

T.
620.5
G216
V.1

1

**BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA
HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VÍA A MAMONAL**

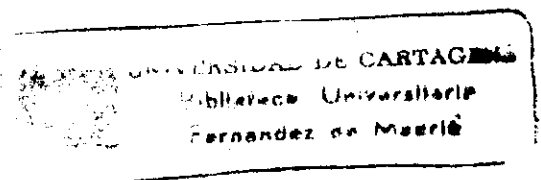
**DIANA BELÉN GARCÍA NARVAEZ
ERNESTO RAFAEL DIAZ HERAZO**



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
CARTAGENA**

34010

1996



BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA

HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VÍA A MAMONAL

DIANA BELÉN GARCÍA NARVAEZ

ERNESTO RAFAEL DIAZ HERAZO

**Proyecto de Grado presentado como requisito
parcial para optar al título de Ingeniero Civil**

Director:

JAVIER MOUTHON BELLO

Ingeniero Civil



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

CARTAGENA

1996

Cartagena de Indias, Noviembre 12 de 1996

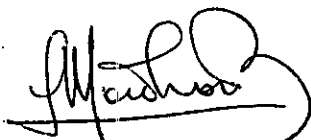
Señores

COMITÉ EVALUADOR DE PROYECTOS
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
La Ciudad

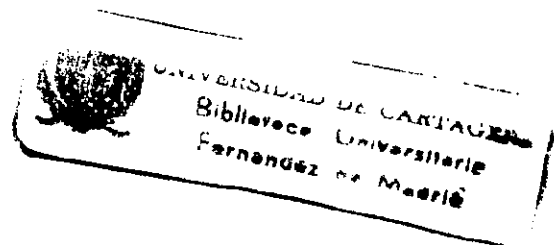
Estimados señores:

Atentamente me permito comunicarles que he dirigido a los estudiantes DIANA BELÉN GARCÍA NARVAEZ y ERNESTO RAFAEL DÍAZ HERAZO en su proyecto de grado titulado "BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VÍA A MAMONAL", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil.

Cordialmente



JAVIER MOUTHON BELLO
Ingeniero Civil



97-06-15
Docueto por el programa de Ing. Civil

Cartagena de Indias, Noviembre 12 se 1996

Señores
COMITÉ EVALUADOR DE PROYECTOS
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
La Ciudad

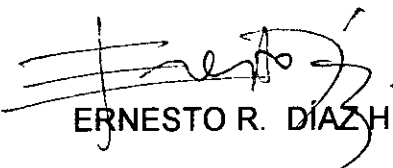
Estimados señores:

Nos permitimos presentar a consideración y aprobación correspondiente el proyecto de grado titulado "BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VÍA A MAMONAL" como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil.

Agradeciéndoles la atención que la presente merezca.

Atentamente,


DIANA B. GARCÍA NARVAEZ

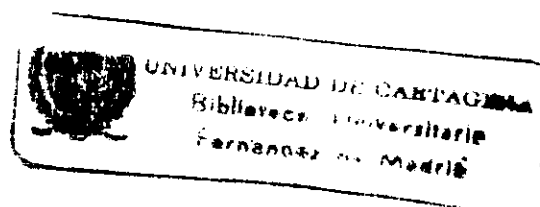

ERNESTO R. DÍAZ HERAZO

*A mi padre, cuya temprana muerte me ha enseñado el verdadero sentido de la vida
A mi madre y mi hermana, alegrías de mi existencia*

Diana Belén.

Que se sigan abriendo puertas con la tenacidad con que se tocan.

Enesto Díaz



AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto expresan sus agradecimientos a :

La entidad FUNDACION MAMONAL. Auspiciadora de este proyecto. Por la confianza depositada y el gran apoyo en todo momento.

Ing. JAVIER MOUTHON BELLO. Director de este proyecto. Por sus sugerencias, recomendaciones y colaboración desinteresada.

Dra. ROXANA SEGOVIA. Directora de Fundación Mamonal. Por el apoyo ofrecido al proyecto.

Dr. BERNARD GILCHRIST. Exdirector de Fundación Mamonal. Por el empuje dado para la aprobación del proyecto.



Ing. GERMAN NORIEGA. Exdirector de Fundación Mamonal. Gestor e impulsador de este proyecto desde sus inicios. Por su desinteresada colaboración.

Ing. JORGE VILLADIEGO. Miembro del Comité de la Vía de Fundación Mamonal. Por su valiosa y desinteresada colaboración.

Ing. EMIRO VANEGAS. Profesor de la Universidad de Cartagena. Por sus valiosos apuntes y sugerencias.

Ing. DALIA MORENO DE WOOD. Directora del Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena. Por sus sugerencias y recomendaciones.

Ing. ALFONSO ARRIETA. Profesor de la Universidad de Cartagena. Por su colaboración.

Ing. HENRY FRANCO. Miembro del Comité de la Vía de Fundación Mamonal. Por su valiosa y desinteresada colaboración.

Ing. YANETH ANDRADE. Ingeniera civil de Fundación Mamonal. Por la atención permanente brindada al proyecto.

Dr. CARLOS ROQUE GARCIA. Gerente Financiero de CABOT COLOMBIANA, por su importante colaboración en el proceso de gestión del proyecto.

Arq. RONALD LLAMAS. Planeación Distrital. Por su colaboración desinteresada.

Ing. MAYRA MARRUGO. Carinsa S.A. Por su valiosa colaboración.

Las empresas C.E.I Ltda, CARINSA S.A., VICOM y al INSTITUTO NACIONAL DE VIAS por la gran ayuda en la documentación usada en el proyecto.

DIANNY DIAZ Y ELIAS ESCAFF, Analistas de Programadores, por la gran ayuda prestada en la realización de los programas de que consta el proyecto.

A todas las personas, amigos y familiares que de una u otra forma colaboraron para la feliz culminación de este proyecto.

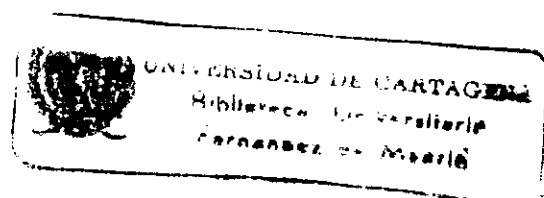
TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION

1. OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL.	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	3
2. ANTECEDENTES.	5
3. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL COMPLEJO INDUSTRIAL DE MAMONAL.	7
4. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	9
4.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA.	9
4.2 ENTORNO GEOGRÁFICO.	12
4.3 ENTORNO VIAL.	13
4.4 ENTORNO HIDROGRÁFICO.	14
4.5 ENTORNO CLIMATOLÓGICO	18
4.5.1 CLIMA	18
4.5.2 PRECIPITACIONES	18

4.5.3 TEMPERATURA.	19
4.5.4 HUMEDAD RELATIVA	22
4.5.5 EVAPORACIÓN	23
4.5.6 VIENTOS	24
4.5.7 BRILLO SOLAR	26
4.6 ENTORNO INDUSTRIAL	26
<u>5. DESCRIPCION DE LA CUENCA EN ESTUDIO.</u>	<u>28</u>
5.1 SELECCION DE LA CUENCA.	28
5.2 DELIMITACION DE LA CUENCA EN ESTUDIO	29
5.3 GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA.	35
5.3.1 FORMACIÓN CUATERNARIA:	35
5.3.1.1 Depósitos de playa (Q1):	35
5.3.1.2 Depósitos aluviales o terrazas (Q2):	36
5.3.2 FORMACIÓN Terciaria:	36
5.3.2.1 Calizas arrecifales del terciario superior (Tscr):	36
5.3.2.2 Arcillas, areniscas y conglomerados del terciario medio y superior (TM2):	37
5.4 SUELOS	38
5.4.1 CLASIFICACION AGROLOGICA.	38
5.4.1.1 Complejo La Mata (LL).	39
5.4.1.2 Complejo Caimatal (CM).	39
5.4.1.3 Consociación Coloncito (CL).	40
5.5 COBERTURA VEGETAL	44
5.6 FAUNA	47
5.7 ASPECTO SOCIOECONOMICO.	50
5.7.1 INDUSTRIAS.	50
5.7.2 BARRIOS.	51
5.8 USOS DEL SUELO.	55
5.8.1 USO ACTUAL DEL SUELO.	55
5.8.2 USO FUTURO DEL SUELO.	57
5.8.2.1 ZONA DE RESERVA ECOLOGICA Y MANEJO AMBIENTAL.	57
5.8.2.2 ZONA INDUSTRIALES DE INDUSTRIA MEDIANA (Z.I.M.).	58
5.8.2.3 ZONAS INDUSTRIALES DE INDUSTRIA PESADA (Z.I.P.)	59
5.8.2.4 ZONAS DE ACTIVIDADES COMERCIALES ESPECIALES.	59
5.9 PAISAJE	60
<u>6. ESTUDIOS BASICOS REALIZADOS.</u>	<u>63</u>
6.1 TOPOGRAFIA	63

6.2 INVENTARIO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRAULICAS DE LA CUENCA.	66
6.2.1 ESTRUCTURAS SOBRE LA VIA A MAMONAL.	68
6.2.2 ESTRUCTURAS SOBRE LA ANTIGUA VIA FERREA Y LA CALLE 10.	69
6.2.3 ESTRUCTURAS SOBRE LA VARIANTE CARTAGENA.	71
6.3 ESTUDIO DE SUELOS	73
6.4 ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE AGUAS.	76
6.5 ESTADO ACTUAL DE LA LAGUNA DE RESIDUOS DE ALCALIS.	82
7. MORFOMETRIA DE LA CUENCA	84
7.1 SUBDIVISION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA EN ESTUDIO.	85
7.2 CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE LA CUENCA.	88
7.2.1 AREA.	88
7.2.2 PERIMETRO.	89
7.2.3 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.	89
7.2.4 LONGITUD AXIAL.	89
7.2.5 ANCHO PROMEDIO.	90
7.2.6 FACTOR FORMA.	90
7.2.7 COEFICIENTE DE COMPACIDAD.	90
7.2.8 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.	91
7.2.9 ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA.	91
7.2.10 TIEMPO DE CONCENTRACION	92
7.3 RELACIONES GENERALES DE LAS CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE LA CUENCA CON EL REGIMEN HIDROLOGICO	99
7.3.1 RELACION DEL AREA.	99
7.3.2 RELACION DE LA LONGITUD DE LA CORRIENTE.	101
7.3.3 RELACION DEL FACTOR FORMA.	101
7.3.4 RELACION DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD.	102
7.3.5 RELACION DE LA PENDIENTE MEDIA.	103
8. ANALISIS PLUVIOMETRICO.	104
8.1 PRECIPITACIONES.	107
8.2 ANALISIS DE FRECUENCIAS.	109
8.3 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA	121
9. MODELACION HIDROLOGICA	124
9.1 GENERALIDADES.	124



9.2 ESTIMACION DE CAUDALES.	127
9.2.1 METODO RACIONAL.	127
9.2.2 HIDROGRAMAS DE CAUDAL	128
9.2.2.1 PRECIPITACION EFECTIVA	129
9.2.2.2 HIETOGRAMA DE PRECIPITACION EFECTIVA.	131
9.2.2.3 HIDROGRAMA UNITARIO.	132
9.3 GENERACION DE CAUDALES.	134
9.3.1 POR EL METODO RACIONAL.	134
9.3.2 POR EL METODO DEL HIDROGRAMA SINTETICO ADIMENSIONAL S.C.S.	138
9.3.3 COMENTARIOS	143
<u>10. TRANSITO DE CRECIENTE A TRAVES DE LAS ESTRUCTURAS.</u>	159
10.1 GENERALIDADES.	159
10.2 PRINCIPIOS DEL MODELO.	160
10.3 INFORMACION REQUERIDA.	163
10.3.1 RELACION ALMACENAMIENTO-ELEVACION DE LA SUPERFICIE DEL AGUA.	164
10.3.2 RELACION ELEVACION DE LA SUPERFICIE DEL AGUA- CAUDAL DE SALIDA.	170
10.4 MODELACION.	177
10.4.1 ESQUEMA DE LA HOJA DE CALCULO.	177
10.4.2 DESARROLLO DEL MODELO A LO LARGO DE LA CUENCA.	182
10.5 ANALISIS DE LOS RESULTADOS	187
<u>11. CARACTERISTICAS FISICAS E HIDRAULICAS DE LOS CANALES</u>	201
11.1 COEFICIENTE DE MANNING	201
11.2 SECCION PROMEDIO DE LOS ARROYOS.	204
11.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS CANALES POR MANNING	206
<u>12. BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO.</u>	210
12.1 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA.	210
12.2 ORDENAMIENTO.	213
12.3 MANEJO.	237
<u>13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	243

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXO A. TABLAS DE APLICACION DEL METODO GUMBEL.

ANEXO B. TABLAS DE APLICACION DEL METODO RACIONAL.

ANEXO C. HIDROGRAMAS S.C.S. PARA LAS SUBCUENCAS.

**ANEXO D. RESULTADOS DEL MODELO DE TRANSITO POR LOS
CULVERTS.**

**ANEXO E. SECCIONES TRANSVERSALES, PERFILES Y
SECCIONES PROMEDIO DE LOS CANALES.**

**ANEXO F. RESEÑA SOBRE OTROS ESTUDIOS REALIZADOS
EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE LA ZONA.**

ANEXO G. FOTOGRAFIAS.

ANEXO H. PLANOS COMPLEMENTARIOS

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla No. 4.5.3.1. Temperatura media mensual.	22
Tabla No. 4.5.4.1. Humedad relativa media mensual	23
Tabla No. 4.5.5.1. Evaporación media mensual. Estación Aeropuerto Rafael Núñez.	24
Tabla No. 4.5.6.1. Dirección de los vientos. Porcentaje mensual.	25
Tabla No. 4.5.7.1. Horas de brillo solar. Estación Aeropuerto Rafael Núñez.	26
Tabla No. 5.5.1 Vegetación de estrato rasante de la cuenca.	45
Tabla No. 5.5.2. Vegetación de estrato arbustivo de la cuenca.	46
Tabla No. 5.6.1. Especies acuáticas y terrestres encontradas en la cuenca.	49
Tabla No. 5.7.2.1. Número de viviendas, familias y personas.	52
Tabla No. 5.7.2.2. Tipo de vivienda.	52
Tabla No. 5.7.2.3. Tipo de material predominante en las paredes.	52

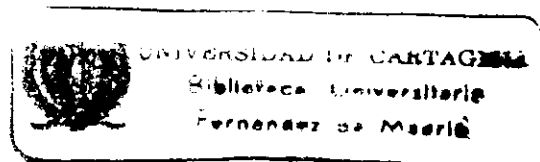
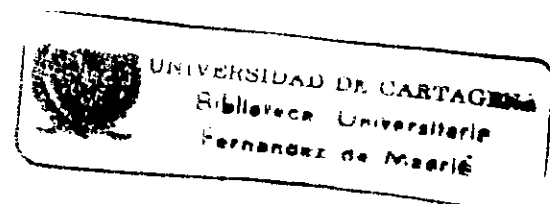


Tabla No. 5.7.2.4.	Disponibilidad de alumbrado.	53
Tabla No. 5.7.2.5.	Abastecimiento de agua.	53
Tabla No. 5.7.2.6.	Disponibilidad del sistema de excretas.	53
Tabla No. 5.7.2.7.	Disposición final de basuras.	54
Tabla No. 5.7.2.8.	Años de estudio de toda la población.	54
Tabla No. 5.7.2.9.	Posición ocupacional.	54
Tabla No. 6.2.2.1.	Dimensionamiento de las estructuras de la parte intermedia y baja de la cuenca.	70
Tabla No. 6.2.3.1.	Dimensionamiento y ubicación de las estructuras sobre la Variante Cartagena.	71
Tabla No. 6.3.1.	Propiedades de los suelos de la cuenca.	75
Tabla No. 6.4.1.	Resultados de los análisis físico-químicos de los arroyos.	77
Tabla No. 7.1.1.	Subdivisión de la cuenca principal.	86
Tabla No. 7.1.2.	Areas de división de las subcuencas.	88
Tabla No. 7.2.1.	Características morfométricas de la cuenca.	94
Tabla No. 7.2.2.	Características morfométricas de la Subcuenca1	95
Tabla No. 7.2.3.	Características morfométricas de la Subcuenca2	96
Tabla No. 7.2.4.	Características morfométricas de la Subcuenca3	97
Tabla No. 7.2.5.	Características morfométricas de la Subcuenca4	98
Tabla No. 7.2.6.	Características morfométricas de la Subcuenca5	99

Tabla No. 7.3.4.1.	Clases de forma.	103
Tabla No. 8.1.	Estaciones hidroclimatológicas.	108
Tabla No. 8.1.1.	Precipitación promedio multianual mensual	114
Tabla No. 8.1.2.	Valores medios de la precipitación máxima mensual en 24 horas.	116
Tabla No. 8.1.3.	Promedio de días mensuales de precipitación	118
Tabla No. 8.2.1.	Precipitaciones máximas en 24 horas esperadas para cada estación. Método Gumbel	120
Tabla No. 9.3.1.1.	C para la Subcuenca 1	136
Tabla No. 9.3.1.2.	C para la Subcuenca 2	136
Tabla No. 9.3.1.3.	C para la Subcuenca 3	137
Tabla No. 9.3.1.4.	C para la Subcuenca 4	137
Tabla No. 9.3.1.5.	C para la Subcuenca 5	137
Tabla No. 9.3.1.6.	Caudales máximos. Método Racional.	138
Tabla No. 9.3.2.1.	CN para la Subcuenca 1	140
Tabla No. 9.3.2.2.	CN para la Subcuenca 2	140
Tabla No. 9.3.2.3.	CN para la Subcuenca 3	141
Tabla No. 9.3.2.4.	CN para la Subcuenca 4	141
Tabla No. 9.3.2.5.	CN para la Subcuenca 5	141
Tabla No. 9.3.2.6.	Caudales máximos. Método S.C.S.	144
Tabla No. 10.3.1.1.	Culverts con volúmenes de almacenamiento	

	Tipo cuña. Dimensiones de la cuña.	170
Tabla No. 10.3.1.2.	Culvetts con volúmenes de almacenamiento de sección trapezoidal. Dimensiones del Volumen.	171
Tabla No. 10.3.2.1.	Relaciones de H vs Q para los culverts No. 8 y No. 26 de la Variante Cartagena. Control a la entrada.	174
Tabla No. 10.3.2.2.	Relaciones de H vs Q para los culverts No. 9, 11, 12, 13, 15 y 18 de la Variante Cartagena. Control a la entrada.	174
Tabla No. 10.3.2.3.	Relaciones de H vs Q para los culverts No. 10, 16 y 17 de la Variante Cartagena. Control a la entrada.	175
Tabla No. 10.3.2.4.	Relaciones de H vs Q para los culverts No. 14, 20, 22, 23, 24 y 25 de la Variante Cartagena. Control a la entrada.	175
Tabla No. 10.3.2.5.	Relaciones de H vs Q para los culverts No. 19 y 21 de la Variante Cartagena. Control a la entrada.	175
Tabla No. 10.3.2.6.	Relaciones de H vs Q para el culvert No. 1	



	de la Vía a Mamonal.	176
Tabla No. 10.3.2.7.	Relaciones de H vs Q para el culvert No. 2 de la Vía a Mamonal. C. a la entrada	176
Tabla No. 10.3.2.8.	Relaciones de H vs Q para el culvert No. 3 de la Vía a Mamonal.	176
Tabla No. 10.3.2.9.	Relaciones de H vs Q para el culvert No. 4 de la Antigua Vía Férrea.	177
Tabla No. 10.3.2.10	Relaciones de H vs Q para el culvert No. 5 de la Antigua Vía Férrea.	177
Tabla No. 10.3.2.11	Relaciones de H vs Q para el culvert No. 6 de la Antigua Vía Férrea.	177
Tabla No. 10.3.2.12	Relaciones de H vs Q para el culvert No. 7 de la Calle 10.	178
Tabla No. 10.4.5.1.	Tránsito por el culvert No. 8.	184
Tabla No. 10.5.1.	Cuadro comparativo de capacidades de los culverts y caudales máximos esperados.	193
Tabla No. 11.1.1.	Cálculo de los coeficientes de Manning.	205
Tabla No. 11.2.1.	Dimensiones de la sección promedio de los arroyos.	207
Tabla No. 11.3.1.	Capacidad de los canales por Manning.	208
Tabla No. 12.2.1.	CN para la simulación . Subcuenca 1	216

Tabla No. 12.2.2.	CN para la simulación. Subcuenca 2	217
Tabla No. 12.2.3.	CN para la simulación. Subcuenca 3	217
Tabla No. 12.2.4.	CN para la simulación. Subcuenca 4	217
Tabla No. 12.2.5.	CN para la simulación. Subcuenca 5	218

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura No. 4.1.1. Ubicación geográfica.	10
Figura No. 4.1.2. Localización del área en estudio.	11
Figura No. 4.3.1. Entorno vial.	16
Figura No. 4.4.1. Entorno hidrográfico.	17
Figura No. 4.5.2.1. Isolíneas de precipitación en el departamento de Bolívar.	20
Figura No. 4.5.2.2. Isoyetas para el departamento de Bolívar.	21
Figura No. 5.2.1. Delimitación de la cuenca en estudio.	33
Figura No. 5.2.2. Detalle de la parte intermedia y baja de la cuenca.	34
Figura No. 5.3.1. Esquema general de la geología regional.	41
Figura No. 5.3.2. Geología de la cuenca.	42
Figura No. 5.4.1.1. Clasificación agrológica de los suelos de la cuenca.	45

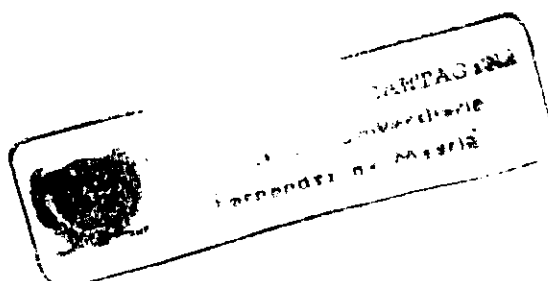


Figura No. 5.8.2.1.	Zonas del Plan Oficial de Ordenamiento Territorial del municipio de Cartagena para la cuenca en estudio.	62
Figura No. 6.2.1.	Estructuras hidráulicas sobre la Vía Mamonal, la Antigua Vía Férrea y la Calle 10.	67
Figura No. 6.2.2.	Estructuras hidráulicas sobre la Variante Cartagena.	72
Figura No. 6.3.1.	Sitios de sondeos para el estudio de suelos.	74
Figura No. 7.1.1.	Subdivisión de la Cuenca hidrográfica en estudio.	87
Figura No. 8.1.	Estaciones hidrometereológicas cercanas a la zona.	107
Figura No. 8.1.1.	Precipitación media mensual.	115
Figura No. 8.1.2.	Precipitación máxima en 24 horas.	117
Figura No. 8.1.3.	Promedio de días mensuales de precipitación.	119
Figura No. 8.1.4.	Precipitaciones máximas esperadas en 24 horas. Método Gumbel.	121
Figura No. 8.3.1.	Curvas de intensidad-duración-frecuencia.	124
Figura No. 9.3.2.1.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 1A	147
Figura No. 9.3.2.2.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 1B	148
Figura No. 9.3.2.3.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 1C	149
Figura No. 9.3.2.4.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 2A	150

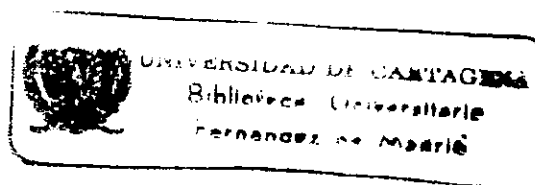


Figura No. 9.3.2.5. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 2B	151
Figura No. 9.3.2.6. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3A	152
Figura No. 9.3.2.7. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3B	153
Figura No. 9.3.2.8. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3C	154
Figura No. 9.3.2.9. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3D	155
Figura No. 9.3.2.10 Hidrograma S.C.S. Subcuenca 4A	156
Figura No. 9.3.2.11 Hidrograma S.C.S. Subcuenca 4B	157
Figura No. 9.3.2.12 Hidrograma S.C.S. Subcuenca 5A	158
Figura No. 9.3.2.13Hidrograma S.C.S. Cuenca Total.	159
Figura No. 10.3.1.1. Volúmen de almacenamiento en forma de cuña.	166
Figura No. 10.3.1.2. Volúmen de almacenamiento como una piscina de sección transversal trapezoidal	168
Figura No. 10.4.2.1. Esquema de tránsito por las estructuras.	185
Figura No. 10.5.1. Hidrogramas de entrada y salida para la subcuenca 1A a través de la Variante Cartagena.	194
Figura No. 10.5.2. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 6.	195
Figura No. 10.5.3. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 1.	196
Figura No. 10.5.4. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 5.	197

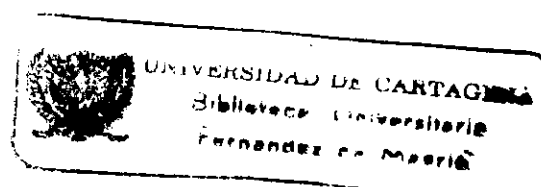


Figura No. 10.5.5.	Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 2.	198
Figura No. 10.5.6.	Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 7.	199
Figura No. 10.5.7.	Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 4.	200
Figura No. 10.5.8.	Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 3.	201
Figura No. 11.2.1.	Sección promedio de los arroyos.	206
Figura No. 12.2.1.	Plan de Ordenamiento.	219
Figura No. 12.2.2.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 1A. Simulación	220
Figura No. 12.2.3.	Hidrogramas de entrada y salida para la Subcuenca 1A a través de la Variante Cartagena. Simulación.	221
Figura No. 12.2.4.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 1B. Simulación	222
Figura No. 12.2.5.	Hidrogramas de entrada y salida para el Tránsito por el culvert No. 6. Simulación.	223
Figura No. 12.2.6.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 1C. Simulación	224
Figura No. 12.2.7.	Hidrogramas de entrada y salida para el Tránsito por el culvert No. 1. Simulación.	225
Figura No. 12.2.8.	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 2A. Simulación	226

Figura No. 12.2.9.	Hidrogramas de entrada y salida para el Tránsito por el culvert No. 5. Simulación.	227
Figura No. 12.2.10	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 2B. Simulación	228
Figura No. 12.2.11	Hidrogramas de entrada y salida para el Tránsito por el culvert No. 2. Simulación.	229
Figura No. 12.2.12	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3A. Simulación	230
Figura No. 12.2.13	Hidrogramas de entrada y salida para el Tránsito por el culvert No. 7. Simulación.	231
Figura No. 12.2.14	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3B. Simulación	232
Figura No. 12.2.15	Hidrogramas de entrada y salida para el Tránsito por el culvert No. 4. Simulación.	233
Figura No. 12.2.16	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3C. Simulación	234
Figura No. 12.2.17	Hidrogramas de entrada y salida para el Tránsito por el culvert No. 3. Simulación.	235
Figura No. 12.2.18	Hidrograma S.C.S. Subcuenca 4A. Simulación	236
Figura No. 12.2.19	Hidrograma S.C.S. Cuenca Total. Simulación	237
Figura No. 12.3.1.	Plan de Manejo.	242

INTRODUCCION

El complejo Industrial de Mamonal, es indiscutiblemente, uno de los centros industriales más importantes del país y ha contribuido notoriamente con el desarrollo económico de la costa en general y de Cartagena particularmente.

Una de las características de la zona donde se desarrolla el complejo de Mamonal, aparte de ser uno de los principales parques industriales de Colombia, es la existencia de cuencas hidrográficas que drenan sus aguas hasta la Bahía de Cartagena. Estos arroyos en épocas de lluvias causan estragos en las mismas empresas y en los barrios que conviven en el sector por los desbordamientos e inundaciones de los mismos.

En el presente estudio se selecciona una cuenca específica del sector, y se analiza desde el punto de vista hidrológico dentro de un contexto ambiental. Se realiza un modelo que evalúa el tránsito de las crecientes a través de las estructuras hidráulicas que a su paso encuentran los arroyos, por

considerarse éstos puntos de control en el proceso de avance de la creciente. Con base en todos estos estudios y el modelo propuesto, se plantean alternativas para establecer las bases para la elaboración de un plan de manejo y ordenamiento de la cuenca hidrográfica que atraviesa la Vía a Mamonal.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar los estudios técnicos necesarios para la elaboración del plan de manejo de una cuenca específica de la Vía Mamonal y dar las bases para un plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- * Seleccionar un arroyo representativo de la cuenca hidrográfica de la Vía a Mamonal y realizar los estudios técnicos topográficos, geotécnicos, hidroclimatológicos e hidrológicos que permitan conocer las características de una cuenca específica del sector.

- * Evaluar mediante un modelo hidráulico las estructuras de drenaje de la vía en el sector de la cuenca en estudio.

- * Elaborar un diagnóstico del estado ambiental de la cuenca y hacer sugerencias sobre las medidas correctivas y preventivas para mejorar las condiciones ambientales de la zona en estudio.

2. ANTECEDENTES.

La carretera a Mamonal es hoy día una de las arterias más importantes para el desarrollo económico de la ciudad. A lo largo de ella se encuentran ubicadas alrededor de un centenar de industrias, de importancia no solamente local, sino a nivel nacional, incluso, muchas de ellas son multinacionales. Pero también es sabido que alrededor de este eje se desarrollan comunidades de muy bajos recursos.

Con la construcción de la carretera a Mamonal desde el barrio de Ceballos hasta la entrada a Pasacaballos, se obstruyeron en distintos puntos los cursos de algunas salidas de aguas naturales (arroyos) hacia la Bahía de Cartagena. Esta situación obligó a realizar algunos trabajos de construcción de Box Culverts para permitir la salida de aguas de escorrentías hasta la Bahía. En épocas de invierno se presentan problemas de drenaje. Este fenómeno tiene mayor incidencia en el Arroyo Bellavista, frente a Frigopesca S.A.; en el Arroyo de Arroz Barato cerca al sector de invasión de

Puerta de Hierro; en el Arroyo Policarpa, frente al asentamiento del mismo nombre; en el Caño Casimiro en inmediaciones de la Antigua Planta Colombiana de Soda, y en Arroyo Grande, en Ecopetrol.

Las consecuencias de estas inundaciones, no sólo obstaculizan el buen desarrollo económico, sino que también afectan a las comunidades antes mencionadas. En los últimos años hubo inundaciones que afectaron directamente a algunas industrias.

Recientemente se han presentado varias crecientes y desbordamientos importantes, como son: el del 27 de noviembre de 1987, el del 6 de diciembre de 1990 y el del 6 de octubre de 1992, que ocasionaron desbordamientos e inundaciones en la Refinería de Ecopetrol, en Sidelcaribe, en Mobil, en Petroquímica Colombiana y en las comunidades vecinas.

Las distintas empresas, por su parte, han realizado estudios con miras a solucionar los problemas de drenaje dentro de sus propias instalaciones, pero no existe un estudio que relacione todos estos problemas y trate de resolverlos en forma integral para la cuenca de Mamonal.

3. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL COMPLEJO INDUSTRIAL DE MAMONAL

Desde los últimos 20 años del siglo XIX hasta los primeros del Siglo XX se creó la base económica de la Cartagena Industrial, con la creación de industrias manufactureras por parte de inmigrantes y nacionales de la clase adinerada.

A partir de la década de los 20, el desarrollo industrial fue más bien vegetativo, y sin gran importancia a nivel nacional. Hasta mediados de la década de los 50 se da un gran impulso a este desarrollo con la instalación de la Refinería de Petróleos, lo cual motivó a inversionistas nacionales y extranjeros hacia esta área.

Es así como en la década de los 60 se instalan empresas en Mamonal como son: Álcalis, fábrica de Soda Cáustica y Sal (1961); Petroquímica, en 1964; Dow Química, en 1965; Vikingos, en 1969; entre muchas otras más.

Las décadas siguientes se han caracterizado por el desarrollo y surgimiento de grandes industrias. Tomado de la Referencia [1].

Hoy en día en el sector de Mamonal se ubican más de 100 empresas en pleno desarrollo, y existen muchos planes y proyectos que contribuirán al crecimiento de la zona, como es el caso de la Zona Franca Industrial de la Candelaria.

4. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

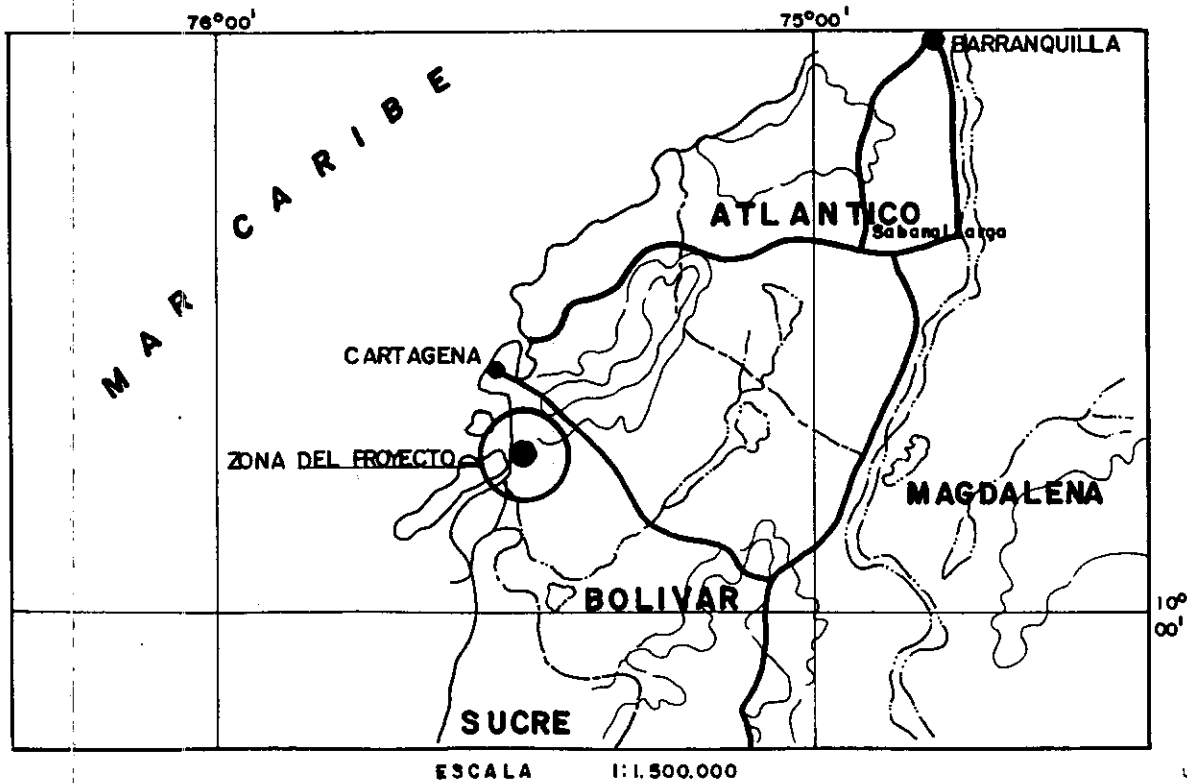
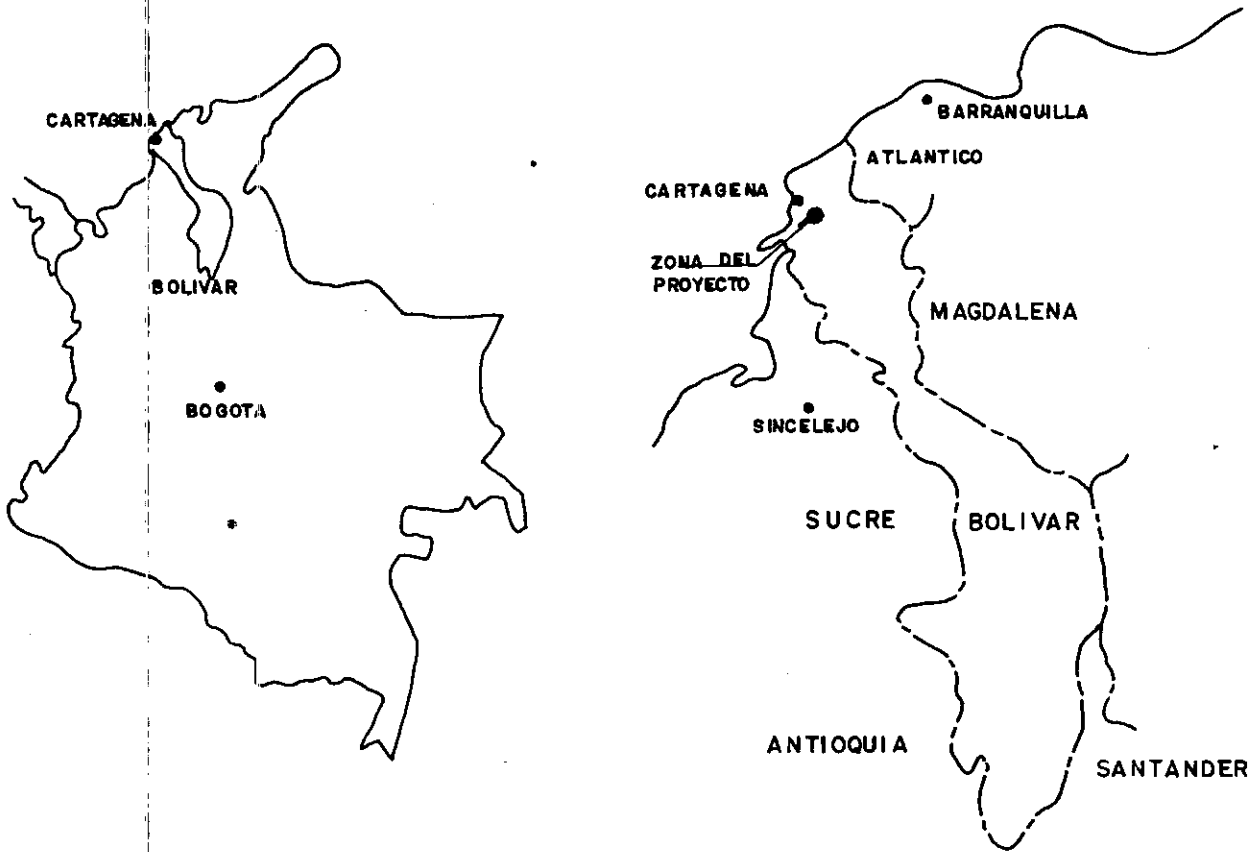
4.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA.


El área en estudio se encuentra ubicada en la zona suroccidental del municipio de Cartagena en el departamento de Bolívar (Colombia). Y comprende la faja que bordea la Vía Mamonal, enmarcada entre las Serranías de Turbaco y la Bahía de Cartagena, de oriente a occidente y en sentido norte-sur, entre el barrio de Ceballos y el corregimiento de Pasacaballos. Localizada en coordenadas planas de la siguiente forma:

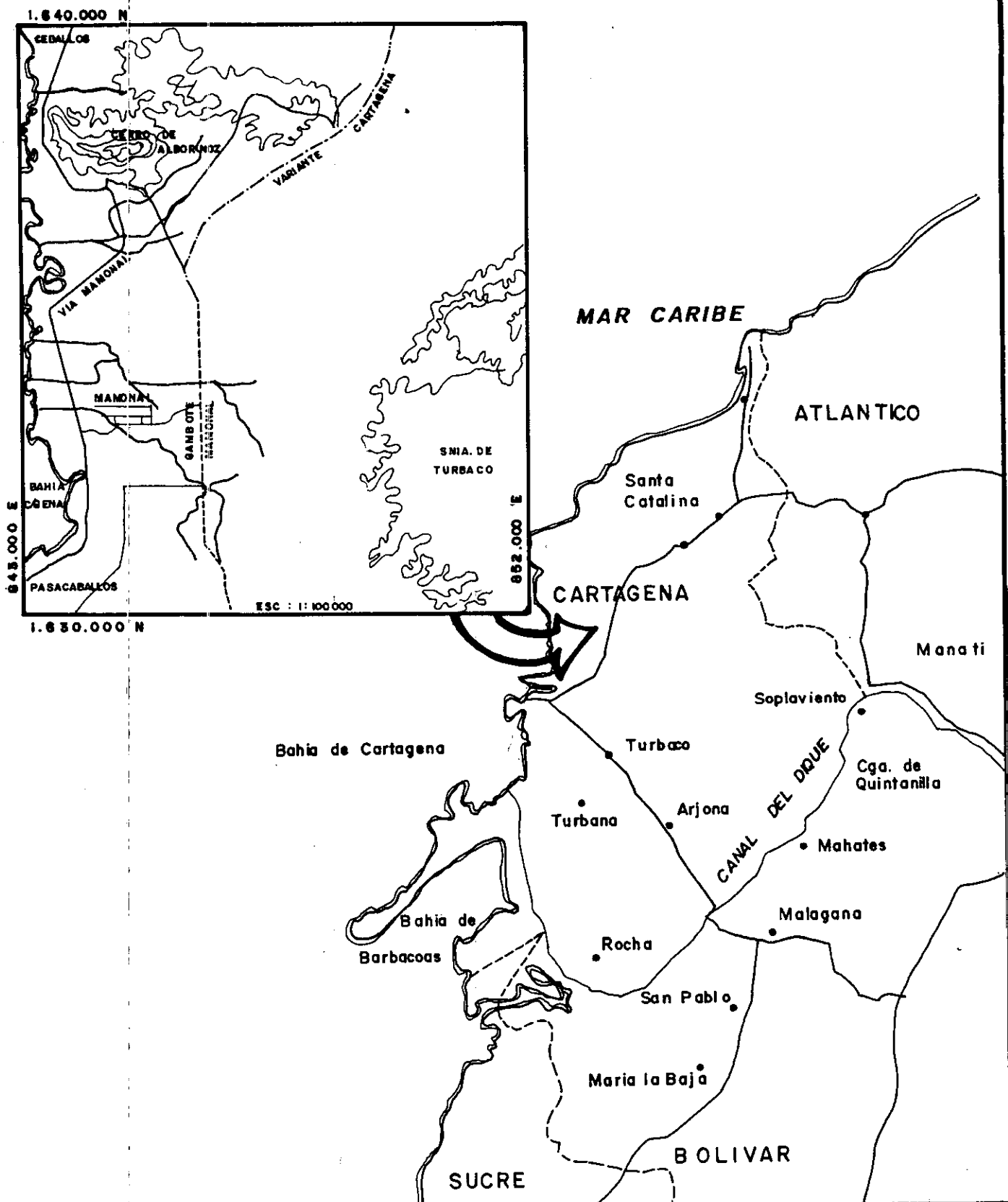
1.630.000 N - 1.640.000 N


843.000 E - 852.000 E

Ver figuras No4.1.1 y 4.1.2



 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: UBICACION GEOGRAFICA	FIGURA No. 4.1.1
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL.	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELIO	
	INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA: FECHA: Noviembre de 1996	



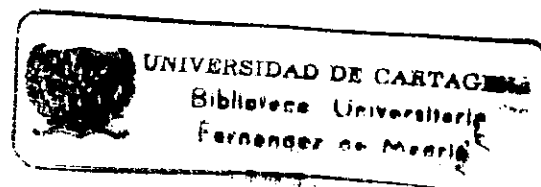
 <p>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA</p>	<p>PROYECTO TESIS DE GRADO</p>	<p>CONTENIDO: LOCALIZACION DEL AREA EN ESTUDIO</p>	<p>FIGURA No. 4.1.2</p>
	<p>BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL.</p>	<p>DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO</p>	
	<p>INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ</p>	<p>ESCALA: FECHA: Noviembre de 1996</p>	

4.2 ENTORNO GEOGRÁFICO.

Cartagena de Indias, hoy "Patrimonio Histórico de la Humanidad", aún conserva la arquitectura legada de la Corona Española en tiempos de la colonia; a la vez que aparecen obras arquitectónicas contemporáneas y el Complejo Industrial de Mamonal, en un desarrollo armónico y sostenible.

Existen factores naturales en el sector de Mamonal que lo hacen atractivo como centro industrial , como son:

- * Contar con una extensa franja frente a la Bahía de Cartagena, en condiciones adecuadas para el acceso de buques de carga y con facilidad portuaria.
- * Proximidad física al resto de la ciudad, sin que esta proximidad genere mayores interferencias.
- * Cercanías al Canal de Panamá, lo cual brinda grandes facilidades para la exportación.



- * Vías de comunicación por medios carreteables, fluviales y aéreos.
- * Poseer refinería de petróleo, gasoducto y oleoducto.
- * Y existen muchos otros factores, sin contar con el atractivo mismo de la ciudad, principal núcleo turístico de Colombia.

4.3 ENTORNO VIAL.

Actualmente existe prácticamente una sola conexión directa de Mamonal con el resto de la ciudad: la vía a Mamonal. Esta vía fue pavimentada hace 20 años, y construída y financiada por los industriales de la zona de Mamonal, con base en un crédito inicialmente contratado por la Zona Franca y pagado por éstos.

A la altura del barrio de invasión de Puerta de Hierro se encuentra una vía no pavimentada, la Antigua vía Férrea, también llamada Carretera a Puerto Eadel o Membrillal; que bordea la parte trasera del sector industrial.

Están en construcción la Variante Cartagena y la carretera Gambote-Mamonal. La primera con 10 km., se inicia en la Carretera de la Cordialidad,

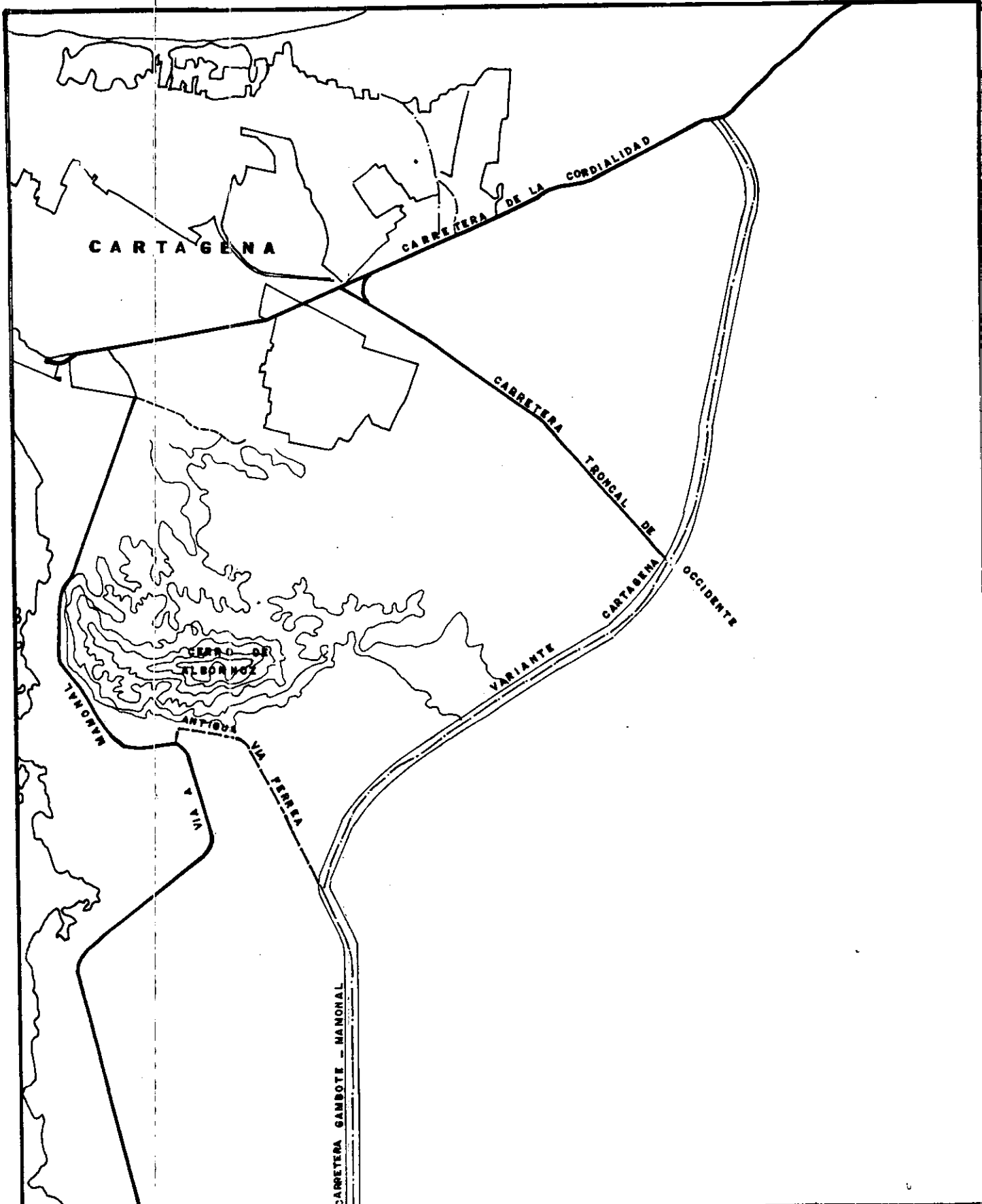
intercepta la Troncal de Occidente y se une con la Carretera Gambote-Mamonal, La segunda con una longitud de 30 km., captará el tráfico que se genera en el centro del país y tiene como destino Mamonal. Ver Figura 4.3.1.


4.4 ENTORNO HIDROGRAFICO.

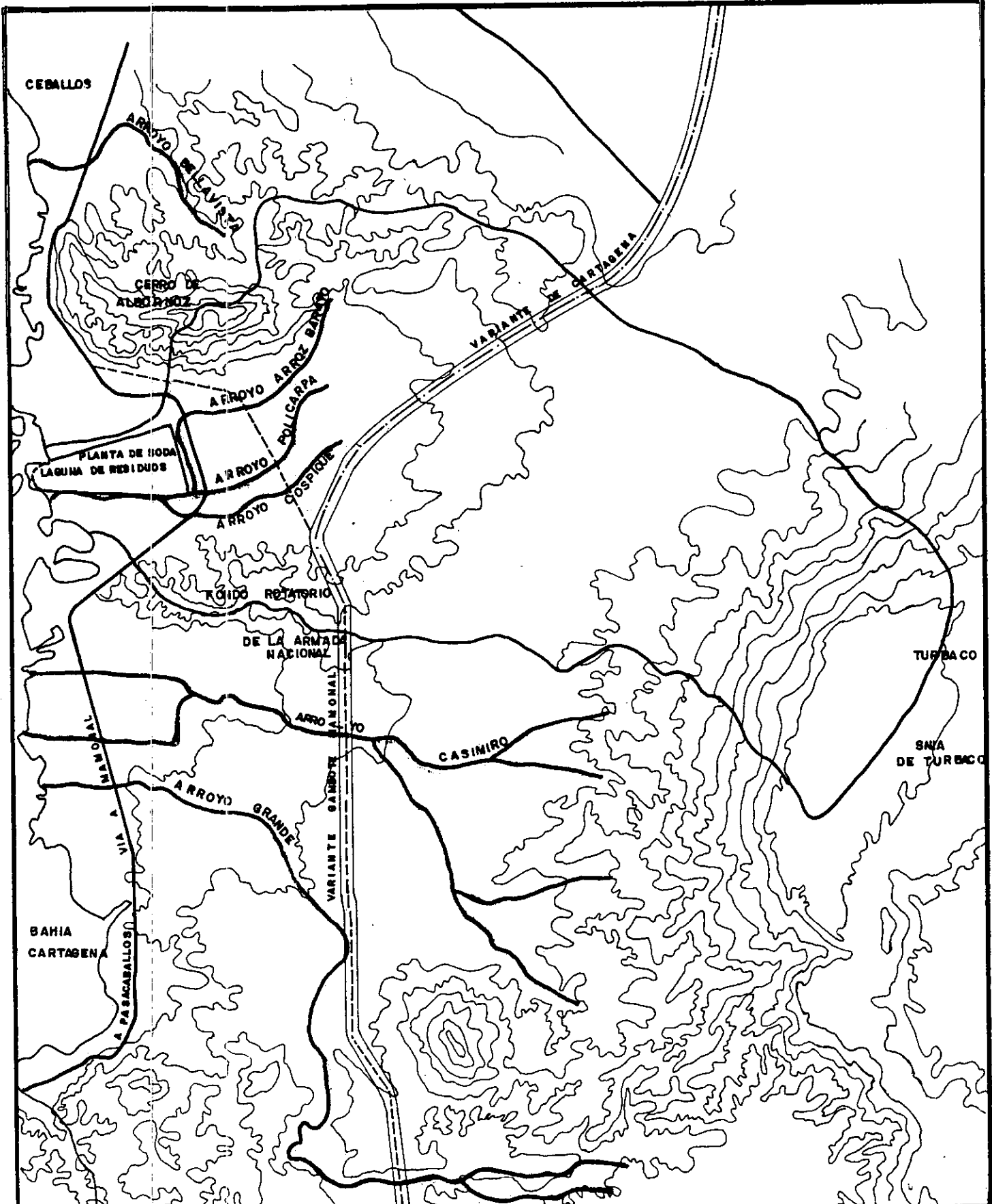
De acuerdo con la información obtenida en cartas topográficas y visitas realizadas al campo, puede subdividirse la zona en general de norte a sur y de este a oeste.

De norte a Sur, comenzando desde Ceballos , se encuentra una **primera cuenca** que en un principio está constituida por drenajes urbanos y por el Arroyo Bellavista y que se extiende hasta las colinas de Albornoz, de una elevación máxima de 125 metros sobre el nivel del mar; una **segunda cuenca** entre éstas y las elevaciones por los predios del Fondo Rotatorio de la Armada Nacional, de altura hasta de 25 metros sobre el nivel del mar; a la que pertenecen los Arroyos de Policarpa, Cospique y Arroz Barato; al final una **tercera cuenca** constituida por los arroyos Casimiro y Arroyo Grande.

En el sentido este-oeste, los arroyos cruzan en su recorrido obstáculos como: la carretera Gambote-Mamonal, la Variante Cartagena, la Antigua Vía Férrea y la carretera a Mamonal. Algunos de estos arroyos nacen en las serranías de Turbaco, con elevaciones de hasta 200 metros sobre el nivel del mar hasta encontrarse con la Variante Cartagena, la Carretera Gambote-Mamonal y la Antigua Vía Férrea; constituyendo **la parte alta de la cuenca**. La zona entre la Antigua Vía Férrea y la carretera a Mamonal se denominará **parte intermedia de la cuenca**, y en ella se encuentran asentadas la mayor parte de las industrias de Mamonal. La tercera faja, desde la carretera a Mamonal hasta la Bahía de Cartagena, denominada **parte baja de la cuenca**, donde los arroyos finalmente vierten sus aguas a la Bahía y se encuentran también algunas industrias. Ver Figura 4.4.1.



 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: ENTORNO VIAL	FIGURA No: 4.3.1
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL.	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO	
	INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA: FECHA: Noviembre de 1996	




UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

PROYECTO
TESIS DE GRADO

BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y
MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA
QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL.

INTEGRANTES: DIANA GARCIA
ERNESTO DIAZ

CONTENIDO:
ENTORNO HIDROGRAFICO

DIRECTOR:
JAVIER MOUTHON BELLO

ESCALA:

FECHA:
Noviembre de 1996

FIGURA No.
44.1

4.5 ENTORNO CLIMATOLÓGICO

4.5.1 CLIMA

El clima de Cartagena y de la zona en estudio es bastante uniforme. Se sitúa en el piso térmico cálido .

En términos generales, puede hablarse de dos épocas bien definidas: una correspondiente al verano, que va desde diciembre hasta abril; y otra de invierno, que va desde agosto a noviembre.

Los datos climáticos que caracterizan el sector se pueden obtener a partir de los registros de la Estación hidrometeorológica del Aeropuerto Rafael Núñez, que se considera representativa para la zona, como se expondrá en el capítulo 8.

4.5.2 PRECIPITACIONES

En el departamento de Bolívar puede observarse una diferenciación de la precipitación que se va incrementando del Norte al Sur con la mínima en el área de Cartagena (500 a 1000 mm en promedio) y hacia el Sur en el Canal

del Dique hasta Magangué con promedios de precipitación de 1000 a 1500 mm, de acuerdo con el IGAC, 1989. Ver figura 4.5.2.1.

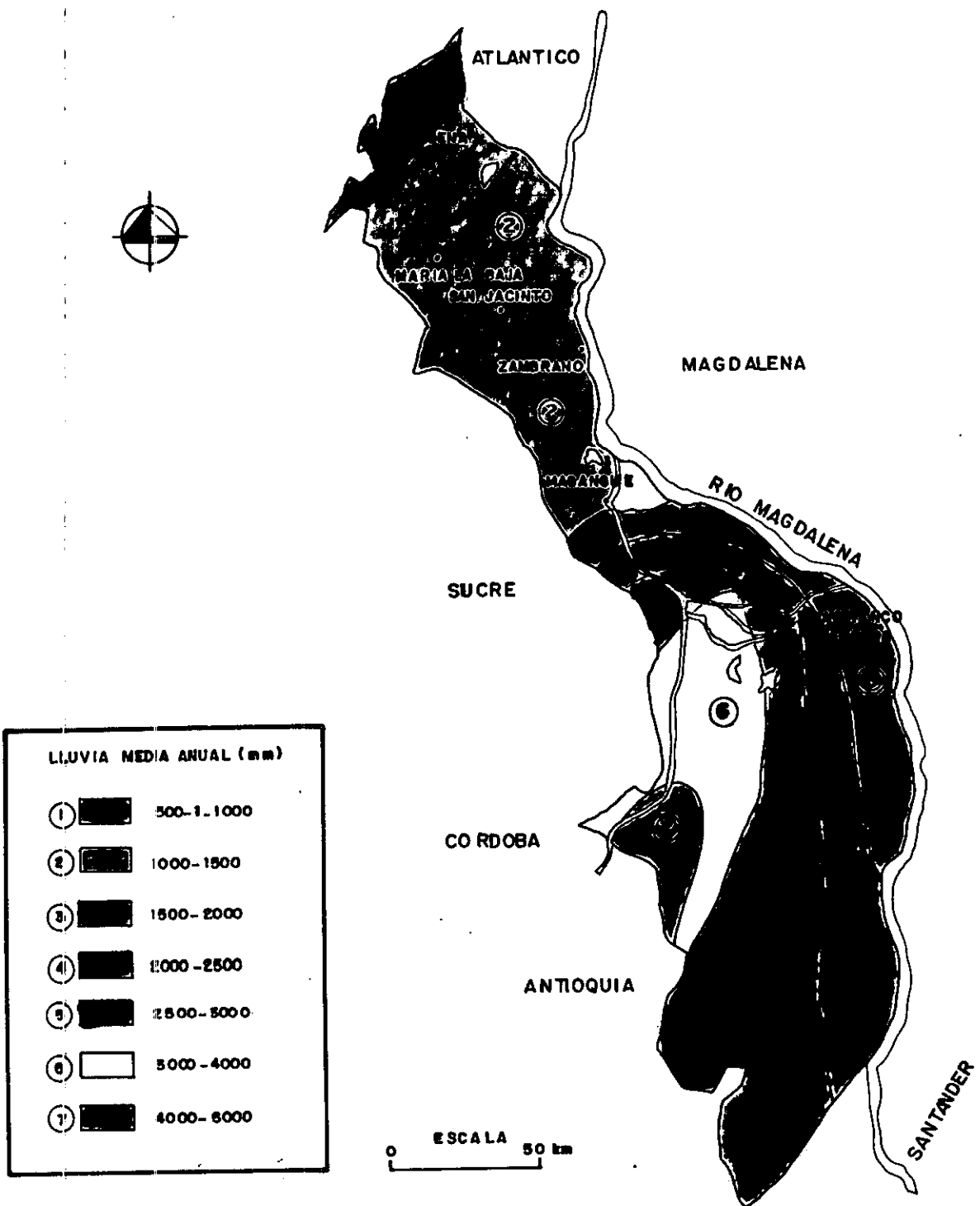
De una manera más precisa, pueden verse las isoyetas (curvas de precipitación) que caracterizan el área con una línea de 1000 mm cruzando cerca a la zona en estudio (Ingeominas 1988, Ver Figura 4.5.2.2.)

Más adelante se hablará de las precipitaciones en forma más específica para la cuenca en estudio.(numeral 8.1).

4.5.3 TEMPERATURA.

La variación de las temperaturas se debe en primer lugar a la radiación solar, la cual en parte, es reflejada por la atmósfera, y también puede verse modificada por la influencia oceánica que al generar los vientos de mar y tierra, suavizan el clima para reducir la amplitud térmica anual.


De acuerdo con los registros de la estación del Aeropuerto Rafael Núñez, la temperatura media de la zona es de 27.7 °C y valores extremos de 28.4 °C

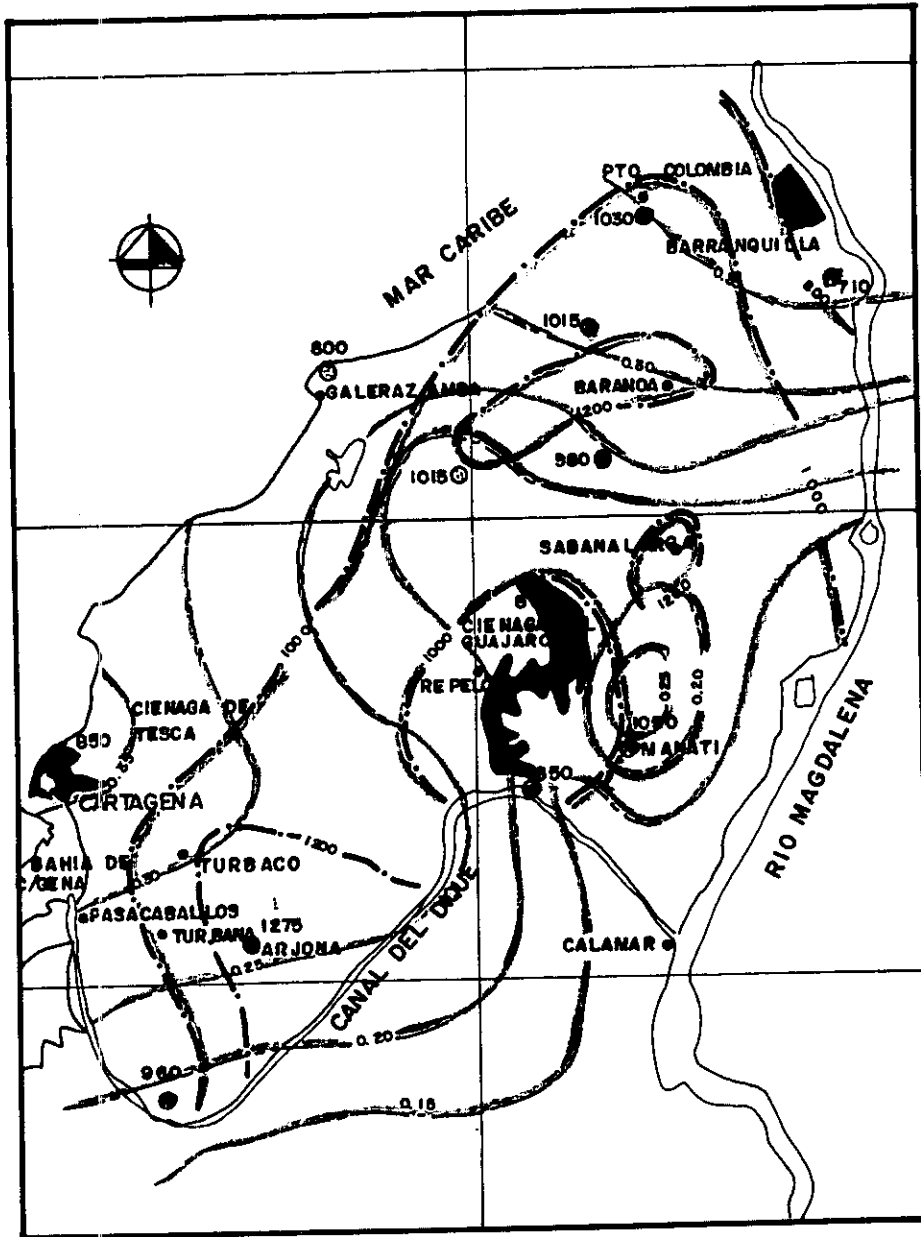


LLUVIA MEDIA ANUAL (mm)





1	500-1.000
2	1000-1500
3	1500-2000
4	2000-2500
5	2500-3000
6	3000-4000
7	4000-6000


ESCALA 50 km

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO		CONTENIDO: ISOLINEAS DE PRECIPITACION EN EL DPTO DE BOLIVAR IGAC		FIGURA No. 4.5.2.1
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIEZA LA VIA A NACIONAL.		DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO		
	INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ		ESCALA:	FECHA: Noviembre de 1996	



CONVENCIONES

-  ISOYETAS
-  COEFICIENTE DE VARIACION
-  PUEBLOS
-  DATOS PUNTUALES DE PRECIPITACION

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: ISOYETAS PARA EL DPTO DE BOLIVAR - INSEOMINAS.	FIGURA No. 4.5.2.2
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA NACIONAL.	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO	
	INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA: FECHA: Noviembre de 1996	

en junio y 26.8 °C en enero. Puede observarse que la temperatura del área es muy estable en sus promedios a través de todo el año.

La variación territorial es también mínima y está estrechamente ligada a la altura, descendiendo 0.6 °C por cada 100 metros de elevación.

Tabla No. 4.5.3.1. Temperatura media mensual (°C)

Estación	Años Reg.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	A R L A
A. R. Núñez	52	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	27	28
Base Naval	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	27	28

4.5.4 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es bastante alta por la cercanía al mar. Presenta un promedio anual del 80 % con variaciones ligadas a las épocas de lluvias, 77% para el mes de febrero que es el más seco, y 82 % para el mes de octubre que es el más lluvioso. A nivel diario las oscilaciones son más bruscas y operan en forma inversa a la temperatura del momento.

Cuando baja la temperatura baja también el grado de saturación de humedad en el aire y por lo tanto la relación entre la humedad registrada y la

INSTITUTO
 VENEZOLANO
 DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS Y
 TECNOLÓGICAS
 VICERRECTORÍA
 DE ASISTENCIA
 TÉCNICA Y
 ADMINISTRATIVA
 MARACAIBO

de saturación se acerca al 100% . Esto se observa en las horas frescas de la mañana cuando la humedad relativa alcanza valores máximos del 90 % . Después del mediodía aumenta la temperatura descendiendo la humedad relativa al 70 %.

A nivel mensual se observa la siguiente distribución en las estaciones del Aeropuerto Rafael Núñez y la Base Naval:

Tabla No. 4.5.4.1. Humedad relativa media mensual (%)

Estación	Años Reg.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	A n u a l
A. R. Núñez	52	78	77	77	78	81	81	80	81	81	82	82	80	80
Base Naval	27	81	81	82	81	82	82	82	83	83	84	84	83	82

4.5.5 EVAPORACIÓN

Para la zona, la evaporación media anual es de 1868 mm, presentándose un máximo de 179 mm en marzo y un mínimo de 118 mm en octubre, de acuerdo con los registros de la estación del Aeropuerto Rafael Núñez, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla No. 4.5.5.1. Evaporación media mensual (mm). Estación
Aeropuerto Rafael Núñez.**

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
174	164	179	177	156	154	170	164	138	118	131	143

4.5.6 VIENTOS

La zona tiene una influencia predominante de los vientos alisios que provienen del Norte y del Noroeste, especialmente durante el período diciembre-abril. Para el resto del año son variables en dirección y en fuerza.

Por la vecindad del mar el ciclo diario consta de amaneceres frescos con poca brisa, hacia el mediodía el aire se calienta fuertemente y en las horas de la tarde hay aire calmo y brisas más o menos fuertes; en la noche las temperaturas son generalmente frescas y las brisas abundantes.

Aunque en Cartagena, la probabilidad que se presenten ciclones tropicales es baja, se destaca el paso del ciclón tropical Joan el 18 de octubre de 1988 a una distancia del orden de 100 km de la ciudad, con vientos que alcanzaron una velocidad estimada de 193 km/h. y una presión atmosférica en su centro de 968 Hectopascales. (Referencia [19])

Tabla No. 4.5.6.1. Dirección de los vientos. Porcentaje mensual.

Estación Aeropuerto Rafael Núñez.

MESES	DIRECCIÓN PREDOMINANTE EN %								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM
ENERO	38	25	7	1	1	1	3	7	18
FEB.	52	20	7	2	1	0	2	4	13
MARZO	49	22	7	1	1	0	2	5	12
ABRIL	48	22	6	2	1	1	3	5	13
MAYO	31	15	9	3	4	2	9	6	21
JUNIO	24	12	9	4	5	3	10	7	25
JULIO	28	17	11	4	6	2	7	5	19
AGOSTO	18	13	9	7	9	5	9	7	22
SEPT.	10	9	6	5	12	6	13	9	22
OCT.	11	9	9	6	12	7	11	9	28
NOV.	16	16	15	4	8	4	8	7	26
DEC.	35	25	10	1	1	1	3	5	18
ANUAL	30	17.1	8.8	3.3	5.1	2.7	6.7	6.3	20.3



4.5.7 BRILLO SOLAR

Se entiende por brillo solar como el tiempo durante el cual no hay interferencia a los rayos solares por efecto de la nubosidad. En general, la zona tiene un alto índice de insolación con un promedio anual de 2670 horas de sol y su distribución mensual sigue una tendencia inversa a la precipitación. Esto es relativo, porque las lluvias también se presentan en horas de la noche, y no siempre la nubosidad diurna implica la ocurrencia de aguaceros. Se presenta un máximo de 287 horas de brillo solar en enero y un mínimo de 160 horas en octubre, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No. 4.5.7.1. Horas de brillo solar. Estación Aeropuerto Rafael Núñez.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
287	248	253	213	204	216	221	209	180	160	215	264

4.6 ENTORNO INDUSTRIAL

En Mamonal existen alrededor de 100 empresas, de las cuales, adscritas a Fundación Mamonal, se pueden citar las siguientes, discriminadas así:

Empresas del Sector Eléctrico : Corelca, Electribol, y Proeléctrico.

Empresas del Sector Pesquero: Antillana, Océanos, Vikingos, Atuncol y Cartagena Shim.

Empresas del Sector Manufacturero: Polymer, Tecnoají, Etec, Holasa, Colclinker, Paad, Polibán, Malterías, Ladrillera La Cay, Indupollo. Matteuci, Industrias Químicas Real, Laboratorios Cerco, Polibol. Lamitech, Van Leer.

Empresas del Sector Petroquímico:Agafano. Dow, Biofilm, Ciba Geigy, Ecopetrol, Petroquímica, Propilcro, Texaco, Esso, Cellux, Dexton, Cabot, Cartagás, Agrevo, Abocol.

Otros Sectores: Amocar, Contecar, Astivik, Metalización, Promigas, Colterminales, Zona Franca La Candelaria, Ferretería Reina, Ciudad Limpia, Lime, K & S, Marítima Comercial

5. DESCRIPCION DE LA CUENCA EN ESTUDIO.

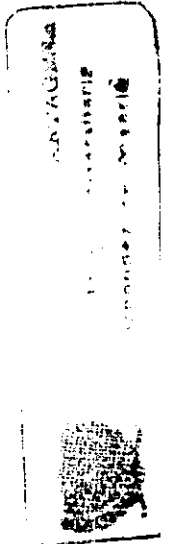
9

5.1 SELECCION DE LA CUENCA.

Luego de haber recopilado y analizado la información existente en la zona se puede decir:

La primera cuenca está constituida en su gran mayoría por drenajes urbanos y tratándose éste de un estudio extensivo hacia las demás cuencas de Mamonal, ésta no sería del todo representativa.

La tercera cuenca, constituida por los Arroyos de Casimiro y Arroyo Grande, ya ha sido ampliamente estudiada por las empresas de Petroquímica y Ecopetrol, respectivamente. Información que será usada en la elaboración del plan de manejo y ordenamiento.



Para cumplir con los objetivos de este proyecto, se seleccionó la segunda cuenca ya que se considera la más representativa de las tres porque en ella se combinan asentamientos humanos e industriales propios de la zona de Mamonal, y al mismo tiempo, tiene gran incidencia sobre toda la zona, sumados a que carece de estudios.

