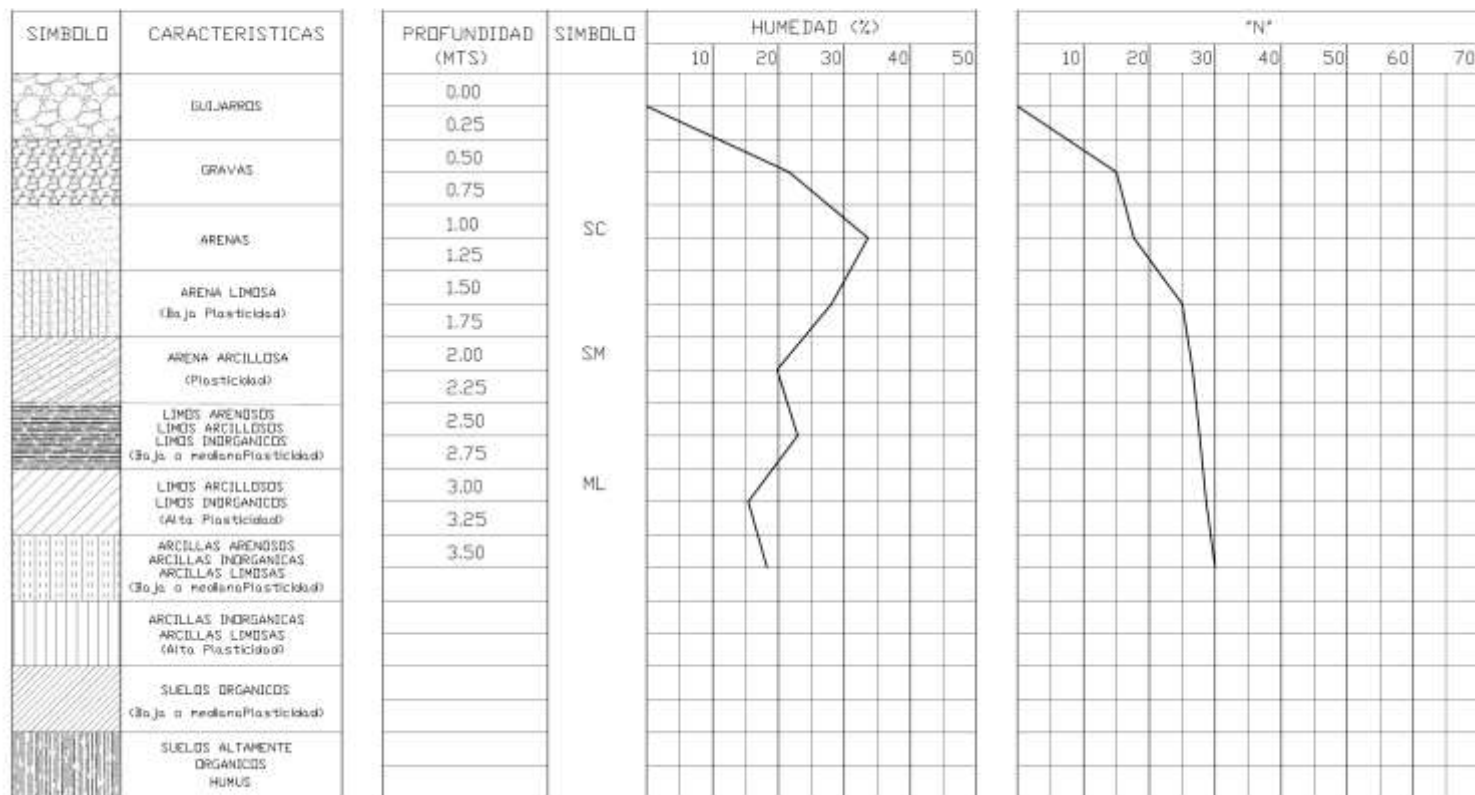


GRAFICO No 4.10  
COLONIA JARDINES DEL RIO

Curva de Humedad del Suelo y # de Golpes "N" del Sondeo No 1, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

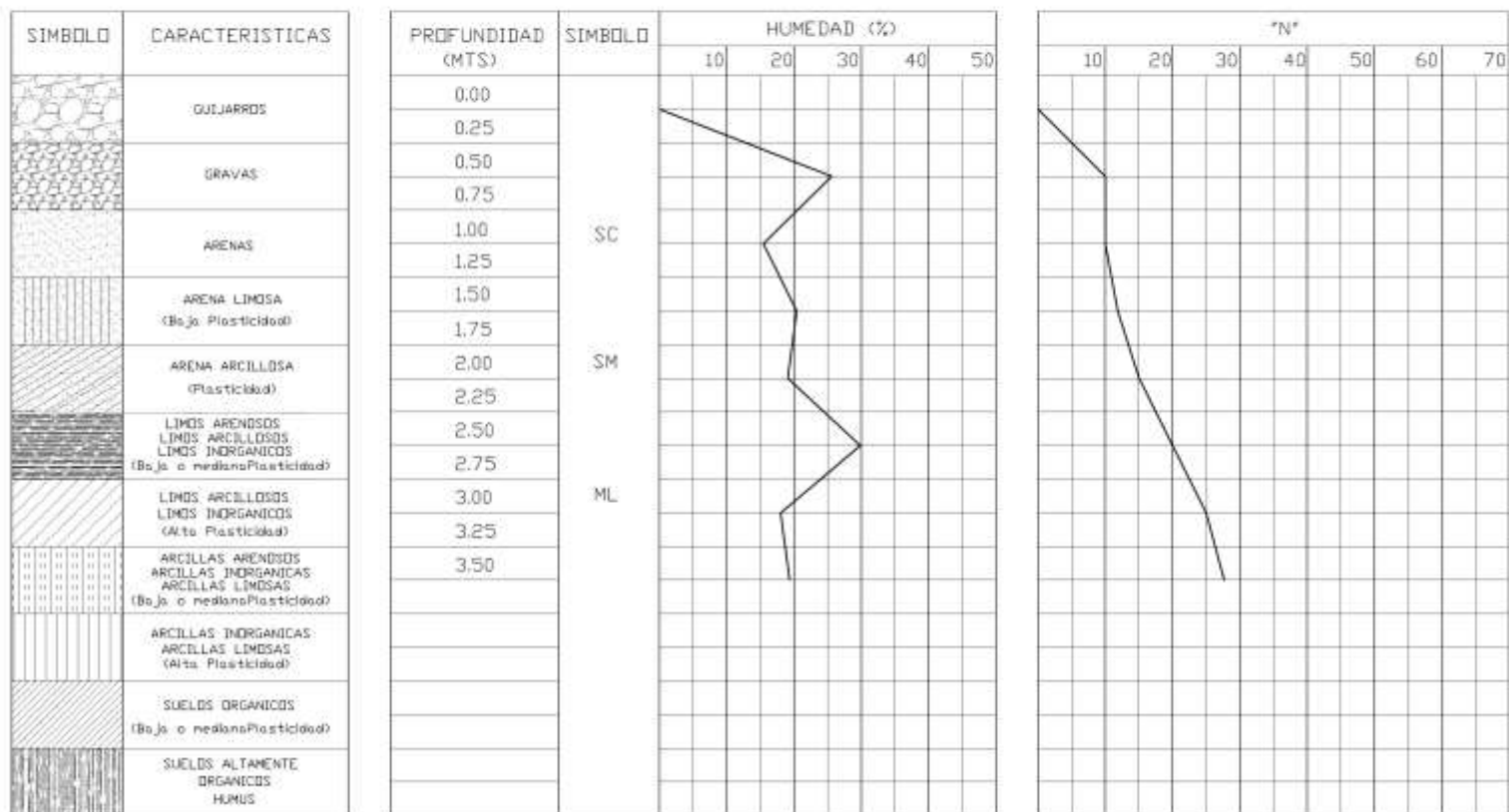


GRAFICO No 4.11  
 COLONIA JARDINES DEL RIO

Curva de Humedad del Suelo y # de Golpes "N" del Sondeo No 2, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

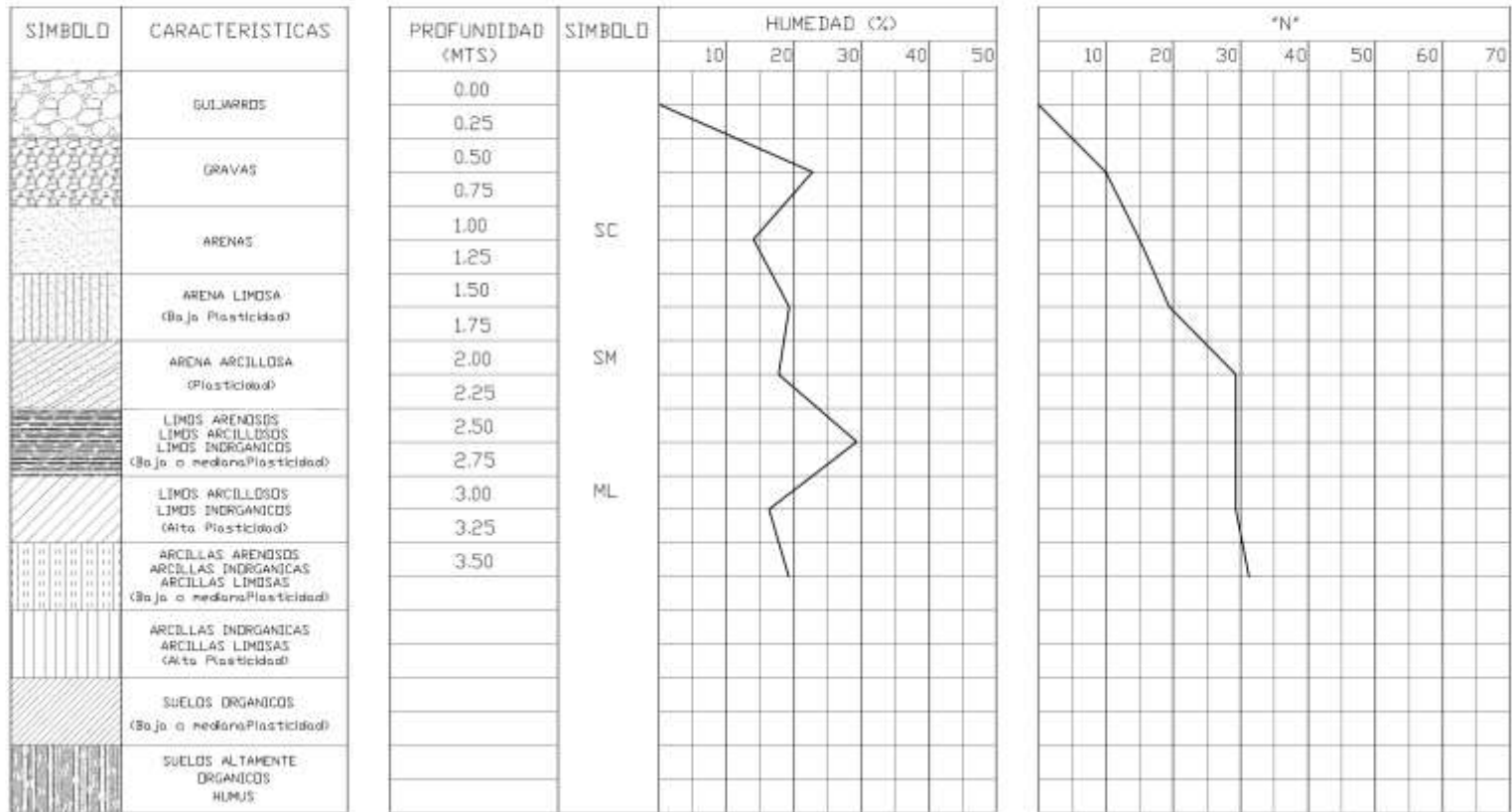


GRAFICO No 4.12  
COLONIA CARRILLO I

Curva de Humedad del Suelo y # de Golpes "N" del Sondeo No 1, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.

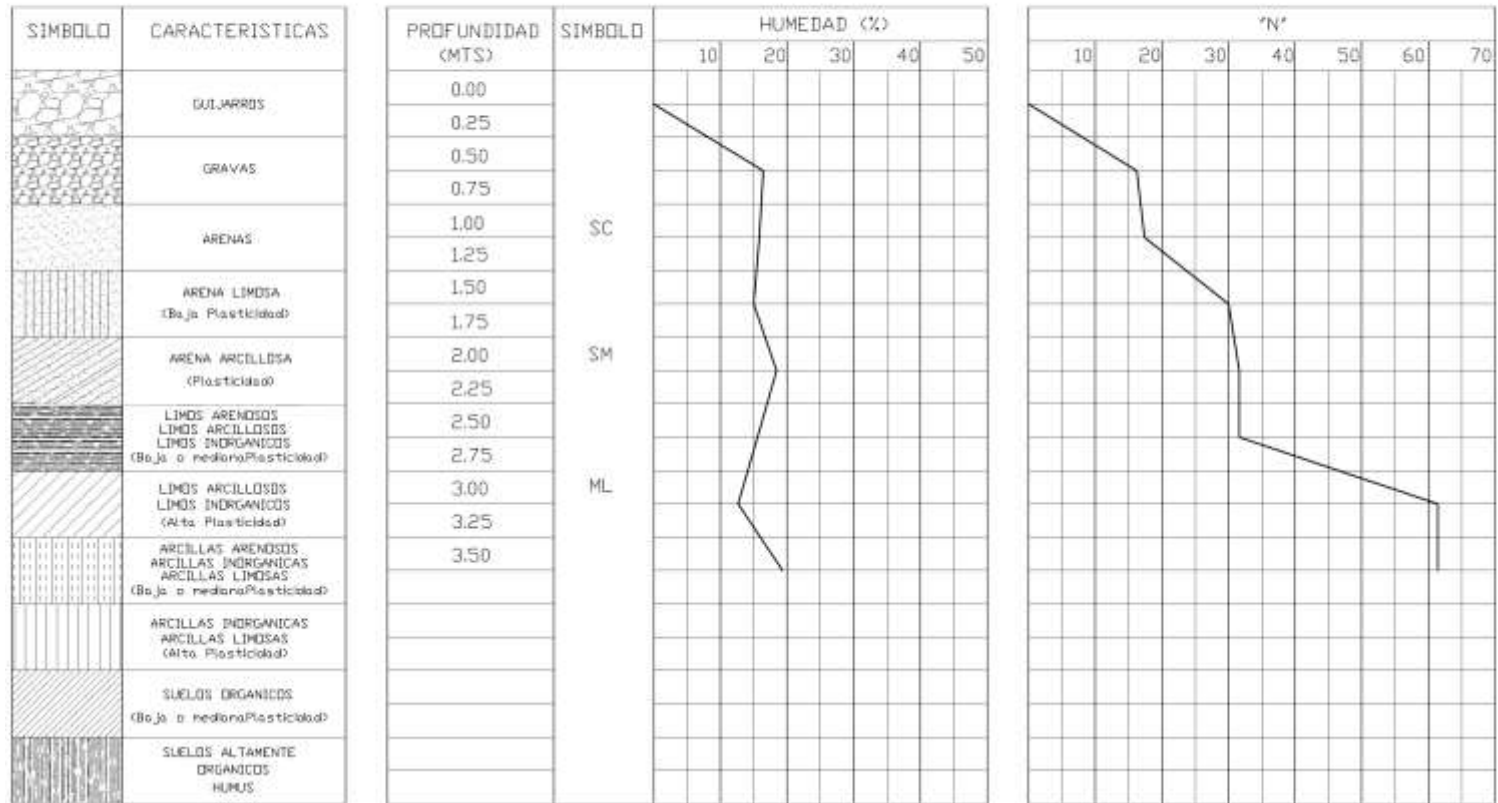
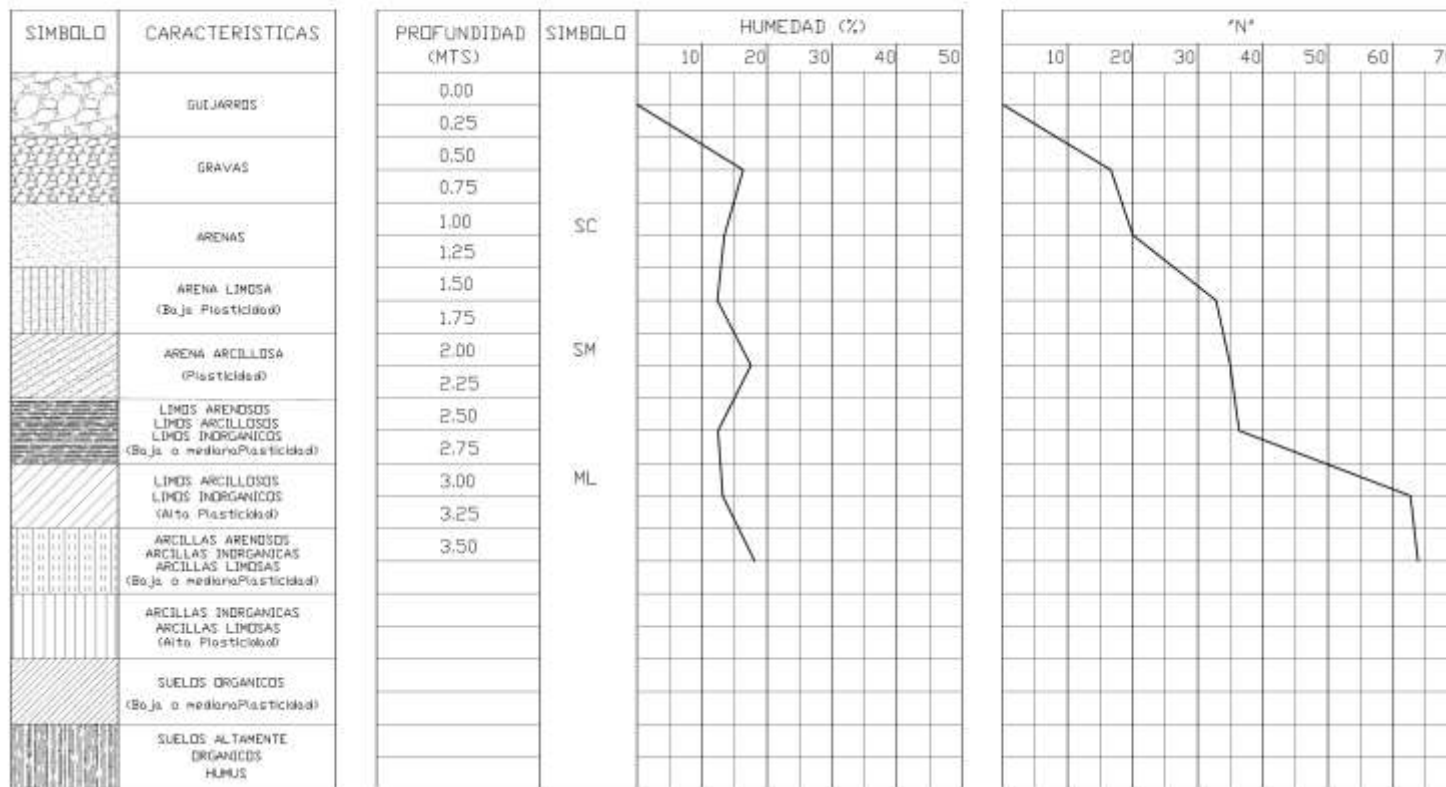


GRAFICO No 4.13  
 COLONIA CARRILLO I

Curva de Humedad del Suelo y # de Golpes "N" del Sondeo No 2, Profundidad de (0.0 - 3.50) mts.



**Cuadro N° 4.26:** Calculo del Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ” “Se realiza a partir de la Gráfica N° 4.7”

COLONIA DOLORES	Profundidad (mts)	Numero de golpes “N”	Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ”
Sondeo N° 1	0.50	14	30.8°
	1.00	15	30.9°
	1.50	23	32.5°
	2.00	23	32.5°
	2.50	23	32.5°
	3.00	24	32.7°
	3.50	25	32.9°
Sondeo N° 2	0.50	15	30.9°
	1.00	17	31.3°
	1.50	25	32.9°
	2.00	26	33.1°
	2.50	27	33.3°
	3.00	28	33.5°
	3.50	30	33.9°

**Nota:** para fines de Diseño, el ángulo de fricción interna que se tomara será un promedio de los datos obtenido anteriormente que es de:

$$\phi = \frac{\sum \phi_n}{n} = \frac{453.70}{14} = 32.41^\circ \quad \rightarrow \quad \phi = 32.41^\circ$$

**Cuadro N° 4.27:** Calculo del Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ” “Se realiza a partir de la Gráfica N° 4.7”

COLONIA JARDINES DEL RÍO	Profundidad (mts)	Numero de golpes “N”	Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ”
Sondeo N° 1	0.50	10	29.1°
	1.00	10	29.1°
	1.50	12	30.1°
	2.00	15	30.9°
	2.50	20	31.9°
	3.00	25	31.9°
	3.50	27	32.3°
Sondeo N° 2	0.50	10	29.1°
	1.00	15	29.1°
	1.50	19	31.9°
	2.00	29	33.8°
	2.50	29	33.8°
	3.00	29	33.8°
	3.50	31	34.1°

**Nota:** para fines de Diseño, el ángulo de fricción interna que se tomara será un promedio de los datos obtenido anteriormente que es de:

$$\phi = \frac{\sum \phi_n}{n} = \frac{440.90}{14} = 31.49^\circ \rightarrow \phi = 31.49^\circ$$



**Cuadro N° 4.28:** Calculo del Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ” “Se realiza a partir de la Gráfica N° 4.7”

COLONIA CARRILLO I	Profundidad (mts)	Numero de golpes “N”	Angulo de Fricción Interna “ $\phi$ ”
Sondeo N° 1	0.50	16	31.1°
	1.00	17	31.3°
	1.50	30	33.9°
	2.00	32	34.2°
	2.50	32	34.2°
	3.00	61	38.1°
	3.50	61	38.1°
Sondeo N° 2	0.50	16	31.1°
	1.00	20	31.9°
	1.50	33	34.3°
	2.00	35	34.4°
	2.50	36	34.5°
	3.00	63	38.2°
	3.50	64	38.3°

**Nota:** para fines de Diseño, el ángulo de fricción interna que se tomara será un promedio de los datos obtenido anteriormente que es de:

$$\phi = \frac{\sum \phi_n}{n} = \frac{483.60}{14} = 34.54^\circ \rightarrow \phi = 34.54^\circ$$

**Cuadro N° 4.29:** Calculo de la Capacidad de Carga del Suelo.

<b>COLONIA DOLORES</b>	<b>Profundidad (mts)</b>	<b>Numero de golpes N</b>	<b>Capacidad de Carga (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Sondeo N° 1</b>	0.50	14	<b>1.4</b>
	1.00	15	<b>1.5</b>
	1.50	23	<b>2.3</b>
	2.00	23	<b>2.3</b>
	2.50	23	<b>2.3</b>
	3.00	24	<b>2.4</b>
	3.50	25	<b>2.5</b>
<b>Sondeo N° 2</b>	0.50	15	<b>1.5</b>
	1.00	17	<b>1.7</b>
	1.50	25	<b>2.5</b>
	2.00	26	<b>2.6</b>
	2.50	27	<b>2.7</b>
	3.00	28	<b>2.8</b>
	3.50	30	<b>3.0</b>

**Nota:** para fines de Diseño, la Capacidad de Carga del Suelo para la Colonia Dolores, se tomara el menor resultado que se obtuvo de los dos sondeos a una profundidad de 3.50 mts, el cual es de: 2.50 kg/cm<sup>2</sup>

**qu = 2.50 kg/cm<sup>2</sup>**

**Cuadro N° 4.30:** Calculo de la Capacidad de Carga del Suelo.

COLONIA JARDINES DEL RÍO	Profundidad (mts)	Numero de golpes N	Capacidad de Carga (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Sondeo N° 1</b>	0.50	10	<b>1.0</b>
	1.00	10	<b>1.0</b>
	1.50	12	<b>1.2</b>
	2.00	15	<b>1.5</b>
	2.50	20	<b>2.0</b>
	3.00	25	<b>2.5</b>
	3.50	27	<b>2.7</b>
<b>Sondeo N° 2</b>	0.50	10	<b>1.0</b>
	1.00	15	<b>1.5</b>
	1.50	19	<b>1.9</b>
	2.00	29	<b>2.9</b>
	2.50	29	<b>2.9</b>
	3.00	29	<b>2.9</b>
	3.50	31	<b>3.1</b>

**Nota:** para fines de Diseño, la Capacidad de Carga del Suelo para la Colonia Jardines del Río, se tomara el menor resultado que se obtuvo de los dos sondeos a una profundidad de 3.50 mts, el cual es de: 2.70 kg/cm<sup>2</sup>

**qu = 2.70 kg/cm<sup>2</sup>**

**Cuadro N° 4.31:** Calculo de la Capacidad de Carga del Suelo.

<b>COLONIA CARRILLO I</b>	<b>Profundidad (mts)</b>	<b>Numero de golpes N</b>	<b>Capacidad de Carga (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Sondeo N° 1</b>	0.50	16	<b>1.6</b>
	1.00	17	<b>1.7</b>
	1.50	30	<b>3.0</b>
	2.00	32	<b>3.2</b>
	2.50	32	<b>3.2</b>
	3.00	61	<b>6.1</b>
	3.50	61	<b>6.1</b>
<b>Sondeo N° 2</b>	0.50	16	<b>1.6</b>
	1.00	20	<b>2.0</b>
	1.50	33	<b>3.3</b>
	2.00	35	<b>3.5</b>
	2.50	36	<b>3.6</b>
	3.00	63	<b>6.3</b>
	3.50	64	<b>6.4</b>

**Nota:** para fines de Diseño, la Capacidad de Carga del Suelo para la Colonia Carrillo I, se tomara el menor resultado que se obtuvo de los dos sondeos a una profundidad de 3.50 mts, el cual es de: 6.10 kg/cm<sup>2</sup>

**qu = 6.10 kg/cm<sup>2</sup>**

## **Análisis e Interpretación de Resultados.**

Según las condiciones naturales en la que se encuentra el suelo del área de estudio, se pudo constatar superficialmente la característica del suelo, ya que para las Colonias: Dolores, Jardines del Río y Carrillo I, se consideran zonas de alto riesgo debido al desbordamiento del Río Grande de San Miguel. Que para fines de Diseño de Obras Civiles se realizaron pruebas de laboratorio para poder obtener parámetros indicadores que nos permitan conocer como está compuesto dicho suelo según las propiedades mecánicas del mismo, que para ello se tuvo que realizar la prueba de Penetración Estándar mas conocida como SPT en la cual se realizaron 2 sondeos por cada colonia a una profundidad de 3.50 mts, para lo cual se extrajeron muestras alteradas que fueron analizadas en Laboratorio según las normas establecidas por la ASTM. Que a continuación se describe:

### **Contenidos de Humedad.**

El contenido de Humedad natural del suelo obtenido en cada sondeo se puede ver en los cuadros N° 4.17, 4.18 y 4.19. Los valores máximos de humedad para la Colonia Dolores son; **31.39%** y **33.90%** que se encuentran a 1.0 mt., de profundidad para el sondeo N° 1 y N° 2 respectivamente, Colonia Jardines del Río son; **29.91%** y **29.87%** que se encuentran a 2.50 mts., de profundidad para el sondeo N° 1 y N° 2 respectivamente, Colonia Carrillo I son; **19.29%** y **17.88%** que se encuentran a 3.50 mts., de profundidad para el sondeo N° 1 y N° 2 respectivamente. También pueden verse los valores mínimos de humedad para la Colonia Dolores son; **14.91%** y **15.71%** que se encuentran a 3.0 mts., de profundidad para el sondeo N° 1 y N° 2 respectivamente, Colonia Jardines del Río son; **15.36%** y **14.51%** que se encuentran a 1.0 mts., de profundidad para el sondeo N° 1 y N° 2 respectivamente, Colonia Carrillo I son; **13.14%** a 3.0 mts., y **13.44%** a 1.50 mts., de profundidad para el sondeo N° 1 y N° 2 respectivamente.

Además los datos obtenidos del contenido de humedad se representan en las graficas de contenido de humedad que se presenta en los gráficos N° 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13. Para cada sondeo de cada colonia.

### **Granulometría.**

Este se realiza por el método mecánico para cada muestra a lo largo de cada sondeo. Los resultados se muestran en los cuadros N° 4.20, 4.21 y 4.22, para las Colonias (Dolores, Jardines del Río y Carrillo I) respectivamente cada uno con su correspondiente grafica de granulometría que están representadas en las Graficas N° 4.1 y 4.2, para la Colonia Dolores, Graficas N° 4.3 y 4.4, para la Colonia Jardines del Río y las Graficas N° 4.5 y 4.6, para la Colonia Carrillo I. y de acuerdo los resultados obtenido de las graficas se determino que mas del 50% del suelo esta compuesto por Finos.

### **Ángulo de Fricción Interna “ $\phi$ ”**

El ángulo de fricción interna se obtuvo de la grafica N° 4.7, y los resultados se presentan en los cuadros N° 4.26, 4.27 y 4.28, que para fines de Diseño se obtuvo un ángulo de fricción interna promedio de;  $\phi = 32.41^\circ$  para la Colonia Dolores,  $\phi = 31.49^\circ$  para la Colonia Jardines del Río,  $\phi = 34.54^\circ$  para la Colonia Carrillo I. Que para todas las Colonias la cohesión equivale a  $C = 0$ .

### **Resistencia a la Penetración.**

La resistencia del suelo se calculo de acuerdo al número de golpes obtenidos de la SPT del sondeo de cada colonia y los resultados se presentan en los cuadros N° 4.29, 4.30 y 4.31, para las Colonias (Dolores, Jardines del Río y Carrillo I) respectivamente. Y que para fines de Diseño se tomo el menor valor obtenido para una profundidad de 3.50 mts. El cual es  $qu = 2.50 \text{ kg/cm}^2$  para la Colonia Dolores,  $qu = 2.70 \text{ kg/cm}^2$  para la Colonia Jardines del Río,  $qu = 6.10 \text{ kg/cm}^2$  para la Colonia Carrillo I.

## 4.5 Estudios Hidrológicos.

### Propósito de los Estudios Hidrológicos.

La Ingeniería Hidrológica tiene como objetivo el desarrollo de proyectos que permitan, la construcción de obras que Hidráulicamente proporcionen alta funcionalidad al menor costo. Por lo tanto, al proyectar una obra Hidráulica de gran envergadura, se requiere de la estimación del caudal en avenidas máximas extraordinarias, que llegaran a dicha estructura en un período determinado, principalmente con el objeto de determinar el nivel de aguas que pueda alcanzar dicha avenida.

Además de los métodos ya descritos en el Capítulo III, (empíricos, estadísticos e hidrometeorológicos), existen también métodos de campo para estimar el caudal, en los cuales se aprovechan estrechamientos, cambios de pendiente, etc.

**Cuadro N° 4.32:** Determinación de caudales de diseño, basándose en el tamaño de la cuenca.

**Fuente:** Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays

Método	Área de la Cuenca (Km <sup>2</sup> )
Método Racional.	0.01 - 2.00
Hidrograma Unitario.	2.00 – 5,000.0
Hidrograma Unitario Triangular Equivalente.	2.00 – 5,000.0
Método de las Isócronas.	2.00 – 5,000.0

El tamaño de las cuencas puede variar dependiendo del área drenada, podríamos estar en presencia de *pequeñas cuencas*, *cuencas medianas* y *grandes cuencas*.

Dependiendo del tamaño, los métodos de análisis varían (ver Cuadro N° 4.32). También es importante definir si estamos en presencia de un drenaje Urbano o Rural.

No todos los métodos son aplicables indistintamente, los métodos para *cuencas pequeñas* no son aplicables a *grandes cuencas*.

Y los métodos para *grandes cuencas* se pueden aplicar para *cuencas pequeñas* pero no compiten en facilidad de aplicación con los métodos de estas últimas.

El método aceptado para estimar caudales máximos en *pequeñas cuencas* es el *Método Racional*, por lo tanto este método no debe usarse para cuencas de área mayor a 2 km<sup>2</sup>.

La intensidad de la lluvia se estima para una duración igual al tiempo de concentración el cual es un parámetro Hidrológico de la cuenca.

Esté método es ampliamente utilizado en drenaje urbano.

Que para el caso de nuestro estudio la cuenca no se puede analizar por ninguno de estos métodos (Racional, Hidrograma Unitario, Hidrograma Unitario Triangular), anteriormente descritos, ya que no cumplen según el método establecido.

Para nuestro análisis Hidrológico, se aplicara el método las *Isócronas*, ya que es el que se usa en las *cuencas grandes*, ya que las Subcuencas tienen un área de Captación de; 1,061.995 km<sup>2</sup> y 932.99 km<sup>2</sup>.



#### 4. 6 Memoria de Cálculo del Estudio Hidrológico.

##### Área y Perímetro de la Cuenca.

El área de la cuenca se determinó por medio de una línea imaginaria llamada parteaguas; el procedimiento que se utilizó el método utilizado para obtener la lectura del área, perímetro, longitudes de curvas de nivel, así como áreas entre curvas de nivel de la cuenca, fue el de digitalizar la cuenca con el programa *Scan Suite* y posteriormente exportar la imagen al programa *Autodesk Land Desktop 2005* para el respectivo tratamiento de los datos.

Para el análisis de la cuenca del Río Grande de San Miguel, se dispuso de unos cuadrantes topográficos (2557 III, 2557 II, 2657 III, 2556 IV, 2556 I, 2656 IV, 2556 III, 2556 II, 2656 III, 2555 IV, 2555 I, 2656 II), en una escala de 1:25,000.

Los datos obtenidos hasta el primer punto (**Colonia Dolores**) son:

Área de la cuenca  $A_c = 932.99 \text{ Km}^2$

Perímetro de la cuenca  $P_c = 144.231 \text{ Km}$ .

Los datos obtenidos hasta el segundo punto (**Colonias Jardines del Río y Carrillo I**) son:

Área de la cuenca  $A_c = 1061.995 \text{ Km}^2$

Perímetro de la cuenca  $P_c = 146.131 \text{ Km}$ .

### **Longitud del Cauce Más Largo.**

El cual comienza inicialmente como Río el Zunzapote, Río Seco, Río Yoloaiquin, Río San Francisco, Río Seco, Río San Antonio Chávez, Río el Guayabal en la porción Norte en la zona mas alta de la cuenca, hasta llegar al Río Grande, (Ver Plano N° 4.3 en Anexo 6).

Longitud del cauce mas largo (Dolores)  $L_c = 56.38 \text{ Km.}$

Longitud del cauce mas largo (Jardines del Río y Carrillo)  $L_c = 65.09 \text{ Km.}$

### **Longitud de las Curvas de Nivel.**

Haciendo uso nuevamente del programa *Autodesk Land Desktop 2005*, después de la digitalización de los cuadrantes, se procedió a la determinación de las longitudes de las curvas de nivel, de acuerdo al intervalo de curvas (Ver Plano N° 4.3 en Anexo 6), el cual se obtendrá con la ecuación (4.1)

#### **Dolores.**

$$D = \frac{(H \text{ max} - H \text{ min})}{6} \quad (4.1)$$

$$D = \frac{(1,150.00 - 93.00)}{6} = 176.17.00 \text{ mt.}$$

#### **Jardines del Río y Carrillo.**

$$D = \frac{(H \text{ max} - H \text{ min})}{6}$$
$$D = \frac{(1,150.00 - 80.00)}{6} = 178.33 \text{ mt.}$$

Por lo que se midieron las curvas de nivel a intervalos de 200 mts, a partir de la cota menor (Ver Plano N° 4.3 en Anexo 6).

**Cuadro N°: 4.33:** Datos de las curvas de nivel a intervalos de 200 mts.

**(Colonia Dolores)**

<b>Longitud de Curvas de Nivel</b>	
No. de Curva	Longitud (Km.)
93 – 200	35.76
200 – 400	14.45
400 – 600	2.46
600 – 800	1.16
800 – 1000	1.66
1000 – 1150	0.89

**(Colonias Jardines del Río y Carrillo)**

<b>Longitud de Curvas de Nivel</b>	
No. de Curva	Longitud (Km.)
80 – 200	44.47
200 – 400	14.45
400 – 600	2.46
600 – 800	1.16
800 – 1000	1.66
1000 – 1150	0.89

**Elevación Media de la Cuenca.**

**Semisuma de Elevaciones (PRIMER MÉTODO)**

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 (4.2)

**(Colonia Dolores)**

$$Em = \frac{(H \text{ max} + H \text{ min})}{2} \quad (4.2)$$

$$Em = \frac{(1,150.00 + 93.00)}{2} = \mathbf{621.50 \text{ msnm}}$$

**(Colonias Jardines del Río y Carrillo)**

$$Em = \frac{(H \text{ max} + H \text{ min})}{2}$$

$$Em = \frac{(1,150.00 + 80.00)}{2} = \mathbf{615.00 \text{ msnm}}$$

**Curva Hipsométrica (SEGUNDO MÉTODO)**

Con un intervalo entre curvas de nivel a cada 200 metros, se obtuvieron los siguientes datos (Ver Plano N° 4.3 en Anexo 6):

**Cuadro N°: 4.34:** Tabulación para la Curva Hipsométrica.

**(Colonia Dolores)**

Elevaciones (mts)	Área entre curvas (km <sup>2</sup> )	% Área	% Área acumulada
1150 – 1000	20.33	1.67	1.67
1000 – 800	35.56	3.36	5.03
800 – 600	50.12	4.97	10.00
600 – 400	123.42	13.11	23.11
400 – 200	407.71	44.65	67.76
200 – 93	295.85	32.24	100
Σ	<b>932.99</b>	100.00	

**(Colonias Jardines del Río y Carrillo)**

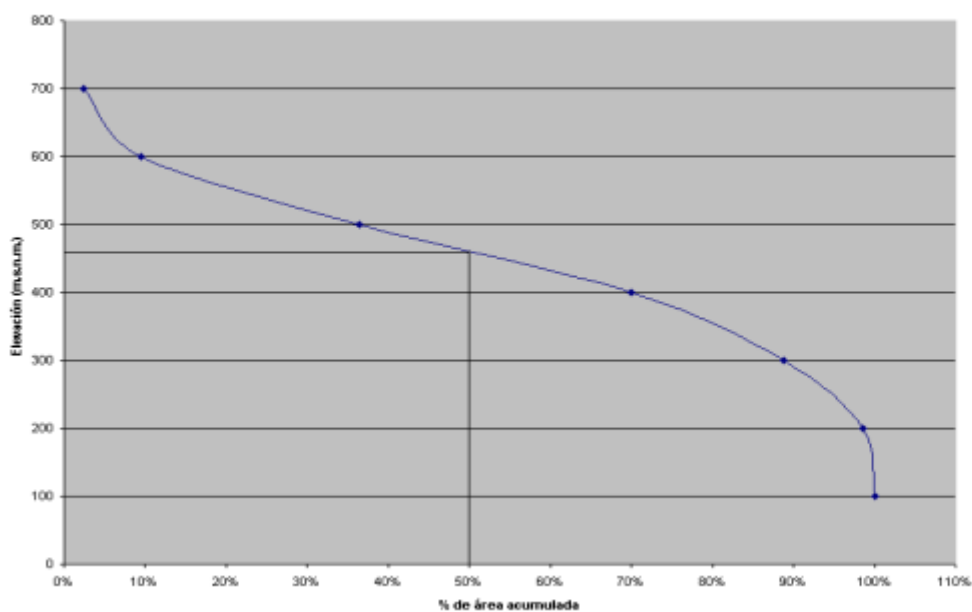
Elevaciones (mts)	Área entre curvas (km2)	% Área	% Área acumulada
1150 – 1000	20.33	1.54	1.54
1000 – 800	35.56	3.10	4.64
800- 600	50.12	4.58	9.22
600 – 400	123.42	12.10	21.32
400 – 200	407.71	41.20	62.52
200 – 80	424.85	37.48	100
$\Sigma$	<b>1,061.99</b>	100.00	

Luego se graficó las elevaciones versus el porcentaje de área acumulada (ver Gráfico N° 4.14). 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 en la **Colonia Dolores** es de **460.30 msnm**. Y para las Colonias **Jardines del Río y Carrillo** es de **461.03 msnm**.

**Gráfico N° 4.14: Curva Hipsométrica.**

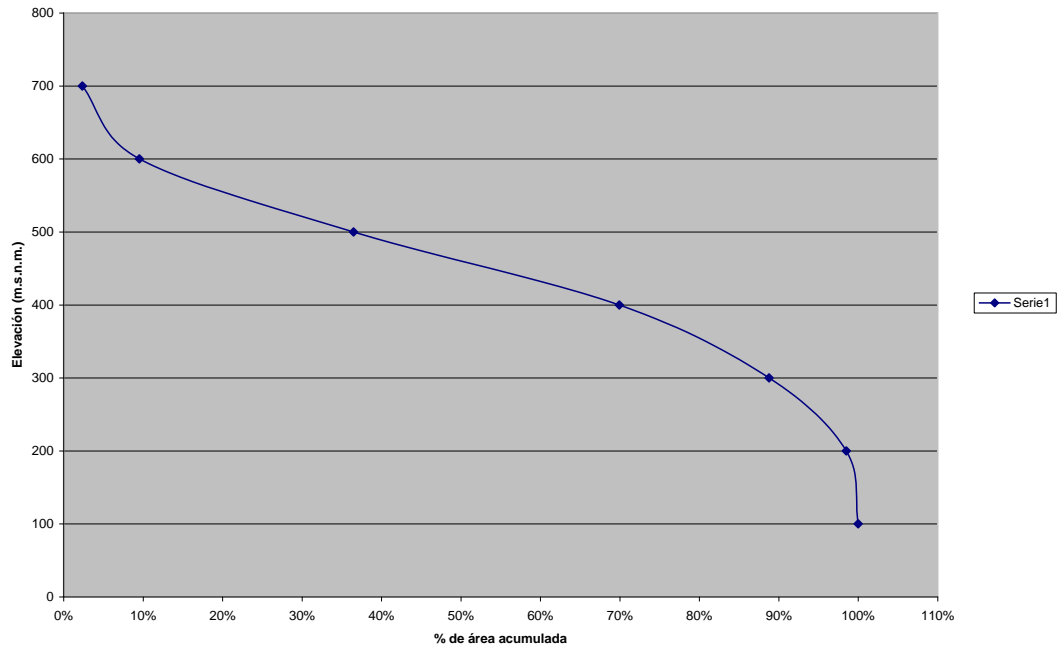
**Colonia Dolores**

GRAFICA No 4.14: CURVA HIPSONOMETRICA



## Colonias; Jardines del Río y Carrillo I.

GRAFICA No 4.15: CURVA HIPSOMETRICA



### Método Analítico (TERCER MÉTODO)

La determinación de la elevación media a través de este método (Ver Plano N° 4.3 en Anexo 6), se basa en la ecuación (4.3):

$$Em = \frac{\sum (A.em)}{Ac} \quad (4.3)$$

Donde:

Em : Elevación media de la cuenca

A : Área entre dos curvas de nivel (Km<sup>2</sup>)

em : Elevación media entre dos curvas de nivel sucesivas (mts)

Ac : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

**Cuadro N° 4.35:** Tabulación para la determinación de Em.

**(Colonia Dolores)**

Elevaciones (mts)	Área Entre Curvas (Km2)	Elevación Media (em)	(A.em)
1150 – 1000	20.33	1075	21854.75
1000 – 800	35.56	900	32004.00
800 – 600	50.12	700	35084.00
600 – 400	123.42	500	61710.00
400 – 200	407.71	300	122313.00
200 – 93	295.85	146.50	43342.02
<b>Σ</b>	<b>932.99</b>		<b>316,307.77</b>

$$Em = \frac{316,607.77}{932.99} = 339.03 \text{ msnm.}$$

**(Colonias Jardines del Río y Carrillo)**

Elevaciones (mts)	Área Entre Curvas (Km2)	Elevación Media (em)	(A.em)
1150 – 1000	20.33	1075.00	21854.75
1000 – 800	35.56	900.00	32004.00
800 – 600	50.12	700.00	35084.00
600 – 400	123.42	500.00	61710.00
400 – 200	407.71	300.00	122313.00
200 – 93	424.85	140.00	59479.00
<b>Σ</b>	<b>1,061.99</b>		<b>332,444.8</b>

$$Em = \frac{332,444.8}{1,061.99} = 313.04 \text{ msnm}$$

Existe una diferencia entre los resultados obtenidos por el segundo y el tercer método; esto se debe a que en el segundo método las curvas utilizadas fueron las de cota redonda, y por el tercer método se usó el valor medio de las curvas de nivel; creando distorsión en el valor final.