5.2 DELIMITACION DE LA CUENCA EN ESTUDIO

La cuenca en estudio esta formada por los Arroyos Arroz Barato, Cospique y Policarpa¹, y se encuentra confinada entre las elevaciones de la colina de Albornoz, de 125 m.s.n.m. , las elevaciones de los predios del Fondo Rotatorio de la Armada Nacional con altura máxima de 25 m.s.n.m., y parte de las Serranías de Turbaco (200 m.s.n.m.), como se muestra en la figura 5.2.1.

Las aguas de esorrentía de la Serranía de Turbaco bajan por ciertos cauces hasta planicies, para luego atravesar la Variante Cartagena, que está en construcción. El sistema de drenaje en este sector es muy

¹ Según cartografía de Agustín Codazzi de 1976, los nombres de los Arroyos son Arroz Barato y Cospique; el arroyo que atraviesa al Barrio de Policarpa no tiene nombre, razón por la cual se le llamará Arroyo Policarpa.

intrincado ya que no hay cauces definidos, por lo que cuando se presentan precipitaciones intensas se producen encharcamientos o inundaciones.

Con la construcción de la Variante Cartagena el patrón de drenaje de la cuenca se modificó de tal manera que las escorrentías que se habían estimado por la cartografía y fotografías aéreas se ven encauzados por la construcción de ciertos Box Culverts a lo largo de la carretera.

En el diseño de la Variante Cartagena, (I.C., Ingenieros Consultores Ltda, 1994) sólo se había estimado la construcción de un culvert para evacuar las aguas de esta cuenca en el Km 8 y una serie de alcantarillas de diámetro de 0.90 m. cada 500 metros; pero con las lluvias observadas durante la etapa de construcción de la misma, el agua sobrepasaba la subrasante, y fue entonces necesaria la construcción de una serie de box culverts que permiten el paso de un lado a otro de la carretera y luego lo encauzan longitudinalmente hacia la parte baja, por lo que la divisoria de la subcuenca y la adyacente obedece a observaciones hechas en campo y a testimonios de los constructores.

Después que las aguas han cruzado la Variante, se encauzan hacia un culvert ubicado en la Antigua Vía Férrea por el Barrio Policarpa, entre las

manzanas 15 y 22² partiendo en dos el triángulo que forma el barrio (Ver figura 5.2.2.), hasta salir por las manzanas 27 y 29 y pasar por la parte trasera de las instalaciones de Telecartagena, zona esta que se caracteriza por ser muy pantanosa. Aquí el arroyo atraviesa la carretera a Mamonal mediante un culvert, cercano al kilometro 7; la salida de este arroyo se ve obstruida por la vegetación espesa de la zona, y más adelante se une con el arroyo principal que lleva las aguas hasta la Bahía. Este es el llamado Arroyo Cospique.

Retomando el drenaje a partir de la Variante Cartagena, las aguas llegan a un cauce paralelo a la calle 10 que conduce a Henequén, cuyas aguas atraviesan mediante un culvert a la Antigua Vía Férrea, ubicado entre las manzanas 12 del barrio de Policarpa, y la parte posterior de los predios de Ciba-Geigy Colombiana. A partir de aquí el arroyo es paralelo a la calle principal de Policarpa, colindando en su otra margen con Ciba-Geigy. En adelante cruza las manzanas 4 y 2 del barrio para atravesar la vía a Mamonal por un culvert y seguir paralelo al terraplén de la laguna de Residuos de Álcalis, hasta desembocar a la Bahía de Cartagena, frente a la Isla Esteban. Este constituye el cauce principal del Arroyo Policarpa.

² Según cartografía del DANE, 1993

Por otro lado, en la parte este de la Colina de Albornoz nace el arroyo Arroz Barato, que cruza la calle 10 en un culvert en la parte trasera del Barrio del mismo nombre, para luego atravesarlo por zonas agrícolas y entrar a un culvert en la antigua Vía Férrea. De allí en adelante el arroyo va serpenteando paralelo a la carretera de acceso a las instalaciones de Biofilm, en donde recibe aguas de las empresas Camarones del Caribe, Biofilm y Polyban, para luego ser canalizadas por un culvert en la carretera a Mamonal. En adelante sigue paralelamente entre la carretera a Mamonal y el terraplén de la Laguna de Residuos, y se une a la corriente principal del Arroyo Policarpa para salir a la Bahía.

Visitas al campo permiten constatar que en épocas de sequía los arroyos en la parte alta se encuentran casi secos y su cauce no está bien definido; y en la parte intermedia, entre la Antigua Vía Férrea y la vía a Mamonal están parcialmente llenos debido a la poca pendiente en el sector.

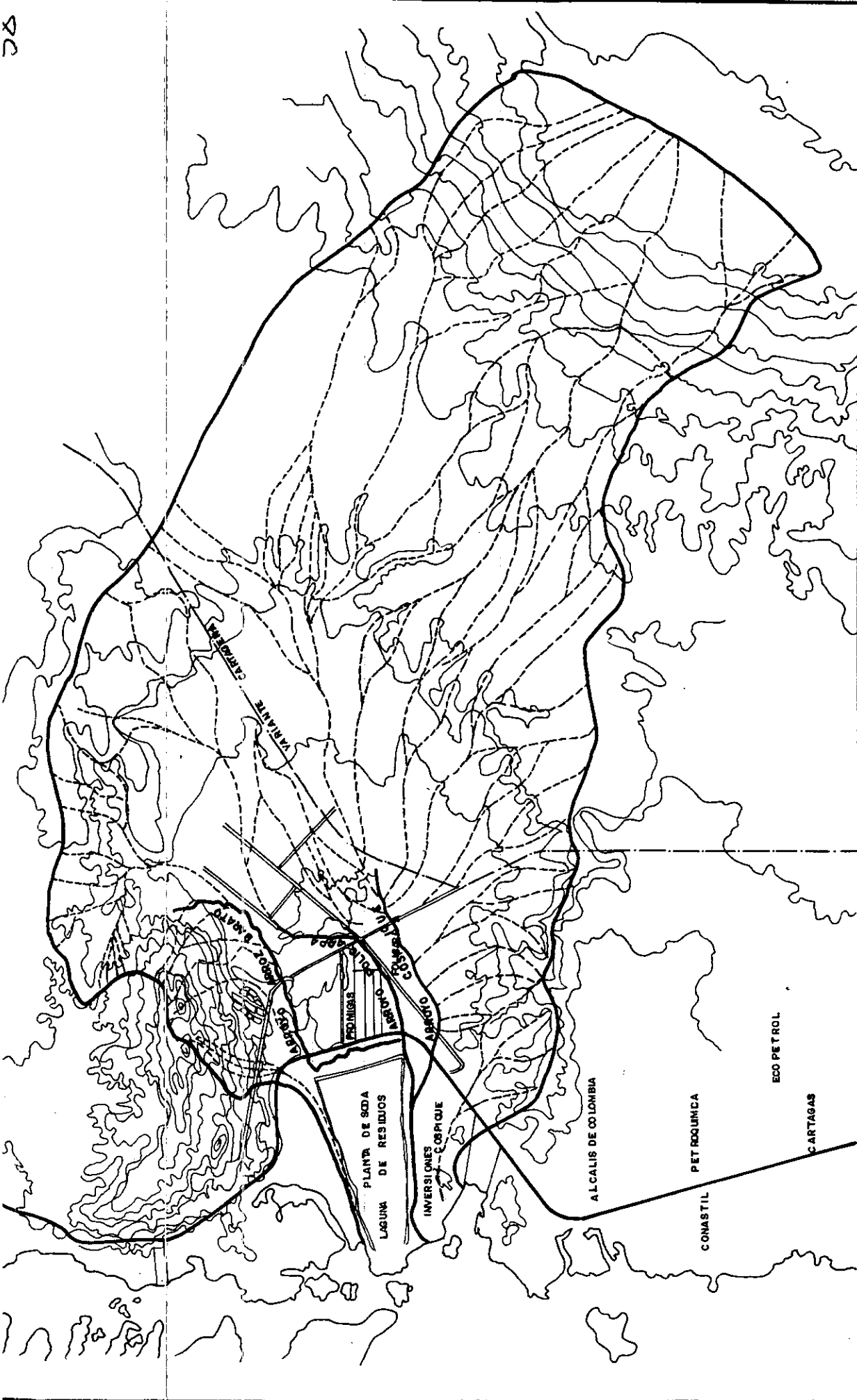


FIGURA No. **5.2.1**

CONTIENE: **DELIMITACION DE LA CUENCA EN ESTUDIO**

DIRECTOR: **JAVIER MOUTHON BELLO**


ESCALA: **1: 40.000**

FECHA: **Noviembre de 1998**

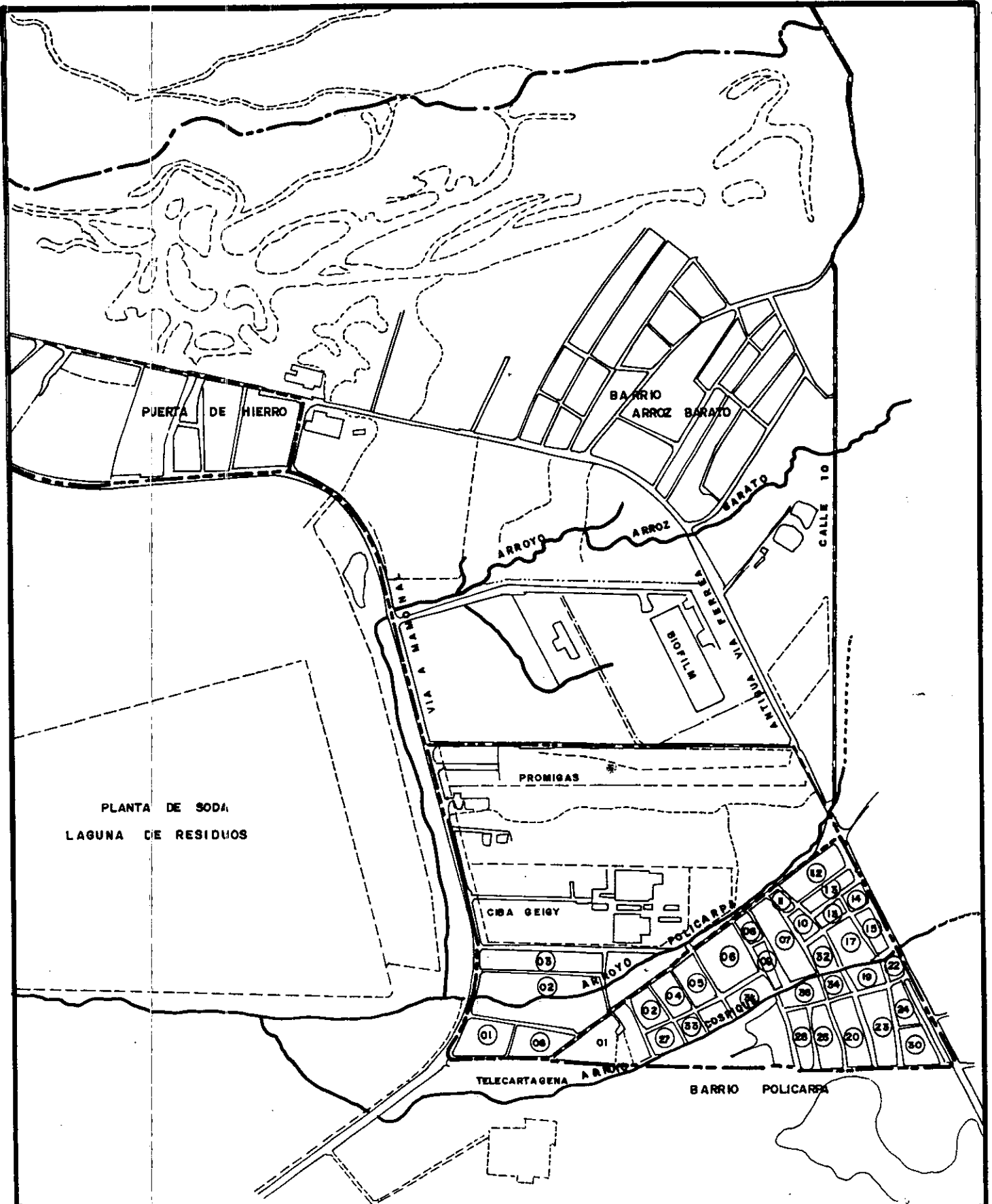
PROYECTO **TESIS DE GRADO**


BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MANONAL

INTEGRANTES: **DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ**



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA



 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: DETALLE DE LA PARTE INTER- MEDIA Y BAJA DE LA CUENCA.	FIGURA No. 5.2.2
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MANONAL.	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO	
	INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA:	FECHA: Noviembre de 1996

5.3 GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA.

En términos generales, la región está dividida en dos sistemas geomorfológicos: uno de paisaje montañoso y otro de paisaje llano que determinan las principales subcuencas de drenaje.

De acuerdo con el Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Bolívar presentado en el estudio correspondiente realizado por Ingeominas (Referencia [11]) , en la zona afloran rocas sedimentarias cuya edad varia desde el cuaternario hasta el terciario superior (Ver Figuras. 5.3.1. y 5.3.2.)

5.3.1 Formación cuaternaria:

A esta formación corresponden las siguientes unidades:

5.3.1.1 Depósitos de playa (Q1):

Se ubican a lo largo de la línea de costa, en la parte baja e intermedia de la cuenca .Estos depósitos se componen de limos y arenas de grano medio, esencialmente cuarzosas, con algún contenido de mica y minerales pesados; varían de color gris a gris amarillento; a veces incluyen restos de conchas de bivalvos. La composición de los materiales de estos depósitos

tienen origen en la alta energía del oleaje; cuando éste no existe predominan, los depósitos de ciénaga y pantano costero; algunas veces la composición de estos depósitos arenosos es calcárea, cuando se derivan de las calizas arrecifales, como los encontrados en las cercanías de Barú.

5.3.1.2 Depósitos aluviales o terrazas (Q2):

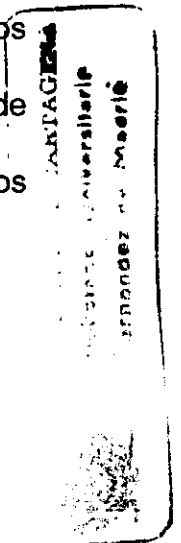
Se encuentran a un lado de la parte alta de la cuenca. Se designan así todos los depósitos de origen aluvial más recientes y se ubican en los fondos de los valles de quebradas y de arroyos. También forman terrazas y pequeños conos de deyección.

5.3.2 Formación terciaria:

Esta formación sedimentaria tiene las siguientes unidades:

5.3.2.1 Calizas arrecifales del terciario superior (Tscr):

Las calizas arrecifales tienen cierta importancia económica en el área como materia prima para la fabricación de cemento.



Se encuentran en los límites de la cuenca, en las elevaciones de Albornoz, del Fondo Rotatorio de la Armada Nacional y en las Serranías de Turbaco (parte alta de la cuenca).

Esta unidad corresponde a una secuencia de caliza arrecifales y caliches en la parte superior, con arcillas arenosas en la parte inferior. En este análisis solamente se considera la parte arrecifal. Estas calizas afloran en forma discontinua en el sector de Cartagena, alcanzando su mayor desarrollo en el área de Turbaco, donde se observa la mayor cantidad de canteras de explotación de materiales para toda clase de construcciones.

En estas zonas las calizas no muestran una estratificación clara, pero se ha establecido que están casi horizontales o con espesores (columna estratigráfica de la cantera Cementos Caribe Albornoz) de 100 metros.

5.3.2.2 Arcillas, areniscas y conglomerados del terciario medio y superior (TM2):

Ubicadas en la parte alta de la cuenca. La edad asignada a este conjunto litológico es plioceno superior-pleistoceno inferior. Corresponden a una secuencia conformada por sedimentos consolidados pero no litificados, que

constituyen tres conjuntos diferenciables por sus características litológicas, así:

- * Conjunto inferior, que es arcilloso-limoso, distinguido por la alterancia de arcillolitas y limolitas gris oscuro, con algunas intercalaciones de areniscas de grano fino.

- * Conjunto intermedio, que es arenoso y posee algunas intercalaciones de limolitas y areniscas de grano fino a ligeramente conglomerática, como también limolitas y arcillolitas.

- * Conjunto superior, que es limoarcilloso, caracterizado por delgadas intercalaciones de limolitas, arcillolitas y areniscas de grano fino.

5.4 SUELOS

5.4.1 CLASIFICACION AGROLOGICA.

Para la clasificación de los suelos presentes en la cuenca, se consultó el Estudio General de Suelos de la Zona del Canal del Dique, Calamar, Mahates, María la Baja, San Estanislao, Santa Rosa, Soplaviento, Turbaco,

Turbana y Villanueva elaborado por el IGAC en 1982 tomado de la Referencia [11] (Ver Figura 5.4.1.1.) De acuerdo con éste, en el área de la cuenca se identificaron las siguientes unidades de suelos clasificadas agrológicamente así:

5.4.1.1 Complejo La Mata (LL).

Corresponde a los suelos de la mayor parte de la planicie fluvio-marina, ubicados entre las áreas mas bajas (playones) y otras mas altas (terrazas y colinas). El relieve es plano con pendientes del 0 al 1 %; el material parental esta constituido por sedimentos cuaternarios marinos, debajo de recubrimientos lagunares y fluviales mas recientes. son suelos ligeramente ácidos y tienden a aumentar su pH con la profundidad; la vegetación nativa esta formada por zarzas, rabo de zorro, cortadera, etc. Estos suelos se utilizan para la ganadería.

Corresponde al suelo de tipo IV de planicie fluvio-marina. Este suelo se presenta en la parte baja e intermedia de la cuenca.

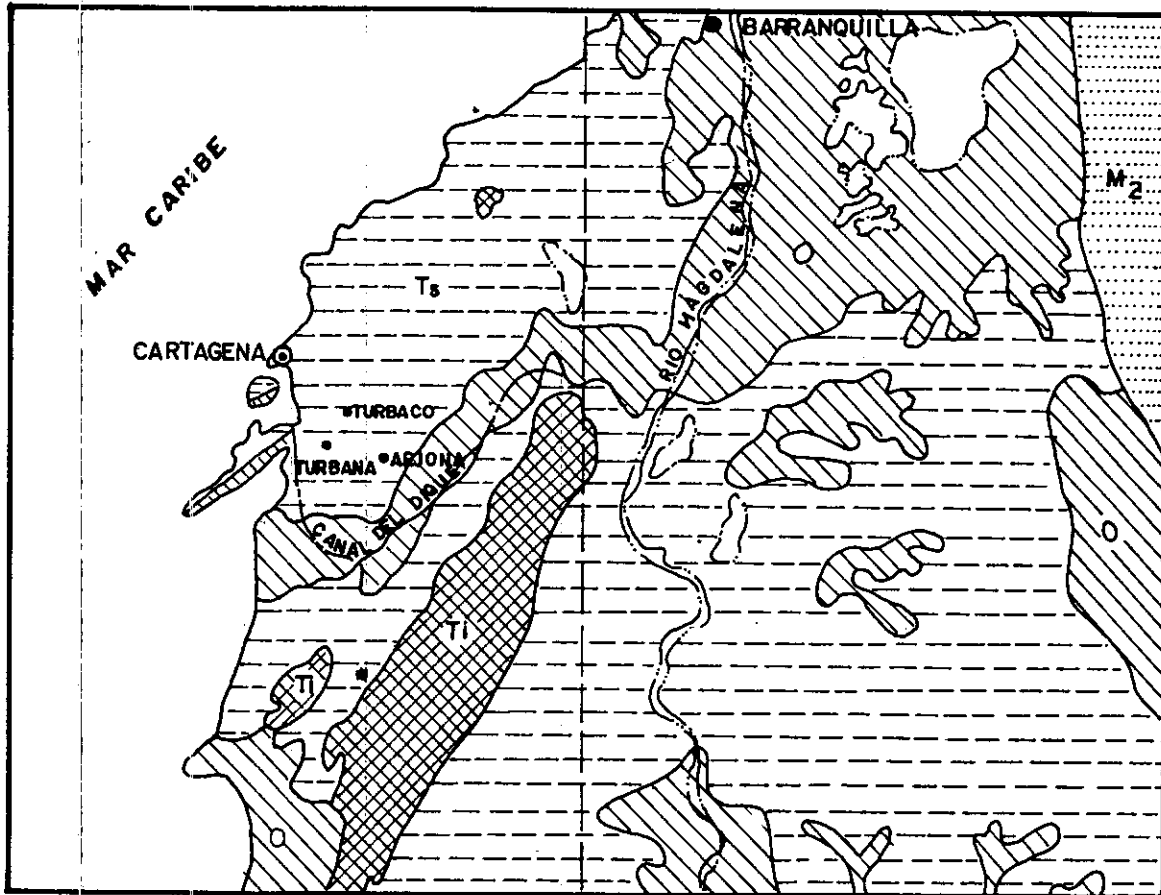
5.4.1.2 Complejo Caimatal (CM).

Son suelos encontrados en los valles aluviales. Topográficamente están ligeramente mas bajos que los valles estrechos y constituyen superficies de acumulación con algo de inundación en periodos cortos donde priman los materiales finos. El pH es ligeramente ácido y tiende a aumentar con la profundidad. La vegetación muestra buen aspecto, especialmente a orillas de los drenajes. El uso predominante es el pastoreo de ganado en potrero. Son suelos de buen potencial de fertilidad para el sector agropecuario. Las pendientes son del 0-1-3 %.

Corresponde a la clasificación agrológica clase III de planicies de afluentes del río Magdalena. Se ubican en la parte alta de la cuenca.

5.4.1.3 Consociación Coloncito (CL).

Suelos de colinas con relieves desde ligeramente ondulados hasta quebrados. El material parental predominante proviene de calizas y areniscas calcáreas. La vegetación se compone de zarzas, uvitos, naranjuelos y hobos. El uso esta limitado al pastoreo y el cultivo de algunos frutales.



76°00'

75°00'

74°00'

CONVENCIONES GEOLOGICAS

- ROCAS SEDIMENTARIAS:



Cuaternario



Terciario superior



Terciario inferior

- ROCAS METAMORFICAS:



Migmatitas homogéneas y heterogéneas



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

PROYECTO
TESIS DE GRADO

BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y
MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA
QUE ATRAVIESA LA VIA A MANONAL.

INTEGRANTES: DIANA GARCIA
ERNESTO DIAZ

CONTENIDO

ESQUEMA GENERAL
DE LA GEOLOGIA REGIONAL.

DIRECTOR:

JAVIER MOUTHON BELLO

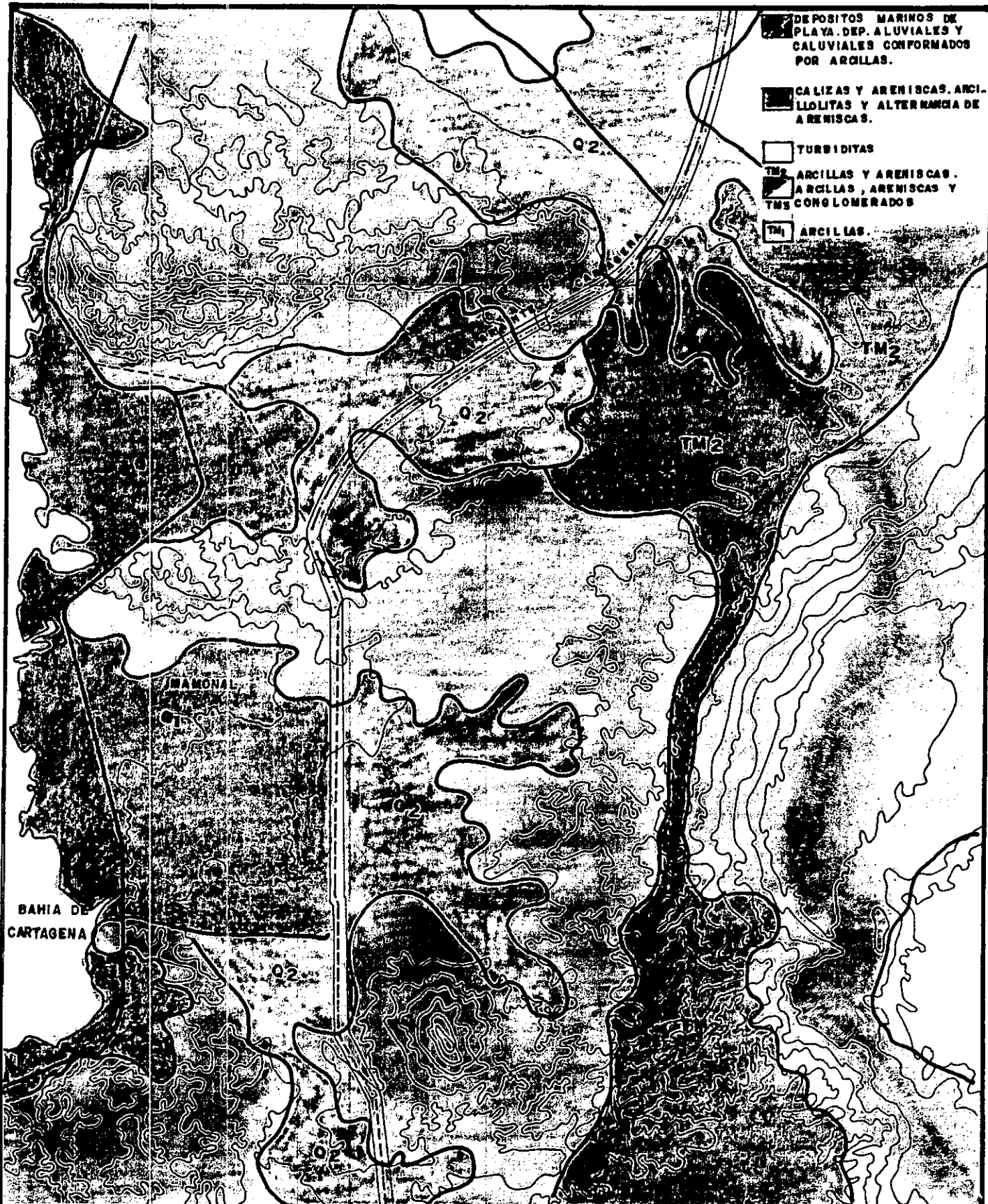
ESCALA:


FECHA:

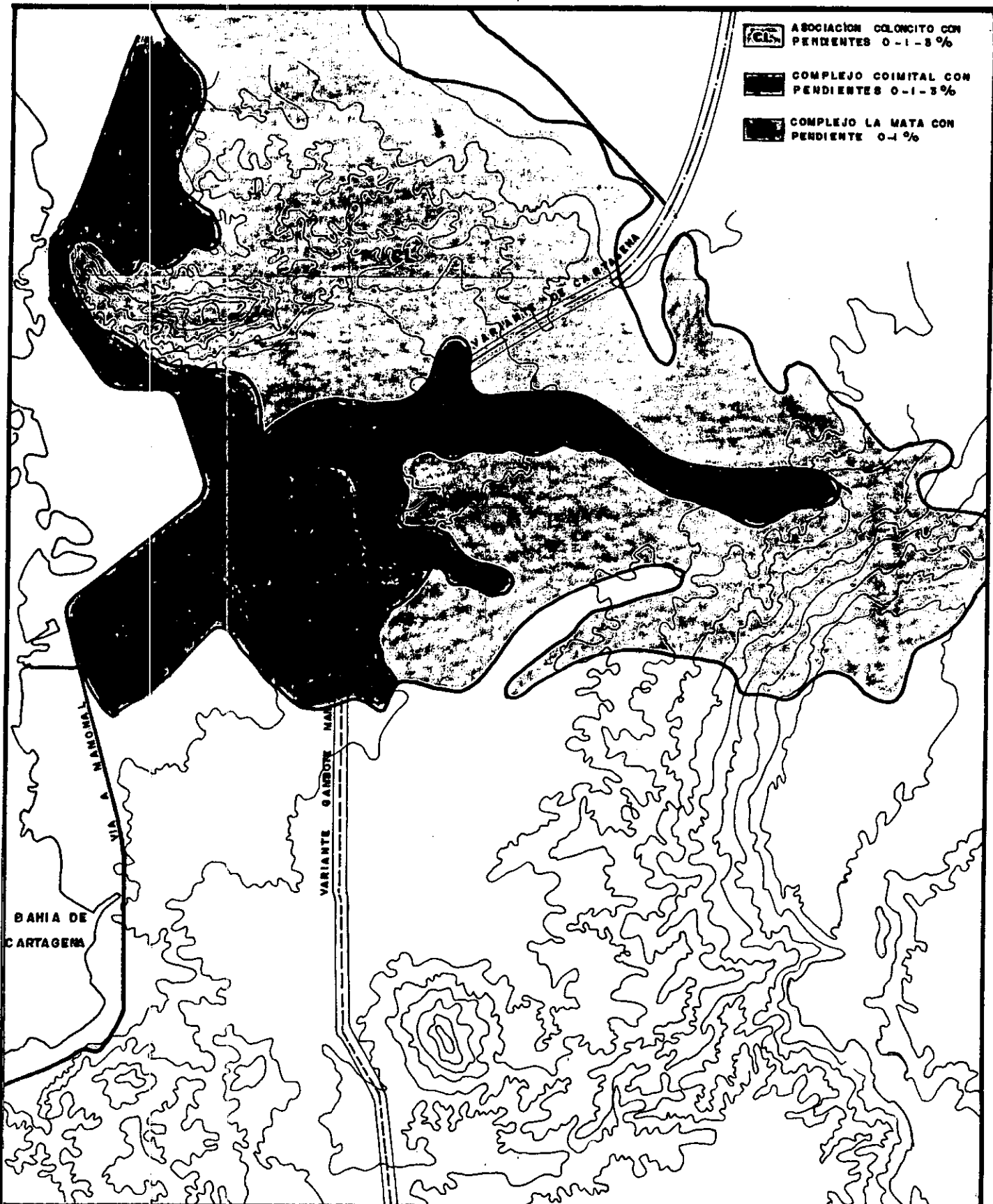
Noviembre de 1996




FIGURA No.


5.3.1



 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: GEOLOGIA DE LA CUENCA 'IGAC'	FIGURA No.
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL.	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO	5.3.2
	INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA:	
			FECHA: Noviembre de 1996



-  ASOCIACION COLONCITO CON PENDIENTES 0-1-3%
-  COMPLEJO COIMITAL CON PENDIENTES 0-1-3%
-  COMPLEJO LA MATA CON PENDIENTE 0-1%

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: CLASIFICACION AGROLOGICA DE LOS SUELOS DE LA CUENCA IGAC	FIGURAS N. 5.4.1.1	
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MANONAL.	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO		
	INTEGRANTES DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA: 1: 50.000		FECHA: Noviembre de 1996

Pertenece a la clasificación agrológica VI. Erosión ligera a moderada. Pendientes del 3-7 -12 %. De acuerdo con el estudio se ubican en la parte alta de la cuenca.

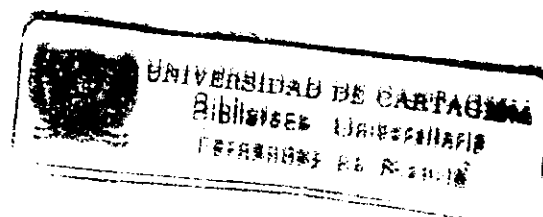
5.5 COBERTURA VEGETAL

Con base en estudios realizados en la zona (Referencias [11] y [19]) y observaciones hechas en campo con los nativos, se pudo constatar lo siguiente:

En la denominada parte alta de la cuenca, que corresponde a las Serranías de Turbaco, los suelos ofrecen baja productividad agropecuaria, por desarrollarse sobre material coralino de baja fertilidad. Se desarrolla una vegetación herbácea con fragmentos de bosques secundarios y rastrojos altos, con bosques del piso térmico cálido:

Bosque muy seco tropical (Bms-T), en los alrededores de Turbaco.

Bosque seco tropical (Bs-T), en los alrededores del Canal del Dique.



La agricultura es desarrollada en forma rudimentaria, y se utiliza la quema para el control de malezas, contribuyendo a la destrucción de la mayoría de los bosques. En las fincas la reserva de leña se utiliza para la cocción de alimentos y la construcción.

En la parte intermedia de la cuenca, de acuerdo con el tamaño y capacidad de colonización de la zona, se pueden identificar dos tipos de vegetación:

-De estrato rasante. De altura máxima de 1 m. Se presentan plántulas y algunas gramíneas. Muchas de estas especies son de temporada, es decir, mueren o sueltan sus hojas durante el verano para protegerse.

Tabla 5.5.1. Vegetación de estrato rasante de la cuenca.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Dormidera	Desmonthus virgatus	mimosacea
Escobilla	Melochia sp	Sterculiaceae
Hlecho de agua	Azolla filiculoides	Azollaceae
Lechuga de agua	Pistia stratiotes	Araceae
Campanilla	Ipomoea sp	Convol vulaceae
Campanilla	Merremia umbellato	Convolvulaceae
Pega pega	Desmodium glabrum	Papilionaceae
Bledo de espino	Amaranthus spinosus	
Albahaca de Monte	Ocimummicranthun	
Uña de Gato	Mimosa pigra	
Trébol	Platymiscium pinnatum	
Venturosa	Lantana sp	

-De estrato arbustivo. De altura entre los 4 y 5 metros de altura. Se encuentran, entre otras las siguientes especies:

Tabla 5.5.2. Vegetación de estrato arbustivo de la cuenca.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Cañafistula	Cassia grandis	Caesalpinaceae
Caucho	Ficus pallida	Maraceae
Laurel	Cordia alliodora	Borraginaciae
Hobo	Spondios mombin	Anacardiaceae
matarratón	Gliricidia Sapium	leguminoceae
Tamarindo	uribea tamarindries	Papilionaceae
Totumo	Cresentia cujeta	Bignuniaceae
Trupí	Prosopis juliflona	Mimosaceae
Cerezo	Bactris minor	Palmae
Naranjuelo	Capparis odorafisima	leguminoceae
Almendro	Terminalia catappa	Combritaceae
Acacia	Acacia fameciana	
Dividivi	Libidibia Coriaria	

La zona en estudio comprende además pastos naturales (ppn), rastrojos bajos (Rb), rastrojos altos (Ra), vegetación de drenajes naturales de pantanos y ciénagas y cultivos anuales (cal).

Los pastos naturales se encuentran en el área de influencia del corredor de la Variante Cartagena y merecen mencionarse entre ellos el pega-pega, la campanilla, escobilla y la dormidera.

Los rastrojos constituyen extensiones pequeñas del área estudiada y las ciénagas y pantanos poseen la vegetación propia de estos lugares, lechuga de agua, helecho de agua y enea.

En los alrededores de la Variante puede observarse el matarratón, trupí, hobo, totumo, cañafístula, caucho, cerzo, laurel, almendro y tamarindo, entre otros.

Por otra parte, en la parte baja de la cuenca, en proximidades a la Bahía de Cartagena, la vegetación es propia de sitios pantanosos, debido a la naturaleza del mismo; se desarrolla una planta que es utilizada por los nativos para la elaboración de esteras y ciertos tejidos, llamada enea.

5.6 FAUNA

La fauna silvestre desempeña un papel importante como integrante activo dentro del ecosistema de la cuenca, participando en el ciclo de formación de nutrientes. además de su valor estético, científico y recreativo para el paisaje, son fuente de alimento.

En la zona en estudio la fauna se ha visto desplazada por la actividad humana y las condiciones climáticas, sin embargo, durante las visitas realizadas al campo se tomaron anotaciones de las especies faunísticas que subsisten en la cuenca, complementadas con las Referencias [11] y [19] y testimonios de los habitantes del lugar. Estas pueden dividirse en:

- Reptiles: Presencia de babillas, serpientes, iguanas y tortugas.
- Peces: No se tienen reportes de pesca artesanal y/o industrial. Son los más escasos. Pueden citarse las mojarras.
- Aves. Se destacan azulejos, garzas, palomas, periquitos, toches, loros, alcatraces, tórtolas y pollas, como las especies que más abundan.
- Mamíferos: mono aullador, guartinaja y armadillo. Son los que más han sido afectados por la actividad del ser humano.
- Artrópodos: Cangrejos y similares, e insectos.

Tabla No. 5.6.1. Especies acuáticas y terrestres encontradas en la cuenca.

CLASE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	
MAMIFEROS	<i>Hidrochaerus hidrochaeris</i>	Ponche	
	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo	
	<i>Cuniculus pacer</i>	Tinaja	
	<i>Dasyprocta colombiana</i>	Ñeque	
	<i>Dasyopus movencinctus</i>	Armadillo	
	<i>Agouti paca</i>	Guatinaja	
	AVES	<i>Fringilla granatina</i>	Canario
		<i>Bubulcus ibis</i>	Garza del ganado
		<i>Claravis pretiosa</i>	Tórtola
		<i>Geotrigon montana</i>	Paloma
<i>Brotogeris jugularis</i>		Periquitos	
<i>Rhamphocelus desmidiatus</i>		Toches	
REPTILES		<i>Micrurus sp.</i>	Coral
		<i>Caiman scleropus</i>	Babilla
		<i>Crotalus territicus</i>	Cascabel
		<i>Bothrops atrox</i>	Mapana
	<i>Imantodes sp.</i>	Bejuquillo	
	<i>Lacerta sp.</i>	Lagarto	
	<i>Lacerta veninosus</i>	Salamanqueja	
	<i>Iguana iguanae</i>	Iguana	
	<i>Pseudemys scripta</i>	Tortuga	
	PECES	<i>Petenia kraussii</i>	Mojarra
<i>Prochilodus reticulatus</i>		Bocachico	

5.7 ASPECTO SOCIOECONOMICO.

Por su función y reglamentación la zona de Mamonal es un sector estrictamente industrial. Sin embargo, en el área de la cuenca se encuentra un cinturón de barrios marginales bordeando las empresas.

5.7.1 INDUSTRIAS.

Las industrias que se encuentran en el área de influencia de la cuenca son:

Biofilm S.A.

Camarones del Caribe

Polibán S.A.

Proeléctrica

Promigas S.A.

Terinsa

Freón Ltda

Inversiones Tamer

Ciba Geigy Colombiana

Telecartagena

5.7.2 BARRIOS.

Los barrios que se encuentran en la cuenca son: , Puerta de Hierro, Arroz Barato, Policarpa Salavarrieta y parte de Henequén. Mediante datos suministrados por SISBEN³, se obtuvieron cuadros indicadores de población, vivienda, cobertura de servicios, escolaridad, y ocupación (Ver Tablas 5.7.2.1. a 5.7.2.9); los cuales dan una idea exacta acerca el nivel socioeconómico de la población. Ver figura 5.2.2.

Los asentamientos existentes se encuentran ocupados por grupos de estratos de ingreso bajo y medio bajo que evidencian una alta proporción de subnormalidad, a pesar de haberse conformado en su mayor parte durante la época de los setenta. También los índices de escolaridad y alfabetismo de la población, así como los de cobertura de servicios, son claros indicadores de la marginalidad de la región.

³ SISBEN. Sistema de Selección de Beneficiarios para programas sociales. Planeación Distrital. Octubre de 1995.

Tabla No. 5.7.2.1. Número de viviendas, familias y personas.

BARRIO	VIVIENDAS	FAMILIAS	PERSONAS
ARROZ BARATO	340	426	1660
POLICARPA	384	448	1798
PUERTA DE HIERRO	14	18	67
HENEQUEN	3	4	13

Tabla No. 5.7.2.2. Tipo de vivienda

BARRIO	1	2	3	Tot. Viv.
ARROZ BARATO	277	63	0	340
POLICARPA	282	102	0	384
PUERTA DE HIERRO	14	0	0	14
HENEQUEN	2	1	0	3

Tipo 1 = Casa, apartamento.

Tipo 2 = Cuarto a cuartos.

Tipo 3 = Vivienda móvil, refugio, carpa

Tabla No. 5.7.2.3. Tipo de material predominante en las paredes.

BARRIO	1	2	3	4	5	6	7	totviv
ARROZ BARATO	0	0	11	59	0	0	270	340
POLICARPA	0	0	0	245	1	0	138	384
PUERTA DE HIERRO	0	0	0	3	0	0	11	14
HENEQUEN	0	0	3	0	0	0	0	3

1= Sin paredes.

2= Guadua, caña, esterilla.

3= Zinc, tela, cartón, lata.

4= Madera burda.

5= Bahareque.

6= Tapia pisada o adobe.

7= Bloque, ladrillo, piedra.

Tabla No. 5.7.2.4 Disponibilidad de alumbrado.

BARRIO	1	2	3	Tot. Viv.
ARROZ BARATO	340	0	0	340
POLICARPA	383	0	1	384
PUERTA DE HIERRO	14	0	0	14
HENEQUEN	3	0	0	3

1= Eléctrico.

2= Keroséne, petróleo, gasol.

3= Vela u otro.

Tabla No. 5.7.2.5. Abastecimiento de agua.

BARRIO	1	2	3	4	5	6	Tot. viv
ARROZ BARATO	269	0	0	0	0	71	340
POLICARPA	211	0	0	0	0	172	384
PUERTA DE HIERRO	13	0	0	0	0	1	14
HENEQUEN	2	0	0	0	1	0	3

1= Acueducto.

2= Río, manantial.

3= Pozos, algibe.

4= Pozo con bomba.

5= Carrotanque.

6= Pila pública u otra fuente

Tabla No. 5.7.2.6. Disponibilidad del sistema de eliminación de excretas.

BARRIO	1	2	3	4	5	Tot. viv.
ARROZ BARATO	144	59	16	116	5	340
POLICARPA	278	67	3	32	4	384
PUERTA DE HIERRO	6	0	0	7	1	14
HENEQUEN	2	0	1	0	0	3

1= No tiene servicio sanitario.

2= Letrina.

3= Inodoro sin conexión al alcantarillado.

4= Inodoro conectado a poso.

5= Inodoro conectado a alcantarillado

Tabla No. 5.7.2.7. Disposición final de basuras.

BARRIO	1	2	3	Tot. Viv.
ARROZ BARATO	174	0	166	340
POLICARPA	42	0	341	384
PUERTA DE HIERRO	8	0	6	14
HENEQUEN	1	1	1	3

1= La recogen los ss. del aseo.

2= Contenedores, basurero público.

3= La tiran al patio, lote.

Tabla No. 5.7.2.8. Años de estudio de toda la población

BARRIO	Sin	1-2	3-4	5	6-7	8-9	10-11	+12	total
A BARATO	466	180	248	223	220	171	138	14	1660
POLICARPA	666	246	254	263	183	116	69	1	1798
P HIERRO	16	3	12	16	8	5	5	2	67
HENEQUEN	2	1	3	5	2	0	0	0	13

Tabla No. 5.7.2.9. Posición ocupacional.

BARRIO	1	2	3	4	5	6	7	Tot.
ARROZ BARATO	166	20	0	247	0	18	1209	1660
POLICARPA								
PUERTA DE HIERRO	12	1	0	10	0	0	44	67
HENEQUEN	1	4	0	1	0	0	7	13

1= Empleado u obrero particular.

2= Empleado u obrero del gobierno.

- 3= Patrón o empleador.
- 4= Trabajador por cuenta propia.
- 5= Trabajador fam. sin remun.
- 6= Empleado doméstico.
- 7= No trabaja.

5.8 USOS DEL SUELO.

5.8.1 USO ACTUAL DEL SUELO.

Esta información se obtuvo de estudios realizados en la zona (Referencia [11]) que tomaron como base la interpretación de aerofotografías, complementándose con comentarios productos de visitas al campo.

Entre los principales usos identificados están:

- Tierras en bosques: Bosques secundarios en pequeñas extensiones y muy localizados en la región. Se presentan hacia la parte alta de la cuenca.
- Tierras en rastrojos y sin uso agropecuario: Los rastrojos altos se encuentran esparcidos indistintamente en la zona en extensiones pequeñas;

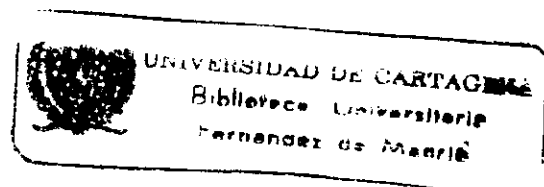
los rastrojos bajos abundan más que los anteriores y se encuentran en casi toda la zona. No tienen uso agropecuario.

-Tierras para la Agricultura. Entre los cultivos permanentes se encuentran el mango, cítricos, cerezos y demás árboles frutales, sobre todo hacia la parte alta de la cuenca. También se observan cultivos ya sean anuales, permanentes o transitorios de maíz y yuca principalmente.

-Tierras en pastos. Presencia de pastos naturales con rastrojo bajo, de pastos mejorados por prácticas agronómicas y sin ella.

Con visitas al campo como anteriormente se mencionó, pudo constatarse que la vegetación actual es arbustiva y herbácea de bosque muy seco, aunque el bosque primario prácticamente desapareció. Además, se observó buena aptitud hacia los pastos naturales y mejorados para dedicar al pastoreo y eventualmente para los cultivos de maíz, yuca y plátano.

De acuerdo con un censo agropecuario realizado para los años de 1970 y 1971 (IGAC, 1982) pudo observarse una cierta inclinación de la zona hacia la actividad ganadera. Esta se desarrolla de una forma extensiva ya que requiere menos esfuerzo, y está motivada por la visión terrateniente de los dueños.



El suelo en la parte intermedia de la cuenca es ocupado por industrias y barrios marginales, como se mencionó en el numeral 5.7.

5.8.2 USO FUTURO DEL SUELO.

De acuerdo con el Plan Oficial de ordenamiento Territorial del municipio de Cartagena para la cuenca en estudio se reglamentaron las siguientes zonas (Ver Figura No. 5.8.2.1.):

5.8.2.1 ZONA DE RESERVA ECOLOGICA Y MANEJO AMBIENTAL.

De acuerdo con el Artículo 25 son las zonas que por sus características naturales y geográficas, de fauna, flora, localización, topografía, extensión y otras condiciones especiales, constituyen áreas que demandan protección y manejo especial. Para el área en estudio, el Artículo 27 menciona las Lomas de Albornoz y Cospique, áreas consideradas como de aislamiento, natural y necesario, entre la ciudad y su zona industrial. Asimismo, el Artículo 30 prohíbe el desmonte, destrucción y deterioro de la vegetación natural y de carácter marino, nacientes o en pleno desarrollo que constituyen elementos de estabilización ambiental. así como también

levantar o construir viviendas, terraplenar, nivelar o trabajar de cualquier manera, el suelo de éstas áreas.

5.8.2.2 ZONA INDUSTRIALES DE INDUSTRIA MEDIANA (Z.I.M.).

De acuerdo con el Artículo 326, son las áreas clasificadas y delimitadas en el Plano Oficial de Zonificación del municipio que están destinadas a localizar las industrias que de conformidad con el presente acuerdo se definan como Industrias Medianamente Contaminantes y que son aquellas que por características de las materias primas utilizadas, al ser procesadas y/o manipuladas dan lugar a desechos sólidos, líquidos o gaseosos en concentraciones y cantidades tales, que pueden causar molestias pero sin perjuicio para la salud y el ambiente. Los usos principales de esta zona se contemplan en el Artículo 327 del mismo Acuerdo.

5.8.2.3 ZONAS INDUSTRIALES DE INDUSTRIA PESADA (Z.I.P.)

Estas áreas se delimitan en el Plano mencionado anteriormente, y de acuerdo con el Artículo 339 son las destinadas a localizar las industrias definidas como Altamente Contaminantes o perjudiciales para la salud y el ambiente que utilizan materias primas que, por sus propiedades físicas, biológicas, técnicas y radio-activas, después de ser procesadas y/o manipuladas dan lugar a desechos sólidos, líquidos y gaseosos en concentraciones y cantidades suficientes a ser susceptibles de causar perjuicios a la salud de la comunidad y del ambiente.

5.8.2.4 ZONAS DE ACTIVIDADES COMERCIALES ESPECIALES.

Se refiere a las zonas destinadas al comercio estrechamente vinculado a las zonas industriales. El Acuerdo no es muy explícito en esta reglamentación.

*El Acuerdo también se refiere dentro del Artículo 37 a las Zonas de Alto Riesgo, como aquellas de alto riesgo para vivienda que en razón a su ubicación en sitios anegadizos, sujetos a derrumbes y deslizamientos, a contaminación por gases o partículas en suspensión, o en otra forma, presenten condiciones insalubres para las viviendas y alto riesgo para sus habitantes.

Los barrios Policarpa Salavarieta, Arroz Barato, Puerta de Hierro y Henequén; pertenecientes a la cuenca, de acuerdo con el inciso C del Artículo 38, son clasificados como Zonas de Alto Riesgo por estar sujetos a contaminación atmosférica dentro de la Industria Pesada, no aptos para asentamientos residenciales.

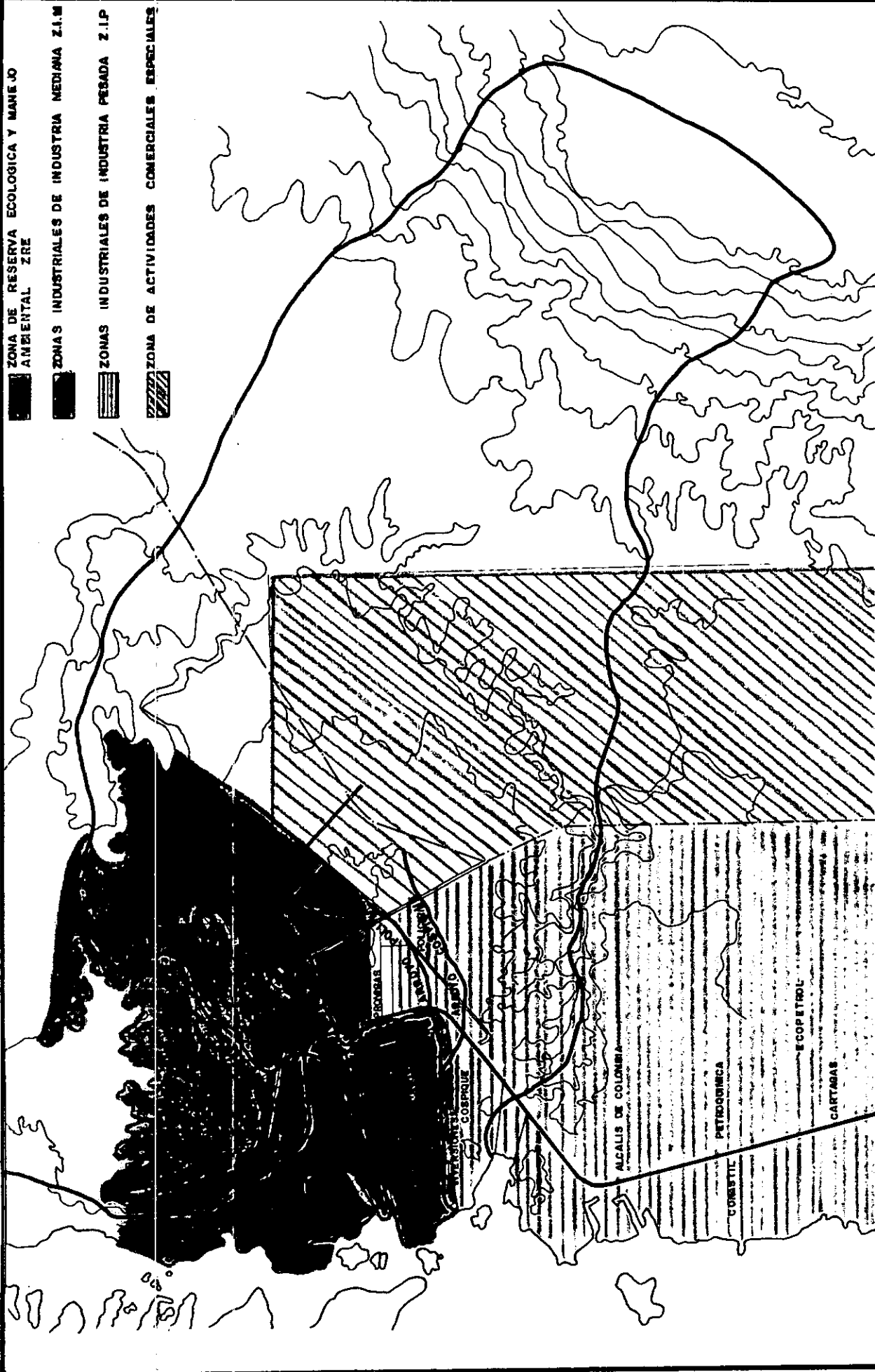
5.9 PAISAJE

El paisaje desde la parte alta es de carácter rural, con paisaje de montaña en las divisorias de aguas; hacia la parte intermedia, el panorama es bastante campesino.

En la parte intermedia se localiza la zona industrial, entre la cual existen los barrios de invasión. Resulta interesante cuando se toma una vista del paisaje en todo su conjunto, ya que se observa la incorporación del desarrollo humano expresado con chimeneas, torres y majestuosas construcciones en combinación con las características del paisaje natural de la parte alta de la cuenca.

Este cambio del paisaje, se manifiesta en la idiosincracia de los pobladores del lugar, cuando en un mismo barrio como es el caso de Policarpa, en

donde cerca a la carretera a Membrillal, las costumbres de sus habitantes son campesinas; mientras que a menos de un Kilómetro, ya llegando a la carretera de Mamonal, las costumbres tienden a ser más urbanas. Por otro lado, el barrio de Membrillal se integra completamente al aspecto rural; mientras que otros como Arroz Barato y Puerta de Hierro son bastante urbanos.

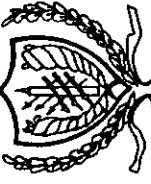


ZONA DE RESERVA ECOLOGICA Y MANEJO AMBIENTAL ZRE

ZONAS INDUSTRIALES DE INDUSTRIA MEDIANA Z.I.M

ZONAS INDUSTRIALES DE INDUSTRIA PESADA Z.I.P

ZONA DE ACTIVIDADES COMERCIALES ESPECIALES

 <p>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA</p>		<p>CONTIENE: ZONAS DEL PLAN OFICIAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE C/GENA PARA LA CUENCA EN ESTUDIO.</p>		<p>FIGURA No. 5.82.1</p>
		<p>PROYECTO TESIS DE GRADO</p>		<p>DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO</p>
<p>BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL</p>		<p>ESCALA: 1 : 40.000</p>		<p>FECHA: Noviembre de 1996</p>
<p>INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ</p>				

6. ESTUDIOS BASICOS REALIZADOS.

La elaboración del plan de manejo y ordenamiento conllevó a la necesidad de adelantar previamente algunos estudios básicos que permitieran conocer con precisión, por una parte, las características topográficas actuales de la cuenca, de los suelos presentes y de las características fisicoquímicas de los cauces y las estructuras existentes asociadas a éstos. Por otra parte, las características de drenaje de la cuenca, su hidrografía y el régimen de lluvias predominante.

Estos estudios básicos, se resumen a continuación en sus aspectos más destacados:

6.1 TOPOGRAFIA

Teniendo como base la cartografía del IGAC se observa que puede conocerse a través de ellas la topografía de la parte alta de la cuenca. Se

hizo necesario, entonces, para la parte intermedia y baja, realizar una topografía que permitiera conocer las características actuales de éstas.

Los levantamientos topográficos realizados consistieron en los siguientes trabajos:

- Determinación de una serie de poligonales abiertas, empezando a 24.9 m del culvert ubicado a la izquierda de las instalaciones de Telecartagena, en la vía a Mamonal. Siguiendo por esta vía, para luego entrar al Barrio de Policarpa por la calle al lado derecho de Telecartagena hasta encontrarse con la calle principal del mismo barrio, y seguir por esta hasta la Antigua Vía Férrea. Colocando la estación $\Delta 5$, recorriendo 1.135,17 metros. De esta estación, la poligonal se ramifica una parte hacia Arroz Barato, por la Antigua Vía Férrea cruzando dos culverts y una alcantarilla, hasta llegar a 1.844,60 metros. Otra parte de la poligonal se desprende por la calle que va a la invasión hasta llegar a 1.541,17 metros. Una última ramificación, que va desde la estación $\Delta 5$ por la Antigua vía férrea hasta la intersección de esta con la Variante Cartagena y la Carretera Gambote-Mamonal hasta 2.003,92 metros.

- Otra poligonal abierta se inicia desde el culvert de Telecartagena, a lo largo de la vía a Mamonal, cruzando en su camino el culvert de Policarpa

hasta llegar el culvert de la vía de acceso a Biofilm. De aquí la poligonal sigue hacia el frente, sobre el terraplén de la Laguna de Residuos del antiguo Ácalis y paralelo a los arroyos, hasta la desembocadura en la Bahía de Cartagena, donde termina con 3.469,48 metros.

-Para la altimetría, se partió del B.M. No. 1 que la empresa Carinsa S. A. trasladó de un B.M. del IGAC hasta las instalaciones de la Fondo Rotatorio de la Armada Nacional, ubicado a 12.79 m del eje de la carretera a Mamonal, en la esquina de la cerca que separa estos predios de los de Ecopetrol a orillas de la carretera de Mamonal, con cota de 3.16 metros. Se tomaron secciones transversales, algunas cada 20 metros, y otras dependiendo de la accesibilidad al lugar y se tomaron niveles en todas las calles del barrio de Policarpa, con el fin de determinar las divisorias de aguas de los dos arroyos paralelos a éste. Se tomaron secciones detalladas de arroyos y a la entrada y salida de cada culvert. Asimismo se fueron tomando secciones a lo largo de la carretera a Mamonal, la Antigua Vía Férrea, la calle 10 que va a Henequén y la calle que va a la invasión. Se tomaron niveles en fincas aledañas a la Antigua Vía Férrea.

-Se hizo una nivelación sobre el terraplén de la Laguna de residuos de la Antigua Ácalis hasta la Bahía de Cartagena, tomando secciones transversales donde el terreno pantanoso lo permitiera.

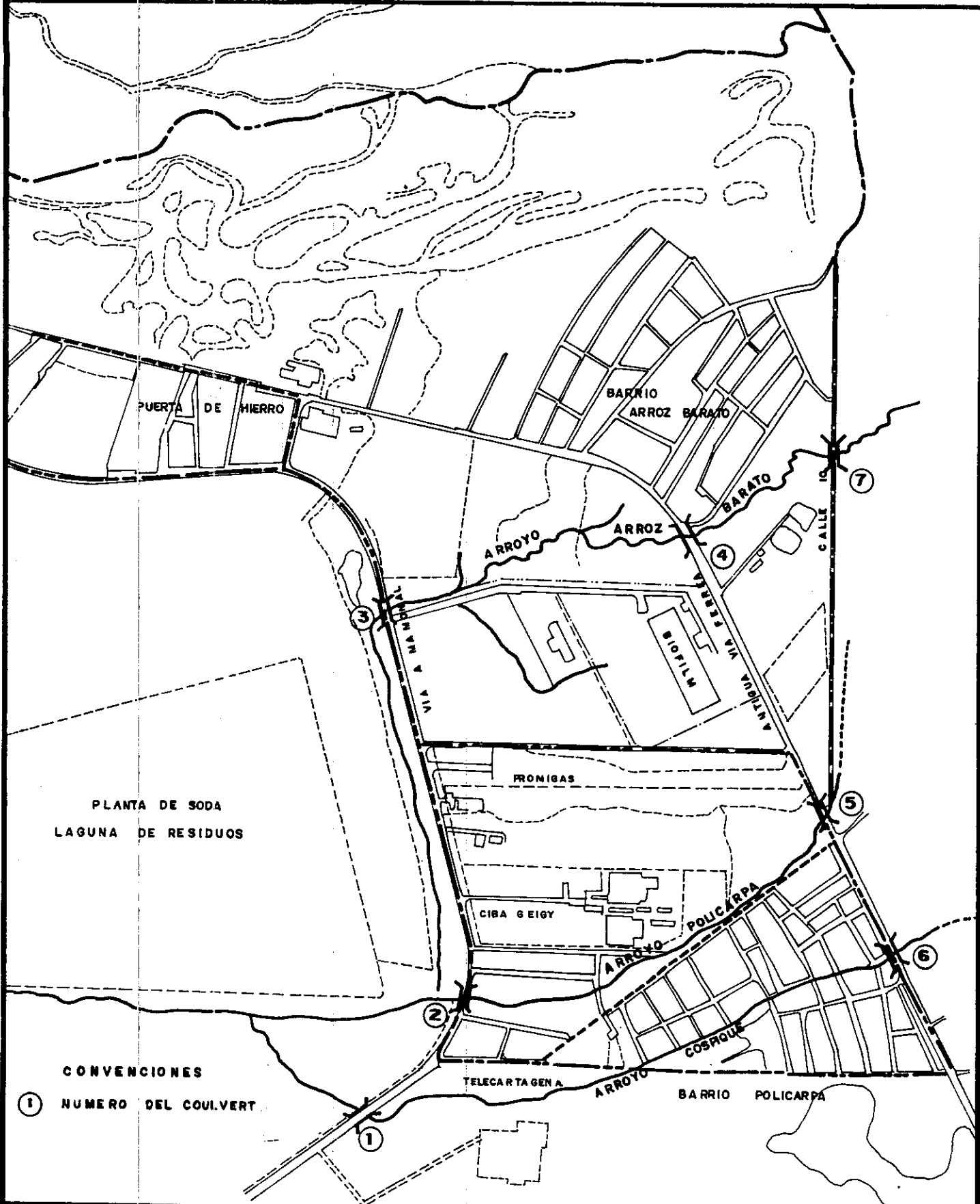
Toda esta información se encuentra consignada en una cartera de planimetría y otra de nivelación.

Con todo esto, se elaboraron perfiles de calles y arroyos y secciones transversales a los mismos, que servirán para la determinación de líneas divisorias y pendientes . Ver Anexo E.


6.2 INVENTARIO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRAULICAS DE LA CUENCA.

Paralelamente a la topografía se hizo un inventario de todas las obras de arte de la cuenca, incluyendo el dimensionamiento de cada una de ellas.

Ver Figuras 6.2.1 y 6.2.2.



CONVENCIONES
 ① NUMERO DEL COULVERT

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO ESTRUCTURAS HIDRAULICAS SOBRE LA VIA MAMONAL, ANTIGUA VIA FERREA Y CALLE 10.	FIGURA No. 6.2.1
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO	
	INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA: FECHA: Noviembre de 1996	

6.2.1 ESTRUCTURAS SOBRE LA VÍA A MAMONAL.

BOX CULVERT No.1

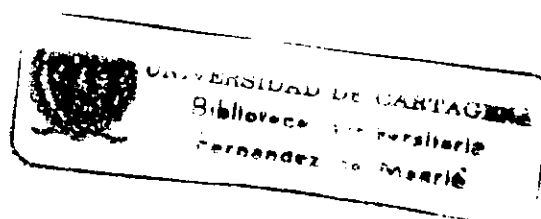
Ubicado sobre la vía Mamonal, cerca a las instalaciones de Telecartagena. Realiza el cruce del arroyo Cospique. Es un box culvert de tres cajas cada una de las cuales tiene 1.90 m de altura y 2,90 m de ancho, con un espesor de muros adicional de 20 cms.

BOX CULVERT No.2

Localizado en el sitio donde el arroyo Policarpa cruza la vía Mamonal, frente al barrio del mismo nombre. Es un box culvert triple cuyas cajas son de 2.00 m de alto y 2.90 m de ancho; el espesor de muros es de 20 cms.

BOX CULVERT No.3

Conduce el arroyo Arroz Barato en el paso por la vía Mamonal, cerca al acceso a Biofilm. Tiene tres cajas de altura neta 1.85 m y ancho 2.90 m y un espesor de muros de 20 cms.



6.2.2 ESTRUCTURAS SOBRE LA ANTIGUA VIA FERREA Y LA CALLE 10.

BOX CULVERT No.4

Situado sobre la Antigua vía Férrea (carretera a Membrillal o puerto Badel) realiza el cruce del arroyo Arroz Barato detrás de las instalaciones de Biofilm. Es un Box Culvert doble con cajas de alto 1.95m y ancho 2.25 m, espesor de muros de 35 cms.

BOX CULVERT No.5

Sobre la Antigua vía Férrea (carretera a Membrillal o puerto Badel) a aproximadamente 600 m del culvert No 4 ,conduce al arroyo Policarpa detrás del barrio del mismo nombre. Es un culvert sencillo cuya caja tiene un alto de 2.10 m y ancho 4.00 m.

BOX CULVERT No.6

Ubicado sobre la Antigua via Férrea, realiza el cruce del arroyo Cospique. Este culvert es llamado por los habitantes de Policarpa "Puente del 13" debido a que en él se han ahogado hasta el momento 13 niños que allí se

bañan durante las crecidas. Está compuesto por una sola caja de 2.25 m de alto y 3.85 m de ancho.

BOX CULVERT No.7

Se encuentra en la denominada calle 10 (via a Henequen) y conduce al arroyo Arroz Barato. A la salida de este culvert se encuentra un criadero de Babillas, por lo que los habitantes del lugar lo llaman "Puente del Babillero". Tiene una sola caja de 2.50 m de alto y 2.50 m de ancho.

Tabla No. 6.2.2.1. Dimensionamiento de las estructuras de la parte intermedia y baja de la cuenca.

BOX CULVERT No	NUMERO DE CAJAS	DIMENSIONES POR CAJA (m)		PENDIENTE %	LONGITUD m	ANGULO DE ALETAS (°)
		ALTO	ANCHO			
1	3	1.90	2.90	0.077	13.6	47.90
2	3	2.00	2.90	0.077	13.0	47.90
3	3	1.85	2.90	0.077	13.0	47.90
4	2	1.95	2.25	2.600	5.6	30.15
5	1	2.10	4.0	5.330	6.0	45.30
6	1	2.25	3.85	6.200	6.1	47.90
7	1	2.50	2.50	0.100	6.0	19.50

6.2.3 ESTRUCTURAS SOBRE LA VARIANTE CARTAGENA.

Las escorrentías de la parte alta de la cuenca encuentran en su recorrido la Variante Cartagena que es la primera barrera artificial que deben vencer. A lo largo de toda ella se encuentran diecinueve (19) estructuras de control constituidas por box culverts y alcantarillas (D=0.90 m), que permiten el paso del agua.

Tabla No. 6.2.3.1. Dimensionamiento y ubicación de las estructuras sobre la Variante Cartagena.

No.	UBICACION (abscisa)	BOX CULVERT DIMENSIONES (m)		ALCANTARILLA (Tipo)		PENDIENT E (m/m)	LONGITU D (m)
		ALTO	ANCHO	diámetro (m)	No.		
8	Ko+311.0	2.0	4.0			0.001	13.0
9	Ko+260.0			0.90	1	0.001	13.0
10	Ko+037.0			0.90	2	0.001	28.0
11	Ko+014.0			0.90	1	0.001	16.0
12	K8+540.0			0.90	1	0.001	14.0
13	K8+320.0			0.90	1	0.001	13.6
14	K8+120.0	2.0	2.0			0.001	13.0
15	K8+040.0			0.90	1	0.001	14.0
16	K8+000.0			0.90	2	0.001	13.0
17	K7+735.0			0.90	2	0.001	13.0
18	K7+400.0			0.90	1	0.001	13.0
19	K7+119.5	2.5	4.0			0.001	14.0
20	K6+863.0	2.0	2.0			0.001	16.0
21	K6+663.0	2.5	4.0			0.001	14.0
22	K6+428.0	2.0	2.0			0.001	14.0
23	K6+327.0	2.0	2.0			0.001	13.0
24	K6+169.5	2.0	2.0			0.001	13.0
25	K6+070.0	2.0	2.0			0.001	13.0
26	K5+910.0	2.0	4.0			0.001	36.0

○ BOX COULVERTS Y
ALCANTARILLAS.

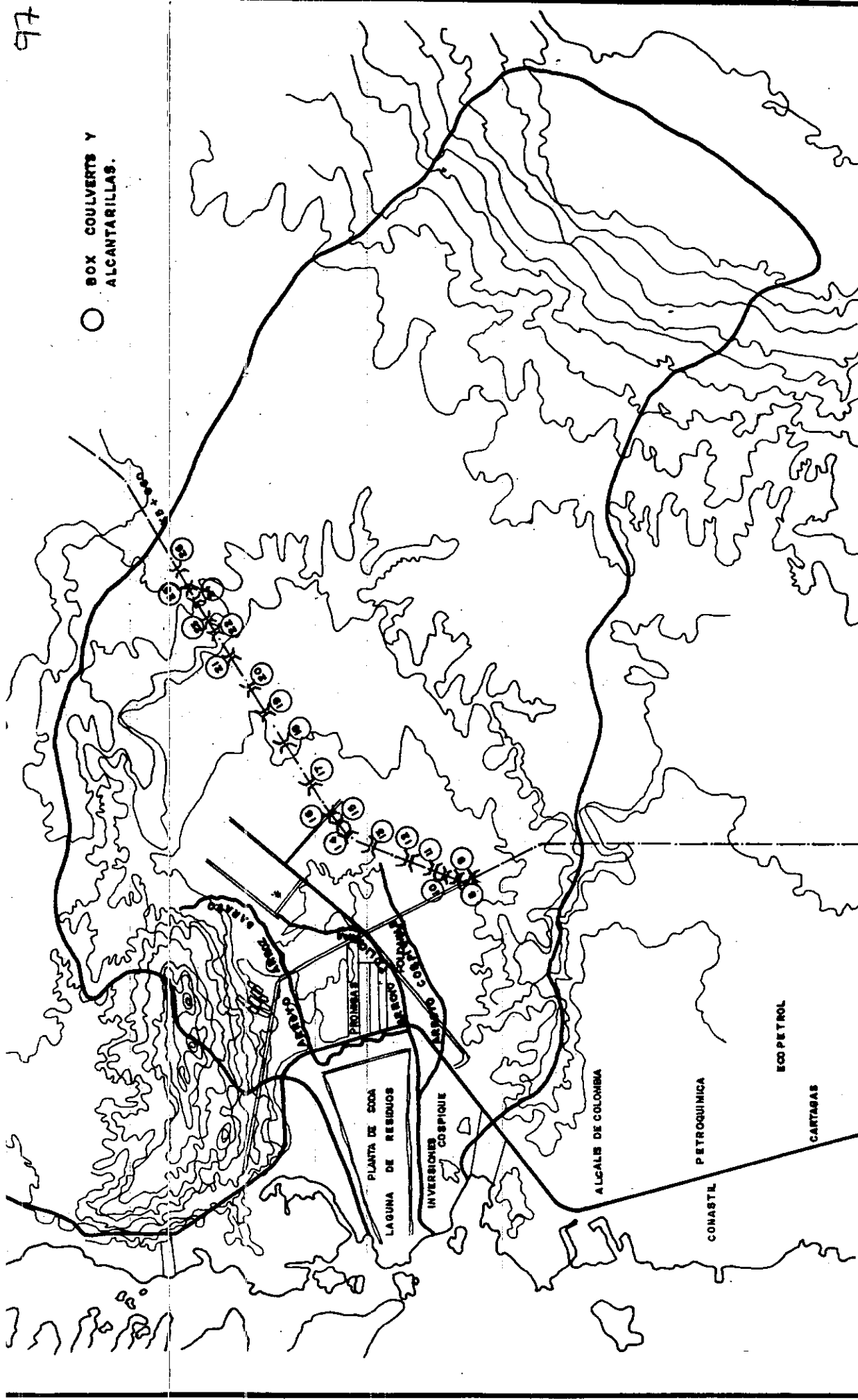


FIGURA No. **6.2.2**

CONTIENE: **ESTRUCTURAS HIDRAULICAS
SOBRE LA VARIANTE CARTAGENA.**

DIRECTOR: **JAVIER MOUTHON BELLO**

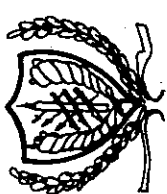
FECHA: **Noviembre de 1989**

ESCALA: **1 : 40,000**

PROYECTO
TESIS DE GRADO

BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA
CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL

INTEGRANTES:
**DIANA GARCIA
ERNESTO DIAZ**



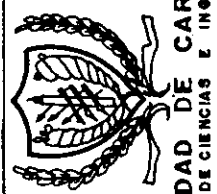
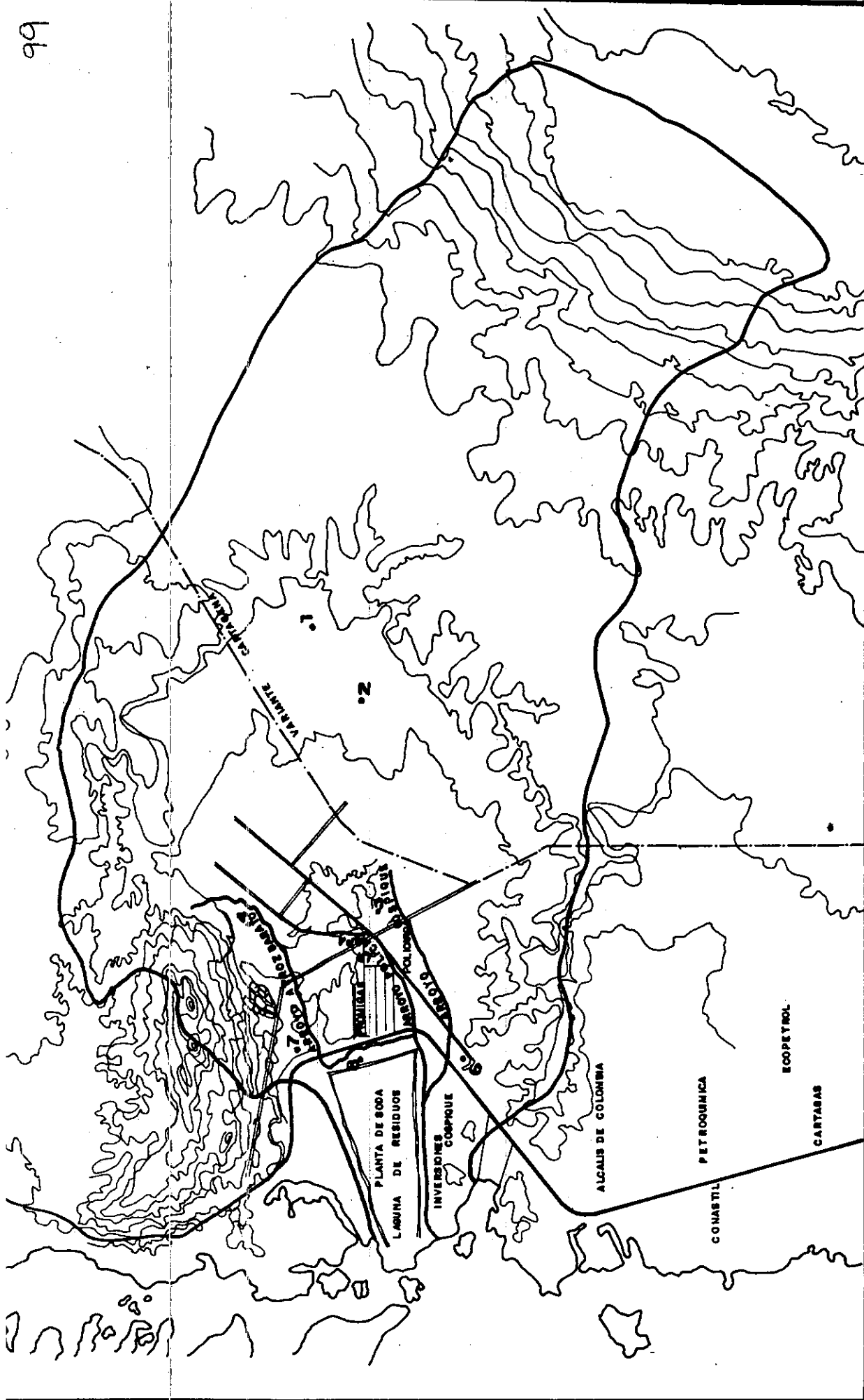
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

6.3 ESTUDIO DE SUELOS

Con el fin de determinar las características de la capa superficial de suelo de la cuenca, se realizaron 8 sondeos en diferentes lugares de la cuenca, dos en la parte alta, cinco en la parte intermedia, y uno en la parte baja de ella. Las perforaciones se hicieron con barreno manual hasta una profundidad de 40 centímetros, tomando inclusive la capa vegetal hasta los 20 cm. A cada una de las muestras se les realizaron los pertinentes ensayos de granulometría y límites de Atterberg para conocer la clasificación de acuerdo a la AASHO y USC. La ubicación de los sondeos se encuentra en la Figura No. 6.3.1.

De acuerdo con los estudios realizados en el campo de la capa superficial de los suelos de la cuenca, pueden distinguirse las diferentes características y propiedades índices de los suelos en la Tabla No. 6.3.1.

Los suelos en la cuenca varían entre arcillas y limos de alta y baja plasticidad. Esto coincide con otros estudios de suelos realizados en la zona como son: Declaración de Impacto Ambiental de Biofilm S.A., Variante Cartagena, y el Proyecto Carretera de Mamonal a la Variante Cartagena realizado por Carinsa S.A.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

PROYECTO
TESIS DE GRADO

BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MANOMAL

INTEGRANTES: DIANA GARCIA
ERNESTO DIAZ

CONTIENE: SITIOS DE SONDEO PARA EL ESTUDIO DE SUELOS.

DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO

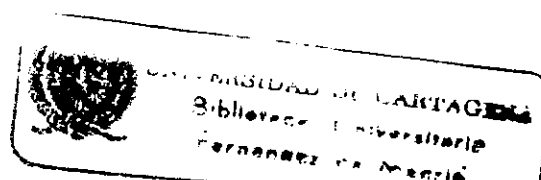
ESCALA: 1 : 40.000

FECHA: Noviembre de 1996

FIGURA No. 6.3.1

Tabla No. 6.3.1. Propiedades de los suelos de la cuenca

Propiedades	SONDEOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Profundidad cm	20	40	40	20	40	40	40	40	40	40
Límite Líquido %	66.7	53.5	25.3	41.1	39.1	53.4	31.2	64.7	50.5	61.4
Límite Plástico %	33.7	22.4	14.4	19.9	20.4	21.0	11.4	35.1	18.6	30.5
Índice de plasticidad	33	31.1	10.9	21.2	18.7	32.4	19.8	29.6	31.9	30.9
Pasa tamiz No. 200 %	97.8	98.5	56.4	74.6	83.1	90.4	70.2	95.7	91.4	93.3
Humedad natural %	20.5	22.2	21.2	13.4	25.6	29.5	16.4	33.3	24.5	42.4
Clasificación USC	MH	CH	CL- ML	CL	CL	CH	CL	MH	CH	CH
Clasificación AASHO	A-7-5	A-7-6	A-4	A-7-6	A-6	A-7-6	A-6	A-7-5	A-7-6	A-7-5



34010

6.4 ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE AGUAS.

Para obtener una visión del estado ambiental de la cuenca y observar la cantidad de contaminantes que ganan los arroyos al atravesar la zona intermedia de la cuenca, que es donde están ubicadas las empresas medianas y los asentamientos humanos, se hizo necesario realizar análisis físico-químicos a las aguas de los arroyos.

Después de una lluvia, se tomaron muestras de agua en cada uno de los siguientes culverts:

MUESTRA No. 1. Culvert de Biofilm. Arroyo Arroz Barato.

MUESTRA No: 2. Culvert de Policarpa. Arroyo Policarpa.

MUESTRA No. 3. Culvert de Telecartagena. Arroyo Cospique.

MUESTRA No. 4. Culvert de Arroz Barato. Arroyo Arroz Barato.

MUESTRA No. 5. Culvert detrás de Policarpa. Arroyo Policarpa.

MUESTRA No. 6. Culvert el 13. Arroyo Cospique.

En la siguiente tabla se encuentran consignados los resultados de los análisis practicados a cada una de las muestras de aguas. Estos análisis fueron practicados por el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena.

Tabla 6.4.1. Resultados de los análisis físico-químicos de los arroyos.

	MUESTRAS DE AGUA					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura °C	28.7	30.3	29	30.3	28.9	29.8
pH, Unidades	7.2	7.3	7.5	7.5	7.6	7.4
DisO ₂ , mg/lit	8.1	5.4	3.6	8.4	4.2	6
Nitrogeno (NI _T), mg/l	5.32	4.2	4.2	4.48	4.48	2.24
Fósforo total mg/lit	0.65	0.91	0.78	1.2	0.39	0.23
Oxígeno Disuelto mg/l	1.2	4.3	3.3	1.9	7.5	3.1
Sólidos Sedimentables ml/l	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
Sólidos Totales mg/lit	1170	3012	912	1112	1296	992
Sólidos Disueltos mg/lit	1138	2850	8000	1080	1140	860
Sólidos Suspendedos mg/lit	32	158	112	32	150	62

OXIGENO DISUELTO

A pesar de ser el Oxígeno el segundo gas más común en la atmósfera, su solubilidad en agua es baja. La máxima solubilidad del Oxígeno en agua expuesta a la presión atmosférica y a 20 °C es solamente 9.1 mg/l según Referencia [21]. Además de su limitada solubilidad, el intercambio de agua y la atmósfera es baja. La presencia de oxígeno en el agua es crucial para la existencia de todas las formas de vida en el agua, por ejemplo, invertebrados, peces y plantas. Además, la presencia de Oxígeno en el agua favorece el proceso de autopurificación.

Los niveles de Oxígeno en los ecosistemas acuáticos dependen de la temperatura del agua, la producción de Oxígeno por parte de organismos

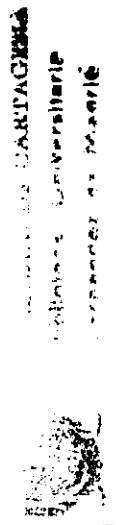
fotosintéticos, el intercambio con la atmósfera y el consumo de Oxígeno por parte de organismos heterotróficos. El nivel mínimo de Oxígeno disuelto para agua potable se considera de 4 mg/lit, referido a épocas secas, que es cuando ocurre la mayor deficiencia de él en el agua.

SOLIDOS TOTALES.

Analíticamente se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 grados centígrados. Estos sólidos totales se clasifican en filtrables o no. Los filtrables (sólidos en suspensión) corresponden a sólidos coloidales, compuesto por partículas de materia de tamaño entre 0.001 y 1 micrometro. Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua.

Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias.

La concentración típica de sólidos totales en el agua residual doméstica bruta está entre 350 mg/l para una concentración débil y 1200 mg/l para una concentración fuerte. De los cuales, los sólidos disueltos están entre



250 y 850 mg/l, y los sólidos en suspensión entre 100 y 350 mg/l. (Según tabla 3-16 de la Referencia [15]).

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO.

La materia orgánica biodegradable está compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales principalmente. El contenido de materia orgánica se mide en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno)

Se expresa en g o mg O_2 consumido por biodegradación de materia orgánica. 1 g de azúcar requiere 1 gramo de O_2 , mientras que 1 gramo de NH_4 requiere 4 g de O_2 . El agua tiene baja concentración de O_2 , entonces la oxidación requiere mucha agua.

Cuando el agua se contamina con agentes orgánicos, rápidamente habrá una deficiencia de oxígeno, como resultado de las condiciones anaeróbicas resultantes. Los malos olores ocasionados por los gases resultantes de estas reacciones químicas y la reducción o eliminación de la actividad pesquera son dos de los efectos contaminantes mas comunes de esta condición.

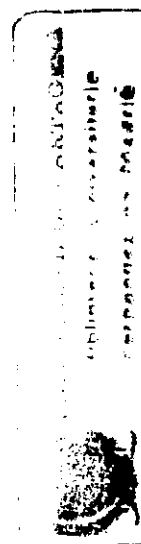
Las aguas residuales domésticas tienen una concentración de DBO_5 entre 110 y 400 mg/l. (Referencia [15]).

NITROGENO Y FOSFORO.

Los elementos Nitrógeno y Fósforo son esenciales para el crecimiento de protistos y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer al crecimiento de una vida acuática no deseada.

Las consecuencias del exceso de nutrientes en el ambiente acuático son: la transformación de la diversidad de organismos fotosintéticos y respiratorios a sólo pocas especies en número excesivo, la capacidad de los organismos depredadores es sobrepasada, disminuye la transparencia de las aguas y cambia su color, y disminuyen los contenidos de Oxígeno disuelto.

La concentración de Nitrógeno en aguas residuales domésticas está en el orden de los 20 y 85 mg/l. Los niveles del Fósforo para este mismo tipo de agua están entre 4 y 15 mg/l.



COMENTARIOS.

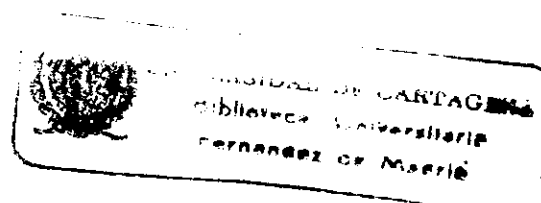
Comparando los resultados entre sí, se puede decir que la muestra del Culvert de Arroz Barato, en el arroyo del mismo nombre, es donde se presentan los niveles más altos de DBO_5 (8.4 mg/l), lo que quizás se deba a que en este punto se localizan asentamientos humanos que pueden verter contaminantes al arroyo, y los niveles de oxígeno disuelto, por consiguiente, son bajos.

Los arroyos no presentan contaminación significativa por nutrientes, ya que sus niveles están por debajo de la norma.

Los niveles de Oxígeno disuelto están por debajo de los permitidos para agua potable, excepto en el Arroyo Policarpa.

La muestra de agua del Culvert detrás de Policarpa en el Arroyo de Policarpa presenta el más bajo nivel de DBO_5 (4.2 mg/l) y por consiguiente hay un alto contenido de Oxígeno disuelto (7.5 mg/l) lo que hace pensar en el desarrollo de formas de vida autótrofas.

Los arroyos presentan niveles de contaminación por sólidos totales comparables con las concentraciones más fuertes para las aguas residuales



domésticas. El arroyo más contaminado es el de Policarpa, que tiene valores de este parámetro entre 3012 y 1296 mg/l.

6.5 ESTADO ACTUAL DE LA LAGUNA DE RESIDUOS DE ALCALIS.

La Empresa Alcalis de Colombia Ltda a partir de 1973 puso en servicio un lecho de sedimentación de los residuos de sus procesos industriales. Para tal efecto, fue desviado el curso del arroyo Arroz Barato y el Arroyo Policarpa. Actualmente, esta laguna no está funcionando debido al cierre de esta empresa. Por estar en la parte baja de la cuenca en estudio, en este capítulo se hace referencia a esta laguna.

La planta de Alcalis se dedicaba a la producción industrial de Hidróxido de sodio, Carbonatos y refinación de sal para uso doméstico y sal para uso agropecuario, los cuales cubrían mercados nacionales y extranjeros. Las materias primas utilizadas en el proceso eran: Cloruro de Sodio, Amoníaco, y caliza.

Para el año de 1983 la Empresa en mención planeaba construir otro lecho de residuos ubicado en la parte norte del existente actualmente; para tal efecto, varios profesores de la Universidad de Cartagena, encabezados por el Dr. Rafael Ruíz Arango, realizaron el proyecto "Efecto Sobre el Medio

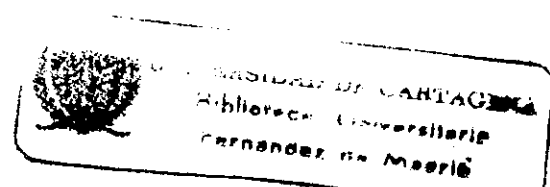
Ambiente que Produciría el Lecho de Sedimentación de Lodos que Alcalis de Colombia-ALCO -Ltda Proyecta Construir en la Zona de Cospique, Mamonal". Para este proyectos se realizaron un total de 8 muestreos en las zonas aledañas al lecho de sedimentación, y se identificó el estado ambiental del sistema, en el cual se declara lo siguiente:.

"El agua clarificada que llega a la Bahía del lecho de sedimentación no causa efectos contaminantes ya que los lodos sedimentables han sido separados en el lecho de sedimentación y las sustancias que tiene en solución el agua clarificada son de la misma naturaleza que las que posee el agua de mar. Estas sustancias no son tóxicas ni para el hombre ni para el medio ambiente, ya que son sustancias que el hombre trata diariamente. No obstante, ocasionaría un gran impacto negativo el hecho que el lecho actual se desbordara debido a la sobrecarga, y las aguas residuales llegaran directamente a la bahía, ya que los sólidos insolubles diseminados por la corriente, se depositarían en el fondo, interfiriendo en el ecosistema que allí se desarrolla".

7. MORFOMETRIA DE LA CUENCA

Para la delimitación de la cuenca se utilizaron:

- * Los planos de la zona en escala 1:25.000 restituidos por el IGAC con equidistancias de curvas de nivel hasta 20 metros.
- * Las planchas 2 y 3 de Cartagena en escala 1:10.000 y equidistancias de curvas de nivel hasta de 1 metro.
- * Fotografías aéreas tomadas en 1993 en escala 1:5.000 FAL 316 (009-071-072-011-013). Fuente: Planeación Distrital.
- * Pares fotogramétricos del IGAC. C-2305 (000017-000016).
- * Cotas de la altimetría realizada en campo.



Con la cartografía recopilada se elaboró un plano de escala 1:10.000 en el cual se hizo el análisis morfométrico de la cuenca. Ver plano 7.1.

7.1 SUBDIVISION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA EN ESTUDIO.

La cuenca hidrográfica, delimitada en el capítulo 5.2., se dividió en 5 subcuencas, de acuerdo con los arroyos que la conforman y de la procedencia de las escorrentías. A su vez, cada subcuenca se subdividió en varias áreas dependiendo de los obstáculos encontrados, como fueron: la Variante Cartagena, la Antigua Vía Férrea, la calle 10 y la Vía de Mamonal. Ver Figura No. 7.1.1.

Tabla No. 7.1.1. Subdivisión de la cuenca principal.

Número	Nombre de la Subcuenca
1	Arroyo Conspique
2	Arroyo Policarpa
3	Arroyo Arroz Barato
4	Escorrentías de las colinas del Fondo Rotatorio de la Armada Nacional
5	Escorrentías del Cerro de Albornoz

Tabla No. 7.1.2. Areas de división de las subcuencas

Núm.	Area	Nombre de la subdivisión
1	1A	Cuenca desde la divisoria en la Serranía de Turbaco hasta la Variante Cartagena.
	1B	Cuenca desde la Variante Cartagena hasta la Antigua Vía Férrea o vía a Puerto Badel.
	1C	Cuenca desde la Antigua Vía Férrea o Vía a Pto Badel hasta la Vía a Mamonal.
2	2A	Cuenca desde la divisoria (curva 40 m) hasta la Antigua Vía Férrea.
	2B	Cuenca desde la Antigua Vía Férrea hasta la Vía a Mamonal
	3A	Cuenca desde la divisoria (curva 40) hasta la Vía a Henequén o camino a Arroz Barato (calle 10)
	3B	Cuenca desde la vía a Henequén o camino a Arroz Barato hasta la Antigua Vía Férrea.
	3C	Cuenca desde la Antigua Vía Férrea hasta la Vía a

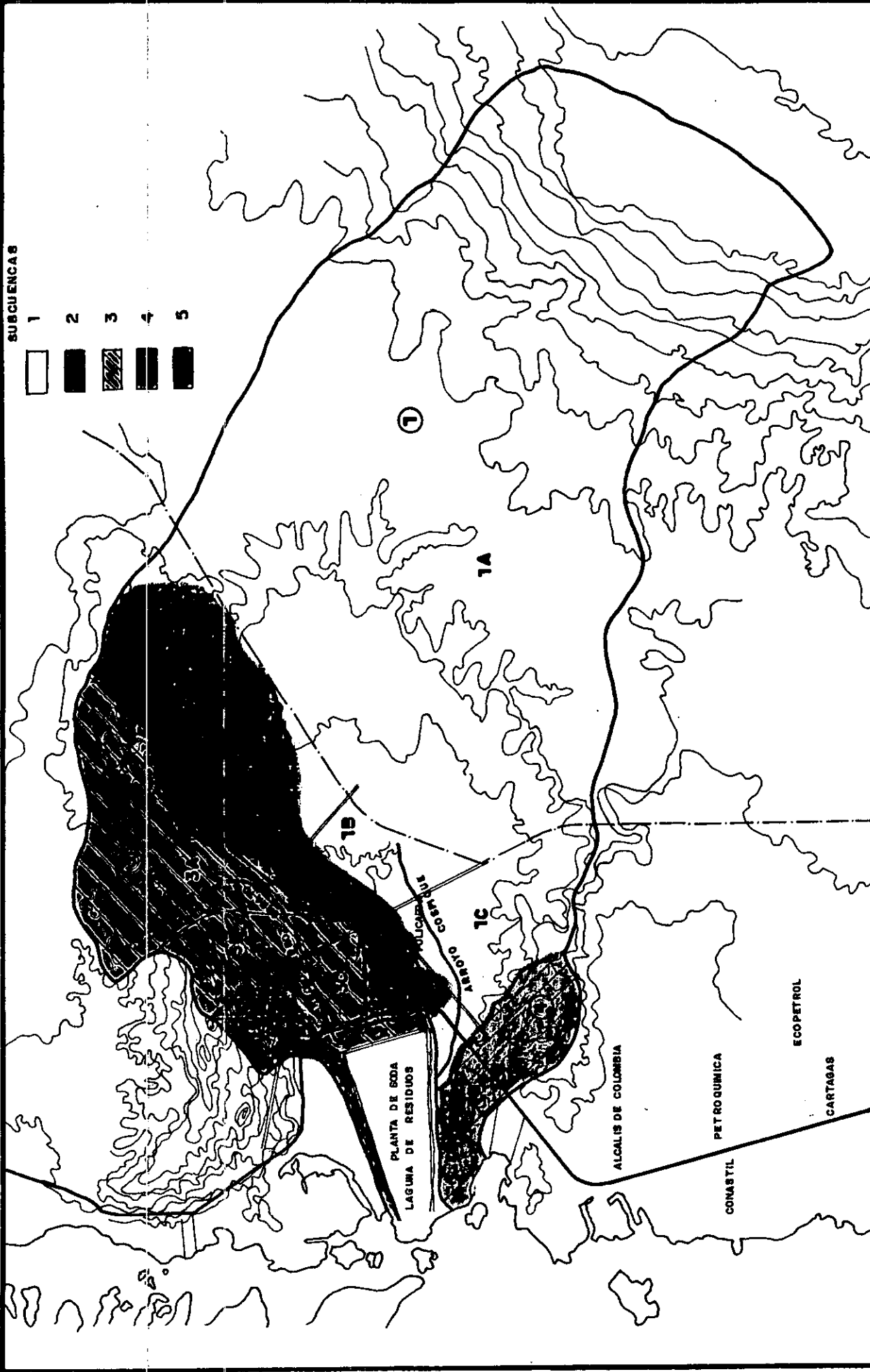
		Mamonal.
--	--	-----------------

Núm.	Area	Nombre de la subdivisión
-------------	-------------	---------------------------------

4	4A	Cuenca desde la divisoria (curva 25 m.) hasta la vía a Mamonal.
	4B	Cuenca desde la Vía a Mamonal hasta la Desembocadura (Bahía de Cartagena)

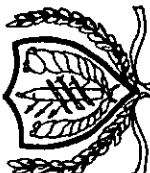
5	5A	Cuenca desde la divisoria (curva 100 m) hasta la Vía a Mamonal.
	5B	Cuenca desde la Vía a Mamonal hasta la Desembocadura (Bahía de Cartagena).

Las subcuencas 1, 2 y 3 después de la Vía a Mamonal confluyen a un canal que lleva sus aguas hasta la Bahía de Cartagena.



SUBCUENCAS

- 1 [White box]
- 2 [Black box]
- 3 [Diagonal lines box]
- 4 [Horizontal lines box]
- 5 [Vertical lines box]

 <p>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA</p>		<p>PROYECTO TESIS DE GRADO</p> <p>BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRIESEA LA VIA A NACIONAL</p> <p>INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ</p>		<p>CONTIENE: SUBDIVISION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA EN ESTUDIO</p> <p>DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO</p> <p>ESCALA: 1: 40.000</p> <p>FECHA: Noviembre de 1988</p>		<p>FIGURA No.</p> <p>7.1.1</p>
--	--	---	--	--	--	---------------------------------------

7.2 CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE LA CUENCA.

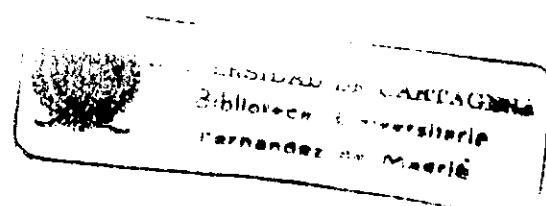
Para cada subcuenca y subdivisión respectiva, se calcularon diversos parámetros morfométricos, como son:

7.2.1 AREA.

El área de la cuenca se considera como la medida de la superficie de la misma que contribuye con la esorrentía superficial y está delimitada por la divisoria topográfica.

Para la administración y manejo de las cuencas, se subdividen en subcuencas y si estas áreas todavía son muy grandes se dividen en sectores de acuerdo con la conformación fisiográfica e hidrográfica, las cuales, a su vez, determinan áreas homogéneas de paisaje y uso.

En este caso las áreas fueron medidas en un plano en escala 1:10.000 con planímetro polar, que da una buena aproximación para los efectos de este proyecto.



7.2.2 PERIMETRO.

El perímetro es la medición de la línea envolvente del área de la cuenca.

7.2.3 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.

Corresponde a la distancia recorrida por el cauce a través de la cuenca, desde su origen hasta su desembocadura.

Debido a que en el parte alta de la cuenca no existe cauce definido, para calcular la longitud del cauce principal, se dibujaron sobre el plano de la cuenca, los posibles caminos que puede seguir la escorrentía superficial después de originarse en la parte alta, y de ellos se escogió el más largo. Hacia la parte intermedia los cauces están definidos.

7.2.4 LONGITUD AXIAL.

Es la distancia en línea recta existente entre la desembocadura y el punto más alejado de la cuenca. Es el mismo eje de la cuenca.

7.2.5 ANCHO PROMEDIO.

Es el resultado de dividir el área de la cuenca por su longitud axial.

$$\text{Ancho promedio} = \frac{\text{Area}}{\text{Longitud Axial}} .$$

7.2.6 FACTOR FORMA.

Es la relación entre el ancho promedio y la longitud axial de la cuenca.

$$\text{Factor forma} = \frac{\text{Ancho Promedio}}{\text{Longitud Axial}} .$$

7.2.7 COEFICIENTE DE COMPACIDAD.

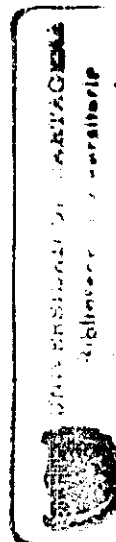
El coeficiente de compacidad es la relación del perímetro del área de la cuenca al perímetro de una circunferencia de igual área que la cuenca.

$$Kc = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} .$$

En donde:

Kc es el coeficiente de compacidad.

P es el perímetro de la cuenca en km



A es el área de la cuenca en km²

7.2.8 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.

Se obtiene relacionando las diferentes alturas por donde pasa el cauce con las distancias recorridas en metros.

Para la determinación de la pendiente media, se tiene en cuenta la siguiente forma (Método para determinar la pendiente media utilizando un mapa topográfico de la cuenca), Referencia [9]:

$$P_m = \frac{(P_1 * S_1) + (P_2 * S_2) + \dots + (P_n * S_n)}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}$$

En donde:

P_m es la pendiente media de la cuenca

S_1, S_2, S_n son las superficies entre curvas de nivel

P_1, P_2, P_n son las pendientes medias que caracterizan a las superficies $S_1,$

S_2, S_n comprendidas entre curvas de nivel continuas.

7.2.9 ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA.

Se define como:

$$E = \frac{\sum (a \cdot e)}{A}$$

En donde:

E es la elevación media de la cuenca.

a es el área entre un par de curvas de nivel dado.

e es la altitud media (rango entre las curvas de nivel)

A es el área de la cuenca.

7.2.10 TIEMPO DE CONCENTRACION

Aunque el tiempo de concentración no constituye en sí un parámetro morfométrico de la cuenca, se considera en este capítulo por estar directamente relacionados con algunos de éstos.

Se define tiempo de concentración como el tiempo necesario para que una gota de agua viaje desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida de ella.

Han sido muchas las fórmulas empíricas desarrolladas para el cálculo del tiempo de concentración, para los efectos de este proyecto, se escogió la

fórmula desarrollada por Kirpich (1940), ya que los parámetros que ésta tiene en cuenta pueden estimarse a partir de la cartografía existente y de la topografía realizada en el área del proyecto.

$$T_c = \frac{0.000325 * L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

En donde :

T_c es el tiempo de concentración de la cuenca en horas.

L es longitud del cauce principal desde el punto más alejado hasta la salida en m.

S es la pendiente promedio de la cuenca en m/m.

Tabla No. 7.2.1. Características morfométricas de la cuenca

Parámetros	Valores
Área A (Km ²)	22.53
Perímetro P (Km)	21.8
Longitud del cauce principal (Km)	10.68
Longitud Axial (Km)	8.33
Ancho promedio de la cuenca W (Km)	2.704
Factor Forma	0.32
Coefficiente de Compacidad	1.3

Tabla No. 7.2.2. Características morfométricas de la subcuenca 1

Nombre del Area	1	1A	1B	1C
Area A (Km ²)	15.46	13.45	0.72	1.06
Perimetro P (Km)	19.04			
Longitud del Cauce ppal L (m)		6370	550	2310
Pendiente media de la cuenca So (m/m)		0.035	0.005	0.02
Ancho promedio de la cuenca W (Km)	2.11			
Altitud media de la cuenca H (m)	42.37			
Longitud Axial (Km)	7.33			
Factor Forma	0.28			
Coefficiente de Compacidad	1.4			
Tiempo de Concentración Tc (hr)		1.004	0.32	0.57
Número de curva CN del S.C.S.		71	74	73

Tabla No. 7.2.3. Características morfométricas de la subcuenca 2

Nombre de la Cuenca	2	2A	2B
Area A (Km ²)	2.54	2.23	0.31
Perimetro P (Km)	8.94		
Longitud del cuace principal L (m)		3210	800
Pendiente media de la cuenca So (m/m)		0.02	0.0006
Altitud media de la cuenca H (m)	12.77		
Ancho promedio de la cuenca W (km)	0.68		
Longitud Axial (Km)	3.72		
Factor de forma	0.18		
Coefficiente de Compacidad	1.6		
Tiempo de concentración Tc (Hr)		0.735	0.97
Número de curva CN del S.C.S.		74	91

Tabla No. 7.2.4. Características morfométricas de la subcuenca 3

Nombre de la Cuenca	3	3A	3B	3C
Área A (Km ²)	2.54	1.23	0.84	0.34
Perímetro P (Km)	8.93			
Longitud del Cauce principal L (m)		2210	1540	650
Pendiente media de la cuenca So (m/m)		0.03	0.0709	0.0006
Ancho promedio de la cuenca W (Km)	0.74			
Altitud media de la cuenca H (m)	18.4			
Longitud Axial (Km)	3.45			
Factor Forma	0.21			
Coefficiente de Compacidad	1.6			
Tiempo de Concentración Tc (Hr)		0.471	0.26	1.265
Número de curva CN del S.C.S.		75	85	83

Tabla No. 7.2.5. Características morfométricas de la subcuenca 4

Nombre de la Cuenca	4	4A	4B
Área A (Km ²)	0.90	0.508	0.39
Perímetro P (Km)	4.65		
Longitud del cuace principal L (m)		1000	800
Pendiente media de la cuenca S _o (m/m)		0.065	0.003
Altitud media de la cuenca H _i (m)	8.4		
Ancho promedio de la cuenca W (km)	0.44		
Longitud Axial (Km)	2.05		
Factor de forma	0.21		
Coefficiente de Compacidad	1.4		
Tiempo de concentración T _c (Hr)		0.19	0.523
Número de curva CN del S.C.S.		70	71

Tabla No. 7.2.6. Características morfométricas de la subcuenca 5

Nombre de la Cuenca	5	5A	5B
Área A (Km ²)	0.44	0.26	0.15
Perímetro P (Km)	4.65		
Longitud del Cauce ppal L (m)		700	1350
Pendiente media de la cuenca So (m/m)		0.020	0.002
Ancho promedio de la cuenca W (Km)	0.22		
Altitud media de la cuenca H (m)	19.4		
Longitud Axial (Km)	1.96		
Factor Forma	0.11		
Coefficiente de Compacidad	2.0		
Tiempo de Concentración Tc (Hr)		0.094	0.915
Número de curva CN del S.C.S.		83	71

7.3 RELACIONES GENERALES DE LAS CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE LA CUENCA CON EL REGIMEN HIDROLOGICO

7.3.1 RELACION DEL AREA.

Es importante anotar dentro del parámetro del área, la diferenciación entre una cuenca grande y una cuenca pequeña. Según Carciente (Referencia [2]), una cuenca pequeña es aquella que es muy sensible a las precipitaciones de alta intensidad y corta duración y a los usos de la tierra: el factor que determina su máximo escurrimiento es el flujo superficial. Una cuenca grande no presenta las sensibilidades anteriores, ya que el efecto de almacenamiento es muy pronunciado: el factor que determina su máximo escurrimiento es el flujo en el canal. Según esta definición, el tamaño de una cuenca pequeña puede ir desde pocas hectáreas hasta 1.000 o más.

En general, el área de una cuenca hidrográfica puede considerarse como criterio de la magnitud del caudal. Con el crecimiento de la superficie de recepción de una corriente, se captan mayores cantidades de precipitación y consecuentemente crecen los caudales. En condiciones normales, a medida que crece el área de la cuenca, crecen también los caudales promedios, como los mínimos y máximos. Sin embargo, debido a condiciones locales, no siempre se aplica esto con carácter de regla y los

gradientes de crecimiento rara vez son iguales. En consecuencia, de lo anterior se puede deducir, con carácter de generalidad (Referencia [4]) que:

$$Q = f(A) \quad \text{o} \quad q = f(A)$$

En donde:

Q = Caudal de la corriente en m^3/s .

A = Area de la cuenca en Km^2

q = Rendimiento, escorrentía, o caudal específico, en $lt/s \cdot km^2$ o mm .

f = Una función distinta en cada zona de caracteres fisiográficos específicos.

En el área del proyecto, la subcuenca más grande es la No. 1, en especial el área 1A, con aproximadamente $13.5 km^2$ de extensión. A esta cuenca corresponden los caudales más altos. Las otras subcuencas tienen áreas pequeñas que van desde $0.4 km^2$ hasta $2.6 km^2$; presentando caudales bajos.

7.3.2 RELACION DE LA LONGITUD DE LA CORRIENTE.

De forma general, con la longitud de la corriente crecen los caudales por el correspondiente crecimiento de las áreas de captación al aumentar la longitud del cauce. La variación de los caudales con la longitud es similar a la del área.

La longitud de la corriente está también relacionada con el tiempo de concentración, que será discutido más adelante.

7.3.3 RELACION DEL FACTOR FORMA.

Las cuencas con factores de forma bajos son menos propensas a tener lluvias intensas y simultáneas sobre su superficie que un área de igual tamaño con factor de forma mayor.

En general, las cuencas del proyecto tienen un factor de forma bajo por lo que presentan una forma alargada, lo que disminuye la probabilidad de que se presenten lluvias intensas y simultáneas a lo largo de todas las cuencas.

7.3.4 RELACION DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD.

Por lo general, las cuencas extensas tienen forma de pera y las pequeñas de abanico, pero para evitar estas descripciones, se emplean datos numéricos que permiten dar mayor seguridad y facilidad en el momento de compararlas con otras.

La Tabla No. 7.3.4.1., tomada de la Referencia [9], relaciona el coeficiente de compacidad con la forma de la cuenca:

Tabla No. 7.3.4.1. Clases de forma.

Clase de Forma	Rango de Clase	Forma de la Cuenca
Clase Kc1	De 1 a 1.25	Casi redonda a ovalredonda
Clase Kc2	De 1.25 a 1.50	De oval -redonda a oval-oblonga
Clase Kc3	De 1.50 a 1.75	De oval-oblonga a rectangular-oblonga.

Las subcuencas 1 y 4 tienen clase de forma Kc2, es decir con forma de oval redonda a oval oblonga; lo que hace que las ondas de crecidas no sean continuas como sucede en las cuencas redondas, en las cuales las distancias relativas de los puntos de las divisorias con respecto a uno central no presentan diferencias mayores.

Por su parte, las cuencas 2 y 3 pertenecen a la clase de forma Kc3, con forma de oval oblonga a rectangular oblonga, lo que las hace poco susceptibles a las crecidas y los tiempos de viaje del agua hacia la desembocadura son relativamente cortos.

La cuenca 5 tiene coeficiente de compacidad 2, se sale de los parámetros antes mencionados, pero su comportamiento puede ser similar a la de clase Kc3.

7.3.5 RELACION DE LA PENDIENTE MEDIA.

En relación con el aumento de la pendiente media de la cuenca, crece la velocidad de la escorrentía superficial y, en función de ésta, disminuye la infiltración, crecen las velocidades de concentración de las velocidades de los cauces de los arroyos, y consecuentemente los caudales picos de las avenidas y aumenta la velocidad de erosión.

En general, las subcuencas presentan pendientes medias bajas, es decir, su relieve es suave. En este parámetro no se hacen notorias las altas pendientes en las Serranías de Turbaco y el Cerro de Albornoz.

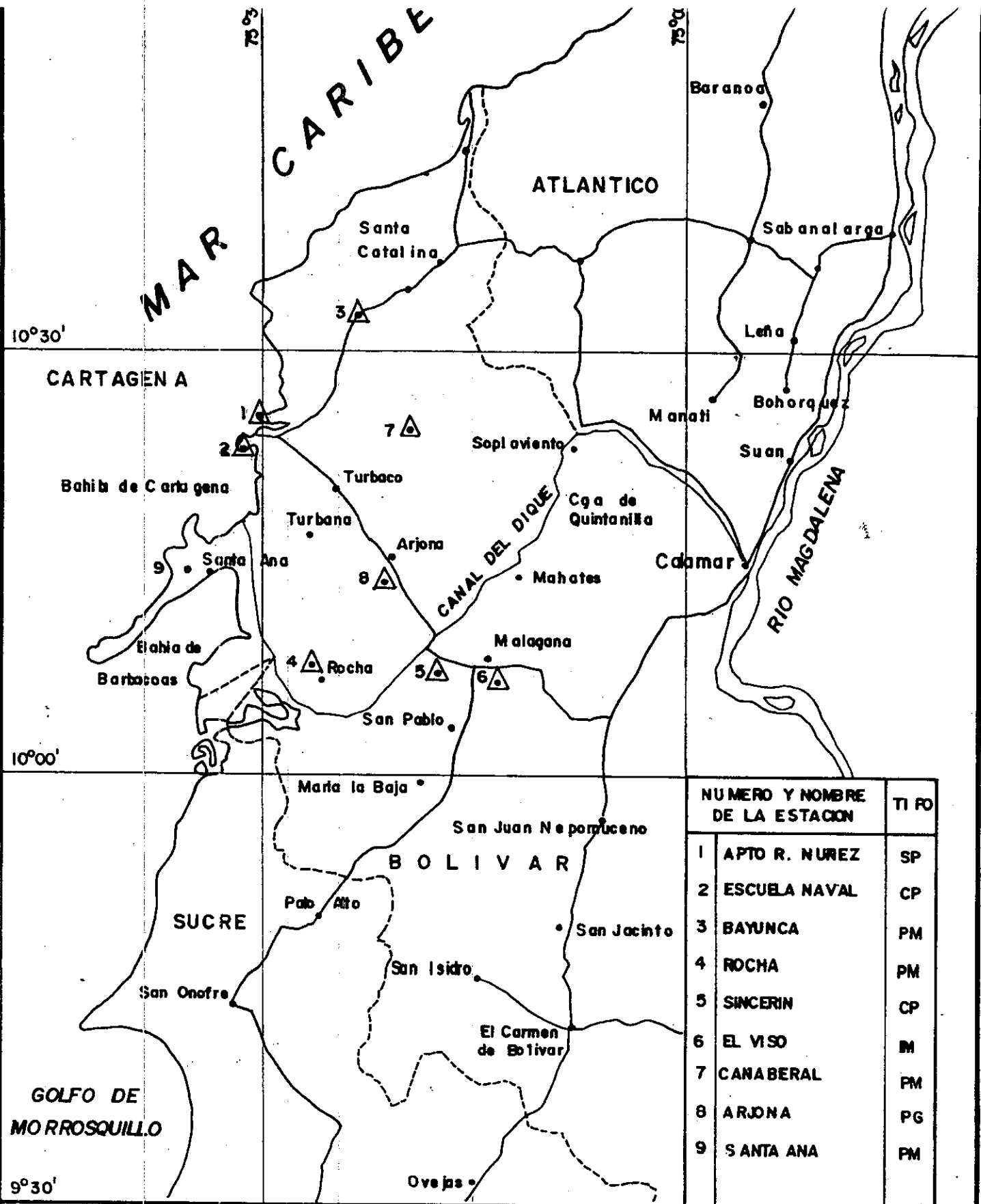
8. ANALISIS PLUVIOMETRICO.

Para la determinación de caudales o crecientes de diseño es necesario reunir la información hidrometeorológica disponible y verificar la bondad de estos datos para la zona a la cual van a ser aplicados.

Se consultó acerca las estaciones hidrometeorológicas instaladas en la zona por el antiguo Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de tierras, HIMAT, (ahora llamado IDEAM). Las estaciones mas cercanas a la zona se resumen en la Tabla No. 8.1. y su localización se ilustra en la Figura No. 8.1.

La Estación Rafael Núñez posee información acerca de las precipitaciones medias mensuales y máximas en 24 horas, número de días con lluvia y precipitaciones diarias; pluviogramas, aguaceros máximos y temperatura media. Las estaciones restantes poseen información acerca de las

precipitaciones medias y máximas en 24 horas, número de días con lluvia y precipitaciones diarias.



NUMERO Y NOMBRE DE LA ESTACION		TIPO
1	APTO R. NUREZ	SP
2	ESCUELA NAVAL	CP
3	BAYUNCA	PM
4	ROCHA	PM
5	SINCERIN	CP
6	EL VISO	IM
7	CANABERAL	PM
8	ARJONA	PG
9	SANTA ANA	PM



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

PROYECTO
TESIS DE GRADO

BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA NACIONAL

INTERESANTES: DIANA GARCIA
ERNESTO DIAZ

CONTENIDO:
ESTACIONES HIDROMETEROLOGICAS DE LA ZONA HIMAT.

DIRECTOR:
JAVIER MOUTHON BELLO

ESCALA:

FECHA:
Noviembre de 1996

FIGURA No.
8.1

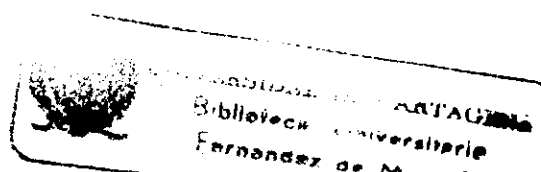
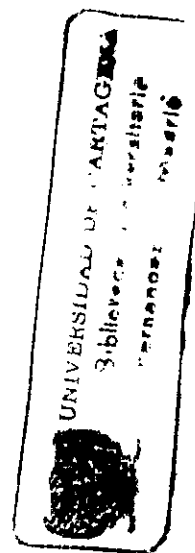
Tabla No. 8..1. Estaciones hidrometeorológicas,

Estación	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m.)	Código	Tip	Registros	Años Reg
Bayunca	10 32 N	75 24 W	75	1401003	P.M.	1968-1991	22
Rocha	10 26 N	75 25 W	5.	2903032	P.M.	1974-1991	23
Sincerín	10 89 N	75 15 W	10.	2903517	C.P.	1963-1990	20
El Viso	10 86 N	75 12 W	8.	2903043	P.M.	1973-1991	16
A. R. Núñez	10 27 N	75 31 W	2	1401502	S.P.	1941-1994	52
E. Naval	10 23 N	75 32 W	1	1401503	C.P.	1947-1987	27
Cañaveral	10 24 N	75 20 W	75	1401505	P.M.	1974-1991	16
Arjona	10 15 N	75 21 W	60	2903004	P.G.	1962-1991	26
Sta Ana	10 14 N	75 33 W	1	2903037	P.M.	1974-1991	15

8.1 PRECIPITACIONES.

La precipitación se define como la caída de agua en forma líquida o sólida sobre la superficie de la tierra. La cantidad de precipitación en el sistema métrico se mide en mm.

Analizando los datos de precipitación obtenidos a partir de los registros de las diferentes estaciones de la Tabla No. 8.1., se puede anotar :



- * Con respecto a la precipitación multianual mensual, el mes más lluvioso para todas las estaciones es el de octubre, exceptuando la de Arjona, cuyo mes más lluvioso es el de agosto; de la misma forma, los meses menos lluviosos en general, son los de enero y febrero. Observando los valores de la media, se puede decir que el régimen para ellas es similar, presentándose un período seco de enero a marzo, un período de transición de abril a julio, y un período húmedo en los meses de agosto a noviembre, y un segundo período de transición en el mes de diciembre.
- * La máxima precipitación multianual máxima se presenta en las estaciones de El Viso y Bayunca, las cuales son las más alejadas de la cuenca. La media anual es de 1143 mm.
- * Los valores más altos de precipitación máxima en 24 horas para todas las estaciones se presentan en el mes de octubre, excepto en la estación de Arjona que se presenta en noviembre.
- * La media de la precipitación máxima en 24 horas es mayor para el mes de octubre, y duplica la media anual. Situación que se repite para casi todas las estaciones.

- * Los máximos promedios de días mensuales de precipitación se dan en octubre para todas las estaciones. El máximo promedio anual de días lluviosos es para la estación de Sincerín. Ver Tablas No. 8.1.1. a 8.1.3., y sus respectivas figuras.

8.2 ANALISIS DE FRECUENCIAS.

Se denomina frecuencia de una lluvia al número de veces que una precipitación de cierta magnitud es igualada o excedida, en un determinado número de años. Comúnmente, se emplea como expresión numérica más cómoda el intervalo de recurrencia o Período de Retorno, que es el máximo tiempo que transcurre entre dos eventos que igualan o sobrepasan un valor dado.

El período de retorno es un término probabilístico y no tiene ninguna inferencia de periodicidad. Es decir, una lluvia llamada de 50 años de período de retorno puede presentarse dos veces en un período de retorno de 1, 2, ..., etc. años; sólo que en un periodo de 100 años la lluvia se espera que ocurra dos veces en cualquier momento.

Con el fin de comparar magnitudes de lluvia para un mismo período de retorno en todas las estaciones, fue necesario aplicar un método de distribución teórica.

Es de amplia aceptación el método Gumbel basado en la distribución doble exponencial de los valores extremos de las lluvias, lo cual permite obtener en una estación la magnitud de la precipitación correspondiente a una frecuencia y una duración de lluvia determinadas.

Gumbel estableció que si X_1, X_2, \dots, X_n son los valores extremos observados en n muestras de igual tamaño N , la probabilidad de ocurrencia (valor inverso a la frecuencia) de un valor igual o mayor que cualquier valor X en cualquier año, cuando n y N tienden al infinito se aproxima a la expresión:

$$P = 1 - e^{-e^{-b}}$$

en donde:

e es la base de los logaritmos neperianos

b es la variable reducida.

El valor de b se puede expresar como:

$$b = a \cdot (X - X_f)$$

Siendo

$$a = \frac{1.28255}{\sigma_x}$$

$$X_f = \bar{X} - 0.45 \cdot \sigma_x$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{N}}$$

Lo que permite escribir b como:

$$b = \frac{(X - \bar{X} + 0.45 \cdot \sigma_x)}{0.7797 \cdot \sigma_x}$$

Donde:

X es la magnitud de la precipitación con probabilidad P.

\bar{X} es el promedio de la serie de valores extremos.

N es el número de años de registro

σ_x es la desviación estándar.

Este método se aplicó en los valores de precipitaciones máximas en 24 horas anuales para cada estación, de acuerdo con los años de registro de cada una de ellas. Ver tabla 8.2.1. y 8.2.2. a 8.2.10. (Anexo A).

La mayoría de las lluvias en cualquier parte corresponden a tormentas convectivas que cubren áreas relativamente pequeñas y son originadas por

el levantamiento natural del aire caliente, más liviano que el aire frío que lo rodea. Estas precipitaciones suelen desatar tormentas de corta duración y, a veces, de intensidades muy grandes. En consecuencia, para cuencas pequeñas la correlación entre precipitaciones que están más de 50 a 100 kilómetros aparte, es mala, con excepción de los años lluviosos o de los años secos.

En general, las lluvias de las diferentes estaciones siguen un patrón similar, sin mostrar mucha discrepancia entre sus valores, como se observa en la tabla No.3.2.1.; pero debido a lo expuesto anteriormente, deben preferirse las estaciones más cercanas a la cuenca como son las del Aeropuerto Rafael Núñez y la de la Escuela Naval, que representan mejor el régimen hidrológico de la cuenca en estudio. Sumado a esto, la Estación Rafael Núñez cuenta con un amplio récord de registros (52 años) y registros pluviográficos, por lo que se puede suponer que la cuenca presentará precipitaciones similares a la de ésta.

Tabla No. 8.1. 1. Precipitación promedio multianual mensual

ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Bayunca	11,7	8,4	10	73,8	100,9	158	133	179,4	208,3	231	203,2	45	1439,4
Rocha	8,8	10,5	12,2	56,2	135,3	128,3	93,6	130,5	121,2	212,3	129,5	45,5	1081
Sincerín	7	22,7	13	88	159,5	146,8	124,5	165,5	167,5	228,4	124,4	60	1272,2
El Viso	10,3	41,5	44,1	88,5	141	100	178,4	289,4	102	214	123	68,5	1468,8
A. R. Núñez	4,8	0,5	1,2	22,4	88,2	97,8	82,1	103,6	125,9	198,8	114,1	34,5	872,1
E. Naval	4,5	0	1,6	22,6	67,3	80,4	72,5	85,1	111,6	180,8	93,8	29,5	749,9
Cañaveral	7	5,6	18,1	94,2	158,9	120,5	121,1	119,8	154,7	249,7	143,8	45,5	1239,8
Arjona	10,1	13,3	10	70,5	143,1	142	125,1	159,5	134,6	103,9	150	45,1	1224,5
Sta/Ana	0,3	0	0	16,1	101	88,4	60,2	95	128,8	235,5	94,6	48,4	872,2
MEDIA	7,5	8,7	9,4	60,3	124,1	117,7	107,4	136,2	134,9	214,4	125,6	46,3	1143,0

Tabla No. 8.1.2. Valores medios de la precipitación máxima mensual en 24 horas.

ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
Bayunca	4,1	2,8	7,5	25,1	55,7	58,7	37	44,8	80,2	80,7	53,2	23,5
Rocha	9,5	14,2	10	27,8	44,5	43	32	42,2	38	70	62	29
Sincerin	3	10,7	7	24,7	51,7	42	30,5	37	47,1	62,3	40	36,4
El Viso	10	25,7	21	34	40	44	40,4	51	30,4	48,5	41,9	27,7
A. R. Núñez	4,5	0,9	1	14	39,7	38,5	37,8	38	47,9	61,7	40	21,8
El Naval	3,6	0	1,6	10,2	31,6	39,4	30,4	30,3	43,3	58	36,5	15,2
Canaveral	5,8	4	0,4	38,1	46,5	42	39,4	38,1	47	70,4	50,2	26,3
Arjona	15,4	0,9	13	35,1	42,6	41,1	50,3	49,4	30,5	50,7	52,2	27,3
Sta. Ana	0	0	2	5,5	51	35	27,4	40	55	70,4	40	32
MEDIA	5,8	4,8	6,0	24,4	45,1	41,4	35,4	41,4	44,1	63,4	45,4	26,8

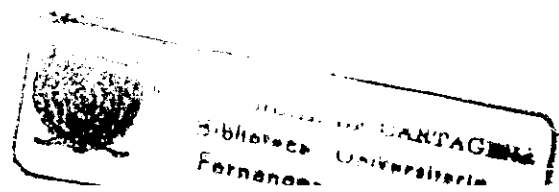


FIGURA No. 8.1.2. PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

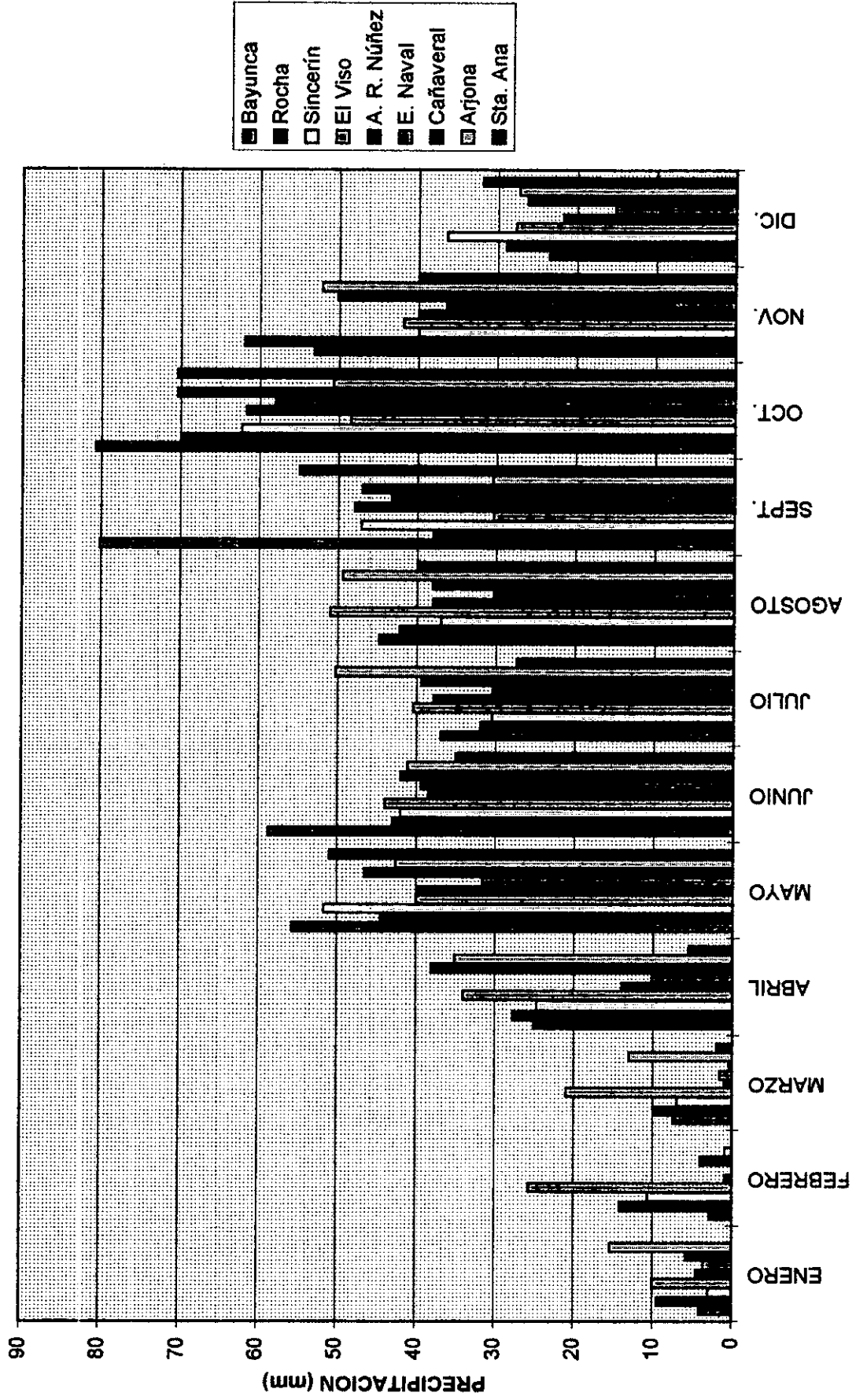
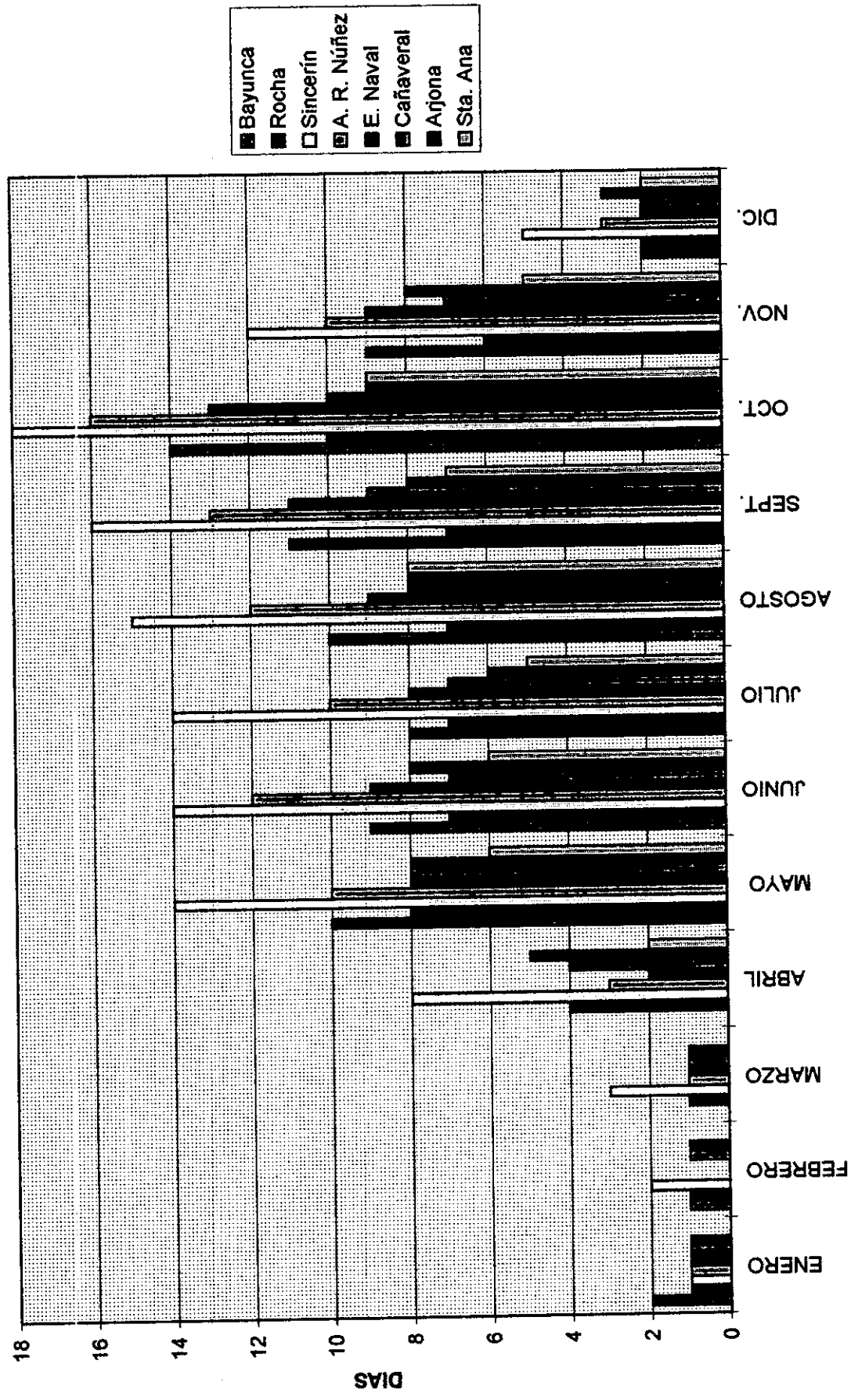


Tabla No. 8.1.3. Promedio de días mensuales de precipitación.

ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Bayunca	2	1	0	0	10	9	8	10	11	14	9	2	85
Rocha	1	1	1	4	8	7	7	7	7	10	6	2	59
Sincerin	1	2	3	8	14	14	14	15	16	18	12	5	122
A. R. Nuñez	1	0	1	3	10	12	10	12	13	16	10	3	91
E. Naval	1	0	1	2	8	9	8	9	11	13	9	2	72
Cañaveral	1	1	1	4	8	7	7	8	9	10	7	2	64
Arjona	1	1	1	5	8	8	6	8	8	9	8	3	67
Sta Ana	0	0	0	2	6	6	5	8	7	9	5	2	46
MEDIA	1	1	1	3	9	9	8	9	10	12	8	2	73

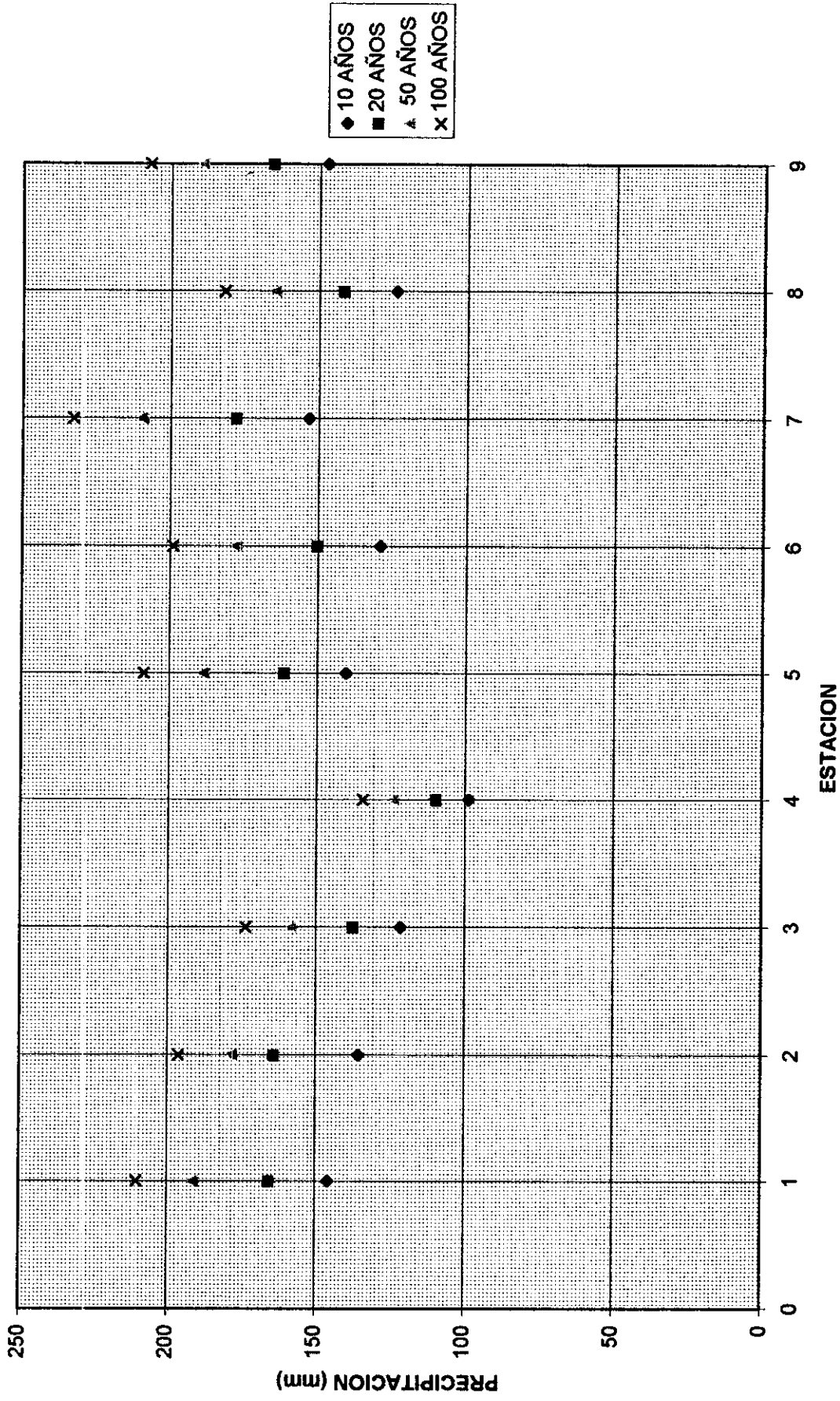
FIGURA No. 8.1.3. PROMEDIO DE DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION



**Tabla 8.2.1. Precipitaciones máximas en 24 horas esperadas para cada estación.
Método Gumbel**

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	MEDIA
T	BAYUNCA	ROCHA	SINGERIN	EL VISO	A.R.NÚÑEZ	E.NAVAL	CANAVERAL	ARJONA	STANA	ANA
10 AÑOS	145,89	135,62	121,6	98,74	140,43	129,11	153,41	124	147,29	134,84
20 AÑOS	165,62	164,20	137,57	109,71	161,33	150,23	177,78	141,74	165,62	155,18
50 AÑOS	191,15	178,25	158,25	123,92	188,39	177,57	209,32	164,71	189,36	178,24
100 AÑOS	210,29	196,28	173,74	134,56	208,67	199,05	232,96	181,91	207,14	196,72

FIGURA No. 8.1.4. PRECIPITACIONES MAXIMAS ESPERADAS EN 24 HORAS. METODO GUMBEL



8.3 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

La duración de una lluvia es el tiempo que tarda ésta en precipitarse sobre la superficie terrestre. Generalmente se expresa en minutos o en horas.

La intensidad es la mayor o menor cantidad de agua que cae en un lapso determinado. En el sistema métrico se expresa en mm/h.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) pretenden establecer curvas, una para cada período de retorno, donde la intensidad de lluvia es expresada en función de la duración de la lluvia. Así, en un análisis puntual de una estación, puede saberse la intensidad de lluvia en ese lugar para una duración dada y un período de retorno determinado. Estas curvas generalmente son estimadas a partir de un análisis de frecuencias. En tales análisis, de los datos registrados de la estación se extraen series anuales o series parciales de intensidades de lluvias de una duración dada, éstas se ajustan a una distribución estadística determinada, mediante la cual se estima el valor de la intensidad de la lluvia de la misma duración para un período de retorno (frecuencia) dado. A veces, en vez de ajustar la serie a una distribución estadística, se utiliza el artificio de contar el número de veces que se presenta una intensidad en el período de registro y de acuerdo a este número se le asigna un período de retorno.

En el caso de la cuenca en estudio, se adoptaron las curvas estándares de duración-intensidad-frecuencia para la Estación Rafael Núñez elaboradas en el año de 1994 en el proyecto de grado PREDISEÑO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL SECTOR SAN VICENTE DE PAUL realizado por los estudiantes de la Facultad de Ciencias e ingeniería Civil de la Universidad deCartagena Rubén Velásquez, Ligia Almanza y Omar Martínez. Ver figura 8.3.1. De los resultados obtenidos de esta investigación se tiene la siguiente expresión para la intensidad:

$$I = \frac{616.976 \cdot T^{0.186}}{(t_c + 10)^{0.561}}$$

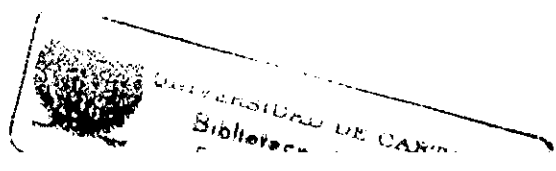
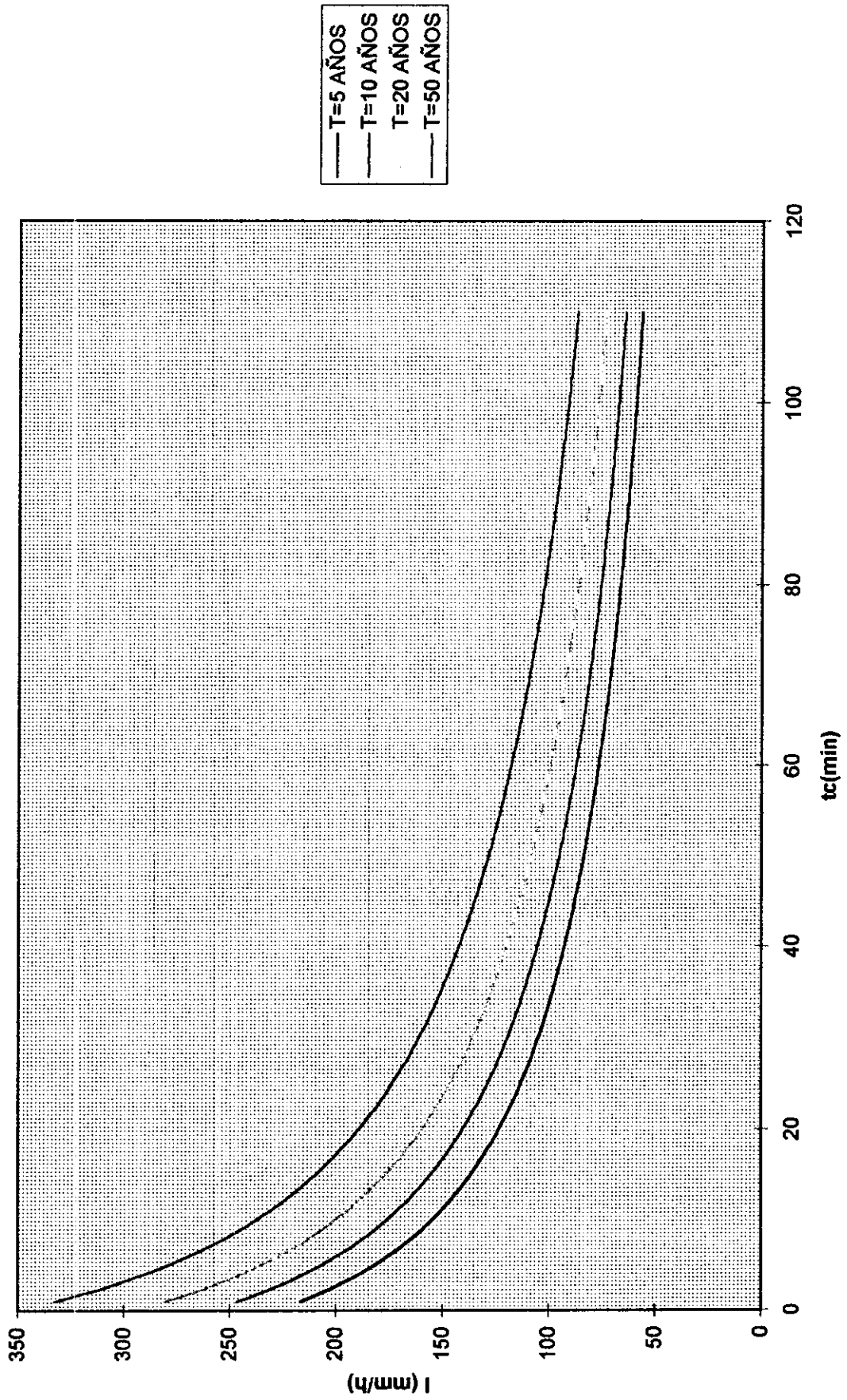
Donde:

Y es la intensidad en mm/h.

T es el tiempo de retorno en años.

t_c es el tiempo de concentración en minutos.

FIGURA No. 8.3.1. CURVAS DE INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA.
Fuente: Referencia [24]



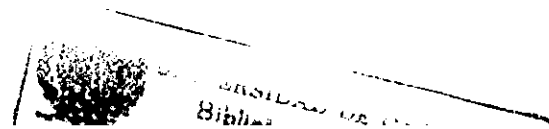
9. MODELACION HIDROLOGICA

9.1 GENERALIDADES.

Se define sistema como el conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo.

Un sistema hidrológico es un volumen en el espacio rodeado por una frontera, que acepta agua, opera en ella internamente y la produce como salida. Este volumen en el espacio es la totalidad de los caminos de flujo a través de los cuales el agua puede pasar como materia prima desde el punto en que entra al sistema hasta el punto en que lo abandona.

Una cuenca es una superficie de tierra que drena agua hacia una corriente en un lugar dado. La divisoria de aguas es una línea que separa la superficie de tierra cuyo drenaje fluye hacia un río dado de las superficies de



tierra cuyos desagües corren hacia otros ríos. La lluvia es la entrada, distribuída en el espacio; el caudal es la salida, concentrado en el espacio de la salida de la cuenca. La evaporación y el flujo subsuperficial también pueden considerarse como salidas, pero son muy pequeños comparados con el caudal durante una tormenta. La estructura del sistema es el conjunto de caminos de flujo sobre el suelo o através de él e incluye sistemas tributarios que eventualmente convergen para convertirse en caudal en la salida de la cuenca. Los componentes de una cuenca son muy complejos y la precipitación varía aleatoriamente en el espacio y en el tiempo, razón por la cual es necesario simplificarlos mediante el uso del concepto de Sistema Hidrológico

El objeto de un modelo de un sistema hidrológico es estudiar la operación del sistema y predecir las salidas. Las entradas y las salidas de una u otra forma son mensurables, y su estructura son un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas. Ligado a esto está el concepto de transformación del sistema, que puede representarse por la siguiente expresión:

$$Q(t) = \Omega.(I(t))$$

Ec. 9.1.1.