## Calculo de la Pendiente Media.

➡ El método de Hortón, según lo refiere Viessman

### 1. Medida de la Pendiente en Sentido Vertical

Aplicamos la siguiente fórmula: 
$$P = 1.5 \times \left( \frac{n \cdot e}{\sum l} \right) \quad (4.4)$$

#### Donde:

n = número de intersecciones

e = equidistancia entre curvas de nivel (metros)

$\sum l$  = suma de las longitudes de las verticales u horizontales de la Cuadrícula (metros).

(Ver Plano N° 4.4, Plano N° 4.5 y Plano N° 4.6 en Anexo 6)

$$P_{mv} = 1.5 (209 \times 200) / 522,599.52 = 0.12$$

### 2. Medida de la Pendiente en Sentido Horizontal

(Ver Plano N° 4.4, Plano N° 4.5 y Plano N° 4.6 en Anexo 6)

$$P_{mh} = 1.5 (259 \times 200) / 514,730.01 = 0.10$$

### 3. Cálculo de la pendiente de la cuenca

$$P_m = (P_{mv} + P_{mh}) / 2 \quad (4.5)$$

$$P_m = (0.12 + 0.1) / 2 = 0.11$$



## Características Físicas De Comparación.

### Coeficiente De Compacidad.

Tal como se definió anteriormente, el coeficiente de compacidad determina la forma de la cuenca; entre mas se acerque su valor a 1 mas forma circular tendrá la cuenca y entre mas se aleje a ese valor mas forma irregular tendrá. El valor se determina relacionando el perímetro de la cuenca entre el perímetro de un círculo que contenga el área total de la cuenca, tal como se muestra a continuación:

Área de la cuenca	<b>A<sub>c</sub></b> = 1,061.995 Km <sup>2</sup>
Perímetro de la cuenca	<b>P<sub>c</sub></b> = 146.131 Km.

$$K_c = \frac{(P_c)(0.28)}{\sqrt{A_c}}$$

Donde:

K<sub>c</sub> : Coeficiente de compacidad

P<sub>c</sub> : Perímetro de la cuenca (Km.)

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

Si K<sub>c</sub> = 1: La cuenca es redonda

Si K<sub>c</sub> > 1: La cuenca es ovalada

$$K_c = \frac{(146.131 \text{ Km})(0.2821)}{\sqrt{(1061.995 \text{ Km}^2)}} = K_c = 1.26$$

El valor obtenido constata la forma Irregular.

### **Factor De Forma.**

El factor de forma relaciona la longitud del eje central de la cuenca (65.09 Km.), con el ancho medio (34.09 Km.), y se obtiene por medio de la ecuación.

$$Kf = \frac{L_m}{L_e}$$

Donde:

$K_f$ : Coeficiente de forma (adimensional)

$L_m$ : Ancho medio (Km.)

$L_e$ : Longitud del eje central (Km.)

$$Kf = \frac{(34.09 Km)}{(65.093 Km.)} \quad Kf = 0.52$$

El valor del factor de forma encontrado teóricamente se debería comparar con el valor del factor de forma de otra cuenca que tuviera características físicas semejantes a la analizada y de esta manera clasificar la que mayor drenaje posea; sin embargo al no contar con otra cuenca dicho análisis se obviara en el estudio.

### **Periodo De Retorno.**

Supóngase que por definición un evento extremo ocurre si una variable aleatoria  $X$  es mayor o igual a un caudal máximo  $X_t$ . El intervalo de ocurrencia  $t$  es el tiempo de ocurrencia de  $X > X_t$ , por ejemplo, el cuadro N° 4.36, muestra el registro de caudales máximos de la del Río Grande, desde los años de 1970 a 1978, que son los datos obtenidos del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

**Determinado en base a Métodos Estadísticos:**

**Cuadro No 4.36:** Caudales Máximos del Río Grande de San Miguel.

AÑO	CAUDAL (mt3/seg.)
1970	866
1971	734
1972	490
1973	1148
1974	685
1975	1079.12
1977	578.91
1978	496.35

La magnitud  $X_t$  de un evento hidrológico extremo puede representarse como la media  $m$ , mas una desviación  $\Delta X_t$  de la variable respecto a la media así:

$$X_t = \mu + \Delta X_t \quad (4.6)$$

Esta desviación respecto a la media puede igualarse al producto de la desviación estándar “S” y el factor de frecuencia “Kt”, es decir:

$$\Delta X_t = K_t.S \quad (4.7)$$

Sustituyendo la ecuación 4.7 en la ecuación 4.6 se obtiene en forma aproximada:

$$X_t = X + K_t.S \quad (4.8)$$

Para el factor de frecuencia Chow dedujo la siguiente expresión:

$$K_t = 0.7796(0.5772 + \ln(\ln(T / T - 1))) \quad (4.9)$$

**Cuadro No 4.37:** Calculo de las Estadísticas de los Registros de Caudal.

AÑO	CAUDAL (mt3/seg.)	(Xi-X)2
1970	866	11305.53726
1971	734	659.0772563
1972	490	72723.25726
1973	1148	150798.2473
1974	685	5575.982256
1975	1079.12	102046.7053
1977	578.91	32675.08141
1978	496.35	69338.73901
	6077.38	445122.627

Para encontrar un periodo de retorno adecuado para el diseño de la obra de paso en base a los datos de registro, se hacen varios cálculos hasta obtener un periodo de retorno T que sea aproximado a 1148.00 mt3/seg.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} \quad (4.10)$$

$$X = \frac{6077.38 \text{ mt}^3 / \text{seg.}}{8} = 759.67 \text{ mts}^3 / \text{seg.}$$

$$S^2 = \frac{\sum (Xi - X)^2}{(n-1)} \quad (4.11)$$

$$S^2 = \frac{445122.63}{7} = 252.168489 \text{ mts}^3 / \text{seg}$$

$$Kt = 0.7796(0.5772 + \ln(\ln(25 / (25 - 1)))$$

**Periodos De Retorno Para Diferentes Caudales**

$$Xt = X + (Kt.S)$$

AÑO	Kt
10	1.304401248
15	1.634472011
20	1.865579096
25	2.04359219
30	2.188410867
35	2.310492182
40	2.416017242
45	2.508945443
50	2.591966258

AÑO	Xt
10	1088.60
15	1171.83
20	1230.11
25	1275.00
30	1311.52
35	1342.31
40	1368.92
45	1392.35
50	1413.28

Para la obtención 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 N°. 4.38.

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

De acuerdo con el método estadístico el periodo de retorno que se debería seleccionar es de 15 años, y de acuerdo con la tabla de criterios generalizados para estructuras de control de agua, el período de retorno a seleccionar debe estar en un rango de 50 – 200 años. Para nuestro estudio se tomará un período retorno de 25 años.

### **Tiempo De Concentración.**

Una vez encontrado el área de la cuenca, la longitud del cauce más largo y la elevación media; se puede encontrar el tiempo de concentración por medio de la ecuación.

Los datos obtenidos hasta el primer punto (**Colonia Dolores**) son:

Área de la cuenca	<b>Ac</b> = 932.993 Km <sup>2</sup>
Longitud del cauce mas largo	<b>Lc</b> = 56.384 Km.
	<b>Em</b> = 329.70 msnm

### **Método de Giandotti**

$$T_c = \frac{\sqrt{Ac} + 1.5Lc}{(0.85)\sqrt{Hm}} \times 60 \text{ min}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración de la cuenca (min.)

Ac: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Lc: longitud del cauce más largo (km.)

Hm: elevación media de la cuenca definida por la semisuma máxima y mínima (mts.)

Sustituyendo los datos tenemos:

$$T_c = \frac{\sqrt{(932.99 \text{ Km}^2) + 1.5(56.384 \text{ Km})}}{(0.85)\sqrt{329.70 \text{ mt}}} \times 60 \text{ min} = 7.0 \text{ horas}$$

$$T_c = 447.53 \text{ minutos}$$

### Ecuación de California

$$T_c = \left( \frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

$T_c$ : Tiempo de concentración, en horas

$L$ : Longitud del cauce más largo, en km

$H$ : Elevación máxima, en metros

Sustituyendo Datos tenemos:

$$T_c = \left( \frac{0.87(56.38)^3}{1150} \right)^{0.385} = 6.84 \text{ horas}$$

$$T_c = 410.34 \text{ minutos.}$$

Los datos obtenidos hasta el segundo punto (**Colonia Jardines del Río y Carrillo**) son:

Área de la cuenca

$$A_c = 1061.995 \text{ Km}^2$$

Longitud del cauce mas largo (Jardines del Río y Carrillo)

$$L_c = 65.093 \text{ Km.}$$

$$E_m = 313.10 \text{ msnm}$$

### Método de Giandotti

$$T_c = \frac{\sqrt{Ac} + 1.5Lc}{(0.85)\sqrt{Hm}} \times 60 \text{ min}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración de la cuenca (min.)

Ac: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Lc: longitud del cauce más largo (km.)

Hm: elevación media de la cuenca definida por la semisuma máxima y mínima (mts.)

Sustituyendo los datos tenemos:

$$T_c = \frac{\sqrt{(1061.99 \text{ Km}^2) + 1.5(65.09 \text{ Km})}}{(0.85)\sqrt{313.10 \text{ mt}}} \times 60 \text{ min} = 8.66 \text{ horas}$$

$$\mathbf{T_c = 519.50 \text{ minutos}}$$

### Ecuación de California

$$T_c = \left( \frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas

L: Longitud del cauce más largo, en km

Emáx.: Elevación máxima, en metros

Sustituyendo Datos tenemos:

$$T_c = \left( \frac{0.87(65.09)^3}{1150} \right)^{0.385} = 8.04 \text{ horas} \quad \mathbf{T_c = 482.13 \text{ minutos.}}$$



### **Intensidad De Diseño.**

Para determinar la intensidad de diseño se obtuvo la información de la precipitación de la estación meteorológica de M – 6, ubicada en Papalón. (Ver Cuadro N° 4.39). Teniendo los registros de intensidad de lluvia para una duración determinada como un tiempo de concentración (Colonia Dolores  $T_c = 410.34$  min. Y Colonias Jardines del Río y Carrillo  $T_c = 482.13$  min.), y un periodo de retorno de 10, 25 y 50 años, se realiza el proceso siguiente:

- Se toman valores de intensidades máximas anuales de lluvia de las estaciones pluviográficas, 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 menor a mayor)
- Calcular la probabilidad de ocurrencia en porcentaje a partir de la ecuación (4.12):

$$fm = \frac{m}{(n + 1)} \times 100 \quad (4.12)$$

Donde:

fm: Frecuencia empírica (%)

m: Posición del dato

n : Número total de datos

Todo esto se tabula como lo muestra el Cuadro N° 4.39, luego se procede a graficar los datos en papel probabilístico GUMBEL (Gráfico N° 4.16). Obteniendo para la estación del Papalón los valores de Intensidad de Diseño que corresponden al rango de valores de duración de la lluvia (cuadro N° 4.39), 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 N° 4.17);

luego, con el tiempo de concentración se plotea en la curva y se lee en las ordenadas la intensidad de diseño para el área de influencia de la cuenca.

**Cuadro N° 4.39:** Intensidad de Precipitación Máxima Anual (Absoluta).

ESTACIÓN: EL PAPALÓN ÍNDICE: M - 6

ELEMENTO: Intensidad de precipitación máxima anual (Absoluta) en mm/min. para diferentes períodos ESTACIÓN: EL PAPALÓN  
 LATITUD: 13° 26.6'  
 LONGITUD: 88° 07.4'  
 ELEVACIÓN: 80 m.s.n.m.

AÑO	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1961	4.08	2.66	2.30	2.15	1.87	1.48	1.17	0.81	0.61	0.52	0.40	0.17	0.14
1962	2.04	1.58	1.35	1.30	1.09	0.89	0.72	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.11
1963	2.40	2.11	1.92	1.58	1.33	1.19	1.01	0.93	0.35	0.28	0.24	0.23	0.12
1964	2.04	1.92	1.81	1.74	1.68	1.42	1.14	0.80	0.68	0.58	0.44	0.34	0.27
1965	2.10	2.03	1.92	1.67	1.30	0.92	0.76	0.51	0.39	0.32	0.28	0.23	0.18
1966	2.44	2.21	2.13	1.96	1.53	1.17	0.92	0.72	0.29	0.09	0.08	0.07	0.06
1967	5.44	3.78	3.17	2.71	1.88	1.50	1.15	0.99	0.52	0.50	0.36	0.27	0.19
1968	2.54	2.04	1.74	1.71	1.23	0.93	0.75	0.64	0.31	0.26	0.22	0.17	0.13
1969	3.72	2.82	2.45	1.87	1.26	0.90	0.63	0.43	0.29	0.27	0.26	0.17	0.07
1970	2.78	2.56	2.33	2.12	1.54	1.07	0.82	0.72	0.56	0.45	0.39	0.31	0.15
1971	2.08	2.05	1.88	1.67	1.33	1.22	0.02	0.75	0.59	0.22	0.18	0.18	0.09
1972	4.00	3.00	2.67	2.50	1.96	1.70	1.38	0.95	0.47	0.38	0.26	0.20	0.18
1973	2.80	2.30	1.94	1.66	1.32	0.96	0.82	0.56	0.38	0.35	0.27	0.21	0.19
1974	2.94	2.37	2.18	1.92	1.45	1.05	0.89	0.62	0.47	0.49	0.47	0.39	0.29
1975	2.54	2.04	1.51	1.28	1.06	0.80	0.63	0.37	0.29	0.25	0.22	0.15	0.13
1976	2.60	1.80	1.54	1.34	1.10	0.89	0.71	0.51	0.41	0.41	0.40	0.35	0.27
1977	2.70	1.71	1.52	1.42	1.01	0.69	0.52	0.35	0.27	0.22	0.19	0.15	0.11
1978	2.80	2.20	1.94	1.75	1.74	1.45	1.41	1.17	1.03	0.84	0.74	0.59	0.41
1979	2.96	2.45	2.10	1.86	1.37	1.09	1.08	0.79	0.60	0.48	0.40	0.19	0.15
1980	2.15	1.98	1.92	1.63	1.37	1.22	0.97	0.68	0.52	0.43	0.36	0.30	0.21
1981	2.00	1.94	1.94	1.66	1.56	1.28	1.12	0.76	0.58	0.54	0.50	0.16	0.09
1982													
1983	2.38	1.94	1.55	1.62	1.45	1.09	0.87	0.60	0.47	0.41	0.36	0.29	0.21

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

Nota: se utilizo el registro de intensidades de los años de 1961 hasta 1983, porque es la serie de datos más confiables que tiene el SNET

**Cuadro N° 4.40: FRECUENCIA EMPÍRICA Y ORDENAMIENTO DE INTENSIDADES PARA LA COLONIA DOLORES**

**FRECUENCIA EMPÍRICA Y ORDENAMIENTO DE INTENSIDADES**

CÓDIGO:

M-6

ESTACIÓN:

PAPALÓN

## FRECUENCIA EMPÍRICA

## ORDENAMIENTO ASCENDENTE DE DATOS

n	AÑOS	fm	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1	1961	4.3%	2.00	1.58	1.35	1.28	1.01	0.69	0.02	0.35	0.27	0.09	0.08	0.07	0.06
2	1962	8.7%	2.04	1.71	1.51	1.30	1.06	0.80	0.52	0.37	0.29	0.22	0.18	0.15	0.07
3	1963	13.0%	2.04	1.80	1.52	1.34	1.09	0.89	0.63	0.43	0.29	0.22	0.19	0.15	0.09
4	1964	17.4%	2.08	1.92	1.54	1.42	1.10	0.89	0.63	0.49	0.29	0.25	0.22	0.16	0.09
5	1965	21.7%	2.10	1.94	1.55	1.58	1.23	0.90	0.71	0.51	0.31	0.26	0.22	0.17	0.11
6	1966	26.1%	2.15	1.94	1.74	1.62	1.26	0.92	0.72	0.51	0.35	0.27	0.24	0.17	0.11
7	1967	30.4%	2.38	1.98	1.81	1.63	1.30	0.93	0.75	0.56	0.37	0.28	0.25	0.17	0.12
8	1968	34.8%	2.40	2.03	1.88	1.66	1.32	0.96	0.76	0.60	0.38	0.30	0.26	0.18	0.13
9	1969	39.1%	2.44	2.04	1.92	1.66	1.33	1.05	0.82	0.62	0.39	0.32	0.26	0.19	0.13
10	1970	43.5%	2.54	2.04	1.92	1.67	1.33	1.07	0.82	0.64	0.41	0.35	0.27	0.20	0.14
11	1971	47.8%	2.54	2.05	1.92	1.67	1.37	1.09	0.87	0.68	0.47	0.38	0.28	0.21	0.15
12	1972	52.2%	2.60	2.11	1.94	1.71	1.37	1.09	0.89	0.72	0.47	0.41	0.36	0.21	0.15
13	1973	56.5%	2.70	2.20	1.94	1.74	1.45	1.17	0.92	0.72	0.47	0.41	0.36	0.23	0.18
14	1974	60.9%	2.78	2.21	1.94	1.75	1.45	1.19	0.97	0.75	0.52	0.43	0.36	0.23	0.18
15	1975	65.2%	2.80	2.30	2.10	1.86	1.53	1.22	1.01	0.76	0.52	0.45	0.39	0.27	0.19
16	1976	69.6%	2.80	2.37	2.13	1.87	1.54	1.22	1.08	0.79	0.56	0.48	0.40	0.29	0.19
17	1977	73.9%	2.94	2.45	2.18	1.92	1.56	1.28	1.12	0.80	0.58	0.49	0.40	0.30	0.21
18	1978	78.3%	2.96	2.56	2.30	1.96	1.68	1.42	1.14	0.81	0.59	0.50	0.40	0.31	0.21
19	1979	82.6%	3.72	2.66	2.33	2.12	1.74	1.45	1.15	0.93	0.60	0.52	0.44	0.34	0.27
20	1980	87.0%	4.00	2.82	2.45	2.15	1.87	1.48	1.17	0.95	0.61	0.54	0.47	0.35	0.27
21	1981	91.3%	4.08	3.00	2.67	2.50	1.88	1.50	1.38	0.99	0.68	0.58	0.50	0.39	0.29
22	1983	95.7%	5.44	3.78	3.17	2.71	1.96	1.70	1.41	1.17	1.03	0.84	0.74	0.59	0.41

Cuadro N° 4.41: FRECUENCIA EMPÍRICA Y ORDENAMIENTO DE INTENSIDADES PARA LA COLONIAS JARDINES Y CARRILLO

## FRECUENCIA EMPÍRICA Y ORDENAMIENTO DE INTENSIDADES

CÓDIGO:

M-6

ESTACIÓN:

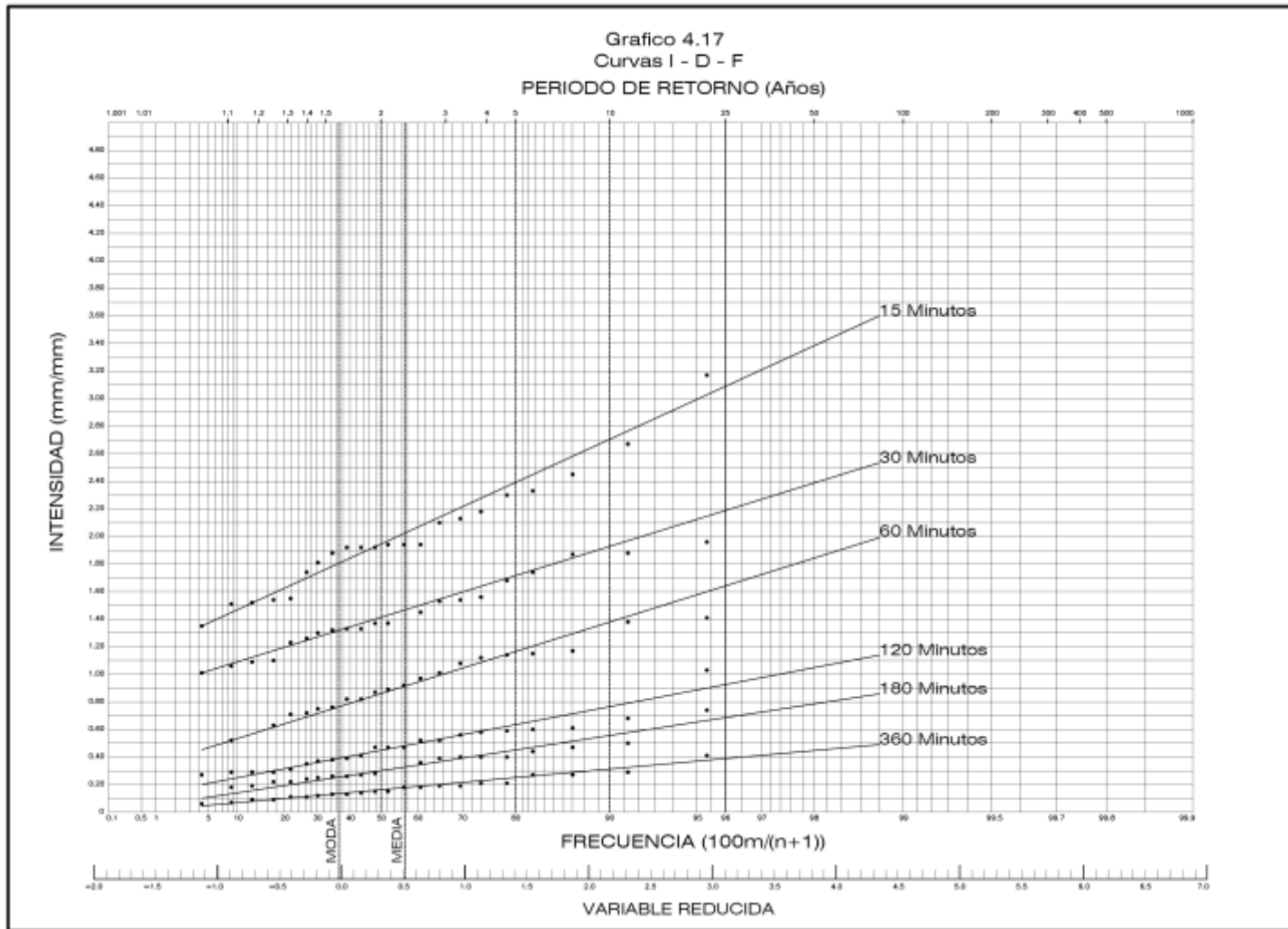
PAPALÓN

## FRECUENCIA EMPÍRICA

## ORDENAMIENTO ASCENDENTE DE DATOS

n	AÑOS	fm	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1	1961	4.3%	2.00	1.58	1.35	1.28	1.01	0.69	0.02	0.35	0.27	0.09	0.08	0.07	0.06
2	1962	8.7%	2.04	1.71	1.51	1.30	1.06	0.80	0.52	0.37	0.29	0.22	0.18	0.15	0.07
3	1963	13.0%	2.04	1.80	1.52	1.34	1.09	0.89	0.63	0.43	0.29	0.22	0.19	0.15	0.09
4	1964	17.4%	2.08	1.92	1.54	1.42	1.10	0.89	0.63	0.49	0.29	0.25	0.22	0.16	0.09
5	1965	21.7%	2.10	1.94	1.55	1.58	1.23	0.90	0.71	0.51	0.31	0.26	0.22	0.17	0.11
6	1966	26.1%	2.15	1.94	1.74	1.62	1.26	0.92	0.72	0.51	0.35	0.27	0.24	0.17	0.11
7	1967	30.4%	2.38	1.98	1.81	1.63	1.30	0.93	0.75	0.56	0.37	0.28	0.25	0.17	0.12
8	1968	34.8%	2.40	2.03	1.88	1.66	1.32	0.96	0.76	0.60	0.38	0.30	0.26	0.18	0.13
9	1969	39.1%	2.44	2.04	1.92	1.66	1.33	1.05	0.82	0.62	0.39	0.32	0.26	0.19	0.13
10	1970	43.5%	2.54	2.04	1.92	1.67	1.33	1.07	0.82	0.64	0.41	0.35	0.27	0.20	0.14
11	1971	47.8%	2.54	2.05	1.92	1.67	1.37	1.09	0.87	0.68	0.47	0.38	0.28	0.21	0.15
12	1972	52.2%	2.60	2.11	1.94	1.71	1.37	1.09	0.89	0.72	0.47	0.41	0.36	0.21	0.15
13	1973	56.5%	2.70	2.20	1.94	1.74	1.45	1.17	0.92	0.72	0.47	0.41	0.36	0.23	0.18
14	1974	60.9%	2.78	2.21	1.94	1.75	1.45	1.19	0.97	0.75	0.52	0.43	0.36	0.23	0.18
15	1975	65.2%	2.80	2.30	2.10	1.86	1.53	1.22	1.01	0.76	0.52	0.45	0.39	0.27	0.19
16	1976	69.6%	2.80	2.37	2.13	1.87	1.54	1.22	1.08	0.79	0.56	0.48	0.40	0.29	0.19
17	1977	73.9%	2.94	2.45	2.18	1.92	1.56	1.28	1.12	0.80	0.58	0.49	0.40	0.30	0.21
18	1978	78.3%	2.96	2.56	2.30	1.96	1.68	1.42	1.14	0.81	0.59	0.50	0.40	0.31	0.21
19	1979	82.6%	3.72	2.66	2.33	2.12	1.74	1.45	1.15	0.93	0.60	0.52	0.44	0.34	0.27
20	1980	87.0%	4.00	2.82	2.45	2.15	1.87	1.48	1.17	0.95	0.61	0.54	0.47	0.35	0.27
21	1981	91.3%	4.08	3.00	2.67	2.50	1.88	1.50	1.38	0.99	0.68	0.58	0.50	0.39	0.29
22	1983	95.7%	5.44	3.78	3.17	2.71	1.96	1.70	1.41	1.17	1.03	0.84	0.74	0.59	0.41

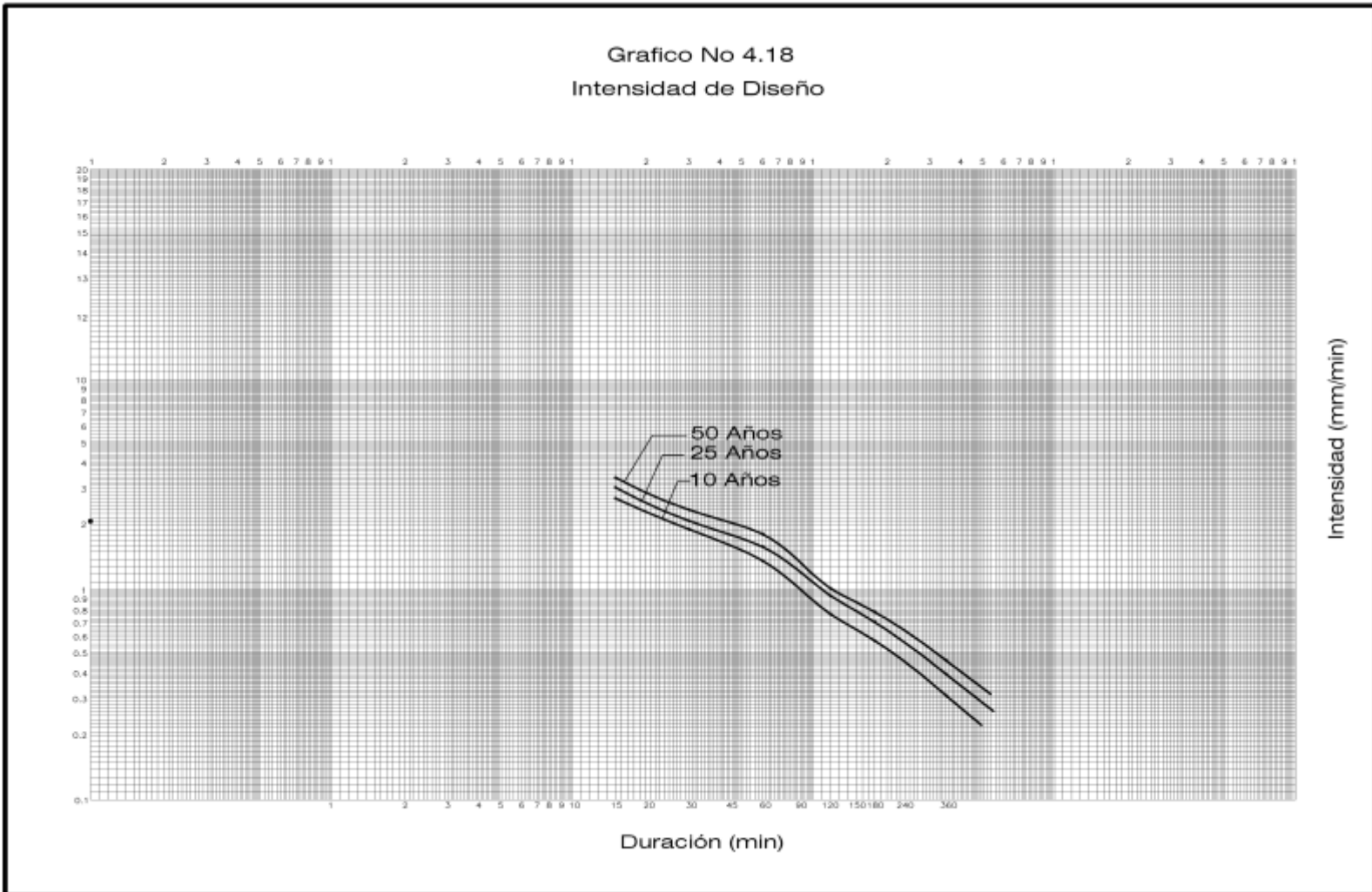
**Grafico N° 4.17:** Gráfico correspondiente a las curvas I.D.F.



**Cuadro N° 4.42:** Intensidad – Duración

<b>DURACIÓN</b>	<b>PERIODO DE RETORNO: TR ( años)</b>		
Minutos	10	25	50
15	2,70	3,09	3,38
30	1,93	2,19	2,39
60	1,38	1,64	1,84
120	0,76	0,93	1,05
180	0,56	0,69	0,78
360	0,31	0,39	0,45
<b>Intensidades en mm/minuto</b>			

**Grafico N° 4.18:** Gráfico Correspondiente a la Intensidad de Diseño (10, 25 y 50 años).





## **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 podemos 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 25 años es:

#### **1. 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.

Los datos obtenidos hasta el primer punto (**Colonia Dolores**) son:

#### **Ecuación de California**

$$T_c = \left( \frac{0.87(56.38)^3}{1150} \right)^{0.385} = 6.84 \text{ horas}$$

$$T_c = 410.34 \text{ min}$$

Los datos obtenidos hasta el segundo punto (**Colonia Jardines del Río y Carrillo**) son:

#### **Ecuación de California**

$$T_c = \left( \frac{0.87(65.09)^3}{1150} \right)^{0.385} = 8.04 \text{ horas}$$

$$T_c = 482.13 \text{ min}$$

Para efecto de trazado de las curvas Isocronicas, 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. Obteniéndose una serie de puntos en diferentes cauces, los que son unidos por medio de trazos que permiten definir el diagrama de curvas (ver Plano N° 4.7 y Plano N° 4.8 en Anexo 6).

## **2. Determinación de los Coeficientes de Escorrentía.**

Como se mencionó anteriormente el coeficiente de escorrentía esta 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 *Vegetación Natural de Ecosistemas Terrestres y Acuáticos* elaborado por la División de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (ver Mapa N° 3.5, en el Capítulo III), obteniéndose la siguiente información: tropical ambrófila, semidesidua de tierras bajas (selva mediana subcaducifolia), zonas de cultivos forestales y frutales, zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos.

## **3. Calculo de Caudales Por Sector.**

Obtenida toda la información necesaria para la aplicación de la fórmula racional en cada sector de área entre cada Isócrona, ya que se conocen los valores de coeficiente de escorrentía, la intensidad y el área, se procede a calcular el respectivo caudal.

**Cuadro N° 4.43:** Calculo de la Pendiente de Cada Sector de la SubCuenca  
**“Punto de Interés Colonia Dolores”**

SECTOR	INTERSECCIÓN V/H	DISTANCIAS V/H	PENDIENTE V/H	PENDIENTE SECTOR
1	5	2394,8529	0,63	0,7518
	2	684,0159	0,88	
2	37	44267,0515	0,25	0,2350
	34	46536,2965	0,22	
3	29	71250,8686	0,12	0,1279
	32	71785,1856	0,13	
4	61	122145,2649	0,15	0,1927
	98	124789,0172	0,24	
5	30	88972,9916	0,10	0,1204
	42	90238,9847	0,14	
6	15	73134,6289	0,06	0,0563
	12	70362,958	0,05	
7	9	38736,8137	0,07	0,0645
	8	40496,1727	0,06	
8	0,00	9043,22	0,00	0,0010
	0,00	8205,32	0,00	

- **Nota:** los Valores Obtenidos en el cuadro N° 4.43, se obtuvo de la Ecuación (4.4) y Plano N° 4.5 en Anexo 6.
- El calculo del **Área** para cada sector se obtuvo de del mapa N° 3.5 y Plano N° 4.7.
- El cálculo de la **Intensidad** para cada sector se obtuvo del Grafico N° 4.18.

**Cuadro N° 4.44:** Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector de la SubCuenca  
**“Punto de Interés Colonia Dolores”**  
 PERIODO DE RETORNO = 10 Años

SECTOR	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Pendiente S %	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	INTENSIDAD (mm/min)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /seg.)
1	2,06	75,18	0,30	1,5	15,45
	2,73		0,45	1,5	30,71
2	2,46	23,50	0,20	0,861	7,06
	6,02		0,25	0,861	21,60
	1,21		0,35	0,861	6,08
	88,3		0,40	0,861	506,84
3	6,65	12,79	0,15	0,62	10,31
	12,8		0,20	0,62	26,45
	10,8		0,30	0,62	33,48
	119,23		0,35	0,62	431,22
4	8,25	19,27	0,15	0,505	10,42
	27,2		0,20	0,505	45,79
	22,52		0,30	0,505	56,86
	190,85		0,35	0,505	562,21
5	7,85	12,04	0,15	0,43	8,44
	15,08		0,20	0,43	21,61
	7,45		0,30	0,43	16,02
	161,56		0,35	0,43	405,25
6	1,51	5,63	0,10	0,35	0,88
	4,85		0,15	0,35	4,24
	12,76		0,25	0,35	18,61
	123,33		0,30	0,35	215,83
7	0,83	6,45	0,15	0,302	0,63
	6,69		0,20	0,302	6,73
	0,63		0,30	0,302	0,95
	69,71		0,35	0,302	122,81
8	2,27	0,10	0,10	0,265	1,01
	17,39		0,25	0,265	19,20
Σ	932,99				<b>2,606.67</b>

	BOSQUE, VEGETACIÓN DENSA
	HIERBA, GRAMA
	CULTIVO
	SIN VEGETACIÓN

Q =(50/3) CIA

**Cuadro N° 4.45:** Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector de la SubCuenca  
**“Punto de Interés Colonia Dolores”**  
 PERIODO DE RETORNO = 25 Años

SECTOR	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Pendiente S %	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	INTENSIDAD (mm/min)	CAUDAL (mt <sup>3</sup> /seg.)
1	2,06	75,18	0,30	1,74	17,92
	2,73		0,45	1,74	35,6
2	2,46	23,50	0,20	1,07	8,77
	6,02		0,25	1,07	26,84
	1,21		0,35	1,07	7,55
	88,3		0,40	1,07	629,87
3	6,65	12,79	0,15	0,773	12,85
	12,8		0,20	0,773	32,98
	10,8		0,30	0,773	41,74
	119,23		0,35	0,773	537,63
4	8,25	19,27	0,15	0,615	12,68
	27,2		0,20	0,615	55,76
	22,52		0,30	0,615	69,25
	190,85		0,35	0,615	684,67
5	7,85	12,04	0,15	0,519	10,19
	15,08		0,20	0,519	26,09
	7,45		0,30	0,519	19,33
	161,56		0,35	0,519	489,12
6	1,51	5,63	0,10	0,435	1,09
	4,85		0,15	0,435	5,27
	12,76		0,25	0,435	23,13
	123,33		0,30	0,435	268,24
7	0,83	6,45	0,15	0,382	0,79
	6,69		0,20	0,382	8,52
	0,63		0,30	0,382	1,20
	69,71		0,35	0,382	155,34
8	2,27	0,10	0,10	0,339	1,28
	17,39		0,25	0,339	24,56
Σ	932,99				<b>3,208.32</b>

	BOSQUE, VEGETACIÓN DENSA
	HIERBA, GRAMA
	CULTIVO
	SIN VEGETACIÓN

Q =(50/3) CIA

**Cuadro N° 4.46:** Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector de la SubCuenca  
**“Punto de Interés Colonia Dolores”**

PERIODO DE RETORNO = 50 Años

SECTOR	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Pendiente S %	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	INTENSIDAD (mm/min)	CAUDAL (mt <sup>3</sup> /seg.)
1	2,06	75,18	0,30	1,97	20,29
	2,73		0,45	1,97	40,34
2	2,46	23,50	0,20	1,18	9,68
	6,02		0,25	1,18	29,60
	1,21		0,35	1,18	8,33
	88,3		0,40	1,18	694,63
3	6,65	12,79	0,15	0,855	14,21
	12,8		0,20	0,855	36,48
	10,8		0,30	0,855	46,17
	119,23		0,35	0,855	594,66
4	8,25	19,27	0,15	0,699	14,42
	27,2		0,20	0,699	63,38
	22,52		0,30	0,699	78,71
	190,85		0,35	0,699	778,19
5	7,85	12,04	0,15	0,59	11,58
	15,08		0,20	0,59	29,66
	7,45		0,30	0,59	21,98
	161,56		0,35	0,59	556,04
6	1,51	5,63	0,10	0,508	1,28
	4,85		0,15	0,508	6,16
	12,76		0,25	0,508	27,01
	123,33		0,30	0,508	313,26
7	0,83	6,45	0,15	0,441	0,92
	6,69		0,20	0,441	9,83
	0,63		0,30	0,441	1,39
	69,71		0,35	0,441	179,33
8	2,27	0,10	0,10	0,392	1,48
	17,39		0,25	0,392	28,40
Σ	932,99				<b>3,617.38</b>

	BOSQUE, VEGETACIÓN DENSA
	HIERBA, GRAMA
	CULTIVO
	SIN VEGETACIÓN

Q =(50/3) CIA

**Cuadro N° 4.47:** Calculo de la Pendiente de Cada Sector de la SubCuenca  
**“Punto de Interés Colonias Jardines del Río y Carrillo”**

SECTOR	INTERSECCIÓN V/H	DISTANCIAS V/H	PENDIENTE V/H	PENDIENTE SECTOR
1	32	46195,8311	0,2078	0,2112
	35	48910,6419	0,2147	
2	35	70317,7183	0,1493	0,1695
	46	72758,0961	0,1897	
3	66	101681,154	0,1947	0,2081
	79	107033,0731	0,2214	
4	23	103135,505	0,0669	0,1061
	48	99160,2334	0,1452	
5	23	97641,7245	0,0707	0,0681
	22	100772,4865	0,0655	
6	22	67748,4412	0,0974	0,0813
	15	69065,5492	0,0652	
7	1	31395,4828	0,0096	0,0259
	4	28357,4131	0,0423	
8	0,03	3779,39	0,0020	0,0010
	0,00	2274,71	0,0000	

- Nota: los Valores Obtenidos en el cuadro N° 4.47, se obtuvo de la Ecuación (4.7) y Plano N° 4.6 en Anexo 6.
- El calculo del **Área** para cada sector se obtuvo de del mapa N° 3.5 y Plano N° 4.8.
- El cálculo de la **Intensidad** para cada sector se obtuvo del Grafico N° 4.18.



**Cuadro N° 4.48:** Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector de la subCuenca  
**“Punto de Interés Colonias Jardines del Río y Carrillo”**  
 PERIODO DE RETORNO = 10 Años

SECTOR	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Pendiente S %	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	INTENSIDAD (mm/min)	CAUDAL (mt <sup>3</sup> /seg.)
1	1,5	21,12	0,20	1,34	6,70
	8,28		0,25	1,34	46,23
	87,59		0,35	1,34	684,66
2	10,31	16,95	0,15	0,755	19,46
	18,7		0,20	0,755	47,06
	10,67		0,30	0,755	40,28
	106,97		0,35	0,755	471,11
3	5,72	20,81	0,20	0,555	10,58
	18,92		0,25	0,555	43,75
	21,22		0,35	0,555	68,70
	168,25		0,40	0,555	622,53
4	4,84	10,61	0,15	0,44	5,32
	4,15		0,20	0,44	6,09
	4,23		0,30	0,44	9,31
	186,59		0,40	0,44	547,33
5	2,61	6,81	0,15	0,358	2,34
	4,21		0,20	0,358	5,02
	16,84		0,30	0,358	30,14
	174,75		0,35	0,358	364,94
6	0,83	8,13	0,15	0,299	0,62
	9,81		0,20	0,299	9,78
	12,56		0,30	0,299	18,78
	115,36		0,35	0,299	201,21
7	3,88	2,59	0,30	0,259	5,02
	1,30		0,40	0,259	2,24
	53,51		0,50	0,259	115,49
8	0,70	0,10	0,30	0,229	0,80
	7,69		0,45	0,229	13,21
Σ	1,061.9				<b>3,398.71</b>

	BOSQUE, VEGETACIÓN DENSA
	HIERBA, GRAMA
	CULTIVO
	SIN VEGETACIÓN

Q =(50/3) CIA

**Cuadro N° 4.49:** Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector de la subCuenca  
**“Punto de Interés Colonias Jardines del Río y Carrillo”**  
 PERIODO DE RETORNO = 25 Años

SECTOR	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Pendiente S %	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	INTENSIDAD (mm/min)	CAUDAL (mt <sup>3</sup> /seg.)
1	1,5	21,12	0,20	1,55	7,75
	8,28		0,25	1,55	53,48
	87,59		0,35	1,55	791,96
2	10,31	16,95	0,15	0,93	23,97
	18,7		0,20	0,93	57,97
	10,67		0,30	0,93	49,62
	106,97		0,35	0,93	580,31
3	5,72	20,81	0,20	0,682	13,01
	18,92		0,25	0,682	53,76
	21,22		0,35	0,682	84,42
	168,25		0,40	0,682	764,98
4	4,84	10,61	0,15	0,543	6,57
	4,15		0,20	0,543	7,51
	4,23		0,30	0,543	11,48
	186,59		0,40	0,543	675,46
5	2,61	6,81	0,15	0,443	2,89
	4,21		0,20	0,443	6,22
	16,84		0,30	0,443	37,31
	174,75		0,35	0,443	451,58
6	0,83	8,13	0,15	0,378	0,78
	9,81		0,20	0,378	12,36
	12,56		0,30	0,378	23,74
	115,36		0,35	0,378	254,37
7	3,88	2,59	0,30	0,331	6,42
	1,30		0,40	0,331	2,87
	53,51		0,50	0,331	147,59
8	0,70	0,10	0,30	0,293	1,02
	7,69		0,45	0,293	16,89
Σ	1,061.99				<b>4,146.30</b>

	BOSQUE, VEGETACIÓN DENSA
	HIERBA, GRAMA
	CULTIVO
	SIN VEGETACIÓN

Q =(50/3) CIA

**Cuadro N° 4.50:** Calculo del Caudal Máximo de Cada Sector de la subCuenca  
**“Punto de Interés Colonias Jardines del Río y Carrillo”**  
 PERIODO DE RETORNO = 50 Años

SECTOR	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Pendiente S %	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	INTENSIDAD (mm/min)	CAUDAL (mt <sup>3</sup> /seg.)
1	1,5	21,12	0,20	1,79	8,95
	8,28		0,25	1,79	61,755
	87,59		0,35	1,79	914,59
2	10,31	16,95	0,15	1,02	26,29
	18,7		0,20	1,02	63,58
	10,67		0,30	1,02	54,42
	106,97		0,35	1,02	636,47
3	5,72	20,81	0,20	0,775	14,78
	18,92		0,25	0,775	61,10
	21,22		0,35	0,775	95,93
	168,25		0,40	0,775	869,29
4	4,84	10,61	0,15	0,619	7,49
	4,15		0,20	0,619	8,56
	4,23		0,30	0,619	13,09
	186,59		0,40	0,619	769,99
5	2,61	6,81	0,15	0,515	3,36
	4,21		0,20	0,515	7,23
	16,84		0,30	0,515	43,36
	174,75		0,35	0,515	524,98
6	0,83	8,13	0,15	0,438	0,91
	9,81		0,20	0,438	14,32
	12,56		0,30	0,438	27,51
	115,36		0,35	0,438	294,74
7	3,88	2,59	0,30	0,384	7,45
	1,30		0,40	0,384	3,33
	53,51		0,50	0,384	171,23
8	0,70	0,10	0,30	0,345	1,21
	7,69		0,45	0,345	19,89
Σ	1,061.99				<b>4,725.81</b>

	BOSQUE, VEGETACIÓN DENSA
	HIERBA, GRAMA
	CULTIVO
	SIN VEGETACIÓN

Q =(50/3) CIA

Según los datos obtenidos anteriormente se determinaron los caudales máximos para cada colonia, de acuerdo a su periodo de retorno en el cual tendrá énfasis en el análisis Hidráulico, para poder analizar las Obras Civiles a Diseñar. En los Cuadros N° 4.51 y 4.52 se presentan los caudales máximos para cada periodo de retorno, para cada SubCuenca de nuestro punto de interés.