En donde $I(t)$ viene a ser la entrada, y $Q(t)$ la salida en función del tiempo que pertenece al rango T considerado. Ω es la función de transferencia entre la entrada y la salida que puede ser un operador algebraico (en tal caso sería una constante) y el sistema se resolvería de una forma sencilla. Si la función de transferencia es un operador diferencial d/dt puede dar como resultado un sistema lineal o no lineal que es más difícil de solucionar.

Los modelos hidrológicos pueden clasificarse como: físicos, cuando representan al sistema mediante un modelo a escala reducida; y matemáticos, si lo representa mediante una serie de ecuaciones.

(Referencia [7])

9.2 ESTIMACION DE CAUDALES.

Existen numerosos y diferentes métodos para determinar los caudales productos del proceso lluvia-escorrentía en una cuenca, basados en uno de los siguientes criterios:

- * Registros de niveles de crecientes en puntos de control tales como culverts, puentes o alcantarillas.
- * Uso de fórmulas empíricas o semiempíricas.
- * Uso de hidrogramas.

9.2.1 METODO RACIONAL.

El método racional se ha usado desde mediados del Siglo XIX y hoy en día es uno de los más utilizados, originalmente fue desarrollado para determinar el escurrimiento en áreas urbanas.

El método racional se fundamenta en que si una lluvia de intensidad dada empieza en forma instantánea y continúa en forma indefinida, la tasa de

escorrentía continuará hasta que llegue el tiempo de concentración t_c , en el cual toda la cuenca estará contribuyendo al flujo en la salida.

El método está basado en la siguiente fórmula:

(9.2.2.1.)

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

Q es el caudal pico en m^3/s .

I es la intensidad de la lluvia en mm/h correspondiente al tiempo de concentración.

A es el área de la cuenca en hectáreas.

C es el coeficiente de escorrentía ($0 \leq C \leq 1$).

9.2.2 HIDROGRAMAS DE CAUDAL

Para analizar los hidrogramas de caudal, es necesario estudiar los siguientes conceptos.

9.2.2.1 PRECIPITACION EFECTIVA

El exceso de precipitación o precipitación efectiva es la cantidad de lluvia que no se retiene en la superficie terrestre y que tampoco se infiltra en el suelo y que fluye a través de la superficie terrestre y se convierte en escorrentía directa. La cantidad de agua interceptada por la vegetación y la que se infiltra, se denomina abstracción.

Método SCS para abstracciones: Este método desarrollado por el Soil Conservation Service de E.E. U.U. en 1972 permite calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. (Referencia [7]). De la precipitación total que cae P , la de escorrentía directa P_e es siempre menor; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional de agua retenida en la cuenca F_a es menor o igual a alguna retención potencial máxima S . Existe una cierta cantidad de precipitación la (abstracción inicial antes del encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es $(P-I_a)$. La hipótesis del método S.C.S. consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir,

(9.2.2.1.)

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P-I_a}$$

Del principio de continuidad

(9.2.2.2.)

$$P = P_e + I_a + F_a$$

Resolviendo para P_e , y haciendo $I_a = 0.2 \cdot S$ se obtiene:

(9.2.2.3.)

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S}$$

De acuerdo con gráficas realizadas por el S.C.S. en las que se relacionaron P y P_e , se definió un parámetro adimensional CN llamado Número de Curva tal que $0 \leq CN \leq 100$. Siendo $CN = 100$ para superficies impermeables y de agua y $CN \leq 100$ para superficies naturales. De manera que CN y S se relacionan mediante la siguiente expresión:

(9.2.2.4.)

$$S = \frac{(1000)}{CN} - 10$$

Donde S se obtiene en pulgadas.

CN puede obtenerse a partir de gráficas como la Figura. 5.5.2. de la Referencia [7] o por tablas como la Tabla de la página 14 de la Referencia [14] en la que se relaciona el CN con el uso de la tierra y el grupo

hidrológico del suelo como los que se definen en la página 153 de la Referencia [7]. Los valores de CN de esta forma se obtienen para las condiciones antecedentes de humedad normales. En la tabla 5.5.1. de la Referencia [7] se muestra la clasificación de las clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia del SCS. Estos valores de CN fueron establecidos en Estados Unidos.

9.2.2.2 HIETOGRAMA DE PRECIPITACION EFECTIVA.

Un hietograma de precipitación es una gráfica que muestra la cantidad de lluvia que cae sobre la superficie terrestre a intervalos iguales de tiempo durante el tiempo de duración de la misma.

Uno de los métodos comúnmente usados para desarrollar un hietograma de precipitación es el método del bloque alterno (Referencia [7]) utilizando las curvas de intensidad-duración frecuencia disponibles para la zona. Escogida la duración total de la lluvia, ésta se divide en n intervalos iguales de tiempo sucesivos de duración Δt ; con esta duración y el período de retorno se obtiene la intensidad para cada intervalo de tiempo; al multiplicar la intensidad por la duración se obtiene la profundidad de precipitación acumulada y de ésta la incremental para cada intervalo de tiempo; entonces se procede a ordenar el hietograma colocando la mayor profundidad en el

centro y ordenando en forma descendente, primero a la derecha y luego a la izquierda, las profundidades siguientes.

9.2.2.3 HIDROGRAMA UNITARIO.

Un hidrograma de caudal es un gráfico o tabla en el que se muestra el caudal en función del tiempo para un lugar dado de una corriente. Encierra las características fisiográficas y climáticas que marcan las relaciones entre lluvia y escorrentía para una cuenca de drenaje particular.

El hidrograma unitario de una cuenca corresponde al hidrograma que se presenta en el punto de desagüe de ella como consecuencia de una unidad (1 mm, 1 cm o 1 pulg., etc) de escorrentía directa generada uniformemente sobre el área de drenaje con intensidad uniforme para un período de tiempo especificado. Las suposiciones básicas de este modelo son que la lluvia tiene una intensidad constante a lo largo de toda su duración y está uniformemente distribuída en toda el área de la cuenca.

El hidrograma unitario sintético se aplica a cuencas sin estaciones de registro y se basan en relaciones empíricas que relacionan las características de la cuenca con aspectos geométricos del hidrograma unitario. Existen tres tipos de hidrogramas unitarios sintéticos: los que

relacionan las características del hidrograma con las características de la cuenca, como el de Snyder; los basados en modelos de almacenamiento de la cuenca como el de Clark; y los basados en hidrogramas unitarios adimensionales, como el del Soil Conservation Service.

9.2.2.3.1 HIDROGRAMA ADIMENSIONAL DEL S.C.S.

El hidrograma adimensional del S.C.S. tiene en cuenta las relaciones del caudal q con respecto al caudal pico q_p y del tiempo con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario T_p (Ver Figura. 7.7.4. de la Referencia [7]).

También considera que el tiempo de recesión, que es tiempo desde el pico hasta cuando cesa la escorrentía directa, puede aproximarse a $1.67 \cdot T_p$.

El caudal pico q_p se expresa como:

(9.4.1.1.)

$$q_p = \frac{C \cdot A}{T_p}$$

En donde;

q_p es el caudal pico en m^3/s .

$C=2.08$

A es el área de drenaje en km^2

T es el tiempo de ocurrencia del pico, que puede expresarse en términos del tiempo de retardo y de la duración de la lluvia efectiva como:

(9.4.1.2.)

$$T_p = \frac{t_r + t_p}{2}$$

Siendo t_p el tiempo de retardo

(9.4.1.3.)

$$t_p \cong 0.6 \cdot T_c$$

Donde T_c es el tiempo de concentración de la cuenca en horas

t_r es la duración de la lluvia efectiva.

9.3 GENERACION DE CAUDALES.

9.3.1 POR EL METODO RACIONAL.

Aplicando la metodología descrita en el numeral 9.2.1. para el método racional, es necesario determinar los coeficientes de escorrentía que dependen de las características y condiciones del suelo propio de la cuenca.

Para lo cual se tuvo en cuenta la tabla VII.4 y la tabla VII.6 de la Referencia [2] donde se relaciona el C con la cobertura vegetal, el tipo de suelos, la pendiente del terreno y el tipo de superficie, entre otros. Haciendo una composición del área el C se obtuvo como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla No. 9.3.1. 1. C para la Subcuenca 1

Sub Div	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	C	% Area	C Total
1-A	Bosques, pendiente media	0.45	38	0.45
	Pastos, hierba, grama, pendiente suave	0.45	57	
	Cultivos, pendiente despreciable	0.50	5	
1-B	Pastos, hierba, grama, pendiente despreciable	0.40	100	0.40
1-C	Pastos, hierba, grama, pendiente suave.	0.45	85	0.50
	Superficie impermeable de techos	0.75	15	

Tabla No. 9.3.1.2. C para la Subcuenca 2

Sub Div	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	C	% Area	C Total
2-A	Pastos, hierba, grama, pendiente suave	0.45	100	0.45
2-B	Superficie impermeable de techos.	0.85	100	0.85

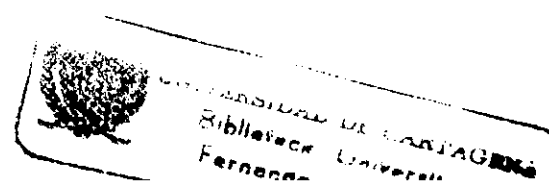


Tabla No. 9.3.1.3. C para la Subcuenca 3

Sub Div	CARACTERISTICAS DEL SUELO	C	% Area	C Total
3-A	Pastos, vegetación ligera, pendiente media	0.52	100	0.52
3-B	Pastos, pendiente media	0.55	40	
	Superficie impermeable de techos	0.75	60	0.67
3-C	Superficies impermeables de techos	0.75	30	
	Pastos, vegetación ligera, pendiente despreciable	0.45	70	0.54

Tabla No. 9.3.1.4. C para la Subcuenca 4

Sub Div	CARACTERISTICAS DEL SUELO	C	% Area	C Total
4-A	Pastos, hierba, grama, pendiente media	0.50	100	0.50
4-B	Bosques, vegetación densa, pendiente despreciable	0.35	100	
				0.35

Tabla No. 9.3.1.5. C para la Subcuenca 5

Sub Div	CARACTERISTICAS DEL SUELO	C	% Area	C Total
5-A	Pastos, vegetación ligera, pendiente media	0.55	40	0.67
	Superficies impermeables de techos	0.75	60	
5-B	Pastos, hierba, grama, pendiente despreciable	0.40	100	0.40

Hallado el C se procede a determinar el caudal usando la fórmula racional (9.2.1.1.) para los períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años. Ver

Tabla 9.3.1.6

Tabla No. 9.3.1.6. Caudales máximos (m³/s). Método Racional.

SUB CUENCA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	5	10	20	25	50	100
1-A	110,99	126,26	143,64	149,73	170,33	193,77
1-B	10,02	11,40	12,97	13,52	15,39	17,50
1-C	14,62	16,64	18,93	19,73	22,44	25,53
2-A	24,80	28,21	32,10	33,46	38,06	43,30
2-B	5,70	6,48	7,37	7,69	8,74	9,95
3-A	19,15	21,79	24,79	25,84	29,39	33,44
3-B	27,39	31,17	35,45	36,96	42,04	47,83
3-C	4,27	4,86	5,53	5,76	6,56	7,46
4-A	10,57	12,02	13,68	14,26	16,22	18,45
5-A	9,27	10,54	12,00	12,50	14,23	16,18

Las intensidades de las tormentas experimentan una reducción con la variación del área. A esta reducción se le llama Factor K. Con la elaboración del Plan Maestro de Drenajes de la Ciudad de Cartagena (HIDROTEC, 1980) se obtuvieron unas curvas para ajustar el caudal usando el factor de reducción K que empieza a tener importancia para áreas mayores de 300 hectáreas. Para el caso de la cuenca, la única área que sobrepasa este valor es la 1-A para la cual se obtuvo un K de 0.86. Ver tabla 9.1. de la Referencia [10].

9.3.2 POR EL METODO DEL HIDROGRAMA SINTETICO ADIMENSIONAL S.C.S.

Con el propósito de obtener los hidrogramas que se generan del proceso lluvia-escorrentía en la cuenca en estudio se optó por la utilización del método del hidrograma sintético adimensional del S.C.S.

En la aplicación de este método es necesario conocer la cantidad de precipitación efectiva, la cual se puede obtener mediante el Método de Abstracciones del S.C.S, que requiere el cálculo previo del Número de Curva CN.

De acuerdo con los estudios de suelo realizados en la cuenca, éstos se clasificaron dentro del grupo hidrológico C, que corresponden a los de infiltración lenta, con bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de arcilla, arenas arcillosas poco profundas y arcillas. Y de acuerdo con el uso de la tierra se pudo establecer un CN compuesto para cada área como puede verse en las Tabla de 9.3.2.1. a 9.3.2.5.

Tabla 9.3.2.1. CN para la Subcuenca 1

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
1-A	Bosques, condición buena	70	38	
	Pastos de pastoreo , curvas de nivel, condición buena	70	57	
	Cultivos en hileras estrechas, condición mala	84	5	71
1-B	Pastos de pastoreo, condición buena	74	100	74
1-C	Residencial	90	15	
	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición buena	70	85	73

Tabla No. 9.3.2.2. CN para la Subcuenca 2

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
2-A	Pastos de pastoreo, condición buena	74	100	74
2-B	Distritos industriales (72 % impermeable)	91	100	91

Tabla 9.3.2.3. CN para la Subcuenca 3

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
3-A	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición regular	75	100	75
3-B	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición regular Residencial,	75 91	40 60	85
3-C	Distritos industriales (75% impermeable) Pastos de pastoreo, condición regular. Residencial	91 79 90	20 70 10	83

Tabla No. 9.3.2.4. CN para la Subcuenca 4

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
4-A	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición buena	90	100	90
4-B	Vegas de ríos, condiciones óptimas	71	100	71

Tabla No. 9.3.2.5. CN para la Subcuenca 5

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
5-A	Pastos de pastoreo, condición regular Residencial	79 90	60 40	83
5-B	Vegas de ríos	71	100	71

Calculados el CN , y los parámetros físicos de la cuenca como el área, la pendiente, la pendiente media, la longitud y el tiempo de concentración (ver inciso 7.2.); se inicia el cálculo del hidrograma S.C.S. mediante la hoja de cálculo que se describe a continuación:

Los valores a que se refiere el párrafo anterior constituyen los datos de entrada, además del período de retorno seleccionado.

Se procede a escoger una duración de la lluvia. Para los efectos de este proyecto se procedió a escoger esta duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, de acuerdo con la Referencia [16].

1. Se elaboró el hietograma de precipitación total para la lluvia del numeral anterior e intervalos de tiempo de 10 minutos, como se explicó en el numeral 9.2.2.2.
2. Se afectó el hietograma de precipitación total por el Método de las Abstracciones del S.C.S. para obtener el hietograma de precipitación efectiva.

3. Se calculó el tiempo al pico y el caudal pico mediante el empleo de las fórmulas del inciso 9.2.2.3.1, tomando un tiempo de duración (t_r) de 10 minutos con el fin de realizar hidrogramas para cada intervalo de ese tiempo a lo largo de todo el tiempo de duración de la lluvia.
4. Se calculó el hidrograma unitario de la cuenca. Y multiplicando las ordenadas de éste por cada barra del hietograma de precipitación efectiva, se obtuvo un hidrograma cada 10 minutos.
5. Los hidrogramas calculados en el inciso anterior se suman desplazados cada 10 minutos para dar el hidrograma de lluvia efectiva de la cuenca.

Los hidrogramas calculados por el método S.C.S. según el numeral 9.3.2. se muestran en el Anexo C. A continuación se resumen los resultados para los caudales máximos para los diferentes períodos de retorno, con sus respectivas gráficas.

Tabla 9.3.2.6. Caudales máximos (m³/s). Metodo S.C.S.

SUB CUENCA	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)					
	5	10	20	25	50	100
1-A	52,13	68,50	88,06	95,26	121,23	152,54
1-B	2,25	3,13	4,19	4,58	5,94	7,57
1-C	5,50	7,26	9,41	10,21	13,03	16,40
2-A	12,84	16,64	21,32	23,05	29,07	36,18
2-B	3,86	4,60	5,47	5,78	6,83	8,03
3-A	5,78	7,79	10,26	11,16	14,24	17,93
3-B	6,37	7,90	9,69	10,33	12,50	14,99
3-C	2,73	3,38	4,14	4,41	5,34	6,46
4-A	0,08	0,28	0,65	0,81	1,46	2,38
5-A	1,55	2,22	3,07	3,39	4,54	5,97

9.3.3 COMENTARIOS

Comparando los valores de las Tablas No. 9.3.1.6. y 9.3.2.6. puede observarse que:

1. Los caudales obtenidos por el método racional son mucho mayores que los obtenidos por el método del S.C.S. quizás porque el primero no tiene en cuenta el efecto de almacenamiento de la cuenca y supone una intensidad constante de la lluvia durante todo el tiempo de concentración y su confiabilidad se reduce a cuencas pequeñas (menos de 500 ha.), en síntesis, sobreestima el escurrimiento (Referencia [2]).

2. De acuerdo con la información bibliográfica disponible, a la experiencia del director del proyecto en estudios de similar naturaleza, a los testimonios de los habitantes de la zona y a las visitas del campo en donde se pudieron observar las marcas de nivel producto de las crecientes; se puede concluir que los métodos que se basan en el hidrograma unitario muestran mejor aplicabilidad en cuencas como la considerada.

3. En las subcuencas de mayor extensión como son la del Arroyo Cospique (Subcuenca 1), la de Policarpa (Subcuenca 2) y la del Arroyo Arroz Barato (Subcuenca 3); se prefiere utilizar el modelo del S.C.S.. Mientras que para las subcuencas de menor extensión como son la 4 y 5, producto de las escorrentías de las lomas de Cospique y el Cerro de Albornoz, respectivamente, es preferible utilizar los caudales arrojados por el método racional.

4. Durante el tiempo de duración de este proyecto no fue posible tomar aforos de los caudales de los arroyos, ya que no se presentaron lluvias de gran magnitud que pudieran hacer fáciles tales mediciones y además, no fue posible tener los valores de las cantidades de precipitación ocurridas ya que como las lluvias tienen un radio de acción corto, éstas

no tuvieron un registro significativo en la estación del Aeropuerto Rafael Núñez. Sería necesario dotar la cuenca de estaciones pluviométricas.

FIGURA No. 9.3.2.1. HIDROGRAMA SCS. SUBCUCENCA 1A

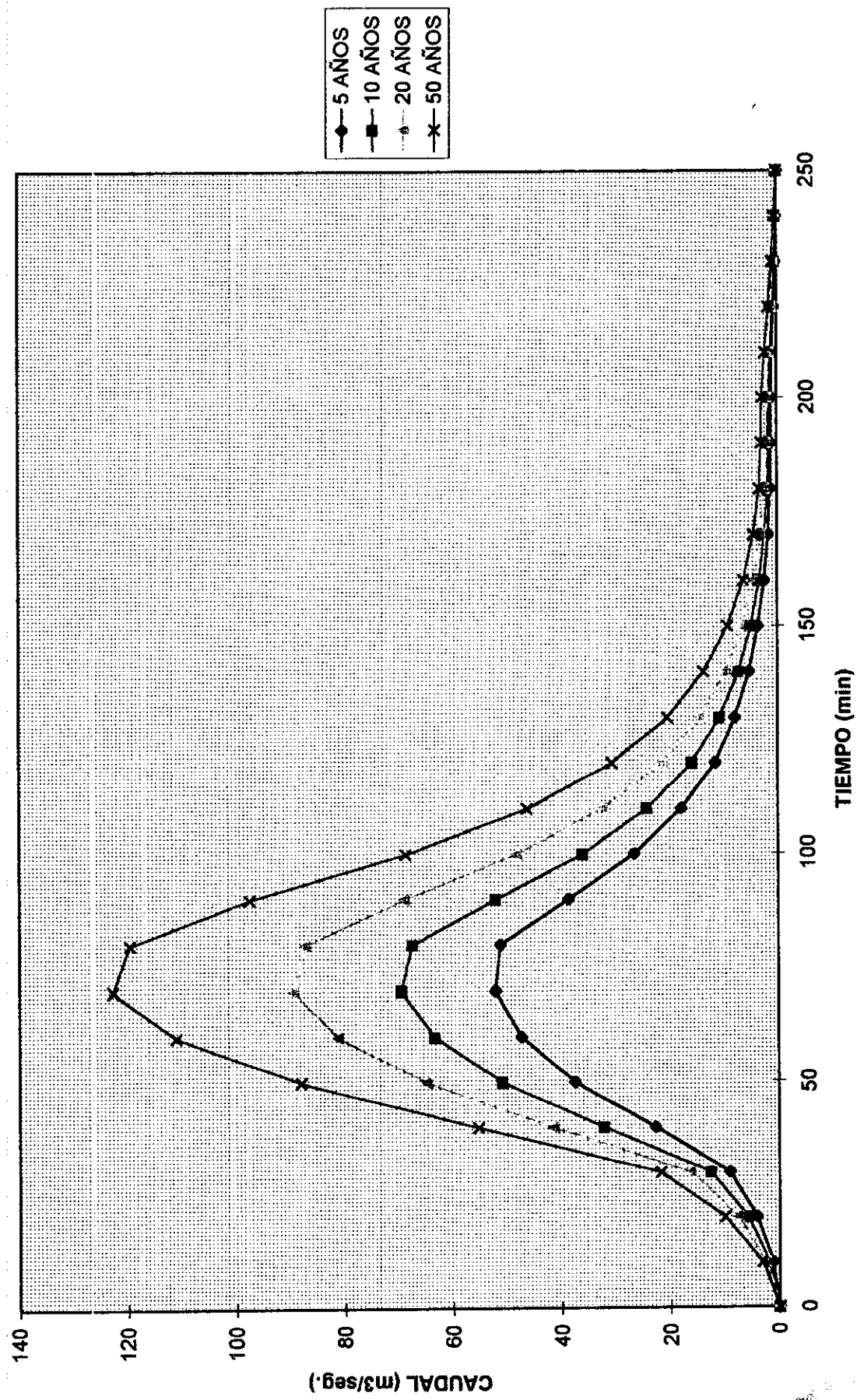


FIGURA No. 9.3.2.2. HIDROGRAMA S.C.S. SUBCUENCA 1B.

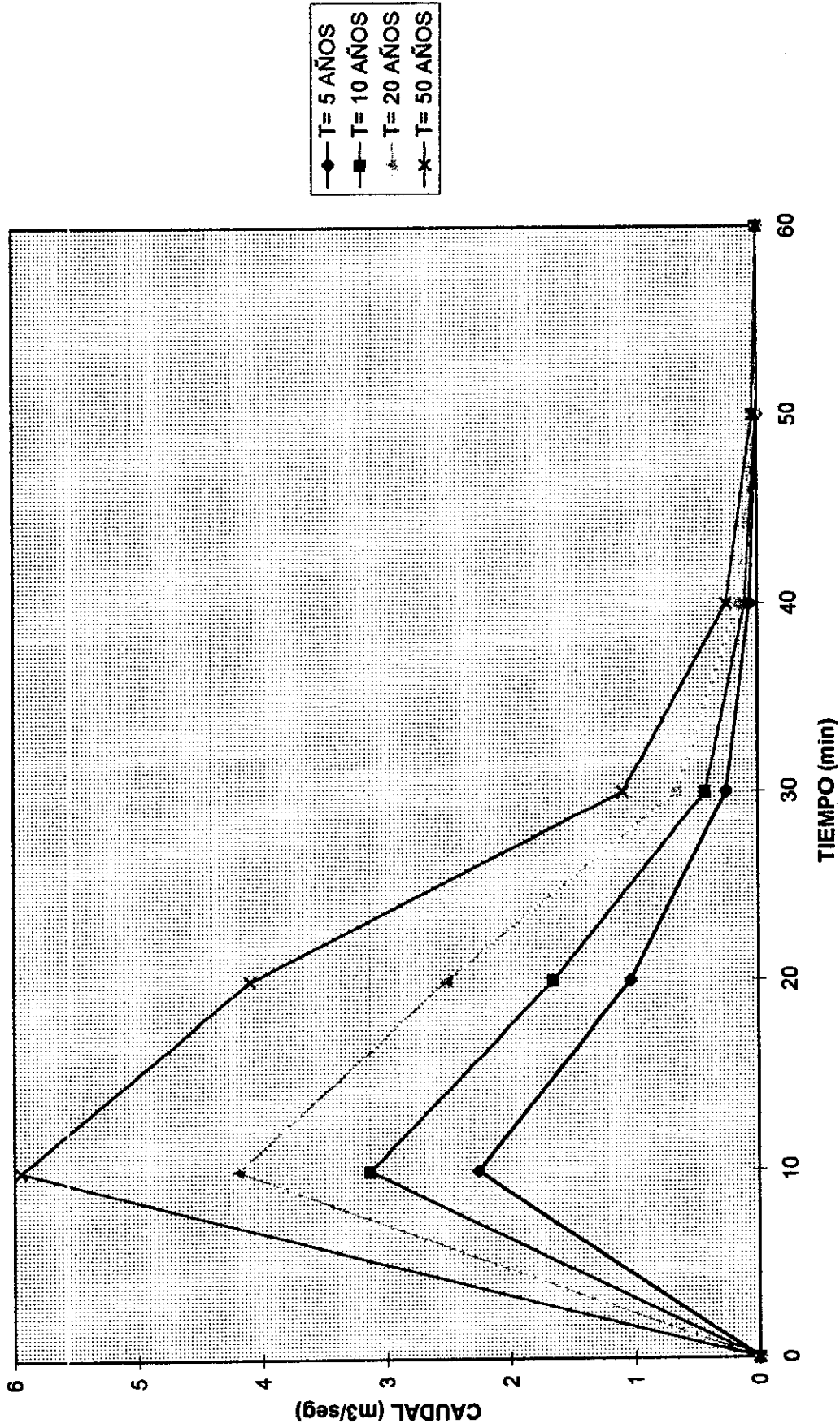


FIGURA No. 9.3.2.3. HIDROGRAMA S.C.S. SUBCUENCA1C

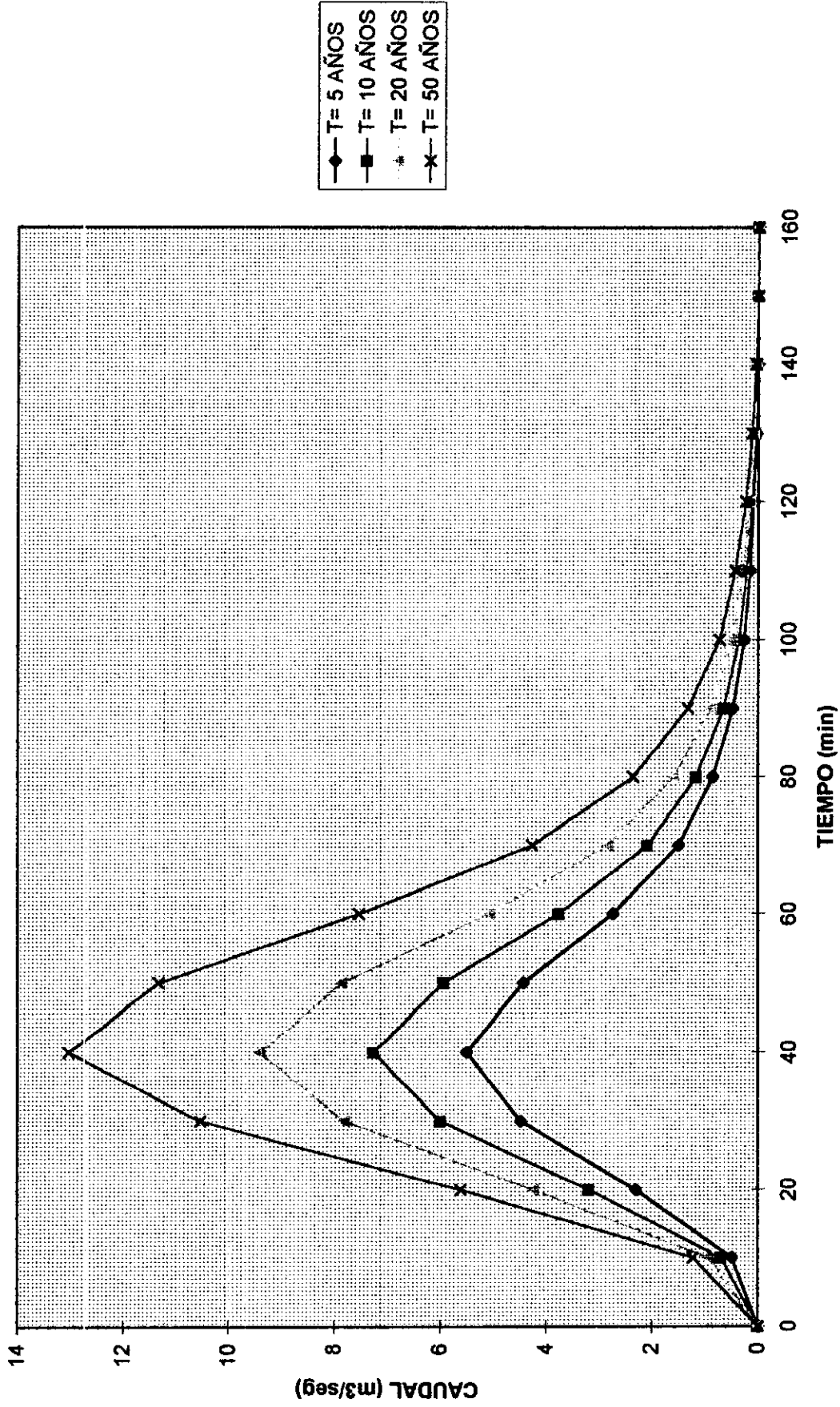


FIGURA No. 9.3.2.4. Hidrograma S.C.S, Subcuenca 2-A

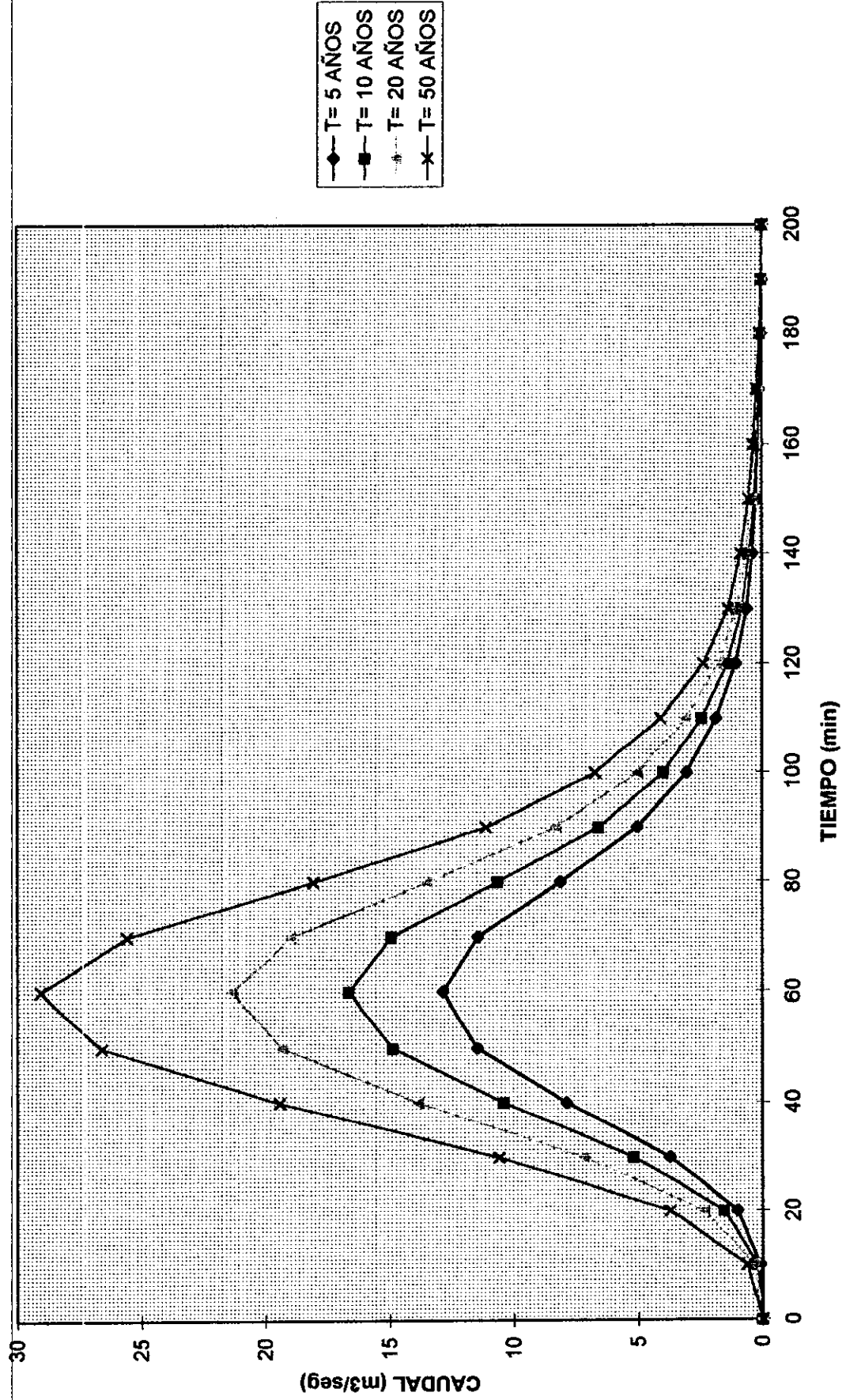


FIGURA No. 9.3.2.5. Hidrograma S.C.S. Para la Subcuenca 2-B

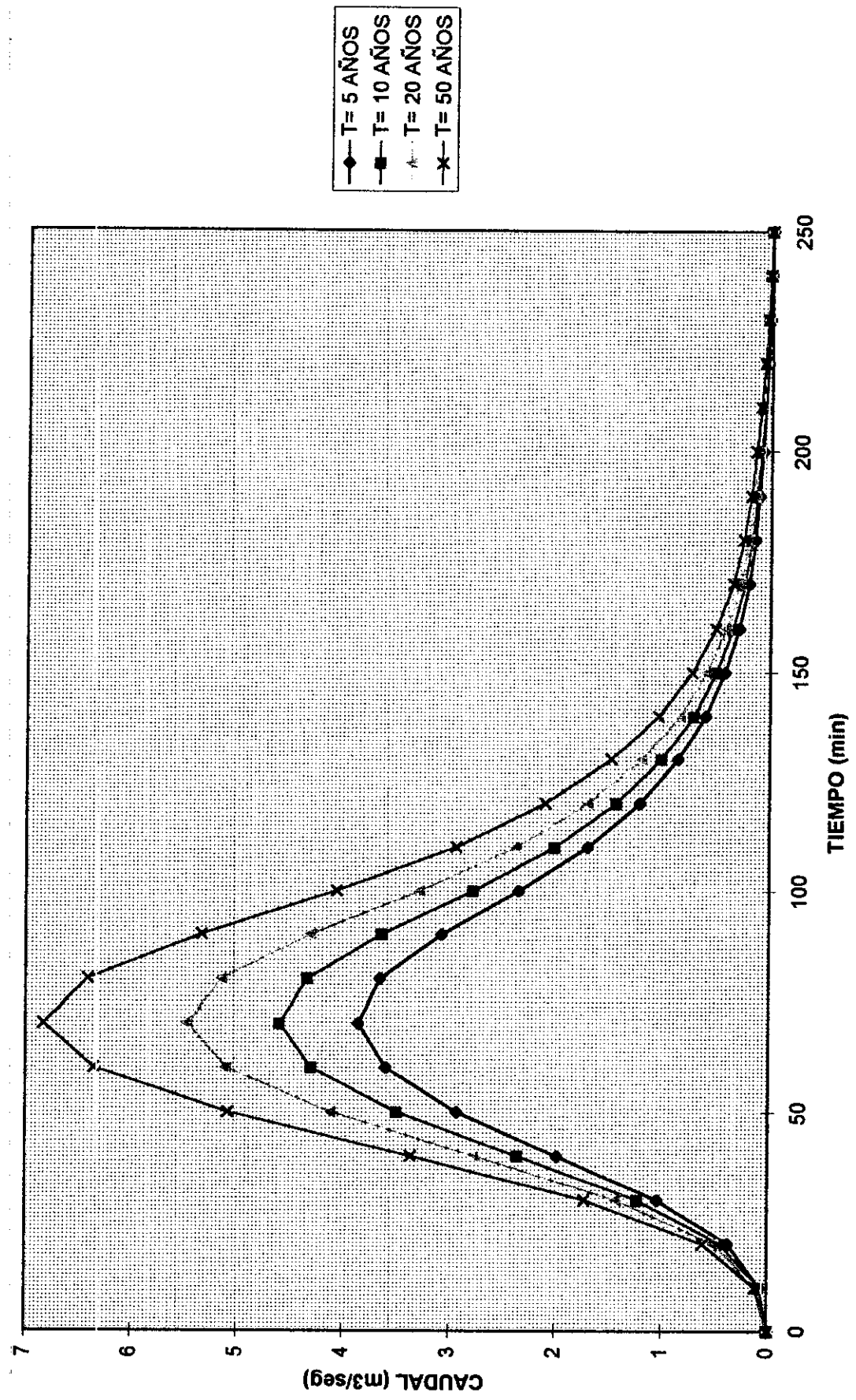
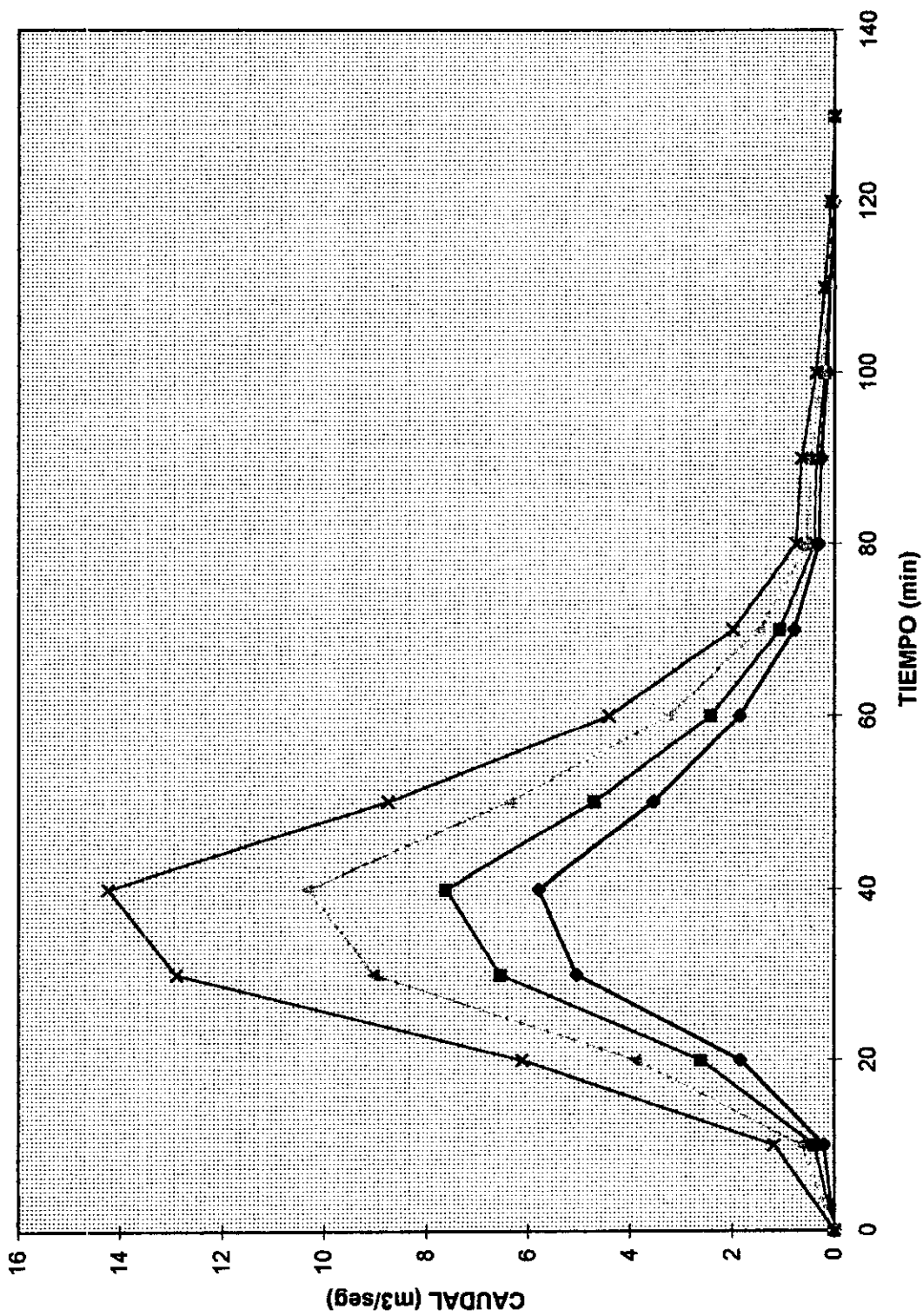


FIGURA No. 9.3.2.6. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3A



—◆— T= 5 AÑOS
—■— T= 10 AÑOS
- - -▲- - T= 20 AÑOS
—×— T= 50 AÑOS

FIGURA No. 9.3.2.7. Hidrograma SCS. Subcuenca 3B

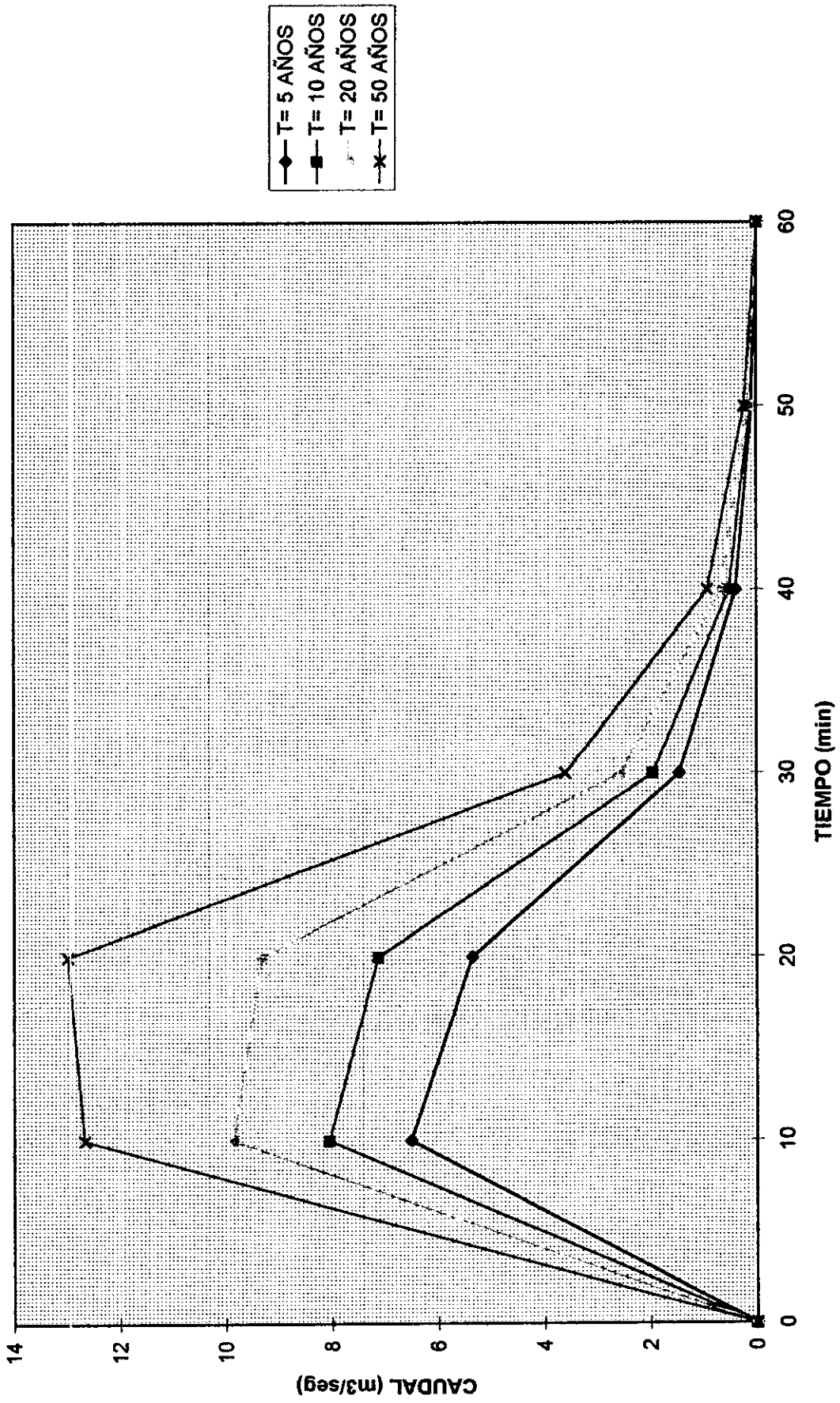


FIGURA No. 9.3.2.8. Hidrograma SCS. Subcuenca 3C

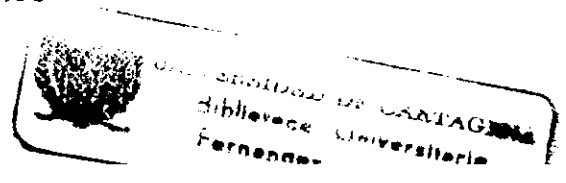
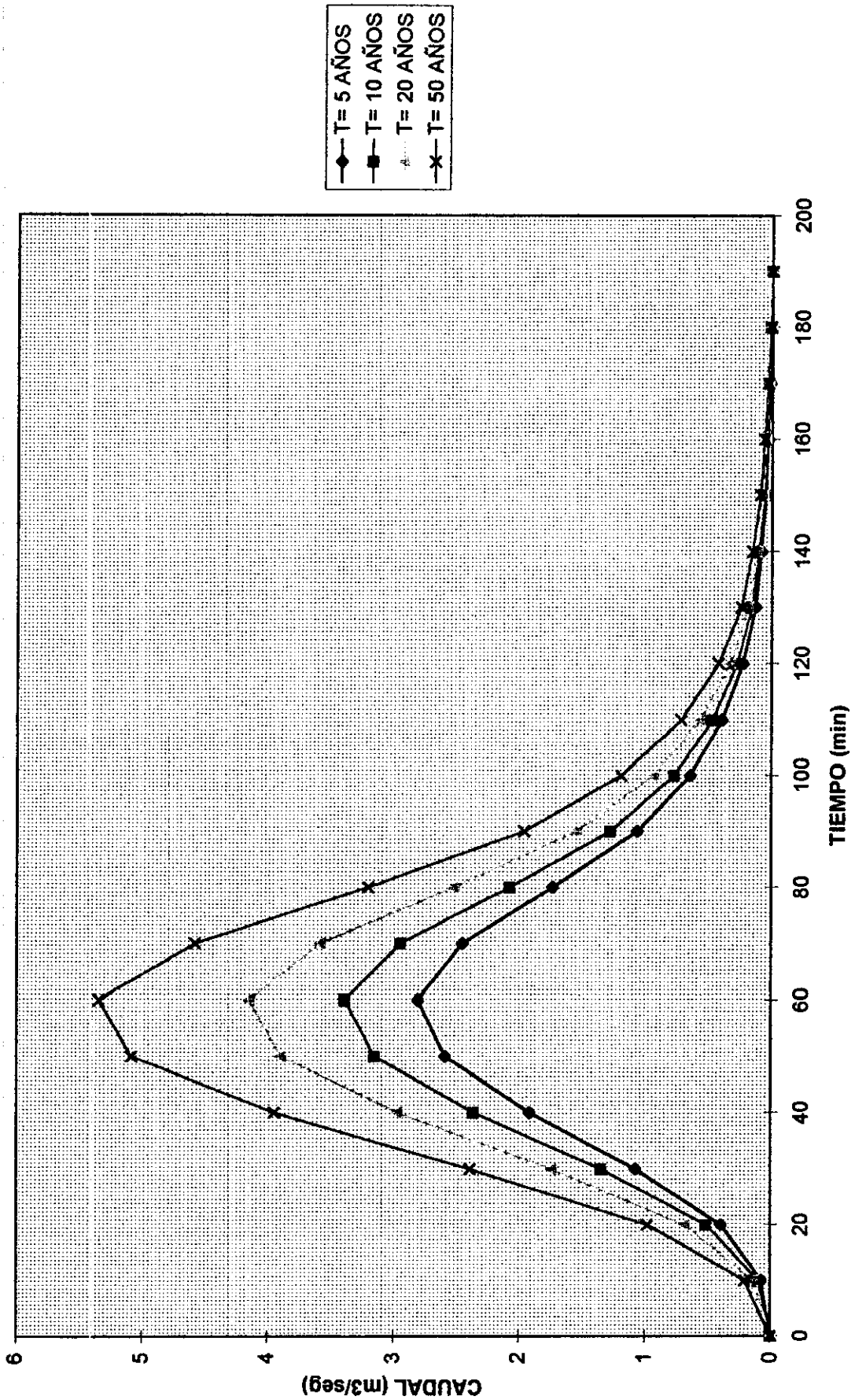


FIGURA No. 9.3.2.9. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3D

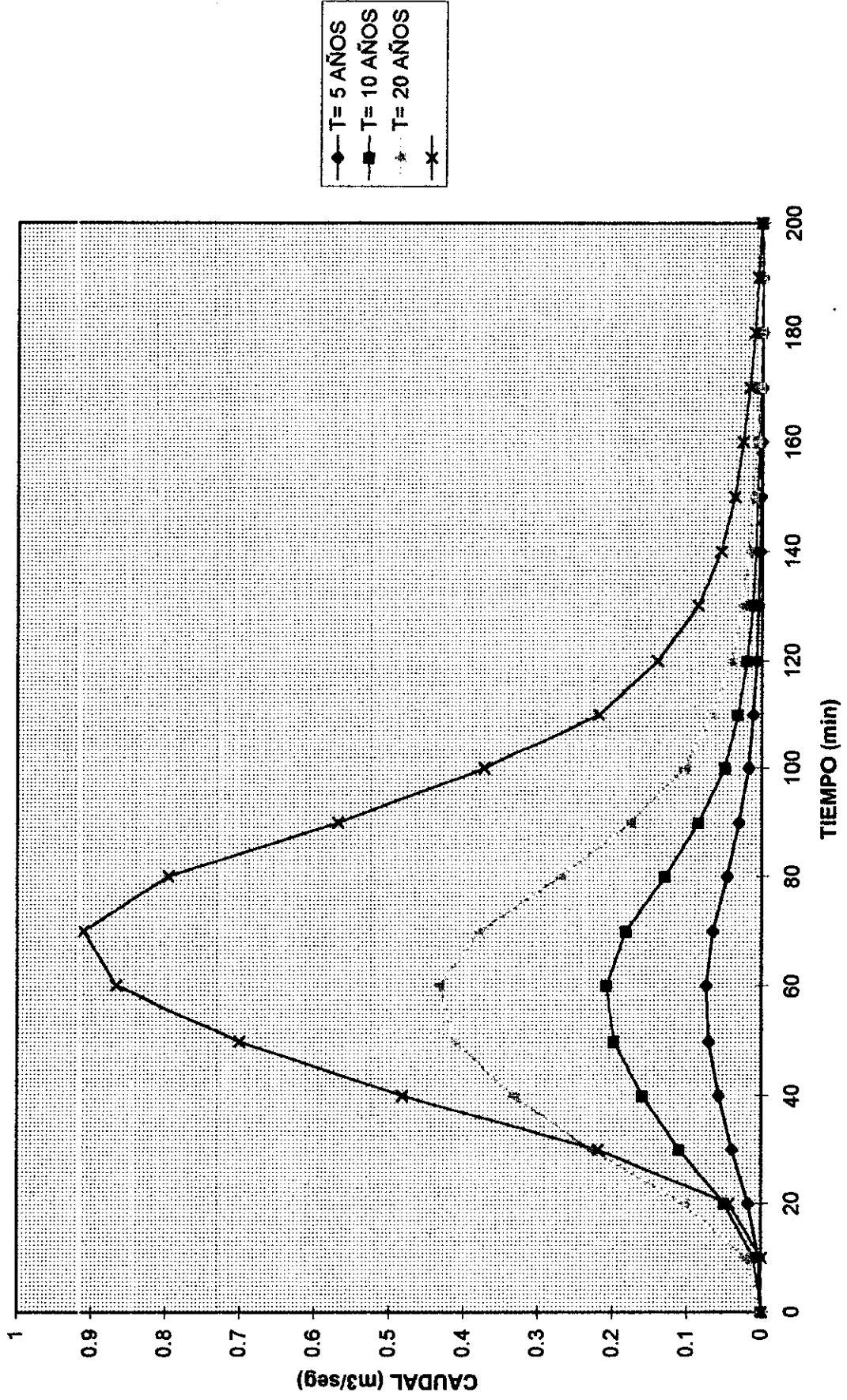


FIGURA No. 9.3.2.10. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 4A

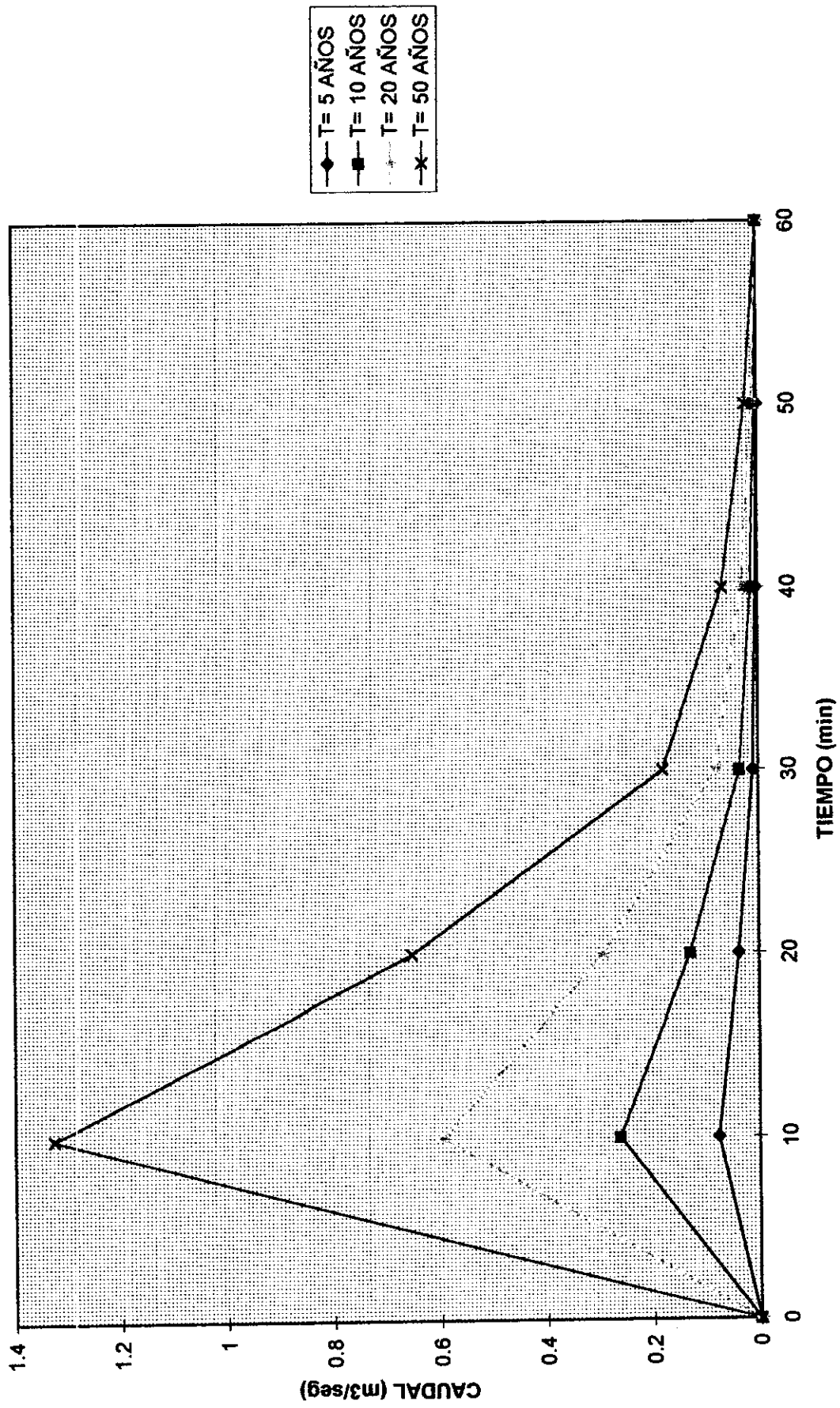


FIGURA No. 9.3.2.11. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 4B

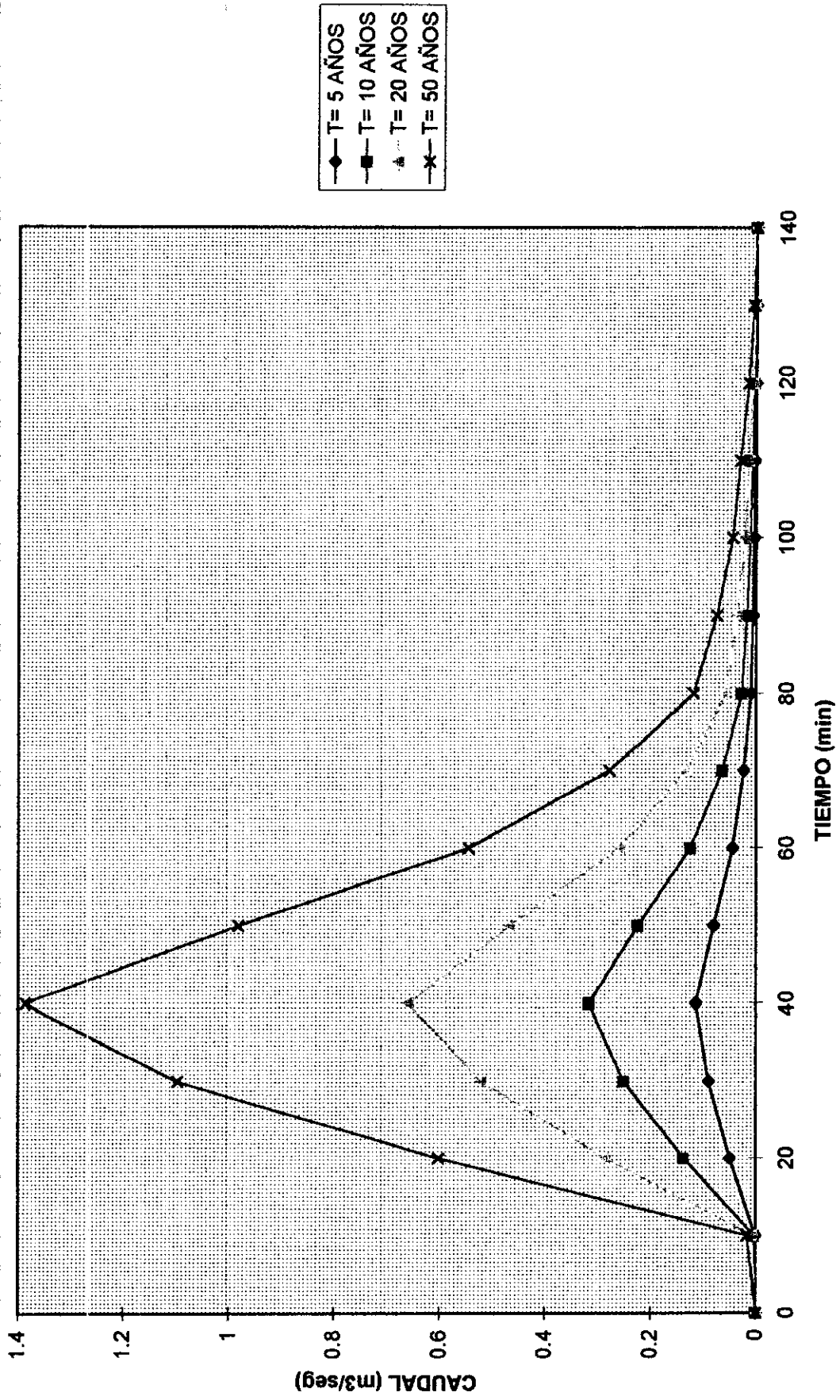


FIGURA No. 9.3.2.12. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 5-A

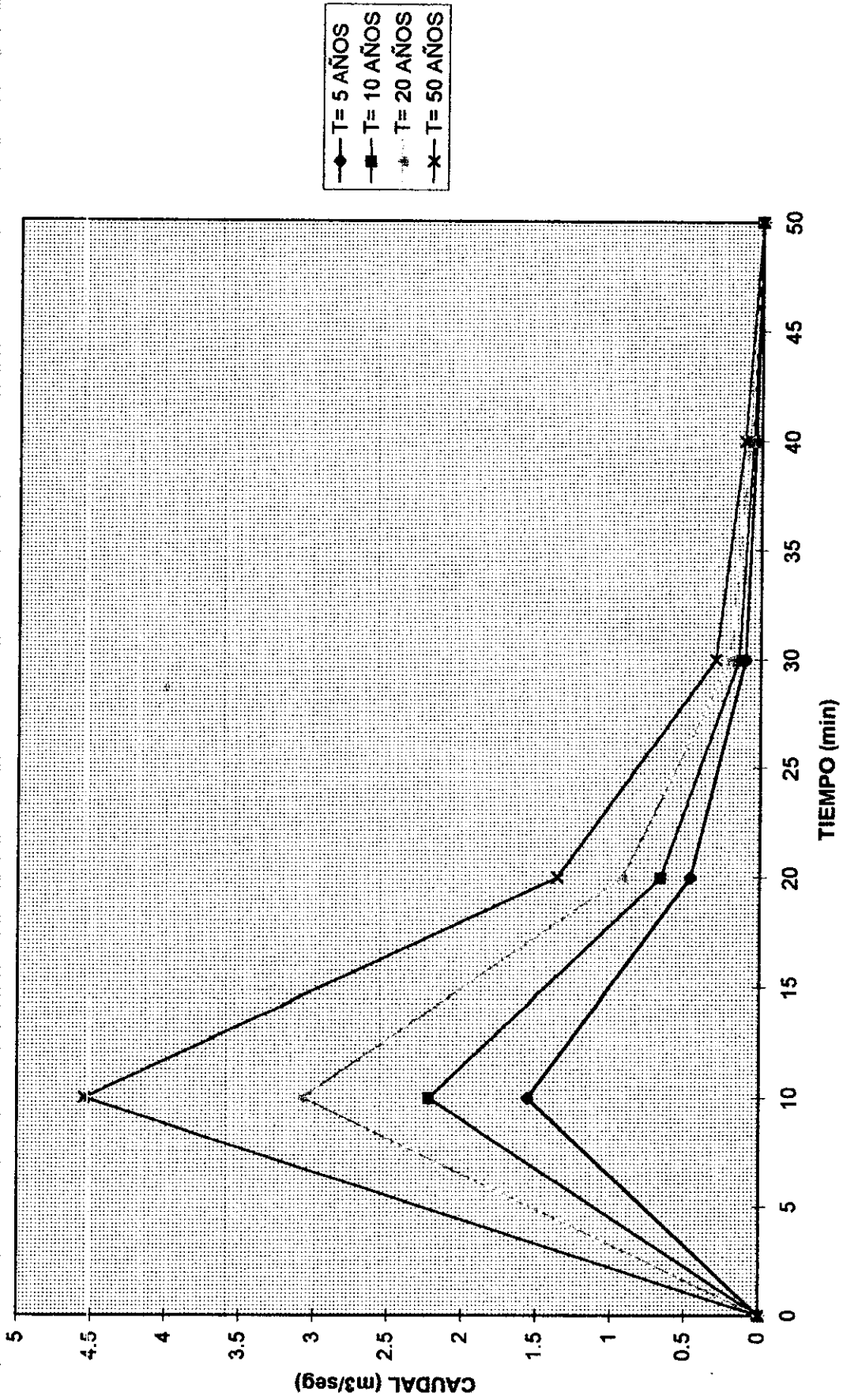
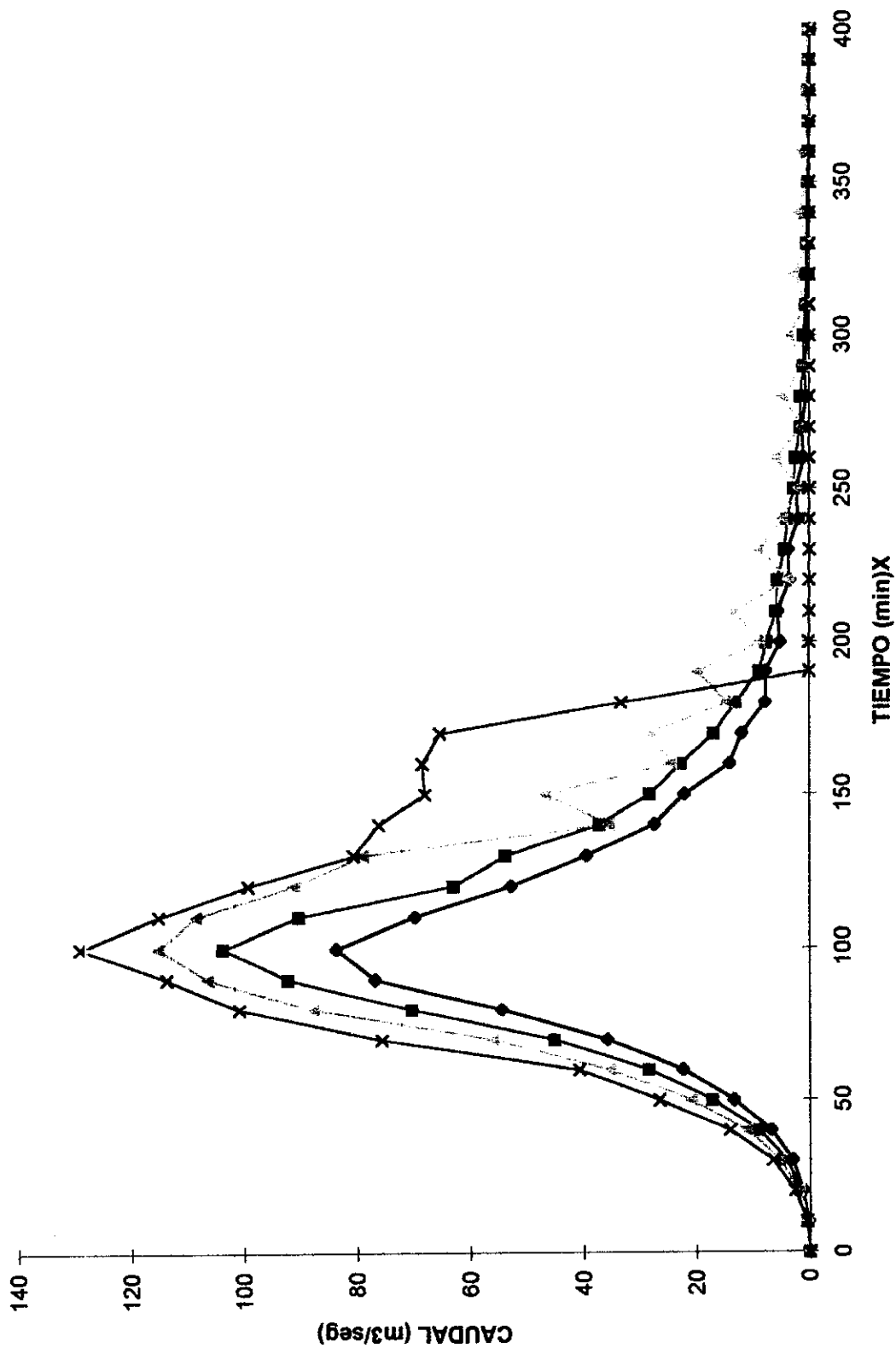


FIGURA No. 9.3.2.13. Hidrograma S.C.S. Cuenca Total

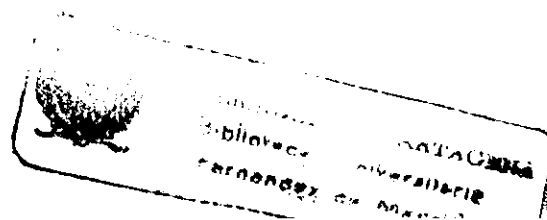


10. TRANSITO DE CRECIENTE A TRAVES DE LAS ESTRUCTURAS.

10.1 GENERALIDADES.

El tránsito de caudales se utiliza para el análisis del caudal a través de un sistema hidrológico a partir de una entrada. Existen dos clases de tránsito de sistemas, el agregado y el distribuido; En el agregado el flujo es sólo función del tiempo y se calcula en un lugar en particular. En el distribuido el flujo es una función del espacio y del tiempo en el sistema. El tránsito de crecientes a través de una estructura se considera como un tránsito agregado del cual se hablará en este capítulo.

Para realizar la modelación del tránsito a través de las estructuras se utilizó en Tránsito de la Piscina Nivelada, que se describe en el numeral 8.2. de la Referencia [7].



10.2 PRINCIPIOS DEL MODELO.

El tránsito de la piscina nivelada es un procedimiento mediante el cual se calcula el hidrograma de flujo de salida desde un embalse con una superficie de agua horizontal, dado su hidrograma de entrada y sus características de almacenamiento-caudal de salida.

Los principios del modelo son los siguientes:

Para un sistema hidrológico la entrada $I(t)$, la salida $Q(t)$ y el almacenamiento $S(t)$ se relacionan por la ecuación de continuidad:

(10.2.1)

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t)$$

Si T es el horizonte de tiempo y se divide en intervalos de duración Δt ; se tiene $t = 0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, j\Delta t, (j+1)\Delta t, \dots$, y se integra la ecuación (10.2.1.) sobre cada valor de estos intervalos:

(10.2.2.)

$$\int_{S_j}^{S_{j+1}} dS = \int_{j\Delta t}^{(j+1)\Delta t} I(t)dt - \int_{j\Delta t}^{(j+1)\Delta t} Q(t)dt$$

Suponiendo lineal la variación de los caudales de entrada y salida a lo largo del intervalo; la ecuación (10.2.2.) se reescribe de la siguiente forma:

(10.2.3.)

$$S_{j+1} - S_j = \frac{(I_j + I_{j+1}) \Delta t}{2} - \frac{(Q_j + Q_{j+1}) \Delta t}{2}$$

De esta ecuación se conocen I_j e I_{j+1} , ya que han sido preespecificados en el hidrograma de entrada. Q_j y S_j se conocen en el intervalo de tiempo j -ésimo a partir de los cálculos hechos durante el intervalo de tiempo previo.

Las incógnitas son:

Q_{j+1} y S_{j+1}

Multiplicando (10.2.3.) por $2/\Delta t$ y reordenando los términos para calcular Q_j y

S_{j+1}

(10.2.4.)

$$\left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} + Q_{j+1} \right) = (I_j + I_{j+1}) + \left(\frac{2S_j}{\Delta t} - Q_j \right)$$

Se necesita ahora una función almacenamiento-caudal de salida que relacione $2S/\Delta t + Q$ y Q :

Se determina una relación entre la elevación de la superficie de agua y almacenamiento; planimetrando el mapa topográfico o mediante estudios de campo.

Se determina una relación entre la elevación de la superficie del agua y el caudal de salida a partir de ecuaciones hidráulicas que relacionan cabeza y caudal.

Para cada valor de H se terminan los valores de Q y S y se calcula el valor de $2S/\Delta t + Q$, en donde Δt es el intervalo de tiempo del hidrograma de caudal de entrada.

Los valores de la parte derecha de la ecuación (10.2.4.) son conocidos, entonces el valor de $2S_{j+1} / \Delta t + Q_{j+1}$ pueden obtenerse. El valor de Q_{j+1} se puede determinar a partir de la función almacenamiento-caudal de salida $2S/\Delta t + Q$ Vs Q ya sea gráficamente o por interpolación lineal de los valores dados en forma tabular.

Con el fin de organizar la información requerida para el siguiente intervalo de tiempo, el valor de $2S_{j+1} / \Delta t - Q_{j+1}$ se calcula usando

(10.2.5.)

$$\left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} - Q_{j+1} \right) = \left(\frac{2S_j}{\Delta t} + Q_j \right) - 2Q_j$$

Este cálculo se repite para los subsiguientes períodos de tránsito.

10.3 INFORMACION REQUERIDA.

El método de la piscina nivelada se usará para hacer el tránsito de la creciente a través de las estructuras hidráulicas de la cuenca (culverts) descritas en el numeral 6.2.

El tránsito de la creciente a través de las estructuras se adapta al modelo de piscina nivelada descrito en el numeral anterior, haciendo las consideraciones pertinentes de la superficie de almacenamiento que se forma antes del culvert y de las relaciones hidráulicas de la estructura de salida.

La información requerida para desarrollar el método consiste en un hidrograma de entrada como el del S.C.S. descrito en el numeral 9.3.2. y

las relaciones de almacenamiento-caudal de salida, que se tratarán a continuación:

10.3.1 RELACION ALMACENAMIENTO-ELEVACION DE LA SUPERFICIE DEL AGUA.

Para las diferentes estructuras de la cuenca, se hizo un análisis sobre las condiciones de almacenamiento a la entrada de acuerdo con la topografía realizada y las visitas al campo. Para todas se pudo establecer el uso del método de la piscina nivelada; estableciendo dos tipos de volúmenes de almacenamiento como son:

1. Volúmen de almacenamiento en forma de cuña. Consiste en un volumen prismático formado por el terraplen de la carretera, la pendiente natural del terreno y la superficie del agua. Como se muestra en la figura 10.3.1.1.

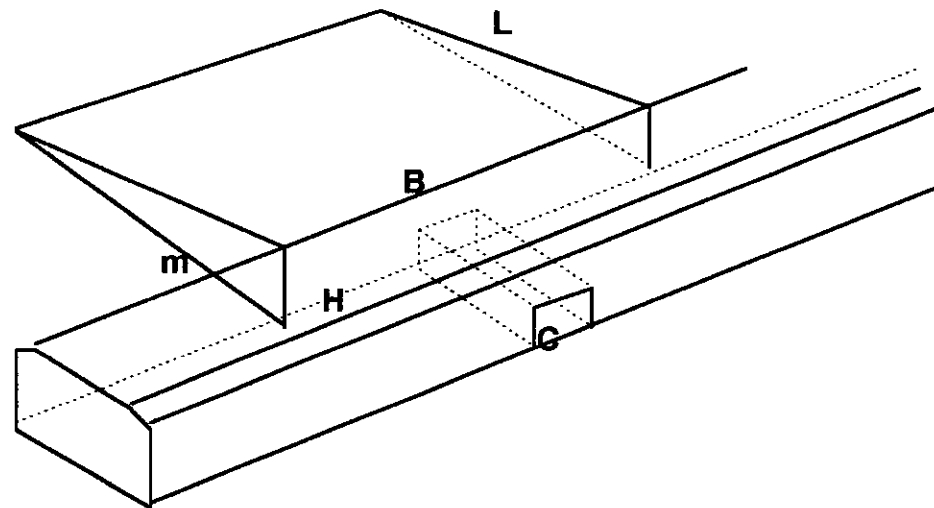


Figura. No. 10.3.1.1.

Del volumen se definen las siguientes variables:

B es la longitud aferente del culvert, que conforma el ancho de la cuña.

H es la altura de la lámina de agua.

L es de la superficie del agua a lo largo de la cuña.

m es la pendiente natural del terreno, $m=H/L$

C es el culvert.

La fórmula del volumen se deduce a partir del volumen del prisma cuyas bases son los triángulos rectángulos de catetos H y L e hipotenusa m que es la pendiente del terreno. La altura del prisma será el ancho B.

$$V = \text{Area de la base} * \text{Altura del prisma.} \quad (10.3.1.1.)$$

$$V = \left(\frac{H*L}{2} \right) * B \quad (10.3.1.2.)$$

$$V = \left(\frac{H*H}{2*m} \right) * B \quad (10.3.1.3.)$$

$$V = \left(\frac{H^2*B}{2*m} \right) \quad (10.3.1.4.)$$

2. Volumen de almacenamiento como una piscina de sección transversal trapezoidal. En este caso el volumen se forma por la sección transversal trapezoidal representativa a la entrada del culvert. En este caso la longitud de la superficie de almacenamiento es corta con respecto al ancho de la misma y por lo tanto no se tiene en cuenta el efecto de la pendiente del terreno y se considera el fondo como una superficie plana.

Ver Figura. 10.3.1.2.

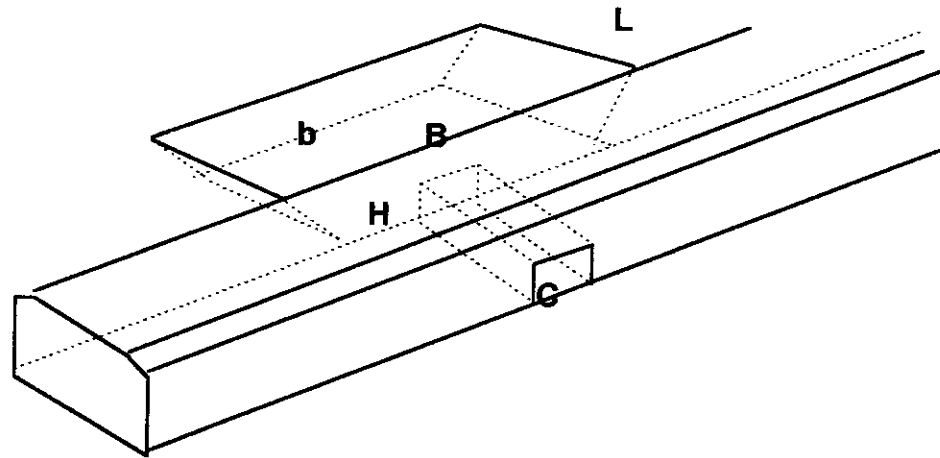


Figura No. 10.3.1.2.

De donde L es la longitud de la superficie del agua a lo largo del almacenamiento.

H es la altura de la lámina de agua.

B es el ancho de la base mayor de la sección trapezoidal para la altura de la lámina de agua H .

b es el ancho de la base menor para la sección trapezoidal.

La expresión para el volumen se deduce del volumen del prisma cuya base es un trapecio, de base menor b y base mayor B , y la altura es H . La altura del prisma es la longitud L .

$$V = \text{Area de la base} \cdot \text{Altura.} \quad (10.3.1.5.)$$

$$V = \frac{(B+b) \cdot H \cdot L}{2} \quad (10.3.1.6.)$$

$$V = (b \cdot H + (x_1 \cdot \frac{H \cdot H}{2}) + (x_2 \cdot \frac{H \cdot H}{2})) \cdot L \quad (10.3.1.7.)$$

$$V = (z_1 \cdot H + z_2 \cdot H \cdot H) \cdot L \quad (10.3.1.8.)$$

En donde x_1 y x_2 son las pendientes de los taludes de la sección trapezoidal.

$$z_1 = b \text{ y } z_2 = (x_1/2 + x_2/2)$$

Para los culverts de la Variante Cartagena y el Culvert No. 6 (Culvert del 13 sobre la Antigua Vía Férrea) el volumen de almacenamiento se consideró en forma de cuña y para los culverts restantes se consideró como una piscina de sección transversal trapezoidal con la forma de la sección inmediatamente a la entrada del culvert. Los parámetros para los cálculos de estos volúmenes se relacionan en las Tablas No. 10.3.1.1. y 10.3.1.2.

La escorrentía que se origina antes de la Variante no sigue cauces definidos, razón por la cual resulta difícil predecir el caudal que llegará a cada estructura, entonces la escorrentía total que llega desde la parte alta de la cuenca hasta la Variante Cartagena, se divide en partes iguales para cada una de las estructuras sobre esta vía y a cada una de ellas se le otorga

una longitud aferente de 50 m, lo cual constituye una distancia prudente para que la escorrentía llegue hasta la Variante Cartagena y se inicie el almacenamiento. En un principio se tomó esta longitud aferente como la mitad de la distancia entre dos estructuras consecutivas, pero al correr el modelo, los almacenamientos fueron excesivos, entonces, se hizo una visita minuciosa en el campo para detectar fielmente cual era la longitud del tramo de la carretera comprendida entre el culvert en la cual se producía el almacenamiento.

Tabla No. 10.3.1.1. Culverts con volúmenes de almacenamiento tipo cuña. Dimensiones de la cuña.

Culvert No.	Longitud Aferente (m)	Pendiente del terreno aguas arriba (m/m)
6	500	0.005
8	50	0.011
9	50	0.010
10	50	0.011
11	50	0.010
12	50	0.006
13	50	0.005
14	50	0.010
15	50	0.008
16	50	0.008
17	50	0.006
18	50	0.009
19	50	0.010
20	50	0.010
21	50	0.001
22	50	0.070
23	50	0.090
24	50	0.140
25	50	0.003
26	50	0.002

Tabla No. 10.3.1.2. Culverts con volúmenes de almacenamiento de sección transversal trapezoidal. Dimensiones.

Culvert No.	Base mayor B (m)	Base menor b (m)	z_1 (m)	z_2 (m)	Longitud (m)
1	13.2	6.5	6.5	4.71	30
2	14.3	9.5	9.5	3.00	14
3	17.6	4.0	4.0	3.06	10
4	10.5	1.8	1.8	1.97	5.0
5	16.0	7.2	7.2	1.80	4.0
7	8.0	2.7	2.7	2.00	3.5

10.3.2 RELACION ELEVACION DE LA SUPERFICIE DEL AGUA-CAUDAL DE SALIDA.

Para calcular la relación H Vs Q , se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

El culvert trabaja como un canal abierto hasta antes que el tirante del agua sea igual a la altura de éste. El caudal se obtiene mediante la fórmula de Manning.

(10.3.2.1.)

$$Q = \frac{R^{2/3} * S^{1/2} * A}{n}$$

En donde Q es el caudal en m^3/s .

R_h es el radio hidráulico en m.

S es la pendiente del canal en m/m

A es el área de la sección transversal en m^2

n es el coeficiente de rugosidad del material de que está hecho el canal ($n=0,012$ para el concreto).

Superada la altura del culvert, éste trabajará como una estructura sumergida en donde pueden presentarse diferentes condiciones de flujo, es decir, puede trabajar como un vertedero o como un orificio. Para calcular la altura de la lámina de agua se emplean los nomogramas ideados por la U.S. Bureau of Public Roads (Enero de 1963) ya sea que ésta trabaje con control a la entrada o con control a la salida. (Referencias [2] y [17]).

Un culvert trabaja con control a la entrada cuando su capacidad está regulada por la geometría de la sección (área, forma y naturaleza del contronó) y por la altura del agua a la entrada del conducto, no siendo afectada, en cambio, por la longitud, rugosidad y condiciones de salida de la alcantarilla. Para este caso el culvert se considera hidráulicamente corto. Si a los factores estos se añaden los de la longitud, la pendiente, la

rugosidad del conducto, pérdida de carga a la entrada y a veces la altura de agua a la salida; el culvert se considera hidráulicamente largo o con control a la salida.

Los culverts de la Variante Cartagena se consideran con control a la entrada ya que no existe una sección transversal definida aguas abajo. Entonces, la relación H vs Q que se quiere encontrar, se obtiene entrando en los nomogramas citados anteriormente de acuerdo con el tipo de culvert según la forma de la entrada, las diferentes alturas de la elevación del agua cuando el culvert está sumergido y con el valor de D (altura del culvert) para obtener un gasto en m^3/s . (Referencia [17])

Los restantes culverts se chequearon para el control a la entrada, y con el caudal obtenido así, el área, la longitud, el C_e (coeficiente de pérdidas a la entrada, obtenido de acuerdo con el tipo de forma a la entrada) se obtuvo la carga H , con la que puede calcularse la altura a la entrada usando la siguiente expresión:

(10.3.2.2.)

$$H_E = H + h_o - S_o * L$$

De donde h_o depende de la altura de agua a la salida, es decir, si H_S (altura de agua a la salida) es igual o mayor que la altura de agua de la alcantarilla

h_o es igual a H_S , y si la salida no está sumergida, el valor de h_o será igual al mayor valor entre H_S y $(d_c + D)/2$ en donde d_c es la altura crítica del conducto para el gasto de diseño, el cual se puede calcular con las figuras VII-97 a VII-99 de la Referencia [2]. S_o es la pendiente del conducto en m/m y L es la longitud del mismo en metros.

De la comparación de los HE con control a la entrada y control a la salida, se escoge el mayor ubicando así la sección de control para el culvert.

Tabla No. 10.3.2.1. Relaciones de H vs Q para los culvert No. 8 y No. 26 de la Variante Cartagena. Control a la entrada

HE (m)	HE/D	Q/B ($m^3/s/m$)	Q (m^3/s)
2.20	1.10	5.00	20
2.40	1.20	5.50	22
2.60	1.30	6.00	24
2.80	1.40	6.50	26
2.90	1.45	6.75	27

Tabla No. 10.3.2.2. Relaciones de H vs Q para los culvert No. 9-11-12-13-15 y 18 de la Variante Cartagena. Control a la entrada.

HE (m)	HE/D	Q (m^3/s)
1.1	1.22	1.3
1.3	1.44	1.5
1.5	1.66	1.7
1.7	1.88	1.9
1.8	2.00	2.0

Tabla No. 10.3.2.3. Relaciones de H vs Q para los culvert No10-16 y 17 de la Variante Cartagena. Control a la entrada.

HE (m)	HE/D	Q (m ³ /s)
1.1	1.22	2.6
1.3	1.44	3.0
1.5	1.66	3.4
1.7	1.88	3.8
1.8	2.00	4.0

Tabla No. 10.3.2.4. Relaciones de H vs Q para los culvert No. 14-20-22-23-24 y 25 de la Variante Cartagena. Control a la entrada

HE (m)	HE/D	Q/B (m ³ /s/m)	Q (m ³ /s)
2.20	1.10	5.00	10
2.40	1.20	5.50	22
2.60	1.30	6.00	24
2.80	1.40	6.50	26
2.90	1.45	6.75	27

Tabla No. 10.3.2.5. Relaciones de H vs Q para los culvert No. 19 y No. 21 de la Variante Cartagena. Control a la entrada

HE (m)	HE/D	Q/B (m ³ /s/m)	Q (m ³ /s)
2.6	1.04	6.1	24.4
2.8	1.12	7.1	28.4
3.0	1.20	7.5	30.0
3.2	1.28	8.2	32.8
3.4	1.36	9.0	36.0

Tabla No. 10.3.2.6. Relaciones de H vs Q para el culvert No. 1 sobre la vía Mamonal. Control a la entrada.

HE (m)	HE/D	Q/B (m ³ /s/m)	Q/caja (m ³ /s)	Q Total (m ³ /s)
2.0	1.05	4.6	13.34	40.02
2.2	1.16	5.2	15.08	45.24
2.4	1.26	5.8	16.82	50.46
2.6	1.37	6.4	18.52	55.56
2.8	1.55	7.1	20.59	61.77

Tabla No. 10.3.2.7. Relaciones de H vs Q para el culvert No. 2 sobre la vía Mamonal. Control a la entrada.

HE (m)	HE/D	Q/B (m ³ /s/m)	Q/caja (m ³ /s)	Q Total (m ³ /s)
2.2	1.1	5.0	14.50	43.50
2.4	1.2	5.5	15.95	47.85
2.6	1.3	6.0	17.40	52.20
2.8	1.4	6.5	18.85	56.55
3.0	1.5	7.0	20.30	60.90
3.2	1.6	7.5	21.75	65.25
3.4	1.7	8.0	23.20	69.60

Tabla No. 10.3.2.8. Relaciones de H Vs Q para el culvert No. 3 sobre la vía Mamonal.

HE (m)	CONTROL A LA ENTRADA				CONTROL A LA SALIDA			
	HE/D	Q/B (m ³ /sm)	Q/caj. (m ³ /s)	Qtotal (m ³ /s)	H (m)	HS (m)	h _o (m)	HE(m)
2.0	1.08	4.4	12.76	38.28	0.38	1.94	1.94	2.25
2.2	1.19	4.8	13.92	41.88	0.44	1.94	1.94	2.28
2.4	1.29	5.4	15.66	46.98	0.55	1.94	1.94	2.39
2.6	1.40	5.8	16.82	50.46	0.68	1.94	1.94	2.52
2.75	1.48	6.2	17.98	53.94	0.70	1.94	1.94	2.54

Tabla No. 10.3.2.9. Relaciones de H Vs Q para el culvert No. 4 sobre la Antigua Vía Férrea..

CONTROL A LA ENTRADA					CONTROL A LA SALIDA					
HE (m)	HE/D	Q/B	Q/caj	Qtot m ³ /s	H (m)	HS (m)	dc (m)	(dc+ D)/2	h _o (m)	HE (m)
2.0	1.02	4.4	9.90	19.80	0.35	1.6	2.00	1.97	1.97	2.18
2.2	1.13	4.9	11.02	22.05	0.42	1.6	2.19	2.07	2.07	2.35
2.4	1.23	5.5	12.37	24.75	0.50	1.6	2.35	2.15	2.15	2.50
2.55	1.31	6.0	13.00	26.00	0.56	1.6	2.45	2.20	2.20	2.61

Tabla No. 10.3.2.10. Relaciones de H Vs Q para el culvert No. 5 sobre la Antigua Vía Férrea..

CONTROL A LA ENTRADA					CONTROL A LA SALIDA					
HE (m)	HE/D	Q/B	Q/caj	Qtot m ³ /s	H (m)	HS (m)	dc (m)	(dc+ D)/2	h _o (m)	HE (m)
2.2	1.04	5.0	5.0	20.0	0.41	1.9	1.40	1.75	1.9	1.99
2.4	1.14	5.5	5.5	22.0	0.48	1.9	1.49	1.79	1.9	2.06
2.6	1.24	6.2	6.2	24.8	0.62	1.9	1.60	1.85	1.9	2.20
2.7	1.28	6.5	6.5	26.0	0.68	1.9	1.65	1.87	1.9	2.26

Tabla No. 10.3.2.11. Relaciones de H Vs Q para el culvert No. 6 sobre la Antigua Vía Férrea..

CONTROL A LA ENTRADA					CONTROL A LA SALIDA					
HE (m)	HE/D	Q/B	Q/caj	Qtot m ³ /s	H (m)	HS (m)	dc (m)	(dc+ D)/2	h _o (m)	HE (m)
2.3	1.02	5.5	5.5	21.17	0.40	1.6	1.49	1.87	1.87	1.89
2.5	1.11	6.2	6.2	23.87	0.45	1.6	1.60	1.92	1.92	2.00
2.7	1.20	6.6	6.6	25.41	0.55	1.6	1.66	1.95	1.95	2.13
2.85	1.26	7.2	7.2	27.72	0.65	1.6	1.75	2.00	2.00	2.27

Tabla No. 10.3.2.12. Relaciones de H Vs Q para el culvert No. 7 sobre la Calle 10.

CONTROL A LA ENTRADA					CONTROL A LA SALIDA						
HE (m)	HE/D	Q/B	Q/caj	Qtot m ³ /s	H (m)	HS (m)	dc (m)	(dc+ D)/2	h _o (m)	HE (m)	
2.7	1.08	6.8	6.8	17.00	0.58	1.7	1.7	2.10	2.10	2.67	
2.9	1.16	7.5	7.5	18.75	0.75	1.7	1.8	2.15	2.15	2.86	

10.4 MODELACION.

10.4.1 ESQUEMA DE LA HOJA DE CALCULO.

El esquema de la hoja de cálculo para el tránsito por el método de la piscina nivelada requiere como datos de entrada el período de retorno, las dimensiones del culvert, las dimensiones del almacenamiento y el hidrograma de entrada para el período de retorno seleccionado.

En una hoja previa a la del tránsito, se desarrolló la función almacenamiento-caudal de salida, para una variación constante de H (elevación de la superficie del agua) de 0.001 m, para la cual se obtuvieron:

- * El caudal Q en m^3 / s , por Manning hasta antes de la altura del culvert y de acuerdo con los nomogramas para el intervalo comprendido entre la altura del culvert y la rasante de la carretera. Como se explicó en el numeral 10.3.2.
- * El volumen de almacenamiento S en m^3 / s . según las características del volumen de almacenamiento para cada culvert.
- * Para valores de Q y S de un mismo H , se calcula $(2*S/\Delta T + Q)$ en m^3/s . para ΔT igual al intervalo de tiempo del hidrograma de entrada (10 minutos).

Continuando con la hoja de cálculo para el tránsito:

1. Columna 1. Se muestra el tiempo j .
2. Columna 2. El tiempo en minutos con Δt igual al Δt del hidrograma de entrada (10 minutos).
3. Columna 3. Se anota el caudal del hidrograma de entrada para cada intervalo de tiempo de la columna 2.

4. Columna 4. Es el cálculo del caudal de entrada propio de su índice de tiempo más el del anterior índice.
5. Columna 5. Cálculo de $2 \cdot S_j / \Delta t - Q_j$ para el primer intervalo es cero (0) ya que se consideran las condiciones de almacenamiento y de caudal nulas para un tiempo = 0.
6. Columna 6. Cálculo de $2S_{j+1}/\Delta t + Q_{j+1}$. A partir del segundo intervalo de tiempo, y que resulta de sumar el valor correspondiente a este mismo intervalo de la columna 4 más el correspondiente al intervalo anterior de la columna 5.
7. Columna 7. Es el caudal de salida en m^3/s que es el valor correspondiente al valor de la columna 6 buscado en la tabla de la función almacenamiento-caudal. El valor de la columna 6 menos dos veces el de la columna 7 produce el valor de la columna 5 para el mismo intervalo.

A continuación se presenta el esquema de la hoja de cálculo para el tránsito del hidrograma de entrada de tiempo de retorno de 5 años a través del

Culvert No. 8 de la Variante Cartagena. Las restantes se muestran en el Anexo D

En primer lugar, se realiza la función almacenamiento-caudal de salida para el volumen de almacenamiento, que para este caso es el tipo cuña. En columna A está la variación de la lámina de agua en metros para un incremento constante de 0.001 m. En la columna B se calcula el caudal para esta elevación por Manning hasta antes de la altura del culvert y en adelante por los nomogramas, como se explicó en el numeral 10.3.2. En la columna C, para esta misma variación de H se calcula el almacenamiento de acuerdo al tipo de volumen de almacenamiento seleccionado (tipo cuña). En la columna D se calcula la expresión $2 \cdot S / \Delta t + Q$, para $\Delta t = 10$ minutos. En la columna E aparece nuevamente el caudal calculado en la columna B.

En segundo lugar, para el tránsito de cuadales a través del culver, se coloca en la primera columna el índice de tiempo j, y en la segunda y tercera las coordenadas del hidrograma de entrada. Para el primer intervalo de tiempo S_1 y $Q_1 = 0$ debido a que el volumen de almacenamiento está inicialmente vacío, por lo tanto, $2 \cdot S_1 / \Delta t - Q_1 = 0$ también. Los valores del caudal de entrada son $I_1 = 0$ e $I_2 = 0.065$, luego, $(I_1 + I_2) = 0.065$. El valor de la función almacenamiento-caudal al final del intervalo de tiempo se calcula utilizando la ecuación 10.2.4. con $j = 1$

(10.2.4.)

$$\begin{aligned}
 (2 \cdot S_2 / \Delta t + Q_2) &= (I_1 + I_2) + (2S_1 / \Delta t - Q_1) \\
 &= (0.065) + 0 \\
 &= 0.065
 \end{aligned}$$

El valor de Q_{j+1} se obtiene a partir de la función "Buscar" de Excel, en donde para cada valor de $2 \cdot S / \Delta t + Q$ se encuentra el Q correspondiente, buscando en las tablas de la función almacenamiento-caudal de salida.

El valor encontrado fue de $Q_2 = 0.0447$ y el valor de $2 \cdot S_2 / \Delta t - Q_2$ necesario para la siguiente iteración se encuentra usando la ecuación (10.2.5.) con $j = 2$

(10.2.5.)

$$\begin{aligned}
 (2 \cdot S_2 / \Delta t - Q_2) &= (2 \cdot S_2 / \Delta t + Q_2) - 2Q_2 \\
 &= 0.065 - 2 \cdot 0.044 \\
 &= -0.0244
 \end{aligned}$$

Procediendo con el siguiente intervalo de tiempo $I_2 + I_3 = (0.065 + 0.2160) = 0.2810$ y el tránsito se lleva a cabo con $j = 2$ en (10.2.4.)

(10.2.6.)

$$(2 \cdot S_3 / \Delta t + Q_3) = (I_2 + I_3) + (2S_2 / \Delta t - Q_2)$$

$$= (0.2810) + (-0.0244)$$

$$= (0.2566)$$

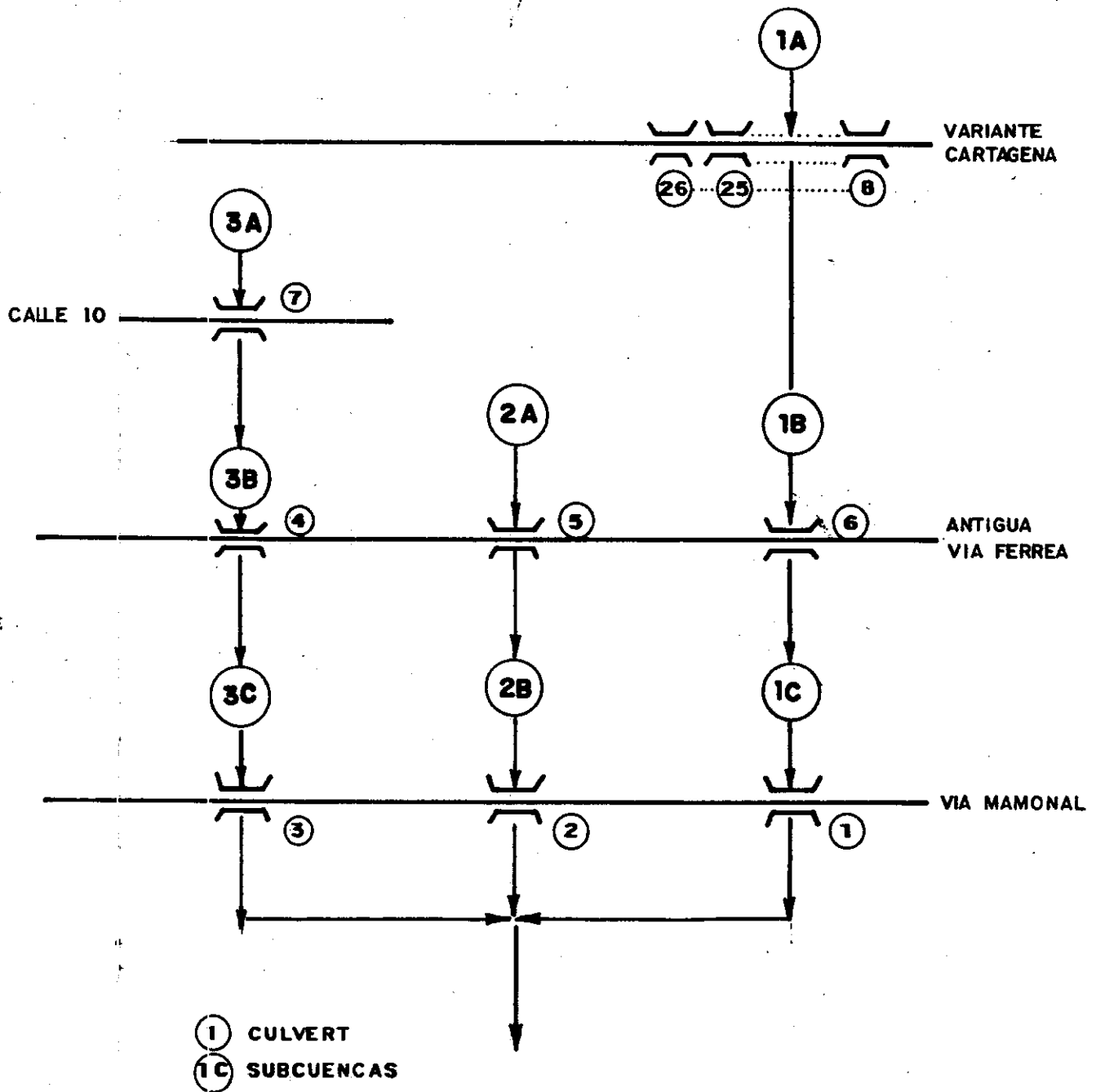
En la función buscar, se busca Q_3 para el valor anterior, y se tiene: $Q_3 = 0.1620$. Los cálculos para intervalos de tiempo subsecuentes se llevan a cabo en la misma forma.


10.4.2 DESARROLLO DEL MODELO A LO LARGO DE LA CUENCA.

Como se dijo en el numeral 5.2., la cuenca en estudio se dividió en 5 subcuencas, las 1, 2 y 3 formadas por arroyos; y las 4 y 5 formadas por escorrentías. Para los efectos del tránsito, sólo se tuvo en cuenta las tres primeras ya que las dos últimas no poseen estructuras hidráulicas.

En la figura 10.4.2.1. se muestra un esquema del tránsito de los hidrogramas a través de las diferentes estructuras, presentándose así hidrogramas de entradas e hidrogramas de salida para cada una de ellas.

TRANSITO AGREGADO DE CRECIENTES						
METODO DE PISCINA NIVELADA						
PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)			5			
CULVERT No.			8			
DIMENSIONES DEL CULVERT			DIMENSIONES DEL ALMACENAJE			
ANCHO B (m)	4		AMCHO b (m)		50	
ALTURA D (m)	2		PENDIENTE H/L (m)		0.011	
PENDIENTE (m/m)		0.001				
TRANSITO ATRAVES DEL EMBALSE DE DETENCION						
1	2	3	4	5	6	7
TIEMPO INDICE j	TIEMPO (Min)	Q Entrada (m3/seg)	ij+ij+1 (m3/seg)	2Sj/Dt-Qj (m3/seg)	2Sj+1/Dt+Qj+ QSalida (m3/seg)	QSalida (m3/seg)
1	0	0.0000	0.0000	0.0000		0.0000
2	10	0.0648	0.0648	-0.0366	0.0648	0.0507
3	20	0.2160	0.2808	-0.1191	0.2442	0.1817
4	30	0.4774	0.6934	-0.2399	0.5743	0.4071
5	40	1.1997	1.6771	-0.4842	1.4372	0.9607
6	50	1.9774	3.1771	-0.7316	2.6929	1.7123
7	60	2.4940	4.4714	-0.8614	3.7397	2.3006
8	70	2.7438	5.2378	-0.9297	4.3764	2.6530
9	80	2.6947	5.4385	-0.9350	4.5088	2.7219
10	90	2.0335	4.7282	-0.8737	3.7932	2.3335
11	100	1.3971	3.4306	-0.7047	2.5568	1.6308
12	110	0.9359	2.3330	-0.5315	1.6282	1.0798
13	120	0.6055	1.5414	-0.3760	1.0099	0.6930
14	130	0.4178	1.0233	-0.2686	0.6473	0.4580
15	140	0.2761	0.6939	-0.1910	0.4253	0.3082
16	150	0.1870	0.4631	-0.1322	0.2721	0.2021
17	160	0.1269	0.3140	-0.0926	0.1818	0.1372
18	170	0.0856	0.2125	-0.0650	0.1199	0.0924
19	180	0.0686	0.1541	-0.0470	0.0891	0.0681
20	190	0.0640	0.1325	-0.0460	0.0856	0.0658
21	200	0.0586	0.1226	-0.0417	0.0766	0.0591
22	210	0.0476	0.1061	-0.0370	0.0644	0.0507
23	220	0.0310	0.0785	-0.0257	0.0416	0.0336
24	230	0.0191	0.0501	-0.0146	0.0244	0.0195
25	240	0.0089	0.0280	-0.0079	0.0134	0.0107
26	250	0.0004	0.0093		0.0015	0.0011



 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: ESQUEMA DEL TRANSITO POR LAS ESTRUCTURAS DE LA CUENCA.	FIGURA No. 10.4.2.1
	BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL.	DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO	
	INTEGRANTES DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ	ESCALA:	FECHA: Noviembre 1998

SUBCUENCA 1

El hidrograma del área 1A se divide en partes iguales para las 19 estructuras de la Variante Cartagena, ya que esta cuenca no posee cauces definidos con los cuales se pueda cuantificar con exactitud qué caudal se aporta directamente a cada estructura. Estos hidrogramas se transitan por cada una de las estructuras de esta vía, ya sean box culverts o alcantarillas y los hidrogramas de salida así obtenidos se suman nuevamente para constituir un hidrograma total de aporte al área 1B.

Al hidrograma propio del área 1B se le suma el hidrograma total de salida del área 1A. Este hidrograma (1B +Salida 1A) constituye el hidrograma de entrada para realizar el tránsito a través de la Antigua Vía Férrea por el culvert No. 6, dando como resultado un hidrograma de salida 1B (Salida 1B).

Al hidrograma propio del área 1C se le suma el hidrograma de salida del área 1B, (1C +Salida1B). Este hidrograma será el hidrograma de entrada para el tránsito a través del culvert No. 1 de la Vía a Mamonal. El hidrograma de salida se le llama Salida1C.

SUBCUENCA 2.

El hidrograma del área 2A es el hidrograma de entrada para el tránsito por el Culvert No. 5 de la Antigua Vía Férrea. Se genera aquí un hidrograma de salida (Salida 2A).

El hidrograma Salida 2A , sumado al hidrograma propio del área 2B (Salida2A +2B) da como resultado el hidrograma de entrada del Culvert No.2 sobre la Vía Mamonal. Este hidrograma se transita por este culvert y se obtiene el hidrograma de salida Salida 2B.

SUBCUENCA 3

El hidrograma del área 3A constituye el hidrograma de entrada del Culvert No. 7 sobre la calle 10, el cual transitado da como resultado el hidrograma Salida 3A.

El hidrograma Salida3A sumado al hidrograma del área 3B será entonces el hidrograma de entrada al Culvert No. 4 sobre la Antigua Vía Férrea, que al transitarse generará el hidrograma de Salida 3B.

El hidrograma de Salida 3B sumado al hidrograma propio del área 3C será el hidrograma de entrada para el culvert 1. Mediante el tránsito a través de este culvert se genera el hidrograma de Salida 3C.

10.5 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Analizando los resultados obtenidos en las hojas de cálculo del tránsito de crecientes a través de las estructuras hidráulicas se puede concluir lo siguiente con respecto al funcionamiento actual del sistema:

CULVERTS SOBRE LA VARIANTE CARTAGENA.

El tránsito del hidrograma que va desde la parte alta de la cuenca hasta la Variante Cartagena por los culverts de ésta, hace que se produzca un almacenamiento temporal y se disminuya el pico del hidrograma; lo que se manifiesta en la diferencia entre los hidrogramas de entrada y salida. Esto no quiere decir que los culverts no tienen capacidad para evacuar todo el caudal, sino que debido a que no existe un cauce definido, el caudal se va a almacenar a lo largo de la carretera.

Los box culverts de 2.00 m. x 2.00 m y de 2.00 m x 4.00 m trabajarán bien hasta una altura de lámina de agua 40 cm por debajo de la subrasante, es

decir, hasta una altura de 2.50 m para la cual el caudal oscila entre 22 y 24 m³/s. Superada esta altura de la lámina de agua el culvert es capaz de evacuar el caudal hasta 27 m³/s pero es posible que se afecten las condiciones de la subrasante de la vía y ocurran inundaciones en las zonas aguas arriba del culvert. El caudal máximo esperado para cada culvert hasta un tiempo de retorno de 50 años es de 6.45 m³/s por lo que puede observarse que estos culverts trabajarán bien. Igual sucede con los culverts de 2.50 m x 4.00 m donde la capacidad máxima para que funcione en condiciones óptimas es de 30 m³/s para una altura de lámina de agua de 3.00 m.

Para las alcantarillas sencillas el caudal máximo será de 2 m³/s trabajando con una lámina de agua hasta el borde de la vía, luego no trabajarán bien para ninguno de los caudales esperados para los diferentes períodos de retorno pues para el de 5 años el caudal máximo es de 2.74 m³/s. Esto hace que se pronuncie el efecto del almacenamiento aguas arriba de estas alcantarillas.

Para las alcantarillas dobles, cuya capacidad máxima es de 4.00 m³/s trabajarán bien hasta períodos de retorno entre 10 y 20 años; para 50 años al igual que para las alcantarillas sencillas, mostrarán el efecto de almacenamiento.

De lo anterior se puede deducir que el almacenamiento temporal antes de la Variante Cartagena se debe a las alcantarillas dobles y sencillas, pues los box culverts trabajarán en buenas condiciones. Ver Figura 10.5.1.

CULVERT No. 6

Este culvert es capaz de evacuar un caudal de $184.2 \text{ m}^3/\text{s}$, esto es como canal abierto, lo que se debe a su elevada pendiente (6.2 %). Para un período de retorno de 50 años el caudal esperado es de $82.04 \text{ m}^3/\text{s}$. El efecto de almacenamiento a la entrada del Culver se debe a que el caudal no llega a él en un cauce definido sino que se almacena antes en una gran planicie de inundación.

CULVERT No. 1

La capacidad máxima de este culvert es de $61.77 \text{ m}^3/\text{s}$ para una lámina de agua a la entrada hasta el borde de la subrasante, y para estas condiciones puede trabajar bien para los períodos de retorno de 5 a 10 años, para los de 20 años en adelante la capacidad del culvert no es suficiente, pues los caudales máximos de entrada son de 63.6 y $83.6 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. La

superficie de almacenamiento a la entrada de este culvert es pequeña y es probable que el agua se desborde sobre la vía. Ver figura No. 10.5.2.

CULVERT No. 5

La capacidad máxima del Culvert No. 5 trabajando como canal abierto es de $164.22 \text{ m}^3/\text{s}$ lo que se debe a su elevada pendiente (5.33%); el fenómeno es muy parecido al que ocurre en el Culvert No. 6. Este culvert puede evacuar grandes caudales sin llegar a la condición sumergida, por lo que no presentará problemas para ninguno de los períodos de retorno considerados. La superficie de almacenamiento a la entrada de este culvert no es muy grande, por lo cual no habrá mucho almacenamiento; hecho que se muestra en la coincidencia de los hidrogramas a la entrada y a la salida de este Culvert. Ver Figura No. 10.5.4.

CULVERT No. 2

Este culvert, con capacidad máxima de $69.6 \text{ m}^3/\text{s}$ puede evacuar todos los caudales esperados hasta crecientes de 50 años. Ver Figura No. 10.5.5.

CULVERT No. 7

Este culvert muestra una capacidad máxima de $17.06 \text{ m}^3/\text{s}$, para los caudales esperados, este culvert trabajará bien. Ver Figura No. 10.5.6.

CULVERT No. 4

La capacidad máxima es de $94.14 \text{ m}^3/\text{s}$ trabajando como canal abierto y será capaz de evacuar todos los caudales de los períodos de retorno considerados sin llegar a la condición sumergida, por sus condiciones de pendiente elevada del 2 %. Sólo se presentará un pequeño almacenamiento temporal en la entrada. Ver Figura No. 10.5.7.

CULVERT No. 3

La capacidad máxima es de $53.94 \text{ m}^3/\text{s}$ y trabajará bien para los períodos de retorno considerados. En el caso del canal del arroyo Arroz Barato, su capacidad alcanza hasta los $10.34 \text{ m}^3/\text{s}$. y para un período de retorno de 5 años, el caudal máximo es de $15.11 \text{ m}^3/\text{s}$ lo que muestra una capacidad insuficiente. Ver Figura No. 10.5.8.

En la siguiente tabla se resumen los resultados de los caudales máximos esperados y la capacidad de los culverts.

Tabla No. 10.5.1. Cuadro comparativo de capacidades de los culverts y caudales máximos esperados.

Culvert:	Capacidad (m ³ /s)		Caudales máximos esperados (m ³ /s)			
	HE Total	HE -0.4m	5 años	10 años	20 años	50 años
8 y 26	27.00	22.00	2.74	3.66	4.69	6.46
9, 11, 12, 13, 15 y 18	2.00	1.50	2.74	3.66	4.69	6.46
10, 16 y 17	4.00	3.00	2.74	3.66	4.69	6.46
11, 20, 22, 23, 24 y 25	27.00	22.00	2.74	3.66	4.69	6.46
19 y 21	36.00	30.00	2.74	3.66	4.69	6.46
6		184.20	39.87	51.55	63.62	82.04
1	61.77	50.46	40.29	52.08	63.67	83.66
5		164.22	12.84	16.55	21.32	29.07
2	69.60	60.90	20.66	25.88	31.93	40.42
7	18.75	17.00	5.79	7.61	10.32	14.25
4		94.14	12.32	15.69	20.21	25.67
3	53.94	41.88	15.12	19.04	24.35	30.99

FIGURA No. 10.5.1. HIDROGRAMAS DE ENTRADA Y SALIDA PARA LA SUBCUENCA1A A TRAVES DE LA VARIANTE CARTAGENA

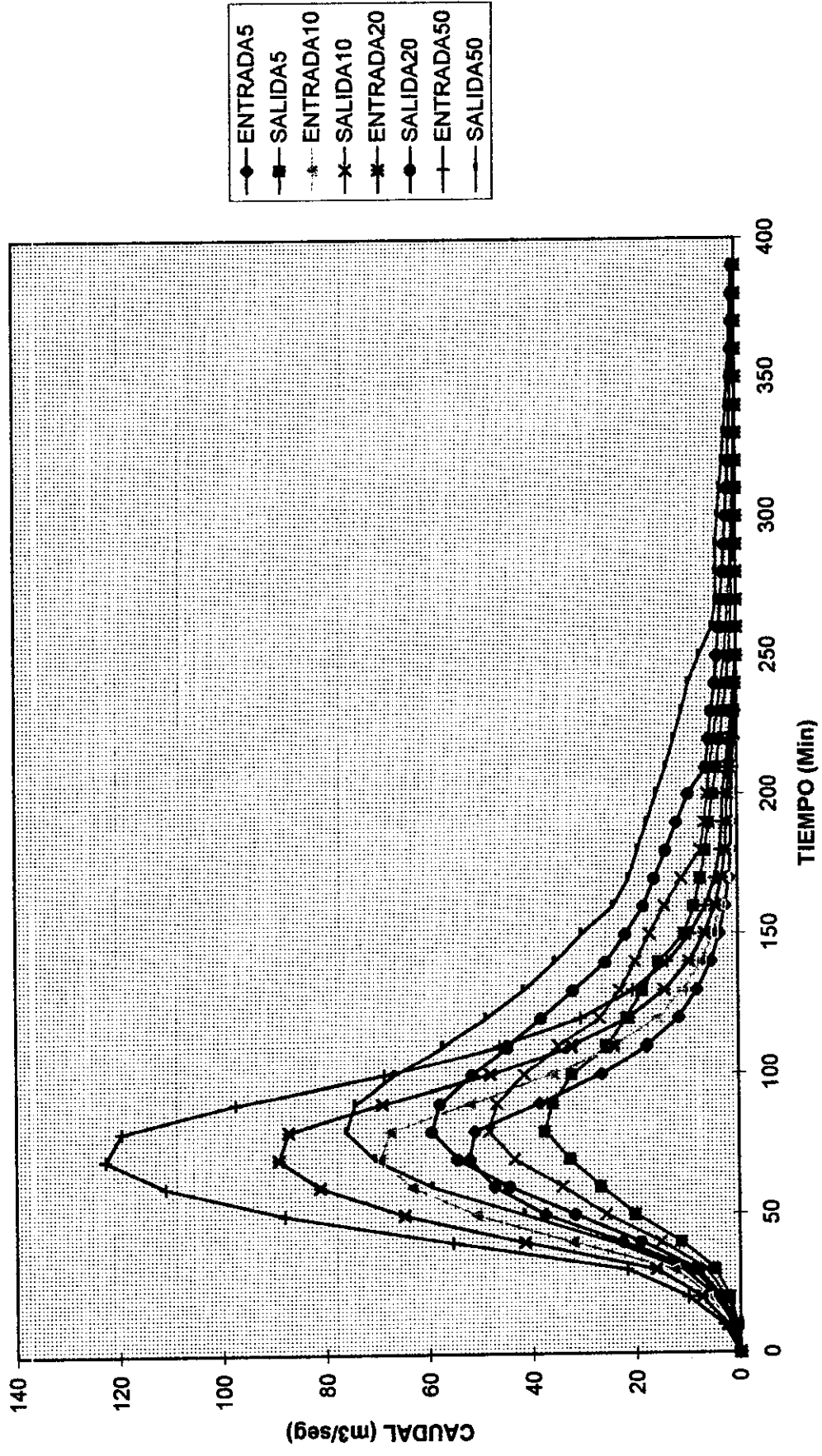


FIGURA No. 10.5.5. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 2.

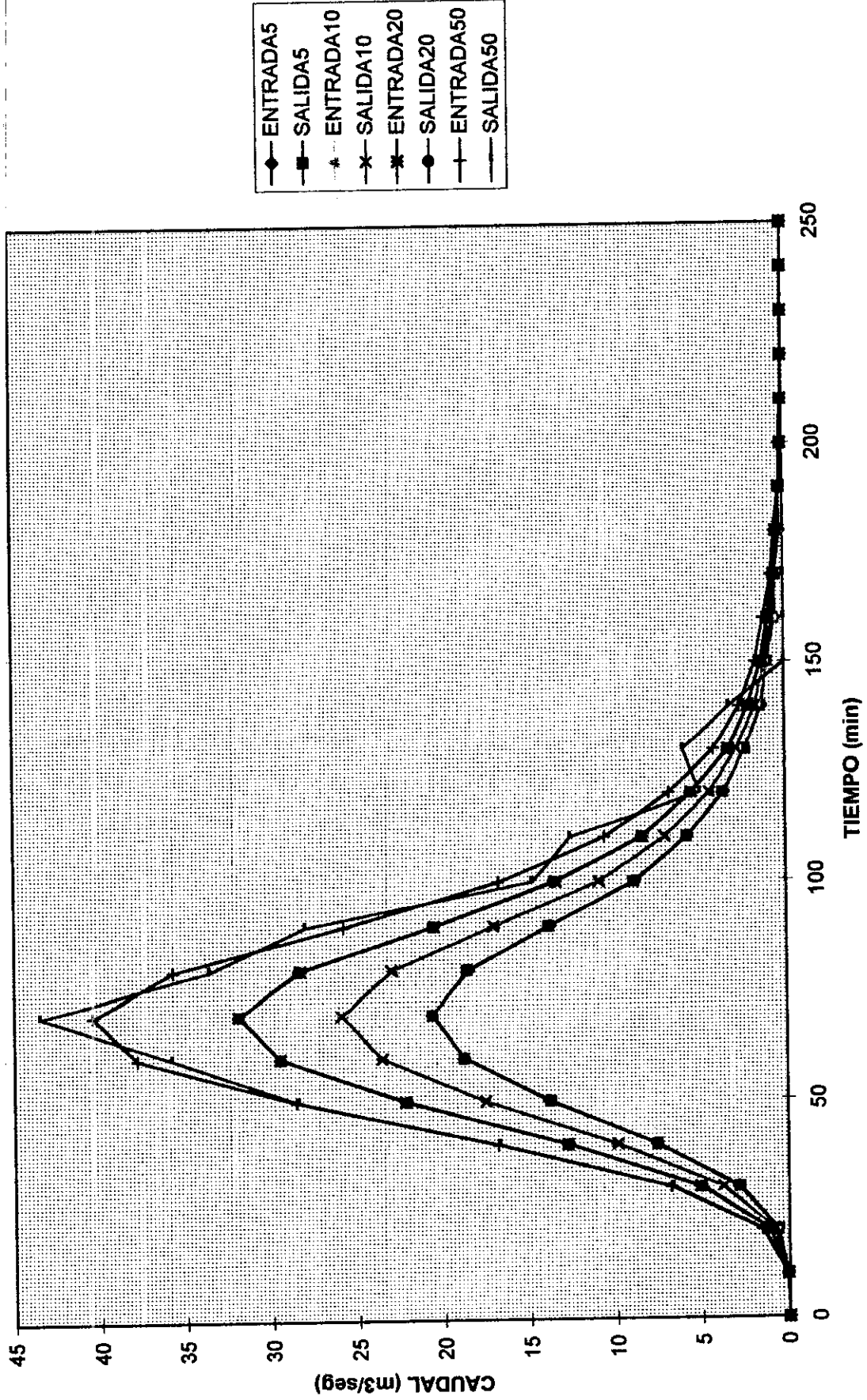


FIGURA No. 10.5.6. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 7

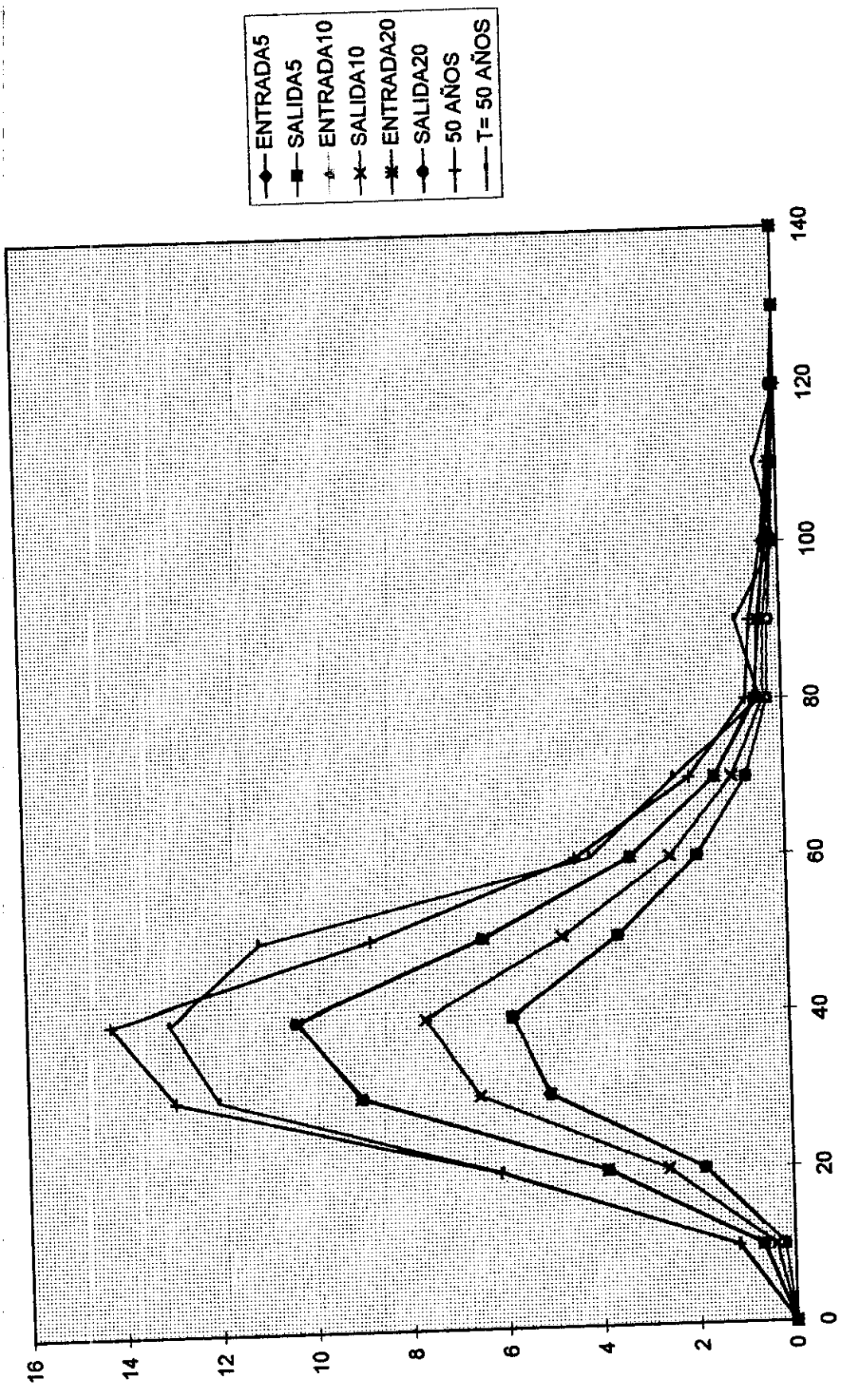


FIGURA No. 10.5.7. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 4

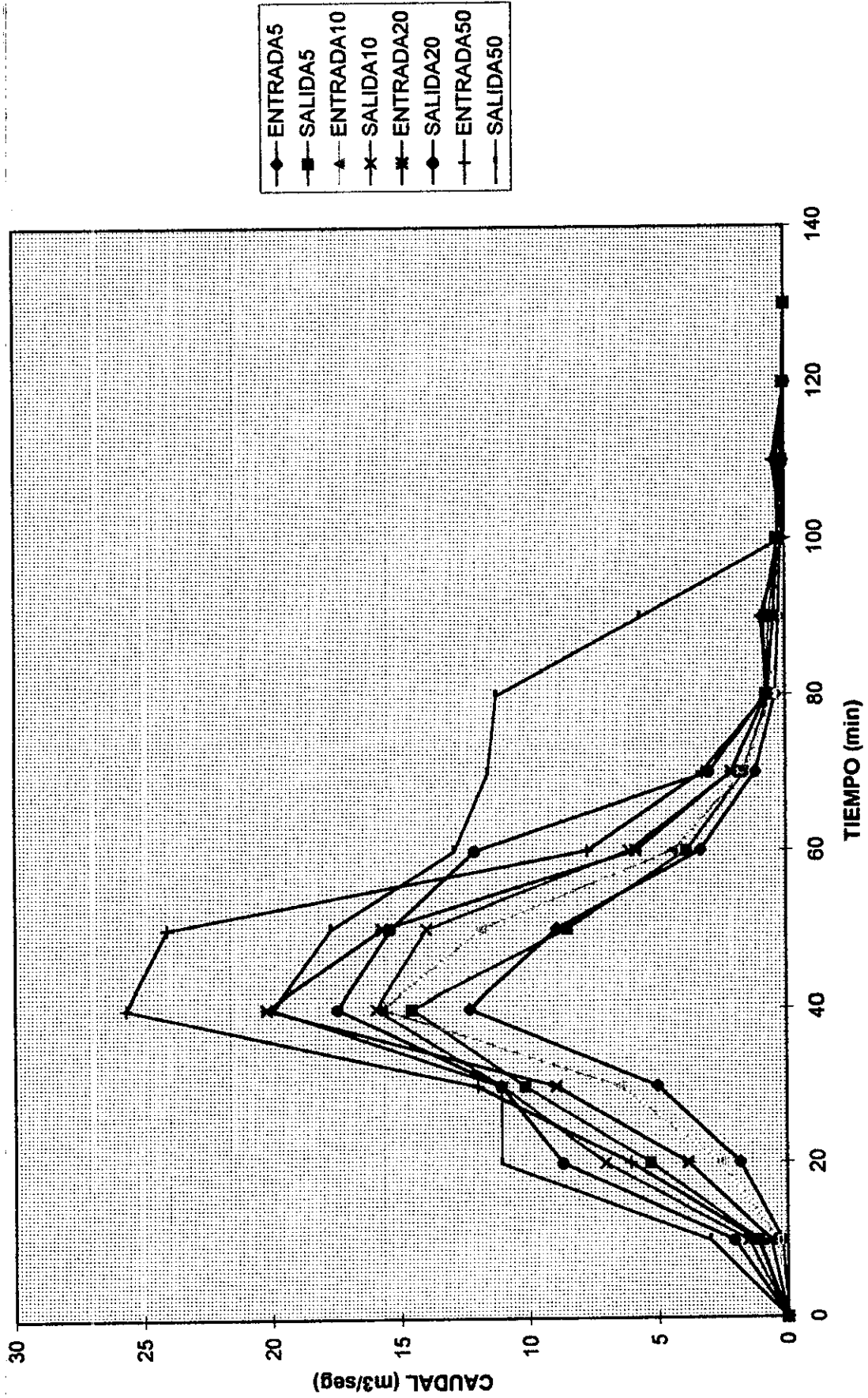
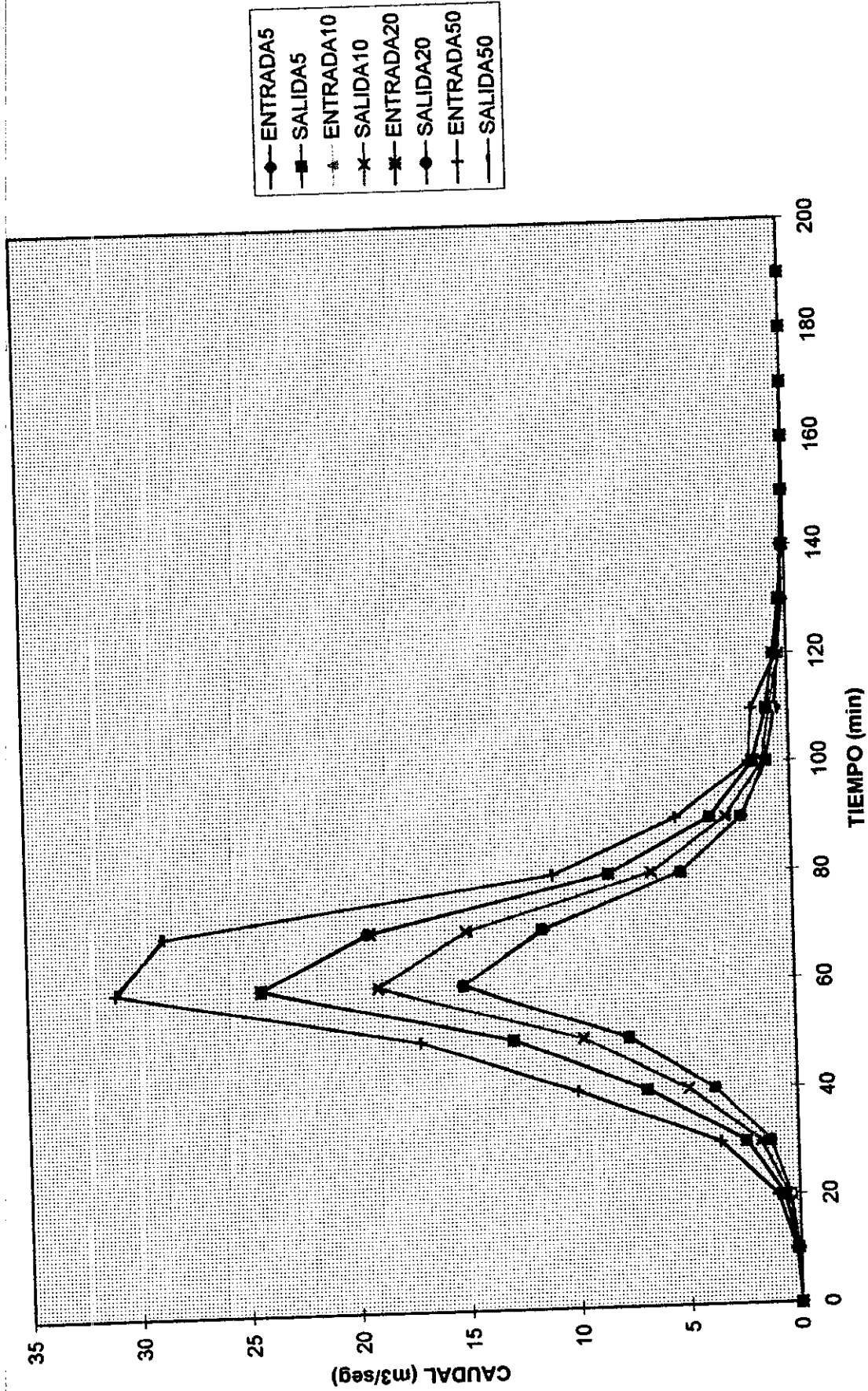


FIGURA No. 10.5.8. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 3



11. CARACTERISTICAS FISICAS E HIDRAULICAS DE LOS CANALES

En lo que respecta a la cuenca en estudio, existen sólo tres canales bien definidos ubicados en la parte intermedia de la cuenca entre la Antigua Vía Férrea y la Vía a Mamonal, con longitudes entre los 1100 y los 625 metros. Este capítulo se referirá al comportamiento de estos canales.

11.1 COEFICIENTE DE MANNING

Es el coeficiente de rugosidad de un canal dado e indica la resistencia del mismo al escurrimiento.

El n de Manning puede ser estimado, de acuerdo con el método de Cowan, ponderándolo de la siguiente forma:

(11.1.1.)

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

De donde:

n_0 es el valor básico del coeficiente establecido según el material para un canal recto, liso de sección uniforme.

n_1 es una corrección adicional para tener en cuenta los efectos de la irregularidad superficial.

n_2 es una corrección adicional para tomar en cuenta las variaciones de forma y tamaño de las secciones.

n_3 es una corrección adicional para tomar en cuenta los efectos de las obstrucciones producidas por arrastres, troncos flotantes.

n_4 es una corrección adicional para tomar en cuenta el efecto de la vegetación en el cauce.

m_5 es un factor de corrección para tomar en cuenta el efecto de los meandros.

Estos valores se encuentran en las Tabla No. 5.5. de la Referencia [6].

Los n de Manning se hallaron para los cauces comprendidos entre la Antigua Vía Férrea y la Vía a Mamonal.

* Arroyo Arroz Barato. Para el tramo comprendido entre el culvert de Arroz Barato y Culvert de Biofilm.

* Arroyo Policarpa. Desde el culvert en la Antigua Vía Férrea y el Culvert en la Vía a Mamonal.

Arroyo Cospique. Tramo comprendido desde el culvert del 13 y culvert de Telecartagena.

Tabla No. 11.1.1. Cálculo de los coeficientes de Manning.

CONDICIONES DEL CANAL	A. A. BARATO		A. POLICARPA		A. COSPIQUE	
	Desc.	Valores	Desc.	Valores	Desc.	Valores
n_0 Material involucrado	Tierra	0.020	Tierra	0.020	Tierra	0.020
n_1 Grado de irregularidad	Suave	0.000	Suave	0.000	Suave	0.000
n_2 Variaciones de la sección transversal	Gradual	0.000	Gradual	0.000	Gradual	0.000
n_3 Obstrucciones	Insignificante	0.000	Menor	0.010	Menor	0.010
n_4 Vegetación	media	0.0175	Baja	0.005	Baja	0.005
n_5 Grado de los efectos por meandro	menor	1.000	Menor	1.000	Menor	1.000
n		0.0375		0.035		0.035

11.2 SECCION PROMEDIO DE LOS ARROYOS.

La irregularidades de los canales hace que se presenten variaciones en la sección transversal en tamaño y forma a lo largo de la longitud del canal, este efecto es más notorio en canales naturales, en donde, debido a la presencia de barras de arena, ondas arenosas, depresiones y relieves en el lecho del canal hacen necesario el levantamiento de secciones

transversales para calcular una sección promedio de manera que ésta sea lo más representativa para el canal y así simplificar los cálculos..

Para los canales de la cuenca en estudio pudo observarse que las secciones transversales se ensanchan a la entrada y salida de los culverts, es decir, al principio y final del canal, pero a lo largo de toda su longitud estas secciones muestran cierta uniformidad, lo que hace posible el cálculo de una sección promedio que resulta representativa para el canal considerado. Ver Anexo E.

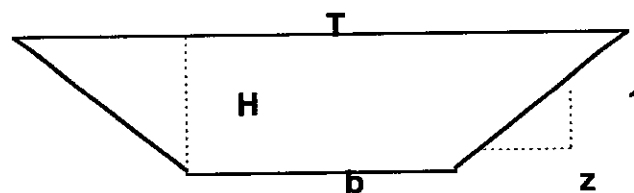


Fig. No. 11.2.1.

En donde T es el ancho del canal, b es la base menor, H es la profundidad, z es la pendiente del talud lateral y L es la longitud del canal.

Tabla No. 11.2.1. Dimensiones de la sección promedio de los arroyos.

ARROYO	A. BARATO	POLICARPA	GOSPIQUE
T (m)	8.4	6.2	8.4
b (m)	3.8	4.5	2.7
z	1.78	0.447	1.78
H (m)	1.6	1.9	1.6
S (m/m)	0.00128	0.0005	0.00036
L (m)	625	780	1100
n	0.0375	0.035	0.035

11.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS CANALES POR MANNING

Si se considera el flujo uniforme en un canal abierto, es decir, se supone el gasto, el área transversal, la velocidad y la profundidad en cada sección del canal son constantes; y el gradiente de energía, la línea del nivel superficial y el fondo del canal paralelos; puede emplearse la fórmula de Manning:

(11.3.1.)

$$Q = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A}{n}$$

En donde: Q es el caudal en m³/s, R es el radio hidráulico en metros, S es la pendiente del canal expresada como la tangente del ángulo de inclinación y n el coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla No. 11.3.1. Capacidad de los canales por Manning.

Y (m)	ARROZ BARATO			POLICARPA			COSPIQUE		
	A (m ²)	R (m)	Q (m ³ /s)	A (m ²)	R (m)	Q (m ³ /s)	A (m ²)	R (m)	Q (m ³ /s)
0.2	0.831	0.18	0.252	0.91	0.185	0.19	0.612	0.173	0.10
0.4	1.8	0.33	0.825	1.87	0.348	0.59	1.36	0.314	0.34
0.6	2.92	0.47	1.678	2.86	0.492	1.13	2.26	0.438	0.70
0.8	4.17	0.59	2.8	3.88	0.62	1.8	3.29	0.552	1.20
1.0	5.58	0.70	4.22	4.94	0.739	2.58	4.48	0.66	1.84
1.2	7.12	0.818	5.94	6.04	0.847	3.458	5.8	0.763	2.628
1.4	8.8	0.925	7.98	7.17	0.948	4.42	7.26	0.86	3.57
1.6	10.63	1.029	10.34	8.34	1.04	5.48	8.87	0.961	4.6
1.8				9.54	1.13	6.62			
1.9				10.16	1.17	7.21			

Para los efectos de este proyecto, resulta valioso calcular la capacidad de los arroyos aplicando Manning, considerando el flujo permanente y uniforme; con el fin de obtener el caudal máximo que pueden albergar estos arroyos y compararlos con los caudales obtenidos de los hidrogramas de salidas del

modelo del tránsito por las estructuras. Para ésto se observó que la capacidad de los canales resulta insuficiente aún para las primeras ordenadas del hidrograma. En el modelo del tránsito de crecientes por los canales* no se tiene en cuenta el efecto del desbordamiento sino que se supone una sección infinita que está albergando un caudal que en la realidad está desbordándose. Para los efectos de este trabajo no resulta práctico hacer este tránsito y mejor se toma en cuenta el caudal transitado por la estructura aguas arriba del canal y el hidrograma propio del área para transitarlo por la estructura aguas abajo del canal; y se pueden obtener resultados satisfactorios.

*Para realizar el tránsito de los hidrogramas de crecientes a través de los canales de las cuencas, se estudiaron los modelos desarrollados para tal fin como fueron el Método de Muskingum-Kunge (Referencia [7]) y el expuesto por el Ing. Javier Mouthón Bello en el Capítulo 3 del libro "Modelación Matemática de Recursos Hidráulicos" (Referencia [18]).

Estos modelos, desarrollados mediante métodos numéricos, requieren de ciertas condiciones para tener estabilidad numérica. En el intento de aplicar estos modelos a los arroyos de la cuenca se obtuvieron inconsistencias en los resultados, lo que quizá se deba a la poca longitud de los canales como en el caso del método de Muskingum-Kunge, que requiere diferenciales de

longitud bastante grandes; sumado a ésto, los arroyos tienen pendientes y secciones transversales pequeñas y son susceptibles a desbordamientos aún para las crecientes más pequeñas consideradas

12. BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO.

El manejo de una cuenca hidrográfica, corresponde al uso racional que el hombre haga de los recursos naturales (agua, suelo, flora, fauna) que existen dentro de los linderos y no debe ser orientado simplemente a resolver los problemas del suministro de agua. Los objetivos para el manejo de cuencas deben hacer frente a los problemas del uso de la tierra y el agua, no en términos de cualquier recurso, sino sobre la base de que todos éstos dependen uno del otro y deben considerarse, por consiguiente todos unidos, con un enfoque integrado. Referencia [9].

12.1 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA.

La zona es potencialmente industrial. Mamonal es foco creciente de industrias. Sin embargo, son contadas las industrias que se encuentran en la cuenca en estudio. Dentro de muy pocos años estas zonas pueden estar industrialmente habitadas por la naturaleza misma del sector.

En la cuenca están definidas una zona montañosa formada por pastos, bosques y zonas agrícolas . En la parte intermedia, se desarrolla el complejo industrial con zonas de barrios marginales propensas a inundaciones; De acuerdo con el Plan de Ordenamiento de Cartagena (Ver Figura 5.8.2.1.) esta parte intermedia y la baja están destinadas completamente a la industria mediana y pesada y hacia la parte alta se proyectan actividades comerciales especiales.

Con la construcción de la Variante Cartagena y la Carretera Gambote Mamonal se aumentan las vías de acceso hacia el complejo industrial y se crea una comunicación directa a nivel terrestre con el resto del país. Por ser las vías elementos generadores del progreso de una región, y por ser ésta una zona con vocación industrial, es de esperarse que la faja aledaña a ésta, que en la actualidad es una zona rural, sea poblada industrial y comercialmente dentro de pocos años.

Geológicamente, la cuenca se encuentra enmarcada por elevaciones con formaciones de calizas arrecifales (Lomas de Albornoz, Cospique y Turbaco), y en su mayoría abunda la presencia de arcillas, areniscas y conglomerados . En la parte baja las formaciones son de tipo aluvial.

Geomorfológicamente hablando, se definen tres zonas, una de tipo montañosa, una de pendientes suaves y una zona plana .

El régimen de lluvias se caracteriza por dos épocas bien diferenciadas, el verano, durante la primera parte del año, y el invierno durante la segunda mitad.

La vegetación, propia del bosque seco tropical, se ve afectada por el régimen de las lluvias, en épocas de verano, la vegetación, caracterizada por rastrojos bajos y arbustos, es escasa o se seca; y con la llegada del invierno la vegetación es más tupida, sobretodo en la parte alta de la cuenca. La fauna existente, en donde abundan las especies de reptiles, se concentra en esta misma parte.

Debido a las características geomorfológicas, la hidrografía se caracteriza por sistemas de drenajes generados desde la parte alta de la cuenca donde no existe una definición del cauce principal sino una serie de recorridos que sigue el agua al iniciarse la escorrentía superficial, para confluir en arroyos de poca capacidad hidráulica y que pasan secos durante la mayor parte del año. Debido a la naturaleza impermeable de los suelos, los flujos de escorrentía son altos y la forma de la cuenca es alargada. Todos estos

factores sumados hacen que cualquier cambio brusco en el paisaje influya directamente en el drenaje de la cuenca, siendo entonces necesario hacer un ordenamiento del uso del suelo con el fin de hacer un uso racional y sostenible de del mismo.

Un hecho de gran relevancia en la cuenca es el estado físico de los arroyos, los cuales se ven maltratados por la comunidad, ya que ésta no ha sido educada para convivir con ellos; convirtiendo los arroyos en basureros y cloacas. Además, los arroyos no tienen ningún mantenimiento durante todo el año. Sin embargo, las aguas no presentan un alto índice de contaminación y tampoco se detectó la presencia de residuos industriales en ellos en los análisis de laboratorio realizados.

12.2 ORDENAMIENTO.

Para realizar el Plan de Ordenamiento de la cuenca en estudio, se hizo uso de los modelos descritos en los capítulos 9 y 10, haciendo simulaciones de las condiciones de la zona de acuerdo con los posibles usos del suelo y evaluar el funcionamiento hidrológico del sistema.

Se propuso un ordenamiento tomando como punto de partida el Plan de Ordenamiento existente tratando de mejorar el estado ambiental en el marco de un desarrollo sostenible.

Se propone hacia la parte alta de la cuenca, conservación y mejoramiento de los bosques con el fin de evitar la erosión hídrica y facilitar la interceptación de las lluvias amortiguando el efecto de la esorrentía; lo que significaría un control en la esorrentía y la torrencialidad de la cuenca. Destinar una zona donde se combinen los cultivos y el pastoreo. Y por último, una zona dedicada a las actividades comerciales en una franja de aproximadamente 500 metros a lado y lado de la Variante Cartagena, separada de la anterior por una zona de transición de manera que ninguna de las dos interfiera abruptamente en la otra. Hacia la parte intermedia de la cuenca, mantener el desarrollo industrial preservando la zona de reserva ecológica mejorando sus condiciones de cubierta vegetal. La parte baja debe ser preservada con el fin de facilitar la entrega hacia la Bahía de Cartagena evitando obstrucciones. Ver Figura No. 12.2.1.