**Cuadro N° 4.51:** Cuadro Resumen del Caudal Máximo de la SubCuenca “Punto de Interés Colonia Dolores”

<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>CAUDAL (mt<sup>3</sup>/seg.)</b>
10 años	2,606.67
<b>25 años</b>	<b>3,208.32</b>
50 años	3,617.38

**Cuadro N° 4.52:** Cuadro Resumen del Caudal Máximo de la SubCuenca “Punto de Interés Colonias: Jardines del Río y Carrillo I”

<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>CAUDAL (mt<sup>3</sup>/seg.)</b>
10 años	3,398.71
<b>25 años</b>	<b>4,146.30</b>
50 años	4,725.81

Ver planos N° 4.9 y N° 4.10, para observar las franjas de Inundación para cada periodo de retorno según cada Colonia.

#### 4.7 Estudio Hidráulico.

Con el estudio Hidráulico se llega a relacionar el estudio Hidrológico aplicando la fórmula de Manning y la ecuación de continuidad. Este sirve para determinar el nivel de aguas máximas en el punto de interés y el área Hidráulica más eficiente, con el fin de obtener el dimensionamiento Hidráulico o predimensionamiento de la “Obra de Protección a Diseñar”.

#### 4.8 Memoria de Calculo 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:

$$AR^{2/3} = \frac{nQ}{\sqrt{S}}$$

##### **Coefficiente de Rugosidad de Manning.**

Para la determinación del coeficiente de rugosidad  $n$  de Manning se utilizó el cuadro No. 3.11. De acuerdo con las características del Río Grande de San Miguel en el sector de la Colonia Dolores presenta curso limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos, pero más piedras y pastos.

$$\text{Coeficiente } n \text{ de Manning} = \mathbf{0.030}$$

Y en el sector de la Colonias Jardines del Río y Carrillo presenta curso Tramos curvado, algunos pozos y bancos pero algunos pastos y piedras.

$$\text{Coeficiente } n \text{ de Manning} = \mathbf{0.035}$$

### **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 a continuación*.

## 4.9 Análisis para Condición de Flujo Crítico.

### ESTUDIO HIDRÁULICO COLONIA DOLORES

CAUDAL (QC) = 3,208.32 mts3/seg  
 PENDIENTE (SC) = 0.054  
 COEF. RUGOSIDAD (n) = 0.03

FACTOR HIDRÁULICO = 524,633.91

### ANÁLISIS PARA FLUJO CRITICO

SECCIÓN: **0+000** OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
2.00	134.89	12.49	98,216.73	524,633.91	1388.17
13.67	921.97	85.40	4,588,413.01	524,633.91	9488.13
5.00	337.22	31.24	613,854.55	524,633.91	3470.42
4.70	316.99	29.36	542,401.88	524,633.91	3262.20

NOTA: ESTA SECCIÓN SOLO PERMITE UN TIRANTE (Y) DE HASTA 13.67 mts

SECCIÓN: **0+020** OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.00	234.45	39.41	163,514.83	524,633.91	1791.13
10.27	481.56	80.94	689,855.33	524,633.91	3678.99
12.00	562.68	94.57	941,845.41	524,633.91	4298.72
9.00	422.01	70.93	529,788.04	524,633.91	3224.04

NOTA: ESTA SECCIÓN SOLO PERMITE UN TIRANTE (Y) DE HASTA 10.27 mts

SECCIÓN: **0+040** OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.00	228.73	38.89	153,827.60	524,633.91	1737.27
11.30	516.92	87.90	785,689.84	524,633.91	3926.22
10.00	457.45	77.79	615,310.39	524,633.91	3474.53
9.25	423.14	71.95	526,474.95	524,633.91	3213.94

NOTA: ESTA SECCIÓN SOLO PERMITE UN TIRANTE (Y) DE HASTA 11.30 mts

**Nota:** Todas las secciones correspondientes a la colonia Dolores, se calcularon de la misma forma que las secciones anteriores. Y que se resumen en los cuadros N° 4.53, N° 4.54, N° 4.55.

**ESTUDIO HIDRÁULICO COLONIAS JARDINES DEL RÍO Y CARRILLO**

CAUDAL (QC) = 4,146.30 mts3/seg  
 PENDIENTE (SC) = 0.00675  
 COEF. RUGOSIDAD (n) = 0.035

FACTOR HIDRÁULICO = 876,238.72

**ANÁLISIS PARA FLUJO CRÍTICO**

**SECCIÓN: 0+000 OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico $FG=(A^3/2T)$	Factor Hidráulico $FH=(Q^2)/(2g)$	Caudal (mts3/seg)
1.00	66.33	10.04	14,531.19	876,238.72	533.95
9.51	630.810	95.500	1,314,202.66	876,238.72	5077.86
20.00	1326.62	200.84	5,812,477.68	876,238.72	10678.99
7.80	517.38	78.33	884,077.86	876,238.72	4164.81

NOTA: ESTA SECCIÓN SOLO PERMITE UN TIRANTE (Y) DE HASTA

9.51 mts

**SECCIÓN: 0+020 OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico $FG=(A^3/2T)$	Factor Hidráulico $FH=(Q^2)/(2g)$	Caudal (mts3/seg)
5.00	430.50	82.33	484,522.53	876,238.72	3083.23
10.15	873.907	167.132	1,996,668.88	876,238.72	6258.97
11.00	947.09	181.13	2,345,089.02	876,238.72	6783.11
6.80	585.47	111.97	896,172.86	876,238.72	4193.20

NOTA: ESTA SECCIÓN SOLO PERMITE UN TIRANTE (Y) DE HASTA

10.15 mts

**SECCIÓN: 0+040 OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico $FG=(A^3/2T)$	Factor Hidráulico $FH=(Q^2)/(2g)$	Caudal (mts3/seg)
5.00	502.95	97.72	650,947.81	876,238.72	3573.74
9.33	938.500	182.349	2,266,571.63	876,238.72	6668.59
9.50	955.60	185.67	2,349,921.60	876,238.72	6790.10
5.90	593.48	115.31	906,379.73	876,238.72	4217.01

NOTA: ESTA SECCIÓN SOLO PERMITE UN TIRANTE (Y) DE HASTA

9.33 mts

**Nota:** Todas las secciones correspondientes a las colonias Jardines del Río Y Carrillo I se calcularon de la misma forma que las secciones anteriores. Y que se resumen en los cuadros N° 4.56, N° 4.57 y N° 4.58.



## 4.10 Análisis para Condición de Flujo Normal.

### ESTUDIO HIDRÁULICO COLONIA DOLORES

CAUDAL (QC) = 3,208.32 mts3/seg  
 PENDIENTE (SC) = 0.054  
 COEF. RUGOSIDAD (n) = 0.03

FACTOR HIDRÁULICO = 414.19

### ANÁLISIS PARA FLUJO NORMAL

SECCIÓN : 0+000 OBSERVACIÓN SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Y (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
2.00	134.89	6.38	20.71	1017.18	414.19	7879.02
13.67	921.97	43.633	21.13	7046.68	414.19	54583.35
4.00	269.78	12.77	22.19	2130.11	414.19	16499.77
0.81	54.63	2.59	21.13	417.54	414.19	3234.27

SECCIÓN : 0+020 OBSERVACIÓN SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Y (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.00	234.45	41.32	5.56	735.82	414.19	5699.63
10.27	481.56	84.878	5.67	1531.87	414.19	11865.78
12.00	562.68	99.18	5.96	1849.09	414.19	14322.97
2.80	131.29	23.14	5.67	417.65	414.19	3235.07

SECCIÓN : 0+040 OBSERVACIÓN SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Y (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.00	228.73	41.32	5.42	706.12	414.19	5469.61
11.30	516.92	93.390	5.54	1617.48	414.19	12528.94
10.00	457.45	82.65	5.81	1478.72	414.19	11454.13
2.90	132.66	23.97	5.54	415.11	414.19	3215.39

**ESTUDIO HIDRÁULICO COLONIAS JARDINES DEL Río Y CARRILLO**

CAUDAL (QC) = 4146.30 mts3/seg  
 PENDIENTE (SC) = 0.00675  
 COEF. RUGOSIDAD (n) = 0.035

FACTOR HIDRÁULICO  
 = 1766.35

**ANÁLISIS PARA FLUJO NORMAL**

**SECCIÓN: 0+000 OBSERVACIÓN**

Tirante Y (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/ 3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.00	331.66	62.12	5.34	1013.13	1766.35	2378.20
9.51	630.810	118.150	5.34	1926.97	1766.35	4523.34
20.00	1326.62	248.48	5.34	4052.51	1766.35	9512.80
8.72	578.23	108.30	5.34	1766.35	1766.35	4146.30

**SECCIÓN: 0+020 OBSERVACIÓN**

Tirante Y (mts)	Área Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/ 3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.00	430.50	83.54	5.05	1267.15	1766.35	2974.47
10.15	873.907	169.592	5.15	2607.18	1766.35	6120.06
20.00	1721.98	334.17	5.41	5307.16	1766.35	12457.93
7.08	609.80	118.34	5.15	1819.24	1766.35	4270.46

**SECCIÓN: 0+040 OBSERVACIÓN**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/ 3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.00	502.95	98.66	5.00	1469.86	1766.35	3450.31
9.33	938.500	184.091	5.10	2779.94	1766.35	6525.58
9.50	955.60	187.45	5.35	2924.18	1766.35	6864.16
8.14	818.33	160.52	5.10	2423.99	1766.35	5690.03

**Nota:** Todas las secciones correspondientes a las colonias; Dolores, Jardines del Río y Carrillo I se calcularon de la misma forma que las secciones anteriores. Y que se resumen en los cuadros N° 4.53, N° 4.54, N° 4.55, N° 4.56, N° 4.57 y N° 4.58.

**Cuadro N° 4.53:** Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de Retorno de 10 años

Periodo de Retorno 10 años

**COLONIA DOLORES**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Altura Real (Y) (mts)</b>	<b>Altura Crítica (Yc) (mts)</b>	<b>Altura Normal(Yn) (mts)</b>
0 + 000	13.67	3.76	0.66
0 + 020	10.27	7.28	2.26
0 + 040	11.30	7.51	2.36
0 + 060	11.11	7.34	2.29
0 + 080	7.06	8.72	2.83
0 + 100	5.33	8.72	3.93
0 + 120	10.42	5.30	2.17
0 + 140	8.62	6.15	2.59
0 + 160	9.27	5.83	2.43
0 + 180	7.50	6.36	2.87
0 + 200	7.82	6.27	2.82
0 + 220	7.90	5.73	2.57
0 + 240	7.44	5.73	2.55
0 + 260	9.35	3.85	1.62
0 + 280	10.18	2.86	1.21
0 + 300	9.59	2.99	1.26
0 + 320	8.43	2.44	1.02
0 + 340	7.36	3.10	1.33
0 + 360	5.84	4.53	1.97
0 + 380	6.13	4.88	2.16
0 + 400	5.96	4.43	1.96
0 + 420	8.54	2.86	1.19
0 + 440	8.25	3.92	1.67
0 + 460	8.48	4.50	1.91
0 + 480	9.87	4.04	1.67
0 + 500	9.65	4.22	1.75
0 + 520	9.88	5.00	2.05
0 + 540	8.93	5.59	2.32
0 + 560	8.65	6.56	2.74
0 + 580	13.45	4.07	2.27

**Cuadro N° 4.54:** Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de Retorno de 25 años.

Periodo de Retorno 25 años

**COLONIA DOLORES**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Altura Real (Y) (mts)</b>	<b>Altura Crítica (Yc) (mts)</b>	<b>Altura Normal(Yn) (mts)</b>
0 + 000	13.67	4.70	0.81
0 + 020	10.27	9.00	2.80
0 + 040	11.30	9.25	2.90
0 + 060	11.11	9.12	2.90
0 + 080	7.06	10.75	3.50
0 + 100	5.33	10.75	4.00
0 + 120	10.42	6.55	2.20
0 + 140	8.62	7.60	2.60
0 + 160	9.27	7.00	2.50
0 + 180	7.50	7.85	3.00
0 + 200	7.82	7.72	3.00
0 + 220	7.90	7.10	2.60
0 + 240	7.44	7.10	2.60
0 + 260	9.35	4.75	1.65
0 + 280	10.18	3.52	1.25
0 + 300	9.59	3.70	1.30
0 + 320	8.43	3.10	1.10
0 + 340	7.36	3.90	1.40
0 + 360	5.84	5.50	2.00
0 + 380	6.13	6.00	2.20
0 + 400	5.96	5.50	2.00
0 + 420	8.54	3.55	1.20
0 + 440	8.25	4.90	1.70
0 + 460	8.48	5.60	2.00
0 + 480	9.87	5.00	1.70
0 + 500	9.65	5.20	1.80
0 + 520	9.88	6.20	2.10
0 + 540	8.93	7.00	2.40
0 + 560	8.65	8.10	2.80
0 + 580	13.45	5.10	2.30

**Cuadro N° 4.55** Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de Retorno de 50 años

Periodo de Retorno 50 años **COLONIA DOLORES**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Altura Real (Y) (mts)</b>	<b>Altura Crítica (Yc) (mts)</b>	<b>Altura Normal(Yn) (mts)</b>
0 + 000	13.67	5.22	0.91
0 + 020	10.27	10.10	3.14
0 + 040	11.30	10.42	3.27
0 + 060	11.11	10.18	3.17
0 + 080	7.06	12.10	3.93
0 + 100	5.33	12.10	4.00
0 + 120	10.42	7.36	2.20
0 + 140	8.62	8.53	2.60
0 + 160	9.27	7.88	2.50
0 + 180	7.50	8.82	3.00
0 + 200	7.82	8.69	2.91
0 + 220	7.90	7.95	2.63
0 + 240	7.44	7.95	2.60
0 + 260	9.35	5.34	1.65
0 + 280	10.18	3.96	1.25
0 + 300	9.59	4.15	1.30
0 + 320	8.43	3.39	1.10
0 + 340	7.36	4.30	1.40
0 + 360	5.84	6.11	2.00
0 + 380	6.13	6.77	2.20
0 + 400	5.96	6.15	2.00
0 + 420	8.54	3.97	1.20
0 + 440	8.25	5.43	1.70
0 + 460	8.48	6.24	2.00
0 + 480	9.87	5.60	1.70
0 + 500	9.65	5.86	1.80
0 + 520	9.88	6.94	2.10
0 + 540	8.93	7.75	2.40
0 + 560	8.65	9.10	2.80
0 + 580	13.45	5.65	2.30

**Cuadro N° 4.56 (1/2): Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de retorno de 10 años**

**COLONIAS: JARDINES DEL Río Y CARRILLO I**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Altura Real (Y) (mts)</b>	<b>Altura Crítica (Yc) (mts)</b>	<b>Altura Normal(Yn) (mts)</b>
0 + 000	12.95	4.74	4.77
0 + 020	10.15	5.52	5.64
0 + 040	9.33	4.76	4.86
0 + 060	11.22	4.38	4.41
0 + 080	10.91	4.68	4.40
0 + 100	8.85	4.00	4.09
0 + 120	10.97	3.96	4.06
0 + 140	8.61	3.41	3.58
0 + 160	7.43	2.58	2.68
0 + 180	7.63	2.26	2.32
0 + 200	4.86	2.04	2.31
0 + 220	4.94	2.46	2.84
0 + 240	4.74	2.02	2.10
0 + 260	6.10	1.89	2.09
0 + 280	7.85	2.46	2.60
0 + 300	8.27	2.43	2.52
0 + 320	6.84	3.68	3.98
0 + 340	5.83	3.68	3.88
0 + 360	4.40	3.94	4.38
0 + 380	4.55	3.34	3.64
0 + 400	6.78	2.64	2.88
0 + 420	5.90	2.98	3.46
0 + 440	5.59	2.64	3.01
0 + 460	5.84	2.84	3.23
0 + 480	6.23	5.00	5.61
0 + 500	5.00	6.36	7.27
0 + 520	6.23	9.01	9.51
0 + 540	6.51	8.13	9.44
0 + 560	6.46	10.23	11.57
0 + 580	6.44	9.43	10.48
0 + 600	6.13	10.75	11.92
0 + 620	6.73	9.73	10.94
0 + 640	6.79	11.99	13.46
0 + 660	7.83	10.71	15.53

0 + 680	7.10	9.74	16.83
0 + 700	8.77	8.63	17.47
0 + 720	7.97	9.26	12.58
0 + 740	7.64	6.68	13.42
0 + 760	6.86	9.14	15.13

**Cuadro N° 4.56 (2/2):** Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de retorno de 10 años

**COLONIAS: JARDINES DEL Río Y CARRILLO I**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Altura Real (Y) (mts)</b>	<b>Altura Critica (Yc) (mts)</b>	<b>Altura Normal(Yn) (mts)</b>
0 + 780	7.34	9.09	9.80
0 + 800	7.18	9.27	9.96
0 + 820	7.18	8.55	8.91
0 + 840	6.30	9.81	10.46
0 + 860	10.65	8.59	10.08
0 + 880	9.92	6.75	7.39
0 + 900	8.93	2.12	2.14
1 + 040	10.65	5.74	5.89
1 + 060	12.55	4.69	4.92
1 + 080	12.60	3.86	4.05
1 + 100	12.54	4.16	4.32
1 + 120	12.57	4.69	5.01
1 + 140	12.51	5.28	5.34
1 + 160	12.26	4.72	4.89
1 + 180	12.67	4.91	5.38
1 + 200	11.61	4.82	4.96
1 + 220	12.74	3.61	3.69
1 + 240	9.16	5.56	5.87
1 + 260	8.12	5.83	8.19
1 + 280	9.48	6.32	8.24
1 + 289.82	9.37	6.16	6.65

**Cuadro N° 4.57 (1/2): Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de retorno de 25 años**

**COLONIAS: JARDINES DEL Río Y CARRILLO I**

ESTACIÓN	Altura Real (Y) (mts)	Altura Crítica (Yc) (mts)	Altura Normal(Yn) (mts)
0 + 000	12.95	5.78	5.82
0 + 020	10.15	6.73	6.88
0 + 040	9.33	5.81	5.93
0 + 060	11.22	5.34	5.38
0 + 080	10.91	5.27	5.37
0 + 100	8.85	4.88	4.99
0 + 120	10.97	4.83	4.95
0 + 140	8.61	4.16	4.36
0 + 160	7.43	3.15	3.27
0 + 180	7.63	2.75	2.83
0 + 200	4.86	2.49	2.82
0 + 220	4.94	3.00	3.47
0 + 240	4.74	2.46	2.56
0 + 260	6.10	2.31	2.55
0 + 280	7.85	3.00	3.17
0 + 300	8.27	2.96	3.07
0 + 320	6.84	4.49	4.86
0 + 340	5.83	4.49	4.73
0 + 360	4.40	4.81	5.34
0 + 380	4.55	4.08	4.44
0 + 400	6.78	3.22	3.51
0 + 420	5.90	3.64	4.22
0 + 440	5.59	3.23	3.67
0 + 460	5.84	3.46	3.94
0 + 480	6.23	6.11	6.84
0 + 500	5.00	7.75	8.87
0 + 520	6.23	10.99	11.61
0 + 540	6.51	9.92	11.51
0 + 560	6.46	12.48	14.12
0 + 580	6.44	11.50	12.79
0 + 600	6.13	13.11	14.55
0 + 620	6.73	11.88	13.34
0 + 640	6.79	14.63	16.42
0 + 660	7.83	13.06	18.94



0 + 680	7.10	11.88	20.53
0 + 700	8.77	10.53	21.31
0 + 720	7.97	11.92	15.35
0 + 740	7.64	8.15	16.37
0 + 760	6.86	11.15	18.45

**Cuadro N° 4.57 (2/2):** Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de retorno de 25 años

**COLONIAS: JARDINES DEL Río Y CARRILLO I**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Altura Real (Y) (mts)</b>	<b>Altura Critica (Yc) (mts)</b>	<b>Altura Normal(Yn) (mts)</b>
0 + 780	7.34	11.08	11.95
0 + 800	7.18	11.30	12.15
0 + 820	7.18	10.43	10.87
0 + 840	6.30	11.96	12.76
0 + 860	10.65	10.49	12.30
0 + 880	9.92	8.24	9.01
0 + 900	8.93	2.58	2.61
1 + 040	10.65	7.00	7.18
1 + 060	12.55	5.72	6.00
1 + 080	12.60	4.71	4.94
1 + 100	12.54	5.07	5.27
1 + 120	12.57	5.72	6.11
1 + 140	12.51	6.44	6.51
1 + 160	12.26	5.75	5.96
1 + 180	12.67	5.99	6.56
1 + 200	11.61	5.87	6.05
1 + 220	12.74	4.41	4.50
1 + 240	9.16	6.79	7.16
1 + 260	8.12	7.11	10.00
1 + 280	9.48	7.71	10.05
1 + 289.82	9.37	7.51	8.12

**Cuadro N° 4.58 (1/2): Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de retorno de 50 años**

**COLONIAS: JARDINES DEL Río Y CARRILLO I**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Altura Real (Y) (mts)</b>	<b>Altura Crítica (Ye) (mts)</b>	<b>Altura Normal(Yn) (mts)</b>
0 + 000	12.95	6.59	6.63
0 + 020	10.15	7.67	7.84
0 + 040	9.33	6.62	6.76
0 + 060	11.22	6.47	6.14
0 + 080	10.91	6.01	6.12
0 + 100	8.85	5.56	5.69
0 + 120	10.97	5.50	5.64
0 + 140	8.61	4.74	4.97
0 + 160	7.43	3.59	3.73
0 + 180	7.63	3.14	3.23
0 + 200	4.86	2.84	3.22
0 + 220	4.94	3.42	3.95
0 + 240	4.74	2.81	2.92
0 + 260	6.10	2.63	2.91
0 + 280	7.85	3.71	3.61
0 + 300	8.27	3.37	3.50
0 + 320	6.84	5.12	5.53
0 + 340	5.83	5.12	5.39
0 + 360	4.40	5.48	6.09
0 + 380	4.55	4.65	5.06
0 + 400	6.78	3.67	4.00
0 + 420	5.90	4.15	4.81
0 + 440	5.59	3.67	4.18
0 + 460	5.84	3.94	4.49
0 + 480	6.23	6.95	7.80
0 + 500	5.00	8.92	10.11
0 + 520	6.23	12.55	13.23
0 + 540	6.51	11.30	13.12
0 + 560	6.46	14.22	16.09
0 + 580	6.44	13.10	14.57
0 + 600	6.13	14.94	16.58
0 + 620	6.73	13.53	15.21
0 + 640	6.79	16.67	18.71
0 + 660	7.83	14.89	21.59

0 + 680	7.10	13.54	23.40
0 + 700	8.77	12.00	24.29
0 + 720	7.97	12.87	17.49
0 + 740	7.64	9.29	18.66
0 + 760	6.86	12.71	21.03

**Cuadro N° 4.58 (2/2):** Cuadro Resumen de Alturas: Reales, Críticas y Normales. Para un periodo de retorno de 50 años

**COLONIAS: JARDINES DEL RÍO Y CARRILLO I**

ESTACIÓN	Altura Real (Y) (mts)	Altura Critica (Yc) (mts)	Altura Normal(Yn) (mts)
0 + 780	7.34	12.63	13.62
0 + 800	7.18	12.88	13.85
0 + 820	7.18	11.88	12.39
0 + 840	6.30	13.63	14.55
0 + 860	10.65	11.95	14.02
0 + 880	9.92	9.39	10.27
0 + 900	8.93	2.94	2.97
1 + 040	10.65	7.97	8.19
1 + 060	12.55	6.52	6.83
1 + 080	12.60	5.37	5.63
1 + 100	12.54	5.78	6.00
1 + 120	12.57	6.52	6.97
1 + 140	12.51	7.34	7.42
1 + 160	12.26	6.56	6.80
1 + 180	12.67	6.82	7.48
1 + 200	11.61	6.69	6.90
1 + 220	12.74	5.02	5.13
1 + 240	9.16	7.73	8.17
1 + 260	8.12	8.11	11.39
1 + 280	9.48	8.79	11.45
1 + 289.82	9.37	8.56	9.25

Ver planos N° 4.9 y N° 4.10, para observar las franjas de Inundación para cada periodo de retorno según el análisis anterior para cada Colonia y con sus respectivos niveles máximos para cada sección.





## PLANIMETRIA

ESCALA: 1:1600



### CROQUIS DE UBICACION

CONTORNO DEL RIO

- T = 10 AÑOS
- T = 25 AÑOS
- T = 50 AÑOS

CASERIO NACASCOLO

COLONIA DOLORES

## UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR:  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

### PROYECTO

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO

UBICACION: COLONIA DOLORES

CONTENIDO:  
**PLANO DE PELIGRO DE INUNDACION**

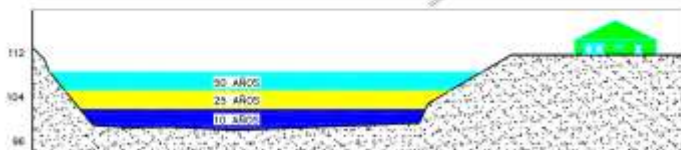
LONGITUD:  
580.00 M

ESCALA:  
1:1600

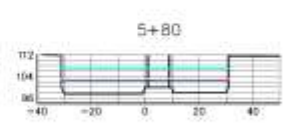
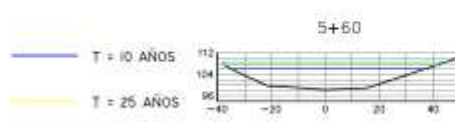
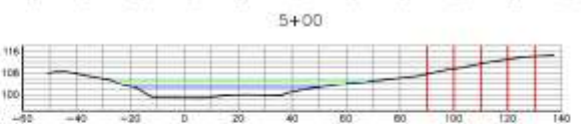
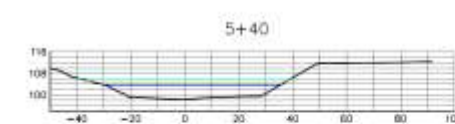
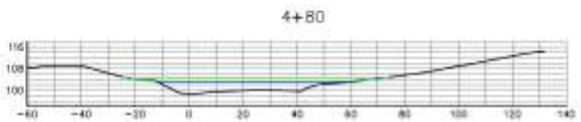
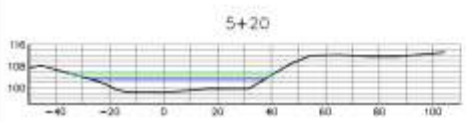
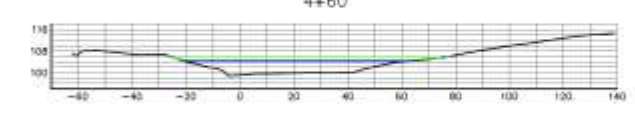
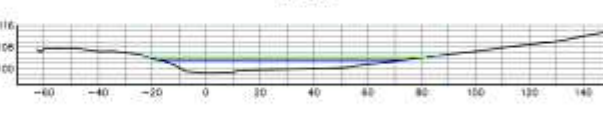
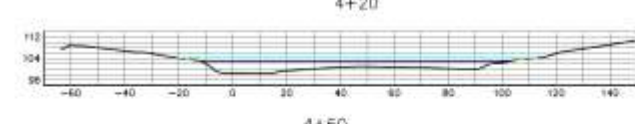
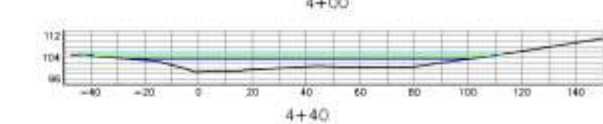
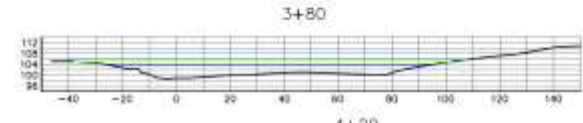
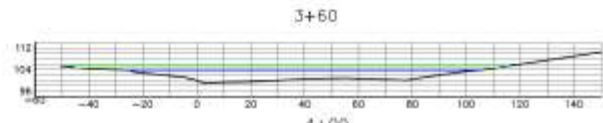
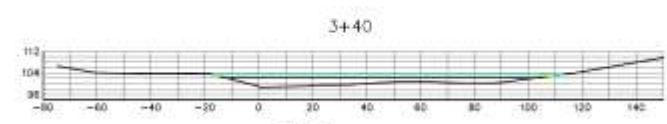
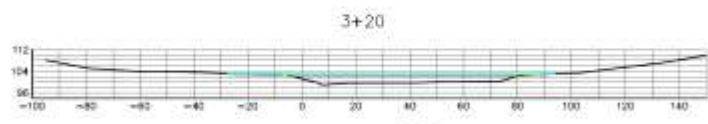
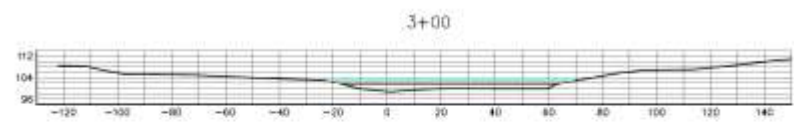
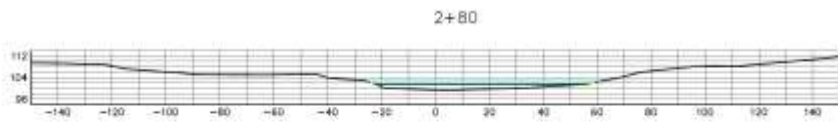
DIBUJO:  
BALMORE CONTRERAS

PLANO: 4.9

FECHA:  
AGOSTO 2007



SECCION TIPICA



— T = 10 AÑOS  
— T = 25 AÑOS  
— T = 50 AÑOS

**ESC. VERTICAL 1:800**  
**ESC. HORIZONTAL 1:800**

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

DOCENTE DIRECTOR:  
 ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO:  
 PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
 DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
 RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
 SUBSANSADO

UBICACION:  
 COLONIA DOLORES

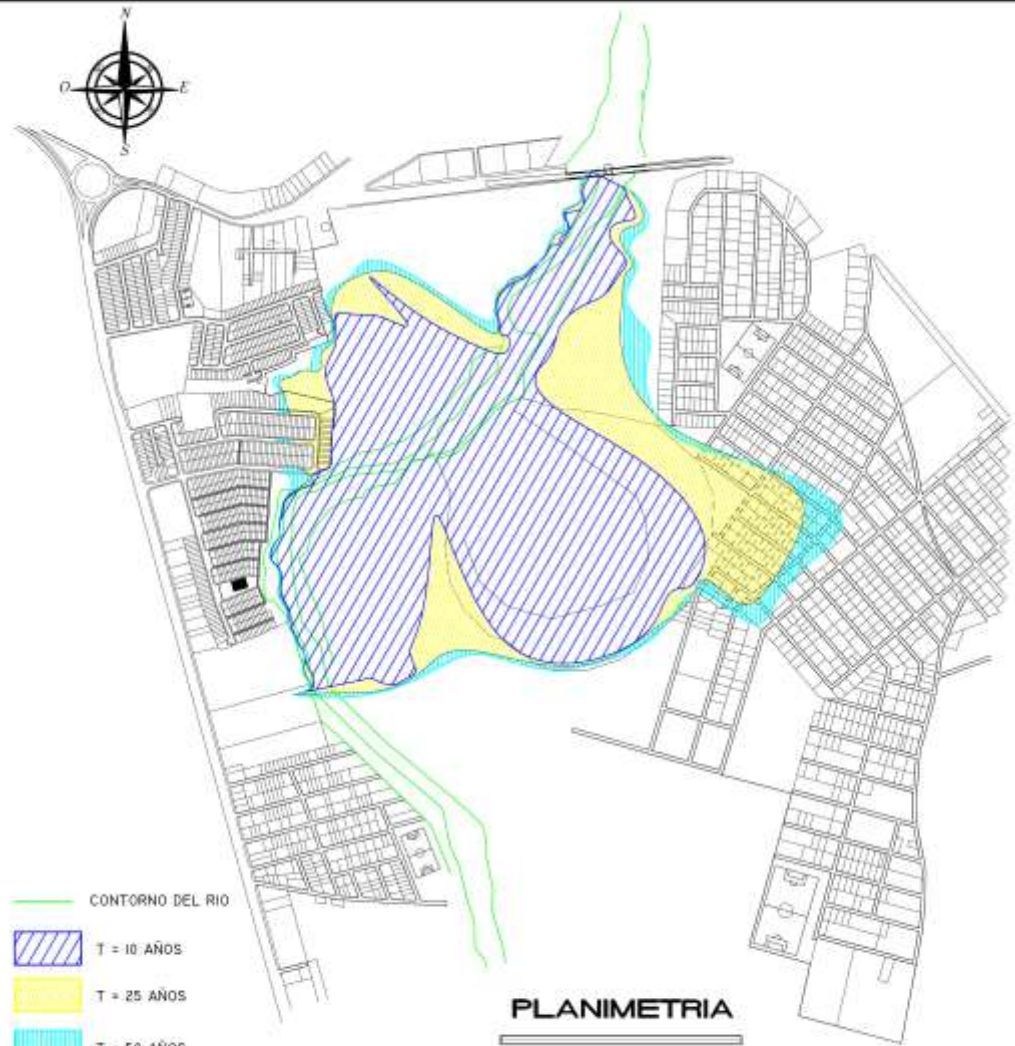
CONTENIDO:  
**ALTURAS DE INUNDACION**  
**COLONIA DOLORES**

LONGITUD:  
 580.00 M

ESCALA:  
 1:500  
 FECHA:  
 AGOSTO 2007

DIBUJO:  
 BALMORE CONTRERAS

PLANO: 4.9

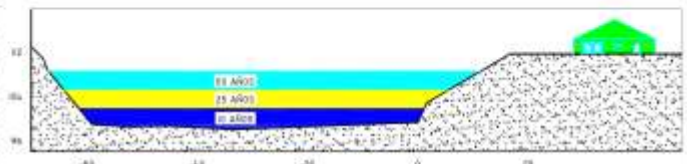


- CONTORNO DEL RIO
- T = 10 AÑOS
- T = 25 AÑOS
- T = 50 AÑOS

**PLANIMETRIA**  
ESCALA: 1:1000



CROQUIS DE UBICACION



SECCION TIPICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPTO. DE INGENIERIA Y ARQ.

DOCENTE DIRECTOR  
ING. MOYA TURCIOS

PROYECTO

UBICACION: COLONIAS JARDINES DEL RIO Y CARRIO 1

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO

CONTENIDO:  
**PLANO DE PELIGRO DE INUNDACION**

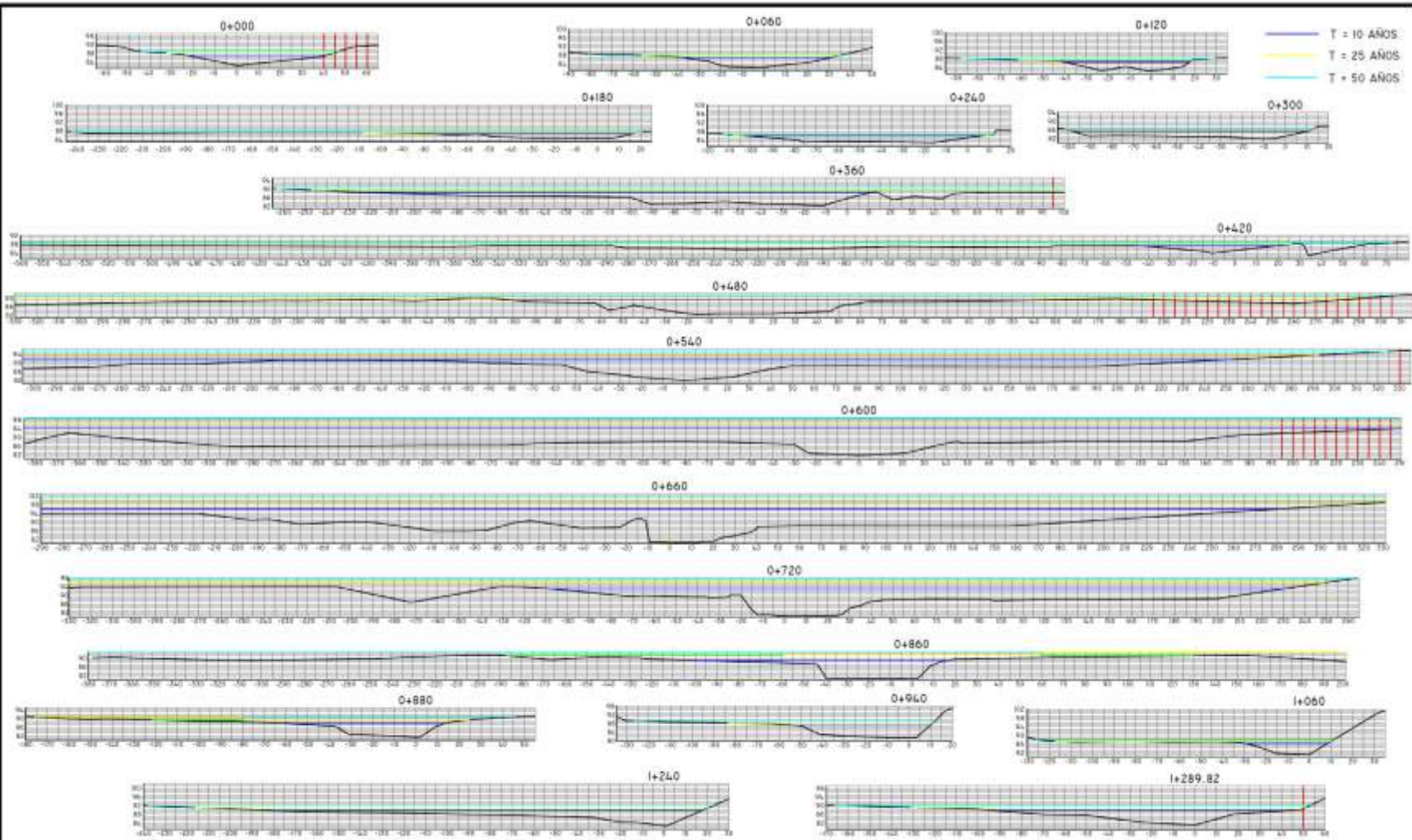
LONGITUD:  
1289.82 M

ESCALA:  
1:8000

DIBUJO:  
BALMORE CONTRERAS

FECHA:  
AGOSTO 2007

PLANO: 4.10



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

FECHA: AGOSTO 2007  
 DIBUJO: BALMORE CONTRERAS

DOCENTE DIRECTOR: ING. GUILLERMO MOYA TURCIÓS  
 UBICACION: COLONIAS JARDINES DEL RIO  
 PLANO: 4.10

CONTENIDO: ALTURA DE INUNDACION JARDINES Y CARRIO  
 LONGITUD: 1780.87 M  
 ESCALA: 1:1600

PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR 01001000000



# *Capítulo V*

## *Propuesta de Diseño de Obras de Protección.*

## **Capítulo V**

### **Propuesta de Diseño de Obras de Protección.**

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 Río Grande de San Miguel y por la posible eventualidad de un siniestro fenómeno Hidrometeorológico originado por el poder de la naturaleza. Y que debido a la intervención humana se reduce el impacto generado por esta.

#### **5.1 Metodologías Disponibles**

##### **Actividades de Gestión**

1. Conservación de suelos y reforestación
2. Zonificación y regulaciones legales
3. Implantación de un sistema de seguros
4. Instalación de sistemas de alarma y previsión

##### **Métodos estructurales**

1. Embalses de laminación
2. Corrección y regulación de cauces
3. Protección de cauces
4. Encauzamientos
5. Cauce de emergencias y trasvases

### **Procedimientos preventivos.**

Los métodos de prevención, es decir, los que se concretan en acciones a realizar previamente a la ocurrencia de la inundación, se pueden clasificar en dos clases completamente diferentes según que impliquen la construcción de obras, generalmente importantes “métodos estructurales”, o, por el contrario, se trate de actividades en las que la gestión tenga mucha mayor importancia que los costes materiales asociados; estos últimos se suelen denominar métodos no estructurales o de gestión.

Las medidas no estructurales para controlar las inundaciones, tienen el objetivo de prohibir o regular el desarrollo de la zona aluvial, o la cuenca hidrográfica, o proteger las estructuras existentes, a fin de reducir la posibilidad de que sufran pérdidas debido a la inundación. Al igual que toda medida preventiva, son menos costosas que el tratamiento (es decir, la instalación de las medidas estructurales necesarias para controlar las inundaciones). Esencialmente, las medidas no estructurales son beneficiosas, porque no tratan de regular el modelo natural de inundación del río. La filosofía actual de muchos planificadores y fomentadores de políticas, es que es mejor mantener los terrenos aluviales sin desarrollo, como áreas naturales de desbordamiento. Sin embargo, si existe desarrollo en la zona aluvial, se deberá utilizar control no estructural, conjuntamente, con las medidas estructurales.

La zonificación es un medio efectivo para controlar el desarrollo del terreno aluvial. Al destinar el terreno a la agricultura, los parques y las áreas de conservación, se protege la zona aluvial, y se previenen los usos del terreno que sean vulnerables a los daños causados por las inundaciones. Como las tierras húmedas cumplen una función natural de control, es de particular importancia implementar zonificación para prohibir las actividades en estas áreas que puedan reducir su capacidad de almacenamiento de agua.

Los reglamentos de las ordenanzas de zonificación pueden prohibir, o especificar, los tipos y funciones de las estructuras que pueden ser construidas en el cauce del alivio, o en el terreno aluvial, para reducir el riesgo de inundación. Por ejemplo, se puede prohibir la eliminación de las aguas negras y los materiales tóxicos o peligrosos, requerir que las estructuras tengan protección contra inundaciones, y rechazar la construcción de los edificios y caminos privados que puedan exacerbar los efectos de las inundaciones.

Las ordenanzas sanitarias y de la construcción pueden, además, contemplar especificaciones adicionales en cuanto al manejo de la zona aluvial. Las ordenanzas sanitarias pueden reducir el riesgo de los problemas de salud, que se originarán de la contaminación del agua potable luego de una interrupción en los sistemas de alcantarillado, a causa de la inundación. Las ordenanzas pueden prohibir la instalación de sistemas de absorción por el suelo (tanques sépticos, campos de absorción, etc) o requerir un permiso para su instalación. Las ordenanzas de la construcción pueden especificar los requerimientos estructurales de los edificios nuevos, para reducir su vulnerabilidad a la inundación, y disminuir los riesgos sanitarios y de seguridad para los ocupantes (los reglamentos en cuanto a las instalaciones eléctricas y elevación de los pisos), y reducir al mínimo el grado en que el edificio impida el flujo de las aguas.

Para poder aplicar las medidas no estructurales necesarias para controlar las inundaciones, debe existir control sobre el uso del terreno, y, por lo tanto, es una cuestión institucional. Las medidas no estructurales pueden ser efectivas en el grado en que el gobierno sea capaz de diseñar e implementar el uso adecuado del terreno. Finalmente, se pueden realizar diferentes actividades que ayudarán a reducir o demorar el flujo del agua de los terrenos, y aumentar la infiltración, y, por eso, reducir el riesgo de inundación. Estas actividades incluyen el manejo de la cuenca hidrográfica (aumentar la cubierta vegetal, especialmente en las pendientes, mejorar las prácticas agrícolas, implementar medidas para controlar la erosión de los arroyos, etc ) sembrar plantas junto

a las orillas de los ríos, y proteger y restringir el acceso a las tierras húmedas que ejercen un efecto natural para controlar las inundaciones.