El parámetro base para simular las condiciones descritas del uso del suelo es el número de curva CN descrito en el capítulo 9.

Con la misma metodología con que se evaluaron las condiciones actuales, se corrió el modelo hidrológico (Capítulo 9) para la condiciones de la simulación propuesta, modificando el factor CN para conocer los caudales de escorrentía esperados para estas condiciones. Obtenidos los hidrogramas, se realizó el tránsito por las estructuras, como lo explica el capítulo 10.

En las siguientes tablas se muestran los porcentajes de áreas destinadas a los usos propuestos y el cálculo del CN correspondiente para cada subcuenca en particular, de acuerdo con el escenario propuesto.

Tabla No. 12.2.1. CN de simulación para la Subcuenca 1

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Área	CN Total
1-A	Bosques, condición buena	70	40	
	Pastos de pastoreo y cultivos, condición buena	77	35	
	Pastos de pastoreo (Zona de transición)	70	10	
	Zona de actividades comerciales especiales.	91	15	76
1-B	Actividades comerciales especiales	91	100	91
1-C	Industrial	91	50	
	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición buena	70	50	81

Tabla No. 12.2.2. CN de simulación para la Subcuenca 2

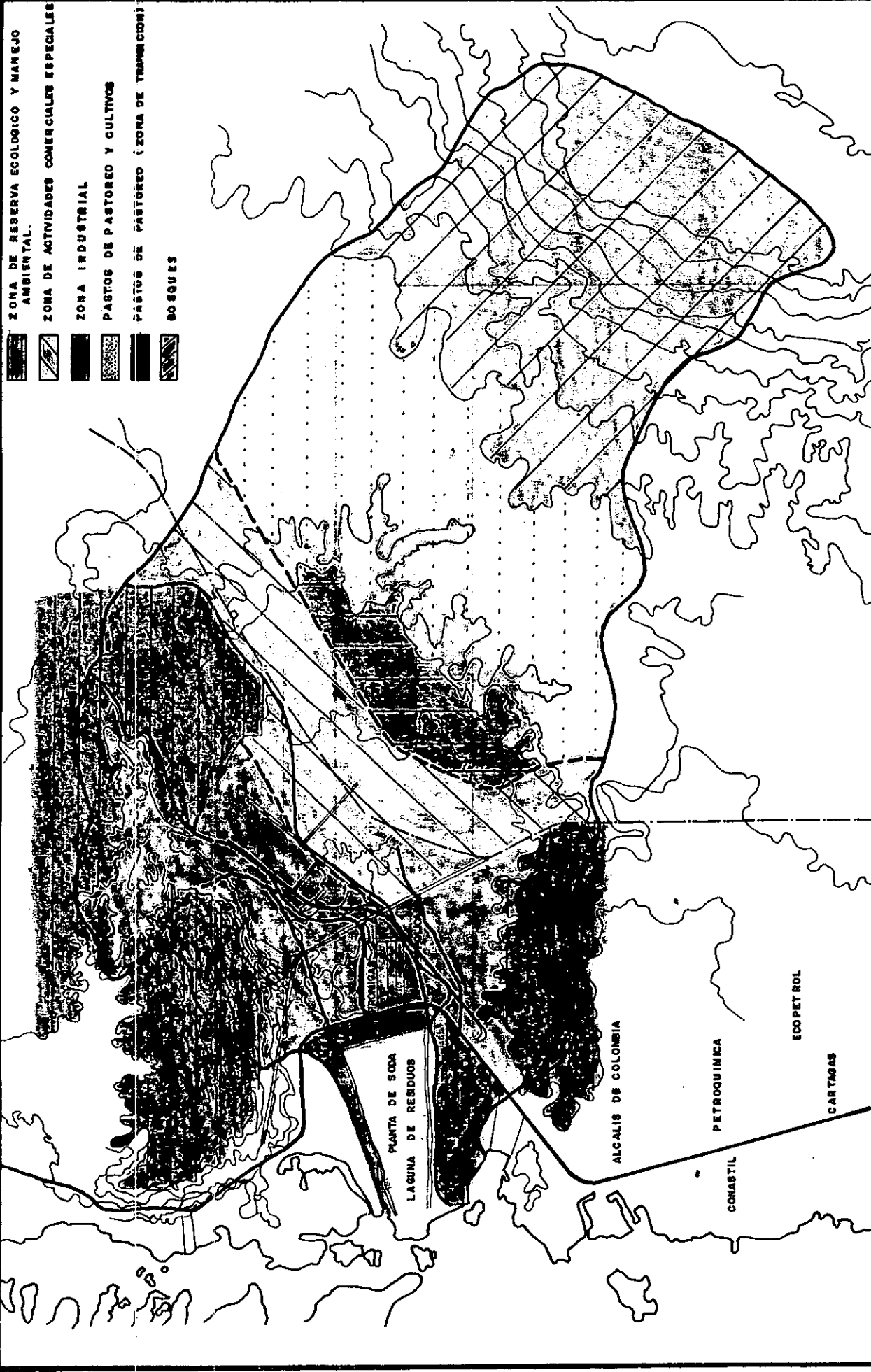
Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
2-A	Pastos de pastoreo, condición buena	74	70	79
	Distritos industriales	91	30	
2-B	Distritos industriales (72 % impermeable)	91	100	91

Tabla No. 12.2.3. CN de simulación para la Subcuenca 3

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
3-A	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición buena	70	30	85
	Distritos industriales (75% impermeable)	91	70	
3-B	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición buena	70	70	76
	Distritos industriales	91	30	
3-C	Distritos industriales (75% impermeable)	91	100	83

Tabla No. 12.2.4. CN de simulación para la Subcuenca 4

Sub Div	USOS DE LA TIERRA	CN	% Area	CN Total
4-A	Pastos de pastoreo, curvas de nivel, condición buena	70	80	74
	Distritos industriales	91	20	
4-B	Vegas de ríos, condiciones óptimas	71	100	71



CONTIENE: PLAN DE ORDENAMIENTO		FIGURA No. 12.2.1	
		DIRECTOR: JAVIER MOUTHON BELLO	
PROYECTO TESIS DE GRADO		ESCALA: 1:40.000	
BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MANONAL		FECHA: Noviembre de 1996	
INTEGRANTES DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ		UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA	

FIGURA No. 12.2.2. HIDROGRAMA SCS. SUBCUENCA 1A. SIMULACION

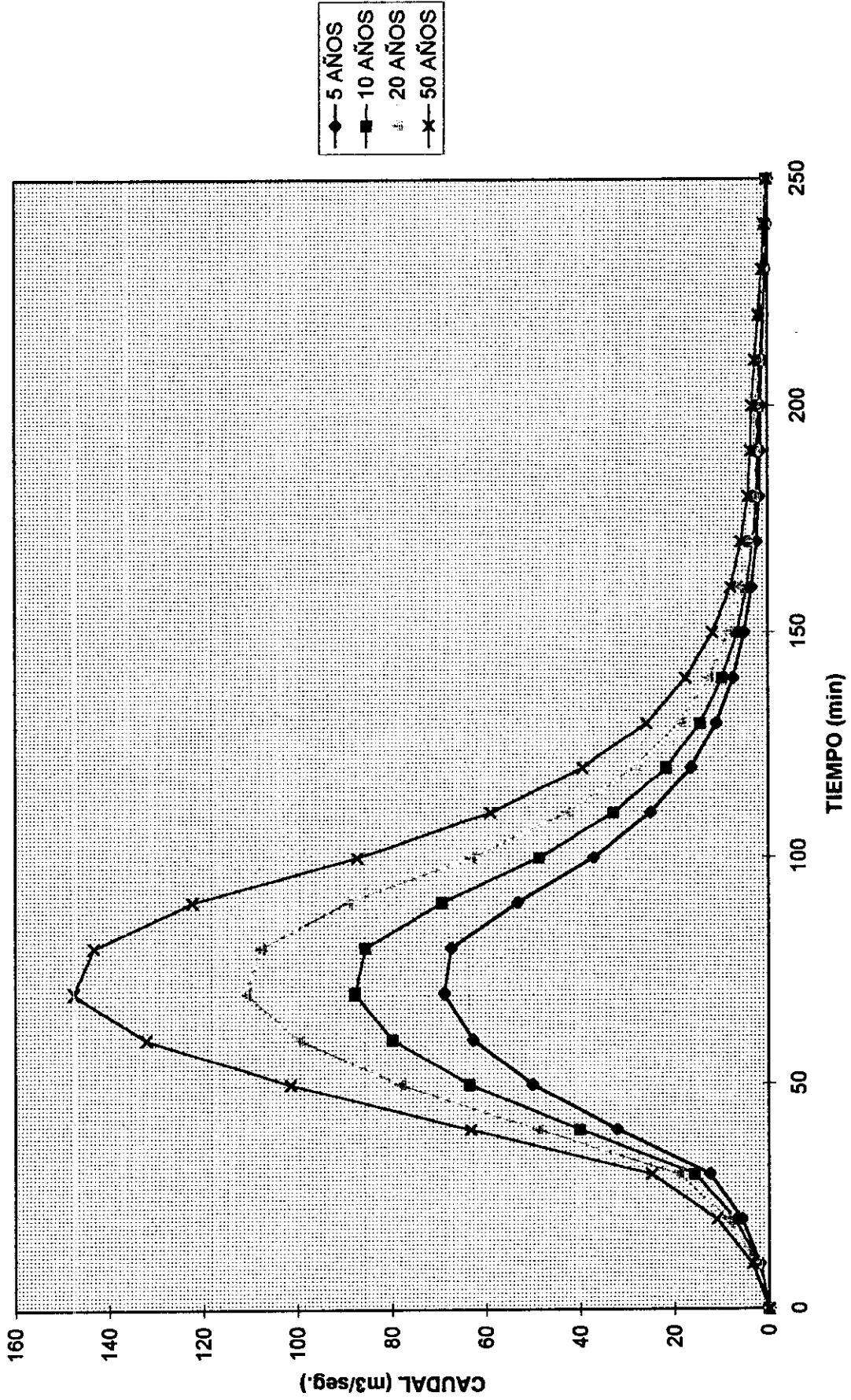


FIGURA No. 12.2.4. HIDROGRAMA S.C.S. SUBCUENCA 1B. SIMULACION

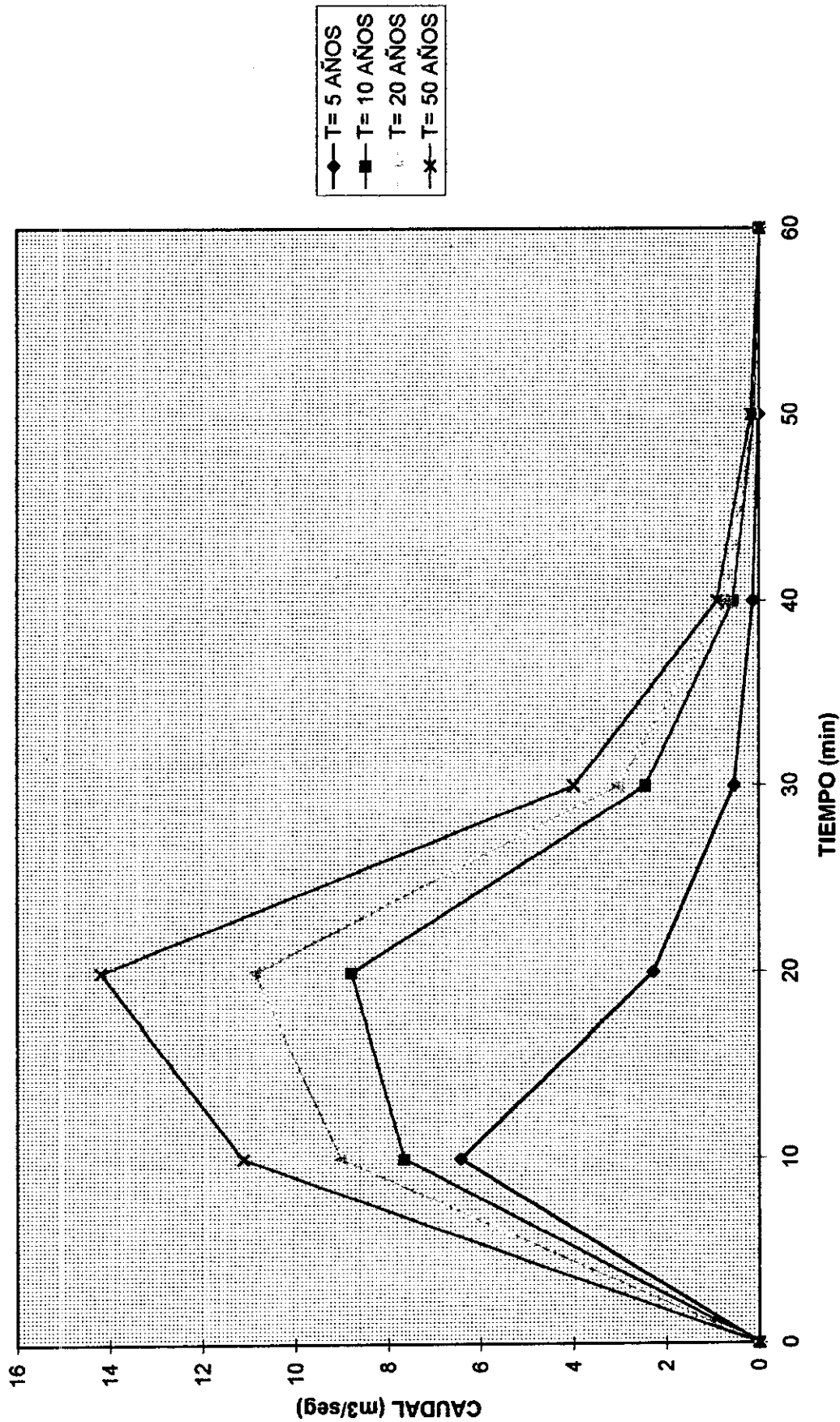


FIGURA No. 12.2.6. HIDROGRAMA S.C.S. SUBCUENCA1C. SIMULACION

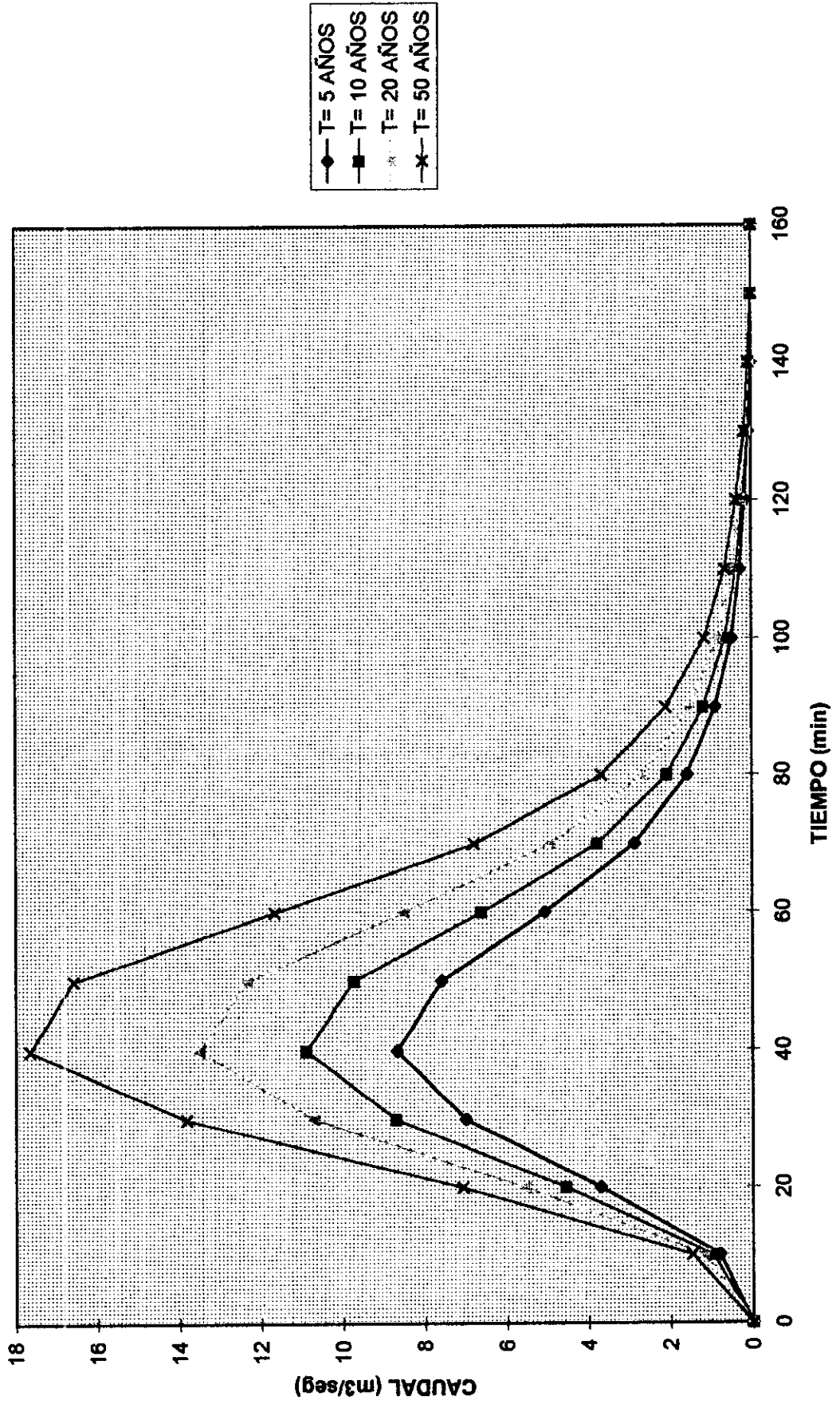


FIGURA No. 12.2.7. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 1.
SIMULACION

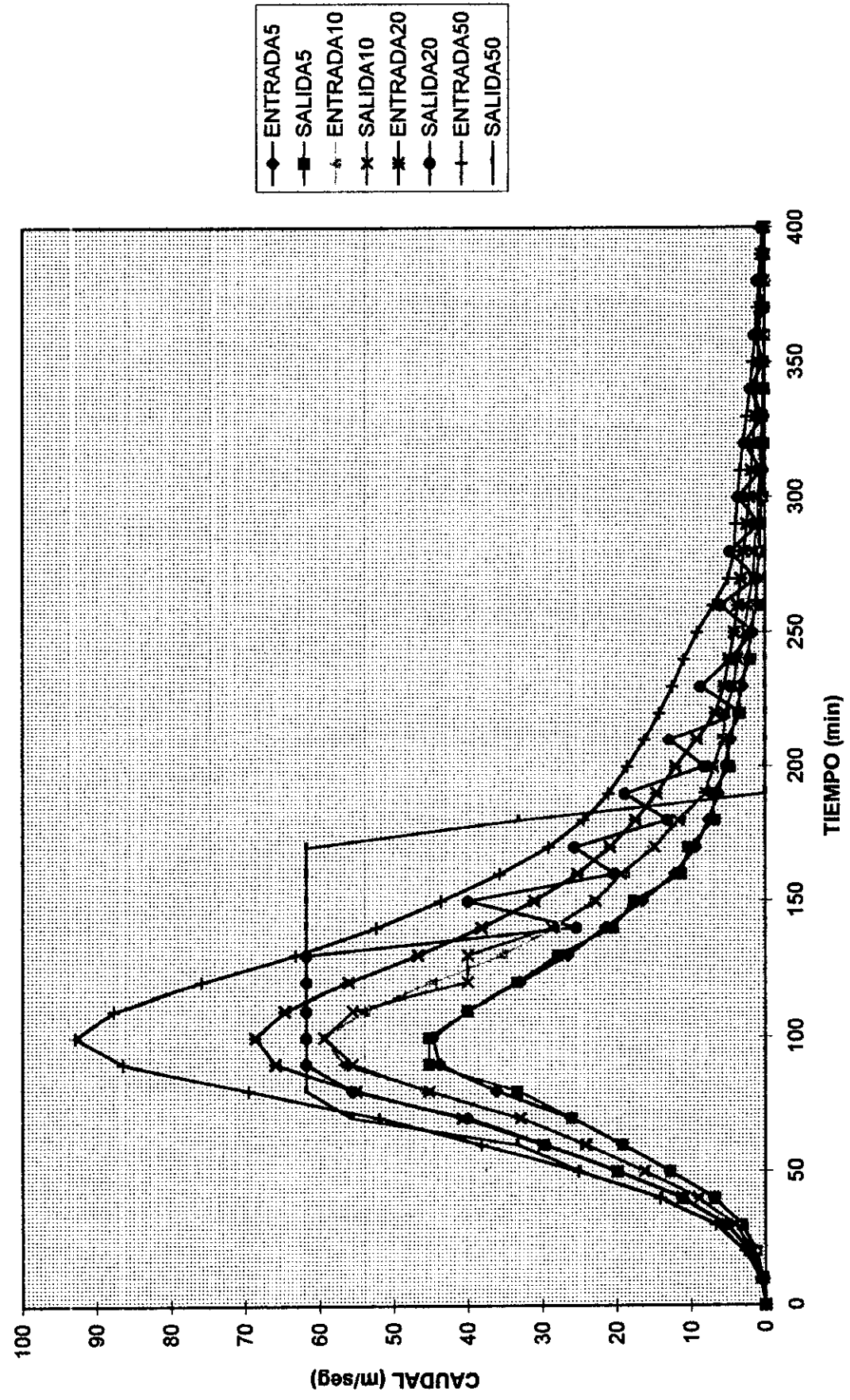
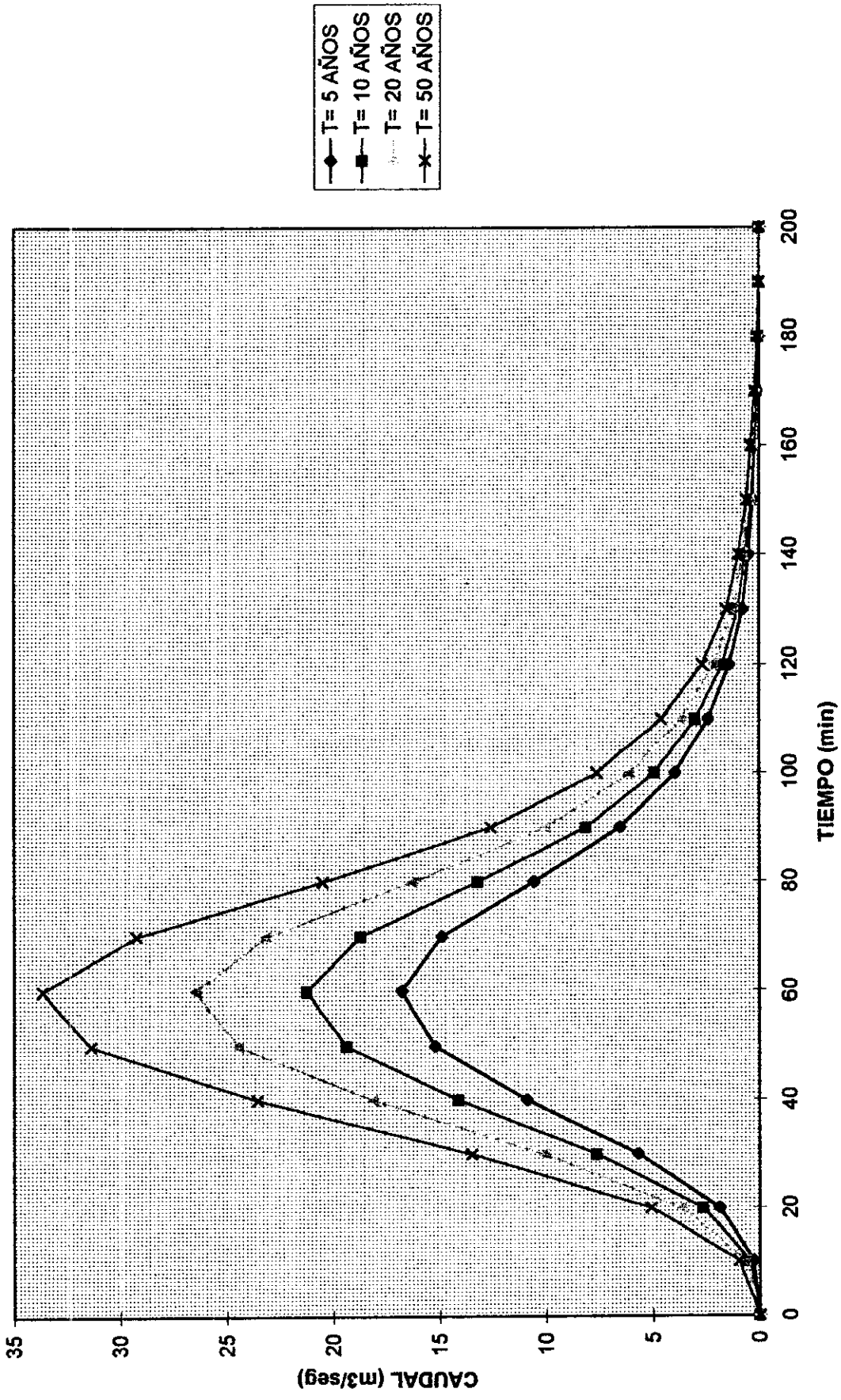


FIGURA No. 12.2.8.Hidrograma S.C.S, Subcuenca 2-A. SIMULACION



- T= 5 AÑOS
- T= 10 AÑOS
- ▲— T= 20 AÑOS
- ×— T= 50 AÑOS

FIGURA No. 12.2.9. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 5.
SIMULACION

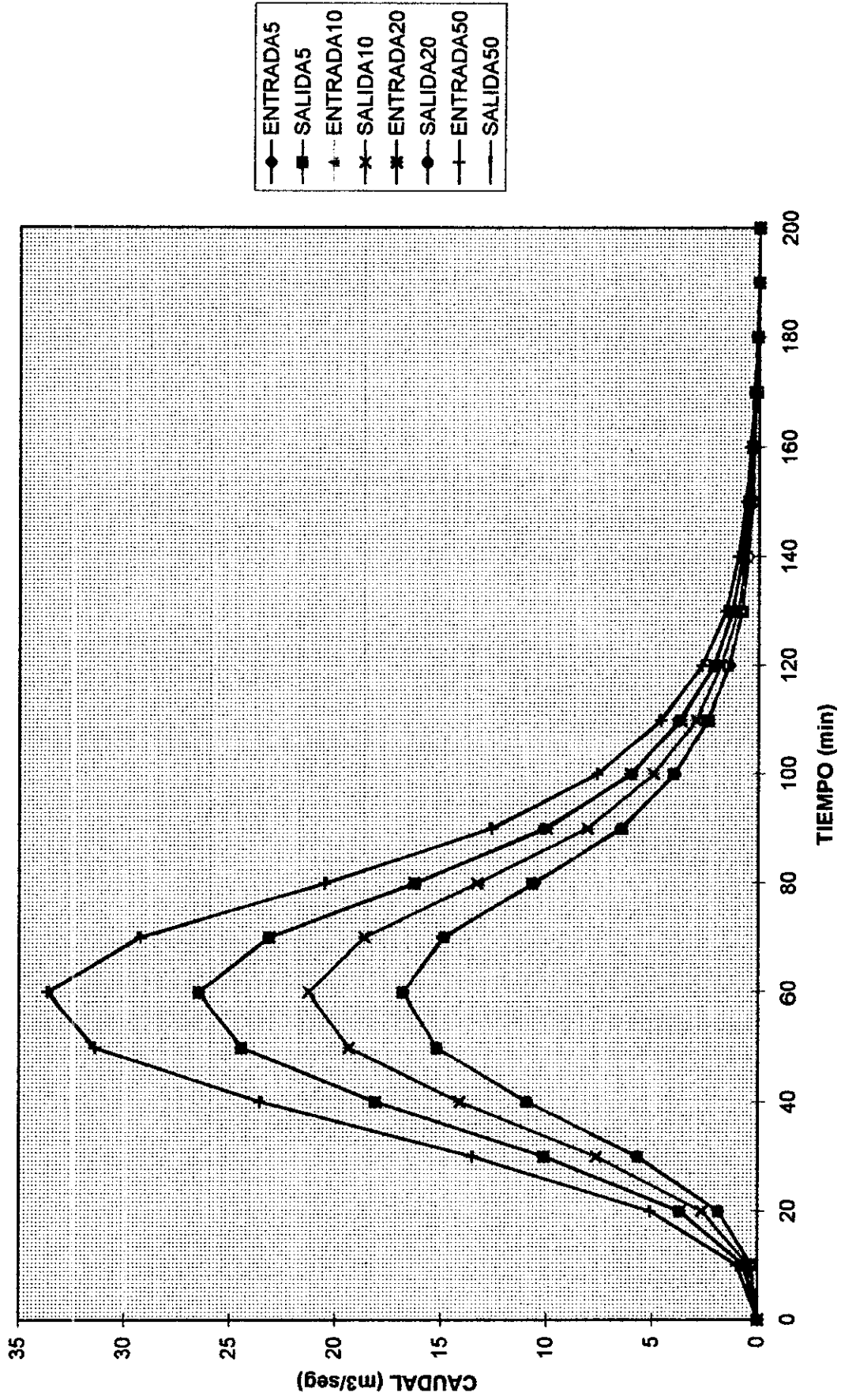


FIGURA No. 12.2.10. Hidrograma S.C.S. Para la Subcuenca 2-B. SIMULACION

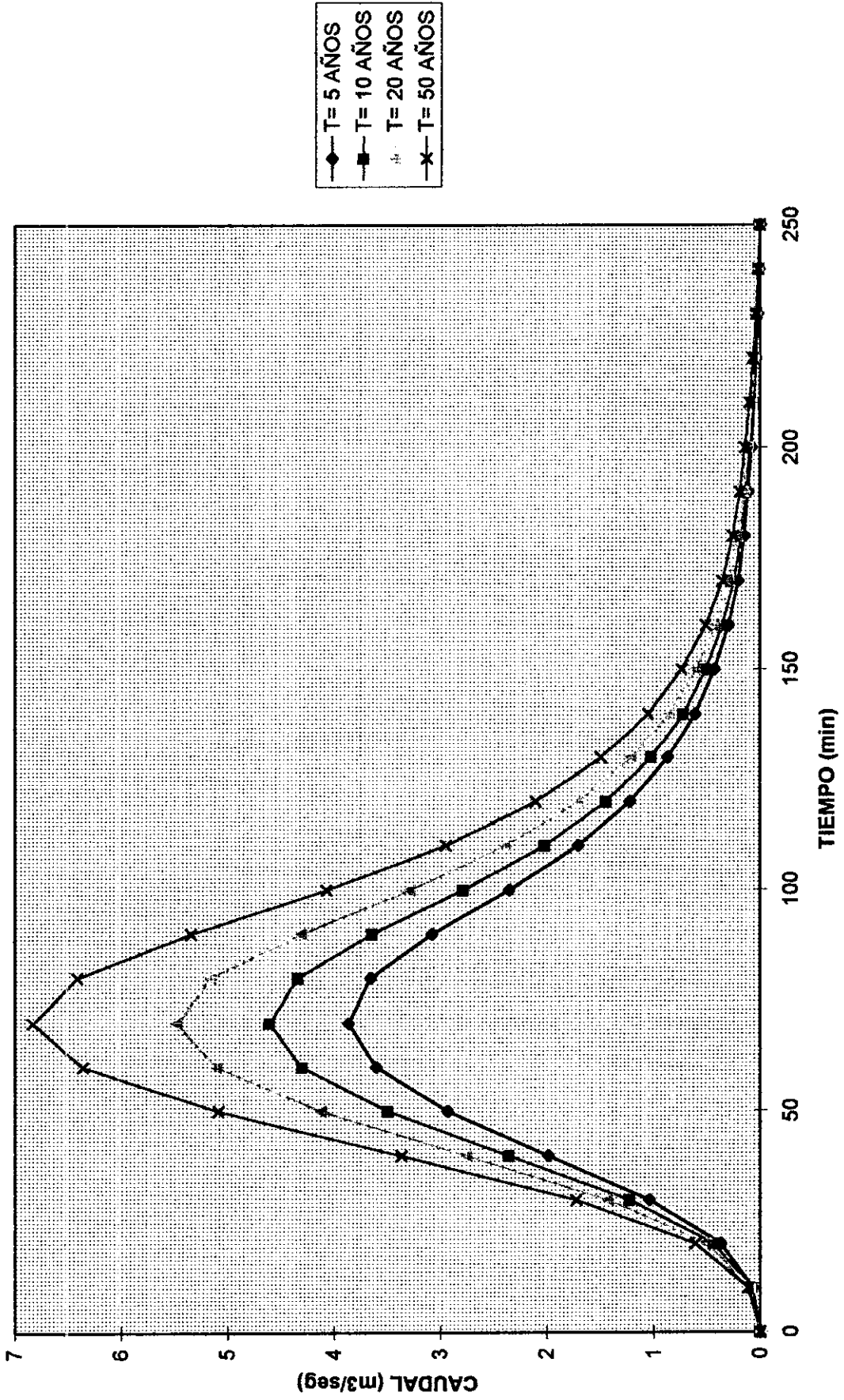


FIGURA No. 12.2.11. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 2.
SIMULACION

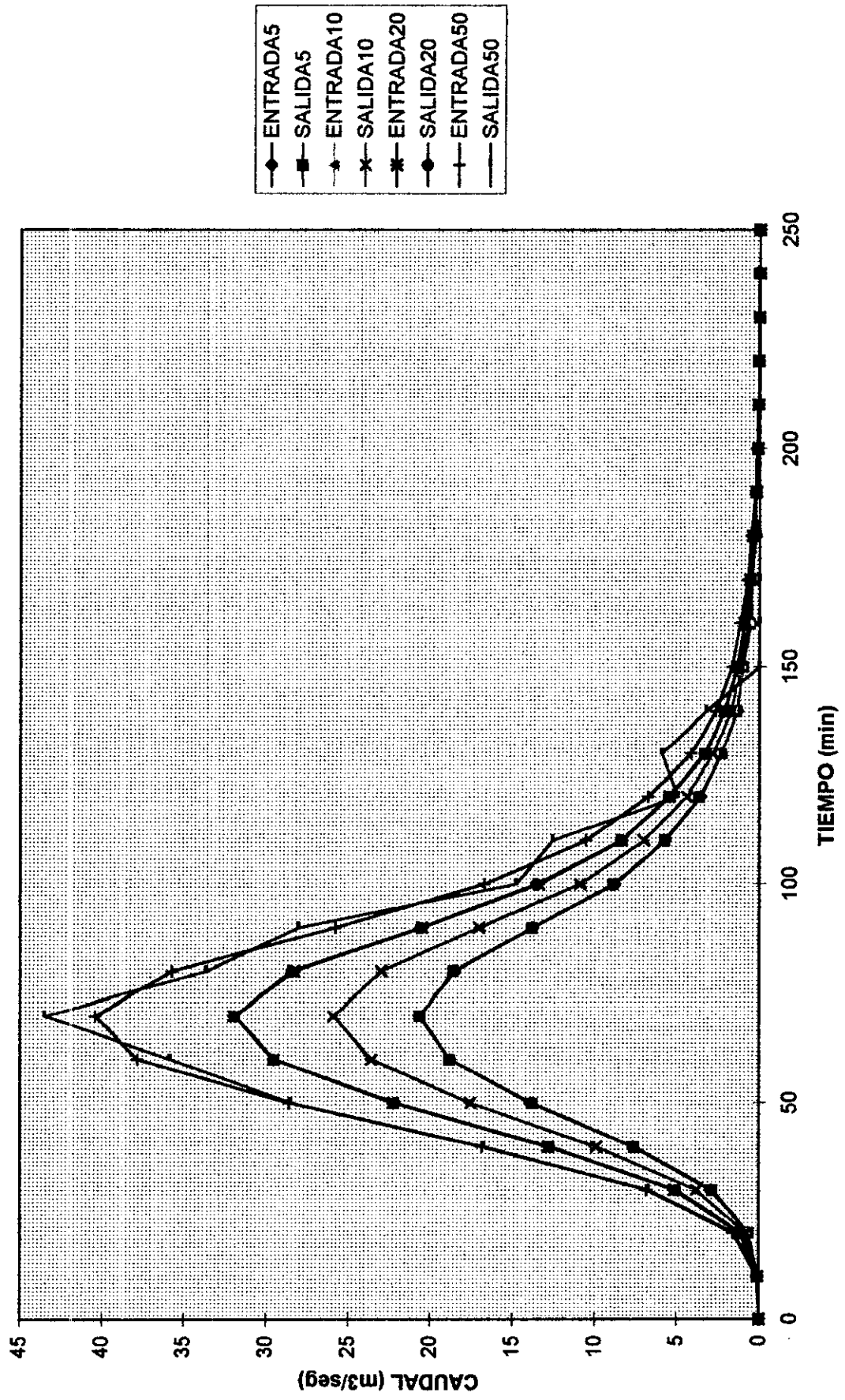


FIGURA No. 12.2.12. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 3A. SIMULACION

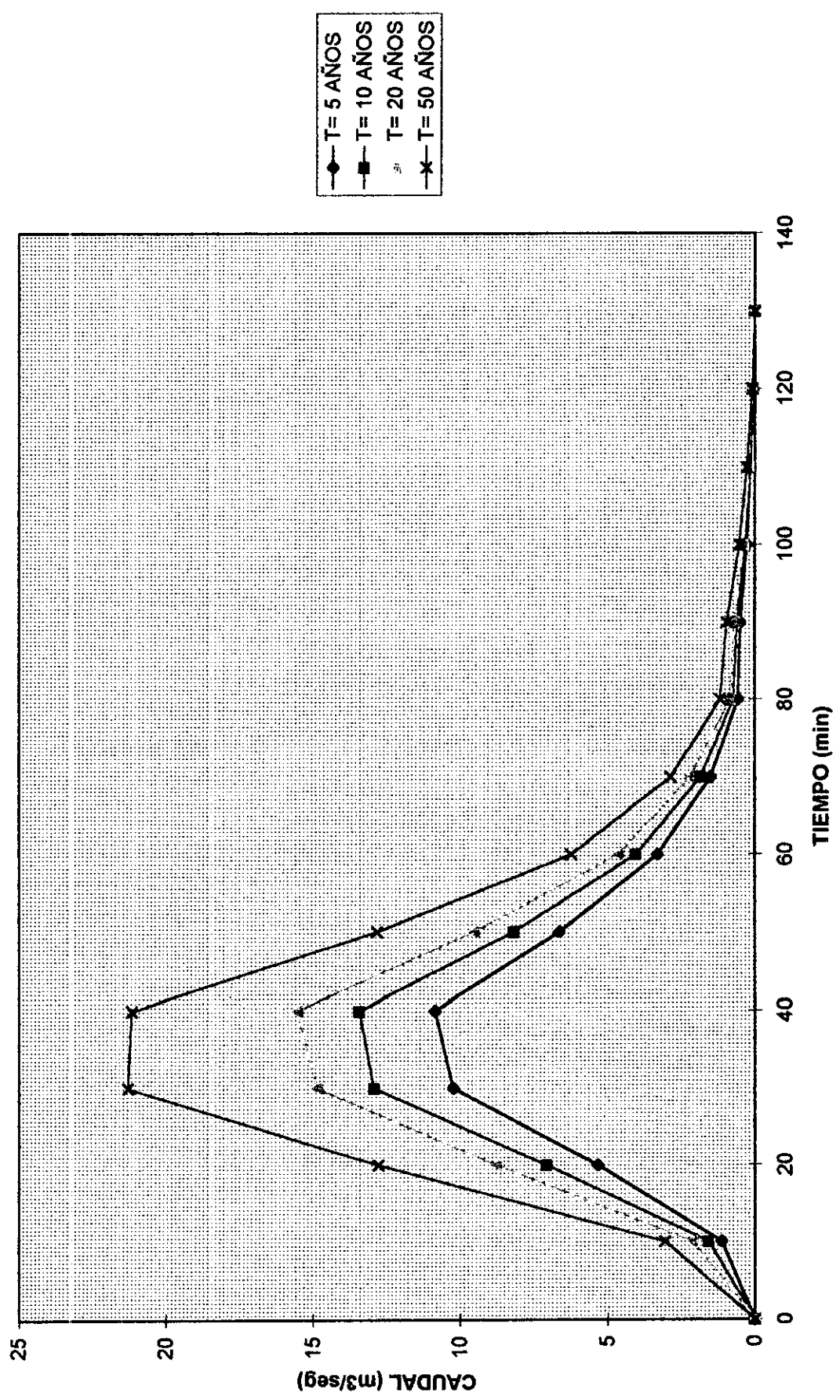


FIGURA No. 12.2.14. Hidrograma SCS. Subcuena 3B. SIMULACION

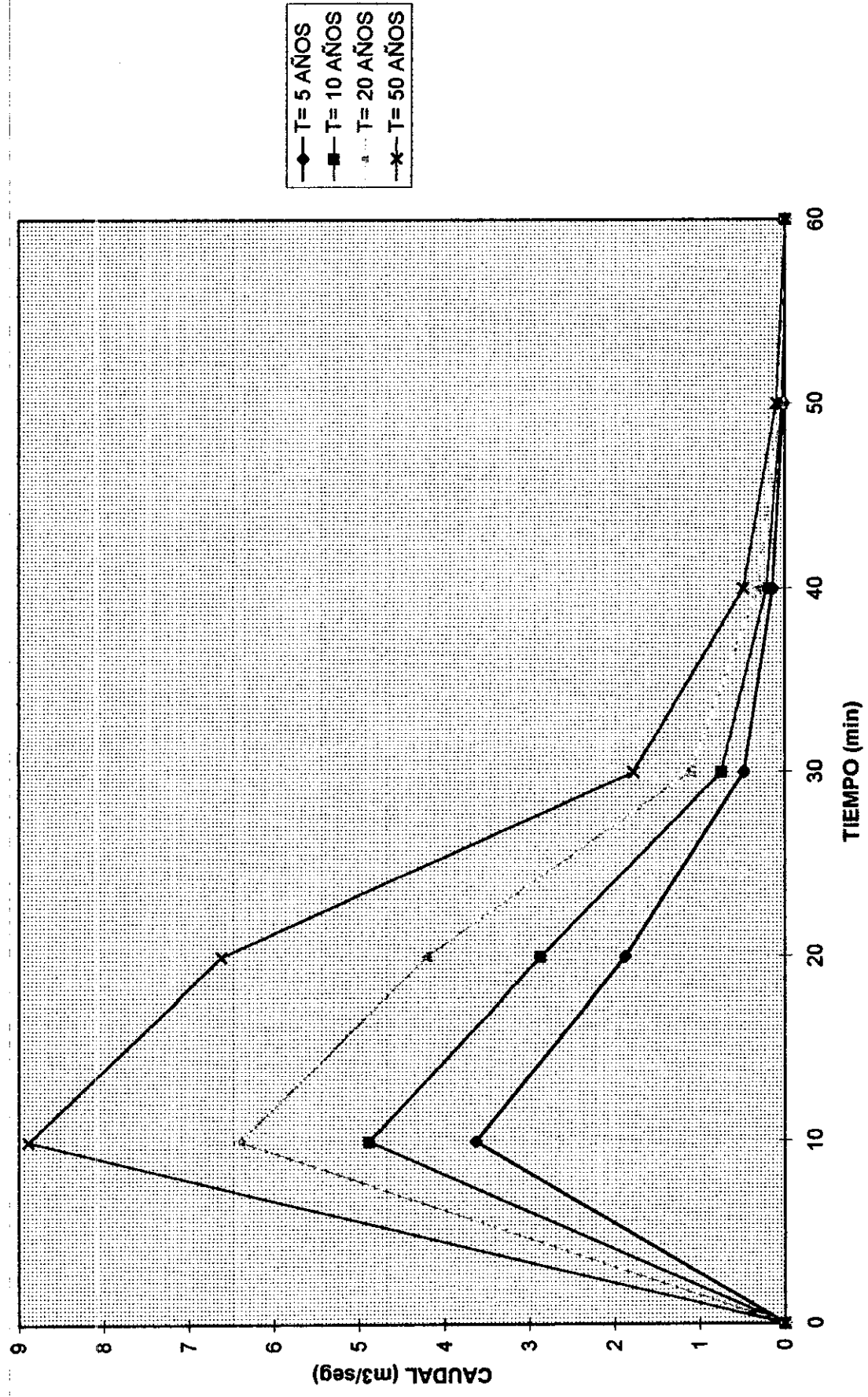


FIGURA No. 12.2.15. Hidrogramas de entrada y salida para el tránsito por el Culvert No. 4. SIMULACION

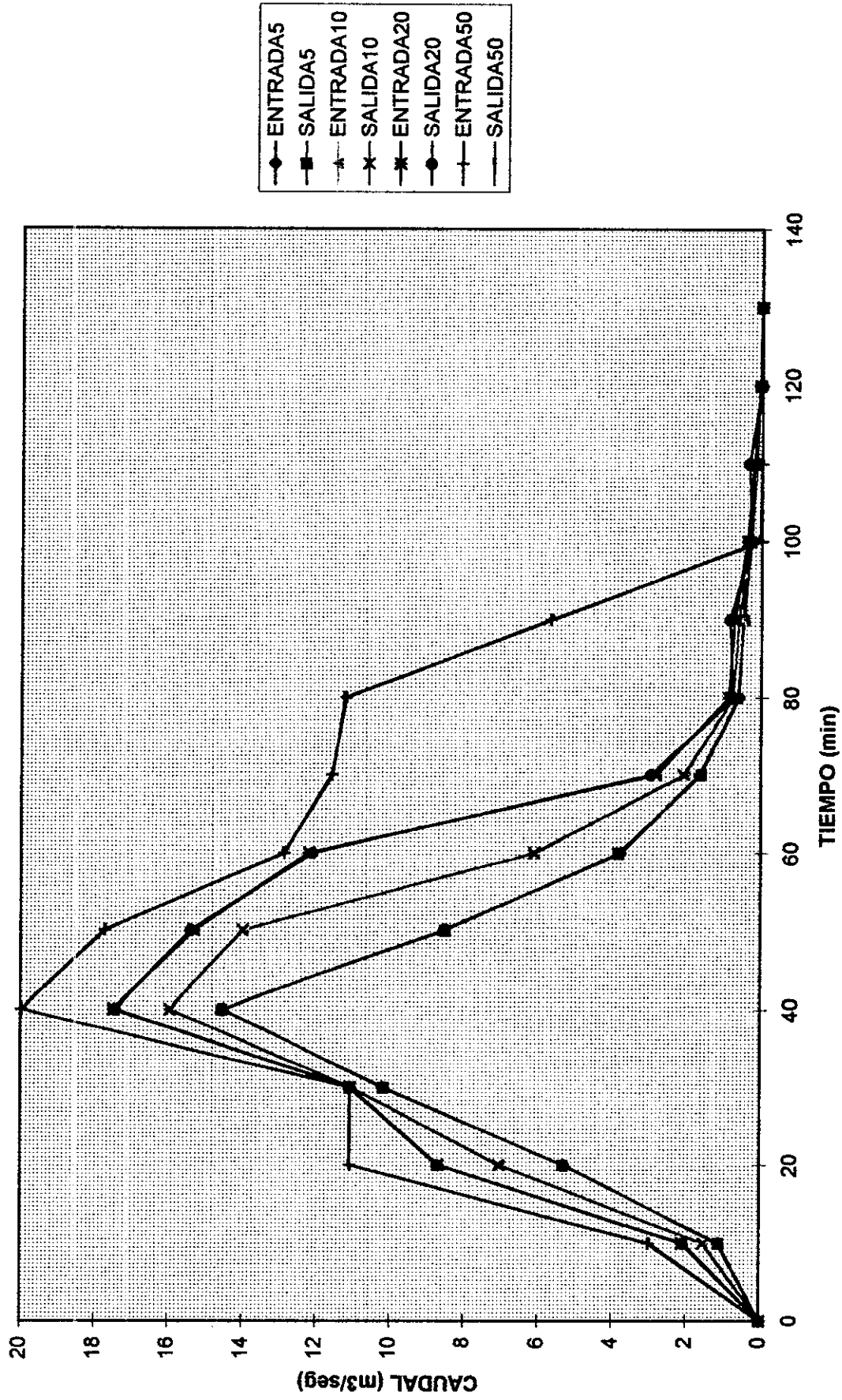


FIGURA No. 12.2.16. Hidrograma SCS. Subcuencia 3C. SIMULACION

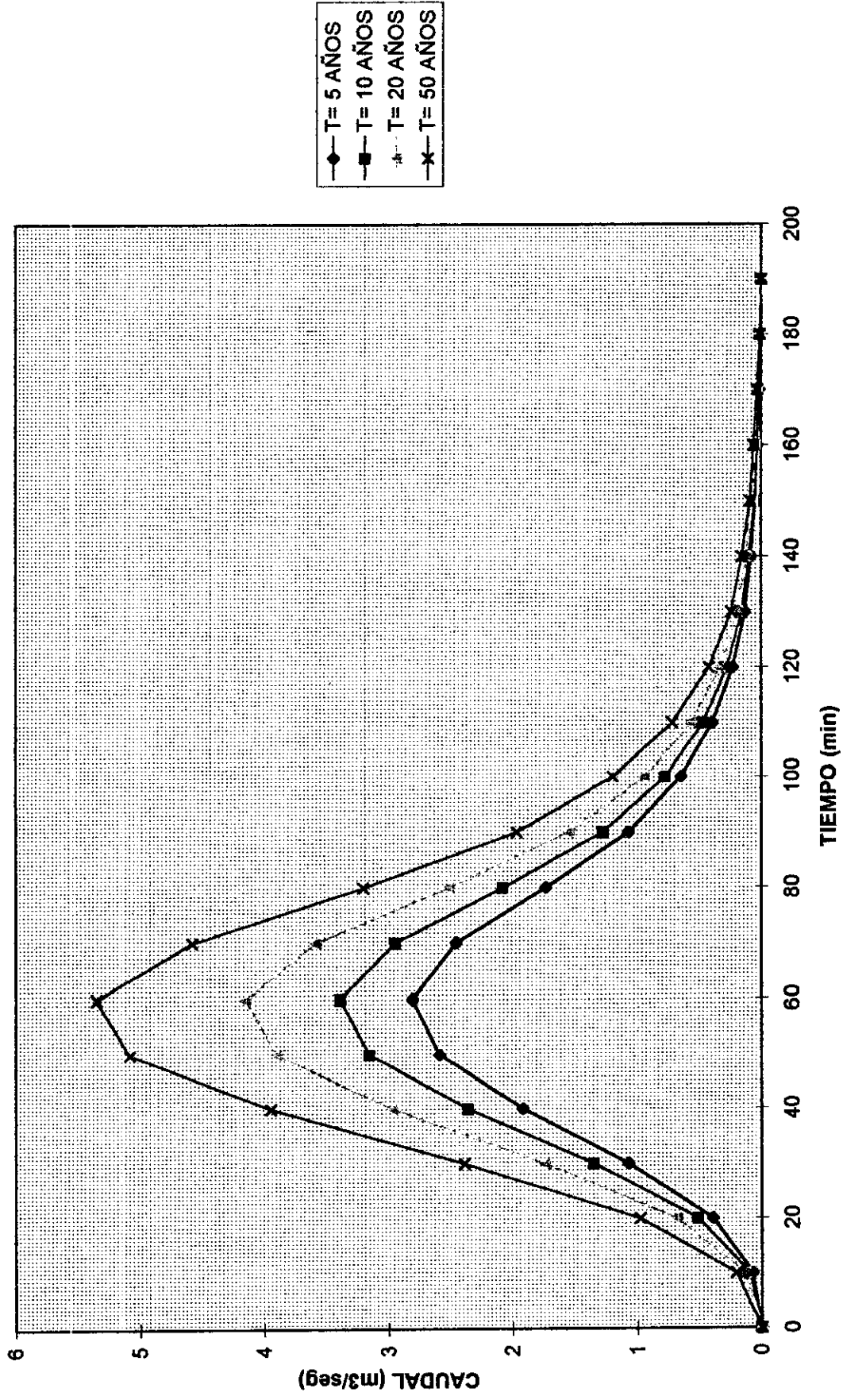


FIGURA No. 12.2.18. Hidrograma S.C.S. Subcuenca 4A. SIMULACION

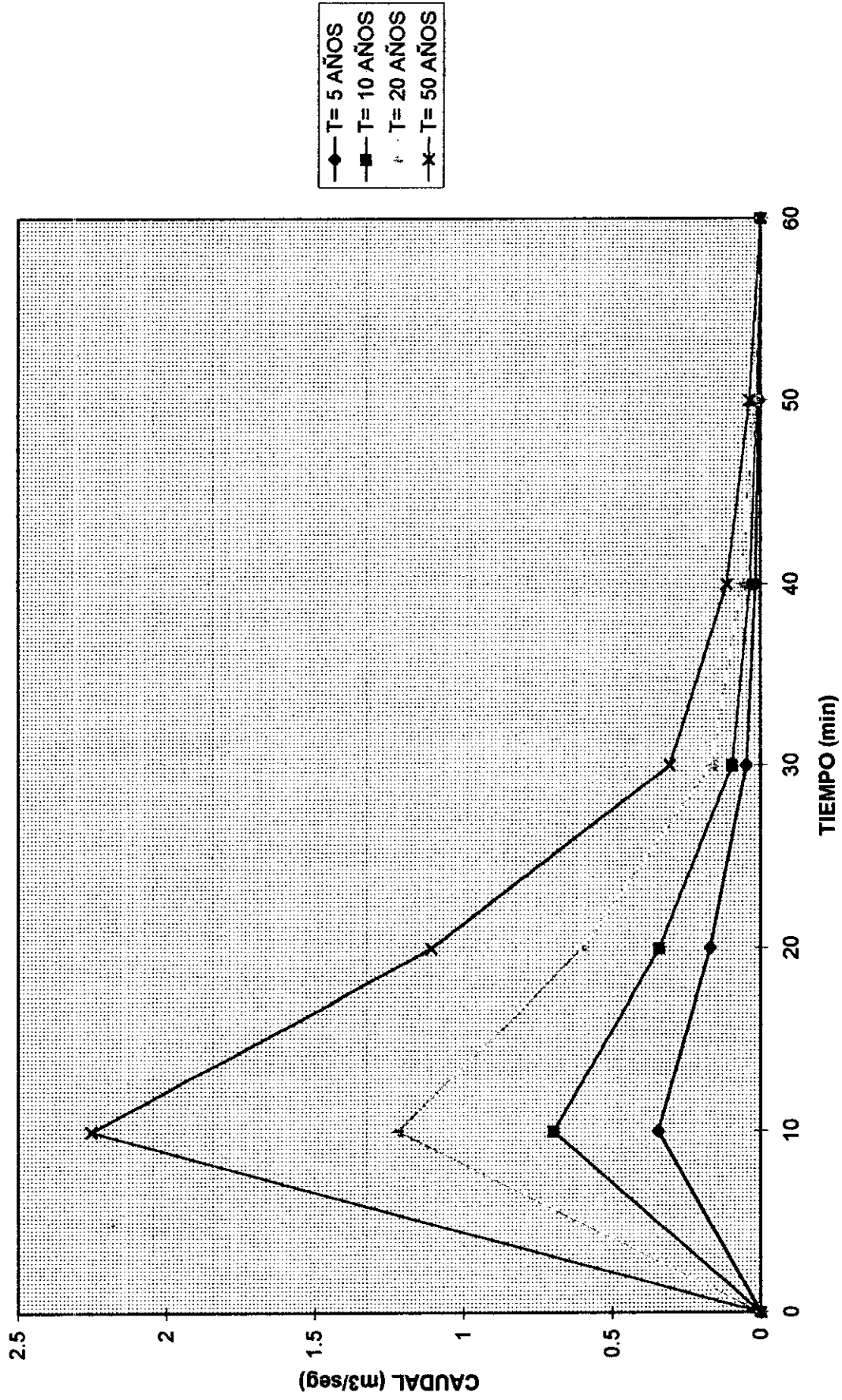
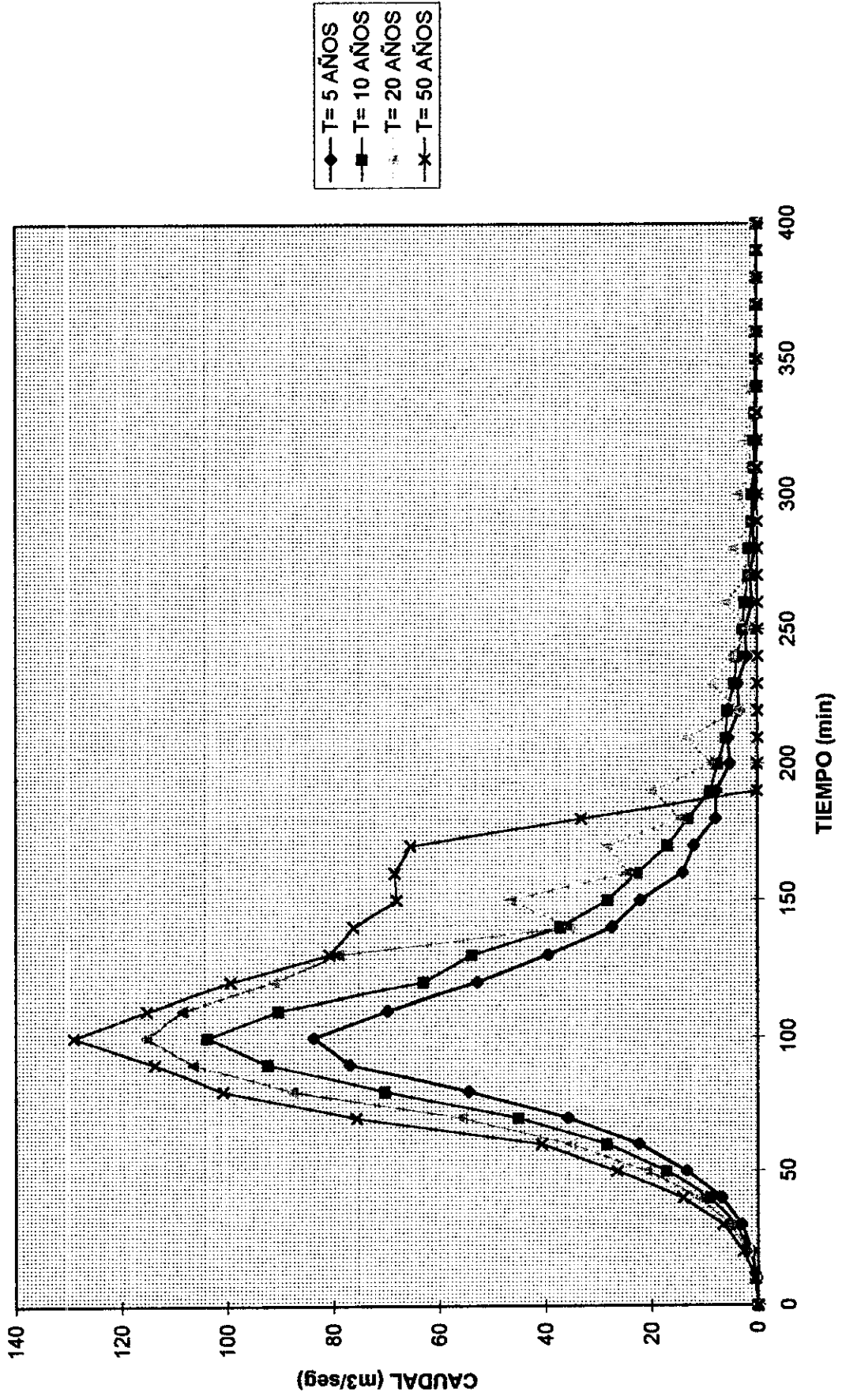


FIGURA No. 12.2.19. Hidrograma S.C.S. Cuenca Total. SIMULACION



12.3 MANEJO.

Después de haber analizado los hidrogramas resultantes de las simulaciones, con el fin establecer las bases del plan de manejo se puede concluir lo siguiente:

Para la simulación propuesta, los caudales aumentan, como lo muestra el hidrograma de la subcuenca 1A, esto hace que los culverts de la Variante disminuyan su rendimiento y se presente almacenamiento. También puede ocurrir que el agua sobrepase la vía para el caso de las alcantarillas dobles y sencillas, o forme grandes encharcamientos hacia la entrada de éstas. Esto hace que al proyectar los asentamientos de locales destinados a las actividades comerciales especiales como lo propone el Plan de Ordenamiento de la ciudad, deban hacerse mejoras al suelo para fundaciones y es importante también, que estos locales propongan dentro y fuera de ellos sistemas de drenajes para las aguas lluvias.

En la faja destinada a las actividades comerciales especiales es recomendable dejar algunas zonas verdes para que no toda el área sea impermeable y el empleo de canales para las aguas lluvias que capten las

escorrentías y las conduzcan a través de la Variante aprovechando la buena capacidad de sus culverts.

Una de las posibles soluciones para disminuir los caudales de escorrentía que llegan a la Variante Cartagena a un nivel que no ocasione daños aguas abajo, consiste en construir embalses de retención hacia la parte alta de la cuenca.

Otra alternativa de solución a los problemas de escorrentía de la parte alta consiste en la construcción de canales de drenaje o desviación, los cuales tienen como función recibir el agua procedente de la parte alta de la cuenca y transportarla lentamente aguas abajo hacia lugares protegidos donde no causen daños. Se requiere un diseño muy preciso de ellos, ya que de lo contrario pueden causar más daños que beneficios. Estos canales se construyen por lo general en tierra y se les asigna una sección transversal trapezoidal, con cierta pendiente con el fin de mantener una velocidad adecuada de acuerdo con la naturaleza del suelo.

Los caudales para la cuenca 1B se verán igualmente aumentados, lo que hace que esta zona sea susceptible a encharcamientos. Hacia esta parte se hace conveniente el encauzamiento de las escorrentías definiendo una sección para los canales, y si no es posible definir el drenaje natural, se

debe construir uno artificial. Tampoco sería recomendable el asentamiento de industrias sin el debido mejoramiento del suelo y además por que éstas tendrían problema con el drenaje de la zona que es prácticamente plana. Por lo tanto no sería prudente llevar a cabo planes de asentamientos industriales en esta zona mientras no se haya ordenado el drenaje con la realización de las obras civiles correspondientes. En consecuencia, el uso del suelo en esta área como zona industrial, debe ser restringido.

En la cuenca 1C si se piensa en asentamientos de industrias, debe elevarse el nivel de estos terrenos, ya que algunas de sus cotas están incluso bajo el nivel del mar y con significativo desnivel con respecto a la Vía Mamonal. También deben aumentarse la sección de los canales, pues sus capacidades máximas no son suficientes para albergar los caudales que con esta simulación se presenta. Las lomas de Cospique deben, definitivamente, destinarse a reserva ecológica, y mejorársele su cobertura vegetal, para que esto ayude a la intersección de las lluvias y favorezca el paisaje de la zona. El culvert No. 1 debería mejorar sus dimensiones, pues, como lo muestra su hidrograma de entrada y salida para esta simulación, su sección actual no es capaz de evacuar estos caudales.

Para la subcuenca 2, las estructuras presentan, para la simulación, un buen comportamiento hidráulico, no obstante, los canales siguen siendo

deficientes en su capacidad, lo que ocasiona desbordamientos y consecuentes inundaciones sobretodo en el canal de Policarpa, donde sería bueno estudiar la rectificación de éste.

Para la subcuenca 3, la primera estructura encargada de encauzar las aguas, como lo es el Culvert No. 7 para los caudales de la simulación funciona mal, razón por la cual habría que aumentar sus dimensiones, mientras que los culverts 4 y 3 de esta misma cuenca funcionan bien. El problema radicaría nuevamente en la capacidad de los canales, en este caso, el de Arroz Barato.

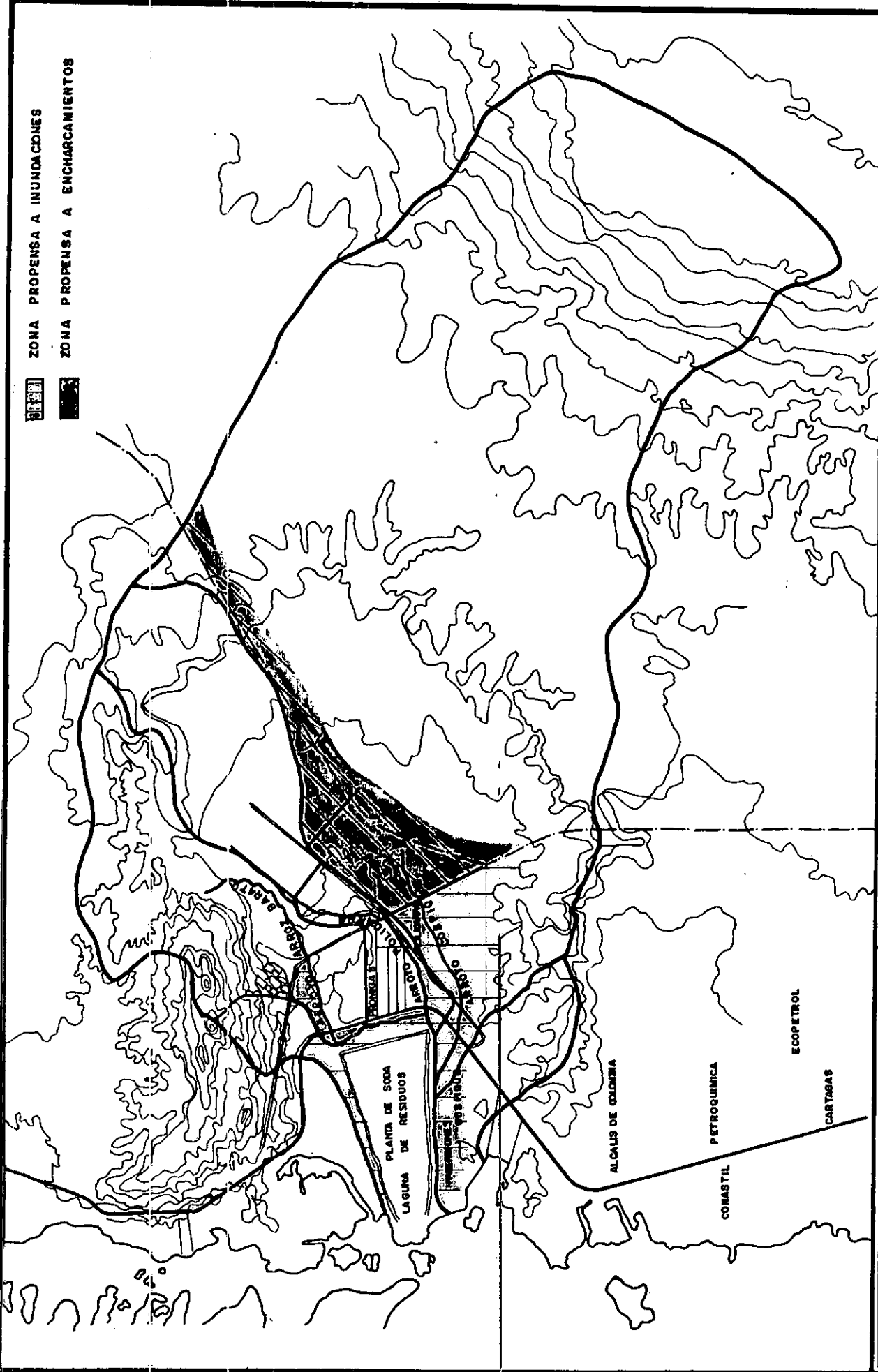
Para la subcuenca 4, donde no hay una estructura que efectúe el paso de las aguas por la Vía a Mamonal, se recomienda el uso de un culvert o alcantarillas para cuyo diseño se recomiendan los caudales obtenidos por el método racional (Capítulo 9). Igualmente ocurre para la subcuenca 5, donde también sería necesario este tipo de estructuras.

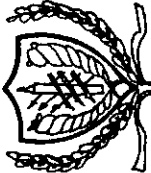
Hacia la parte baja de la cuenca, debe tratarse que la salida de los Culverts no se vean obstruídas y esta zona debe destinarse a reserva ecológica, sobretodo por las especies de manglares que allí se encuentran.

En la Figura No. 12.3.1. se sintetiza el manejo propuesto a manera de áreas de usos del suelo.

ZONA PROPENSA A INUNDACIONES

ZONA PROPENSA A ENCHARCAMIENTOS



 <p>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA</p>		<p>PROYECTO TESIS DE GRADO</p>		<p>CONTIENE: PLAN DE MANEJO</p>		<p>FIGURA No. 12.3.1</p>	
<p>BASES PARA EL ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA QUE ATRAVIESA LA VIA A MAMONAL</p>		<p>DIRECTOR JAVIER MOUTHON BELLO</p>		<p>ESCALA: 1: 40.000</p>		<p>FECHA: Noviembre de 1998</p>	
<p>INTEGRANTES: DIANA GARCIA ERNESTO DIAZ</p>							

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber analizado generalmente las cuencas hidrográficas que atraviesan la Vía a Mamonal, y de haber seleccionado la cuenca correspondiente a los Arroyos Arroz Barato, Policarpa y Cospique, localizados en la parte central del sector, y de haber realizado los estudios pertinentes, se puede concluir lo siguiente con respecto a los aspectos estudiados en cada capítulo de este proyecto.

ACERCA DEL ESTADO AMBIENTAL DE LA ZONA.

Están bien definidos los escenarios en que se desarrolla el sistema integral de la cuenca: el natural y el cultural. El escenario natural está constituido por bosques y pastos, y es la zona donde se desarrolla la vegetación y la fauna con moderada intervención humana. Al escenario cultural corresponden las industrias y los propios asentamientos humanos, estos últimos viviendo en condiciones marginales están expuestos

periódicamente a inundaciones y a los altos niveles de contaminación atmosférica propiciada por las industrias que hacen de estos lugares sitios no aptos para el asentamientos residenciales. Los arroyos son contaminados con basuras y desperdicios que las comunidades arrojan a ellos.

ACERCA DEL MODELO HIDROLOGICO.

Para predecir el comportamiento hidrológico de las cuencas, la hidrología muestra diferentes metodologías pero no se puede decir con certeza cual de ellas es la mejor mientras no se ajusten o calibren los modelos.

Para la cuenca en estudio se empleó la metodología del S.C.S. para describir su comportamiento hidrológico. Se considera que por este método se pueden obtener caudales cercanos a la realidad, de acuerdo con los niveles investigados que puede alcanzar el agua en las diferentes crecidas. Para la calibración del modelo, sería necesario instalar estaciones meteorológicas en diferentes puntos de la cuenca y al mismo tiempo, obtener registros de las mediciones de niveles y caudales de los arroyos.

Los mayores caudales se obtuvieron para la subcuenca del Arroyo Cospique, producto de las escorrentías provenientes de las Serranías de Turbaco (Ver Tabla No. 9.3.2.6.).

ACERCA DEL MODELO DEL TRANSITO A TRAVES DE LAS ESTRUCTURAS.

La construcción de la Variante Cartagena ha servido como barrera para disminuir los picos de las crecientes que se generan hacia la parte alta de la cuenca, produciéndose un almacenamiento temporal a la entrada de sus culverts, lo que se manifiesta en encharcamientos antes de la carretera.

Los box culverts ubicados a lo largo de la Variante Cartagena funcionarán bien aún para las crecientes esperadas para períodos de retorno de 50 años, significa ésto que tienen muy buena capacidad, lo que no puede decirse para las alcantarillas (tubos), las cuales no trabajarán bien ni aún para los caudales estimados para un período de retorno de 5 años; las alcantarillas dobles funcionarán bien hasta los períodos de retorno de 10 a 20 años. (Ver numeral 10.5.).

Los box culverts sobre Vía Férrea poseen grandes pendientes, y por ésto son capaces de evacuar grandes caudales y funcionan bien para todos los

períodos de retorno considerados; mientras que los canales aguas abajo no poseen la capacidad suficiente para transportar estos caudales evacuados, lo que se traduce en desbordamientos e inundaciones.

Para los box culverts sobre la Vía a Mamonal, se puede concluir que los de Policarpa y Biofilm funcionarán bien para todos los períodos de retorno considerados; el culvert de Telecartagena funcionará bien hasta un período de retorno de 10 años, a partir de un período de retorno de 20 años se presentarán desbordamientos sobre la Vía a Mamonal.

La causa principal de las inundaciones que se producen en la parte intermedia y baja de la cuenca es que los canales encargados de evacuar los caudales de esorrentías originados en la parte alta de la cuenca, no tienen la capacidad hidráulica suficiente para realizar tal fin sin desbordamientos.

ACERCA DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO

Las bases para el Plan de Ordenamiento y Manejo se fundamentan en los usos propuestos por el Plan de Ordenamiento de la ciudad conservando la vocación industrial y comercial de la zona, haciendo énfasis en el ordenamiento del drenaje, preservando y mejorando las zonas de reserva ecológica así como también estableciendo un sistema de protección y conservación de la cabecera y salida de la cuenca. Todo esto en el marco de un desarrollo sostenible.

En la entrada de las alcantarillas de la Variante Cartagena, donde se van a presentar encharcamientos, los asentamientos comerciales propuestos a lo largo de esta Vía deben manejar sus drenajes procurando disminuir en lo posible las áreas impermeables y aprovechando las capacidades de los box culverts de la Vía. La cabecera de la cuenca se debe proteger y manejar con embalses y canalizaciones. Hacia la parte intermedia se recomienda que al llevar a cabo planes de asentamientos industriales se contemple un previo ordenamiento de drenajes. Se deben preservar los alrededores de la cuenca que son las Lomas de Cospique, Turbaco y Albornoz. Se deben proyectar estructuras hidráulicas para la evacuación de los caudales provenientes de las Lomas de Cospique y Albornoz respectivamente.

Se considera que el modelo hidrológico propuesto es versátil en el sentido que con sólo cambiar el área de los distintos usos del suelo, e incluso, proponer otros puede obtenerse el comportamiento hidrológico del lugar, por lo tanto, numerosas simulaciones pueden llevarse a cabo, y de ellas, escoger la que más se adapte a las necesidades políticas, económicas y ambientales de la zona. Por el alcance mismo de este proyecto, el manejo y ordenamiento propuesto constituye una base para el Plan de Ordenamiento definitivo a realizarse en la zona.

RECOMENDACIONES

Como alternativas de solución a los problemas de inundación que se presentan en la cuenca, se proponen:

- * Utilización de embalses de retención de crecientes en la parte alta de la cuenca, que reduzcan los caudales de avenida aguas abajo.
- * Empleo de canales de desviación para conducir las aguas de la parte alta hacia embalses o hacia sitios donde no causen perjuicios.

- * El aumento de las secciones transversales y la mejora de las pendientes de los canales de la parte intermedia de la cuenca con el fin que puedan evacuar los caudales de escorrentía y contribuyan al buen funcionamiento de las estructuras hidráulicas.
- * Hacer mantenimientos regulares a los canales, en especial a los de entrega directa a la Bahía, con el fin de eliminar obstrucciones, pues, en muchos de los casos han sido éstas las que han originado los desbordamientos y no el funcionamiento del box culvert.
- * Realizar periódicamente mantenimientos y limpiezas en las estructuras hidráulicas de la cuenca en general, para que no se entorpezca su buen funcionamiento.
- * Llevar a cabo una labor de acercamiento a la comunidad para instruirla acerca su convivencia con el arroyo y acerca del manejo adecuado de este recurso que puede serle beneficioso.
- * Antes de proyectar cualquier trabajo sobre los canales, es necesario solucionar los problemas sociales que tienen que ver con los asentamientos humanos y estudiar la relación beneficio-costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **BORDA, Jaime y Durán. Cartagena Industrial. Editores Inversiones Borda Caldas S. en C. Cartagema. 1991.**
2. **CARCIENTE, Jacobo. Carreteras, estudio y proyecto. Ediciones Villegas. Venezuela. 1985**
3. **CARINSA S.A. Hidrología e Hidráulica Aguas Abajo de la Zona Franca La Candelaria. Cartagena, 1995.**
4. **CASTILLO GARCIA, Pablo Augusto. Determinación De Pautas Hidrológicas Para El Diseño De Obras De Drenaje en Carreteras. Proyecto de Grado, Universidad de los Andes. 1987.**

5. **C.E.I. LTDA. Diseño Detallado de la Rectificación del Arroyo Grande. Bogotá, 1994.**
6. **CHOW, Ven Te. Hidráulica de los Canales Abiertos. Editorial Diana, México, 1985.**
7. **CHOW, Ven Te, Maidment y Mays. Hidrología Aplicada. McGraw Hill. 1994.**
8. **GARCIA, Bejarano Javier. Hidrología. UNIGRACON. Bogotá, 1978.**
9. **HENAO SARMIENTO, Jesús Eugenio. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Editorial Usta. Bogotá. 1995**
10. **HIDROTEC. Plan Maestro de Drenajes de Cartagena. 1980.**
11. **I.C. LTDA. Estudios Preliminares y de la Fase III de la Carretera Gambote-Mamonal y de la Variante Cartagena. Bogotá. 1993.**

12. IGAC. Estudio General de Suelos de la Zona del Canal del Dique, Calamar, Mahates, María La Baja, San Estanislao, Santa Rosa, Soplaviento, Turbaco, Turbana y Villanueva. 1982.
13. INGEOMINAS. Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Bolívar. 1988.
14. MCCUEN, Richard H. A Guide To Hydrologic Analysis Using SCS Methods. 1982.
15. METCALF & Eddy, Inc. Ingeniería de Aguas Residuales. Editorial McGraw-Hill. 1995
16. MONSALVE SAENZ, Germán. Hidrología en la Ingeniería. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
17. MORENO DE WOOD, Dalia. Diseño Hidráulico de Culverts o Alcantarillas. Universidad de Cartagena. 1994.
18. MOUTHON, Javier. Modelación Matemática de Recursos Hidráulicos. Universidad de Cartagena, 1991.

19. **PASS LTDA. Estudio de Impacto Ambiental Cantera Santa Ana. 1994.**

20. **RUIZ, Rafael y otros. Efectos Sobre el Medio Ambiente que Producirá el Lecho de Sedimentación de Lodos que Alcalis de Colombia - ALCO LTDA - Proyecta Construir en la Zona de Cospique, Mamonal. Universidad de Cartagena, 1983.**

21. **Seminario-Taller. Manejo Ambiental de Zonas Costeras. Universidad de Cartagena, 1996.**

22. **SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales. Universidad de Antioquia, 1983.**

23. **SILVA, Medina Gustavo. Hidrología. Universidad Nacional de Colombia.**

24. **VELASQUEZ, Rubén, Almanza y Martínez. Prediseño para el Alcantarillado Pluvial del sector San Vicente de Paul. Proyecto de Grado Universidad de Cartagena, 1995.**

ANEXO A.

TABLAS DE APLICACION DEL METODO GUMBEL.

Tabla No. 8.2.6. Análisis de frecuencias para valores máximos de precipitación en 24 horas. Estación Aeropuerto Rafael Núñez.

Tabla No. 8.2.7. Análisis de frecuencias para valores máximos de precipitación en 24 horas. Estación Escuela Naval C.I.O.H.

Tabla No. 8.2.8. Análisis de frecuencias para valores máximos de precipitación en 24 horas. Estación Cañaveral.

Tabla No. 8.2.9. Análisis de frecuencias para valores máximos de precipitación en 24 horas. Estación Arjona.

Tabla No. 8.2.10. Análisis de frecuencias para valores máximos de precipitación en 24 horas. Estación Santa Ana.

TABLA 8.2.2. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS

ESTACION BAYUNCA												
ANO	P mm	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm		
1968	45	-55.04	3029.00	-1.431	1.43	0.985	1.02	10	2.25036733	145.89		
1969	70	-30.04	902.18	-0.519	0.52	0.814	1.23	20	2.97019525	165.62		
1970	112	11.96	143.13	1.014	-1.01	0.304	3.29	50	3.90193866	191.15		
1971	61	-39.04	1523.84	-0.847	0.85	0.903	1.11	100	4.60014923	210.29		
1972	70	-30.04	902.18	-0.519	0.52	0.814	1.23					
1973	50	-50.04	2503.64	-1.249	1.25	0.969	1.03					
1974	137	36.96	1366.31	1.926	-1.93	0.136	7.37					
1975	174	73.96	5470.62	3.276	-3.28	0.037	26.97					
1976	95	-5.04	25.36	0.393	-0.39	0.491	2.04					
1977	120	19.96	398.55	1.306	-1.31	0.237	4.21					
1978	140	39.96	1597.09	2.035	-2.04	0.122	8.17					
1979	140	39.96	1597.09	2.035	-2.04	0.122	8.17					
1980	83	-17.04	290.24	-0.044	0.04	0.848	1.54					
1981	78.8	-21.24	450.98	-0.198	0.20	0.704	1.42					
1982	52.8	-47.24	2231.27	-1.146	1.15	0.957	1.04					
1983	120	19.96	398.55	1.306	-1.31	0.237	4.21					
1984	84	-16.04	257.16	-0.008	0.01	0.635	1.57					
1985	95.7	-4.34	18.80	0.419	-0.42	0.482	2.07					
1988	150	49.96	2496.36	2.400	-2.40	0.087	11.53					
1989	100	-0.04	0.00	0.576	-0.58	0.430	2.33					
1990	137	36.96	1366.31	1.926	-1.93	0.136	7.37					
1991	85.5	-14.54	211.31	0.047	-0.05	0.615	1.63					
Sumatoria	2200.8		27179.99									
Media	100.04											
Varianza	35.15											

TABLA 8.2.3. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS
ESTACION ROCHA

ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm
1963	23.7	-68.72	4722.08	-2.085	2.08	1.00	1.00	10	2.25036733	135.62
1964	59.5	-32.92	1083.55	-0.698	0.70	0.87	1.15	20	2.97019525	154.20
1965	58.9	-33.52	1123.42	-0.721	0.72	0.87	1.15	50	3.90193866	178.25
1966	149.9	57.48	3304.25	2.804	-2.80	0.06	17.01	100	4.60014923	196.28
1967	125.3	32.88	1081.27	1.851	-1.85	0.15	6.88			
1968	116.3	23.88	570.38	1.502	-1.50	0.20	5.01			
1974	66	-26.42	697.88	-0.446	0.45	0.79	1.27			
1975	51	-41.42	1715.40	-1.027	1.03	0.94	1.07			
1976	133	40.58	1646.95	2.149	-2.15	0.11	9.09			
1977	129	36.58	1338.29	1.994	-1.99	0.13	7.86			
1978	80	-12.42	154.19	0.096	-0.10	0.60	1.68			
1979	125	32.58	1061.63	1.839	-1.84	0.15	6.80			
1980	70	-22.42	502.54	-0.291	0.29	0.74	1.36			
1981	65	-27.42	751.71	-0.485	0.48	0.80	1.25			
1982	59	-33.42	1116.72	-0.717	0.72	0.87	1.15			
1983	119	26.58	706.64	1.607	-1.61	0.18	5.50			
1984	130	37.58	1412.45	2.033	-2.03	0.12	8.15			
1985	79	-13.42	180.03	0.057	-0.06	0.61	1.64			
1986	95	2.58	6.67	0.677	-0.68	0.40	2.51			
1988	130	37.58	1412.45	2.033	-2.03	0.12	8.15			
1989	82.9	-9.52	90.58	0.209	-0.21	0.56	1.80			
1990	105.1	12.68	160.85	1.068	-1.07	0.29	3.44			
1991	73	-19.42	377.04	-0.175	0.17	0.70	1.44			
Sumatoria	2125.6		25216.95							
Media	92.42									
Varianza	33.112									

ESTACION SINCERIN

ANOS

ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm
1963	23.7	-60.77	3692.99	-2.16	2.16	1.00	1.00	10	2.25036733	121.60
1964	59.5	-24.97	623.50	-0.55	0.55	0.82	1.22	20	2.97019525	137.57
1965	58.9	-25.57	653.82	-0.58	0.58	0.83	1.20	50	3.90193866	158.25
1966	149.9	65.43	4281.08	3.53	-3.53	0.03	34.48	100	4.60014923	173.74
1967	125.3	40.83	1667.09	2.42	-2.42	0.09	11.72			
1968	116.3	31.83	1013.15	2.01	-2.01	0.13	7.99			
1974	71.8	-12.67	160.53	0.01	-0.01	0.63	1.59			
1975	104.9	20.43	417.38	1.50	-1.50	0.20	4.99			
1976	66	-18.47	341.14	-0.26	0.26	0.72	1.38			
1977	80.3	-4.17	17.39	0.39	-0.39	0.49	2.03			
1978	70	-14.47	209.38	-0.07	0.07	0.66	1.52			
1979	113.8	29.33	860.25	1.90	-1.90	0.14	7.19			
1980	82.3	-2.17	4.71	0.48	-0.48	0.46	2.17			
1981	85	0.53	0.28	0.60	-0.60	0.42	2.37			
1982	43	-41.47	1719.76	-1.29	1.29	0.97	1.03			
1983	88.4	3.93	15.44	0.75	-0.75	0.38	2.67			
1984	70.7	-13.77	189.61	-0.04	0.04	0.65	1.54			
1985	85.2	0.73	0.53	0.61	-0.61	0.42	2.39			
1986	95.4	10.93	119.46	1.07	-1.07	0.29	3.44			
1987	99	14.53	211.12	1.23	-1.23	0.25	3.95			
Sumatoria	1689.4		16198.64							
Media	84.47									
Varianza	28.459									

**TABLA 8.2.6. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS
ESTACION EL VISO**

ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	T	b	P mm
1973	72.5	-0.73	0.53	0.53	-0.53	0.45	2.25	0.45	10	2.25036733	96.74
1974	72.2	-1.03	1.06	0.51	-0.51	0.45	2.21	0.45	20	2.97019525	109.71
1975	80	6.77	45.82	1.02	-1.02	0.30	3.31	0.30	50	3.90193866	123.92
1976	32.1	-41.13	1691.78	-2.12	2.12	1.00	1.00	1.00	100	4.60014923	134.56
1980	59	-14.23	202.53	-0.36	0.36	0.76	1.32	0.76			
1981	102.9	29.67	880.23	2.52	-2.52	0.08	12.98	0.08			
1982	100	26.77	716.57	2.33	-2.33	0.09	10.82	0.09			
1983	105.3	32.07	1028.40	2.68	-2.68	0.07	15.10	0.07			
1984	61	-12.23	149.60	-0.23	0.23	0.71	1.40	0.71			
1985	70.2	-3.03	9.19	0.38	-0.38	0.50	2.02	0.50			
1986	80	6.77	45.82	1.02	-1.02	0.30	3.31	0.30			
1987	60	-13.23	175.07	-0.29	0.29	0.74	1.36	0.74			
1988	80	6.77	45.82	1.02	-1.02	0.30	3.31	0.30			
1989	40.5	-32.73	1071.33	-1.57	1.57	0.99	1.01	0.99			
1990	80	6.77	45.82	1.02	-1.02	0.30	3.31	0.30			
1991	76	2.77	7.67	0.76	-0.76	0.37	2.67	0.37			
Sumatoria	1171.7		6117.23								
Media	73.23										
Varianza	19.553										

TABLA 8.2.6. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS
ESTACION AEROPUERTO RAFAEL NUÑEZ

ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm	
1941	60	-31.83	1013.08		-0.52	0.52	0.81	1.23	10	2.25036733	140.43
1943	30	-61.83	3822.81		-1.55	1.55	0.99	1.01	20	2.97019525	161.33
1944	89	-2.83	8.00		0.48	-0.48	0.68	2.17	50	3.90193866	188.39
1945	71	-20.83	433.84		-0.14	0.14	0.68	1.46	100	4.60014923	208.67
1946	60	-31.83	1013.08		-0.52	0.52	0.81	1.23			
1947	60.1	-31.73	1006.72		-0.52	0.52	0.81	1.23			
1948	107	15.17	230.16		1.10	-1.10	0.28	3.53			
1949	53.5	-38.33	1469.10		-0.74	0.74	0.88	1.14			
1950	85	-6.83	46.63		0.34	-0.34	0.51	1.97			
1951	93	1.17	1.37		0.62	-0.62	0.42	2.40			
1952	41	-50.83	2583.57		-1.17	1.17	0.96	1.04			
1953	51	-40.83	1666.99		-0.83	0.83	0.90	1.11			
1954	90.1	-1.73	2.99		0.52	-0.52	0.45	2.23			
1955	110.1	18.27	333.84		1.21	-1.21	0.26	3.87			
1956	95	3.17	10.06		0.69	-0.69	0.40	2.53			
1957	40	-51.83	2686.23		-1.21	1.21	0.96	1.04			
1958	109.3	17.47	305.24		1.18	-1.18	0.26	3.78			
1959	68	-23.83	567.81		-0.24	0.24	0.72	1.39			
1960	109	17.17	294.85		1.17	-1.17	0.27	3.74			
1961	65	-26.83	719.79		-0.35	0.35	0.76	1.32			
1962	75	-16.83	283.21		0.00	0.00	0.63	1.58			
1963	59	-32.83	1077.73		-0.55	0.55	0.82	1.21			
1964	69	-22.83	521.16		-0.21	0.21	0.71	1.41			
1965	89	-2.83	8.00		0.48	-0.48	0.46	2.17			
1966	76	-15.83	250.55		0.03	-0.03	0.62	1.61			
1967	67	-24.83	616.47		-0.28	0.28	0.73	1.36			
1968	89	-2.83	8.00		0.48	-0.48	0.46	2.17			
1969	129	37.17	1381.69		1.86	-1.86	0.14	6.92			
1970	157	65.17	4247.28		2.82	-2.82	0.06	17.30			

TABLA 8.2.6. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS ESTACION AEROPUERTO RAFAEL NUÑEZ												
ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm		
1971	104.7	12.87	165.67	1.02	-1.02	0.30	3.30	10	2.25036733	140.43		
1972	120	28.17	793.61	1.55	-1.55	0.19	5.22	20	2.97019525	161.33		
1973	74.1	-17.73	314.31	-0.03	0.03	0.64	1.55	50	3.90193866	188.39		
1974	126.4	34.57	1195.16	1.77	-1.77	0.16	6.37	100	4.60014923	208.67		
1975	101.6	9.77	95.48	0.91	-0.91	0.33	3.03					
1976	54.4	-37.43	1400.92	-0.71	0.71	0.87	1.15					
1977	60.5	-31.33	981.50	-0.50	0.50	0.81	1.24					
1978	68.5	-23.33	544.24	-0.23	0.23	0.71	1.40					
1979	120.7	28.87	833.54	1.57	-1.57	0.19	5.33					
1980	135.9	44.07	1942.27	2.09	-2.09	0.12	8.63					
1981	124.4	32.57	1060.88	1.70	-1.70	0.17	5.98					
1982	98	6.17	38.08	0.79	-0.79	0.36	2.74					
1983	63.4	-28.43	808.20	-0.40	0.40	0.78	1.29					
1984	102.7	10.87	118.18	0.95	-0.95	0.32	3.12					
1985	164.5	72.67	5281.10	3.08	-3.08	0.04	22.25					
1986	64.9	-26.93	725.16	-0.35	0.35	0.76	1.32					
1987	171.3	79.47	6315.66	3.31	-3.31	0.04	27.98					
1988	115	23.17	536.90	1.37	-1.37	0.22	4.48					
1989	201.8	109.97	12093.65	4.36	-4.36	0.01	79.03					
1990	77.8	-14.03	196.81	0.09	-0.09	0.60	1.67					
1991	32.5	-59.33	3519.91	-1.47	1.47	0.99	1.01					
1992	161.5	69.67	4854.07	2.98	-2.98	0.05	20.11					
1993	133.4	41.57	1728.16	2.01	-2.01	0.13	7.96					
Sumatoria	4775.1		72153.73									
Media	91.83											
Varianza	37.250											

TABLA 8.2.7. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS ESTACION ESCUELA NAVAL C.I.O.H.										
ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm
1947	37.6	-42.42	1799.33	-0.87	0.87	0.91	1.10	10	2.25036733	129.11
1948	18.4	-61.62	3796.84	-1.52	1.52	0.99	1.01	20	2.97019525	150.23
1954	168.8	88.78	7882.15	3.60	-3.60	0.03	37.22	50	3.90193866	177.57
1955	90	9.98	99.63	0.92	-0.92	0.33	3.04	100	4.60014923	198.05
1956	70.7	-9.32	86.83	0.26	-0.26	0.54	1.86			
1957	33.3	-46.72	2182.62	-1.02	1.02	0.94	1.07			
1958	66	-14.02	196.52	0.10	-0.10	0.60	1.68			
1960	122	41.98	1762.44	2.01	-2.01	0.13	7.96			
1961	86	5.98	35.78	0.78	-0.78	0.37	2.72			
1963	110	29.98	898.89	1.60	-1.60	0.18	5.47			
1964	95.7	15.68	245.91	1.11	-1.11	0.28	3.57			
1965	181.2	101.18	10237.89	4.03	-4.03	0.02	56.53			
1966	47.2	-32.82	1077.06	-0.54	0.54	0.82	1.22			
1967	97.3	17.28	298.65	1.17	-1.17	0.27	3.74			
1968	48.8	-31.22	974.60	-0.49	0.49	0.80	1.24			
1969	74.1	-5.92	35.03	0.38	-0.38	0.50	2.01			
1970	101.4	21.38	457.17	1.31	-1.31	0.24	4.21			
1972	87.2	7.18	51.57	0.82	-0.82	0.36	2.81			
1974	92.3	12.28	150.83	1.00	-1.00	0.31	3.24			
1975	55	-25.02	625.93	-0.28	0.28	0.73	1.37			
1976	43	-37.02	1370.37	-0.68	0.68	0.86	1.16			
1977	60	-20.02	400.74	-0.11	0.11	0.67	1.49			
1981	100	19.98	398.26	1.26	-1.26	0.25	4.04			
1983	60.2	-19.82	392.77	-0.10	0.10	0.67	1.50			
1984	70.5	-9.52	90.60	0.25	-0.25	0.54	1.85			
1985	107.6	27.58	760.74	1.52	-1.52	0.20	5.08			
1986	36.2	-43.82	1920.06	-0.92	0.92	0.92	1.09			
Sumatoria	2160.5		38230.02							
Media	80.019									
Varianza	37.629									

TABLA 8.2.8. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS
ESTACION CANAVERAL

ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm
1974	83	-13.78	189.75	0.17	-0.17	0.57	1.76	10	2.25036733	153.41
1975	61	-35.78	1279.85	-0.48	0.48	0.80	1.25	20	2.97019525	177.78
1976	129	32.23	1038.45	1.53	-1.53	0.19	5.13	50	3.90193866	209.32
1977	100	3.22	10.40	0.67	-0.67	0.40	2.50	100	4.60014923	232.96
1978	70	-26.78	716.90	-0.21	0.21	0.71	1.41			
1979	155	58.23	3390.15	2.30	-2.30	0.10	10.45			
1980	70	-26.78	716.90	-0.21	0.21	0.71	1.41			
1981	75	-21.78	474.15	-0.07	0.07	0.66	1.52			
1982	82	-14.78	218.30	0.14	-0.14	0.58	1.72			
1983	90	-6.78	45.90	0.38	-0.38	0.50	2.01			
1984	66	-30.78	947.10	-0.33	0.33	0.75	1.33			
1985	64	-32.78	1074.20	-0.39	0.39	0.77	1.30			
1987	68.5	-28.28	799.48	-0.26	0.26	0.73	1.38			
1988	235	138.23	19106.15	4.66	-4.66	0.01	106.19			
1989	91.9	-4.88	23.77	0.43	-0.43	0.48	2.10			
1990	108	11.23	126.00	0.91	-0.91	0.33	3.01			
Sumatoria	1548.4		30157.45							
Media	96.775									
Varianza	43.41									

TABLA 8.2.9. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS
ESTACION ARJONA

ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm
1960	85	2.23	4.98	0.67	-0.67	0.40	2.49	10	2.25036733	124.00
1962	80	-2.77	7.67	0.46	-0.46	0.47	2.14	20	2.97019525	141.74
1963	90	7.23	52.28	0.87	-0.87	0.34	2.92	50	3.90193866	164.71
1964	63	-19.77	390.82	-0.23	0.23	0.71	1.40	100	4.60014923	181.91
1965	70	-12.77	163.05	0.06	-0.06	0.61	1.64			
1966	82	-0.77	0.59	0.55	-0.55	0.44	2.27			
1967	56	-26.77	716.59	-0.51	0.51	0.81	1.23			
1968	61	-21.77	473.90	-0.31	0.31	0.74	1.35			
1969	75	-7.77	60.36	0.26	-0.26	0.54	1.86			
1970	46	-36.77	1351.98	-0.91	0.91	0.92	1.09			
1971	53	-29.77	886.21	-0.63	0.63	0.85	1.18			
1972	52	-30.77	946.75	-0.67	0.67	0.86	1.16			
1973	83	0.23	0.05	0.59	-0.59	0.43	2.34			
1974	123	40.23	1618.51	2.21	-2.21	0.10	9.62			
1975	117	34.23	1171.75	1.97	-1.97	0.13	7.65			
1976	98	15.23	231.98	1.20	-1.20	0.26	3.83			
1977	45	-37.77	1426.51	-0.96	0.96	0.93	1.08			
1978	70	-12.77	163.05	0.06	-0.06	0.61	1.64			
1980	80.2	-2.57	6.60	0.47	-0.47	0.46	2.16			
1981	66.5	-16.27	264.69	-0.08	0.08	0.66	1.51			
1982	125	42.23	1783.44	2.29	-2.29	0.10	10.39			
1983	196	113.23	12821.21	5.17	-5.17	0.01	176.72			
1985	90	7.23	52.28	0.87	-0.87	0.34	2.92			
1986	77.7	-5.07	25.70	0.37	-0.37	0.50	2.01			
1988	57.8	-24.97	623.46	-0.44	0.44	0.79	1.27			
1989	109.8	27.03	730.66	1.67	-1.67	0.17	5.85			
Sumatoria	2152		25975.08							
Media	82.77									
Varianza	31.608									

**TABLA 8.2.10. ANALISIS DE FRECUENCIAS PARA VALORES MAXIMOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS
ESTACION SANTA ANA**

ANO	P mm (x)	(x-xm)	(x-xm) ²	b	(-b)	P	T	T	b	P mm
1974	138	33.33	1111.11	1.89	-1.89	0.14	7.10	10	2.25036733	147.29
1975	100	-4.67	21.78	0.39	-0.39	0.49	2.04	20	2.97019525	165.62
1976	68	-36.67	1344.44	-0.86	0.86	0.91	1.10	50	3.90193866	189.36
1978	85	-19.67	386.78	-0.19	0.19	0.70	1.42	100	4.60014923	207.14
1979	168	61.33	3761.78	2.98	-2.98	0.05	20.29			
1980	138	33.33	1111.11	1.89	-1.89	0.14	7.10			
1981	131	26.33	693.44	1.61	-1.61	0.18	5.52			
1982	83	-21.67	469.44	-0.27	0.27	0.73	1.37			
1983	60	-44.67	1995.11	-1.18	1.18	0.96	1.04			
1984	90	-14.67	215.11	0.00	0.00	0.63	1.58			
1985	80	-24.67	608.44	-0.39	0.39	0.77	1.30			
1989	156	51.33	2635.11	2.59	-2.59	0.07	13.87			
1990	105	0.33	0.11	0.59	-0.59	0.43	2.35			
1991	64	-40.67	1653.78	-1.02	1.02	0.94	1.07			
1992	106	1.33	1.78	0.63	-0.63	0.41	2.42			
Sumatoria	1570		16009.33							
Media	104.67									
Varianza	32.669									

ANEXO B.

TABLAS DE APLICACION DEL METODO RACIONAL

CONTENIDO DEL ANEXO

En este anexo se muestra la generación de caudales por el método racional (Capítulo 9) para los períodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años para las siguientes subcuencas.

Subcuenca 1A
Subcuenca 1B
Subcuenca 1C
Subcuenca 2A
Subcuenca 2B
Subcuenca 3A
Subcuenca 3B
Subcuenca 3C
Subcuenca 4A
Subcuenca 4A
Subcuenca 4B

Subcuenca 5A

Subcuenca 5B

GENERACION DE CAUDALES. METODO RACIONAL			
Subcuenca	1A		
Area (Ha)	1345		
Coef. de Escorrentía	0.45		
T. de concentración (hr)	1		
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)	Caudal Corregido
5	76.77	129.065149	110.996028
10	87.33	146.825189	126.269662
20	99.35	167.029102	143.645028
25	103.56	174.107472	149.732426
50	117.81	198.06557	170.33639
100	134.02	225.320428	193.775568

METODO RACIONAL		
Subcuenca	1B	
Area (Ha)	72	
Coef. de Escorrentía	0.4	
T. de concentración (hr)	0.32	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	125.37	10.0296759
10	142.62	11.4098117
20	162.25	12.9798615
25	169.12	13.5299228
50	192.40	15.3917109
100	218.87	17.5096908

METODO RACIONAL		
Subcuenca	1C	
Area (Ha)	106	
Coef. de Escorrentía	0.5	
T. de concentración (hr)	0.57	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	99.36	14.6274347
10	113.03	16.6402462
20	128.58	18.930031
25	134.03	19.732249
50	152.47	22.4475097
100	173.45	25.5364043

METODO RACIONAL		
Subcuenca	2A	
Area (Ha)	223	
Coef. de Escorrentía	0.45	
T. de concentración (hr)	0.73	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	88.98	24.8040564
10	101.23	28.2172243
20	115.16	32.1000618
25	120.04	33.4604002
50	136.56	38.0647262
100	155.35	43.3026316

METODO RACIONAL		
Subcuenca	2B	
Area (Ha)	31	
Coef. de Escorrentía	0.85	
T. de concentración (hr)	0.97	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	77.90	5.70166604
10	88.62	6.48624509
20	100.81	7.37878633
25	105.08	7.69148499
50	119.54	8.74987353
100	135.99	9.95390187

METODO RACIONAL		
Subcuenca	3A	
Area (Ha)	123	
Coef. de Escorrentía	0.52	
T. de concentración (hr)	0.47	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	107.83	19.1577764
10	122.67	21.7939865
20	139.55	24.792953
25	145.46	25.8436303
50	165.48	29.3998489
100	188.25	33.4454219

METODO RACIONAL		
Subcuenca	3B	
Area (Ha)	84	
Coef. de Escorrentia	0.87	
T. de concentración (hr)	0.26	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	134.98	27.3999714
10	153.55	31.1703507
20	174.68	35.4595539
25	182.08	36.962261
50	207.14	42.0484614
100	235.64	47.8345495

METODO RACIONAL		
Subcuenca	3C	
Area (Ha)	34	
Coef. de Escorrentia	0.54	
T. de concentración (hr)	0.83	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	83.86	4.27678584
10	95.40	4.86529393
20	108.53	5.53478381
25	113.12	5.76933722
50	128.69	6.56322818
100	146.40	7.46636269

METODO RACIONAL		
Subcuenca	4A	
Area (Ha)	51	
Coef. de Escorrentia	0.5	
T. de concentración (hr)	0.19	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	149.25	10.5718805
10	169.79	12.0266265
20	193.15	13.6815532
25	201.34	14.2613509
50	229.04	16.2237873
100	260.56	18.4562653

METODO RACIONAL		
Subcuenca	4B	
Area (Ha)	39	
Coef. de Escorrentía	0.35	
T. de concentración (hr)	0.52	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	103.35	3.91876756
10	117.57	4.45801046
20	133.75	5.071456
25	139.42	5.28637448
50	158.61	6.01380724
100	180.43	6.84133856

METODO RACIONAL		
Subcuenca	5A	
Area (Ha)	28	
Coef. de Escorrentía	0.67	
T. de concentración (hr)	0.094	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	177.95	9.27342595
10	202.44	10.5494978
20	230.30	12.0011639
25	240.06	12.50975
50	273.09	14.231157
100	310.67	16.1894386

METODO RACIONAL		
Subcuenca	5B	
Area (Ha)	15	
Coef. de Escorrentía	0.4	
T. de concentración (hr)	0.92	
T de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)	Caudal (m3/seg)
5	79.89	1.33147354
10	90.88	1.51469126
20	103.39	1.72312069
25	107.77	1.79614321
50	122.60	2.0433019
100	139.47	2.32447093

ANEXO C.

HIDROGRAMAS S.C.S. PARA LAS SUBCUENCAS

CONTENIDO DEL ANEXO.

Este anexo contiene las hojas de resúmenes de los hidrogramas S.C.S. (Capítulo 9) calculados para los tiempos de retorno de 5, 10, 20 y 50 años. Los hidrogramas detallados para cada período de retorno y subcuenca se muestran en el Volumen II.

Subcuenca 1A

Subcuenca 1B

Subcuenca 1C

Subcuenca 2A

Subcuenca 2B

Subcuenca 3A

Subcuenca 3B

Subcuenca 3C

Subcuenca 3D

Subcuenca 4A

Subcuenca 4B

Subcuenca 5A

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 1A												
TIEMPO (min)	CAUDAL (m ³ /seg.)											
	PERIODO DE RETORNO				20 AÑOS				50 AÑOS			
	5 AÑOS	10 AÑOS	10 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	20 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	50 AÑOS	50 AÑOS	50 AÑOS	50 AÑOS
	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert	Q/culvert
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	1.2310	0.0648	1.8658	0.0982	2.4425	0.1286	3.1539	0.1660	3.1539	0.1286	3.1539	0.1660
20	4.1041	0.2160	5.8233	0.3065	7.4873	0.3941	9.9654	0.5245	9.9654	0.3941	9.9654	0.5245
30	9.0711	0.4774	12.6172	0.6641	16.2113	0.8532	21.7464	1.1445	21.7464	0.8532	21.7464	1.1445
40	22.7939	1.1997	32.2459	1.6972	41.5835	2.1886	55.4013	2.9159	55.4013	2.1886	55.4013	2.9159
50	37.5705	1.9774	50.8321	2.6754	64.8443	3.4129	88.0273	4.6330	88.0273	3.4129	88.0273	4.6330
60	47.3854	2.4940	63.3170	3.3325	81.2001	4.2737	111.0758	5.8461	111.0758	4.2737	111.0758	5.8461
70	52.1324	2.7438	69.5281	3.6594	89.1880	4.6941	122.7175	6.4588	122.7175	4.6941	122.7175	6.4588
80	51.1990	2.6947	67.4794	3.5515	87.1817	4.5885	119.5812	6.2937	119.5812	4.5885	119.5812	6.2937
90	38.6361	2.0335	52.0501	2.7395	68.9894	3.6310	97.4529	5.1291	97.4529	3.6310	97.4529	5.1291
100	26.5451	1.3971	36.0042	1.8950	48.0667	2.5298	68.6295	3.6121	68.6295	2.5298	68.6295	3.6121
110	17.7815	0.9359	24.1448	1.2708	32.3645	1.7034	46.2410	2.4337	46.2410	1.7034	46.2410	2.4337
120	11.5043	0.6055	15.7725	0.8301	21.2141	1.1165	30.5702	1.6090	30.5702	1.1165	30.5702	1.6090
130	7.9388	0.4178	10.7375	0.5651	14.3171	0.7535	20.4113	1.0743	20.4113	0.7535	20.4113	1.0743
140	5.2462	0.2761	7.1245	0.3750	9.5411	0.5022	13.6841	0.7202	13.6841	0.5022	13.6841	0.7202
150	3.5534	0.1870	4.8295	0.2542	6.4523	0.3396	9.2076	0.4846	9.2076	0.3396	9.2076	0.4846
160	2.4119	0.1269	3.2776	0.1725	4.3944	0.2313	6.2616	0.3296	6.2616	0.2313	6.2616	0.3296
170	1.8255	0.0856	2.2559	0.1187	3.0455	0.1603	4.3791	0.2305	4.3791	0.1603	4.3791	0.2305
180	1.3025	0.0686	1.7745	0.0834	2.3414	0.1232	3.3203	0.1748	3.3203	0.1232	3.3203	0.1748
190	1.2159	0.0640	1.6342	0.0860	2.1318	0.1122	2.9595	0.1558	2.9595	0.1122	2.9595	0.1558
200	1.1127	0.0586	1.4990	0.0788	1.9528	0.1028	2.7223	0.1433	2.7223	0.1028	2.7223	0.1433
210	0.9036	0.0476	1.1907	0.0627	1.5562	0.0819	2.1781	0.1146	2.1781	0.0819	2.1781	0.1146
220	0.5886	0.0310	0.7962	0.0419	1.0660	0.0561	1.5263	0.0803	1.5263	0.0561	1.5263	0.0803
230	0.3625	0.0191	0.4697	0.0258	0.6567	0.0346	0.9412	0.0495	0.9412	0.0346	0.9412	0.0495
240	0.1690	0.0089	0.2318	0.0122	0.3271	0.0172	0.4803	0.0253	0.4803	0.0172	0.4803	0.0253
250	0.0985	0.0004	0.0273	0.0014	0.0567	0.0030	0.1194	0.0063	0.1194	0.0030	0.1194	0.0063
MAX.	52.1324	2.7438	69.5281	3.6594	89.1880	4.6941	122.7175	6.4588	122.7175	4.6941	122.7175	6.4588

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 1B				
TIEMPO (min)	Q (m ³ /seg)	Q (m ³ /seg)	Q (m ³ /seg)	Q (m ³ /seg)
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	2.2597	3.1306	4.1951	5.9479
20	1.0334	1.6525	2.5103	4.0974
30	0.2571	0.4223	0.6544	1.0888
40	0.0613	0.0966	0.1532	0.2529
50	0.0059	0.0119	0.0209	0.0385
60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MAX.	2.2597	3.1306	4.1951	5.9479

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 1C				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m ³ /seg)			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.4938	0.6956	0.9368	1.2291
20	2.3103	3.1893	4.2397	5.6147
30	4.4800	5.9892	7.8176	10.5355
40	5.5057	7.2681	9.4127	13.0358
50	4.4315	5.9423	7.8521	11.3249
60	2.7420	3.7595	5.0806	7.5330
70	1.5034	2.0856	2.8489	4.2663
80	0.8510	1.1690	1.5833	2.3564
90	0.4703	0.6513	0.8885	1.3292
100	0.2572	0.3562	0.4858	0.7261
110	0.1583	0.2171	0.2931	0.4322
120	0.0834	0.1148	0.1562	0.2349
130	0.0400	0.0546	0.0740	0.1130
140	0.0074	0.0124	0.0199	0.0351
150	0.0004	0.0009	0.0017	0.0033
160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MAX.	5.5057	7.2681	9.4127	13.0358

HIDROGRAMAS S.C.S. PARA LA CUENCA 2A				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m ³ /seg)			
	T= 5 AÑOS	T= 10 AÑOS	T= 20 AÑOS	T= 50 AÑOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0968	0.1951	0.3420	0.6314
20	1.0238	1.5549	2.3329	3.7106
30	3.7319	5.1689	7.1952	10.5834
40	7.8747	10.4023	13.8366	19.4396
50	11.4603	14.8773	19.3092	26.6076
60	12.8413	16.6485	21.3220	29.0713
70	11.4402	14.9330	18.9553	25.5890
80	8.1259	10.6585	13.4688	18.0637
90	5.0235	6.5876	8.3103	11.1260
100	3.0245	3.9662	5.0086	6.7230
110	1.8552	2.4315	3.0538	4.0943
120	1.0679	1.4062	1.7711	2.3705
130	0.6061	0.7956	1.0078	1.3552
140	0.3882	0.5116	0.6464	0.8656
150	0.2370	0.3081	0.3896	0.5229
160	0.1609	0.2037	0.2635	0.3527
170	0.0918	0.1206	0.1507	0.2001
180	0.0379	0.0507	0.0628	0.0815
190	0.0062	0.0084	0.0102	0.0132
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
MAX.	12.8413	16.6485	21.3220	29.0713

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 2B				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m ³ /seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 AÑOS	T= 10 AÑOS	T= 20 AÑOS	T= 50 AÑOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0702	0.0812	0.0937	0.1127
20	0.3720	0.4353	0.5033	0.6072
30	1.0413	1.2278	1.4245	1.7252
40	1.9858	2.3572	2.7546	3.3650
50	2.9329	3.4973	4.1225	5.0898
60	3.6041	4.3046	5.1087	6.3605
70	3.8650	4.6066	5.4763	6.8335
80	3.6575	4.3440	5.1529	6.4147
90	3.0785	3.6439	4.3086	5.3433
100	2.3556	2.7843	3.2878	4.0712
110	1.7093	2.0195	2.3831	2.9484
120	1.2220	1.4440	1.7040	2.1084
130	0.8639	1.0209	1.2056	1.4929
140	0.6084	0.7188	0.8490	1.0517
150	0.4294	0.5066	0.5971	0.7376
160	0.2969	0.3506	0.4134	0.5109
170	0.2053	0.2424	0.2861	0.3540
180	0.1484	0.1754	0.2072	0.2568
190	0.1124	0.1327	0.1561	0.1923
200	0.0831	0.0985	0.1163	0.1440
210	0.0574	0.0681	0.0809	0.1009
220	0.0389	0.0461	0.0549	0.0687
230	0.0233	0.0272	0.0318	0.0389
240	0.0111	0.0128	0.0147	0.0177
250	0.0021	0.0024	0.0028	0.0033

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 3A				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.2072	0.3909	0.6584	1.1752
20	1.8418	2.6147	3.8791	6.1200
30	5.0545	6.5405	9.0161	12.9061
40	5.7879	7.6126	10.3218	14.2463
50	3.5472	4.7008	6.3675	8.7495
60	1.8515	2.4223	3.2548	4.4219
70	0.7904	1.0741	1.4566	1.9892
80	0.3058	0.3962	0.5399	0.7559
90	0.2586	0.3436	0.4662	0.6421
100	0.1443	0.1898	0.2573	0.3546
110	0.0829	0.1083	0.1450	0.1954
120	0.0265	0.0361	0.0483	0.0641
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 3B				
TIEMPO	CAUDAL (m3/seg)			
(min)	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	6.5172	8.0617	9.8590	12.6719
20	5.3551	7.1308	9.3260	12.9900
30	1.4545	1.9511	2.5677	3.6013
40	0.3896	0.5157	0.6710	0.9294
50	0.0850	0.1178	0.1592	0.2297
60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 3C				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0717	0.0971	0.1363	0.2046
20	0.3941	0.5104	0.6825	0.9764
30	1.0728	1.3485	1.7392	2.3904
40	1.9175	2.3610	2.9655	3.9478
50	2.5906	3.1522	3.8973	5.0858
60	2.8058	3.3885	4.1486	5.3487
70	2.4529	2.9460	3.5822	4.5811
80	1.7340	2.0766	2.5159	3.2040
90	1.0671	1.2770	1.5457	1.9658
100	0.6456	0.7734	0.9373	1.1940
110	0.3919	0.4682	0.5655	0.7174
120	0.2274	0.2723	0.3297	0.4196
130	0.1302	0.1560	0.1892	0.2412
140	0.0831	0.0996	0.1209	0.1542
150	0.0495	0.0592	0.0716	0.0908
160	0.0324	0.0388	0.0468	0.0594
170	0.0174	0.0206	0.0246	0.0308
180	0.0062	0.0073	0.0086	0.0106
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA SUBCUENCA 3D				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0036	0.0100	0.0208	0.0438
20	0.0179	0.0500	0.1039	0.2189
30	0.0393	0.1099	0.2286	0.4817
40	0.0572	0.1599	0.3326	0.7006
50	0.0708	0.1979	0.4116	0.8670
60	0.0744	0.2079	0.4323	0.9108
70	0.0651	0.1819	0.3783	0.7970
80	0.0465	0.1299	0.2702	0.5693
90	0.0304	0.0849	0.1767	0.3722
100	0.0179	0.0500	0.1039	0.2189
110	0.0114	0.0320	0.0665	0.1401
120	0.0070	0.0195	0.0405	0.0854
130	0.0045	0.0125	0.0260	0.0547
140	0.0030	0.0084	0.0175	0.0368
150	0.0021	0.0059	0.0123	0.0258
160	0.0014	0.0039	0.0081	0.0171
170	0.0009	0.0024	0.0050	0.0105
180	0.0005	0.0014	0.0029	0.0061
190	0.0002	0.0005	0.0010	0.0022
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA SUBCUENCA 4A				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0771	0.2625	0.5944	1.3276
20	0.0379	0.1290	0.2922	0.6526
30	0.0104	0.0356	0.0806	0.1800
40	0.0039	0.0133	0.0302	0.0675
50	0.0013	0.0044	0.0101	0.0225
60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA SUBCUENCA 4B				
TIEMPO	CAUDAL (m3/seg)			
CUENCA No. 4B	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0014	0.0038	0.0080	0.0169
20	0.0491	0.1373	0.2856	0.6017
30	0.0896	0.2504	0.5209	1.0974
40	0.1133	0.3167	0.6588	1.3879
50	0.0801	0.2240	0.4658	0.9814
60	0.0445	0.1244	0.2588	0.5452
70	0.0227	0.0633	0.1318	0.2776
80	0.0097	0.0271	0.0565	0.1190
90	0.0061	0.0170	0.0353	0.0744
100	0.0036	0.0102	0.0212	0.0446
110	0.0024	0.0068	0.0141	0.0297
120	0.0012	0.0034	0.0071	0.0149
130	0.0004	0.0011	0.0024	0.0050
140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 5A				
TIEMPO (min)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
PERIODOS DE RETORNO				
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	1.5572	2.2217	3.0735	4.5465
20	0.4671	0.6665	0.9220	1.3640
30	0.1038	0.1481	0.2049	0.3031
40	0.0389	0.0555	0.0768	0.1137
50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ANEXO D

RESULTADOS DEL MODELO DEL TRANSITO POR LOS CULVERTS.

CONTENIDO DEL ANEXO

En este anexo se muestran los cuadros de resumen del modelo del tránsito (Capítulo 10) para los culverts del proyecto. Las hojas de cálculo por el método de la piscina nivelada se encuentran en el Volumen II.

Contiene:

Hidrograma de salida para la subcuenca 1A através de la Variante Cartagena para los culverts No. 8 a No. 26 para los períodos de retorno de 5, 10, 20 y 50 años.

Hidrograma total de salida S.C.S. para la subcuenca 1A.

Hidrograma de entrada y salida S.C.S. para la subcuenca 1A para los períodos de retorno de 5, 10, 20 y 50 años.

Hidrograma de salida 1A + 1B.

Hidrograma de salida 1A + 1B

Hidrograma de salida para el Culvert No. 6

- Hidrograma de entrada y salida para el culvert No. 6. Hidrograma de salida
1B+ 1C Hidrograma de salida para el culvert No. 1
- Hidrograma de entrada y salida para el tránsito por el culvert No. 1.
- Hidrograma de para el tránsito por el culvert No. 5
- Hidrograma S.C.S. Salida 2A + 2B
- Hidrograma S.C.S. para el culvert No. 2
- Hidrograma de salida para el culvert No. 7
- Hidrograma de tránsito para el culvert No. 7
- Hidrograma de salida 3A + 3B
- Hidrograma de salida para el culvert No. 4
- Hidrograma de entrada y salida para el culvert No. 4.
- Hidrograma de salida 3B + 3C
- Hidrograma de salida para el culvert No. 3
- Hidrograma de entrada y salida para el culvert No. 3.
- Hidrograma de la subcuenca 4.
- Hidrograma de salida de la subcuenca 3D + 4
- Hidrogramas de salida de los culverts 1, 2 y 3

HIDROGRAMA DE SALIDA DE LA CUENCA A TRAVES DE LA VARIANTE CARTAGENA
PERIODO DE RETORNO 5 AÑOS

TIEMPO (MIN)	CULVERT 8	CULVERT 9	CULVERT 10	CULVERT 11	CULVERT 12	CULVERT 13	CULVERT 14	CULVERT 15	CULVERT 16	CULVERT 17	CULVERT 18	CULVERT 19	CULVERT 20	CULVERT 21	CULVERT 22	CULVERT 23	CULVERT 24	CULVERT 25	CULVERT 26	Q. TOTAL
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
10	0.050688	0.010105	0.018843	0.010105	0.008303	0.005303	0.038256	0.008328	0.011784	0.011385	0.009332	0.059899	0.039259	0.019459	0.059517	0.059899	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
20	0.181659	0.043110	0.094419	0.054310	0.035425	0.030148	0.144573	0.044847	0.073923	0.061218	0.049524	0.059899	0.039259	0.019459	0.059517	0.059899	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
30	0.407131	0.149820	0.248148	0.149820	0.102108	0.087870	0.329712	0.074887	0.207488	0.172912	0.139362	0.402819	0.329712	0.161659	0.445101	0.435365	0.207828	0.080158	0.207828	0.524018
40	0.960684	0.347810	0.678109	0.347810	0.248228	0.216485	0.721302	0.301917	0.494228	0.417984	0.329350	0.842280	0.721302	0.428119	1.089556	1.089556	0.401714	0.201183	0.571104	1.317899
50	1.712265	0.695148	1.031990	0.695148	0.461085	0.411932	1.286881	0.539143	0.905945	0.788302	0.583397	1.682488	1.286881	0.748532	1.840977	1.840977	1.128117	0.434128	1.137685	2.857104
60	2.300595	0.929044	1.327305	0.929044	0.635876	0.582508	1.829685	0.866071	1.245333	1.131050	0.829044	2.284174	1.829685	1.131442	2.496801	2.496801	1.429448	0.785456	1.557866	3.853378
70	2.721807	1.090000	1.560000	1.090000	0.829044	0.750000	2.239872	1.050000	1.560000	1.319665	1.000000	2.721807	2.239872	1.434428	2.896801	2.896801	1.731837	1.156245	1.872080	4.719559
80	2.933457	1.200000	1.650000	1.200000	0.929044	0.829044	2.472395	1.350000	2.000000	1.500000	1.400000	2.721807	2.472395	1.584439	3.096801	3.096801	1.920468	1.284778	1.920468	5.579609
90	3.03793	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	2.607421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	2.607421	1.684439	3.200468	3.200468	2.030468	1.370468	2.030468	6.379609
100	3.069793	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	2.707421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	2.707421	1.84439	3.300468	3.300468	2.103973	1.449683	2.103973	7.279609
110	3.082972	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	2.797421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	2.797421	1.98439	3.380468	3.380468	2.163973	1.499683	2.163973	8.279609
120	3.089297	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	2.887421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	2.887421	2.14439	3.440468	3.440468	2.203973	1.529683	2.203973	9.279609
130	3.089297	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	2.977421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	2.977421	2.30439	3.480468	3.480468	2.233973	1.559683	2.233973	10.279609
140	3.081568	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.067421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.067421	2.38439	3.500468	3.500468	2.253973	1.589683	2.253973	11.279609
150	3.062138	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.157421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.157421	2.46439	3.510468	3.510468	2.263973	1.619683	2.263973	12.279609
160	3.031190	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.247421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.247421	2.54439	3.510468	3.510468	2.273973	1.649683	2.273973	13.279609
170	3.002445	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.337421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.337421	2.62439	3.500468	3.500468	2.283973	1.679683	2.283973	14.279609
180	2.975778	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.427421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.427421	2.70439	3.480468	3.480468	2.293973	1.709683	2.293973	15.279609
190	2.95128	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.517421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.517421	2.78439	3.450468	3.450468	2.303973	1.739683	2.303973	16.279609
200	2.928966	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.607421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.607421	2.86439	3.410468	3.410468	2.313973	1.769683	2.313973	17.279609
210	2.908041	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.697421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.697421	2.94439	3.360468	3.360468	2.323973	1.809683	2.323973	18.279609
220	2.888595	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.787421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.787421	3.02439	3.300468	3.300468	2.333973	1.849683	2.333973	19.279609
230	2.870652	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.877421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.877421	3.10439	3.230468	3.230468	2.343973	1.889683	2.343973	20.279609
240	2.854181	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	3.967421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	3.967421	3.18439	3.150468	3.150468	2.353973	1.929683	2.353973	21.279609
250	2.839181	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.057421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.057421	3.26439	3.060468	3.060468	2.363973	1.969683	2.363973	22.279609
260	2.825600	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.147421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.147421	3.34439	2.950468	2.950468	2.373973	2.009683	2.373973	23.279609
270	2.813385	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.237421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.237421	3.42439	2.830468	2.830468	2.383973	2.049683	2.383973	24.279609
280	2.802480	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.327421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.327421	3.50439	2.700468	2.700468	2.393973	2.089683	2.393973	25.279609
290	2.792845	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.417421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.417421	3.58439	2.560468	2.560468	2.403973	2.129683	2.403973	26.279609
300	2.784440	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.507421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.507421	3.66439	2.410468	2.410468	2.413973	2.169683	2.413973	27.279609
310	2.777140	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.597421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.597421	3.74439	2.260468	2.260468	2.423973	2.209683	2.423973	28.279609
320	2.770840	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.687421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.687421	3.82439	2.110468	2.110468	2.433973	2.249683	2.433973	29.279609
330	2.765440	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.777421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.777421	3.90439	1.970468	1.970468	2.443973	2.289683	2.443973	30.279609
340	2.760840	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.867421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.867421	3.98439	1.830468	1.830468	2.453973	2.329683	2.453973	31.279609
350	2.757040	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	4.957421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	4.957421	4.06439	1.690468	1.690468	2.463973	2.369683	2.463973	32.279609
360	2.753840	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	5.047421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	5.047421	4.14439	1.550468	1.550468	2.473973	2.409683	2.473973	33.279609
370	2.751140	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	5.137421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	5.137421	4.22439	1.410468	1.410468	2.483973	2.449683	2.483973	34.279609
380	2.748840	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	5.227421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	5.227421	4.30439	1.270468	1.270468	2.493973	2.489683	2.493973	35.279609
390	2.746940	1.250000	1.680000	1.250000	0.929044	0.829044	5.317421	1.450000	2.000000	1.500000	1.500000	2.721807	5.317421	4.38439	1.130468	1.130468	2.503973	2.529683	2.503973	36.279609

PROGRAMA DE SALIDA DE LA CUENCA A TRAVÉS DE LA VARIANTE CARTAGENA
PERIODO DE RETORNO
50 AÑOS

(MIN)	CULVERT 8	CULVERT 9	CULVERT 10	CULVERT 11	CULVERT 12	CULVERT 13	CULVERT 14	CULVERT 15	CULVERT 16	CULVERT 17	CULVERT 18	CULVERT 19	CULVERT 20	CULVERT 21	CULVERT 22	CULVERT 23	CULVERT 24	CULVERT 25	CULVERT 26	Q. TOTAL
10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
20	0.125375	0.027004	0.049727	0.000000	0.000000	0.000000	0.003185	0.039673	0.000000	0.000000	0.000000	0.124466	0.069185	0.042780	0.000000	0.000000	0.154238	0.050473	0.065778	0.000000
30	0.435362	0.132060	0.229130	0.132060	0.067211	0.074781	0.321722	0.111185	0.187121	0.030682	0.024466	0.416210	0.214450	0.321722	0.165234	0.047683	0.486329	0.186448	0.241789	1.295474
40	2.194688	0.640280	1.170855	0.334788	0.239037	0.204758	0.715036	0.289155	0.478691	0.402302	0.121450	0.820108	0.313801	0.715036	0.388184	0.475808	1.080108	0.432340	0.560310	11.007823
50	3.844022	1.300000	2.000000	1.300000	0.508371	0.465289	1.536528	0.588045	0.928622	0.884328	0.173862	2.148351	1.536528	1.536528	1.034577	1.655530	2.531483	0.894336	1.237069	24.571172
60	5.173501	1.850000	3.000000	1.850000	0.628044	0.681118	2.663186	1.000000	1.268088	1.333437	0.195000	3.777188	2.663186	2.663186	1.557686	2.531483	4.380009	1.563357	2.352223	41.863703
70	6.283232	2.000000	3.800000	1.850000	0.800000	1.000000	3.740186	1.500000	1.800000	1.900000	0.300000	5.111243	3.740186	3.740186	1.806112	3.339457	5.481671	2.217183	3.422243	70.416397
80	5.878978	2.000000	4.000000	2.000000	1.850000	1.500000	4.818840	2.000000	2.800000	3.000000	0.800000	6.283232	4.818840	4.818840	2.359457	3.91781	5.807099	2.912687	4.813221	86.372025
90	4.350731	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	5.344538	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	8.283232	5.344538	5.344538	3.064537	4.046518	6.302538	3.422243	4.813221	100.000000
100	2.931703	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	4.988479	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	4.20272	4.988479	4.988479	2.339457	3.064537	5.807099	3.422243	4.813221	120.000000
110	1.894439	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	4.272234	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	3.011578	4.272234	4.272234	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	140.000000
120	1.223801	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	3.822250	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	1.833134	3.822250	3.822250	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	160.000000
130	0.789818	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	2.463974	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	1.250495	2.463974	2.463974	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	180.000000
140	0.535717	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	1.852220	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	0.817177	1.852220	1.852220	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	200.000000
150	0.358528	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	1.017188	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	0.540723	1.017188	1.017188	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	220.000000
160	0.241789	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	0.341829	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	0.358528	0.341829	0.341829	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	240.000000
170	0.185014	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	0.168054	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	0.249282	0.168054	0.168054	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	260.000000
180	0.152525	2.000000	4.000000	2.000000	2.000000	1.850000	0.148401	2.000000	3.000000	3.000000	1.500000	0.148401	0.148401	0.148401	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	280.000000
190	0.148318	1.800000	0.82178	2.000000	1.800000	1.800000	0.069468	1.800000	0.804915	0.804915	0.804915	0.132465	0.069468	0.069468	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	300.000000
200	0.118783	1.800000	0.210742	1.800000	1.800000	1.800000	0.127784	1.800000	0.543880	0.543880	0.543880	0.127784	0.127784	0.127784	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	320.000000
210	0.087337	1.500000	0.141142	1.800000	1.500000	1.500000	0.069468	1.500000	0.347881	0.347881	0.347881	0.087337	0.069468	0.069468	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	340.000000
220	0.052757	1.500000	0.094419	1.500000	1.500000	1.500000	0.069468	1.500000	0.215893	0.215893	0.215893	0.052757	0.069468	0.069468	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	360.000000
230	0.028579	1.500000	0.058462	1.500000	1.500000	1.500000	0.069468	1.500000	0.148401	0.148401	0.148401	0.028579	0.069468	0.069468	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	380.000000
240	0.008530	1.500000	0.031927	1.500000	1.500000	1.500000	0.069468	1.500000	0.073874	0.073874	0.073874	0.008530	0.069468	0.069468	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	400.000000
250	0.000000	0.829044	0.005677	0.829044	1.000000	1.000000	0.000000	0.829044	0.000000	0.000000	0.829044	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	420.000000
260	0.000000	0.628044	0.000000	0.628044	0.829044	0.829044	0.000000	0.628044	0.000000	0.000000	0.628044	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	440.000000
270	0.000000	0.498555	0.000000	0.498555	0.628044	0.628044	0.000000	0.498555	0.000000	0.000000	0.498555	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	460.000000
280	0.000000	0.388400	0.000000	0.388400	0.498555	0.498555	0.000000	0.388400	0.000000	0.000000	0.388400	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	480.000000
290	0.000000	0.289155	0.000000	0.289155	0.388400	0.388400	0.000000	0.289155	0.000000	0.000000	0.289155	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	500.000000
300	0.000000	0.204758	0.000000	0.204758	0.289155	0.289155	0.000000	0.204758	0.000000	0.000000	0.204758	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	520.000000
310	0.000000	0.141208	0.000000	0.141208	0.204758	0.204758	0.000000	0.141208	0.000000	0.000000	0.141208	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	540.000000
320	0.000000	0.085713	0.000000	0.085713	0.141208	0.141208	0.000000	0.085713	0.000000	0.000000	0.085713	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	560.000000
330	0.000000	0.063833	0.000000	0.063833	0.085713	0.085713	0.000000	0.063833	0.000000	0.000000	0.063833	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	580.000000
340	0.000000	0.042184	0.000000	0.042184	0.063833	0.063833	0.000000	0.042184	0.000000	0.000000	0.042184	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	600.000000
350	0.000000	0.027884	0.000000	0.027884	0.042184	0.042184	0.000000	0.027884	0.000000	0.000000	0.027884	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	620.000000
360	0.000000	0.018803	0.000000	0.018803	0.027884	0.027884	0.000000	0.018803	0.000000	0.000000	0.018803	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	640.000000
370	0.000000	0.016404	0.000000	0.016404	0.018803	0.018803	0.000000	0.016404	0.000000	0.000000	0.016404	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	660.000000
380	0.000000	0.016404	0.000000	0.016404	0.016404	0.016404	0.000000	0.016404	0.000000	0.000000	0.016404	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	680.000000
390	0.000000	0.016404	0.000000	0.016404	0.016404	0.016404	0.000000	0.016404	0.000000	0.000000	0.016404	0.000000	0.000000	0.000000	1.806112	2.339457	5.807099	3.422243	4.813221	700.000000

HIDROGRAMAS DE SALIDA S.C.S PARA LA CUENCA 1A				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.524	0.767	1.010	1.295
20	2.030	2.823	3.644	4.764
30	4.848	6.552	8.380	11.008
40	11.318	15.199	19.144	24.571
50	20.086	25.815	31.774	41.664
60	26.837	34.220	44.384	59.308
70	32.742	43.497	54.422	70.416
80	37.607	48.421	59.426	76.093
90	36.063	46.842	57.888	74.372
100	32.277	41.523	51.613	66.702
110	25.576	34.935	44.718	57.322
120	21.680	26.853	38.195	48.952
130	18.596	22.943	31.983	41.641
140	15.312	19.865	25.580	35.551
150	10.284	17.157	21.782	30.345
160	8.451	14.175	18.329	24.152
170	7.105	10.899	16.092	21.162
180	6.252	7.172	13.857	19.375
190	5.481	6.354	11.734	17.567
200	4.740	5.827	9.465	15.738
210	4.004	5.273	5.999	13.926
220	3.258	4.537	5.373	12.204
230	2.580	3.786	4.919	10.719
240	1.944	2.958	4.219	9.383
250	1.443	2.336	3.813	7.285
260	1.121	1.854	3.376	4.689
270	0.874	1.481	2.975	3.873
280	0.682	1.176	2.590	3.964
290	0.532	0.932	2.233	3.834
300	0.418	0.741	1.916	3.503
310	0.327	0.588	1.638	3.052
320	0.257	0.464	1.398	2.580
330	0.203	0.369	1.189	2.131
340	0.161	0.291	1.011	1.730
350	0.127	0.232	0.860	1.399
360	0.098	0.184	0.730	1.122
370	0.078	0.146	0.619	0.898
380	0.061	0.114	0.525	0.717
390	0.049	0.091	0.444	0.572
MAX	37.607	48.421	59.426	76.093

HIDROGRAMAS S.C.S PARA LA CUENCA 1A									
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg.)								
	PERIODO DE RETORNO			ENTRADA 20			ENTRADA 50		
	ENTRADA 5	SALIDA 5	ENTRADA 10	SALIDA 10	ENTRADA 20	SALIDA 20	ENTRADA 50	SALIDA 50	
0	0.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	1.2310	0.5240	1.8658	0.7671	2.4425	1.0096	3.1539	1.2955	
20	4.1041	2.0302	5.8233	2.8231	7.4873	3.6437	9.9654	4.7636	
30	9.0711	4.8479	12.6172	6.5522	16.2113	8.3797	21.7464	11.0078	
40	22.7939	11.3180	32.2459	15.1991	41.5835	19.1437	55.4013	24.5712	
50	37.5705	20.0858	50.8321	25.8149	64.8443	31.7740	88.0273	41.6637	
60	47.3854	26.8374	63.3170	34.2197	81.2001	44.3843	111.0758	59.3078	
70	52.1324	32.7420	69.5281	43.4967	89.1880	54.4222	122.7175	70.4164	
80	51.1990	37.6065	67.4794	48.4213	87.1817	59.4264	119.5812	76.0934	
90	38.6361	36.0625	52.0501	46.8418	68.9894	57.8881	97.4529	74.3720	
100	26.5451	32.2773	36.0042	41.5234	48.0667	51.6130	68.6295	66.7023	
110	17.7815	25.5759	24.1448	34.9355	32.3645	44.7183	46.2410	57.3225	
120	11.5043	21.6801	15.7725	26.8529	21.2141	38.1948	30.5702	48.9523	
130	7.9388	18.5958	10.7375	22.9426	14.3171	31.9829	20.4113	41.6406	
140	5.2462	15.3120	7.1245	19.8645	9.5411	25.5801	13.6841	35.5508	
150	3.5534	10.2839	4.8295	17.1574	6.4523	21.7817	9.2076	30.3450	
160	2.4119	8.4509	3.2776	14.1746	4.3944	18.3291	6.2616	24.1518	
170	1.6255	7.1051	2.2559	10.8995	3.0455	16.0922	4.3791	21.1623	
180	1.3025	6.2524	1.7745	7.1719	2.3414	13.8572	3.3203	19.3748	
190	1.2159	5.4812	1.6342	6.3544	2.1318	11.7343	2.9595	17.5665	
200	1.1127	4.7396	1.4980	5.8268	1.9528	9.4646	2.7223	15.7376	
210	0.9036	4.0038	1.1907	5.2733	1.5562	5.9993	2.1781	13.9259	
220	0.5886	3.2575	0.7962	4.5367	1.0660	5.3725	1.5263	12.2038	
230	0.3625	2.5804	0.4897	3.7863	0.6567	4.9187	0.9412	10.7186	
240	0.1690	1.9445	0.2318	2.9582	0.3271	4.2190	0.4803	9.3828	
250	0.0085	1.4430	0.0273	2.3356	0.0567	3.8126	0.1194	7.2854	
260	0	1.1207	0	1.8543	0	3.3760	0	4.6891	
270	0	0.8737	0	1.4811	0	2.9753	0	3.8730	
280	0	0.6821	0	1.1763	0	2.5896	0	3.9639	
290	0	0.5323	0	0.9322	0	2.2332	0	3.8339	
300	0	0.4181	0	0.7405	0	1.9156	0	3.5026	
310	0	0.3271	0	0.5877	0	1.6385	0	3.0523	
320	0	0.2573	0	0.4643	0	1.3984	0	2.5796	
330	0	0.2034	0	0.3687	0	1.1892	0	2.1311	
340	0	0.1609	0	0.2915	0	1.0110	0	1.7299	
350	0	0.1273	0	0.2317	0	0.8600	0	1.3993	
360	0	0.0982	0	0.1839	0	0.7297	0	1.1220	
370	0	0.0785	0	0.1465	0	0.6195	0	0.8985	
380	0	0.0608	0	0.1137	0	0.5250	0	0.7171	
390	0	0.0492	0	0.0907	0	0.4436	0	0.5719	
MAX	52.1324	37.6065	69.5281	48.4213	89.1880	59.4264	122.7175	76.0934	

HIDROGRAMA SALIDA1A +1B				
TIEMPO	CAUDAL (m3/seg.)			
(min)	PERIODO DE RETORNO			
	5 ANOS	10 ANOS	20 ANOS	50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.5240	0.7671	1.0096	1.2955
20	2.0302	2.8231	3.6437	4.7636
30	4.8479	6.5522	8.3797	11.0078
40	11.3180	15.1991	19.1437	24.5712
50	20.0858	25.8149	31.7740	41.6637
60	26.8374	34.2197	44.3843	59.3078
70	32.7420	43.4967	54.4222	70.4164
80	39.8662	51.5519	63.6215	82.0414
90	37.0959	48.4943	57.8881	78.4694
100	32.5344	41.9457	51.6130	67.7910
110	25.6372	35.0351	44.7183	57.5754
120	21.6860	26.8648	38.1948	48.9908
130	18.5958	22.9426	31.9829	41.6406
140	15.3120	19.8645	25.5801	35.5508
150	10.2839	17.1574	21.7817	30.3450
160	8.4509	14.1746	18.3291	24.1518
170	7.1051	10.8995	16.0922	21.1623
180	6.2524	7.1719	13.8572	19.3748
190	5.4812	6.3544	11.7343	17.5665
200	4.7396	5.8268	9.4646	15.7376
210	4.0038	5.2733	5.9993	13.9259
220	3.2575	4.5367	5.3725	12.2038
230	2.5804	3.7863	4.9187	10.7186
240	1.9445	2.9582	4.2190	9.3828
250	1.4430	2.3356	3.8126	7.2854
260	1.1207	1.8543	3.3760	4.6891
270	0.8737	1.4811	2.9753	3.8730
280	0.6821	1.1763	2.5896	3.9639
290	0.5323	0.9322	2.2332	3.8339
300	0.4181	0.7405	1.9156	3.5026
310	0.3271	0.5877	1.6385	3.0523
320	0.2573	0.4643	1.3984	2.5796
330	0.2034	0.3687	1.1892	2.1311
340	0.1609	0.2915	1.0110	1.7299
350	0.1273	0.2317	0.8600	1.3993
360	0.0982	0.1839	0.7297	1.1220
370	0.0785	0.1465	0.6195	0.8985
380	0.0608	0.1137	0.5250	0.7171
390	0.0492	0.0907	0.4436	0.5719
MAX	37.6065	48.4213	59.4264	76.0934

HIDROGRAMA DE SALIDA DEL CULVERT No. 6				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.29560051	0.43153875	0.55062359	0.70009137
20	1.27544966	1.71867439	2.17965079	2.77824786
30	3.14870863	4.20367811	5.28075058	6.71077381
40	6.89210556	9.04301763	11.2213411	14.1238965
50	12.8695567	16.4366807	19.9424115	25.1518635
60	19.3012516	24.2590693	29.8242017	38.1584654
70	25.2209287	31.9468201	39.5608707	50.3943503
80	31.0635647	39.6391724	48.5709319	61.401226
90	34.7881576	44.4903643	53.9205281	69.0097663
100	34.7881576	44.8134594	54.2593512	70.6271271
110	31.9468201	41.8479273	51.6470138	67.4899478
120	27.6722492	36.6928587	47.091573	61.7505743
130	23.5787767	30.7706825	41.6097873	54.8535173
140	19.8136703	25.8449815	35.3946756	47.7476537
150	15.6534844	21.7709144	29.4623896	40.8974932
160	11.6536214	18.2261112	24.3958074	34.3351424
170	9.09303572	14.823653	20.3949896	28.3130262
180	7.3993079	11.1141133	17.231735	23.9862704
190	6.30896148	8.15883317	14.4724268	20.9159628
200	5.40573717	6.66570329	12.0362348	18.4144646
210	4.59235958	5.82973835	9.19335035	16.2548797
220	3.86454588	5.1568014	6.71077381	14.2978226
230	3.0800931	4.39648005	5.53175227	12.5340542
240	2.39392165	3.57183796	4.8314115	10.9006791
250	1.8019689	2.81121984	4.20367811	9.14314669
260	1.32497979	2.20980266	3.71714872	6.93769953
270	1.01610866	1.74627468	3.2526637	4.99316527
280	0.80039786	1.37522213	2.87759171	4.12742986
290	0.60504576	1.06158249	2.4880158	3.97644655
300	0.46440953	0.84195369	2.11981094	3.71714872
310	0.38401357	0.68065546	1.83006133	3.35784537
320	0.28175463	0.51545551	1.556576	2.91099054
330	0.21650908	0.41545741	1.32497979	2.45650196
340	0.18066744	0.32406542	1.10781232	2.00200505
350	0.147429	0.25485035	0.94933474	1.60993628
360	0.10737116	0.20427931	0.80039786	1.30012524
370	0.08071336	0.16929316	0.6614314	1.01610866
380	0.0646533	0.11691388	0.58668467	0.82107475
390	0.05716088	0.10737116	0.48119485	0.64242073
400	0	0.02549321	0.20427931	0.28175463
MAX	34.7881576	44.8134594	54.2593512	70.6271271