### Aspectos Sociales

El principal aspecto social que se relaciona con la protección contra inundaciones, es la distribución desigual de los beneficios que se reciben, y los costos que se ocasionan entre las poblaciones afectadas por las medidas tomadas para controlarlas. Cuando los usos tradicionales de los terrenos aluviales para la pesca, la agricultura, o la ganadería, dependen de los ciclos naturales de inundación, estos se interrumpen debido a las medidas tomadas para proteger las otras comunidades (a menudo urbanas), a fin de controlar las inundaciones, y los campesinos no reciben la compensación adecuada por las pérdidas causadas.

Los moradores de las zonas aluviales reciben el mayor impacto del aumento de la inundación, causado por los cambios en el uso de la tierra, implementados por otros, aguas arriba; sin embargo, generalmente, tienen menos poder para producir cambios o exigir que el gobierno intervenga a su favor.

Determinación de la Extensión de la Zona Aluvial y la Frecuencia de las Inundaciones. A fin de evaluar el riesgo de inundación, hay que calcular la probabilidad de sufrir inundaciones de diferentes magnitudes en el sitio. Se requiere la siguiente información:

- El flujo anual máximo (el caudal máximo que haya ocurrido en un año específico) del río;
- El intervalo de reincidencia de los diferentes caudales picos (el promedio del intervalo de tiempo ( $T_r$ ), después del cual sea probable que ocurra el pico); y,

- El nivel o elevación máximo de la superficie del agua (o los límites físicos de las inundaciones) para cada caudal específico.

Como los datos estadísticos sobre los caudales máximos (se requiere la información de un período un mínimo de 10 años) y la extensión de las inundaciones para los diferentes caudales, a menudo, no están disponibles, se puede recolectar la información histórica de los residentes y archivos locales, y analizar la geología de los depósitos aluviales, para ayudar a determinar el período y la extensión de las inundaciones del área. Luego, se pueden preparar mapas, indicando las áreas susceptibles a inundación. Estos mapas son útiles para preparar los planes de uso y los reglamentos para las tierras del área.

### **Actividades de gestión.**

Las denominadas actividades de gestión no eliminan, prácticamente en ningún caso, los efectos y daños de las inundaciones, pero pueden reducirlos sustancialmente, sobre todo cuando se trata de fenómenos de frecuencia ordinaria o media; no obstante, su utilización coordinada con las actividades estructurales ya descritas permite incrementar la eficacia de aquéllas, e incluso disminuir sustancialmente las dimensiones que de otra forma deberían alcanzar las obras correspondientes.

La gran ventaja de las actividades de gestión es la ausencia de grandes inversiones iniciales, que, además, frecuentemente se pueden escalonar; por contra, su gran inconveniente es que exigen disponer de una organización especializada en estos temas. En todo caso es indudable que la mayor aplicación de este grupo de medidas se produce cuando existe un organismo principal que coordina todas las actividades hidráulicas posibles en la cuenca hidrográfica, o al menos la mayor parte de ellas, ya que entonces es más fácil planificar actuaciones adecuadas, efectuarlas en el momento oportuno e

integrarlas en la gestión hidroeconómica global. Las actividades de este tipo más frecuentemente utilizadas son las siguientes:

- Conservación de suelos y reforestación.
- Zonificación y regulaciones legales.
- Implantación de un sistema de seguros.
- Instalación de sistemas de alarma y previsión.

### **Conservación de suelos y reforestación.**

La mayor parte de los sedimentos que transporta un río, especialmente en avenidas, proceden de la erosión de las cuencas de cabecera; considerando que en muchos casos son precisamente estos sedimentos los que influyen, de forma decisiva, sobre los niveles que se producen en los cauces durante las inundaciones “además de aumentar en forma muy notable los daños que originan”, se comprende el interés que tiene el control de la erosión o lo que, en puro anglicismo, se denomina conservación de suelos.

Los motivos apuntados justificarían por sí solos el análisis del problema de la erosión de las zonas superiores de una cuenca a fin de controlar los daños que producen las inundaciones. Sucede, además, que cuando el terreno está desnudo de vegetación es mucho más fácilmente erosionable y no tiene la menor capacidad de retención frente a lluvias algo intensas; en consecuencia, el tiempo que tarda el agua de escorrentía en llegar a los cauces naturales es mucho menor que si los suelos están cubiertos de bosques o pastos y se incrementan las probabilidades de que, para la misma cantidad de lluvia total, se genere una avenida.

Si la cuenca está cubierta de bosques, o existe una buena capa de vegetación, se producirá mayor intercepción de la lluvia así como mayor infiltración de agua en el suelo, de manera que el caudal base de los ríos será mucho más estable, regular y será

menos probable y frecuente la formación de avenidas repentinas. No obstante, debe tenerse en cuenta que si bien es cierto que una política adecuada de conservación de suelos y una ordenación en la reforestación y explotación de los bosques puede conseguir sustanciales incrementos en la regulación hidrológica de la cuenca, e incluso en el control de avenidas pequeñas y medianas, es muy probable que tenga efectos pequeños, casi prácticamente nulos, sobre las crecidas extraordinarias, porque éstas se producen, normalmente, después de una larga temporada de lluvias intensas cuando el terreno ha quedado completamente saturado de agua.

En cualquier caso los beneficios que se producen con la reducción de las puntas de caudal de las crecidas más frecuentes, así como con la disminución de la erosión “incrementando, en consecuencia, la vida útil de las grandes obras hidráulicas y especialmente de los embalses”, son tan grandes que siempre es obligada, cuando se plantea la solución integral del problema de las inundaciones de una cuenca hidrográfica, la consideración de acciones dirigidas a la conservación del suelo. Las labores que implica el control de la erosión pueden variar desde la repoblación forestal hasta la construcción de pequeños azudes de retención. Es un problema interdisciplinario cuya correcta solución exige del concurso de un gran número de especialistas, pero que suele precisar pequeñas inversiones en relación con los beneficios indirectos que produce, especialmente a las zonas de menor cota de la cuenca.

En mayor o menor grado según las circunstancias y posibilidades de inversión se utilizan, como ya se ha dicho, todos los medios conocidos de lucha contra las inundaciones, se están llevando a cabo en todas las cuencas hidrográficas intercomunicarías sendos Planes Integrales de Restauración Hidrológica Ambiental; entre las numerosas actuaciones que contemplan están las destinadas a reforestar las cuencas, revegetar las márgenes y riberas y acondicionar los cauces en tramos puntuales.



### **Zonificación y regulaciones legales.**

Las medidas de zonificación y de ordenación legal están indicadas, principalmente, en aquellas cuencas aún no muy desarrolladas en las que se puede ordenar de manera racional el uso del territorio, de forma que las áreas más expuestas a las inundaciones se destinen a actividades en las que los daños potenciales no sean muy importantes. Esta ordenación se puede hacer de forma directa y definitiva, mediante la prohibición de implantar determinados usos, o en forma indirecta obligando, para permitir el emplazamiento de las instalaciones correspondientes, a disponer determinadas protecciones e imponiendo unos coeficientes de seguridad y determinadas peculiaridades en la construcción de edificios que, en cualquier caso, minimicen los peligros y daños potenciales.

Este tipo de ordenación es relativamente fácil de imponer en los tramos de los ríos donde aún no se ha producido un desarrollo acelerado, a menudo irracional, y se puede planificar el uso del suelo; desgraciadamente, en muchas de las zonas afectadas por las inundaciones, especialmente en las proximidades de las grandes ciudades, las construcciones ya han invadido los cauces de avenidas, cuando menos, y es preciso acudir a las soluciones estructurales previamente descritas que, no cabe duda, son mucho más costosas.

La regulación generalmente aceptada, en aquellos países donde se ha realizado, consiste en diferenciar tres zonas progresivamente menos sujetas a limitaciones de uso que se conocen, respectivamente, como de prohibición, restricción y precaución. La primera “zona de prohibición” corresponde al cauce de avenidas ordinarias y dentro de sus límites se veta la construcción de cualquier edificio u obra. La zona de restricción, adyacente a la anterior, suele quedar inundada durante las avenidas extraordinarias, pero en ella el agua discurre muy lentamente, a veces incluso en sentido contrario al normal, y contribuye poco al desagüe eficaz de la inundación. Si bien no se impide la construcción de edificios, ni otras obras, dentro de sus límites, sí se reglamentan las

condiciones que deben observarse en su proyecto y construcción así como las especificaciones de los materiales empleados; a menudo se fijan las cotas mínimas por encima de las cuales deben situarse las viviendas permanentes y los emplazamientos de maquinaria costosa, almacenes de productos caros y peligrosos, etc. La zona de precaución es la más alejada del cauce y corresponde a aquellos lugares que podrían ser alcanzados por una inundación de una frecuencia extremadamente pequeña y poco probable, pero no imposible; no se impide la construcción de ningún tipo de obras ni se imponen condicionamientos en los proyectos, pero se informa a los propietarios que quieren desarrollar alguna actividad en su interior sobre la cota hasta la que puede llegar el nivel de las aguas.

La base legal que existe en El Salvador se basa en las disposiciones de la Ley de Aguas de 1985 y de los Reglamentos que la desarrollan, ya que no han sido modificados de forma substancial a este respecto por la Reforma recientemente aprobada. En definitiva, se delimitan diversas zonas en las márgenes de los ríos de acuerdo con las siguientes prescripciones:

**a.** Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (Art. 4). Se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural, producidos durante diez años consecutivos que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente (Art. 4 del Reglamento). Esta zona “con independencia de la dificultad de su determinación, acometida con carácter general por el denominado Proyecto Linde” es evidentemente una zona de prohibición.

**b.** Se entiende por márgenes los terrenos que lindan con los cauces. La Ley de Aguas (Art. 6) establece que las márgenes de los cauces estarán sujetas a una zona de servidumbre de cinco metros y a una zona de policía de cien metros, en

la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que se desarrollen, lo que sin duda la convierte en zona de restricción, ya que, además, el artículo 78.1 del Reglamento regula que para realizar cualquier tipo de construcción en zona de policía de cauces se exige la autorización previa del Organismo de cuenca, a menos que éste hubiera informado, con carácter general, los correspondientes Planes de Ordenación Urbana.

c. La zona de precaución podría identificarse con la que se limite, en cada caso, a partir de la aplicación del artículo 11.2 de la citada Ley de Aguas y de su Reforma, en las que se dispone: "El Gobierno, por Real Decreto, podrá establecer las limitaciones en el uso de las zonas inundables que estime necesarias para garantizar la seguridad de personas y bienes. Los Consejos de Gobierno de las Comunidades Autónomas podrán establecer, además, normas complementarias de dicha regulación". La citada Reforma de la Ley de Aguas ha añadido un nuevo párrafo a este Artículo 11 que dice: "... los Organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo y, en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables". Es conveniente recordar que las zonas inundables se definen (Art. 14.3 del Reglamento) como las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de quinientos años, a menos que el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, a propuesta del Organismo de cuenca, fije, en expediente concreto, la delimitación que en cada caso resulte más adecuada al comportamiento de la corriente.

Debe tenerse en cuenta, también, al objeto de definir estas diferentes zonas, que la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones

(BOE del 14 de febrero de 1995) establece la necesidad de clasificar las zonas inundables según los siguientes criterios:

- a. *De inundación frecuente*: son las que resultan afectadas por las avenidas de cincuenta años de recurrencia.
- b. *De inundación ocasional*: cuando resultan afectadas por avenidas entre cincuenta y cien años de periodo de retorno.
- c. *De inundación excepcional*: aquellas que son inundadas por avenidas entre cien y quinientos años de periodo de retorno.

Del cruce de ambas clasificaciones puede deducirse que las zonas de prohibición y restricción que se deducen de las definiciones de la Ley de Aguas son valores mínimos que pueden ser ampliados a juicio del Organismo de cuenca, en cada caso, aplicando los criterios de frecuencia en las inundaciones que se deducen de la aplicación de la mencionada Directriz Básica de Planificación.

### **Implantación de un sistema de seguros.**

Este método es una modalidad de las regulaciones legales que se pueden utilizar cuando se ordena la zonificación de una cuenca; consiste en la obligación de asegurar contra las inundaciones los edificios y actividades que se desarrollan en las áreas sujetas a las inundaciones. Como es natural, las primas han de ser función de la zona en que está emplazada la instalación y de la medida en que se cumplen los requisitos oficiales respecto a cotas y tipologías estructurales y características de los materiales. El sistema está basado en la obligación de disponer de una cobertura económica por realizar determinada actividad en un lugar sujeto a un peligro cuantificado de antemano, con cierta aproximación, que será mayor o menor según se cumplan los requisitos legales establecidos al efecto.

Lo más importante es lograr imponer, por vía directa o indirecta, la obligación de establecer seguros a este respecto porque, de esta forma, en caso de inundación las indemnizaciones y auxilios públicos serán de relativa poca importancia y, lo que es más importante, el coste de desafiar a la inundación lo pagará en su mayor parte quien se beneficia de un emplazamiento ventajoso en un lugar comprometido por las inundaciones. Por supuesto existen situaciones en que no hay otra alternativa de localización y el Estado podrá, en tales casos, conceder las ayudas pertinentes e incluso suscribir las pólizas él mismo. En definitiva se trata de que en los estudios económicos para decidir la localización más adecuada para cierta actividad se valoren y asuman los costes ciertos que suponen los riesgos de una inundación y no se externalicen al resto de la comunidad por la vía de las indemnizaciones.

### **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.

Está disponible el Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) en todas las cuencas de la vertiente mediterránea, además de en las del Guadalquivir y Tajo; en las restantes el sistema está en diferentes fases de redacción de su proyecto o construcción. El S.A.I.H. permite conocer en tiempo real el estado de una serie de

variables hidrológicas e hidráulicas que aportan información sobre el estado de la cuenca, tanto en situación normal como durante las avenidas.

El S.A.I.H, que comenzó su implantación en 1983, consta no solamente de los equipos que permiten la toma de datos y su envío a los centros de decisión sino de toda una serie de modelos de simulación del comportamiento de las avenidas e inundaciones para las diferentes cuencas y de aplicaciones de ayuda a la decisión “basadas en la tecnología de inteligencia artificial y sistemas expertos” que facilitan notablemente la operación de las infraestructuras hidráulicas durante las avenidas.

### **Métodos estructurales.**

Para controlar las inundaciones, en riberos y mejoramiento al canal, incrementan la capacidad del río, aumentan su velocidad de flujo, o logran los dos efectos, simultáneamente. Las modificaciones al canal que se pueden realizar son: dragarlo para que sea más ancho o profundo, limpiar la vegetación u otros residuos, emparejar el lecho o las paredes, o enderezarlo; todo esto ayuda a aumentar la velocidad del agua que pasa por el sistema, e impedir las inundaciones. Al enderezar el canal, eliminando los meandros, se reduce el riesgo de que el agua rompa la orilla del río en la parte exterior de las curvas, donde la corriente es más rápida y el nivel es más alto.

Los procedimientos que se incluyen dentro de este grupo exigen, generalmente, inversiones bastante cuantiosas, incluso en valor actualizado, y suelen ser de mayor efecto inmediato, sin que esto quiera decir que sean necesariamente más eficaces a largo plazo. Las soluciones más frecuentemente utilizadas se pueden incluir en alguna de las tipologías que se indican a continuación y que son definidas y descritas, someramente, en los apartados posteriores:

- Embalses de laminación.
- Corrección y regulación de cauces.
- Protección de cauces.
- Encauzamientos de emergencia y trasvases.
- Obras de drenaje.

Algunas de estas infraestructuras sirven para proteger contra todo tipo de posibles daños, mientras que otras son más apropiadas para algunos de ellos solamente. En ocasiones “cuando se contempla el problema global de una región suficientemente extensa” es preciso acudir al empleo, de manera coordinada, de todas las tipologías enumeradas. Ejemplos destacables de esta necesidad de acción conjunta lo constituyen los Planes Generales de Protección contra las Avenidas de la cuenca del Río Grande de San Miguel, que ha sido fuertemente castigada por las inundaciones.

### **Embalses de laminación.**

Este tipo de protección consiste en la construcción de presas capaces de crear volúmenes de embalse suficientes para laminar la avenida afluyente, de forma que, aguas abajo de las correspondientes presas, el caudal circulante, y por lo tanto el nivel de agua en el cauce, quede perfectamente controlado; la aseveración anterior no debe entenderse como que no suba dicho nivel sino que no rebase límites aceptables establecidos de antemano. Se trata de guardar en el embalse, temporalmente, el agua de la avenida de manera que se pueda soltar posteriormente, de manera controlada, durante plazos mucho mayores a los de duración de la avenida natural. La ventaja fundamental que presenta este procedimiento se deriva del hecho de poder limitar la propagación de grandes caudales por las zonas a proteger, de manera que el riesgo de que resulten inundadas disminuye enormemente, e incluso se puede llegar a anular si la capacidad del embalse de laminación es suficientemente grande.



**Figura N° 5.1:** Presa de El Judío sobre la rambla del mismo nombre.

La contrapartida negativa del método, además de su coste generalmente alto, estriba en la necesidad de inundar terrenos; el procedimiento traspone el riesgo de inundar, repentinamente y sin control, extensiones de terrenos de gran valor en las zonas más pobladas y de mayor actividad económica, por la inundación localizada y segura de los terrenos del embalse; es evidente que si la solución está bien elegida permitirá disminuir los daños potenciales. No debe olvidarse, sin embargo, que la implantación del embalse exigirá, en mayor o menor grado según los casos, expropiar terrenos y movilizar poblaciones; es decir, se producirán afecciones a determinadas zonas y habitantes para beneficiar a otras, y aunque no cabe duda de que debe realizarse aquello que sea mejor para el conjunto de la sociedad, no es menos cierto que los intereses afectados deberán compensarse “no sólo económicamente” de la mejor y más generosa forma posible.

En todo caso, conviene considerar que los embalses destinados al control de inundaciones deben estar vacíos la mayor parte del año, a fin de cumplir la misión para la que han sido implantados, de forma que los terrenos ocupados por el embalse pueden utilizarse para actividades en precario, como son, por ejemplo, las agropecuarias estacionales.



En cuanto al control, es la de reducir los caudales picos, que ingresan a un área propensa a inundaciones. La operación de un reservorio para controlar inundaciones es muy diferente al de funcionamiento hidroeléctrico, o para riego. En vez de mantener altos los niveles de agua, a fin de tener una mayor carga hidrostática o fuente de agua para riego, su operación para controlar las inundaciones requiere que se mantengan bajos los niveles de agua, antes y durante la temporada de inundaciones, para tener la capacidad de almacenar las crecientes de agua. Sin embargo, la eventual liberación del agua puede causar problemas. En vez de estar inundadas a una mayor profundidad, durante un período más corto de tiempo, algunos terrenos están inundadas a una profundidad, mucho menor, pero durante un período mucho más largo. Posiblemente, esto no sea compatible con los sistemas agrícolas existentes. Los efectos ambientales de las represas y reservorios, que se tratan en detalle en un artículo específico, no serán analizados aquí.

### **Corrección y regulación de cauces.**

Puede causar algunos impactos ambientales negativos. Cualquier medida que aumente la velocidad de la corriente, incrementará la capacidad del agua para causar erosión. Los problemas de erosión y sedimentación pueden ocurrir en el sitio, o aguas abajo. Al revestir los canales, se reducen o se eliminan todos los factores que impiden el flujo, pero esta práctica produce problemas estéticos y ambientales, incluyendo la reducción de la renovación de las aguas freáticas, y trastornan las poblaciones con la eliminación de los desechos del dragado. El mejoramiento del canal puede aliviar los problemas causados por las inundaciones en el área tratada; sin embargo, los picos serán más altos aguas abajo, y, simplemente, se ha transferido el problema a otra parte.

En el ámbito de este epígrafe se incluyen todas aquellas obras que permiten modificar el cauce actual de un río aumentando su capacidad de transporte, para cada nivel del agua, de manera que los terrenos ribereños estén protegidos frente a caudales superiores a los que los inundarían en la situación actual; además de la resolución de los

problemas hidráulicos, más o menos triviales, que comporta la construcción de las obras incluidas en este grupo, las verdaderas dificultades del tema se presentan en el análisis y previsión de los fenómenos relativos al transporte de sedimentos y su influencia sobre la estabilidad del cauce modificado, tanto por cuanto se refiere a la extensión de dicha influencia (local o generalizada) como a su evolución en el tiempo. Los trabajos que se pueden realizar son de índole muy diversa, pero a efectos de clasificación se pueden encuadrar en los tres grupos siguientes:

- Disminución de la rugosidad.
- Dragado del cauce.
- Cortas en el río.

El primero “disminución de la rugosidad” consiste en la eliminación en el cauce de malezas, plantas acuáticas, árboles y obstáculos de cualquier tipo con el fin de disminuir la rugosidad, al objeto de incrementar la velocidad y aprovechar mejor el cauce existente, que de esta forma podrá transportar mayores caudales con el mismo calado o disminuirá respecto al calado actual cuando circulen los mismos caudales. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, la posibilidad de que al aumentar la velocidad del agua se erosionen las márgenes y se destruya el equilibrio dinámico del cauce, incrementando el volumen de sedimentos y forzando la elevación de un tramo del lecho del cauce para que aumente la pendiente longitudinal hasta alcanzar la que es capaz de transportar la nueva cantidad de sedimentos.

El dragado del cauce pretende ampliar la sección transversal ya sea incrementando el calado o la anchura del río. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que un dragado local influye tanto hacia aguas arriba como hacia aguas abajo del tramo dragado, por cuanto la disminución de la cantidad de sedimentos que circulaba por el tramo de aguas abajo incrementa el poder erosivo del agua y genera un cambio del régimen hidráulico que

implica un descenso general del lecho del río, en ambos extremos del tramo dragado, y un aumento significativo de la pendiente longitudinal.

Las cortas “como su propio nombre indica” enlazan mediante un nuevo cauce artificial de menor longitud dos puntos del río, en zonas generalmente meandriformes. Al disminuir la longitud del cauce aumenta la pendiente de la línea de agua, por lo que se incrementa la velocidad del agua y disminuye consecuentemente su calado, que es el objetivo perseguido; debe tenerse en cuenta, no obstante, que este aumento de velocidad implica una erosión en el tramo de aguas arriba que producirá a su vez un aumento de los sedimentos y, en consecuencia, su transporte hacia el tramo de aguas abajo de la corta hasta que se estabilice la pendiente longitudinal del río, que, finalmente, será paralela a la inicial y producirá un descenso del lecho del río aguas arriba de la corta. Cuando las cortas se suceden “por ejemplo en una zona de meandros que se regulariza”, el problema se complica por las sucesivas acciones superpuestas de cada una de ellas, pero el efecto final es un descenso global del lecho del río. Las cortas han sido un elemento bastante utilizado para incrementar la capacidad de desagüe en los tramos finales de los ríos; por ejemplo, en el ya mencionado del río Segura.

Debe tenerse en cuenta que la ejecución de una corta modifica “a veces profundamente” la organización territorial de los terrenos ribereños, produciéndose efectos –positivos y negativos– que es preciso analizar en detalle para evaluar las ventajas e inconvenientes de tal solución. El hecho de que se anulen tramos completos del río actual implica también una serie de afecciones a un número importante de servicios, que deben reponerse, y generan la posible recuperación de extensos terrenos en zonas periurbanas que pueden ser recuperados para actividades sociales, pero para los que también existirán importantes apetencias de recalificaciones urbanísticas.

### **Protección de cauces**

El objetivo fundamental de las obras de protección que se realizan en los cauces es impedir la erosión de sus márgenes originada por la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño; es evidente que si este proceso se produce en situaciones de régimen hidráulico normal, mayor será el peligro de erosión durante las avenidas e inundaciones. Se incluyen en este grupo únicamente obras localizadas, como son, por ejemplo, la protección de curvas, obras de cruce o zonas de materiales débiles, cuyo colapso acarrearía la inundación de los tramos adyacentes, porque cuando es preciso proteger todo un tramo del río se recurre a la corrección de su régimen mediante los procedimientos ya analizados y/o los encauzamientos totales. Dado que, como se ha dicho, este método se aplica en puntos localizados, es especialmente interesante para proteger algunas poblaciones y, singularmente, las vías de comunicación.

Conviene tener en cuenta que en un cauce natural siempre se producirán erosiones en determinados puntos; sin embargo, esto no significa que sea preciso proceder a su protección, a menos que el fenómeno de degradación consiguiente sea muy rápido, pueda producir cambios en el régimen hidráulico del río o el problema afecte a puntos singulares (puentes, obras de toma, etc.) que no admitan erosión alguna. En definitiva, puede establecerse que estas obras de protección tienen por objeto evitar la erosión de zonas localizadas mediante obras singulares y partiendo del supuesto de que no es posible, al menos económicamente, eliminar el problema disminuyendo la velocidad del agua.

Los métodos constructivos que se utilizan no son, en general, de gran sofisticación técnica y se basan en el empleo masivo de materiales que se puedan encontrar in situ; solamente cuando el punto a proteger es una obra costosa, o de gran importancia desde el punto de vista del servicio público (puentes, derivaciones, etc.), se emplean los materiales y técnicas constructivas más desarrollados y no es raro, en estos casos, acudir al empleo de pantallas de tablestacas metálicas, pantallas continuas

construidas mediante empleo de lodos tixotrópicos, pantallas de pilotes secantes, tierra armada, plásticos especiales o geocompuestos, etc. En el caso más común, es decir, cuando se trata de proteger una curva donde la velocidad del agua, para caudales medios, supera a la crítica de arrastre del material de la margen, los métodos de protección normalmente utilizados consisten en máscaras superficiales y en espigones. El carácter de obras puntuales que tienen este tipo de actividades las convierte, generalmente, en poco agresivas hacia el ambiente y de pequeña influencia sobre los ecosistemas del río.

### **Encauzamientos**

Riberas artificiales, bordas naturales mejorados y diques.

Aumentan la capacidad del canal y mantienen toda el agua dentro del mismo, con la excepción de las crecientes que sean extraordinariamente altas. Sin embargo, al igual que las medidas de mejoramiento de los canales, estas estructuras tienden a transferir el problema a las áreas situadas aguas abajo, y éstas, a su vez, sufren también, o es necesario invertir fondos públicos para implementar las medidas urgentes a fin de controlar las inundaciones en esas áreas. Los diques que se construyen en el terreno aluvial, con el propósito de excluir el agua de ciertas áreas, intervienen en la hidrología del área, y pueden tener impactos en el hábitat y el movimiento de la fauna y el ganado.

Las depresiones para desbordamiento, usualmente, son pantanos entre los riberos del río y los costados del valle. Asimismo, es posible construir depresiones artificiales para las aguas. Las depresiones de detención o embalses pequeños se emplean, a menudo, cerca de las áreas urbanas, para interceptar y recolectar el flujo antes de que llegue al río; también son efectivos para reducir los caudales picos. Las depresiones tienen un efecto positivo en cuanto al reabastecimiento de los acuíferos, y permiten que se asienten los sedimentos suspendidos, que, de otra manera, fluirían hacia el canal. Sin embargo, pueden convertirse en hábitats para los vectores de las enfermedades.

Se entiende por encauzamiento el conjunto de obras que se precisan para fijar, en límites predeterminados, el cauce de un río con objeto de que la sección transversal y la pendiente longitudinal resultantes permitan el paso de un caudal máximo, que se denomina caudal de proyecto. Se trata de conseguir una sección transversal de dimensiones relativamente reducidas en la que, sin embargo, la disminución de la rugosidad por una parte “utilizando materiales, como el hormigón, que producen menos rozamiento que los naturales” y el incremento de la pendiente longitudinal por otra incrementan la capacidad del río para transportar agua. Aunque este es el fundamento teórico de todas las soluciones de encauzamiento existen diferencias importantes entre las canalizaciones, por una parte, y los diques longitudinales, por otra.

Se entiende por canalización de un tramo de río la ejecución de una serie de obras “generalmente muros longitudinales” que delimitan la sección transversal del cauce en espacios relativamente reducidos; pueden ir acompañadas, o no, por otras de protección localizada “máscaras, refuerzos, espigones, etc.” que garanticen la estabilidad del cauce y consigan, frecuentemente mediante la profundización del lecho, una mayor capacidad de transporte durante las avenidas. Este tipo de obras se suele hacer para encauzar los ríos a su paso por las poblaciones, especialmente cuando éstas han crecido tanto a lo largo y ancho de sus márgenes que no es posible ampliar la sección natural de los cauces debido al enorme valor que han adquirido los terrenos. En la figura N° 5.2 se puede visualizar la canalización del río Nervión en Llodio, que se proyectó para un caudal de  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ , correspondiente a 100 años de periodo de retorno.

Al analizar el efecto de este tipo de obras sobre el equilibrio y la evolución del cauce debe tenerse en cuenta que el estrechamiento del cauce natural aumenta la capacidad de transporte de sedimentos, porque se aumenta la velocidad, y, en consecuencia, el efecto inicial será una erosión ligera en el tramo canalizado, que está protegido, y más fuerte aguas abajo, contra una sedimentación aguas arriba; posteriormente, cuando se estabilice el cauce, la pendiente longitudinal del río será la

misma aguas arriba y más suave que la anterior en el tramo en cuestión pero, en ambos casos, el lecho estará más bajo que el inicial; el efecto aguas abajo se difuminará en una distancia mucho menor.



**Figura Nº 5.2:** Canalización del río Nervión en Llodio.

La intercalación de un tramo absolutamente artificial en el discurrir del río no cabe duda de que afecta a los ecosistemas naturales, por lo que cuando sea necesario utilizar una solución de este tipo deberán analizarse las repercusiones globales y tratar de encontrar procedimientos que disminuyan los efectos y, en su caso, compensar los negativos mediante acciones complementarias en otros tramos del río. El hecho de que los tramos canalizados atraviesen las ciudades aconseja prever los procedimientos mediante los cuales, en circunstancias hidrológicas normales, el cauce esté siempre ocupado por el agua, ya que produce un efecto de lámina de agua de gran valor paisajístico “e incluso recreativo” en una ciudad.

Los diques longitudinales son una variedad de encauzamiento constituido por diques “generalmente de altura relativamente reducida”, suficientemente alejados del

cauce principal, que permiten aumentar el nivel de las aguas por encima del que alcanzarían en condiciones naturales, de forma que se incrementa el calado de la sección y, en definitiva, la capacidad de desagüe; se restringe así, simultáneamente, la inundación a la zona comprendida entre los diques sin que la crecida afecte a las propiedades limítrofes. En nuestro país acompañan muchas veces a las canalizaciones de fábrica y las complementan cuando los caudales de avenida superan el máximo que aquéllas pueden transportar. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que esta solución agrava de manera sustancial los problemas del drenaje normal de la cuenca adyacente “impedido por los diques” hacia su colector natural, que es el río, por lo que exige la construcción de un sistema que lo resuelva, que puede estar basado en estaciones de bombeo, canales de desvío, embalses temporales y diques en los tributarios.

Un aspecto muy importante “que debe tenerse muy en cuenta con este tipo de solución” es que en el caso de que fallen los diques, o se produzca una inundación superior a la prevista, se pueden generar enormes peligros a las personas y daños a las propiedades colindantes debido, respectivamente, al ambiente de seguridad absoluta que se crea instintivamente entre las poblaciones ribereñas protegidas y a la construcción adyacente de instalaciones muy costosas. El problema de la determinación del caudal máximo que se pretende desaguar “el llamado caudal de proyecto”, y en definitiva del grado de protección que se consiga, es fundamental cuando se utiliza este tipo de solución, debido a la enorme repercusión que tiene sobre el coste total un pequeño aumento de la altura de los diques, puesto que afecta, normalmente, a muy grandes longitudes y puede suponer un porcentaje muy elevado del coste de construcción de las obras.





**Figura Nº 5.3:** Encauzamiento del río Segura a su paso por la Vega Baja.

La repercusión sobre los costes de las obras de la magnitud del caudal de proyecto fue un tema que se analizó detenidamente durante la redacción del proyecto de encauzamiento del río Segura entre la Contraparada y Guardamar. Se contemplaron diversos escenarios, definidos por avenidas con diferentes periodos de retorno y varias hipótesis relativas al elenco de estructuras de laminación previstas en el Plan General de Defensas; después de un detenido análisis de la problemática así concretada se decidió proyectar un encauzamiento con una capacidad de  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ , asociado a un periodo de retorno de 50 años, por cuanto caudales superiores significaban costes absolutamente imposibles de asumir, debido a su repercusión sobre la cirugía urbanística que implicaban. En todo caso, la complejidad del sistema de defensas del río Segura permite una serie de maniobras y proporciona un preconocimiento de datos básicos que disminuyen de manera drástica los daños potenciales para caudales superiores a los citados  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La proximidad inmediata de los diques longitudinales a las propiedades que pretenden proteger “y el hecho de que muchas veces en las que se elige esta solución el nivel del agua en avenidas es superior al de la plana aluvial” implica, en caso de fallo, unos daños enormes e incluso un grave peligro para las vidas humanas; esta consideración aconseja que este tipo de obra se proyecte siempre con amplios coeficientes de seguridad. La solución de diques longitudinales puede utilizarse con éxito, sin embargo, en zonas aún no muy pobladas si se construyen de forma que no afecten a la evolución del régimen y curso del río, situándolos sobre lo que se suele denominar "cinturón de meandros" y que, en realidad, son las curvas exteriores paralelas a las envolventes de aquéllos.

Este emplazamiento de los diques, además de no afectar al régimen hidráulico del río, tiene la ventaja adicional de que tales diques pueden ser de mucha menor altura por cuanto la sección transversal comprendida entre ellos es mucho mayor; por otra parte, los terrenos internos se pueden utilizar para actividades secundarias “cultivos estacionales, pastoreo, ocio, etc.” fuera de la temporada sujeta a inundaciones cuando, como ocurre muchas veces, son estacionales; preservan, además, una gran zona del acoso de las construcciones urbanísticas. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que los sedimentos que durante las inundaciones se depositaban en toda la plana aluvial, fertilizándola en muchos casos, quedarán ahora localizados en el área mucho menos extensa protegida por los diques.

### **Cauces de emergencia y trasvases**

En muchas ciudades que precisan protección contra las inundaciones es muy frecuente que la situación urbanística sea tal que ya no es posible, desde un punto de vista económico, conseguir, con ningún tipo de encauzamiento u obras de regulación, el paso de la crecida por el cauce antiguo; por ello es preciso habilitar uno nuevo que contornee la ciudad y transporte parte o todos los caudales. Lo normal en estos casos es que la solución más económica y adecuada para mejorar la calidad de vida en la ciudad

sea dejar el cauce existente para que circulen los caudales normales y hacer circular las crecidas por uno nuevo en el que se permitan, en precario pero fuera de la temporada de avenidas, actividades agrícolas estacionales y/o deportivas.

Cuando la solución es contornear la ciudad no debe olvidarse que los caudales derivados vuelven, aguas abajo, al río existente, por lo que debe asegurarse mediante los modelos necesarios “físicos o matemáticos” que el remanso que se produce hacia aguas arriba desde el punto de confluencia no afectará a los tramos que se pretende proteger. Si no existe un antiguo ramal del río, o una depresión, y es preciso construir un nuevo cauce, suele ser más económico y aconsejable, cuando es factible, utilizar soluciones de sección transversal de gran anchura y sin excavación “es decir, a base de diques longitudinales”, que excavar para obtener el necesario cauce. En todo caso, la solución exige la construcción de una estructura de control que limite, o anule, el caudal máximo que ha de circular por el cauce antiguo y permita derivar al nuevo cauce los caudales previstos.

Esta solución se utiliza también con cierta frecuencia en las zonas finales de los ríos, en cuyas márgenes se suelen acumular industrias, poblaciones e incluso zonas portuarias; en estos casos, la solución casi siempre consiste en construir un nuevo cauce para el caudal máximo previsto y abandonar prácticamente el antiguo.

Cuando se sustituye completamente el cauce es frecuente que se incremente la longitud respecto a la del río actual, por lo que, puesto que la cota del punto de confluencia con el mar debe ser la misma, se produce una disminución de la pendiente longitudinal que implica una menor capacidad de transporte de sedimentos; es preciso entonces tomar las medidas oportunas, en relación con la sección transversal, para evitar la elevación del perfil longitudinal del río aguas arriba del punto en el que se ha realizado la desviación.

Los trasvases pueden considerarse como cauces de emergencia y, en general, tienen la misma problemática que éstos con la única diferencia de que su punto de destino es otro río cuyas características hidráulicas será preciso analizar también; no es una solución frecuente a menos que se trate de zonas muy planas con ríos muy próximos, donde los canales de trasvase puedan servir en ambas direcciones, de forma que sea posible derivar aguas de uno a otro, según convenga en cada caso, en función de la cuenca en la que se ha generado la inundación. El empleo de esta alternativa exige que los ríos, además de discurrir a distancias relativamente próximas, tengan regímenes hidrológicos tales que no faciliten la presentación de avenidas simultáneas o, al menos, que sus hidrogramas estén desplazados en el tiempo y permitan manipular los caudales y enviarlos al cauce más adecuado en cada momento. No son obras muy frecuentes para estas herramientas de lucha contra las inundaciones.

### *Cauces de alivio*

También llamados desvíos de caudales altos o vertederos, son canales de desvío naturales o artificiales, o conductos que envían las aguas fuera de los centros urbanos, o áreas pobladas de alta densidad. Más abajo, el agua puede ser devuelta al río, donde se originó. Las estructuras para controlar las inundaciones son costosas. Además, dan un sentido falso de seguridad, porque la agente piensa que se ha eliminado el riesgo de inundación, en vez de sólo reducirlo. Esto les puede estimular a que aumenten el desarrollo de los terrenos aluviales, causando resultados desastrosos en el caso de una creciente inusualmente alta, o la falla de las estructuras de control. Cada estructura de protección se calcula para un determinado caudal, que corresponde a un tiempo medio de retorno. Además de los impactos de las estructuras en el medio ambiente, se deben considerar los factores ambientales que influyen en el control de las inundaciones. Las infraestructuras u otras obras en el terreno aluvial, no solamente significan riesgos para la gente de allí mismo (dependiendo de su vulnerabilidad), sino que aumentan el riesgo para los vecinos y las otras personas que viven en las comunidades aguas abajo. Los

edificios, por ejemplo, al obstruir el flujo del agua, pueden aumentar la altura y la velocidad de la inundación, reducir la capacidad de almacenamiento del terreno aluvial, y aumentar el caudal.

Los eventos naturales, como los incendios, ventarrones, o cambios de rumbo del río, influyen en las inundaciones. Las actividades humanas en la cuenca hidrográfica, como la tala de los árboles o el desbroce para agricultura, en general, aumentan el flujo, al igual que el labrado de los terrenos inclinados sin implementar las terrazas adecuadas, o el surcado en contorno. Al impermeabilizar el terreno de la cuenca hidrográfica y de la zona aluvial, se aumentará el caudal y el volúmen de las avenidas; al instalar los sistemas de alcantarillado para tormentas, se aumentará el flujo; al instalar los sistemas de alcantarillado para tormentas, se aumentará la cantidad y velocidad del ingreso de las aguas lluvias al sistema del río.

## **5.2 Criterios de Selección Para el Diseño de Obras de Protección.**

Efectuado el análisis correspondiente y habiéndose comprobado la existencia de las Inundaciones para los sectores que están en nuestra área de estudio, se plantean algunas alternativas técnicas de solución a los problemas estudiados, señalando sus Ventajas y Desventajas, lo cual aun dado un estudio Hidrológico e Hidráulico para cada una de las colonias seleccionadas en el Capítulo IV, se dará una pauta para recomendar que Obra de Protección se considerará para cada una de ellas la cual se considere técnicamente más viable.

Hay que hacer notar, que tal como se expresó en los alcances de este trabajo, el análisis solo llegara a presentar una propuesta de solución técnicamente para los problemas de Inundación, que para lo cual se Diseñaran Obras que Mitiguen este problema, tomando como criterios de selección el hecho de que la obra a proponer sea

razonablemente viable según las características que presente cada Estructura a Diseñar, en el cual se llegara a una posible solución para la misma. Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear dependerá de unas series de factores y variables.

A continuación se presentan algunas de las metodologías que se han utilizado para disminuir o eliminar el Riesgo para los problemas de Inundación:

### **Estructuras de Contención o Protección.**

Las estructuras de contención o protección son obras civiles construidas con la finalidad de proveer estabilidad contra la rotura de macizos de tierra o roca. Son estructuras que proveen soporte a estos macizos y evitan el deslizamiento causado por su peso propio o por cargas externas. Ejemplos típicos de estructuras de contención son los muros de contención, Estructura de Suelo Reforzado y las estructuras ancladas. Aunque la geometría, el proceso constructivo y los materiales utilizados en las estructuras citadas sean muy diferentes entre si, todas ellas son construidas para contener la posible rotura del macizo, soportando las presiones laterales ejercidas por este.

El análisis de una estructura de contención consiste en el análisis del equilibrio del conjunto formado por el macizo de suelo y la propia estructura. Este equilibrio es afectado por las características de resistencia, deformabilidad, permeabilidad y por el peso propio de esos dos elementos, además de las condiciones que rigen la interacción entre ellos. Estas condiciones tornan el sistema bastante complejo y hay, por tanto, la necesidad de adoptar modelos teóricos simplificados que tornen el análisis posible.

Estos modelos deben tener en cuenta las características de los materiales que influyen en el comportamiento global, además de la geometría y las condiciones locales. Del lado del muro deben ser considerados su peso propio, resistencia, deformabilidad y

geometría. Aparte de eso, son necesarios datos sobre las condiciones de drenaje local y cargas externas aplicadas sobre el suelo. Del lado de la estructura deben ser considerados su geometría, material empleado y sistema constructivo adoptado. Finalmente, del punto de vista de la interacción, deben ser consideradas en el análisis las características de las interfaces entre el suelo y la estructura, además de la secuencia constructiva.

Este es el caso típico de muro de contención analizado en los textos de mecánica de suelos y fundaciones. Se supone que el suelo es homogéneo y se genera una presión de tierras de acuerdo a las teorías de Rankine o Coulomb y la fuerza activa tiene una distribución de presiones en forma triangular.

### **Tipos de Estructura de Contención.**

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

- ▶ Estructuras a Gravedad.
- ▶ Estructura en Suelo Reforzado.
- ▶ Estructuras Ancladas.
- ▶ Estructuras Enterradas.
- ▶ Revestimiento de Talud.

## 1. Muros Masivos Rígidos.

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

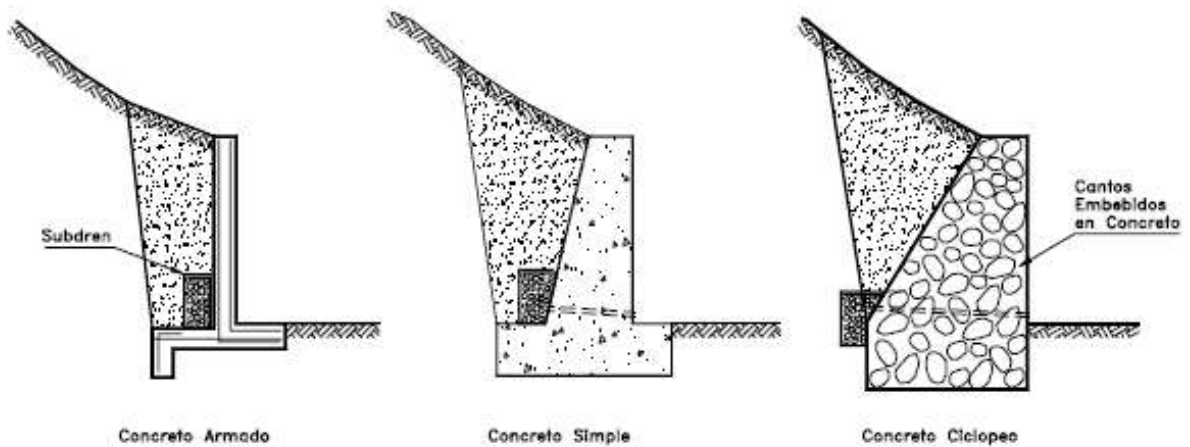


Figura N° 5.1: Esquema de Muros Rígidos

Cuadro N° 5.1: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Muro Rígido.

Muro	Ventajas	Desventajas
Concreto Armado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo a su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto Simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto Ciclópeo	Similares a de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca) no pueden soportar esfuerzos de deflexión grandes.



## 2. Muros Masivos 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.

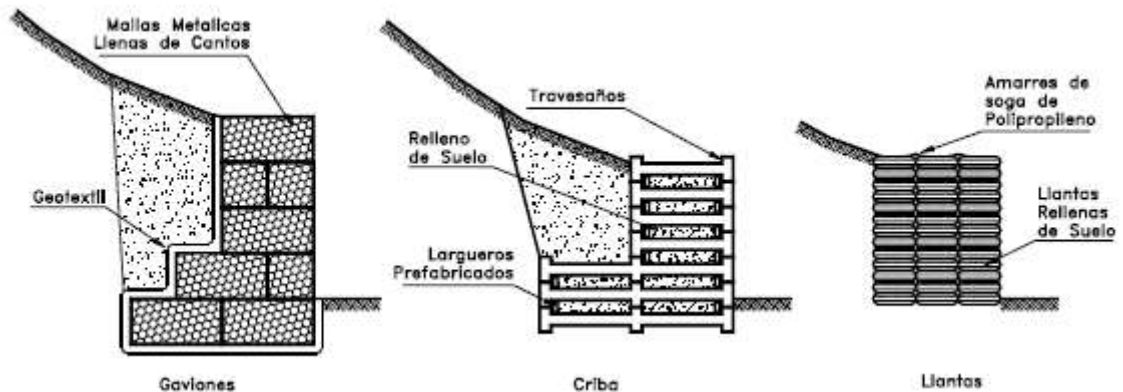


Figura N° 5.2: Esquema de Muros Flexibles

Cuadro N° 5.2: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Muro Flexible.

Muro	Ventajas	Desventajas
Gaviones	Dichas estructuras son extremadamente ventajosas, del punto de vista técnico y económico, en la construcción de estructuras de contención a gravedad, ya que poseen un conjunto de características funcionales inexistente en otros tipos de estructuras.	Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos, por ejemplo, en suelos residuales de granitos se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los sitios
Criba	Simple de construir y mantener. Utiliza el suelo en la mayor parte de su volumen. Utiliza elementos prefabricados los cuales permiten un mejor control de calidad.	Se requiere material granular, autodrenante. Puede ser costoso cuando se construye un solo muro por la necesidad de prefabricar los elementos de concreto armado. Generalmente no funciona en alturas superiores a siete metros.
Llantas (Neusol)	Son fáciles de construir y ayudan en el reciclaje de los elementos utilizados.	No existe procedimientos confiables de diseño y su vida útil no es conocida.
Piedra – Pedraplén	Son fáciles de construir y económicos cuando hay piedra disponible.	Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente grandes.

## Tierra Reforzada

Las estructuras de tierra reforzada son terraplenes donde el suelo es su principal componente; y dentro de este, en el proceso de compactación, se colocan elementos de refuerzo para aumentar su resistencia a la tensión y al cortante. Internamente deben su resistencia principalmente, al refuerzo y externamente actúan como estructuras masivas por gravedad. Son fáciles de construir. Utilizan el suelo como su principal componente. Puede adaptarse fácilmente a la topografía. Permite construirse sobre fundaciones débiles, tolera asentamientos diferenciales y puede demolerse o repararse fácilmente, pero se requiere espacio disponible superior al de cualquier otra estructura de contención.

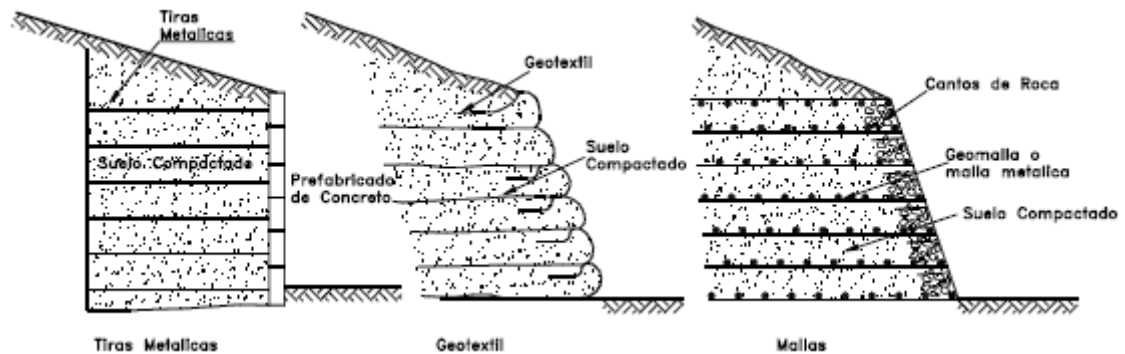


Figura N° 5.3: Esquema de Estructuras de Tierra Reforzada.

Cuadro N° 5.3: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Tierra Reforzada.

Muro	Ventajas	Desventajas
Refuerzo con tiras metálicas.	Los refuerzos le dan rigidez al terraplén y los prefabricados de concreto en su cara de fachada los hace presentables y decorativos. Existen empresas especializadas a su construcción.	Las zonas de refuerzo requieren protección especial contra la corrosión. Se requieren características especiales en relleno utilizado con los elementos de refuerzo. Algunos tipos de muro de tierra armada están cubiertos por patentes.
Refuerzo con Geotextil.	Son generalmente muy económicos y fáciles de construir.	Son muy flexibles y se deforman fácilmente. Las capas de Geotextil se pueden convertir en superficies de debilidad para deslizamientos. El Geotextil se descompone con la luz solar.
Refuerzo con malla.	La malla le da cierta rigidez al terraplén y las capas no constituyen superficies de debilidad. El efecto de anclaje es mejor.	Dependiendo del material constructivo la malla puede descomponerse o corroerse.

#### 4. Estructuras Ancladas

En las estructuras ancladas se colocan varillas o tendones generalmente, de acero en perforaciones realizadas con taladro, posteriormente se inyectan con un cemento. Los anclajes pueden ser pretensados para colocar una carga sobre un bulbo cementado o pueden ser cementados simplemente sin colocarles carga activa.

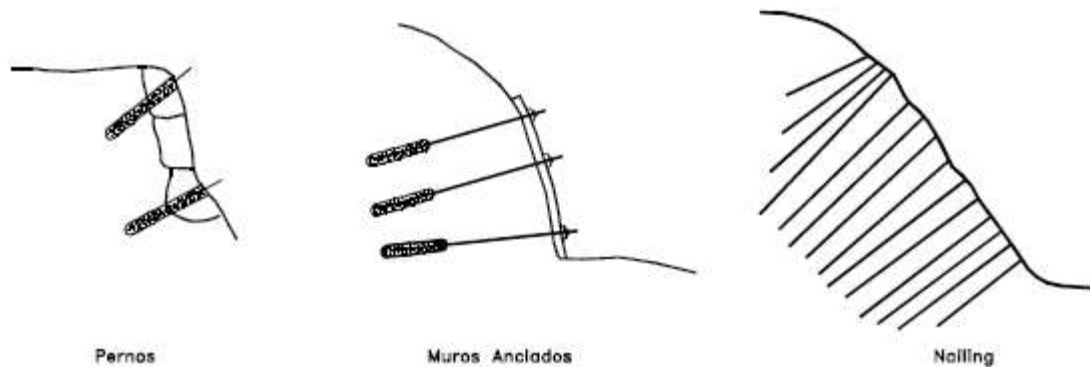


Figura N° 5.4: Esquema de estructuras Ancladas

Cuadro N° 5.4: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Estructura Anclada.

Muro	Ventajas	Desventajas
Anclajes y Pernos Individuales	Permiten la estabilización de bloques individuales o puntos específicos dentro de un macizo de roca.	Pueden sufrir corrosión.
Muros Anclados	Se pueden construir en forma progresiva hacia abajo, a medida que se avanza con el proceso de excavación. Permiten excavar junto a edificios o estructuras. Permiten alturas considerables.	Los elementos de refuerzo pueden sufrir corrosión en ambiente ácido. Se puede requerir un mantenimiento permanente (tensionamiento). Con frecuencia se roban las tuercas y elementos de anclaje, para su construcción se puede requerir el permiso del vecino. Su construcción es muy costosa.
Mailing o Pilotillos tipo raíz (rootpiles)	Muy eficiente como elemento de refuerzo en materiales fracturados o sueltos.	Generalmente se requiere una cantidad grande de pilotillos para estabilizar un talud específico lo cual lo hace costoso.

## 5. Estructuras Enterradas

Son estructuras esbeltas, las cuales generalmente trabajan empotradas en su punta inferior. Internamente están sometidas a esfuerzos de flexión y cortante.

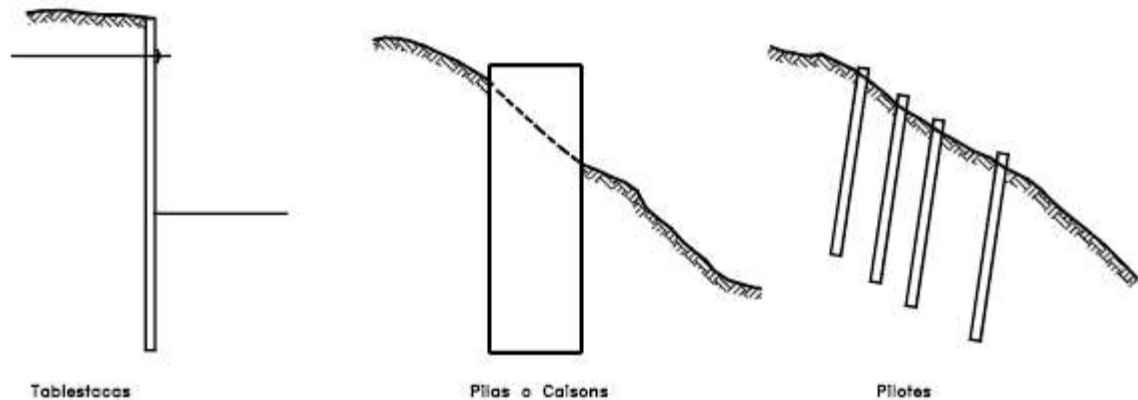


Figura N° 5.5: Esquema de Estructuras Enterradas.

Cuadro N° 5.5: Ventajas y Desventajas de los Diversos Tipos de Estructura Enterrada.

Muro	Ventajas	Desventajas
Tablestaca.	Su construcción es rápida y no requiere cortes previos. Son de fácil construcción junto a los cuerpos de agua o río.	No se puede construir en sitios con presencia de roca o cantos. Su construcción es muy costosa.
Pilotes.	Se puede construir rápidamente.	Se puede requerir un número grande de pilotes para estabilizar un deslizamiento.
Pilas o Caissons	No se requiere cortar el talud antes de construirlo. Se utilizan sistemas convencionales de construcción. Pueden construirse en sitios de difícil acceso. Varios caissons pueden ser contruidos simultáneamente.	Se requiere profundizar muy por debajo del pie de la excavación. Su costo es generalmente muy elevado. La excavación puede requerir control del nivel freático. Debe tenerse especial cuidado en las excavaciones para evitar accidentes.

## 6. Revestimientos de Talud.

La solución para los cursos de agua canalizados consiste en definir un tipo de protección que más se adapte a las condiciones locales, no solamente en cuanto a la resistencia a la acción del flujo, sino también en cuanto a la resistencia a las deformaciones del suelo de base, atendiendo a las condicionantes ambientales, rugosidad resultante, facilidad de ejecución, además del costo final de la obra.

Las obras de protección para los cursos de agua natural o artificial pueden ser de tres tipos: Protección continua o directa, revestimiento con materiales más resistentes que los naturales;

Protección discontinua o indirecta, a través de espigones que alejan el flujo de la margen, generando entre si áreas de baja velocidad. A pesar de no haber sido eliminada la acción de las olas sobre las márgenes, el material erosionado e inestabilizado por las olas permanece en el lugar, debido a las velocidades menores;

Obras de sustentación, son verdaderas estructuras de contención, prácticamente verticales, que tienen la función de soportar los esfuerzos de los terrenos ribereños y resistir la acción del flujo y de las olas.

La solución para los tipos de Inundación consiste en definir un tipo de protección que más se adapte a las condiciones locales, no solamente en cuanto a la resistencia a la acción del flujo, sino también en cuanto a la resistencia a las deformaciones del suelo de base, atendiendo a las condicionantes ambientales, rugosidad resultante, facilidad de ejecución, además del costo final de la obra.

### **5.3 Selección del Tipo de Estructura de Contención.**

Los siguientes factores deben tenerse en cuenta para seleccionar el tipo de muro de contención:

- a.** Localización del muro de contención propuesto, su posición relativa con relación a otras estructuras y la cantidad de espacio disponible.
- b.** Altura de la estructura propuesta y topografía resultante.
- c.** Condiciones del terreno y agua freática.
- d.** 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.
- e.** Disponibilidad de materiales.
- f.** Tiempo disponible para la construcción.
- g.** Apariencia.
- h.** Vida útil y mantenimiento.

Es difícil definir cuales 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

**Tabla N° 5.1:** Capacidad para Soportar Deflexión  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Soporta	10.0
No Soporta	0.0

**Tabla N° 5.2:** Fundación Profunda  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Es Necesario	0.0
No es Necesario	10.0

**Tabla N° 5.3:** Interacción con la Fauna  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Mala	0.0
Buena	6.0

**Tabla N° 5.4:** Interacción con la Flora  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Mala	0.0
Buena	8.0

**Tabla N° 5.5:** Necesidad de Mano de Obra Calificada.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Sí	0.0
No	10.0



**Tabla N° 5.6:** Efectos en el Nivel Freático.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Impermeable	0.0
Permeable	10.0

**Tabla N° 5.7:** Sustitución y Estabilización de Suelo.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Si	0.0
No	10.0

**Tabla N° 5.8:** Velocidad de Flujo.  
(Rango de Valores Asignados).

Descripción	Puntaje
Menos de 3 m/s	0.0
Mas de 3 m/s	10.0

**Tabla N° 5.9:** Puntajes Asignados.

<div style="text-align: center;">Tipo de Estructura</div> <div style="text-align: left;">Parámetros De Evaluación.</div>	Concreto Armado	Concreto Simple	Concreto Ciclopeo	Gaviones	Refuerzo con Geotextil.	Refuerzo con malla.	Muros Anclados	Pilotes.	Pilas o Caissons
Capacidad para Soportar Deflexión	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Profundidad de Fundación	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0
Interacción con la Fauna	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0
Interacción con la Flora	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	6.0	0.0	6.0	6.0
Necesidad de Mano de Obra Calificada	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Efecto en el Nivel Freático	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	0.0	10.0	0.0
Sustitución y estabilización del Suelo	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	10.0	10.0
Velocidad de Flujo	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0	10.0
<b>TOTALES</b>	16.0	16.0	16.0	72.0	46.0	30.0	27.0	52.0	42.0

De acuerdo a la puntuación mayor obtenida que es de **72.00**, la Estructura a utilizar para nuestro diseño de Obra de Protección será el muro de ***Gavión Caja con Colchón Reno***, ya que este cumplió con las mejores características según los criterios antes mencionados.

## **5.4 Gaviones Para Proyectos Hidráulicos.**

### **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.

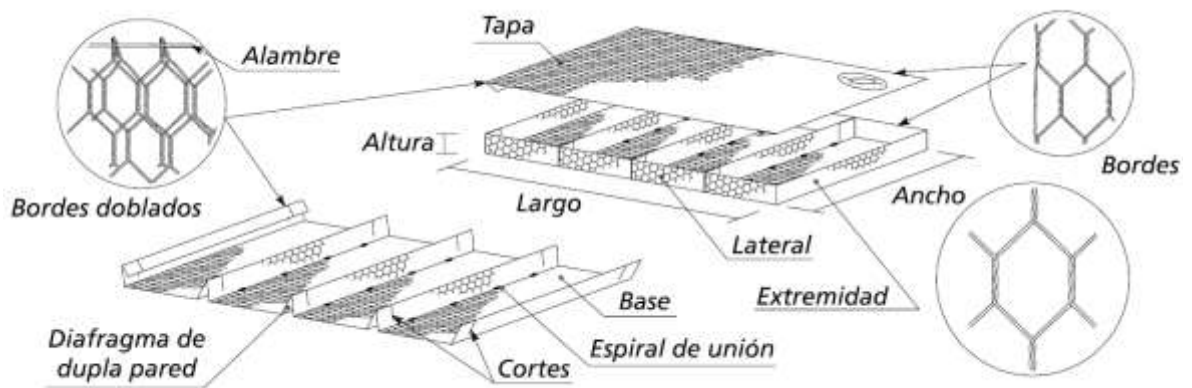
### **Tipos de Gaviones**

#### **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 (ver Figura N° 5.6).



**Figura N° 5.4-** 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 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.

**Tabla N° 5.10:** Dimensiones Estándar de Gaviones Tipo Colchón Reno.

**Fuente:** Maccaferri.

<b>Colchones Reno®</b>				
<b>Dimensiones Estándar</b>			<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Diafragmas</b>
<b>Largo [m]</b>	<b>Ancho [m]</b>	<b>Altura [m]</b>		
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

Son estructuras flexibles adecuadas para el revestimiento de márgenes y del fondo de los cursos de agua (ver Figuras N° 5.5, N° 5.6, N° 5.7 y N° 5.8).



**Figura N° 5.5:** Canalización en colchones Reno.  
**Fuente:** Maccaferri.



**Figura N° 5.6:** Integración Ambiental.  
**Fuente:** Maccaferri.



**Figura N° 5.7:** Río Felia - Italia.  
**Fuente:** Maccaferri.



**Figura N° 5.8** Rio Maroglio - Italia.  
**Fuente:** Maccaferri.

Cuando es necesario, los colchones Reno pueden ser montados y llenados en el obrador para su posterior colocación, con el auxilio de equipamientos mecánicos (Ver Figura N° 5.9).

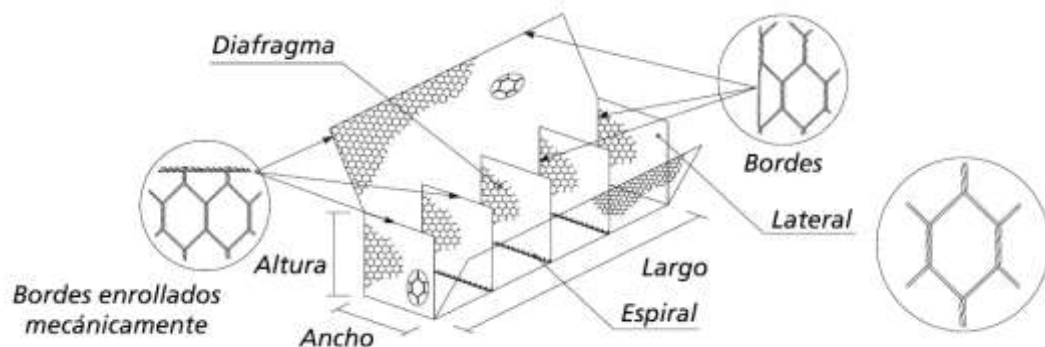


**Figura N° 5.9:** Colocación de colchones Reno  
En presencia de agua.  
**Fuente:** Maccaferri.

## **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 diafragmas (ver figura N° 5.12).



**Figura N° 5.10-** Elementos constituyentes de los Gaviones Tipo Caja.

**Fuente:** Maccaferri

Después de retirado del fardo, cada elemento debe ser completamente desdoblado y montado en obra, asumiendo la forma de un paralelepípedo (Figura N° 5.10). 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.

**Tabla N° 5.11:** Dimensiones estándar de los Gaviones tipo Caja.

**Fuente:** Maccaferri.

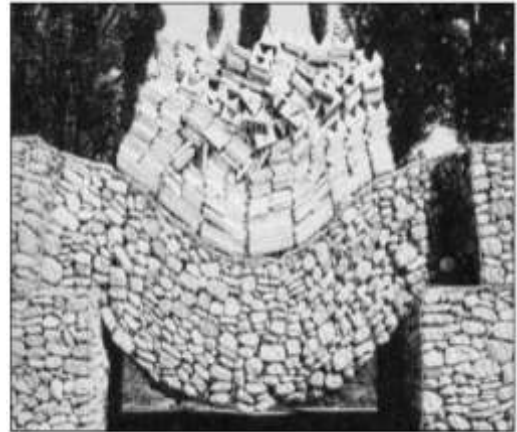
<b>Gaviones Caja con Diafragmas</b>				
<b>Dimensiones Estándar</b>			<b>Volumen [m³]</b>	<b>Diafragmas</b>
<b>Largo [m]</b>	<b>Ancho [m]</b>	<b>Alto [m]</b>		
1,50	1,00	0,50	0,75	-
2,00	1,00	0,50	1,00	1
3,00	1,00	0,50	1,50	2
4,00	1,00	0,50	2,00	3
1,50	1,00	1,00	1,50	-
2,00	1,00	1,00	2,00	1
3,00	1,00	1,00	3,00	2
4,00	1,00	1,00	4,00	3

Son estructuras flexibles adecuadas para la construcción de protecciones discontinuas con espigones y obras de sostenimiento del tipo muro de contención (Ver figuras N° 5.11, N° 5.12, N° 5.13 y N° 5.14).





**Figura Nº 5.11:** Detalle constructivo  
De obra con Gaviones Caja.  
**Fuente:** Maccaferri



**Figura Nº 5.12:** Prueba de carga.  
Realizada por Maccaferri  
**Fuente:** Maccaferri



**Figura Nº 5.13:** Bolivia - Detalle de la.  
Característica de ser autodrenante.  
**Fuente:** Maccaferri



**Figura Nº 5.14:** Gavión caja siendo  
Traslado con grúa.  
**Fuente:** Maccaferri.

## **5.5 Estructura Proyectada.**

Para el control de las Inundaciones se proyectara construir 242.52 mts de longitud de Muro de Gavión para la Colonia Dolores y 2,215.96 mts de longitud de Muro de Gavión para las Colonias Jardines del Río y Carrillo I. Estos Muros serán construidos según las Especificaciones Técnicas, ASTM A – 90.

### **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.

## **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 mas 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 (ver proceso constructivo de conchol Reno y Gavión Caja en Anexo 9).

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 aseguradas 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.

## **5.6 Subestructura (Obra de Protección).**

### **Fuerzas que Actúan Sobre el Muro de Gavión.**

#### **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 (  $E_p$  )

#### **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.

#### **Otras Fuerzas:**

- Fuerzas sísmicas, producidas por temblores en la masa del suelo aumentando momentáneamente el empuje lateral contra el muro.

### **Procedimiento de Cálculo del Muro de Gavión.**

#### **Para el cálculo del Muro de Gavión se prosigue de la siguiente manera:**

1. Seleccionar las Dimensiones tentativas del Gavión.
2. Analizar la estabilidad frente a las fuerzas que lo solicitan tal que cumpla los requisitos estructurales.

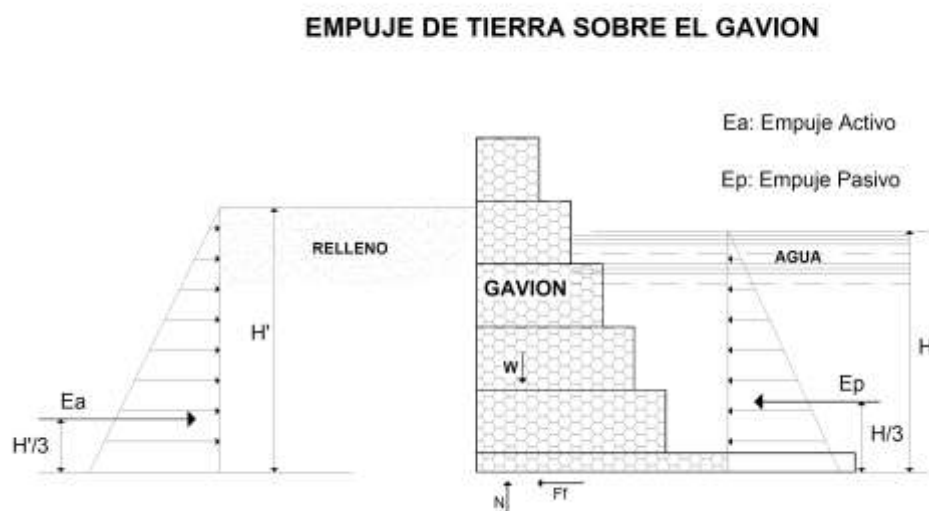
Se realizan varios tanteos hasta que los resultados sean satisfactorios, modificando las dimensiones del Gavión. Se determinan las magnitudes de las fuerzas que actúan sobre el Gavión como: los empujes de tierra (el empuje activo y el empuje pasivo), empujes dinámicos (sismo), peso propio del muro y 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.

### 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 muestran en la Figura N° 5.15.



**Figura N° 5.15** Empujes de Tierra Sobre un Muro.

**Fuente:** Maccaferri

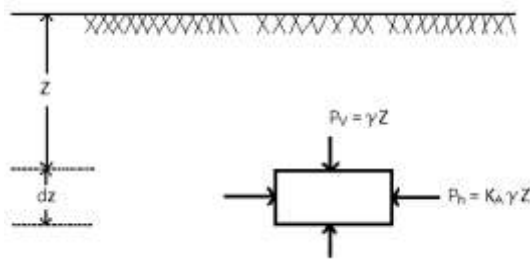
La Estabilidad de los Gaviones depende del Empuje Pasivo, Empuje Activo Dinámico y Empuje Activo Estático, según la **Teoría de Rankine**.

**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 (Fig. N° 5.16). En tales condiciones la presión vertical efectiva actuante sobre el elemento.

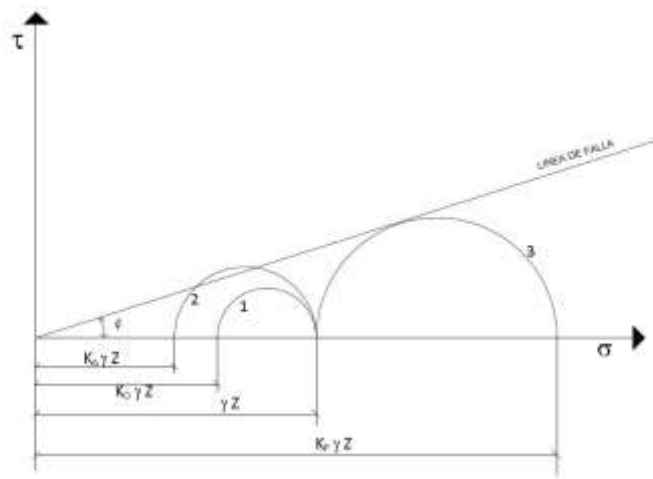
Si se representa en el diagrama de Mohr el círculo correspondiente al estado de esfuerzos descritos para el elemento mencionado (Fig. N° 5.17) se tendrá un círculo tal como el 1, que evidentemente no es de falla.

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.



**Figura N° 5.16:** Esfuerzos actuantes sobre un elemento de suelo en “Reposo”  
**Fuente:** Mecánica de Suelos, Juárez Badillo, tomo 2





**Figura N° 5.17:** Estados plásticos en el diagrama de Morh. (Suelos Friccionantes)  
**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  $P_v$ .

$$P_h = k_o \cdot \gamma \cdot Z$$

La constante de proporcionalidad entre  $P_v = \gamma \cdot Z$  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  $K_p \gamma Z$ , tal que el círculo resultante sea tangente a la línea de 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  $K_p \gamma Z$ . 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.<sup>7</sup>

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:

$$E_{DH} = (3/8)\gamma_s H^2 (A_{hm\acute{a}x}) \quad (5.1)$$

$$E_{DV} = (1/2)\gamma_s H^2 (A_{vm\acute{a}x}) \quad (5.2)$$

---

<sup>7</sup> Tomado de Trabajo de Graduación "Manual de fundaciones de las estructuras según tipos de suelos y condiciones de terreno", de Aguirre Ramírez, Gil Oswaldo.

**Donde:**

**$E_{DH}$ :** Es el Empuje Dinámico Horizontal, que actúa a  $0.6 H$  sobre la base del muro.

**$E_{DV}$ :** 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:

$$E_{ah} = E_{DV} ka \quad (5.3)$$

**$A_{hm\acute{a}x}$  :** Es el Coeficiente de Aceleración Horizontal.

**$A_{vm\acute{a}x}$ :** 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:

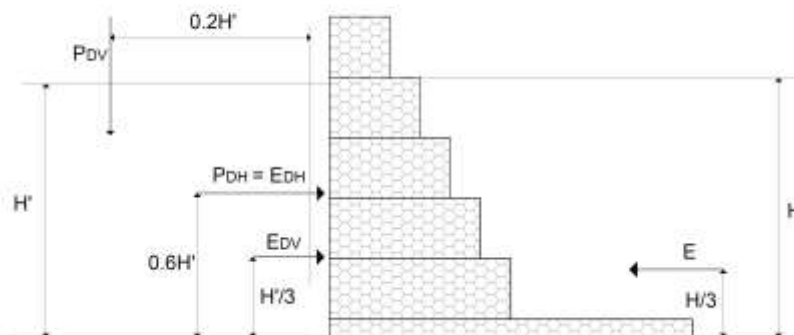
**Cuadro N° 5.6:** Coeficientes de aceleración sísmica.

**Fuente:** Tomada del Norma Técnica para Diseño por Sismo, 1994.

Coeficiente	Zona	
	I	II
$A_{hm\acute{a}x}$	0.20	0.10
$A_{vm\acute{a}x}$	0.10	0.05

En la Figura N° 5.20, se indican las fuerzas dinámicas consideradas en el Muro.

**FUERZAS DINAMICAS ACTUANTES EN EL GAVION**



**Figura N° 5.18:** Fuerzas Dinámicas Actuantes en el Muro.

**Fuente:** Maccaferri

En el estado plástico activo, (Fig. 5.18) evidentemente se tiene:

$$\frac{P_h}{P_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1}{N\phi} \quad (5.4)$$

Se ve entonces que:

$$K_A = \frac{1}{N\phi} = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \quad (5.5)$$

Expresión que da el valor del coeficiente activo de presión de tierras.

Análogamente, en el estado plástico pasivo se tendrá:

$$\frac{P_h}{P_v} = \frac{\sigma_1}{\sigma_3} = N\phi \quad (5.6)$$

Y resulta que:

$$K_p = N\phi = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (5.7)$$

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.

### **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 5.4

$$P_h = \frac{P_v}{N\phi} = \frac{\gamma Z}{N\phi} \quad (5.8)$$

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:

$$dE_A = \frac{1}{N\phi}(\gamma.Z.dz)$$

Supuesta una dimensión unitaria normal al papel; por lo tanto en la altura  $H$  el empuje total será:

$$E_A = \frac{\gamma}{N\phi} \left( \int_0^H Z.dz \right) = \frac{1}{2N\phi}(\gamma.H^2) = \frac{1}{2}K_A.\gamma.H^2 \quad (5.9)$$

La expresión 5.9 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 5.6 se llega al valor del empuje pasivo total:

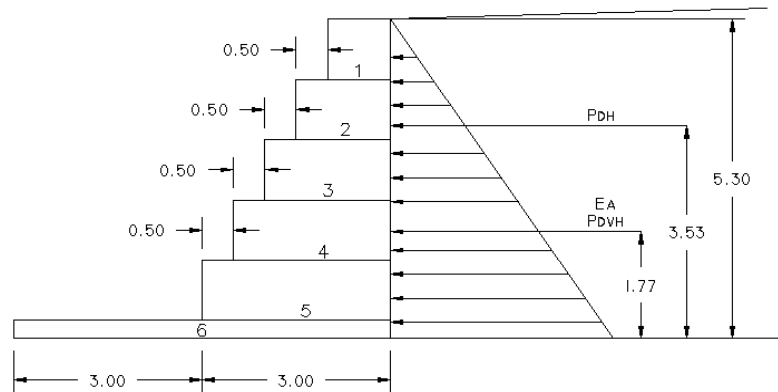
$$E_p = \frac{1}{2}(N.\phi.\gamma.H^2) = \frac{1}{2}(K_p.\gamma.H^2) \quad (5.10)$$

Valida también para Muros de respaldo vertical y superficial del relleno horizontal.

## 5.7 Diseño de Obra de Protección (Muro de Gavión).

COLONIA  
DOLORES

GAVIÓN  
LONGITUDINAL



PARÁMETROS

Lugar: Colonia Dolores

$\phi =$	32.41 °	qa =	25.00	ton/m <sup>2</sup>
$\gamma_p =$	2.7 ton/m <sup>3</sup>	H =	4	m
$\gamma_s =$	1.47 ton/m <sup>3</sup>	C =	0.00	m
Base =	2.50 m	h =	0.00	m

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_A = \frac{\gamma_s H^2 K_a}{2} - 2.C.H\sqrt{K_a}$$

$$K_a = 0.30$$

$$E_a = 3.55$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_A = \frac{\gamma_s h^2 K_p}{2} - 2.C.h\sqrt{K_p}$$

$$K_p = 3.31$$

$$E_p = 0.00$$

Elemento	AREA	Peso (Ton/m)	BRAZO (m)	MR (Ton-m/m)
1	1.00	2.70	5.5	14.85
2	1.50	4.05	5.25	21.26
3	2.00	5.40	5	27.00
4	2.50	6.75	4.75	32.06
	$\Sigma M =$	18.90	$\Sigma Mr =$	95.18

$$\mu = \frac{2}{3}(\tan\phi)$$

$$f = \mu n$$

$$\mu = 0.42$$

$$f = 8.00$$

Ton/m

#### Coefficientes de aceleración sísmica

Coefficientes	Zona I	Zona II
Ahmáx	0.2	0.1
Avmáx	0.1	0.05

#### Fuerzas sísmicas:

$$Pdh = \frac{3}{8} \gamma H^2 Ah \max$$

$$Pdv = \frac{1}{2} \gamma H^2 Av \max$$

$$Pdh = 1.76$$

Ton/m

$$Pdv = 1.18$$

Ton/m

**Nota:** La carga vertical se transforma en carga horizontal al multiplicar por Ka

$$Pdvh = (Pdv)(Ka)$$

$$Pdvh =$$

$$0.36 \text{ Ton/m}$$

#### Momento de Volteo

$$Mv = (Ea + Pdvh)(H/3) + (Pdh)(0.60H)$$

$$Mv =$$

$$9.44 \text{ Ton.m/m}$$

#### Estabilidad del Muro

Efecto	Sísmica	Gravitacional
Deslizamiento	1.2	1.5
Volteo	1.2	1.5

#### 1) DESPLAZAMIENTO

$$FS = \frac{(Ep + f)}{(Pdh + Pdvh + Ea)}$$

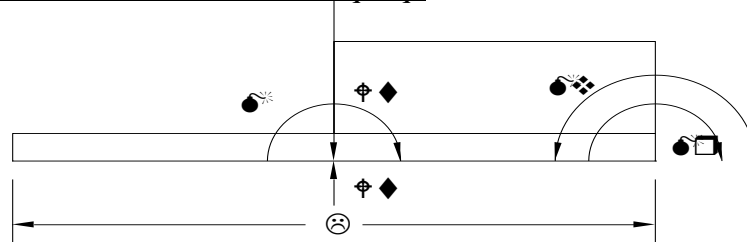
$$FS = 1.41 \text{ VERDADERO}$$

#### 2. VOLTEO

$$FS = \frac{M_R}{M_V}$$

$$FS = 10.08 \text{ VERDADERO}$$

3. CAPACIDAD DEL SUELO  $q > q_a$



$$e = \frac{M}{WT} \quad >/< \quad L/6$$

Si:  $e < \frac{L}{6}$

Usar:  $q = \frac{W_T}{A} \times \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{L}\right)$        $A = L \times 1 \text{ m.}$

Si:  $e > \frac{L}{6}$

Usar:  $q = \frac{2 \cdot W_T}{3 \cdot B \cdot m}$        $B = 1.0 \text{ m., m}$        $\frac{L}{2} - e$

$$M = M_R - M_V - \Sigma W \times \frac{L}{2}$$

$M = 62.11$

$$e = \frac{M}{WT} \quad e = 3.29$$

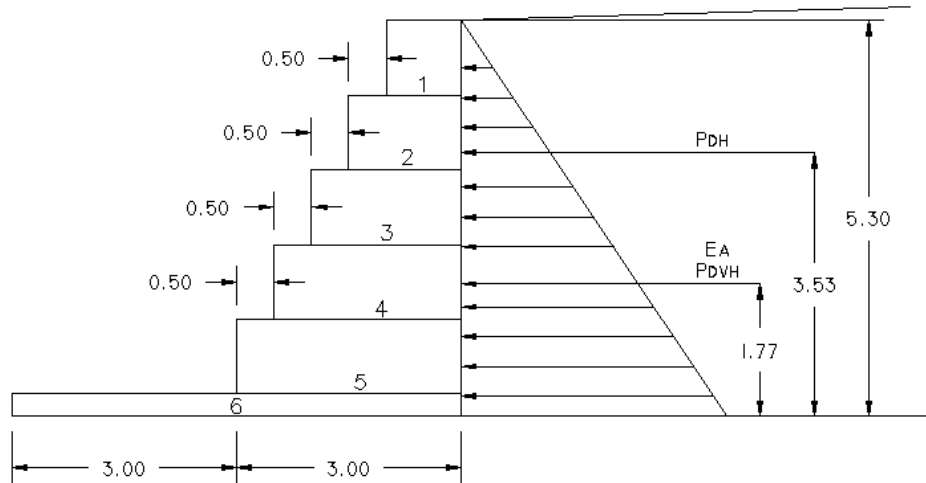
$L/6 = 0.42$

$q = 6.19 \text{ ton/m}^2$        $q < q_a$   
**VERDADERO**



**COLONIAS  
JARDINES Y  
CARRILLO**

**GAVIÓN  
LONGITUDINAL**



**PARÁMETROS**

**Lugar:** Colonia Carrio y Jardines

Ø=	31.49 °	qa= 27.00	ton/m2
γp=	2.7 ton/m3	H = 5.3	m
γs=	1.47 ton/m3	C = 0.00	m
Base =	6.00 m	h = 0.00	m

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_A = \frac{\gamma_s H^2 K_a}{2} - 2.C.H\sqrt{K_a}$$

Ka = 0.31

Ea = 6.48

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_A = \frac{\gamma_s h^2 K_p}{2} - 2.C.h\sqrt{K_p}$$

Kp = 3.19

Ep = 0.00

Elemento	AREA	Peso (Ton/m)	BRAZO (m)	MR (Ton-m/m)
1	1.00	2.70	5.5	14.85
2	1.50	4.05	5.25	21.26
3	2.00	5.40	5	27.00
4	2.50	6.75	4.75	32.06
5	3.00	8.10	4.5	36.45
6	1.80	4.86	3	14.58
	ΣM =	31.86	ΣMr =	146.21

$$\mu = \frac{2}{3} (\tan \phi)$$

$$f = \mu n$$

$$\mu = 0.41$$

$$f = 13.01$$

$$\text{Ton/m}$$

#### Coefficientes de aceleración sísmica

Coefficientes	Zona I	Zona II
Ahmáx	0.2	0.1
Avmáx	0.1	0.05

#### Fuerzas sísmicas:

$$Pdh = \frac{3}{8} \gamma H^2 Ah \text{ max}$$

$$Pdv = \frac{1}{2} \gamma H^2 Av \text{ max}$$

$$Pdh = 3.10$$

$$\text{Ton/m}$$

$$Pdv = 2.06$$

$$\text{Ton/m}$$

**Nota:** La carga vertical se transforma en carga horizontal al multiplicar por Ka

$$Pdvh = (Pdv)(Ka)$$

$$Pdvh =$$

$$0.65 \text{ Ton/m}$$

#### Momento de Volteo

$$Mv = (Ea + Pdvh)(H/3) + (Pdh)(0.60H)$$

$$Mv =$$

$$22.44 \text{ Ton.m/m}$$

#### Estabilidad del Muro

Efecto	Sísmica	Gravitacional
Deslizamiento	1.2	1.5
Volteo	1.2	1.5

#### 1) DESPLAZAMIENTO

$$FS = \frac{(Ep + f)}{(Pdh + Pdvh + Ea)}$$

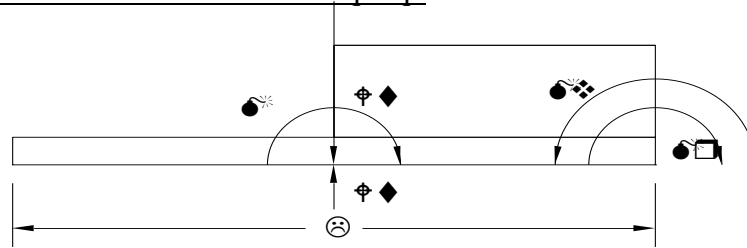
$$FS = 1.27 \text{ VERDADERO}$$

#### 2. VOLTEO

$$FS = \frac{M_R}{M_V}$$

$$FS = 6.52 \text{ VERDADERO}$$

### 3. CAPACIDAD DEL SUELO $q > q_a$



$$e = \frac{M}{WT} \quad >/< \quad L/6$$

$$\text{Si: } e < \frac{L}{6}$$

$$\text{Usar: } q = \frac{W_T}{A} \times \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{L}\right) \quad A = L \times 1 \text{ m.}$$

$$\text{Si: } e > \frac{L}{6}$$

$$\text{Usar: } q = \frac{2 \cdot W_T}{3 \cdot B \cdot m} \quad B = 1.0 \text{ m., m} \quad \frac{L}{2} - e$$

$$M = M_R - M_V - \Sigma W \times \frac{L}{2}$$

$$M = 28.19$$

$$e = \frac{M}{WT} \quad e = 0.88$$

$$L/6 = 1.00$$

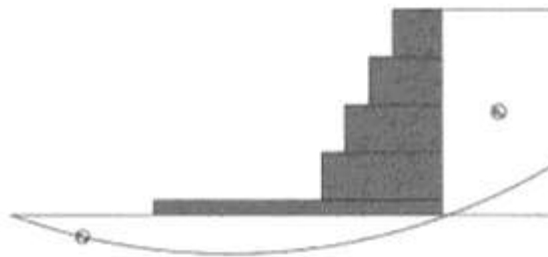
$$q = 10.01 \text{ ton/m}^2 \quad q < q_a \quad \underline{\text{VERDADERO}}$$

**DATOS INICIALES**

**Datos sobre el muro**

Inclinación del muro : 0.00 grad.  
 Peso esp. de las piedras : 26.48 kN/m<sup>3</sup>  
 Porosidad de los gaviones : 30.00 %  
 Geotextil en el terraplén : No  
 Reducción en la fricción : %  
 Geotextil en la base : No  
 Reducción en la fricción : %  
 Malla y diám. del alamb.: 8x10, ø 2.7 mm CD

Camada	Largo m	Altura m	Distancia m
1	6.00	0.30	-
2	2.50	1.00	3.50
3	2.00	1.00	4.00
4	1.50	1.00	4.50
5	1.00	1.00	5.00



**Datos sobre el suelo del terraplén**

Inclinación del primer tramo : 0.00 grad.  
 Largo del primer tramo : 0.00 m  
 Inclinación del segundo tramo : grad.  
 Peso específico del suelo : 14.42 kN/m<sup>3</sup>  
 Ángulo de fricción del suelo : 32.41 grad.  
 Cohesión del suelo : 0.00 kN/m<sup>2</sup>

**Camadas adicionales en el terraplén**

Camada	Altura inicial m	Inclinación grad.	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Cohesión kN/m <sup>2</sup>	Ángulo de fricción grad.
--------	---------------------	----------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------

Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION EL SALVADOR

Proyecto: DOLORES

Archivo: DOLORES

Fecha: 07/09/2007

**Datos sobre la fundación**

Profundidad de la fundación : 0.00 m  
 Largo horiz. en la fundación : m  
 Inclinación de la de fundación : 0.00 grad.  
 Peso específico del suelo : 14.42 kN/m<sup>3</sup>  
 Ángulo de fricción del suelo : 32.41 grad.  
 Cohesión del suelo : 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 Presión aceptable en la fundación : 245.18 kN/m<sup>2</sup>  
 Nivel del agua : m

## Camada adicional en la fundación

Camada	Profundidad m	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Cohesión kN/m <sup>2</sup>	Ángulo de fricción grad.
--------	------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------

**Datos sobre la napa freática**

Altura inicial : m  
 Inclinación del primer trazo : grad.  
 Largo del primer trazo : m  
 Inclinación del segundo trazo : grad.  
 Largo del segundo trazo : m

**Datos sobre las cargas**

Cargas distribuidas sobre el terraplén : Primer trazo : kN/m<sup>2</sup>  
 : Segundo trazo : kN/m<sup>2</sup>  
 Cargas distribuidas sobre el muro : Carga : kN/m<sup>2</sup>  
 Línea de carga sobre el terraplén :  
 Carga 1 : kN/m : Dist. al tope del muro : m  
 Carga 2 : kN/m : Dist. al tope del muro : m  
 Carga 3 : kN/m : Dist. al tope del muro : m  
 Línea de carga sobre el muro :  
 Carga : kN/m : Dist. al tope del muro : m

**Datos sobre efectos sísmicos**

Coeficiente Horizontal : : Coeficiente Vertical :

**RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD****Empuje Activo y Pasivo**

Empuje Activo	:	36.41 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	:	6.00 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	:	1.43 m
Dirección del empuje con ref. al eje X	:	32.41 grad.
Empuje Pasivo	:	0.00 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	:	0.00 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	:	0.00 m
Dirección del empuje con ref. al eje X	:	0.00 grad.

**Deslizamiento**

Fuerza normal en en la base	:	182.63 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	:	4.53 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	:	0.00 m
Fuerza de corte en la base	:	30.74 kN/m
Fuerza resistente en la base	:	115.95 kN/m
<b>Coef. de Seg. Contra el Deslizamiento</b>	:	<b>3.77</b>

**Vuelco**

Momento Activo	:	44.06 kN/m x m
Momento Resistente	:	870.57 kN/m x m
<b>Coef. de Seg. Contra el Vuelco</b>	:	<b>19.76</b>

**Tensiones Actuantes en la Fundación**

Excentricidad	:	-1.53 m
Tensión normal a la izquierda	:	26.90 kN/m <sup>2</sup>
Tensión normal a la derecha	:	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Máx. Tensión aceptable en la Fundación	:	245.18 kN/m <sup>2</sup>
Cuidado!!: La base no es totalmente utilizada!		

Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION EL SALVADOR

Proyecto: DOLORES

Archivo: DOLORES

Fecha: 07/09/2007

**Estabilidad Global**

Distancia inicial a la izquierda	:	m
Distancia inicial a la derecha	:	m
Profundidad inicial con ref. a la base	:	m
Máx. profundidad aceptable para el cálculo	:	m
Centro del arco con referencia al eje X	:	1.58 m
Centro del arco con referencia al eje Y	:	12.45 m
Radio del arco	:	13.28 m
Número de superficies analizadas	:	42
<b>Coef. de Seg. Contra la Rotura Global</b>	:	<b>1.90</b>

**Estabilidad Interna**

Camada	H m	N kN/m	T kN/m	M kN/m x m	$\tau$ Máx. kN/m <sup>2</sup>	$\tau$ Adm. kN/m <sup>2</sup>	$\sigma$ Máx. kN/m <sup>2</sup>	$\sigma$ Adm. kN/m <sup>2</sup>
1	4.00	146.64	26.60	206.01	10.64	64.42	52.19	
2	3.00	92.91	14.96	103.67	7.48	55.14	41.63	632.59
3	2.00	50.56	6.65	41.29	4.43	45.44	30.96	
4	1.00	19.59	1.66	9.77	1.66	34.71	19.64	

## DATOS INICIALES

## Datos sobre el muro

Inclinación del muro	: 0.00 grad.
Peso esp. de las piedras	: 26.48 kN/m <sup>3</sup>
Porosidad de los gaviones	: 30.00 %
Geotextil en el terraplén	: No
Reducción en la fricción	: %
Geotextil en la base	: No
Reducción en la fricción	: %
Malla y diám. del alamb.:	8x10, ø 2.7 mm CD

Camada	Largo m	Altura m	Distancia m
1	6.00	0.30	-
2	3.00	1.00	3.00
3	2.50	1.00	3.50
4	2.00	1.00	4.00
5	1.50	1.00	4.50
6	1.00	1.00	5.00



## Datos sobre el suelo del terraplén

Inclinación del primer trazo	: 0.00 grad.
Largo del primer trazo	: 0.00 m
Inclinación del segundo trazo	: grad.
Peso específico del suelo	: 14.42 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de fricción del suelo	: 31.49 grad.
Cohesión del suelo	: 0.00 kN/m <sup>2</sup>

## Camadas adicionales en el terraplén

Camada	Altura inicial m	Inclinación grad.	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Cohesión kN/m <sup>2</sup>	Ángulo de fricción grad.



Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION EL SALVADOR

Proyecto: JARDINES

Archivo: JARDINES

Fecha: 07/09/2007

**Datos sobre la fundación**

Profundidad de la fundación : 0.00 m  
 Largo horiz. en la fundación : m  
 Inclinación de la de fundación : 0.00 grad.  
 Peso específico del suelo : 14.42 kN/m<sup>3</sup>  
 Ángulo de fricción del suelo : 31.49 grad.  
 Cohesión del suelo : 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 Presión aceptable en la fundación : 264.79 kN/m<sup>2</sup>  
 Nivel del agua : m

## Camada adicional en la fundación

Camada	Profundidad m	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Cohesión kN/m <sup>2</sup>	Ángulo de fricción grad.
--------	------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------

**Datos sobre la napa freática**

Altura inicial : m  
 Inclinación del primer trecho : grad.  
 Largo del primer trecho : m  
 Inclinación del segundo trecho : grad.  
 Largo del segundo trecho : m

**Datos sobre las cargas**

Cargas distribuidas sobre el terraplén  
 Primer trecho : kN/m<sup>2</sup>  
 Segundo trecho : kN/m<sup>2</sup>

Cargas distribuidas sobre el muro  
 Carga : kN/m<sup>2</sup>

Línea de carga sobre el terraplén  
 Carga 1 : kN/m Dist. al tope del muro : m  
 Carga 2 : kN/m Dist. al tope del muro : m  
 Carga 3 : kN/m Dist. al tope del muro : m

Línea de carga sobre el muro  
 Carga : kN/m Dist. al tope del muro : m

**Datos sobre efectos sísmicos**

Coeficiente Horizontal : 0.20      Coeficiente Vertical : 0.10

**RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD****Empuje Activo y Pasivo**

Empuje Activo	:	96.08 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	:	6.00 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	:	2.67 m
Dirección del empuje con ref. al eje X	:	31.49 grad.
Empuje Pasivo	:	0.00 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	:	0.00 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	:	0.00 m
Dirección del empuje con ref. al eje X	:	0.00 grad.

**Deslizamiento**

Fuerza normal en en la base	:	247.04 kN/m
Punto de aplicación con ref. al eje X	:	3.68 m
Punto de aplicación con ref. al eje Y	:	0.00 m
Fuerza de corte en la base	:	121.30 kN/m
Fuerza resistente en la base	:	151.33 kN/m
<b>Coef. de Seg. Contra el Deslizamiento</b>	:	<b>1.25</b>

**Vuelco**

Momento Activo	:	296.59 kN/m x m
Momento Resistente	:	1204.49 kN/m x m
<b>Coef. de Seg. Contra el Vuelco</b>	:	<b>4.06</b>

**Tensiones Actuantes en la Fundación**

Excentricidad	:	-0.68 m
Tensión normal a la izquierda	:	13.38 kN/m <sup>2</sup>
Tensión normal a la derecha	:	68.97 kN/m <sup>2</sup>
Máx. Tensión aceptable en la Fundación	:	264.79 kN/m <sup>2</sup>

Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION EL SALVADOR

Proyecto: JARDINES

Archivo: JARDINES

Fecha: 07/09/2007

**Estabilidad Global**

Distancia inicial a la izquierda	:	m
Distancia inicial a la derecha	:	m
Profundidad inicial con ref. a la base	:	m
Máx. profundidad aceptable para el cálculo	:	m
Centro del arco con referencia al eje X	:	0.65 m
Centro del arco con referencia al eje Y	:	15.34 m
Radio del arco	:	16.33 m
Número de superficies analizadas	:	28
<b>Coef. de Seg. Contra la Rotura Global</b>	:	<b>1.09</b>

**Estabilidad Interna**

Camada	H m	N kN/m	T kN/m	M kN/m x m	$\tau$ Máx. kN/m <sup>2</sup>	$\tau$ Adm. kN/m <sup>2</sup>	$\sigma$ Máx. kN/m <sup>2</sup>	$\sigma$ Adm. kN/m <sup>2</sup>
1	5.00	211.49	106.29	196.23	35.43	73.42	113.97	
2	4.00	145.36	70.02	118.31	28.01	64.03	89.30	632.59
3	3.00	91.15	41.27	62.94	20.63	54.47	66.01	
4	2.00	48.85	20.01	28.90	13.34	44.58	44.36	
5	1.00	18.47	6.25	6.99	6.25	33.86	24.40	

## 5.8 Análisis Hidráulico.

Comprobación de las nuevas secciones de los canales de las Colonias; Dolores, Jardines del Río y Carrillo I. por el método utilizado fue el *método algebraico* con aproximación mediante *prueba y error*.

### ESTUDIO HIDRÁULICO COLONIA DOLORES

CAUDAL (QC) = 3208.32 mts3/seg  
 PENDIENTE (SC) = 0.054  
 COEF. RUGOSIDAD (n) = 0.03

FACTOR HIDRÁULICO = 524633.91

### ANÁLISIS PARA FLUJO CRITICO

**SECCIÓN: 0+160** OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
10.14	705.76	104.78	1,677,500.78	524,633.91	5736.95

**SECCIÓN: 0+180** OBSERVACIÓN: SECCIÓN DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
9.70	644.42	113.23	1,181,722.57	524,633.91	4815.12

**SECCIÓN: 0+200** OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
9.88	660.30	116.92	1,231,133.33	524,633.91	4914.76

**SECCION: 0+220** OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
9.33	682.34	118.72	1,337,976.88	524,633.91	5123.58

**SECCION: 0+240** OBSERVACION: SECCION DE CANAL INSUFICIENTE

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)

8.83	682.53	127.91	1,242,884.41	524,633.91	4938.16

**SECCION: 0+340 OBSERVACION: SECCION DE CANAL INSUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
7.87	1066.58	201.95	3,004,045.14	524,633.91	7677.20

**SECCION: 0+360 OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.63	702.56	157.50	1,100,879.30	524,633.91	4647.50

**SECCION: 0+380 OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.63	622.93	136.10	888,034.05	524,633.91	4174.11

**SECCION: 0+400 OBSERVACION: SECCION DE CANAL INSUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.70	560.25	134.42	654,111.39	524,633.91	3582.41

**SECCION: 0+440 OBSERVACION: SECCION DE CANAL INSUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
8.96	803.19	145.12	1,785,244.13	524,633.91	5918.32

**ESTUDIO HIDRAULICO COLONIA DOLORES**

CAUDAL (QC) = 3208.32 mts3/seg  
 PENDIENTE (SC) = 0.054  
 COEF. RUGOSIDAD (n) = 0.03  
 FACTOR HIDRAULICO = 414.19

**ANALISIS PARA FLUJO NORMAL**

**SECCION: 0+160 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
10.14	705.76	115.16	6.01	2331.91	414.19	18062.88

**SECCION: 0+180 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
9.70	644.42	126.30	5.00	1884.36	414.19	14596.18

**SECCION: 0+200 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
9.88	660.30	130.36	4.96	1921.42	414.19	14883.29

**SECCION 0+220 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
9.33	682.34	133.10	5.02	2001.55	414.19	15503.95

**SECCION 0+240 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
8.83	682.53	137.89	4.85	1955.83	414.19	15149.82

**SECCION 0+340 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
7.87	1066.58	207.39	5.04	3135.32	455.61	22078.23

**SECCION 0+360 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
6.63	702.56	162.78	4.23	1837.48	455.61	12939.14

**SECCION 0+380 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
6.63	622.93	141.57	4.31	1650.32	455.61	11621.22

**SECCION 0+400 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
5.70	560.25	139.39	3.94	1397.33	455.61	9839.71

**SECCION 0+440 OBSERVACION**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico RH=AH/Pm	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	(mts)	$FG=(AH)(RH)^{2/3}$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
8.96	803.19	150.98	5.21	2414.91	455.61	17005.31

**ESTUDIO HIDRAULICO      COLONIAS JARDINES DEL Río Y CARRILLO**

CAUDAL            (QC) =      4146.30 mts3/seg  
 PENDIENTE        (SC) =      0.00675  
 COEF. RUGOSIDAD (n) =      0.038

FACTOR HIDRAULICO =      876236.95

**ANALISIS PARA FLUJO CRITICO**

**SECCION:                    0+060                    OBSERVACION:**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
7.00	701.7049	121.22	1,425,145.65	876,236.95	5287.85

**SECCION:                    0+120                    OBSERVACION:**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
7.30	826.8300	125.71	2,248,272.02	876,236.95	6641.62

**SECCION:                    0+180                    OBSERVACION:**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.93	733.1878	135.82	1,450,948.40	876,236.95	5335.50

**SECCION:                    0+240                    OBSERVACION:**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.31	940.2704	166.57	2,495,350.25	876,236.95	6997.05

**SECCION:                    0+300                    OBSERVACION:**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.30	856.3142	160.32	1,958,311.34	876,236.95	6198.55



**SECCION: 0+360**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.11	770.2732	134.46	1,699,461.23	876,236.95	5774.38

**SECCION: 0+420**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.30	747.0338	130.00	1,603,420.41	876,236.95	5608.84

**SECCION: 0+480**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.00	733.9300	134.00	1,475,126.03	876,236.95	5379.77

**SECCION: 0+540**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.30	720.0000	134.84	1,384,040.34	876,236.95	5211.03

**SECCION: 0+600**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.30	779.8300	139.37	1,701,376.85	876,236.95	5777.63

**SECCION: 0+660**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.30	815.5799	143.78	1,886,561.93	876,236.95	6083.94

**SECCION: 0+720**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.30	821.8579	159.79	1,737,043.16	876,236.95	5837.88

**SECCION: 0+780**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
7.74	1,308.78	211.52	5,299,349.92	876,236.95	10196.73

**SECCION: 0+800**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.30	925.0661	179.74	2,202,133.10	876,236.95	6573.12

**SECCION: 0+820**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.30	1,545.679	296.84	6,220,210.46	876,236.95	11047.20

**SECCION: 0+840**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.30	1,143.816	217.56	3,439,214.22	876,236.95	8214.46

NOTA: ESTA SECCION SOLO PERMITE UN TIRANTE (Y)  
DE HASTA

0.00 mts

**SECCION: 0+860**

**OBSERVACION: SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A^3/2T)	Factor Hidráulico FH=(Q^2)/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.80	1,334.616	238.27	4,988,490.31	876,236.95	9893.14

--	--	--	--	--	--

**SECCION:**                    **0+880**                    **OBSERVACION:**                    **SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
7.93	1465.39	243.98	6,448,748.62	876,236.95	11248.31

**SECCION:**                    **1+240**                    **OBSERVACION:**                    **SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
6.75	782.85	139.53	1,719,246.22	876,236.95	5807.89

**SECCION:**                    **1+289.82**                    **OBSERVACION:**                    **SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Yc (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	T (mts)	Factor Geométrico FG=(A <sup>3</sup> /2T)	Factor Hidráulico FH=(Q <sup>2</sup> )/(2g)	Caudal (mts3/seg)
5.00	953.23	182.46	2,373,533.90	876,236.95	6824.13

**ESTUDIO HIDRÁULICO COLONIAS JARDINES DEL Río Y CARRILLO**

CAUDAL (QC) = 4146.30 mts3/seg  
 PENDIENTE (SC) = 0.00675  
 COEF. RUGOSIDAD (n) = 0.038  
 FACTOR HIDRAULICO = 1917.75

**ANÁLISIS PARA FLUJO NORMAL**

**SECCIÓN: 0+060 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
7.00	701.7049	130.1286	5.39	2157.79	1917.75	4665.28

**SECCION: 0+120 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
7.30	826.8300	136.4700	5.94	2711.15	1917.75	5861.67

**SECCION: 0+180 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
6.93	733.1878	144.6769	4.97	2134.24	1917.75	4614.36

**SECCION 0+240 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
6.31	940.2704	175.3693	5.25	2841.86	1917.75	6144.28

**SECCION 0+300 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
6.30	856.3142	169.0177	4.97	2492.21	1917.75	5388.31

**SECCION 0+360 OBSERVACION SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	RH=AH/Pm (mts)	$FG=(AH)(RH)^2/3$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
6.11	770.2732	143.2428	5.27	2332.62	1917.75	16425.80

**SECCION 0+420 OBSERVACION SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	RH=AH/Pm (mts)	$FG=(AH)(RH)^2/3$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
6.30	747.0338	138.8442	5.27	2263.08	1917.75	15936.11

**SECCION 0+480 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	RH=AH/Pm (mts)	$FG=(AH)(RH)^2/3$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
5.00	733.9300	144.6300	4.97	2138.30	1917.75	15057.49

**SECCION 0+540 OBSERVACION SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	RH=AH/Pm (mts)	$FG=(AH)(RH)^2/3$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
5.30	720.0000	145.5300	4.85	2062.54	1917.75	14524.00

**SECCION 0+600 OBSERVACION SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	RH=AH/Pm (mts)	$FG=(AH)(RH)^2/3$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
5.30	779.8300	150.0000	5.09	2309.00	1917.75	16259.46

**SECCION 0+660 OBSERVACION SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante	Area Hidráulica	Perímetro Mojado	Radio Hidráulico	Factor Geométrico	Factor Hidráulico	Caudal (mts3/seg)
Y (mts)	AH (mts2)	Pm (mts)	RH=AH/Pm (mts)	$FG=(AH)(RH)^2/3$	$FH=(Qn)/S1/2$	$Q=(S1/2/n)FG$
6.30	815.5799	152.6090	5.24	2459.66	1917.75	17320.39

**SECCION 0+720 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.30	821.8579	168.5459	4.78	2331.67	1917.75	16419.10

**SECCION 0+780 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
7.74	1,308.78	220.4989	5.82	4233.11	1917.75	29808.68

**SECCION 0+800 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.30	925.0661	188.4566	4.81	2636.12	1917.75	18562.97

**SECCION 0+820 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.30	1,545.679	305.5340	4.96	4494.10	1917.75	31646.52

**SECCION 0+840 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.30	1,143.816	226.3283	4.95	3323.42	1917.75	23402.80

**SECCION 0+860 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG
5.80	1,334.616	247.0260	5.29	4054.30	1917.75	28549.52

**SECCION 0+880 OBSERVACION : SECCION DE CANAL SUFICIENTE**

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts2)	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH)2/3	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S1/2	Caudal (mts3/seg) Q=(S1/2/n)FG

7.93	1465.39	252.70	5.68	4666.62	1917.75	32861.36
------	---------	--------	------	---------	---------	----------

**SECCION 1+240** OBSERVACION SECCION DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts <sup>2</sup> )	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH) <sup>2/3</sup>	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S <sup>1/2</sup>	Caudal (mts <sup>3</sup> /seg) Q=(S <sup>1/2</sup> /n)FG
6.75	782.85	145.93	5.26	2366.93	1917.75	16667.41

**SECCION 1+289.82** OBSERVACION SECCION DE CANAL SUFICIENTE

Tirante Y (mts)	Area Hidráulica AH (mts <sup>2</sup> )	Perímetro Mojado Pm (mts)	Radio Hidráulico RH=AH/Pm (mts)	Factor Geométrico FG=(AH)(RH) <sup>2/3</sup>	Factor Hidráulico FH=(Qn)/S <sup>1/2</sup>	Caudal (mts <sup>3</sup> /seg) Q=(S <sup>1/2</sup> /n)FG
5.00	953.23	188.37	4.96	2772.08	1917.75	19520.40

Se a comprobado que las nuevas secciones propuestas en nuestro diseño a cumplido con los niveles máximos de altura tanto para Flujo Normal como Flujo Critico con lo que se puede concluir que nuestro Diseño funcionara correctamente durante un periodo de 25 años (ver planos N° 5.1 y 5.2 en anexo 9).

A continuación se realizara otra comprobación a nuestro Diseño en el cual es el Cálculo de Velocidad de Flujo para canales, para determinar la velocidad del agua que pasa por cada colonia. Y que se analizará según tabla N° 5.12, obteniendo valores para cada colonia de:

**Colonia Dolores:**

$$V_{\text{promedio}} = 4.0 \text{ m/s; se obtuvo de } Q = V A$$

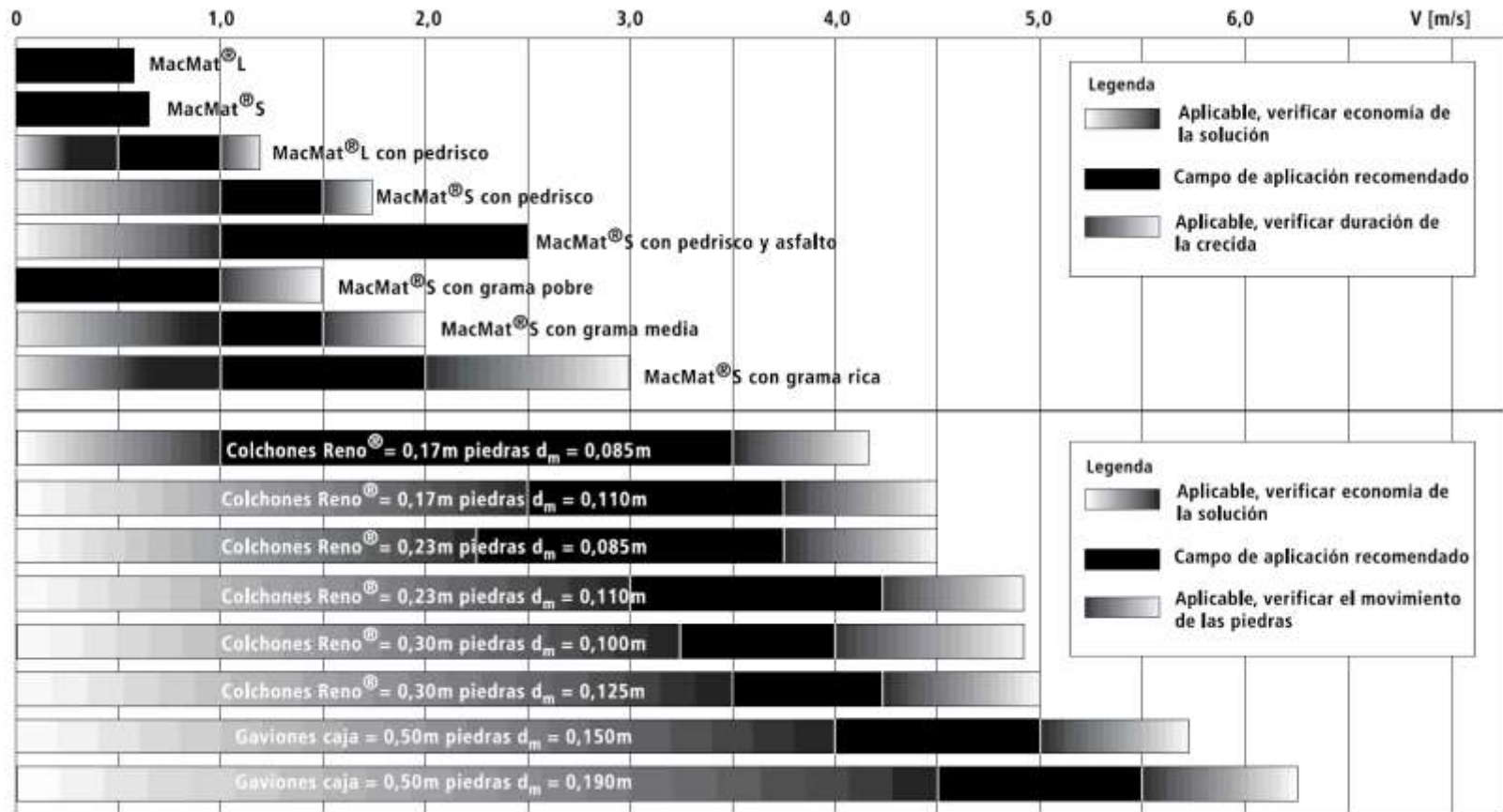
**Colonias; Jardines del Río y Carrillo I:**

$$V_{\text{promedio}} = 3.5 \text{ m/s; se obtuvo de } Q = V A$$

Nota: ver resultados de diseño de muro, analizados por el software Gawacwin version 1.0, corridos por la empresa MACCAFERRI.

**Tabla N° 5.12:** Comparación de Velocidades según Obra a Diseñar.

Fuente: Maccaferri.



Según las Velocidades encontradas Anteriores para cada colonia y según tabla anterior, para velocidades de 3.5 a 4.0 m/s, será necesario un muro de Gavión Caja con colchón Reno, por lo que se concluye que el Diseño propuesto para cada colonia es aceptable



## 5.9 Presupuesto de Obra de Protección.

Las soluciones con Gaviones para obras fluviales presentan características técnicas, funcionales y constructivas que las vuelven ventajosas, inclusive en el aspecto económico, en relación a las soluciones tradicionales (ver Grafico 5.1). En términos generales podemos destacar que:

- ▶ En los cauces de ríos, difícilmente el terreno es de buena calidad.

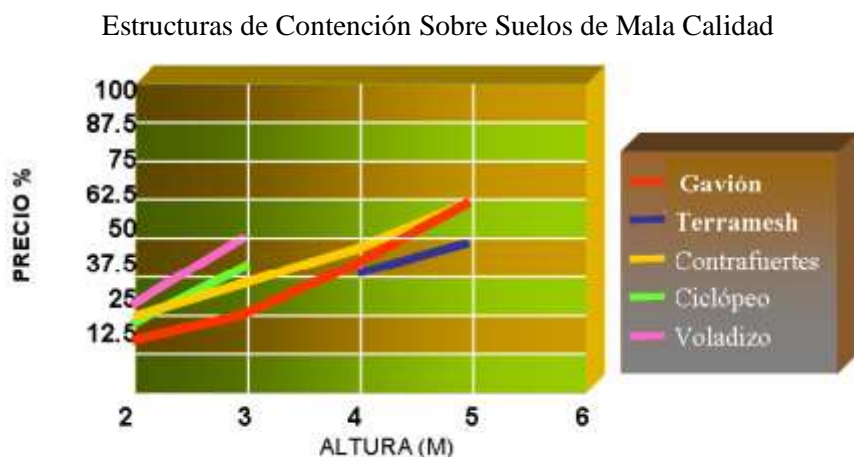
En estas condiciones las soluciones tradicionales requieren onerosas fundaciones profundas con consiguientes complejas excavaciones, ataguías y operaciones de bombeo. En estas situaciones las soluciones flexibles, que permiten a la estructura acompañar pequeños asentamientos diferenciales sin perder eficiencia, son las que presentan la mejor relación costo/beneficio inicial y el menor costo de mantenimiento.

- ▶ En muchos casos el río es una extensión de la capa freática. No es aconsejable interferir en el equilibrio existente ya que esto podría tener graves consecuencias en la región. Para evitar este problema es aconsejable usar soluciones altamente permeables y drenantes, que permitan el libre flujo de las aguas de percolación e infiltración, aliviando también el empuje hidrostático actuante sobre las estructuras.
- ▶ Las obras en los ríos en general requieren grandes inversiones y revisten gran importancia para los habitantes locales. Por esta razón deben ser resistentes y de larga vida útil. Las soluciones en malla hexagonal de doble torsión cumplen con estos requisitos al tener gran resistencia mecánica y al ser monolíticas. La durabilidad de los elementos metálicos está garantizada por el formato de la red y por el revestimiento de sus alambres con la aleación de Zn/Al (Galfan), o por la protección adicional de materiales plásticos, en los casos en que la obra esté en contacto con ambientes agresivos.

Las obras fluviales generalmente son complejas, desde el punto de vista operacional, debido a la presencia de agua, dificultad de acceso y variaciones repentinas de caudal. Por esta razón son indicadas las soluciones en gaviones, al ser de utilización simple y rápida, no necesitar de equipamientos o mano de obra calificada y funcionar inmediatamente después de construidas.

- ▶ La facilidad de construcción es también un importante factor social, al permitir la utilización de mano de obra local, permitiendo hasta la construcción en régimen comunitario.
- ▶ La posibilidad de construir la obra en etapas, debido a necesidades técnicas o económicas, representa también un factor a veces decisivo, no solamente para el proyectista, sino principalmente para el financiador de la obra. Las soluciones con Gavión responden completamente a estas necesidades.
- ▶ Los ríos son ecosistemas delicados, que pueden desestabilizarse totalmente en consecuencia de intervenciones inadecuadas. Las soluciones en gaviones se adaptan a cualquier tipo de ambiente, siendo producidas con materiales inertes e interaccionan con el medio circundante creando condiciones que favorecen la formación de un nuevo equilibrio ambiental.

**Grafico N° 5.1:** Estructuras Económicas  
Fuente: Maccaferri.



## 5.10 Presupuesto.

**Tabla N° 5.13:** Presupuesto del Proyecto para Colonia Dolores.

**Fuente:** Elaboración Propia del Grupo.

### PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

PROYECTO: Propuesta de Diseño de Obras de Mitigación de Riesgos Causadas por la Inundación del Río Grande de San Miguel en el Sector Suburbano.

UBICACIÓN: COLONIA DOLORES

No	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	COSTO DIRECTO			TOTAL COST DIRECTO	COSTO INDIRECTO	IVA 13%	TOTAL COST UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO DE PARTIDA
				MATERIAL	M. OBRA	OTROS						
1	BODEGA	1.00	SG	\$0.00	\$0.00	\$120.00	\$120.00	\$0.00	\$15.60	\$120.00	\$135.60	\$120.00
2	LIMPIEZA Y CHAPEO	1,455.12	M2	\$0.00	\$0.25	\$0.00	\$0.25	\$0.00	\$0.03	\$0.25	\$0.28	\$363.78
3	TRAZO	1.00	SG	\$67.10	\$11.88	\$0.00	\$78.98	\$0.00	\$10.27	\$78.98	\$89.25	\$78.98
4	EXCAVACIÓN CON MAQUINA	252.10	M3	\$0.00	\$0.34	\$5.04	\$5.38	\$0.00	\$0.70	\$5.38	\$6.08	\$1,356.30
5	GAVIÓN	1,697.64	M3	\$33.00	\$14.88	\$0.03	\$47.91	\$0.00	\$6.23	\$47.91	\$54.14	\$81,333.93
6	TRANSPORTE	40.00	VIAJE	\$0.00	\$0.00	\$130.00	\$130.00	\$0.00	\$16.90	\$130.00	\$146.90	\$5,200.00
<b>COSTO TOTAL</b>												<b>\$ 88,452.99</b>
<b>IVA</b>												<b>\$ 11,498.89</b>
<b>VALOR DE PROYECTO</b>												<b>\$ 99,951.88</b>

**Tabla N° 5.14:** Presupuesto del Proyecto para Colonias Jardines del Río y Carrillo I.  
**Fuente:** Elaboración Propia del Grupo.

**PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO**

PROYECTO: Propuesta de Diseño de Obras de Mitigación de Riesgos Causadas por la Inundación del Río Grande de San Miguel en el Sector Suburbano.

UBICACIÓN: COLONIAS Jardines del Río y Carrillo I

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	COSTO DIRECTO			TOTAL COST DIRECTO	COSTO INDIRECTO	IVA 13%	TOTAL COST. UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO DE PARTIDA
				MATERIAL	M. OBRA	OTROS						
1	BODEGA	1.00	SG	\$0.00	\$0.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$0.00	\$156.00	\$1,200.00	\$1,356.00	\$1,200.00
2	LIMPIEZA Y CHAPEO	13,295.76	M2	\$0.00	\$0.25	\$0.00	\$0.25	\$0.00	\$0.03	\$0.25	\$0.28	\$3,323.94
3	TRAZO	1.00	SG	\$201.30	\$11.88	\$0.00	\$213.18	\$0.00	\$27.71	\$213.18	\$240.89	\$213.18
4	EXCAVACIÓN CON MAQUINA	868,818.03	M3	\$0.00	\$0.34	\$5.04	\$5.38	\$0.00	\$0.70	\$5.38	\$6.08	\$4,674,241.00
5	RELLENO COMPACTADO	64,821.36	M3	\$4.00	\$0.59	\$6.65	\$11.24	\$1.12	\$1.61	\$12.36	\$13.97	\$801,192.01
6	GAVIÓN	26,148.33	M3	\$33.00	\$14.88	\$0.03	\$47.91	\$0.00	\$6.23	\$47.91	\$54.14	\$1,252,766.49
7	TRANSPORTE	400.00	VIAJE	\$0.00	\$0.00	\$130.00	\$130.00	\$0.00	\$16.90	\$130.00	\$146.90	\$52,000.00
<b>COSTO TOTAL</b>												<b>\$ 6,784,936.62</b>
<b>IVA</b>												<b>\$ 882,041.76</b>
<b>VALOR DE PROYECTO</b>												<b>\$ 7,666,978.38</b>

# *Capítulo VI*

*Conclusiones y  
Recomendaciones.*

## Conclusiones

En la Propuesta de Diseño de Obras de Mitigación de Riesgos Causadas por la Inundación del Río Grande de San Miguel en el Sector Suburbano se llego a las siguientes conclusiones:

1. Se demostró la existencia de sectores afectados por el desbordamientos del Río Grande de San Miguel en el sector comprendido entre la Colonia Confianza II y la Colonia Jardines del San Miguel, así como también otros problemas que tienen relación directa con el desbordamiento tales como socavación, sedimentación, depósitos de basura a través de una metodología de selección que permitió elegir tres colonias con las características mas riesgosas las cuales son: Colonia Dolores, Colonia Jardines del Río y Colina Carrillo I.
2. Se constato a través de un estudio Hidráulico que la capacidad de contención en las tres colonias antes mencionadas es insuficiente para dar abasto al caudal (Colonia Dolores para un retorno de 25 años  $Q = 3,208.32 \text{ m}^3/\text{s}$ ; para las Colonias; Jardines del Río y Carrillo I  $Q = 4,146.30 \text{ m}^3/\text{s}$ ), del Río Grande el cual se estimo por medio del Método de las Isócronas.
3. Se establecieron las nuevas secciones para las Colonias; Dolores, Jardines del Río y Carrillo I. Y Se logró diseñar las estructuras hidráulicas (Muro con Gaviones Caja y Colchón Reno). Para la cual el diseño del Muro de la Colonia Dolores quedo de la siguiente forma: altura = 4.30 m, base = 6.00 m (colchón Reno), Sub base = 2.50 m, escalonamiento entre camadas = 0.50 m y para las Colonias; Jardines del Río y Carrillo I quedo: altura = 5.30 m, base = 6.00 m (colchón Reno), Sub base = 3.0 m, escalonamiento entre camadas = 0.50 m. Dichos diseños se realizaron según las Especificaciones Técnicas ASTM A – 90.

## Recomendaciones

- Realizar trabajos de limpieza del cause del Río para evitar el desgaste y erosión de la estructura, y así asegurar la sostenibilidad de la obra.
- Debe tenerse en cuenta que los estudios de suelos realizados son a nivel exploratorio o de carácter preliminar, por lo que se recomienda realizar un estudio de suelos definitivo.
- Se recomienda que la ejecución de las defensas se realice en épocas de estiaje en los meses de Noviembre – Abril, evitando los inconvenientes de las crecientes que no se dan en esta época.
- Se recomienda abordar en el futuro las colonias que fueron descartadas en el estudio preliminar (Metodología para la Selección de los Sectores Críticos, capítulo IV), por que si bien es cierto a través de la matriz comparativa resultaron con menos problemas, estas no están libres del efecto del Río Grande de San Miguel.
- De no tomarse en cuenta la propuesta estructural de este trabajo, se recomienda a las Instituciones Encargadas Establecer un Sistema de Alerta Temprana para que los Pobladores Tengan el Suficiente Tiempo para poder abandonar sus viviendas.

## Recomendaciones Complementarias

El objetivo esencial de toda defensa ribereña es proteger áreas terrestres de interés humano de las inundaciones perjudiciales provenientes de las máximas descargas del Río, mas no así de un auto mantenimiento, o de ser auto sostenible, por lo cual se agregan Recomendaciones Complementarias para una mejor eficiencia de la estructura, las cuales son:

- a) Capacitación de los pobladores en la manutención defensas ribereñas, llevada a cabo por personal de la Alcaldía Municipal de San Miguel.
  - Regular el movimiento del ganado bovino, llevados por los mismos pobladores afectados para acceder a las aguas del Río, que deterioran y destruyen las construcciones que se tienen, disminuyendo la vida útil de las defensas ribereñas.
- b) Plan de forestación
  - Construir un esquema para la forestación, dando un apoyo para poblar de árboles y vegetación acorde a las defensas ribereñas.
  - Preservar la escasa vegetación de la zona que es más útil para la conservación de la estructura, la cual es utilizada para alimento del ganado.
- c) Se recomienda un manejo de cuencas orientado a la conservación del suelo, con la finalidad de eliminar o minimizar las pérdidas de suelos.
  - Plantear un programa de ordenamiento y control de Ríos en zonas susceptibles a Inundaciones.



## Fuentes De Consultas

- **Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) “ El Estudio de Control Integral de Crecida en el Río Grande de San Miguel en la Republica de El Salvador”**
  
- **Consideraciones para Evaluación y Predicción de Inundaciones en la Cuenca del Río Grande de San Miguel, JICA, 1997**
  
- **Groundwater Research Project Lower Basin of The Río Grande de San Miguel (Proyecto de Investigación para la parte Baja de La Cuenca del Río Grande de San Miguel), JICA, 1997**
  
- **Reducción de la vulnerabilidad de la población de la Subcuenca El Tránsito Universidad. Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA) Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica San Salvador, noviembre de 2001.**
  
- **Gestión de Riesgos Urbanos Inundaciones Urbanas en El Salvador.**  
Ana Deisy López Ramos  
Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), Servicio Hidrológico Nacional
  
- **Estudio de los problemas de inundaciones e inestabilidad de taludes en las zonas marginales del área metropolitana de San Salvador afectadas por el terremoto del 10 de octubre/86.**  
Juan Carlos Figueroa Hernández  
Margo Antonio Aquino Gudiel  
Oscar Alfredo Díaz Cruz  
Universidad De El Salvador, 1989

- **Propuesta De Diseño De Las. Obras De Protección Contra Inundaciones En La Zona Del Bajo Lempa.**  
Delgado Sorto Cornelio,  
Fabian Saravia Juan Carlos,  
Mejia Galeas,  
Edgar Noel  
Universidad De El Salvador, 1995
  
- **Diagnostico Sectorial del Plan de Ordenamiento Territorial.**  
Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la Ciudad de San Miguel (PLAMADUR).  
Consortio PADCO-ESCO, San Miguel 1996.
  
- **Diagnostico Sectorial del Plan de Ordenamiento Ambiental.**  
Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la Ciudad de San Miguel (PLAMADUR).  
Consortio PADCO-ESCO, San Miguel 1996.
  
- **Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (SINODT).** 1996
  
- **Estructura Geologica, Historia Tectonica y Morfología de América Central.**  
Gabriel Dengo.  
Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI).  
Guatemala.
  
- **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.
  
- **Guía Básica para realizar Estudios Hidrológicos en El Salvador. Universidad de El Salvador. 1997**

Sandra Elizabeth Hernández Díaz  
Marisol Svetlana Montoya Alfaro  
Oscar Adalberto Rodríguez López  
Universidad De El Salvador, 1995

➤ **Hidrología Aplicada**

Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.  
Primera Edición, Bogotá 1988.

➤ **Ven Te Chow, Hidráulica de Canales Abiertos**

(Editorial McGraw Hill, 1994)

**Revestimiento de Canales y Cursos de Agua (Manual Técnico).**

Autores: FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – Sao Paulo – Brasil.  
Maccaferri do Brasil.

➤ **Curso (Diplomado) de Hidráulica e Hidráulica Aplicada al Drenaje de Inundaciones.**

Modulo I: Hidrología e Hidráulica Aplicada a Problemas de Inundaciones.  
Ing. Carlos Ventura Montenegro.  
San Miguel, Noviembre 2006

➤ **Ingeniería Geológica**

Luís I. Gonzáles de Vallejo, Mercedes Ferrer, Luís Ortuño, Carlos Oteo.  
Editorial PERSON EDUCACIÓN, S.A.

➤ **Juárez Badillo – Rico Rodríguez, Mecánica de Suelos, Tomo I y II**

(Editorial Limusa, 1992)

➤ **Guía para Pruebas de Suelos que se Realizan en Campo y en Laboratorio, Aplicada en Obras de Ingeniería Civil. 1993.**

Néstor Mauricio Calderón Argueta.

Oscar Romero Chávez Gallo.

Ramón Arístides López Rivera.

Herber Leonel Perdomo Ulloa.

Universidad De El Salvador, 1995

➤ **Manuel Delgado Vargas, Ingeniería de Cimentaciones**

(Editorial Alfaomega, 2da Edición, 1999)

➤ **Obras de Contención (Manual Técnico).**

Autor: Prof. Dr. Pérsio Leister de Almeida Barros

Co-autores: Ing. Gerardo Fracassi, Ing. Jaime de Silva Duran, Ing. Alexandre Marcos Texeira.

Maccaferri do Brasil.

➤ **Consultoría Profesional, Ing. Juan José Cisneros Interiano**

Maccaferri

➤ **Software Google Earth**

➤ **Microsoft Encarta 2005 y 2006**

➤ **[www.snet.gob.sv](http://www.snet.gob.sv)**

➤ **[www.geocities.com](http://www.geocities.com)**

# *Anexos*

*Anexo 1*

*Fotografías que muestran la Vulnerabilidad para  
cada Colonia.*



Fotografía No. 1 y 2: Muestra la socavación en talud y vegetación, de la Colonia Jardines de San Miguel



Fotografía No. 3 y 4: Muestra la Orilla y la Caída de Aguas Residuales Frente a la Colonia Siloe



Fotografía No. 5 y 6: Muestra la orilla y Obras de Protección Caído



Fotografía No. 7: Muestra la descarga de agua residual al Río a la orilla de la Colonia Jardines del Río y la socavación por la falta del muro de protección



Fotografía No. 8 y 9: Muestra el talud y Cauce frente a la Residencial Maria Julia





Fotografía No.10 y 11: Muestra el talud y Cauce frente a la Colonia Carrillo I



Fotografía No. 12: Muestra el talud de la Urbanización Santa Lucia





Fotografía No. 13: Muestra el talud y la socavación que se ha dado por la falta de muro de protección para la Salida de Agua Residual en la Urbanización Palo Blanco



Fotografía No. 14: Muestra la Orilla de la Colonia Nueva Jerusalén



Fotografía No. 15: Muestra la Orilla de la Lotificación Adelaida.



Fotografía No. 16 y 17: Muestra la Orilla y la Salida de Agua residual frente a la Urbanización Presita I



Fotografía No. 18: Muestra la Orilla de la Urbanización Presita II.



Fotografía No. 19: Muestra la Orilla del Caserío las Chilcas.



Fotografía No. 20: Muestra la Orilla de la Lotificación Concepción.



Fotografía No. 21: Muestra la Orilla de la Urbanización Prados de San Miguel.



Fotografía No. 22 y 23: Muestra la Orilla de Colonia Las Brisas II.



Fotografía No. 24 y 25: Muestra la Orilla y Cauce Frente a la Colonia Brisas del Río.



Fotografía No. 26: Muestra la Orilla y Cauce Frente Lotificación Agua Fría.



Fotografía No. 27: Muestra la Orilla y Cauce Frente a Colonia La Fortaleza.



Fotografía No. 28 y 29: Muestra la Orilla y Cauce Frente a la Comunidad el Tiangue.



Fotografía No. 30: Muestra la Orilla y Cauce Frente a la Colonia las Palmeras.



Fotografía No. 31: Muestra la Orilla y Cauce Frente a la Colonias Urbina y Escalón.



Fotografía No. 32 y 33: Muestra la Orilla y Cauce Frente a la Colonia Dolores.



Fotografía No. 34 y 35: Muestra la Orilla y Cauce Frente al Caserío Nacascolo.



Fotografía No. 36 y 37: Muestra la Orilla y Cauce Frente a Colonia las Violetas.



Fotografía No. 38: Muestra la Orilla y Cauce Frente a Colonia La Confianza II.



Fotografía No. 39: Muestra el Suelo que Presenta la Parte Baja del Tramo de Estudio.



Fotografía No. 40: Muestra el Suelo que Presenta la Parte Media del Tramo de Estudio.





Fotografía No. 41: Muestra el Suelo que Presenta la Parte Alta del Tramo de Estudio.

*Anexo 2*

*Fotografías Satelital que muestra el*

*Comportamiento de la Sedimentación para cada*

*Colonia.*

### Colonia La Confianza II.



### Colonia Las Violetas.



**Colonia Dolores y Caserío Nacascolo.**



**Colonia Escalón, Colonia Urbina, ITCA y Ministerio de Educación.**



**Colonia las Palmeras.**



**Comunidad el Tiangué, Colonia la Fuerza y Lot. Agua Fría.**



### Colonia Brisas del Río.



### Colonia Brisas II.



## Urbanización Prados de San Miguel.



## Lotificación Concepción.



### Caserío las Chilcas.



### Urbanización Presita I, Urbanización Presita II y Lotificación Adelaida.





### Urbanización Santa Lucia y Colonia Nueva Jerusalén.



### Urbanización Palo Blanco.



### Colonia Carrillo I.



### Colonia Jardines del Río.



### Anexo 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Fuente: Ingeniería Geológica, de Luís I. González de Vallejo

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm y basando las fracciones en pesos estimados)				Simbolo del grupo	Nombres típicos				
Suelos de grano grueso-Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N.º 200	Gravas-más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz N.º 4	Para la clasificación visual puede suponerse que la abertura del tamiz N.º 4 es equivalente a medio centímetro)	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>GW</b>	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos			
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos				
			Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más-abajo)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo			
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más-abajo)	<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla				
	Arenas-más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N.º 4		Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos			
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos				
			Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más-abajo)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas				
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más-abajo)	<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas				
Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz N.º 40									
Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz N.º 200 (La abertura del tamiz N.º 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia)					
					Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad
					Media a alta	Nula a muy lenta	Media	<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
	Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta	Ligera	<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
					Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos
					Alta a muy alta	Nula	Alta	<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta					
Suelos altamente orgánicos		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			<b>Pt</b>	Turba y otros suelos altamente orgánicos			
Los suelos que poseen características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. P. ej., GW-GC, mezcla bien graduada de arena y grava. Todos los tamaños de tamices se refieren al U.S. Standard.									

**Anexo 4 (1/2):** Correspondencia entre las unidades de los Mapas Geológicos y las unidades de Litología y Permeabilidad Definidas en el Capítulo IV.

**Fuente:**

<b>UNIDADES DEL MAPA GEOLÓGICO</b>		<b>LITOLOGÍA</b>
	<b>PERMEABILIDAD</b>	
1. Alternancia regular de calizas laminadas, margocalizas y margas en bancos dm-m.	1	BAJA por fisuración
2. Alternancia de margas, margocalizas y calizas.	1	BAJA por fisuración
3. Alternancia de calizas laminadas y margocalizas compactas.	1	BAJA por fisuración
4. Calizas bioclásticas grises. Localmente intercalaciones de calizas margosas. "Calizas de Subiiiana".	2	ALTA por fisuración
5. Margocalizas (masivas y estratificadas).	3	IMPERMEABLE
6. Margas. Tramos de margas y margocalizas alternantes.	4	IMPERMEABLE
7. Brechas calcáreas intraformacionales y margas.	2	BAJA por fisuración
8. Alternancia de calizas nodulosas y margas.	2	BAJA por fisuración
9. Calcarenita bioclástica con glauconita y margas.	2	BAJA por fisuración
10. Calizas nodulosas y margas.	2	BAJA por fisuración
11. Calcarenita arenosa.	2	MEDIA por fisuración
12. Margas arenosas oscuras y limolitas calcáreas.	4	IMPERMEABLE
13. Areniscas calcáreas.	5	MEDIA por
14. Calizas arenosas y margas arenosas.	2	BAJA por fisuración
15. Areniscas calcáreas microconglomeráticas.	5	MEDIA por porosidad
16. Calizas arenosas y limolitas calcáreas. Tramos de areniscas calcáreas y limolitas.	2	BAJA por fisuración
17. Areniscas calcáreas y limolitas calcáreas.	5	BAJA por porosidad
18. Conglomerados y areniscas calcáreas.	5	MEDIA por
19. Areniscas calcáreas rojas y grises. Niveles conglomeráticos.	5	MEDIA por
20. Calizas y calizas arenosas.	2	MEDIA por fisuración

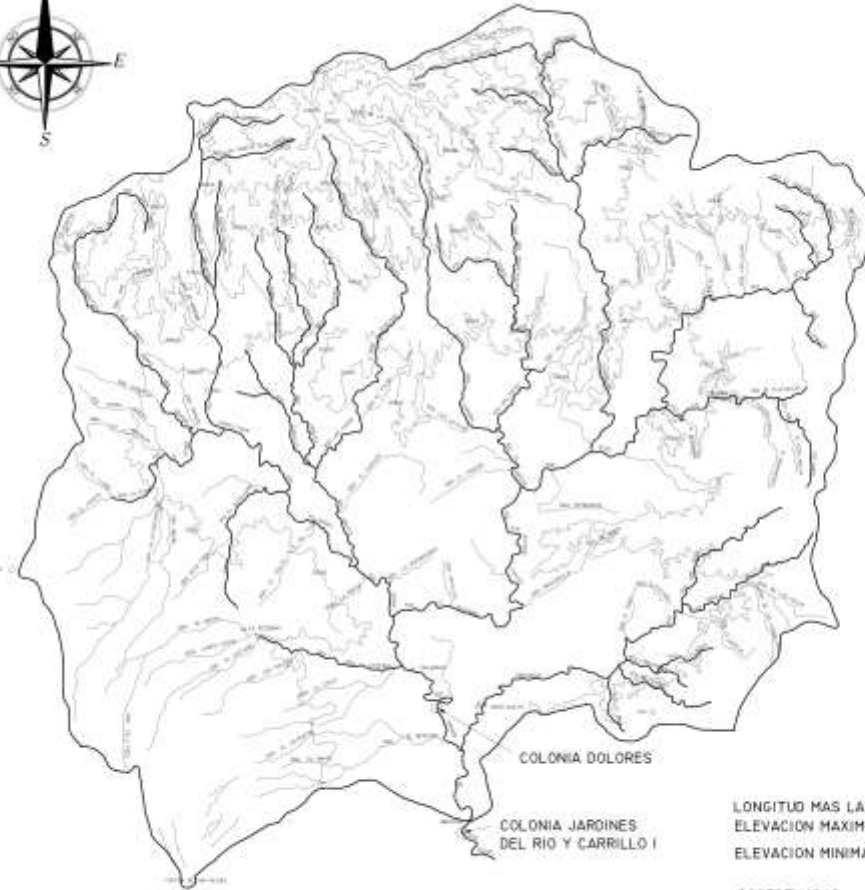
**Anexo 4 (2/2):** Correspondencia entre las unidades de los Mapas Geológicos y las unidades de Litología y Permeabilidad Definidas en el Capítulo IV.

21. Areniscas calcáreas y limolitas. Calizas arenosas.	5	BAJA por porosidad
22. Calcarenitas y calizas arenosas.	2	MEDIA por fisuración
23. Calizas. Calizas dolomíticas masivas y margas.	2	ALTA por fisuración
24. Dolomías y calizas margosas. Margocalizas y margas dolomíticas.	7	MEDIA
25. Calizas grises, calcarenitas bioclásticas y niveles dolomíticos. Margas.	2	ALTA por fisuración
26. Calcarenitas bioclásticas algales y coralinas, localmente laminadas.	2	MEDIA por fisuración
27. Conglomerados calcáreos. Intercalaciones de areniscas calcáreas y limolitas.	6	MEDIA
28. Depósitos aluvio-coluviales antiguos (terrazas).	8	ALTA por porosidad
29. Depósitos aluviales aluvio-coluviales.	8	MEDIA
30. Depósitos antropogénicos.	8	ALTA por porosidad

**Anexo 5:** Correspondencia entre distintas unidades Litológicas y su Permeabilidad y Vulnerabilidad.

LITOLOGÍA	PERMEABILIDAD	
<b>VULNERABILIDAD</b>		
-Margas -Margocalizas	Impermeable	Baja
-Calizas	Alta por fisuración	Muy alta
-Calizas margosas -Calizas arenosas	Media por fisuración	Alta
-Alternancias de calizas, margocalizas y margas	Baja por fisuración	Media
-Depósitos aluvio-coluviales antiguos -Rellenos antropogénicos	Alta por porosidad	Muy alta
-Areniscas calcáreas -Conglomerados calcáreos	Media por porosidad	Muy alta
-Alternancia de areniscas y limolitas	Baja por porosidad	Media

***Anexo 6***  
***Cuadrantes Topográficos, Cuadrícula de Horton y***  
***Curvas Isométricas de las Subcuenca del Río***  
***Grande de San Miguel.***



LONGITUD MAS LARGA: 65.095 KM  
 ELEVACION MAXIMA = 1,150 MTS  
 ELEVACION MINIMA = 80.00 MTS

COORDENADAS  
 13°30'00.52" N  
 88°09'54.21" W

FUENTE: CENTRO NACIONAL DE REGISTRO  
 (CNR), MODIFICADO POR EL GRUPO

CUADRO DE DISTANCIAS Y AREAS		
CDTA	DISTANCIA KM	AREA KM <sup>2</sup>
93 - 200	55.75	424.85
200 - 400	14.46	407.71
400 - 600	2.46	123.42
600 - 800	1.16	50.12
800 - 1000	1.66	35.56
1000 - 1150	0.89	20.33
TOTAL =	56,3800	1061,9900

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR  
 ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO

UBICACION: PUNTO DE INTERES: COLONIAS  
 DOLORES, JARDINES DEL RIO Y CARRILLO I

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
 DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
 RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
 SUBURBANO

CONTENIDO:  
 CUADRANTE TOPOGRAFICO DE LA SUBCUENCA  
 DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL.

AREA: 1,061,990 KMS<sup>2</sup>  
 PERIMETRO:  
 146,131 KM

ESCALA:  
 SIN ESCALA

FECHA: AGOSTO 2007

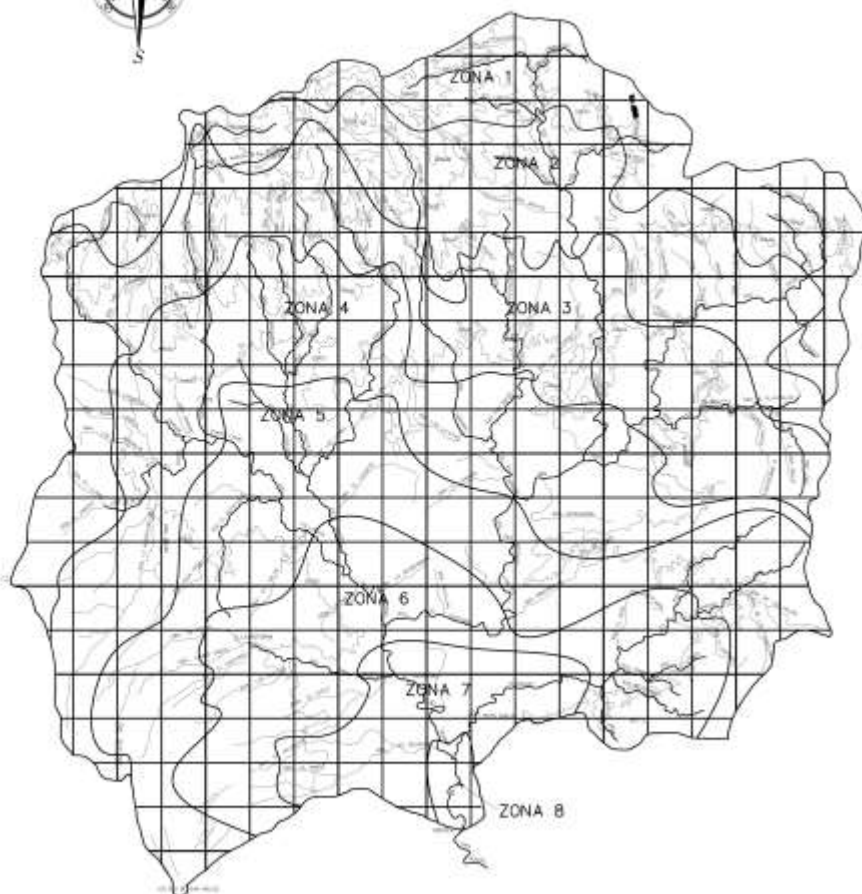
DIBUJO:  
 BALMORE CONTRERAS

PLANO: 4.3

ANEXO 6



**CUADRICULA DE HORTON. PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.**



CUADRO DE DATOS GENERAL			
V-H	PUNTOS	DISTANCIA	COTA
DV	378	332,599.32	200
DH	258259	514,790.00	200

- NOTA: - PUNTO: NUMERO DE VECES QUE SE INTERCEPTA UNA CURVA DE NIVEL
- DISTANCIA: LONGITUD TOTAL HORIZONTAL O VERTICAL DE LAS LINEAS QUE FORMAN LA CUADRICULA
- COTA: DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LAS CURVAS DE NIVEL

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO

UBICACION: PUNTO DE INTERES, COLONIAS DOLORES, JARDINES DEL RIO Y CARRILLO I

CONTENIDO:

CUADRICULA DE HORTON, PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.

AREA: 1.061.995 HME  
PERIMETRO:  
146.151 KM

ESCALA:  
SIN ESCALA

FECHA: AGOSTO 2007

DIBUJO:  
BALMORE CONTRERAS

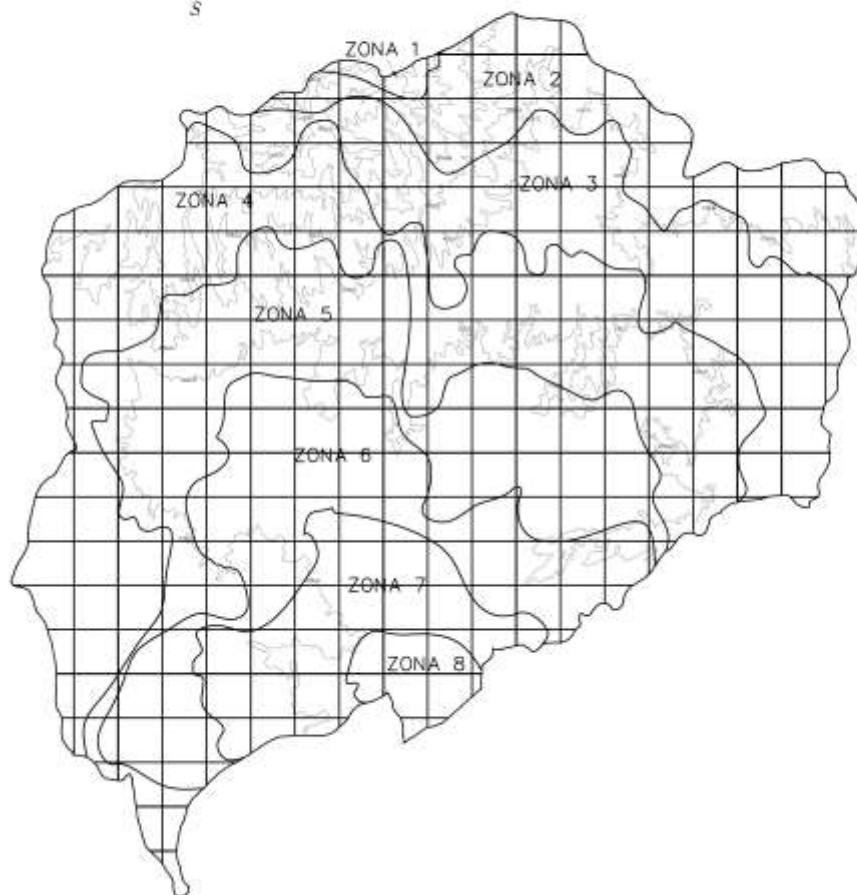
PLANO: 4.4

ANEXO 6





**CUADRICULA DE HORTON, PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE CADA SECTOR.**



CUADRO DE DATOS GENERAL							
ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
VER 5	VER 37	VER 29	VER 61	VER 30	VER 15	VER 9	VER 0
HD 2	HD 34	HD 32	HD 98	HD 42	HD 12	HD 8	HD 0
DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV
2,394.8529	44,267.0515	71,250.8686	122,145.264	88,972.9916	73,134.6289	38,736.8137	9,043.2238
DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH
684.0259	46,536.2965	71,785.1856	124,789.017	90,238.985	70,362.958	40,496.1727	8,295.3175

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO

UBICACION  
PUNTOS DE INTERES COLONIA DOLORES

CONTENIDO  
CUADRICULA DE HORTON, PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE CADA SECTOR.

AREA: 932.993 KM<sup>2</sup>  
PERIMETRO:  
161.231 KM

ESCALA  
SIN ESCALA

FECHA: AGOSTO 2007

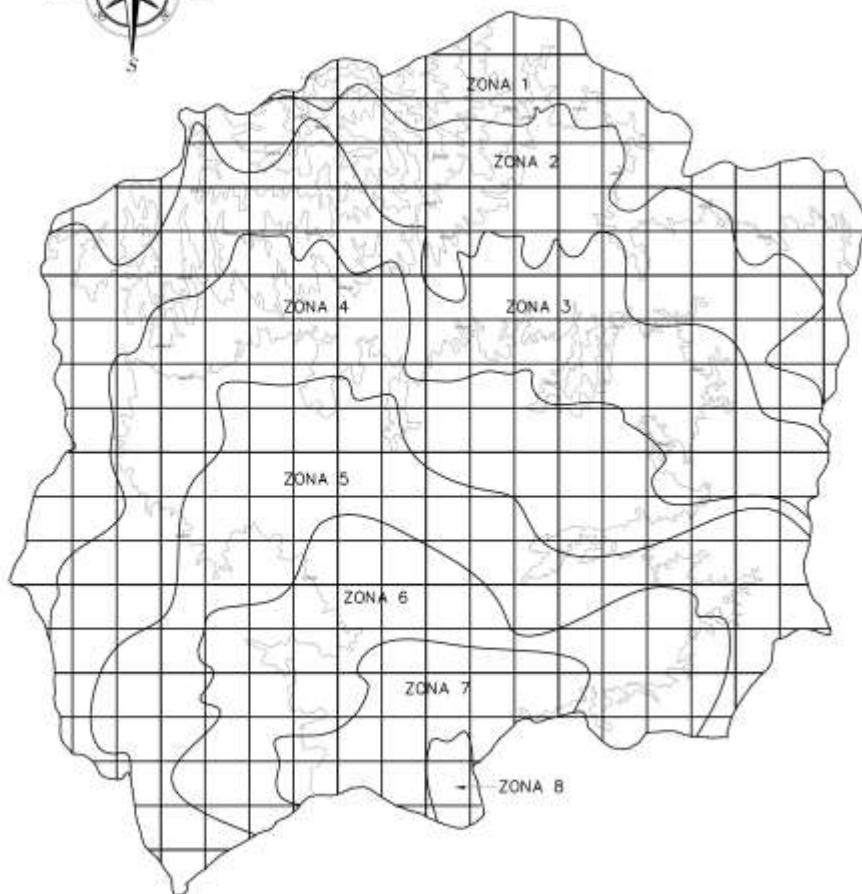
DIBUJO:  
BALMORE CONTRERAS

PLANO: A.5

ANEXO 6



CUADRICULA DE HORTON, PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE CADA SECTOR.



CUADRO DE DATOS GENERAL							
ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8
VER 30	VER 35	VER 66	VER 23	VER 23	VER 22	VER 1	VER 0
HD 35	HD 46	HD 79	HD 40	HD 22	HD 15	HD 4	HD 0
DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV	DistanciaV
46,195,8311	76,307,7183	301,681,1540	333,135,5050	97,641,7245	67,748,4412	31,395,4828	3,779,3912
DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH	DistanciaH
48,910,6419	72,758,0961	307,033,8731	99,160,2334	100,772,4865	69,865,5498	28,357,4131	2,274,7127

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO

UBICACION: PUNTO DE INTERES, COLONIAS JARDINES DEL RIO Y CARRILLO I

CONTENIDO:

CUADRICULA DE HORTON, PARA EL CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE CADA SECTOR.

AREA: 1.041.995 KM2

PERIMETRO:

146.151 KM

ESCALA:  
SIN ESCALA

FECHA: AGOSTO 2007

DIBUJO

BALMORE: CONTRERAS

PLANO: 4.6

ANEXO 6



## CURVAS ISOMETRICAS



### UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO

UBICACION  
PUNTOS DE INTERES COLONIA DOLORES

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
SUBURBANO

CONTENIDO:  
CURVAS ISOMETRICAS DE LA SUBCUENCA  
DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL.

AREA: 952 993 KM<sup>2</sup>  
PERIMETRO:  
146.231 KM

ESCALA:  
SIN ESCALA

FECHA: AGOSTO 2007

DEBUIO  
BALMORE CONTRERAS

PLANO 4.7

ANEXO 6



## CURVAS ISOMETRICAS



### UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR:  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO

UBICACION: PUNTO DE INTERES, COLONIAS  
DOLORES, JARDINES DEL RIO Y CARRILLO I

PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
SUBURBANO

CONTENIDO:  
CURVAS ISOMETRICAS DE LA SUBCUENCA  
DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL.

AREA: 1,061.995 KM<sup>2</sup>  
PERIMETRO:  
146.131 KM

ESCALA:  
SIN ESCALA

FECHA: AGOSTO 2007

DIBUJO:  
BALMORE CONTRERAS

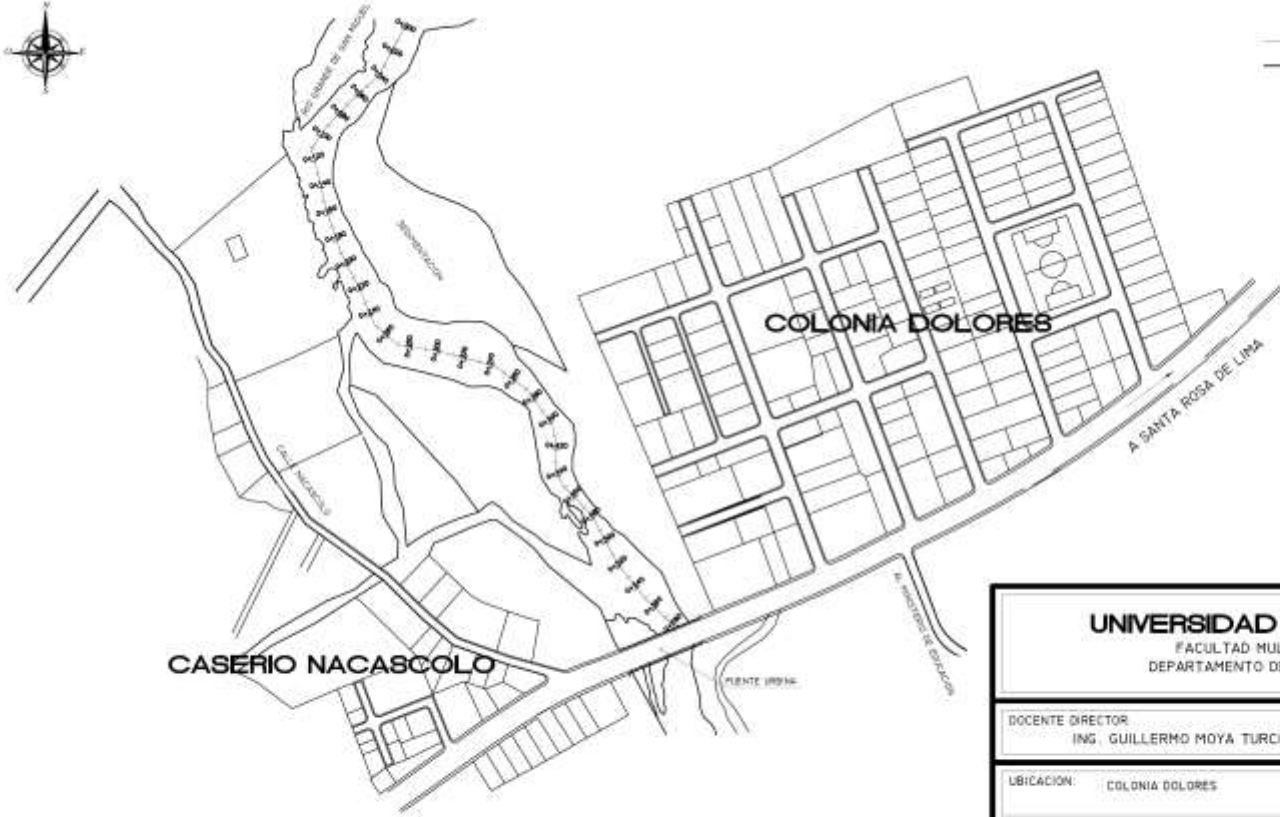
PLANO: L 8

ANEXO 6

*Anexo 7*

*Planos Topográficos, para las Colonias; Dolores,*

*Jardines del Río y Carrillo I*



— ALINIAMIENTO  
— CONTORNO DEL RIO

CASERIO NACASCOLO

COLONIA DOLORES

A SANTA ROSA DE LIMA

**PLANIMETRIA**

ESCALA: 1:1600

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

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIDS

PROYECTO  
PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
SUBURBANO

UBICACION: COLONIA DOLORES

CONTENIDO:  
**PLANIMETRIA COLONIA  
DOLORES**

LONGITUD:  
380.00 M

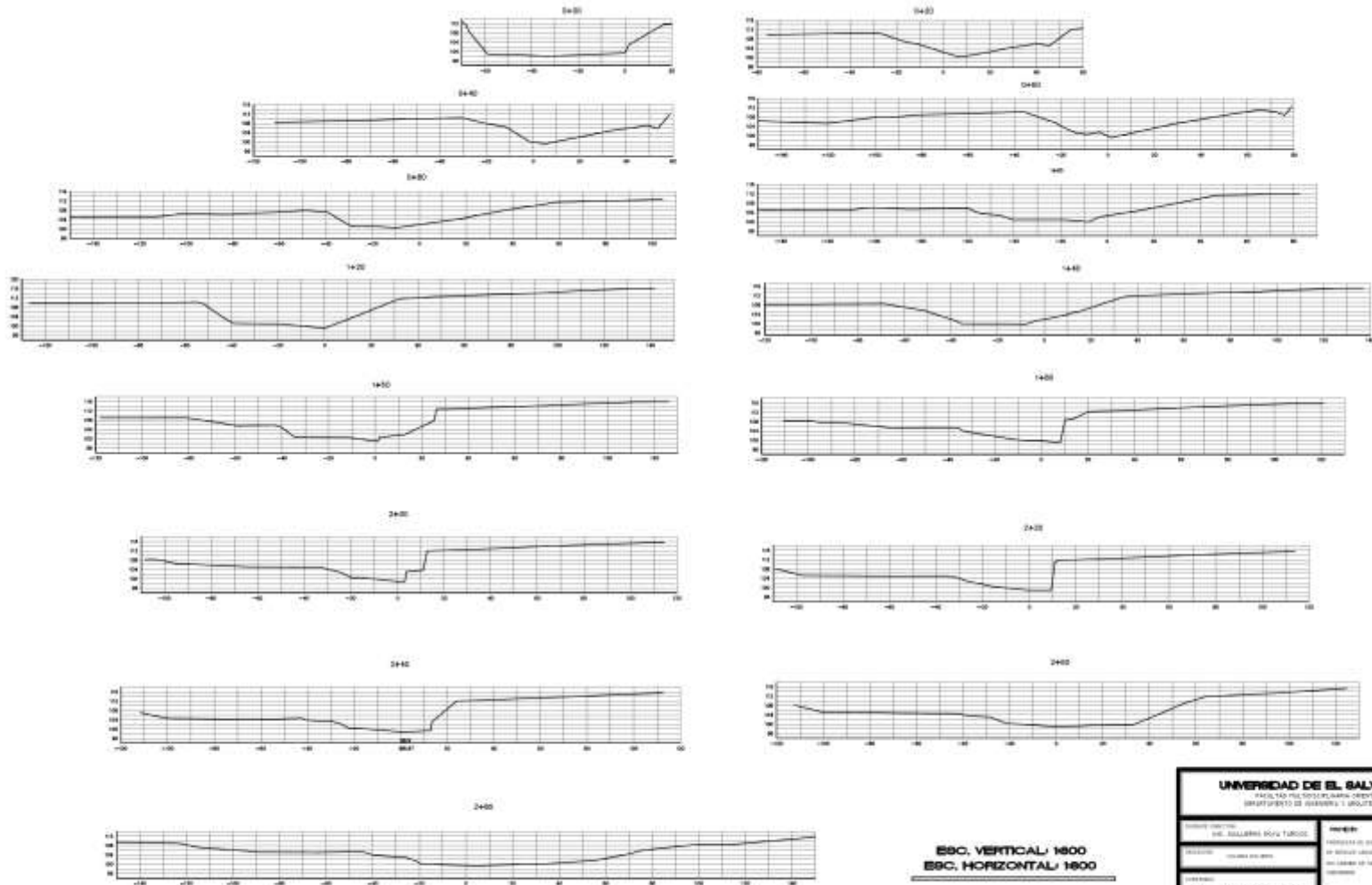
ESCALA:  
1:1600

FECHA:  
AGOSTO 2007

DIBUJO  
BALMORE CONTRERAS

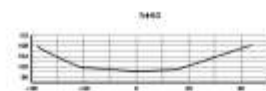
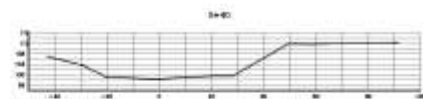
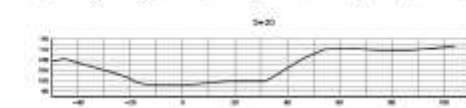
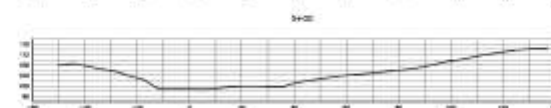
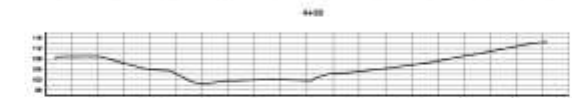
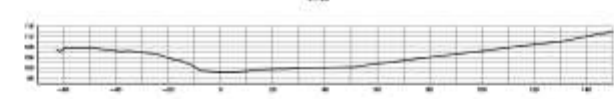
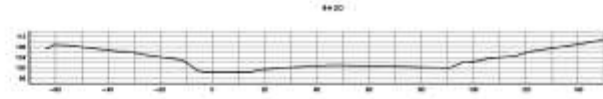
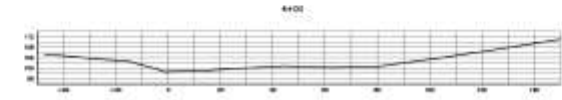
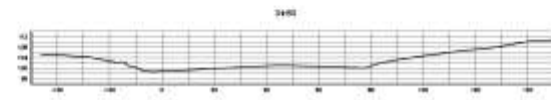
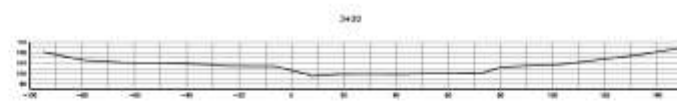
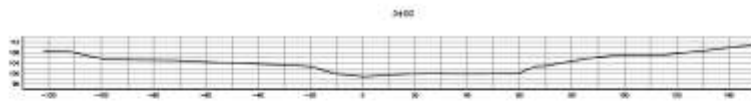
PLANO TOPOGRAFICO

ANEXO : 7



ESC. VERTICAL 1800  
 ESC. HORIZONTAL 1800

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS GRUPO DE INGENIERIA ARQUITECTONICA			
NOMBRE DEL PROYECTO: VIA GALILEO EN LA TURQUESA		PROYECTO:	
AUTOR: INGENIERO CIVIL		PROYECTADO EN CUATRO DE CLASE DE INGENIERIA DE INGENIERIA ARQUITECTONICA POR LA PREPARACION DEL PLAN GENERAL DE LA TURQUESA EN EL AÑO DE 1960	
LUGAR: CORTES TRANSVERSALES COLONIA DOLORES			
FECHA: 1960	ESCALA: 1:100	PROYECTADO POR: INGENIERO CIVIL	APROBADO POR: INGENIERO CIVIL



ESCALA VERTICAL: 1:600  
ESCALA HORIZONTAL: 1:800



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

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

PROYECTO:  
PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
SUBURBANO:

UBICACION: COLONIA DOLORES

CONTENIDO:  
**CORTES TRANSVERSALES  
COLONIA DOLORES**

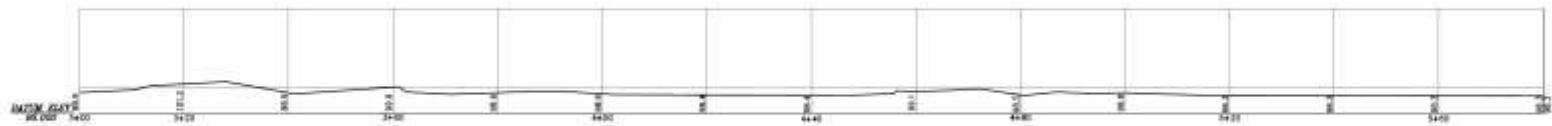
LONGITUD:  
580.00 M

ESCALA:  
1:800  
FECHA:  
AGOSTO 2007

DIBUJO:  
BALMORE CONTRERAS

PLANO TOPOGRAFICO  
ANEXO 7





**PERFIL LONGITUDINAL**



ESCALA: 1:400

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

DOCENTE DIRECTOR:  
 ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

UBICACION: COLONIA DOLORES

CONTENIDO:  
**PERFIL LONGITUDINAL  
 COLONIA DOLORES**

LONGITUD:  
 583.00 M

ESCALA:  
 1:400

FECHA:  
 AGOSTO 2007

PROYECTO:  
 PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
 DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
 RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
 SUBURBANO

DIBUJO:  
 BALMORE CONTRERAS

PLANO TOPOGRAFICO  
 ANEXO Y

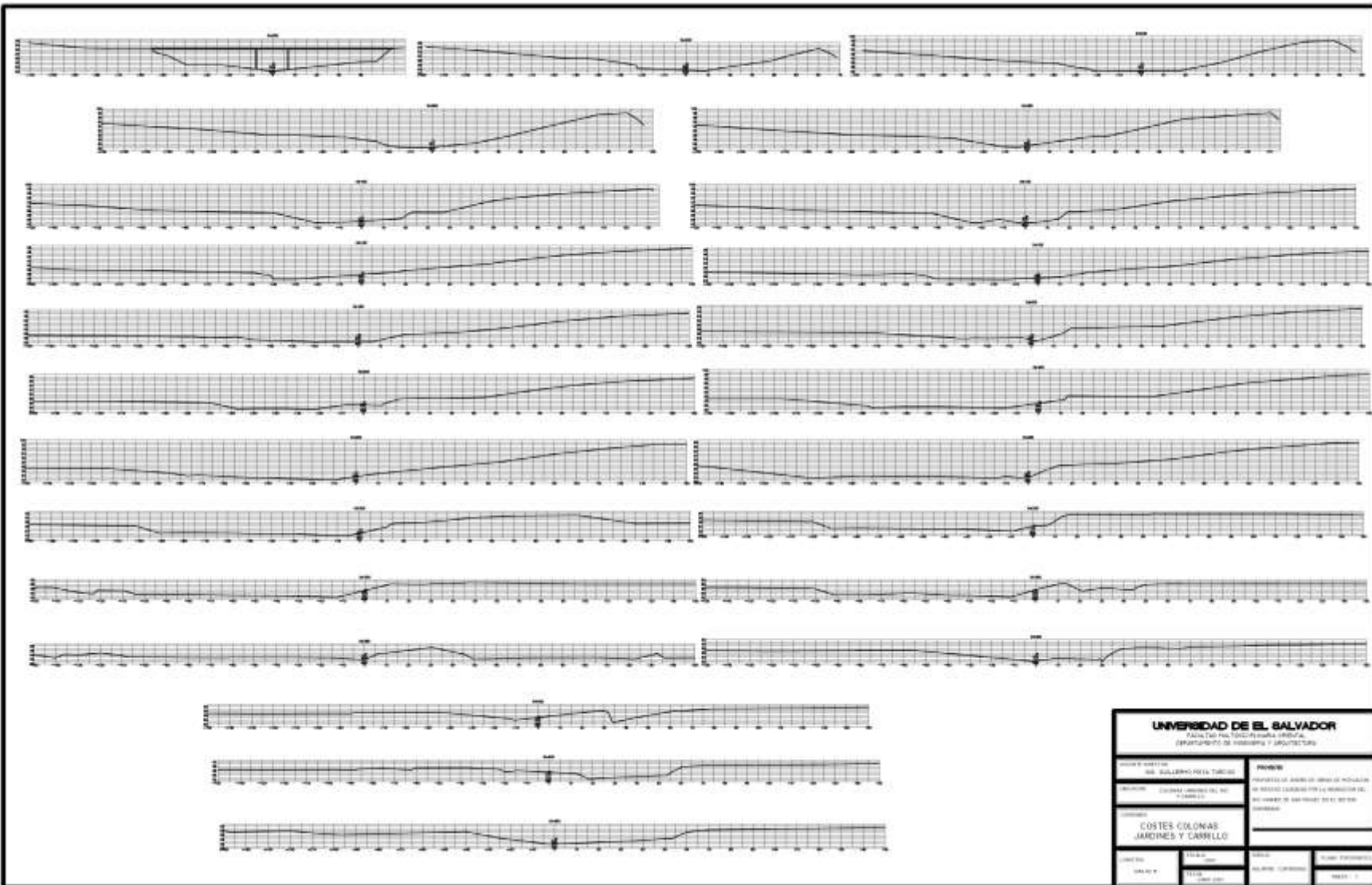


— ALINIAMIENTO  
— CONTORNO DEL RIO

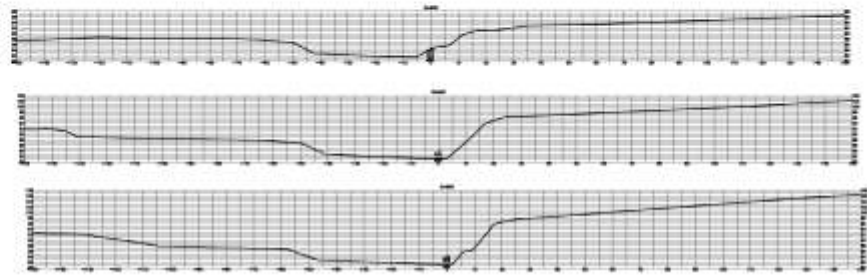
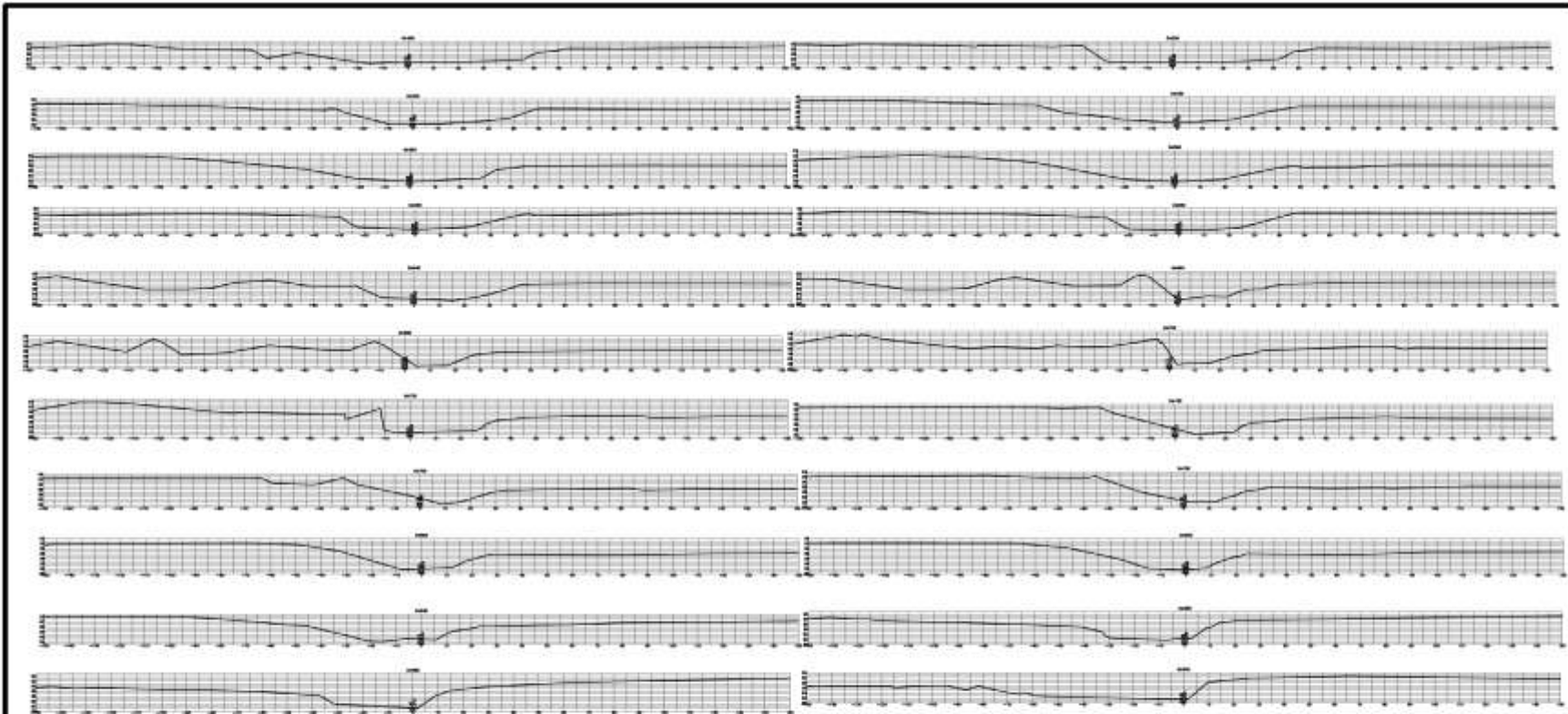
### PLANIMETRIA

ESCALA: 1:4000

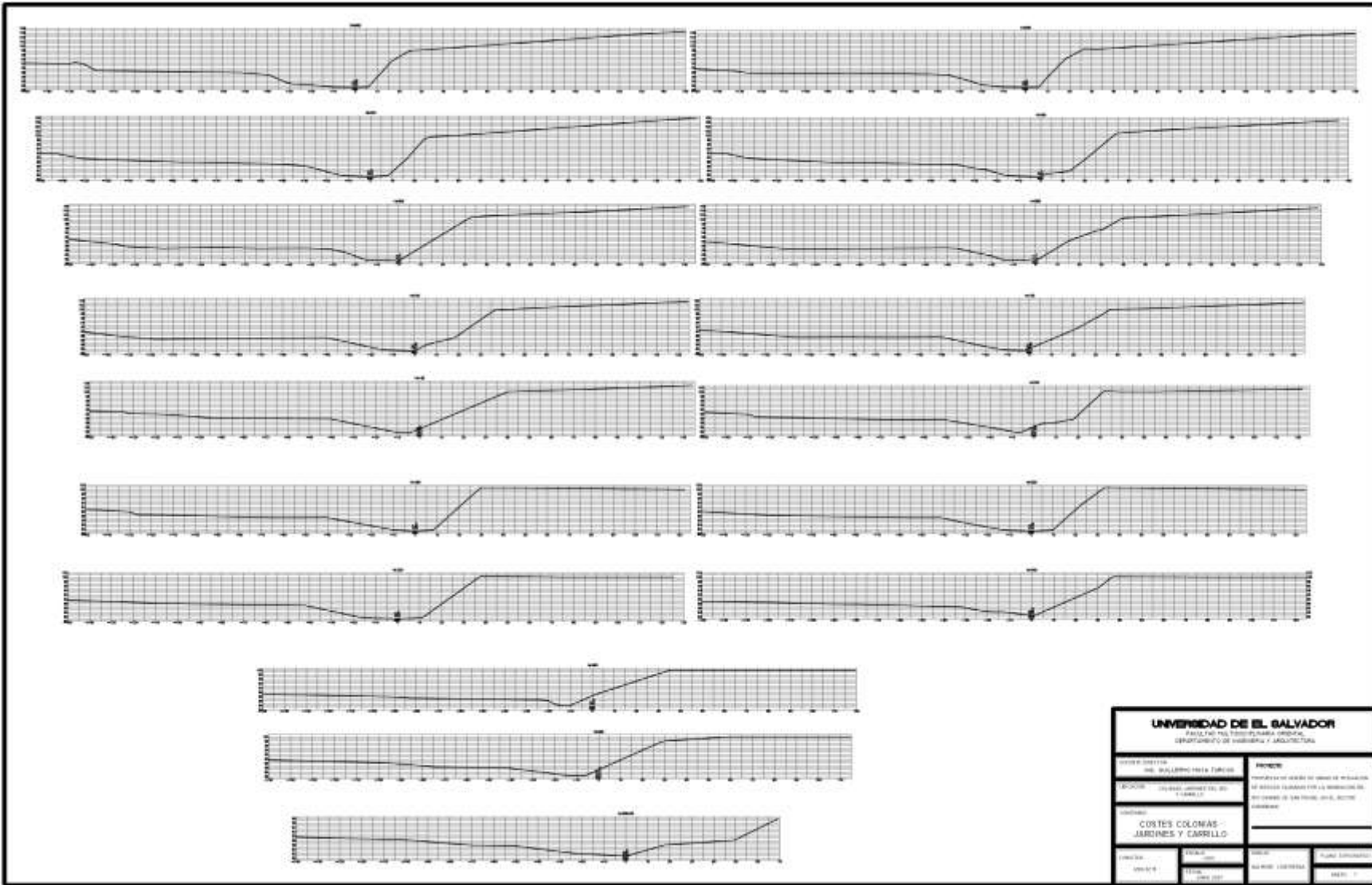
<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> FACULTAD POLITECNICA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
<b>PROYECTO:</b> NO. 20000000000000000000		<b>FECHA:</b> 2000/00/00	
<b>UBICACION:</b> CARRILLO, CARRILLO DEL NO. CARRILLO		<b>OBJETIVO:</b> CONSEGUIR EL DISEÑO DE UN PLAN DE CARRILLO PARA LA UBICACION DE UN PLAN DE UN PLAN DE UN PLAN CARRILLO	
<b>TITULO:</b> PLANIMETRIA CARRILLO JARDINES Y CARRILLO			
<b>PROYECTADO POR:</b> UNIVERSIDAD	<b>PROYECTADO POR:</b> UNIVERSIDAD	<b>PROYECTADO POR:</b> UNIVERSIDAD	<b>PROYECTADO POR:</b> UNIVERSIDAD



<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> FACULTAD POLITECNICA UNDESAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
<b>PROYECTO:</b> ING. BULLERHO PEREZ TABARES		<b>PROFESOR:</b> PROFESOR DR. JUAN DE JESUS DE MORALES DR. ROBERTO CASARDO PEREZ DE MORALES DEL DR. ROBERTO DE SAN MARTIN PEREZ DE MORALES	
<b>LUGAR:</b> COSTES COLONIAS JARDINES Y CARRELLLO		<b>FECHA:</b> _____	
<b>GRUPO:</b> _____	<b>FECHA:</b> _____	<b>GRUPO:</b> _____	<b>FECHA:</b> _____



<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b>			
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE CIENCIAS DE LA SALUD			
DEPARTAMENTO DE ENFERMERIA Y ODONTOLOGIA			
NOMBRE DEL ALUMNO		FECHA	
ING. WILLIAM ROYAL TORRES		15/05/2024	
CATEDRA		MATERIA	
ENFERMERIA GENERAL DEL SISTEMA DE SALUD		ENFERMERIA GENERAL DEL SISTEMA DE SALUD	
COSTES COLONIAS JARDINES Y CARRILLO		CARRILLO	
GRUPO	PROFESOR	ALUMNO	FECHA
001	DR. JUAN CARLOS	WILLIAM ROYAL TORRES	15/05/2024

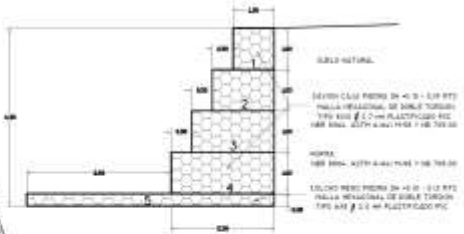
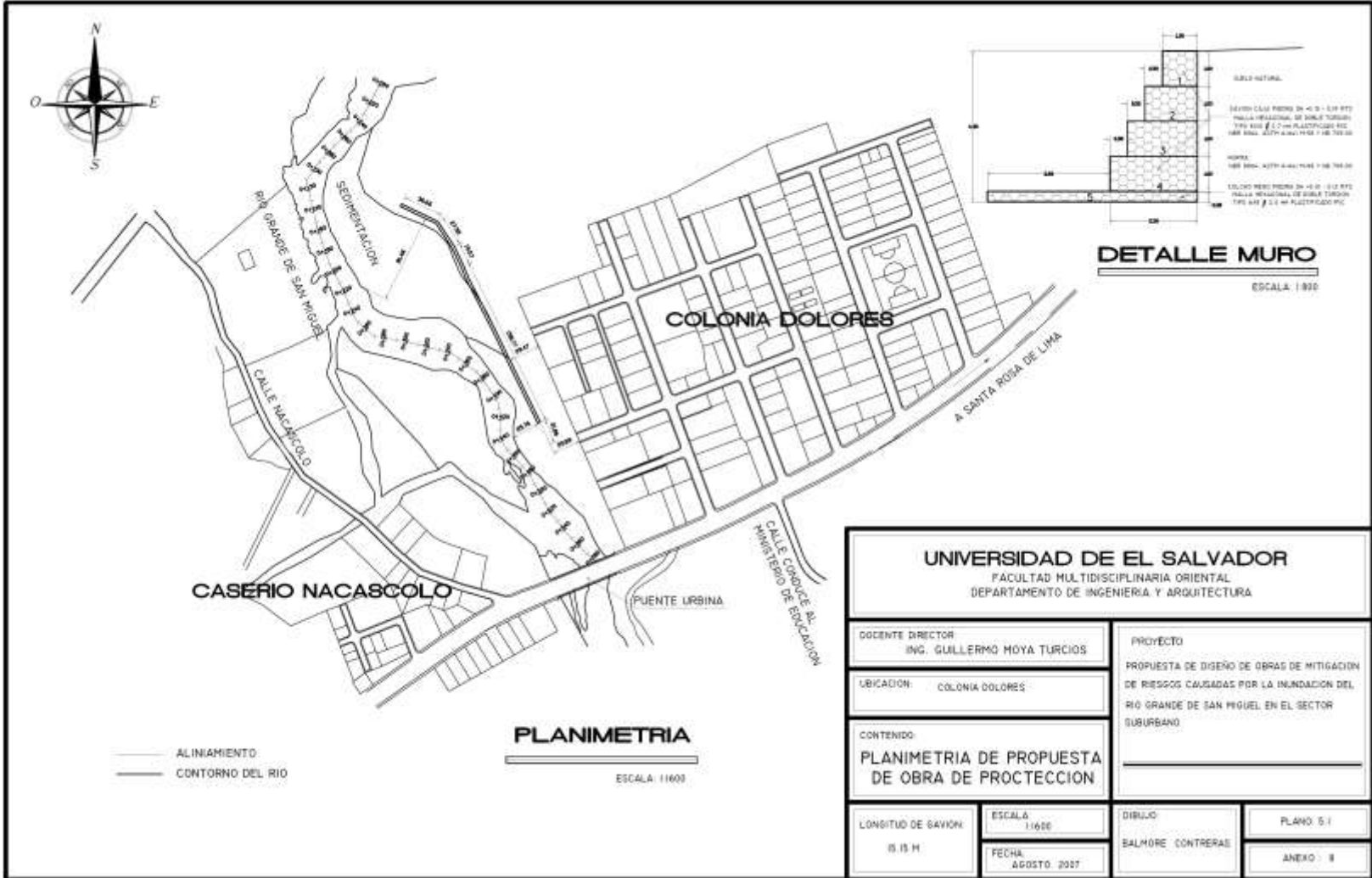


<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> FACULTAD DEL INGENIERIA CIVIL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
NOMBRE DEL ALUMNO		FECHA	
NO. DE IDENTIFICACION		MATERIA	
CARRERA		CATEDRA	
COSTES COLONIAS - JARDINES Y CARRILLO			
PROFESOR	AYUDANTE	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE CALIFICACION



*Anexo 8*

*Planimetría de Propuesta de Obras de Protección  
para las Colonias; Dolores, Jardines del Río y  
Carrillo I*



**DETALLE MURO**

ESCALA: 1:300

CASERIO NACASCOLO

COLONIA DOLORES

A SANTA ROSA DE LIMA

CALLE CONDUCE AL MINISTERIO DE EDUCACION

PUENTE URBINA

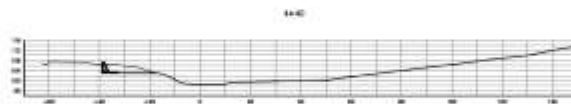
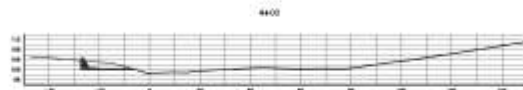
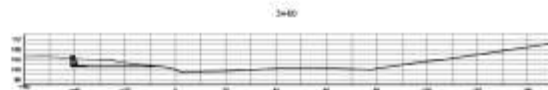
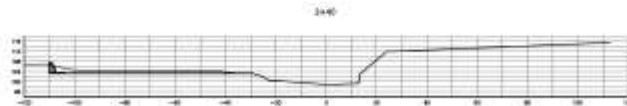
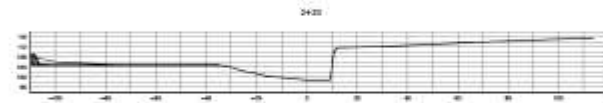
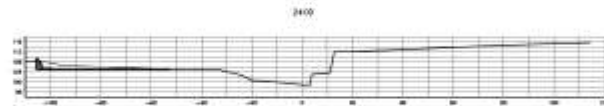
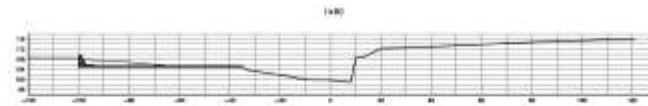
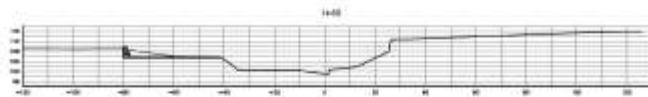
**PLANIMETRIA**

ESCALA: 1:1600

- ALINIAMIENTO
- CONTORNO DEL RIO

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
DOCENTE DIRECTOR ING. GUILLERMO HOYA TURCIOS		PROYECTO PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO	
UBICACION: COLONIA DOLORES			
CONTENIDO: <b>PLANIMETRIA DE PROPUESTA DE OBRA DE PROTECCION</b>			
LONGITUD DE SAVION: 15.15 M	ESCALA: 1:1600	DIBUJO: BALMORE CONTRERAS	PLANO: 5.1
	FECHA: AGOSTO 2007		ANEXO: 8





ESC. VERTICAL: 1/800  
ESC. HORIZONTAL: 1/800

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DOCENTE DIRECTOR  
ING. GUILLERMO HOYA TURCIOS

PROYECTO:  
PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
SUBURBANO

CONTENIDO:  
**CORTES DE PROPUESTA  
DE OBRA DE PROTECCION**

LONGITUD:  
580.00 M

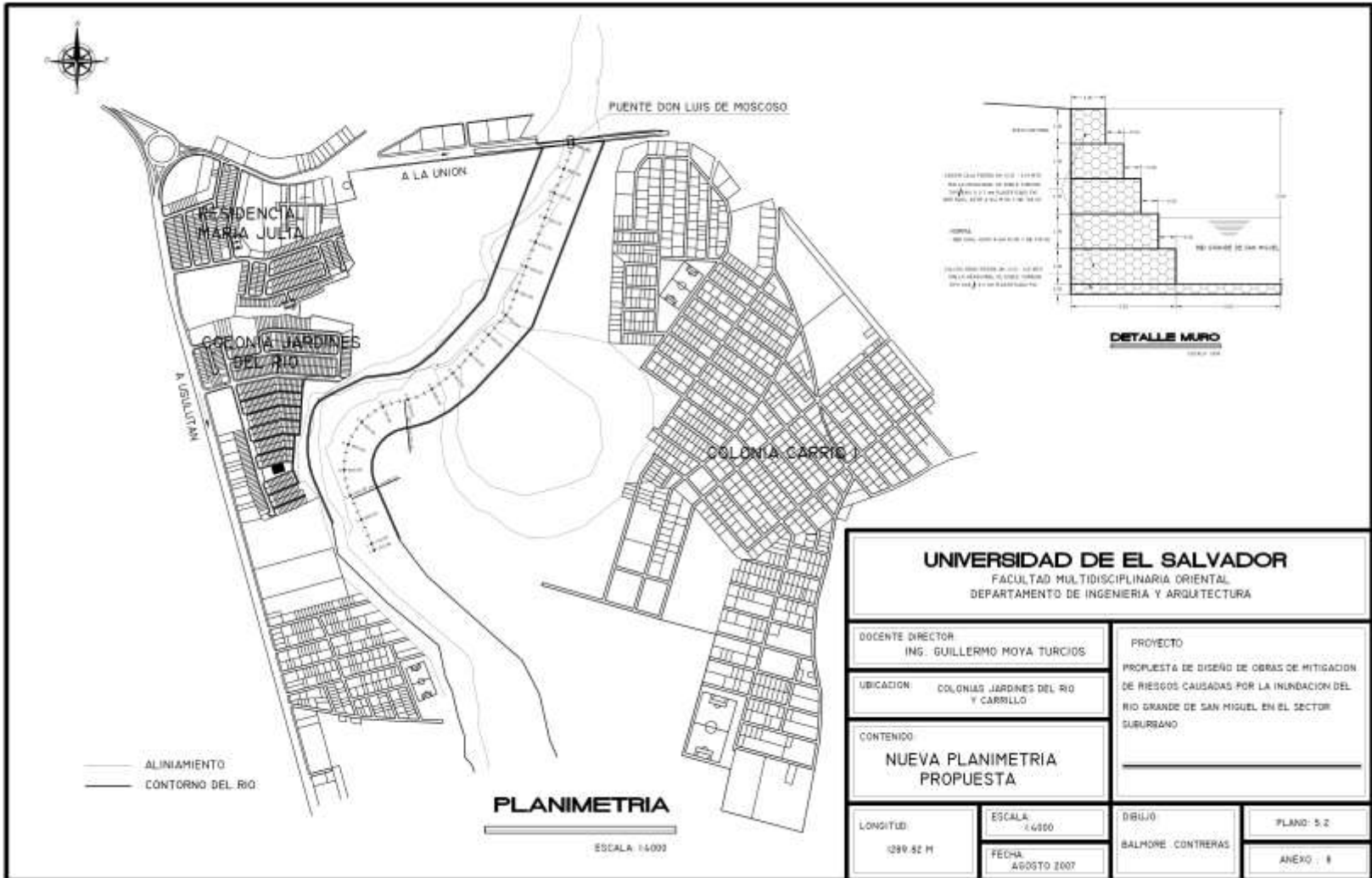
ESCALA:  
1/800

FECHA:  
AGOSTO 2007

DEBIDO:  
BALMORE CONTRERAS

PLANO: 5.1

ANEXO: 2



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

DOCENTE DIRECTOR  
 ING. GUILLERMO MOYA TURCIDO

PROYECTO  
 PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION  
 DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL  
 RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR  
 SUBURBANO

UBICACION COLONIAS JARDINES DEL RIO  
 Y CARRILLO

CONTENIDO  
**NUEVA PLANIMETRIA  
 PROPUESTA**

LONGITUD:  
 1299.82 M

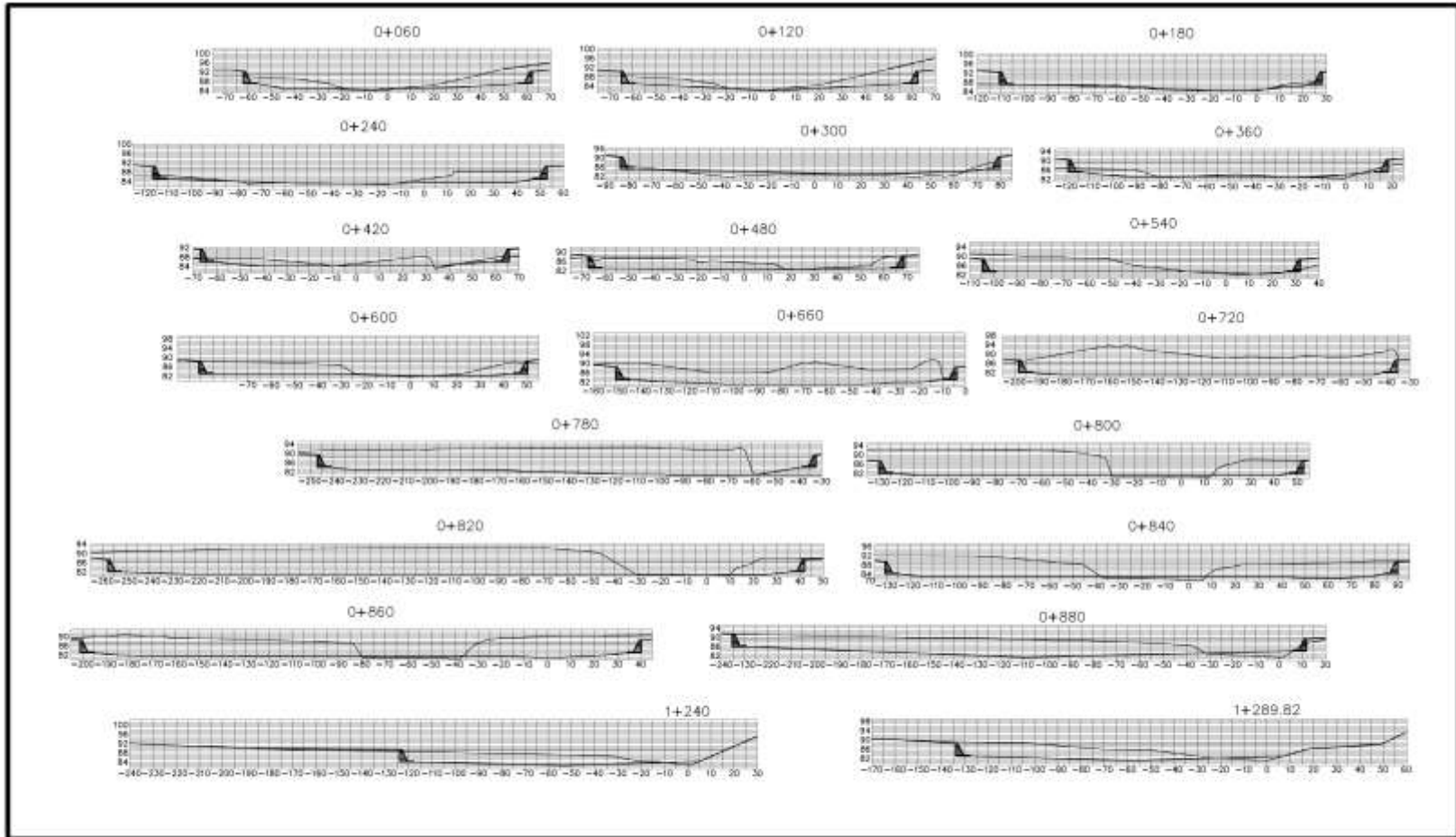
ESCALA:  
 1:4000

FECHA:  
 AGOSTO 2007

DIBUJO  
 BALMORE CONTRERAS

PLANO: 5.2

ANEXO : 1



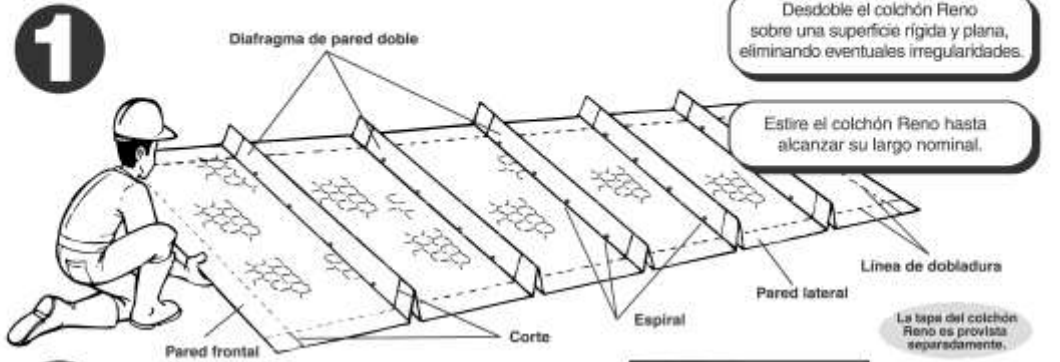
<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	FECHA: AGOSTO 2007	DOCENTE DIRECTOR: ING. GUILLERMO HOYA TURCIOS	CONTENIDO: <b>NUEVAS SECCIONES</b>		PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACION DEL RIO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO
	DIBUJO: BALMORE CONTRERAS	UBICACION: COLONIAS JARDINES DEL RIO Y CARRILLO	PLANO: 5.2 ANEXO 8	LONGITUD: 1289.82 M	

*Anexo 9*

*Proceso Constructivo de Colchón Reno y Gavión  
Caja.*

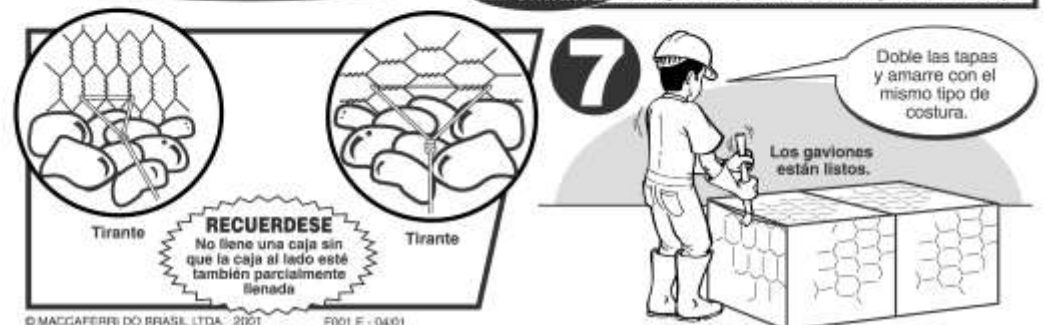
# Como colocar los Colchones Reno

**MACCAFERRI**



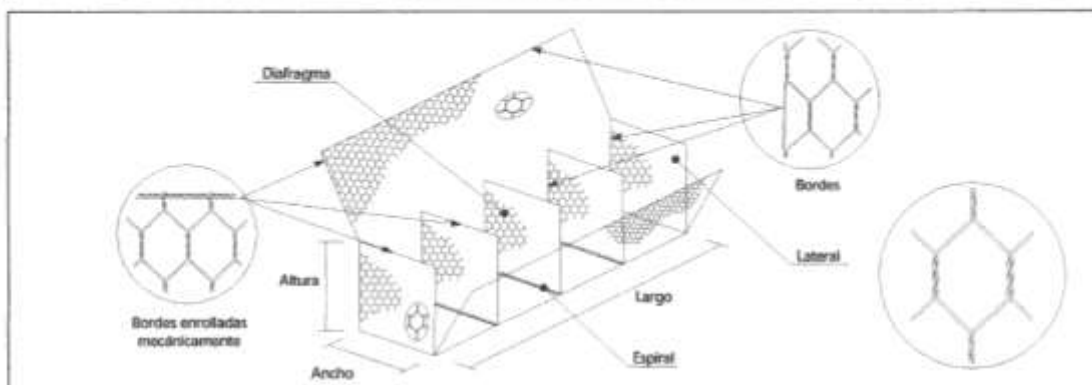
# Como colocar los Gaviones Caja

MACCAFERRI



***Anexo 10***  
***Especificaciones Técnicas para El Diseño de Muro***  
***de Gavión.***

en malla hexagonal de doble torsión tipo 10x12 o 2.4 mm plastificado



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A856M-98, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galvan® en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red serán del tipo 10x12.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red debe ser de 2,4mm y de 3,0 mm para los bordes.

### BORDES ENROLLADOS MECÁNICAMENTE

Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de las laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 3,0 mm, para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia.

La conexión entre el alambre del borde enrollado mecánicamente y la red debe tener una resistencia mínima de 9,9 kN/m.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN CAJA

Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de las laterales debe ser fijado al paño de base, durante la fabricación, a través del entrelazamiento de sus puntas libres alrededor del alambre de borde.

El lado inferior de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,2 mm.

### Dimensiones estándar:

Largo	1,50 m	2,00 m	3,00 m	4,00 m
Ancho	1,00 m			
Altura	0,50 m	1,00 m		

### 4) AMARRE Y ATRANTAMIENTO

Con los gaviones caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atrantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviones caja provistos, es de 8% para los de 1,00 m de altura y de 6% para los de 0,50 m.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm 2,5\%$ .

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de  $\pm 3\%$  y, en la altura y ancho, de  $\pm 5\%$ .

### 6) RECUBRIMIENTO PLÁSTICO

El alambre zincado deberá ser recubierto con una camada de compuesto termoplástico a base de PVC, con características iniciales de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514 y de la ASTM 975, esto es:

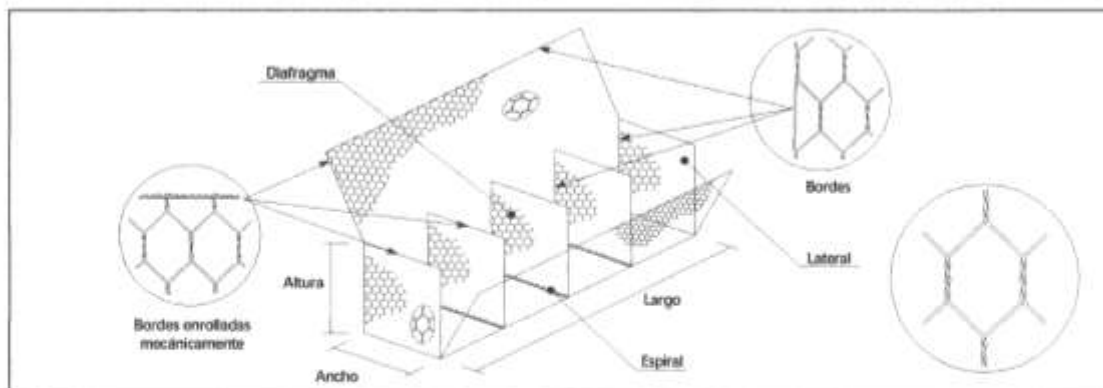
Espesor mínimo: 0,40 mm;  
Masa específica: 1,30 a 1,35 kg/dm<sup>3</sup>;  
Dureza: 50 a 60 Shore D;  
Resistencia a tracción: mayor que 210 kg/cm<sup>2</sup>;  
Elongación de ruptura: mayor que 250%;  
Temp. de fragilidad: menor que -9°C.



# Gavión Caja

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 8x10  $\phi$  2,7 mm Galfan®



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

#### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A856M-98, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galfan® en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

#### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red serán del tipo 8x10.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red debe ser de 2,7mm y de 3,4 mm para los bordes.

#### BORDES ENROLLADOS MECÁNICAMENTE

Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de los laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 3,4 mm, para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia.

La conexión entre el alambre del borde enrollado mecánicamente y la red debe tener una resistencia mínima de 17,5 kN/m de acuerdo con las especificaciones de la ASTM 975.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN CAJA

Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de los laterales debe ser fijado al paño de base, durante la fabricación, a través del entrelazamiento de sus puntas libres alrededor del alambre de borde.

El lado inferior de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,2 mm.

#### Dimensiones estándar:

Largo 1,50 m 2,00 m 3,00 m 4,00 m  
Ancho 1,00 m  
Altura 0,50 m 1,00 m

### 4) AMARRE Y ATIRANTAMIENTO

Con los gaviones caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atirantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviones caja provistos, es de 8% para los de 1,00 m de altura y de 6% para los de 0,50 m.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm 2,5\%$ .

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de  $\pm 3\%$  y, en la altura y ancho, de  $\pm 5\%$ .

**MACCAFERRI**

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

Garantía del Sistema de Calidad  
Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002



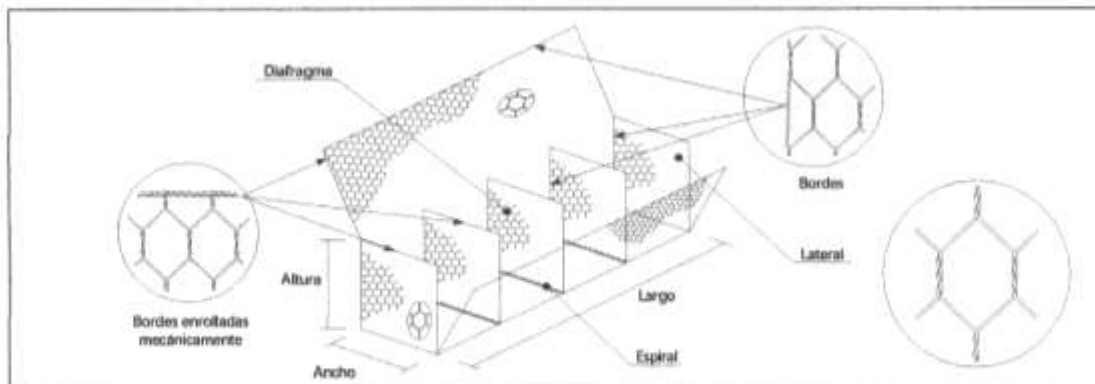
www.maccasystem.com.br

Oct. 2007

# Gavión Caja

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 8x10  $\phi$  2,4 mm plastificado



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A856M-98, clase 8D, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galvan® en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red serán del tipo 8x10.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red debe ser de 2,4mm y de 3,0 mm para los bordes.

### BORDES ENROLLADOS MECÁNICAMENTE

Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de los laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 3,0 mm, para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia.

La conexión entre el alambre del borde enrollado mecánicamente y la red debe tener una resistencia mínima de 11,7 kN/m.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN CAJA

Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de los laterales debe ser fijado al paño de base, durante la fabricación, a través del entrelazamiento de sus puntas libres alrededor del alambre de borde.

El lado inferior de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,2 mm.

Dimensiones estándar:  
Largo 1,50 m 2,00 m 3,00 m 4,00 m  
Ancho 1,00 m  
Alto 0,50 m 1,00 m

### 4) AMARRE Y ATRANTAMIENTO

Con los gaviones caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atrantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviones caja provistos, es de 8% para los de 1,00 m de altura y de 6% para los de 0,50 m.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm 2,5\%$ .

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de  $\pm 3\%$  y, en la altura y ancho, de  $\pm 5\%$ .

### 6) RECUBRIMIENTO PLÁSTICO

El alambre zincado deberá ser recubierto con una camada de compuesto termoplástico a base de PVC, con características iniciales de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514 y de la ASTM 975, esto es:

Espesor mínimo: 0,40 mm;  
Masa específica: 1,30 a 1,35 kg/dm<sup>3</sup>;  
Dureza: 50 a 60 Shore D;  
Resistencia a tracción: mayor que 210 kg/cm<sup>2</sup>;  
Elongación de ruptura: mayor que 250%;  
Temp. de fragilidad: menor que -9°C.

**MACCAFERRI**

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

[www.maccaperri.com.br](http://www.maccaperri.com.br)

Garantía del Sistema de Calidad  
Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002

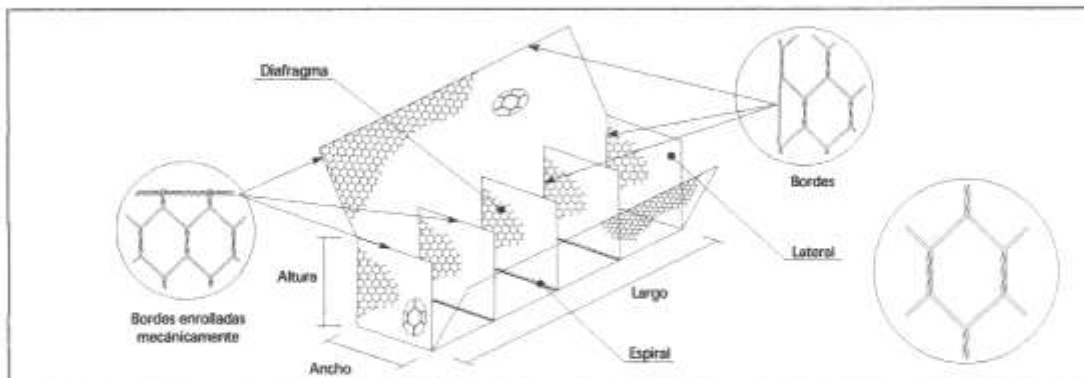


Oct. 2001

# Gavión Caja

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 6X8  $\phi$  2,4 mm Galfan®



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A856M-98, clase B0, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galfan® en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red serán del tipo 6X8.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red debe ser de 2,4mm y de 3,0 mm para los bordes.

### BORDES ENROLLADOS MECÁNICAMENTE

Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de las laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 3,0 mm, para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia.

La conexión entre el alambre del borde enrollado mecánicamente y la red debe tener una resistencia mínima de 15,3 kN/m.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN CAJA

Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de las laterales y de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,2 mm.

### Dimensiones estándar:

Largo 1,50 m 2,00 m 3,00 m 4,00 m  
Ancho 1,00 m  
Altura 0,50 m 1,00 m

### 4) AMARRE Y ATRANTAMIENTO

Con los gaviones caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atrantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviones caja provistos, es de 8% para los de 1,00 m de altura y de 6% para los de 0,50 m.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm$  2,5%.

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de  $\pm$  3% y, en la altura y ancho, de  $\pm$  5%.

**MACCAFERRI**

M A C C A F E R R I

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

www.maccaferri.com.br

Garantía del Sistema de Calidad  
Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002

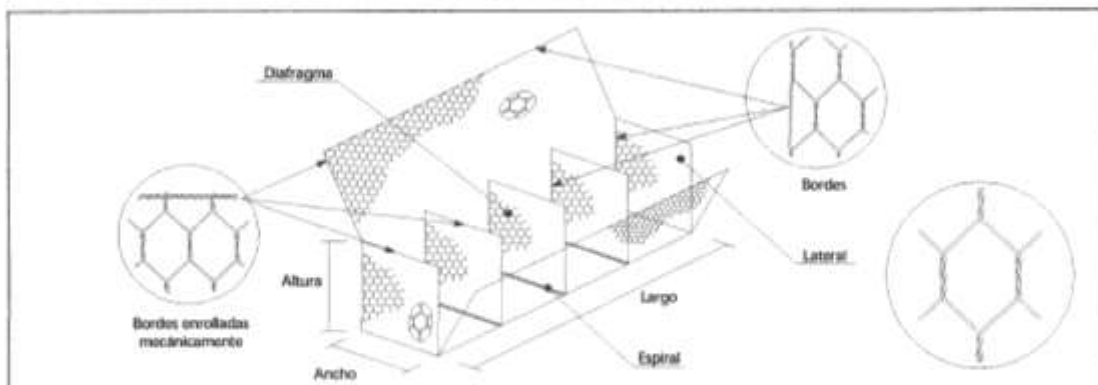


Oct. 2001

# Gavión Caja

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 10x12  $\phi$  2,7 mm Galfan®



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarrar y atrantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarrar y atrantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A858M-98, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galfan® en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red serán del tipo 10x12.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red debe ser de 2,7 mm y de 3,4 mm para los bordes.

### BORDES ENROLLADOS MECÁNICAMENTE

Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de las laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 3,4 mm, para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia.

La conexión entre el alambre del borde enrollado mecánicamente y la red debe tener una resistencia mínima de 14,8 kN/m.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN CAJA

Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de las laterales debe ser fijado al paño de base, durante la fabricación, a través del entrelazamiento de sus puntas libres alrededor del alambre de borde.

El lado inferior de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,2 mm.

Dimensiones estándar:  
Largo 1,50 m 2,00 m 3,00 m 4,00 m  
Ancho 1,00 m  
Altura 0,50 m 1,00 m

### 4) AMARRAR Y ATRANTAMIENTO

Con los gaviónes caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarrar y atrantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviónes caja provistos, es de 8% para los de 1,00 m de altura y de 6% para los de 0,50 m.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm$  2,5%.

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de  $\pm$  3% y, en la altura y ancho, de  $\pm$  5%.

**MACCAFERRI**

AMÉRICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

WWW.MACCAFERRI.COM.BR

Garantía del Sistema de Calidad  
Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002

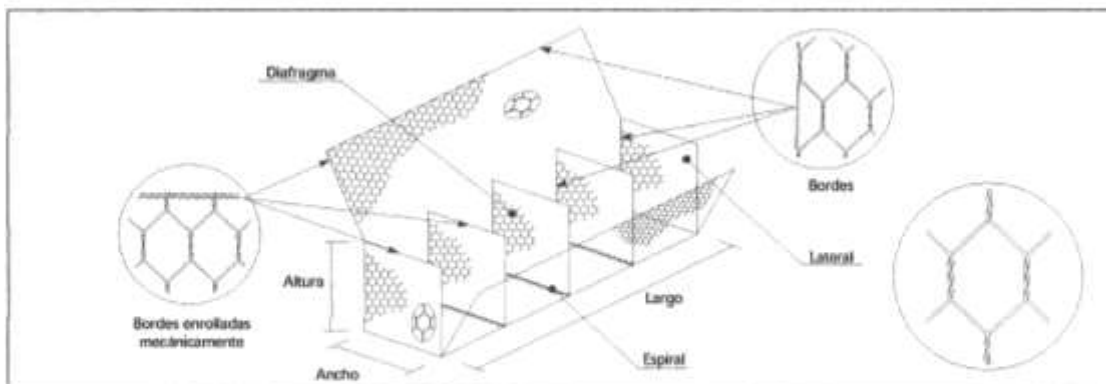


Oct. 2004

# Gavión Caja

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 6X8  $\phi$  2,2 mm plastificado



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atrantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A856M-98, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galfan® en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red serán del tipo 6X8.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red debe ser de 2,2mm y de 2,7 mm para los bordes.

### BORDES ENROLLADOS MECÁNICAMENTE

Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de las laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 2,7 mm, para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia.

La conexión entre el alambre del borde enrollado mecánicamente y la red debe tener una resistencia mínima de 10,2 kN/m de acuerdo con las especificaciones de la ASTM 975.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN CAJA

Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de las laterales y de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,2 mm.

Dimensiones estándar:  
Largo 1,50 m 2,00 m 3,00 m 4,00 m  
Ancho 1,00 m  
Altoza 0,50 m 1,00 m

### 4) AMARRE Y ATRANTAMIENTO

Con los gaviones caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atrantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviones caja provistos, es de 8% para los de 1,00 m de altoza y de 6% para los de 0,50 m.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm$  2,5%.

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de  $\pm$  3% y, en la altoza y ancho, de  $\pm$  5%.

### 6) RECUBRIMIENTO PLÁSTICO

El alambre zincado deberá ser recubierto con una camada de compuesto termoplástico a base de PVC, con características iniciales de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514 y de la ASTM 975, esto es:

Espesor mínimo: 0,40 mm;  
Masa específica: 1,30 a 1,35 kg/dm<sup>3</sup>;  
Dureza: 50 a 60 Shore D;  
Resistencia a tracción: mayor que 210 kg/cm<sup>2</sup>;  
Elongación de ruptura: mayor que 250%;  
Temp. de fragilidad: menor que -9°C.

**MACCAFERRI**

MACCAFERRI S.p.A. - 37069 - VERONA - ITALIA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

WWW.MACCAFERRI.COM

Garantía del Sistema de Calidad  
Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002

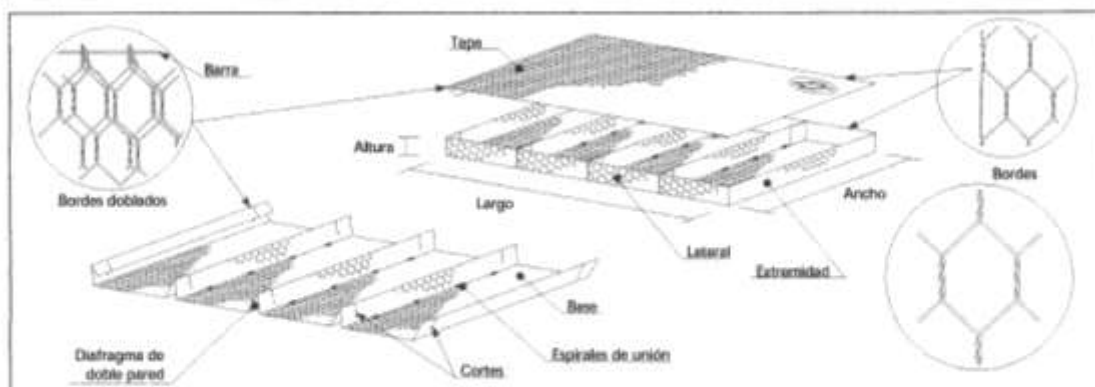


Rev. 2001

# Colchón Reno

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 6x8 ó 2,0 mm plastificado



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del colchón Reno y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del colchón Reno y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM B56-96, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galfan® en la superficie de los alambres es de 244g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17065 00.

Las dimensiones de la malla serán del tipo 6x8.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la malla debe ser de 2,0 mm y de 2,4 mm para los bordes.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL COLCHÓN RENO

Base, paredes laterales, diafragmas y paredes de las extremidades del colchón Reno son formadas a partir de un único paño de red.

Cada diafragma de pared doble, formado a partir de dobladuras en el paño de base, debe presentar, en su parte inferior, cuatro espirales de unión en alambre de diámetro 2,0 mm.

Los diafragmas de pared doble deben estar colocados a cada metro del largo del colchón Reno.

Para facilitar el montaje del colchón Reno, la base debe ser cortada, durante el proceso de fabricación, en los diafragmas y en sus laterales.

La tapa también es fabricada en un único paño de red.

Para que las mallas libres de las extremidades de la base y de la tapa del colchón Reno adquieran mayor resistencia, deberá ser insertado un alambre de diámetro 3,0 mm entre todas las torsiones de las terceras mallas a partir de los bordes libres. Las mallas de las extremidades que sobren deben ser dobladas, durante la fabricación, en vuelta de este alambre.

### Dimensiones estándar:

Largo	3,00 m	4,00 m	5,00 m	6,00 m
Ancho	2,00 m			
Altura	0,17 m	0,23 m	0,30 m	

### 4) AMARRE Y ATIRANTAMIENTO

Con los colchones Reno debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atirantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los colchones Reno provistos, es de 5%.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm 2,5\%$ .

Se admite una tolerancia en el largo y en el ancho del colchón Reno de  $\pm 3\%$  y, en la altura, de  $\pm 2,5\%$ .

### 6) RECUBRIMIENTO PLÁSTICO

El alambre zincado deberá ser recubierto con una capa de compuesto termoplástico a base de PVC, con características iniciales de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514 y de la ASTM 975, esto es:

Espesor mínimo:	0,40 mm;
Masa específica:	1,30 a 1,35 kg/dm <sup>3</sup> ;
Dureza:	50 a 60 Shore D;
Resistencia a tracción:	mayor que 210 kg/cm <sup>2</sup> ;
Elongación de ruptura:	mayor que 250%;
Temp. de fragilidad:	menor que -9°C.

**MACCAFERRI**

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

Garantía del Sistema de Calidad  
Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002



**Anexo 11; Encuesta**



**Universidad de El Salvador.  
Facultad Multidisciplinaria Oriental.  
Departamento de Ingeniería y Arquitectura.**

**Fecha:**

**Lugar:** \_\_\_\_\_

**Nº:** \_\_\_\_\_

1. Considera Ud., en que la zona donde reside es vulnerable ante las inundaciones del Río Grande?

---

---

---

---

2. Que Fenómenos Naturales o en que años fueron afectados los habitantes de esta comunidad por Inundaciones del Río Grande?

---

---

---

---

3. Ud o algún vecino a sido perjudicado con perdidas? (explique el tipo)

---

---

---

---

4. Siente Ud temor cuando se aproxima la época del invierno? si no

5. Alguna Institución u Organización a intervenido para minimizar o solucionar este problema?

---

---

---

---

6. Que han hecho Uds. Como comunidad para solucionar los problemas que acarrear las inundaciones?

---

---

---

---

---

7. Que medida toma Ud cuando se presentan las inundaciones?

---

---

---

---

8. Uds. han tomado medidas de evacuación o los auxiliado cuando se presentan Inundaciones?

---

---

---

---

9. Que recomienda Ud para poder solucionar este tipo de problema?

---

---

---

---

10. Que problemas le ocasionan las Inundaciones a su Familia y sus vecinos?

---

---

---

---

11. Cuanto tiempo tiene ud de vivir es este lugar?

---

---

---

---