TIEMPO		CAUDAL (m3/seg.)				PERIODO DE RETORNO				T= 50 AÑOS			
(min)		ENTRADA5		SALIDA5		ENTRADA10		SALIDA10		ENTRADA20		SALIDA20	
0		0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
10		0.5240	0.29560051	0.7671	0.43153875	1.0096	0.55062359	1.2955	0.70009137	1.0096	0.55062359	1.2955	0.70009137
20		2.0302	1.27544966	2.6231	1.71867439	3.6437	2.17965079	4.7636	2.77824786	3.6437	2.17965079	4.7636	2.77824786
30		4.8479	3.14870863	6.5522	4.20367811	8.3797	5.28075058	11.0078	6.71077381	8.3797	5.28075058	11.0078	6.71077381
40		11.3180	6.89210556	15.1991	9.04301763	19.1437	11.2213411	24.5712	14.1238965	19.1437	11.2213411	24.5712	14.1238965
50		20.0858	12.8695567	25.8149	16.4366807	31.7740	19.9424115	41.6637	25.1518635	31.7740	19.9424115	41.6637	25.1518635
60		26.8374	19.3012516	34.2197	24.2590693	44.3843	29.8242017	59.3078	38.1584654	44.3843	29.8242017	59.3078	38.1584654
70		32.7420	25.2209287	43.4967	31.9468201	54.4222	39.5608707	70.4164	50.3943503	54.4222	39.5608707	70.4164	50.3943503
80		39.8662	31.0635647	51.5519	39.6391724	63.6215	48.5709319	82.0414	61.401226	63.6215	48.5709319	82.0414	61.401226
90		37.0959	34.7881576	48.4943	44.4903643	57.8881	53.9205281	78.4694	69.0097663	57.8881	53.9205281	78.4694	69.0097663
100		32.5344	34.7881576	41.9457	44.8134594	51.6130	54.2593512	67.7910	70.6271271	51.6130	54.2593512	67.7910	70.6271271
110		25.6372	31.9468201	35.0351	41.8479273	44.7183	51.6470138	57.5754	67.4899478	44.7183	51.6470138	57.5754	67.4899478
120		21.6860	27.6722492	26.8648	36.6928587	38.1948	47.091573	48.9908	61.7505743	38.1948	47.091573	48.9908	61.7505743
130		18.5958	23.5787767	22.9426	30.7706825	31.9829	41.6097873	41.6406	54.8535173	31.9829	41.6097873	41.6406	54.8535173
140		15.3120	19.8136703	19.8645	25.8449815	25.5801	35.3946756	35.5508	47.7476537	25.5801	35.3946756	35.5508	47.7476537
150		10.2839	15.6534844	17.1574	21.7709144	21.7817	29.4623896	30.3450	40.8974932	21.7817	29.4623896	30.3450	40.8974932
160		8.4509	11.6536214	14.1746	18.2261112	18.3291	24.3958074	24.1518	34.3351424	18.3291	24.3958074	24.1518	34.3351424
170		7.1051	9.09303572	10.8995	14.8236653	16.0922	20.3949896	21.1623	28.3130262	16.0922	20.3949896	21.1623	28.3130262
180		6.2524	7.3993079	7.1719	11.1141133	13.8572	17.231735	19.3748	23.9862704	13.8572	17.231735	19.3748	23.9862704
190		5.4812	6.30896148	6.3544	8.15883317	11.7343	14.4724268	17.5665	20.9159628	11.7343	14.4724268	17.5665	20.9159628
200		4.7396	5.40573717	5.8268	6.66570329	9.4646	12.0362348	15.7376	18.4144646	9.4646	12.0362348	15.7376	18.4144646
210		4.0038	4.59236958	5.2733	5.82973835	5.9993	9.19335035	13.9259	16.2548797	5.9993	9.19335035	13.9259	16.2548797
220		3.2575	3.86454588	4.5367	5.1568014	5.3725	6.71077381	12.2038	14.2978226	5.3725	6.71077381	12.2038	14.2978226
230		2.5804	3.0800931	3.7863	4.39648005	4.9187	5.53175227	10.7186	12.5340542	4.9187	5.53175227	10.7186	12.5340542
240		1.9445	2.39392165	2.9582	3.57183796	4.2190	4.8314115	9.3828	10.9006791	4.2190	4.8314115	9.3828	10.9006791
250		1.4430	1.8019689	2.3356	2.81121984	3.8126	4.20367811	7.2854	9.14314669	3.8126	4.20367811	7.2854	9.14314669
260		1.1207	1.32497979	1.8543	2.20980266	3.3760	3.71714872	4.6891	6.93769953	3.3760	3.71714872	4.6891	6.93769953
270		0.8737	1.01610866	1.4811	1.74627468	2.9753	3.2526637	3.8730	4.99316527	2.9753	3.2526637	3.8730	4.99316527
280		0.6821	0.80039786	1.1763	1.37522213	2.5896	2.87759171	3.9639	4.12742986	2.5896	2.87759171	3.9639	4.12742986
290		0.5323	0.60504576	0.9322	1.06156249	2.2332	2.4880158	3.8339	3.97644655	2.2332	2.4880158	3.8339	3.97644655
300		0.4181	0.46440953	0.7405	0.84195369	1.9156	2.11981094	3.5026	3.71714872	1.9156	2.11981094	3.5026	3.71714872
310		0.3271	0.38401357	0.5877	0.68065546	1.6385	1.83006133	3.0523	3.35784537	1.6385	1.83006133	3.0523	3.35784537
320		0.2573	0.28175463	0.4643	0.51545551	1.3984	1.556576	2.5796	2.91099054	1.3984	1.556576	2.5796	2.91099054
330		0.2034	0.21650908	0.3687	0.41545741	1.1892	1.32497979	2.1311	2.45650196	1.1892	1.32497979	2.1311	2.45650196
340		0.1609	0.18066744	0.2915	0.32406542	1.0110	1.10781232	1.7299	2.00200605	1.0110	1.10781232	1.7299	2.00200605
350		0.1273	0.147429	0.2317	0.25485035	0.8600	0.94933474	1.3993	1.60993628	0.8600	0.94933474	1.3993	1.60993628
360		0.0982	0.10737116	0.1839	0.20427931	0.7297	0.80039786	1.1220	1.30012524	0.7297	0.80039786	1.1220	1.30012524
370		0.0785	0.08071336	0.1465	0.16929316	0.6195	0.6614314	0.8985	1.01610866	0.6195	0.6614314	0.8985	1.01610866
380		0.0608	0.0646533	0.1137	0.11691388	0.5250	0.58668467	0.7171	0.82107475	0.5250	0.58668467	0.7171	0.82107475
390		0.0492	0.05716088	0.0907	0.10737116	0.4436	0.48119485	0.5719	0.64242073	0.4436	0.48119485	0.5719	0.64242073
400		0.0000	0	0.0000	0.02549321	0.0000	0.20427931	0.0000	0.26175463	0.0000	0.20427931	0.0000	0.26175463
MAX		39.8662	34.7882	51.5519	44.8135	63.6215	54.2594	82.0414	70.6271	63.6215	54.2594	82.0414	70.6271

HIDROGRAMA DE SALIDA1B+1C				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.2956	0.4315	0.5506	0.7001
20	1.2754	1.7187	2.1797	2.7782
30	3.1487	4.2037	5.2808	6.7108
40	6.8921	9.0430	11.2213	14.1239
50	12.8696	16.4367	19.9424	25.1519
60	19.3013	24.2591	29.8242	38.1585
70	25.7148	32.6424	40.4977	51.6235
80	33.3738	42.8285	52.8106	67.0159
90	39.2681	50.4896	61.7381	79.5453
100	40.2939	52.0816	63.6720	83.6629
110	36.3783	47.7902	59.4991	78.8149
120	30.4143	40.4523	52.1722	69.2836
130	25.0821	32.8563	44.4587	59.1198
140	20.6646	27.0140	36.9780	50.1040
150	16.1238	22.4223	30.3509	42.2267
160	11.9108	18.5824	24.8816	35.0612
170	9.2514	15.0408	20.6881	28.7452
180	7.4827	11.2290	17.3879	24.2212
190	6.3489	8.2134	14.5464	21.0290
200	5.4131	6.6781	12.0562	18.4496
210	4.5928	5.8307	9.1951	16.2582
220	3.8645	5.1568	6.7108	14.2978
230	3.0801	4.3965	5.5318	12.5341
240	2.3939	3.5718	4.8314	10.9007
250	1.8020	2.8112	4.2037	9.1431
260	1.3250	2.2098	3.7171	6.9377
270	1.0161	1.7463	3.2527	4.9932
280	0.8004	1.3752	2.8776	4.1274
290	0.6050	1.0616	2.4880	3.9764
300	0.4644	0.8420	2.1198	3.7171
310	0.3840	0.6807	1.8301	3.3578
320	0.2818	0.5155	1.5566	2.9110
330	0.2165	0.4155	1.3250	2.4565
340	0.1807	0.3241	1.1078	2.0020
350	0.1474	0.2549	0.9493	1.6099
360	0.1074	0.2043	0.8004	1.3001
370	0.0807	0.1693	0.6614	1.0161
380	0.0647	0.1169	0.5867	0.8211
390	0.0572	0.1074	0.4812	0.6424
400	0.0000	0.0255	0.2043	0.2818
MAX	40.29	52.08	63.67	83.66

HIDROGRAMAS DE SALIDA DEL CULVERT No. 1				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.24663893	0.36605901	0.47366383	0.61414194
20	1.23441346	1.68366676	2.14109511	2.73442491
30	3.08741472	4.11780393	5.18260569	6.57379608
40	6.78896887	8.94221782	11.09597	13.9908048
50	12.766019	16.2817766	19.7802445	24.9449146
60	19.1958401	24.1648509	29.6757561	33.3336549
70	25.6195999	32.4985466	40.02	55.56
80	33.2432443	40.02	50.46	61.77
90	39.068146	50.289604	61.77	61.77
100	40.02	52.00016	61.77	61.77
110	33.3336549	50.46	61.77	61.77
120	33.3336549	40.02	55.56	61.77
130	26.603664	33.3336549	40.02	61.77
140	19.3625039	28.0343918	40.02	61.77
150	17.4819815	21.5933257	31.3295162	61.77
160	10.7793018	19.4667951	24.1216253	61.77
170	10.409383	14.3251428	21.5296387	45.24
180	7.343	12.0197207	16.6868517	33.13
190	6.1165	7.59841495	15.2974122	0
200	5.19808197	7.29218508	11.4334429	0
210	4.81503697	5.6681	9.87823472	0
220	3.68956901	4.9672802	6.16512111	0
230	3.27550866	4.60413952	6.08421655	0
240	2.26088916	3.41189302	4.6641	0
250	1.94232904	2.99464312	4.07436952	0
260	1.23441346	2.08198732	3.85921564	0
270	1.11769381	1.88507385	3.14081186	0
280	0.72584185	1.2741945	2.99464312	0
290	0.68518282	1.16584289	2.39503745	0
300	0.40521096	0.76733042	2.22473235	0
310	0.4389466	0.75063651	1.74996957	0
320	0.24663893	0.47366383	1.65083413	0
330	0.25218526	0.45966068	1.25425017	0
340	0.1597424	0.29819982	1.18529725	0
350	0.16445209	0.28060601	0.88777499	0
360	0.10345013	0.18877382	0.87019112	0
370	0.08437767	0.18380764	0.60642237	0
380	0.06684762	0.11560203	0.63751105	0
390	0.05710635	0.10744285	0.45271705	0
400	0.01250242	0.03947698	0.25218526	0
MAX	40.02	52.00016	61.77	61.77

HIDROGRAMAS S.C.S DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL TRANSITO POR EL CULVERT No. 1								
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)							
	PERIODOS DE RETORNO							
	ENTRADA5	SALIDA5	ENTRADA10	SALIDA10	ENTRADA20	SALIDA20	ENTRADA50	SALIDA50
0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
10	0.2956	0.24663893	0.4315	0.36605901	0.5506	0.47366383	0.7001	0.61414194
20	1.2754	1.23441346	1.7187	1.68366676	2.1797	2.14109511	2.7782	2.73442491
30	3.1487	3.08741472	4.2037	4.11780393	5.2808	5.18260569	6.7108	6.57379608
40	6.8921	6.78896887	9.0430	8.94221782	11.2213	11.09597	14.1239	13.9908048
50	12.8696	12.766019	16.4367	16.2817766	19.9424	19.7802445	25.1519	24.9449146
60	19.3013	19.1958401	24.2591	24.1648509	29.8242	29.6757561	38.1585	33.3336549
70	25.7148	25.6195999	32.6424	32.4985466	40.4977	40.02	51.6235	55.56
80	33.3738	33.2432443	42.8285	40.02	52.8106	50.46	67.0159	61.77
90	39.2681	39.068146	50.4896	50.289604	61.7381	61.77	79.5453	61.77
100	40.2939	40.02	52.0816	52.00016	63.6720	61.77	83.6629	61.77
110	36.3783	33.3336549	47.7902	50.46	59.4991	61.77	78.8149	61.77
120	30.4143	33.3336549	40.4523	40.02	52.1722	55.56	69.2836	61.77
130	25.0821	26.603664	32.8563	33.3336549	44.4587	40.02	59.1198	61.77
140	20.6646	19.3625039	27.0140	28.0343918	36.9780	40.02	50.1040	61.77
150	16.1238	17.4819815	22.4223	21.5933257	30.3509	31.3295162	42.2267	61.77
160	11.9108	10.7793018	18.5824	19.4667951	24.8816	24.1216253	35.0612	61.77
170	9.2514	10.409383	15.0408	14.3251428	20.6881	21.5296387	28.7452	45.24
180	7.4827	7.343	11.2290	12.0197207	17.3879	16.6868517	24.2212	33.13
190	6.3489	6.1165	8.2134	7.59841495	14.5464	15.2974122	21.0290	0
200	5.4131	5.19808197	6.6781	7.29218508	12.0562	11.4334429	18.4496	0
210	4.5928	4.81503697	5.8307	5.6681	9.1951	9.87823472	16.2582	0
220	3.8645	3.68956901	5.1568	4.9672802	6.7108	6.16512111	14.2978	0
230	3.0801	3.27550866	4.3965	4.60413952	5.5318	6.08421655	12.5341	0
240	2.3939	2.26088916	3.5718	3.41189302	4.8314	4.6641	10.9007	0
250	1.8020	1.94232904	2.8112	2.99464312	4.2037	4.07436952	9.1431	0
260	1.3250	1.23441346	2.2098	2.08198732	3.7171	3.85921564	6.9377	0
270	1.0161	1.11769381	1.7463	1.88507385	3.2527	3.14081186	4.9932	0
280	0.8004	0.72584185	1.3752	1.2741945	2.8776	2.99464312	4.1274	0
290	0.6050	0.68518282	1.0616	1.16584289	2.4880	2.39503745	3.9764	0
300	0.4644	0.40521096	0.8420	0.76733042	2.1198	2.22473235	3.7171	0
310	0.3840	0.4389466	0.6807	0.75063651	1.8301	1.74996957	3.3578	0
320	0.2818	0.24663893	0.5155	0.47366383	1.5566	1.65083413	2.9110	0
330	0.2165	0.25218526	0.4155	0.45966068	1.3250	1.25425017	2.4565	0
340	0.1907	0.1597424	0.3241	0.29819982	1.1078	1.18529725	2.0020	0
350	0.1474	0.16445209	0.2549	0.28060601	0.9493	0.88777499	1.6099	0
360	0.1074	0.10345013	0.2043	0.18877382	0.8004	0.87019112	1.3001	0
370	0.0807	0.08437767	0.1693	0.18380764	0.6614	0.60642237	1.0161	0
380	0.0647	0.06684762	0.1169	0.11560203	0.5867	0.63751105	0.8211	0
390	0.0572	0.05710635	0.1074	0.10744285	0.4812	0.45271705	0.6424	0
400	0.0000	0.01250242	0.0255	0.03947698	0.2043	0.25218526	0.2818	0
MAX	40.2939	40.0200	52.0816	52.0002	63.6720	61.7700	83.6629	61.7700

HIDROGRAMAS DE SALIDA DEL CULVERT No. 5				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.27153547	0.43167245	0.65616353	0.9580781
20	1.87526156	2.64906752	3.69445622	5.0992335
30	5.67172904	7.65124705	10.0782661	13.4941379
40	10.9533836	14.1132058	18.1294589	23.4979226
50	15.2032219	19.368984	24.4323192	31.4742094
60	16.7957028	21.2744903	26.4700901	33.5867134
70	14.8562156	18.6222368	23.1668333	29.3298272
80	10.6934861	13.3268612	16.2000752	20.4421087
90	6.43874391	8.07120359	10.1290689	12.664558
100	4.02109376	4.97938547	5.96595354	7.60506211
110	2.33975876	2.93939185	3.76617492	4.66479011
120	1.45041067	1.79249913	2.07375865	2.64906752
130	0.73235681	0.9580781	1.27775072	1.57874763
140	0.58324585	0.65616353	0.73235681	0.93660543
150	0.2330193	0.37011791	0.51370025	0.65616353
160	0.27153547	0.27153547	0.28488274	0.34074164
170	0.06229255	0.13196114	0.20864324	0.27153547
180	0.10345722	0.07776819	0.04821096	0.04821096
190	0	0	0	0.055073
200	0	0	0	0
210	0	0	0	0
220	0	0	0	0
230	0	0	0	0
240	0	0	0	0
250	0	0	0	0
260	0	0	0	0
270	0	0	0	0
280	0	0	0	0
290	0	0	0	0
300	0	0	0	0
310	0	0	0	0
320	0	0	0	0
330	0	0	0	0
340	0	0	0	0
350	0	0	0	0
360	0	0	0	0
370	0	0	0	0
380	0	0	0	0
390	0	0	0	0
400	0	0	0	0

HIDROGRAMAS S.C.S PARA EL TRANSITO POR EL CULVERT No. 5										
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)									
	PERIODOS DE RETORNO					PERIODOS DE RETORNO				
	ENTRADA5	SALIDA5	ENTRADA10	SALIDA10	ENTRADA20	SALIDA20	ENTRADA50	SALIDA50	ENTRADA50	SALIDA50
0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
10	0.2810	0.27153547	0.4465	0.43167245	0.6703	0.65616353	0.9756	0.9580781	0.9756	0.9580781
20	1.8741	1.87526156	2.6619	2.64906752	3.6894	3.69445622	5.0976	5.0992335	5.0976	5.0992335
30	5.7150	5.67172904	7.6529	7.65124705	10.1207	10.0782661	13.5064	13.4941379	13.5064	13.4941379
40	10.9233	10.9533836	14.1288	14.1132058	18.1082	18.1294589	23.5640	23.4979226	23.5640	23.4979226
50	15.2124	15.2032219	19.3884	19.368984	24.4511	24.4323192	31.3877	31.4742094	31.3877	31.4742094
60	16.7879	16.7957028	21.2221	21.2744903	26.4676	26.4700901	33.6716	33.5867134	33.6716	33.5867134
70	14.9103	14.8562156	18.7061	18.6222368	23.1344	23.1668333	29.2396	29.3298272	29.2396	29.3298272
80	10.5838	10.6934861	13.2143	13.3268612	16.2734	16.2000752	20.5007	20.4421087	20.5007	20.4421087
90	6.5291	6.43874391	8.1403	8.07120359	10.0151	10.1290689	12.6060	12.664558	12.6060	12.664558
100	3.9367	4.02109376	4.9177	4.97938547	6.0591	5.96595354	7.6356	7.60506211	7.6356	7.60506211
110	2.4071	2.33975876	2.9968	2.93939185	3.6782	3.76617492	4.6208	4.66479011	4.6208	4.66479011
120	1.3913	1.45041067	1.7343	1.79249913	2.1345	2.07375865	2.6876	2.64906752	2.6876	2.64906752
130	0.7925	0.73235681	0.9912	0.9580781	1.2216	1.27775072	1.5400	1.57874763	1.5400	1.57874763
140	0.5077	0.58324585	0.6331	0.65616353	0.7803	0.73235681	0.9838	0.93660543	0.9838	0.93660543
150	0.3062	0.2330193	0.3824	0.37011791	0.4715	0.51370025	0.5941	0.65616353	0.5941	0.65616353
160	0.2071	0.27153547	0.2581	0.27153547	0.3171	0.28488274	0.3984	0.34074164	0.3984	0.34074164
170	0.1184	0.06229255	0.1466	0.13196114	0.1785	0.20864324	0.2228	0.27153547	0.2228	0.27153547
180	0.0490	0.10345722	0.0598	0.07776819	0.0721	0.04821096	0.0892	0.04821096	0.0892	0.04821096
190	0.0080	0	0.0097	0	0.0116	0	0.0143	0.055073	0.0143	0.055073
200	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
210	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
220	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
230	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
240	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
250	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
MAX.	16.7879	16.7957	21.2221	21.2745	26.4676	26.4701	33.6716	33.5867	33.6716	33.5867

HIDROGRAMAS S.C.S SALIDA2A+2B				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0702	0.0812	0.0937	0.1127
20	0.6435	0.8670	1.1594	1.5652
30	2.9166	3.8769	5.1190	6.8244
40	7.6575	10.0085	12.8328	16.8591
50	13.8863	17.6105	22.2520	28.5877
60	18.8073	23.6736	29.5411	37.8347
70	20.6607	25.8811	31.9464	40.4202
80	18.5137	22.9662	28.3198	35.7445
90	13.7720	16.9708	20.5086	25.7854
100	8.7943	10.8555	13.4169	16.7358
110	5.7304	6.9989	8.3491	10.5535
120	3.5618	4.3834	5.4702	6.7732
130	2.3143	2.8134	3.2793	4.1419
140	1.3407	1.6769	2.1268	2.6304
150	1.0126	1.1628	1.3294	1.6742
160	0.5299	0.7207	0.9271	1.1670
170	0.4768	0.5140	0.5710	0.6947
180	0.2107	0.3074	0.4159	0.5283
190	0.2159	0.2105	0.2043	0.2405
200	0.0831	0.0985	0.1163	0.1991
210	0.0574	0.0681	0.0809	0.1009
220	0.0389	0.0461	0.0549	0.0687
230	0.0233	0.0272	0.0318	0.0389
240	0.0111	0.0128	0.0147	0.0177
250	0.0021	0.0024	0.0028	0.0033

HIDROGRAMAS S.C.S PARA EL TRANSITO POR EL CULVERT No. 2										
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)					PERIODOS DE RETORNO				
	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA10	SALIDA10	ENTRADA20	SALIDA20	ENTRADA50	SALIDA50	ENTRADA50	SALIDA50
0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
10	0.0702	0.05434754	0.0812	0.06395088	0.0937	0.07768199	0.1127	0.0924282	0.1127	0.0924282
20	0.6435	0.61816914	0.8670	0.83219863	1.1594	1.10583511	1.5652	1.49970618	1.5652	1.49970618
30	2.9166	2.84319424	3.8769	3.79886137	5.1190	5.03065958	6.8244	6.71664175	6.8244	6.71664175
40	7.6575	7.59664879	10.0085	9.90637581	12.8328	12.7335469	16.8591	16.7349962	16.8591	16.7349962
50	13.8863	13.786943	17.6105	17.5554102	22.2520	22.1416314	28.5877	28.462985	28.5877	28.462985
60	18.8073	18.7991146	23.6736	23.585303	29.5411	29.5120465	37.8347	35.8370814	37.8347	35.8370814
70	20.6607	20.6282453	25.8811	25.9193499	31.9464	31.9190328	40.4202	43.5	40.4202	43.5
80	18.5137	18.590782	22.9662	23.0017871	28.3198	28.4184613	35.7445	33.6205114	35.7445	33.6205114
90	13.7720	13.8066106	16.9708	17.0622936	20.5086	20.564694	25.7854	28.0181897	25.7854	28.0181897
100	8.7943	8.87572463	10.8555	10.9060871	13.4169	13.5121968	16.7358	14.777114	16.7358	14.777114
110	5.7304	5.73724004	6.9989	7.03498771	8.3491	8.37942731	10.5535	12.5596853	10.5535	12.5596853
120	3.5618	3.61520335	4.3834	4.42475568	5.4702	5.5147199	6.7732	4.95374135	6.7732	4.95374135
130	2.3143	2.30008108	2.8134	2.81714747	3.2793	3.31063973	4.1419	3.2425	4.1419	3.2425
140	1.3407	1.39486832	1.6769	1.71685857	2.1268	2.13127282	2.6304	0	2.6304	0
150	1.0126	0.97476568	1.1628	1.15401754	1.3294	1.35365583	1.6742	0	1.6742	0
160	0.5299	0.58730229	0.7207	0.74720651	0.9271	0.92936631	1.1670	0	1.1670	0
170	0.4768	0.43495378	0.5140	0.49820115	0.5710	0.58730229	0.6947	0	0.6947	0
180	0.2107	0.26514392	0.3074	0.33676654	0.4159	0.40786811	0.5283	0	0.5283	0
190	0.2159	0.17032346	0.2105	0.19506095	0.2043	0.2263977	0.2405	0	0.2405	0
200	0.0831	0.12910838	0.0985	0.12055279	0.1163	0.1081474	0.1991	0	0.1991	0
210	0.0574	0.02698175	0.0681	0.05434754	0.0809	0.08864888	0.1009	0	0.1009	0
220	0.0389	0.06395088	0.0461	0.06068222	0.0549	0.05434754	0.0687	0	0.0687	0
230	0.0233	0.00780182	0.0272	0.0182287	0.0318	0.03440287	0.0389	0	0.0389	0
240	0.0111	0.02243659	0.0128	0.02028956	0.0147	0.01625604	0.0177	0	0.0177	0
250	0.0021	0	0.0024	0.00202404	0.0028	0.00513672	0.0033	0	0.0033	0
MAX.	20.6607	20.6282	25.8811	25.9193	31.9464	31.9190	40.4202	43.5000	40.4202	43.5000

HIDROGRAMA S.C.S SALIDA3A + 3B				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.20070086	0.38272836	0.64477607	1.1576963
20	1.82671572	2.59323627	3.85608397	6.07772736
30	5.03217694	6.51089571	8.96584878	12
40	12.3193851	15.6903819	20.2076013	25.6718841
50	8.91661656	11.8590524	15.7265115	24.0796107
60	3.31136366	4.37312295	5.83371593	7.71434222
70	1.18466181	1.60297564	2.1210253	3.24763591
80	0.39481043	0.51000979	0.73442059	0.68035637
90	0.25593563	0.34866095	0.43086675	0.94198746
100	0.14815015	0.18826096	0.29529086	0.06692739
110	0.07908582	0.1116422	0.10961395	0.47408733
120	0.03270438	0.03399491	0.08452599	0
130	0	0	0	0
140	0	0	0	0
150	0	0	0	0
160	0	0	0	0
170	0	0	0	0
180	0	0	0	0
190	0	0	0	0
200	0	0	0	0

HIDROGRAMAS DE SALIDA PARA EL CULVERT No. 4				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.19141708	0.37281182	0.6274585	1.15237697
20	1.82951311	2.58367658	3.85456137	6.0440134
30	5.02233889	6.5239756	8.96380503	12.0198798
40	12.3093747	15.6502673	20.202082	25.6406156
50	8.92578204	11.8963692	15.7385244	24.1211695
60	3.33733455	4.36478494	5.84175765	7.69749027
70	1.15237697	1.62798715	2.11076232	3.28139345
80	0.43851307	0.47984363	0.75589192	0.65873011
90	0.21152524	0.38562723	0.41174819	0.9646156
100	0.19141708	0.1535784	0.31124699	0.04312844
110	0.0377643	0.14462973	0.1031055	0
120	0.07396785	0.00608028	0	0
130	0	0	0	0
140	0	0	0	0
150	0	0	0	0
160	0	0	0	0
170	0	0	0	0
180	0	0	0	0
190	0	0	0	0
200	0	0	0	0
210	0	0	0	0
220	0	0	0	0
230	0	0	0	0
240	0	0	0	0
250	0	0	0	0
260	0	0	0	0
270	0	0	0	0
280	0	0	0	0
290	0	0	0	0
300	0	0	0	0
310	0	0	0	0
320	0	0	0	0
330	0	0	0	0
340	0	0	0	0
350	0	0	0	0
360	0	0	0	0
370	0	0	0	0
380	0	0	0	0
390	0	0	0	0
400	0	0	0	0

HIDROGRAMAS DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL TRANSITO POR EL CULVERT No:4										
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)				PERIODOS DE RETORNO					
	ENTRADA5	SALIDA5	ENTRADA10	SALIDA10	ENTRADA20	SALIDA20	ENTRADA50	SALIDA50	ENTRADA50	SALIDA50
0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
10	0.2007	1.09477872	0.3827	1.51966142	0.6448	2.0629207	1.1577	2.97940084	1.1577	2.97940084
20	1.8267	5.31289498	2.5932	7.05026107	3.8561	8.69861011	6.0777	11.081747	6.0777	11.081747
30	5.0322	10.1645656	6.5109	11.041425	8.9658	11.081747	12.0000	11.081747	12.0000	11.081747
40	12.3194	14.5575441	15.6904	15.9596978	20.2076	17.4379042	25.6719	19.9681937	25.6719	19.9681937
50	8.9166	8.51057924	11.8591	13.9972452	15.7265	15.3862313	24.0796	17.7100038	24.0796	17.7100038
60	3.3114	3.85456137	4.3731	6.11189667	5.8337	12.1024072	7.7143	12.8937317	7.7143	12.8937317
70	1.1847	1.60611097	1.6030	2.08679398	2.1210	2.97940084	3.2476	11.5686706	3.2476	11.5686706
80	0.3948	0.64302342	0.5100	0.75589192	0.7344	0.75589192	0.6804	11.24343	0.6804	11.24343
90	0.2559	0.46591079	0.3487	0.61203639	0.4309	0.84058271	0.9420	5.64162396	0.9420	5.64162396
100	0.1482	0.28782401	0.1883	0.32321964	0.2953	0.25402267	0.0669	0.05468084	0.0669	0.05468084
110	0.0791	0.1358913	0.1116	0.19141708	0.1096	0.3353641	0.4741	0	0.4741	0
120	0.0327	0.06085494	0.0340	0.04876975	0.0845	0	0.0000	0	0.0000	0
130	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
140	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
150	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
160	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
170	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
180	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
190	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
200	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
210	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
220	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
230	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
240	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
250	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
MAX.	12.3194	14.5575	15.6904	15.9597	20.2076	17.4379	25.6719	19.9682	25.6719	19.9682

HIDROGRAMAS S.C.S SALIDA3B+3C				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0717	0.0971	0.1363	0.2046
20	0.3941	0.5104	0.6825	0.9764
30	1.2643	1.7213	2.3666	3.5428
40	3.7470	4.9447	6.8201	9.9918
50	7.6129	9.6762	12.8611	17.1057
60	15.1152	19.0388	24.3507	30.9893
70	11.3787	14.8424	19.3207	28.7023
80	5.0713	6.4414	8.3576	10.9015
90	2.2195	2.9050	3.6564	5.2472
100	1.0841	1.2532	1.6932	1.8527
110	0.6034	0.8538	0.9773	1.6820
120	0.4188	0.4258	0.6409	0.4627
130	0.1679	0.3006	0.2923	0.2412
140	0.1571	0.1057	0.1209	0.1542
150	0.0495	0.0592	0.0716	0.0908
160	0.0324	0.0388	0.0468	0.0594
170	0.0174	0.0206	0.0246	0.0308
180	0.0062	0.0073	0.0086	0.0106
190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS DE SALIDA DEL CULVERT No. 3				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.06728597	0.08864888	0.12910838	0.19506095
20	0.3879786	0.5054212	0.67354323	0.96562532
30	1.25247787	1.70577106	2.3490604	3.5313509
40	3.7279068	4.92306632	6.80004994	9.94301073
50	7.59664879	9.6690096	12.8303521	17.1032879
60	15.0767878	18.9869621	24.3015546	30.9036995
70	11.4516488	14.9168151	19.4055627	28.7972208
80	5.04608255	6.41859365	8.36183011	10.9248015
90	2.27571482	2.97452745	3.68552346	5.27897769
100	1.03958287	1.20290236	1.6836674	1.85173748
110	0.65754805	0.90249271	1.00236647	1.6836674
120	0.36845942	0.3879786	0.61816914	0.48387529
130	0.22105264	0.34302015	0.3243884	0.22105264
140	0.1081474	0.07068669	0.0924282	0.17516845
150	0.10016861	0.0924282	0.10016861	0.07768199
160	0	0.01089055	0	0
170	0	0	0	0
180	0	0	0	0
190	0	0	0	0
200	0	0	0	0
210	0	0	0	0
220	0	0	0	0
230	0	0	0	0
240	0	0	0	0
250	0	0	0	0
260	0	0	0	0
270	0	0	0	0
280	0	0	0	0
290	0	0	0	0
300	0	0	0	0
310	0	0	0	0
320	0	0	0	0
330	0	0	0	0
340	0	0	0	0
350	0	0	0	0
360	0	0	0	0
370	0	0	0	0
380	0	0	0	0
390	0	0	0	0
400	0	0	0	0
MAX	15.0767878	18.9869621	24.3015546	30.9036995

HIDROGRAMAS DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL TRANSITO POR EL CULVERT No. 3										
TIEMPO (min)	CAUDAL (m ³ /seg)									
	PERIODO DE RETORNO					PERIODO DE RETORNO				
	ENTRADA5	SALIDA5	ENTRADA10	SALIDA10	ENTRADA20	SALIDA20	ENTRADA50	SALIDA50	ENTRADA50	SALIDA50
0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
10	0.0717	0.06728597	0.0971	0.08864888	0.1363	0.12910838	0.2046	0.19506095	0.2046	0.19506095
20	0.3941	0.3879786	0.5104	0.5054212	0.6825	0.67354323	0.9764	0.96562532	0.9764	0.96562532
30	1.2643	1.25247787	1.7213	1.70577106	2.3666	2.3490604	3.5428	3.5313509	3.5428	3.5313509
40	3.7470	3.7279068	4.9447	4.92306632	6.8201	6.80004994	9.9918	9.94301073	9.9918	9.94301073
50	7.6129	7.59664879	9.6762	9.6690096	12.8611	12.8303521	17.1057	17.1032879	17.1057	17.1032879
60	15.1152	15.0767878	19.0388	18.9869621	24.3507	24.3015546	30.9893	30.9036995	30.9893	30.9036995
70	11.3787	11.4516488	14.8424	14.9168151	19.3207	19.4055627	28.7023	28.7972208	28.7023	28.7972208
80	5.0713	5.04608255	6.4414	6.41859365	8.3576	8.36183011	10.9015	10.9248015	10.9015	10.9248015
90	2.2195	2.27571482	2.9050	2.97452745	3.6564	3.68552346	5.2472	5.27897769	5.2472	5.27897769
100	1.0841	1.03958287	1.2532	1.20290236	1.6932	1.6836674	1.8527	1.85173748	1.8527	1.85173748
110	0.6034	0.65754805	0.8538	0.90249271	0.9773	1.00236647	1.6820	1.6836674	1.6820	1.6836674
120	0.4188	0.36845942	0.4258	0.3879786	0.6409	0.61816914	0.4627	0.48387529	0.4627	0.48387529
130	0.1679	0.22105264	0.3006	0.34302015	0.2923	0.3243884	0.2412	0.22105264	0.2412	0.22105264
140	0.1571	0.1081474	0.1057	0.07068669	0.1209	0.0924282	0.1542	0.17516845	0.1542	0.17516845
150	0.0495	0.10016861	0.0592	0.0924282	0.0716	0.10016861	0.0908	0.07768199	0.0908	0.07768199
160	0.0324	0	0.0388	0.01089055	0.0468	0	0.0594	0	0.0594	0
170	0.0174	0	0.0206	0	0.0246	0	0.0308	0	0.0308	0
180	0.0062	0	0.0073	0	0.0086	0	0.0106	0	0.0106	0
190	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
200	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
210	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
220	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
230	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
240	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
250	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
MAX.	15.1152	15.0768	19.0388	18.9870	24.3507	24.3016	30.9893	30.9037	30.9893	30.9037

HIDROGRAMA DE LA SUBCUENCA 4				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.00137622	0.00384586	0.00799938	0.01685268
20	0.04913901	0.13731997	0.28562489	0.60173974
30	0.08961595	0.25043363	0.52090074	1.09740674
40	0.4588284	1.01271516	1.87894129	3.64097511
50	0.24996292	0.56606522	1.06559023	2.08888029
60	0.09137114	0.21879748	0.42425007	0.85073981
70	0.04023453	0.09873332	0.19379696	0.39213831
80	0.01557028	0.03894383	0.07714703	0.15714834
90	0.00607154	0.01696705	0.03529138	0.07435005
100	0.00364292	0.01018023	0.02117483	0.04461003
110	0.00242862	0.00678682	0.01411655	0.02974002
120	0.00121431	0.00339341	0.00705828	0.01487001
130	0.00040477	0.00113114	0.00235276	0.00495667
140	0	0	0	0
150	0	0	0	0
160	0	0	0	0
170	0	0	0	0
180	0	0	0	0
190	0	0	0	0
200	0	0	0	0
210	0	0	0	0
220	0	0	0	0
230	0	0	0	0
240	0	0	0	0
250	0	0	0	0
260	0	0	0	0
270	0	0	0	0
280	0	0	0	0
290	0	0	0	0
300	0	0	0	0
310	0	0	0	0
320	0	0	0	0
330	0	0	0	0
340	0	0	0	0
350	0	0	0	0
360	0	0	0	0
370	0	0	0	0
380	0	0	0	0
390	0	0	0	0
400	0	0	0	0
MAX	0.4588284	1.01271516	1.87894129	3.64097511

HIDROGRAMAS S.C.S (3D+4)				
TIEMPO (min)	CAUDAL (m3/seg)			
	PERIODOS DE RETORNO			
	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0036	0.0100	0.0208	0.0438
20	0.0179	0.0500	0.1039	0.2189
30	0.0407	0.1138	0.2366	0.4985
40	0.1064	0.2972	0.6182	1.3024
50	0.1604	0.4483	0.9325	1.9644
60	0.5332	1.2206	2.3113	4.5518
70	0.3150	0.7479	1.4439	2.8859
80	0.1379	0.3487	0.6945	1.4200
90	0.0706	0.1837	0.3705	0.7643
100	0.0334	0.0889	0.1811	0.3761
110	0.0175	0.0489	0.1018	0.2145
120	0.0106	0.0297	0.0617	0.1300
130	0.0069	0.0193	0.0401	0.0845
140	0.0042	0.0118	0.0245	0.0517
150	0.0025	0.0070	0.0146	0.0308
160	0.0014	0.0039	0.0081	0.0171
170	0.0009	0.0024	0.0050	0.0105
180	0.0005	0.0014	0.0029	0.0061
190	0.0002	0.0005	0.0010	0.0022
200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

HIDROGRAMAS DE SALIDA DE LOS CULVERTS 1,2 Y 3				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.24663893	0.36605901	0.47366383	0.61414194
20	1.23441346	1.68366676	2.14109511	2.73442491
30	3.08741472	4.11780393	5.18260569	6.57379608
40	6.84331641	9.00616871	11.173652	14.083233
50	13.4558905	17.1812612	20.9831727	26.5332697
60	22.4331139	28.3516908	35.2168439	40.5557178
70	35.7768423	44.9991931	55.6216679	75.1381904
80	54.3509942	69.9994469	87.1128832	99.6116927
90	76.7942423	91.8981986	105.47568	111.808224
100	83.2316039	102.603629	113.037226	124.570764
110	69.5742424	89.5990238	107.131755	112.391348
120	52.7287836	62.6444961	90.5231666	97.99205
130	39.4287406	53.6526572	78.6460283	79.9262676
140	27.4565937	37.0743974	35.3103832	75.8720359
150	22.1394273	28.1577583	46.6149777	67.7915444
160	14.079764	22.7189844	24.2737306	68.3341322
170	11.9782812	16.9220661	28.1637034	65.3430559
180	7.8745156	13.0163341	14.5963109	33.3003235
190	7.76025364	8.84738143	19.8310908	0.0425142
200	5.20679076	7.52086627	8.82871206	0.05434754
210	5.57376065	5.94159704	13.348758	0
220	3.47914403	5.59547613	3.5907926	0
230	3.74865673	4.32562212	8.76682465	0
240	1.9693108	3.84260556	4.75274888	0
250	2.30071483	2.7057742	1.7380143	0
260	0.97621717	2.41326615	6.02190781	0
270	1.37747073	1.59535389	1.27050621	0
280	0.5165872	1.52369771	4.74454962	0
290	0.86144572	0.97752599	0.82677708	0
300	0.26341658	0.95028366	3.61954836	0
310	0.5459503	0.58347618	0.5165872	0
320	0.15508518	0.60642237	2.73442491	0
330	0.3345726	0.36605901	0.28642604	0
340	0.09564115	0.37248178	2.01176592	0
350	0.20397204	0.21961254	0.20913685	0
360	0.06684762	0.24113923	1.41676034	0
370	0.11976742	0.13260075	0.15508518	0
380	0.04797438	0.15048083	1.01426469	0
390	0.06353426	0.08437767	0.1369893	0
400	0.0029154	0.05399348	0.50933915	0
MAX	83.2316039	102.603629	113.037226	124.570764

HIDROGRAMAS DE SALIDA DE LA CUENCA				
TIEMPO	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)	Q (m3/seg)
(min)	T= 5 ANOS	T= 10 ANOS	T= 20 ANOS	T= 50 ANOS
0	0	0	0	0
10	0.24663893	0.36605901	0.47366383	0.61414194
20	1.23441346	1.68366676	2.14109511	2.73442491
30	3.08741472	4.11780393	5.18260569	6.57379608
40	6.84331641	9.00616871	11.173652	14.083233
50	13.4594665	17.1912542	21.0039581	26.5770592
60	22.4509936	28.4016558	35.3207709	40.7746657
70	35.8175537	45.1129619	55.8583065	75.6367285
80	54.457348	70.2966548	87.7310743	100.914066
90	76.9546616	92.3464936	106.408131	113.772665
100	83.7648115	103.824199	115.348504	129.122562
110	69.8892872	90.3469616	108.57564	115.277198
120	52.8666418	62.9932025	91.2176268	99.4120544
130	39.4993705	53.836331	79.0165011	80.6906174
140	27.4900436	37.1633062	35.4914571	76.2481321
150	22.1569418	28.2067029	46.7167823	68.0060211
160	14.09038	22.7486509	24.3354369	68.4641319
170	11.9851797	16.9413441	28.2038017	65.4275329
180	7.87873368	13.0281216	14.6208289	33.3519767
190	7.7627682	8.85440843	19.8457069	0.07330673
200	5.20818538	7.52476354	8.83681837	0.07142548
210	5.57461888	5.94399536	13.3537465	0.0105095
220	3.47964466	5.59687515	3.59370255	0.00613054
230	3.74883553	4.32612177	8.76786392	0.00218948
240	1.9693108	3.84260556	4.75274888	0
250	2.30071483	2.7057742	1.7380143	0
260	0.97621717	2.41326615	6.02190781	0
270	1.37747073	1.59535389	1.27050621	0
280	0.5165872	1.52369771	4.74454962	0
290	0.86144572	0.97752599	0.82677708	0
300	0.26341658	0.95028366	3.61954836	0
310	0.5459503	0.58347618	0.5165872	0
320	0.15508518	0.60642237	2.73442491	0
330	0.3345726	0.36605901	0.28642604	0
340	0.09564115	0.37248178	2.01176592	0
350	0.20397204	0.21961254	0.20913685	0
360	0.06684762	0.24113923	1.41676034	0
370	0.11976742	0.13260075	0.15508518	0
380	0.04797438	0.15048083	1.01426469	0
390	0.06353426	0.08437767	0.1369893	0
400	0.0029154	0.05399348	0.50933915	0
MAX	83.7648115	103.824199	115.348504	129.122562

ANEXO E.

**SECCIONES TRANSVERSALES, PERFILES Y SECCIONES PROMEDIO
DE LOS CANALES.**

CONTENIDO DEL ANEXO.

Este anexo contiene:

Secciones transversales al Arroyo Cospique.

Sección promedio del Arroyo Cospique.

Perfil del Arroyo Cospique.

Sección promedio aguas abajo del arroyo Cospique. Culvert de
Telecartagena.

Secciones arroyo Policarpa desde el Culvert frente a Policarpa (Vía a
Mamonal) hasta el Culvert detrás de Policarpa (Vía Férrea).

Sección promedio del Arroyo Policarpa.

Perfil longitudinal del Arroyo Policarpa.

Secciones transversales al Arroyo Arroz Barato (Desde el Culvert de Biofilm
hasta el culvert de Arroz Barato)

Sección promedio del Arroyo Arroz Barato.

Secciones transversales al Arroyo Arroz Barato desde el culvert de Arroz
Barato hasta el culvert del Babillero .

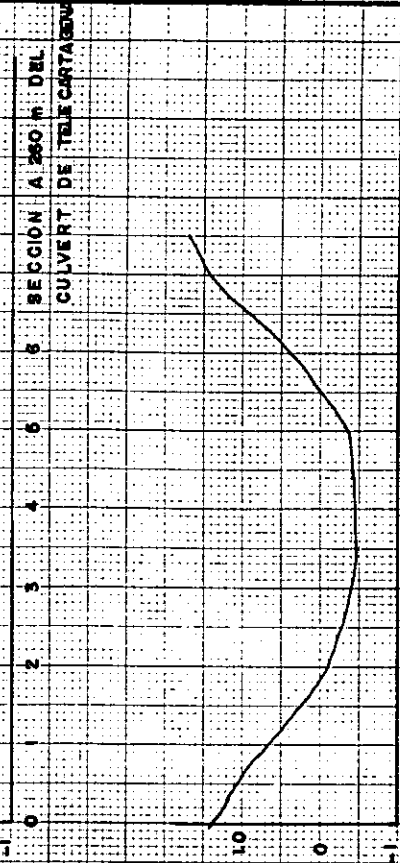
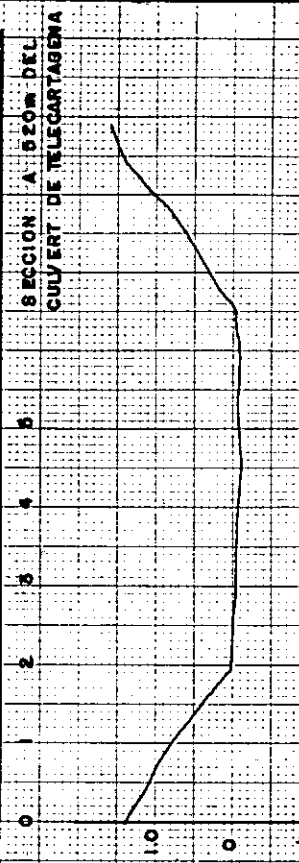
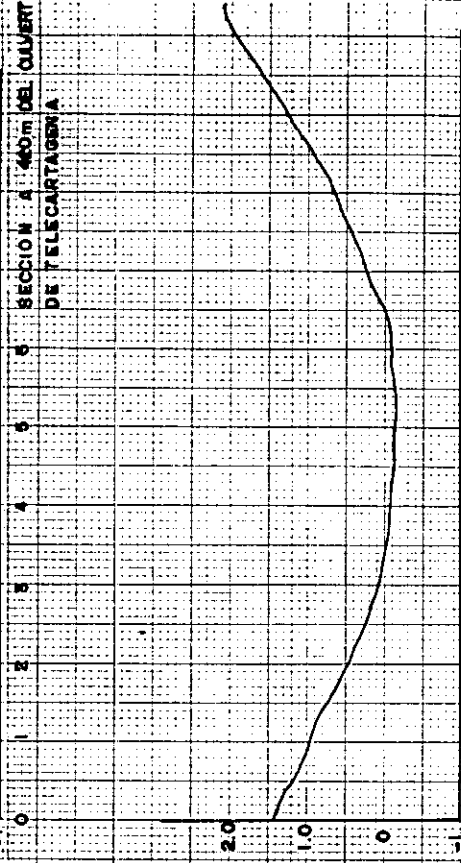
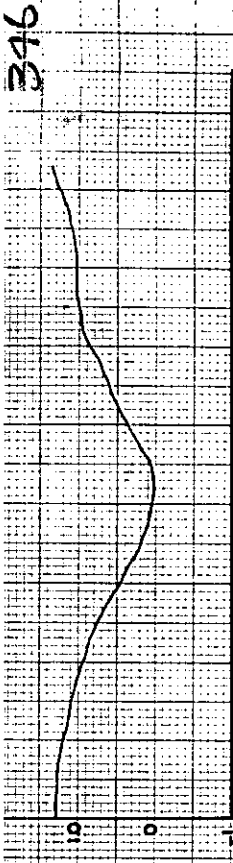
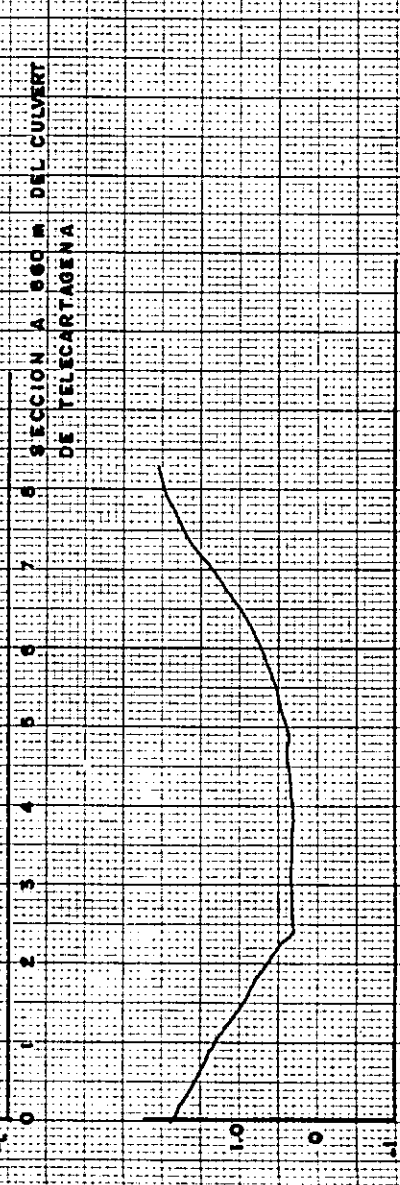
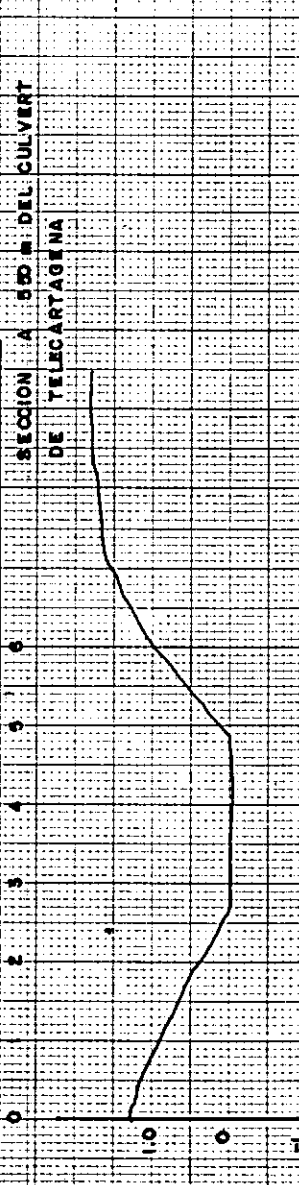
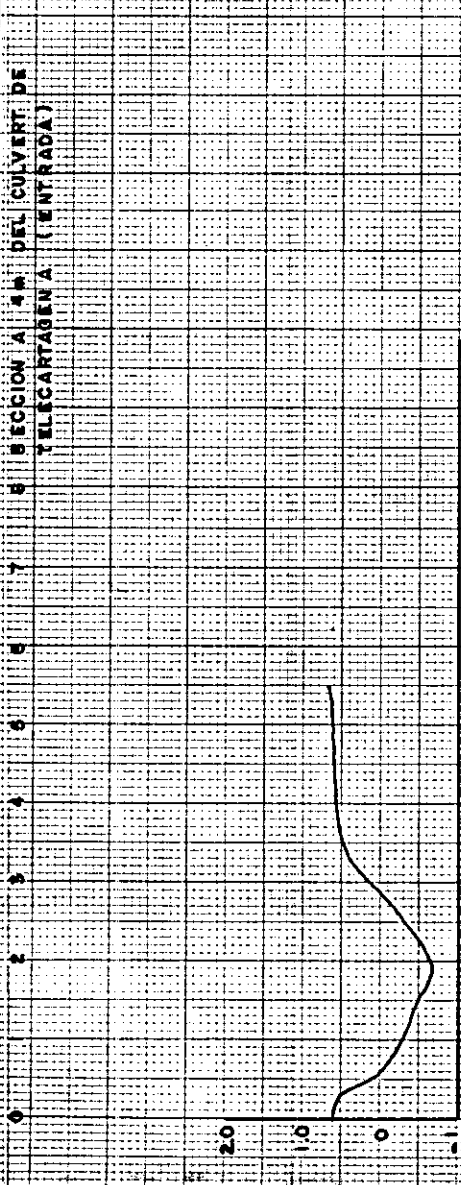
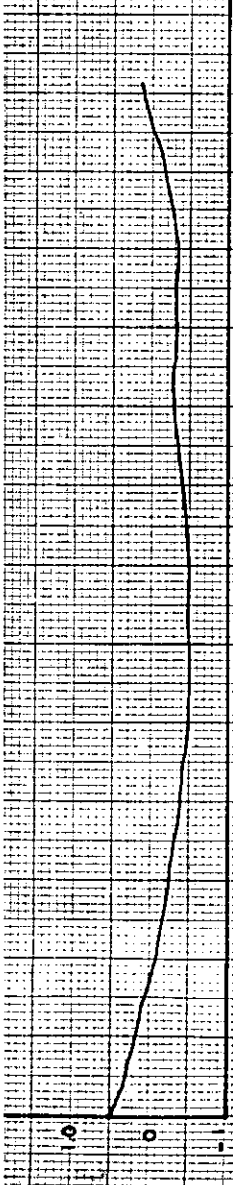
Sección promedio del Arroyo Arroz Barato desde el culvert del Babillero hasta el culvert de Arroz Barato.

Perfil del Arroyo Arroz Barato.

Secciones transversales al Arroyo Paralelo al terraplén de la Laguna de Residuos y la Carretera de Mamonal.

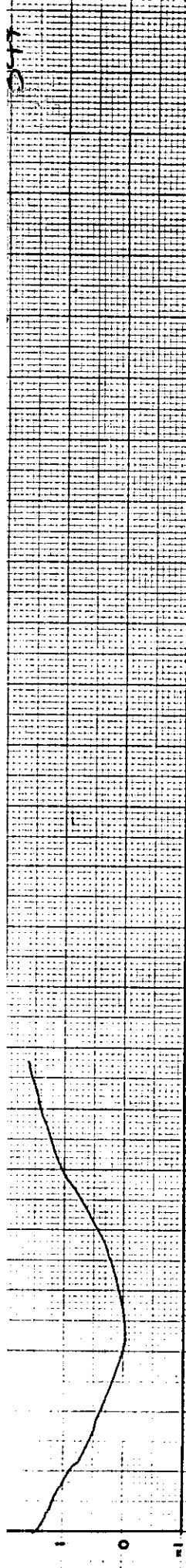
Sección promedio Arroyo paralelo al terraplén de la Laguna de Residuos y la Carretera de Mamonal.

Perfil longitudinal Arroyo paralelo a la Vía Mamonal y Laguna de Residuos.

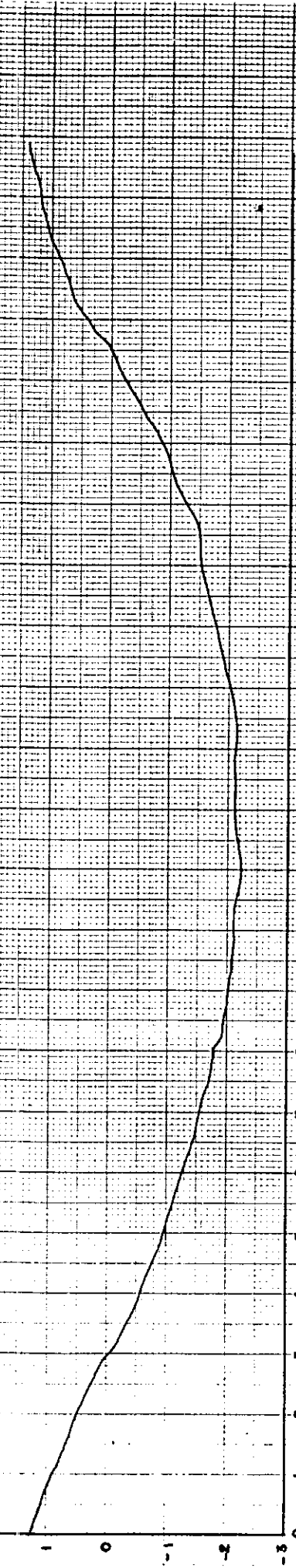


SECCIONES TRANSVERSALES AL ARROYO COSPIQUE

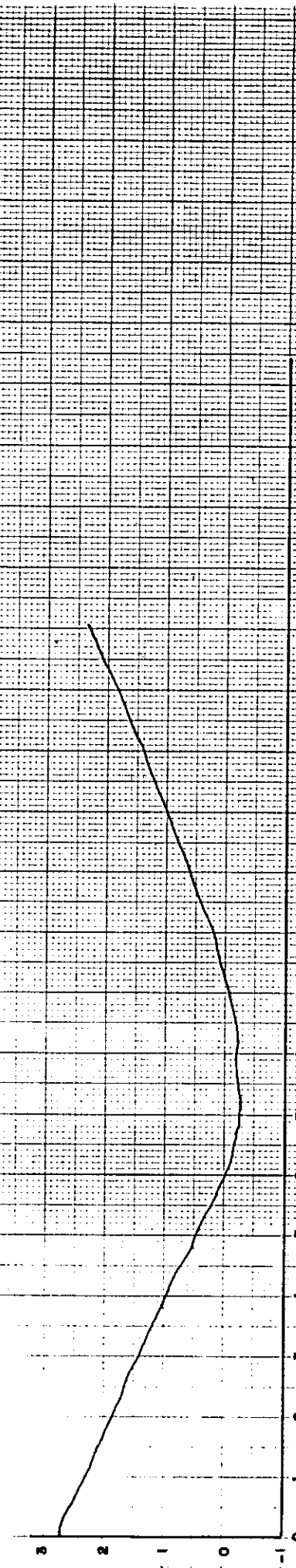
ESC 1: 100



SECCION A 1000 M. DEL
CULVERT DE TELECARTAGENA



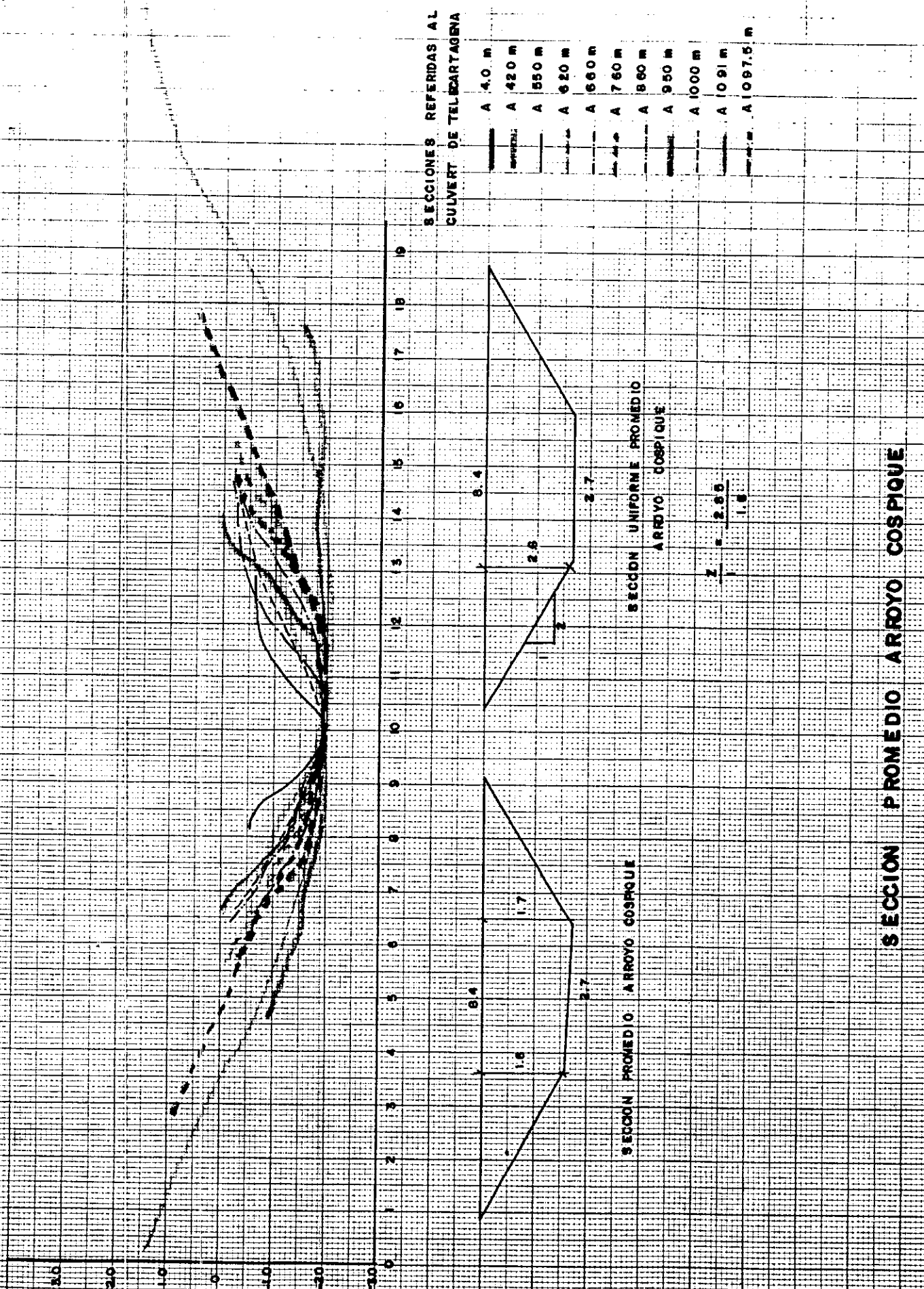
SECCION A 1091 M. DEL
CULVERT DE TELECARTAGENA



SECCION A 1075 M. DEL
CULVERT DE TELECARTAGENA

SECCIONES TRANSVERSALES AL ARROYO COSPIQUE

ESCALA 1:1100



SECCION PROMEDIO ARROYO COSPIQUE

SECCION UNIFORME PROMEDIO ARROYO COSPIQUE

SECCIONES REFERIDAS A L CULVERT DE TELCARTAGENA

- A 4.0 m
- A 420 m
- A 550 m
- A 620 m
- A 660 m
- A 760 m
- A 860 m
- A 950 m
- A 1000 m
- A 091 m
- A 097.5 m

CULVERT DE TELECARTAGENA

CULVERT DE 13



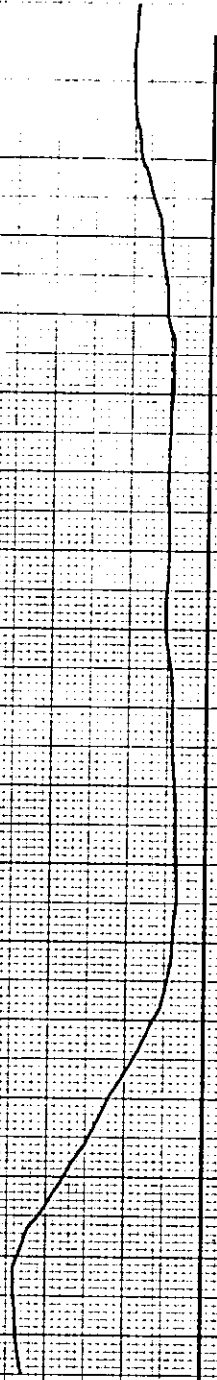
PENDIENTE DEL CANAL

$$S = \frac{(10.2 - 0.8)}{1100}$$

$$S = 0.00909$$

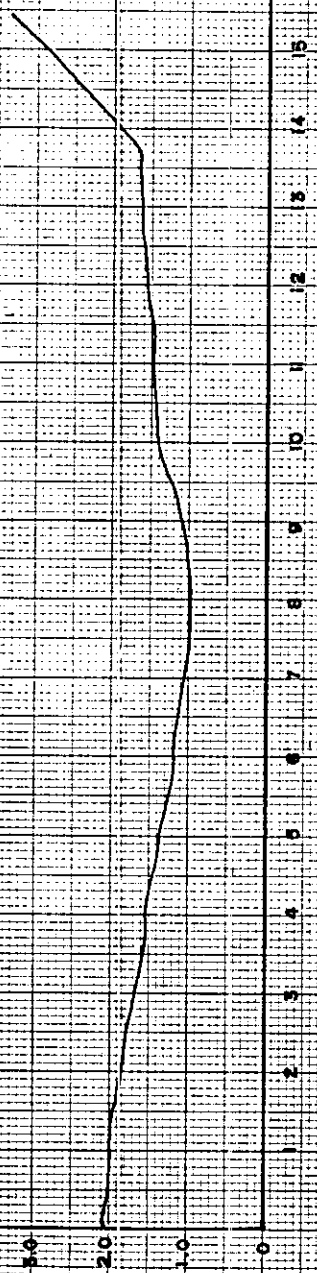
$$S = 0.96\%$$

PERFIL ARROYO COSPIQUE Esc 1:5000
 (DESDE CULVERT DE TELECARTAGENA HASTA CULVERT DEL 13)

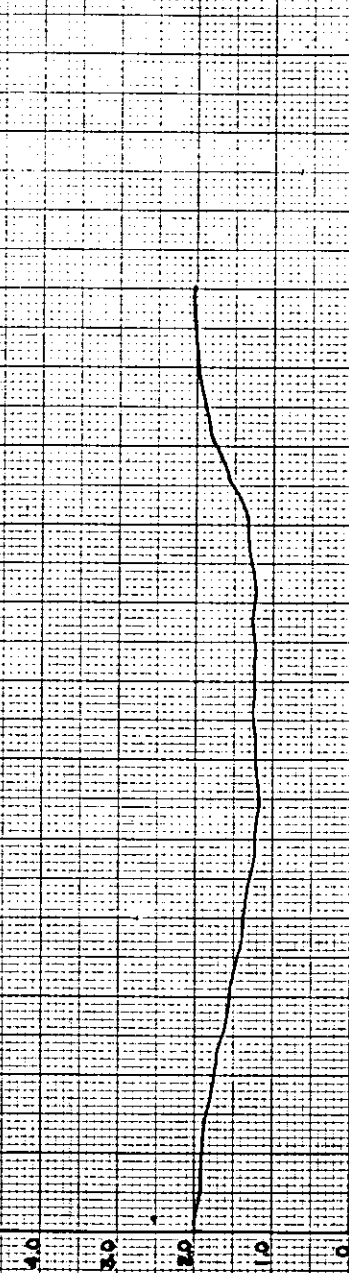


SECCION PROMEDIO AGUAS ABAJO DEL CAUCE DEL ARROYO COSPIQUE
CULVERT DE TELECARTAGENA.

esc : 1:100

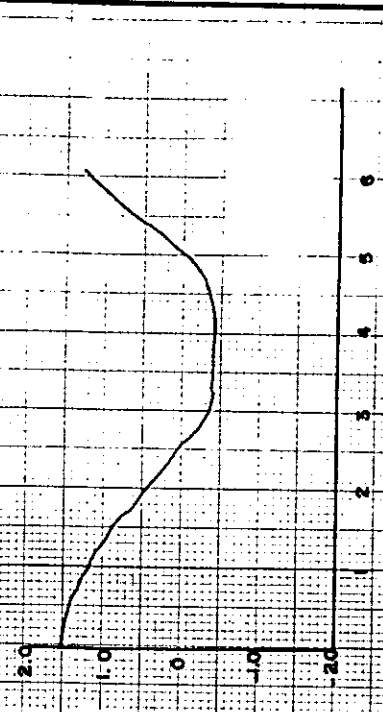
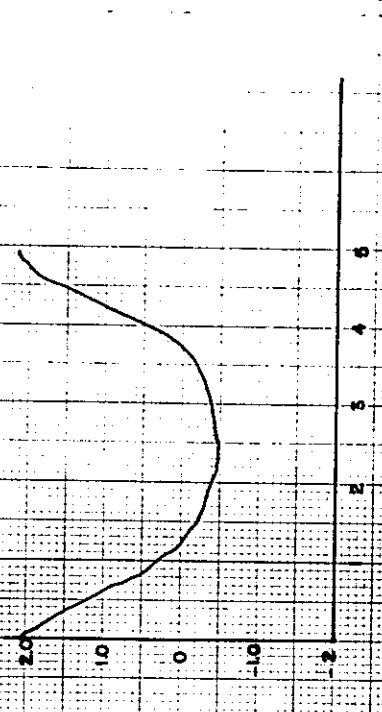
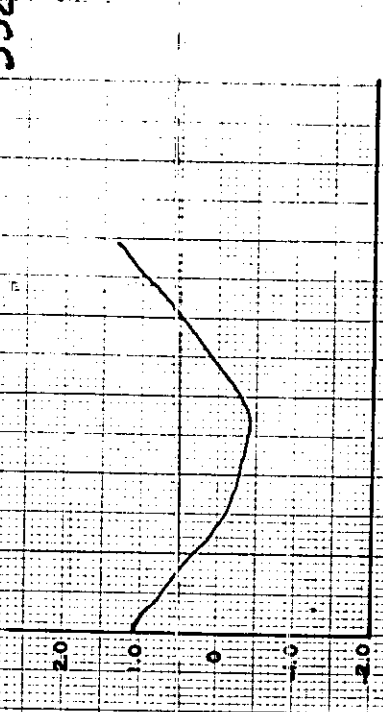
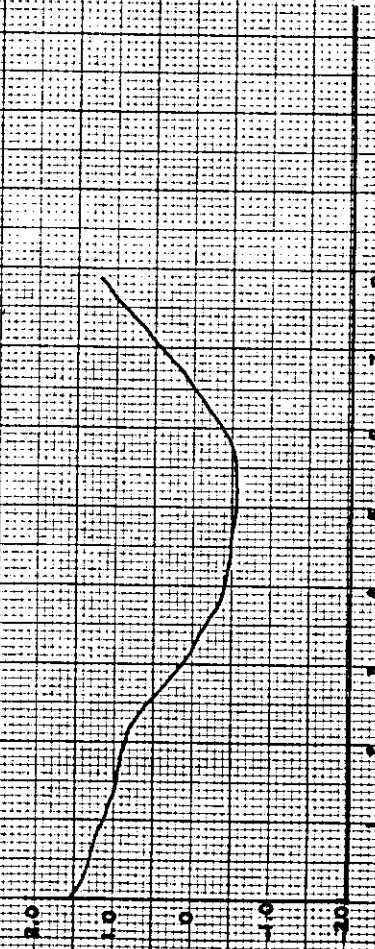
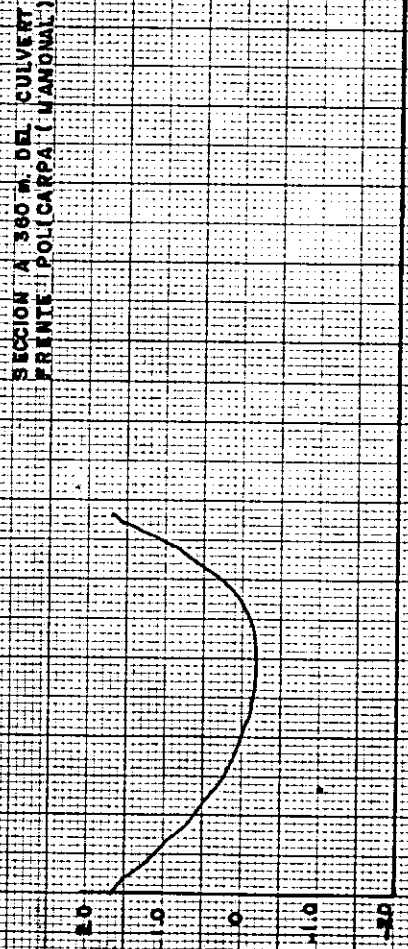
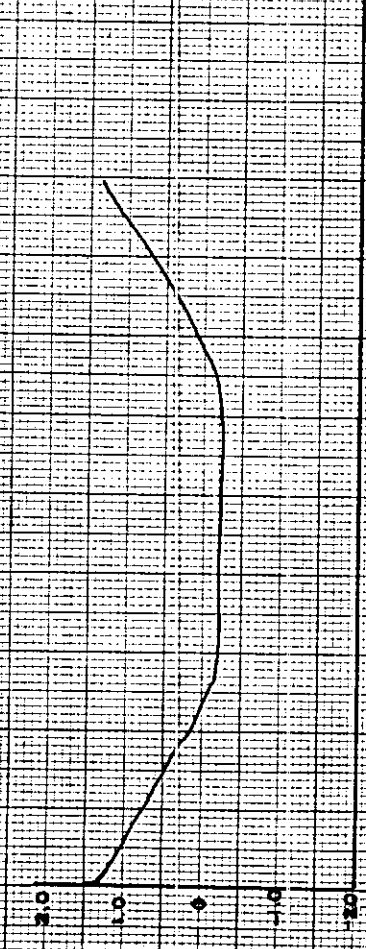


SECCION ENTRADA CULVERT FRENTE A POLICARPA

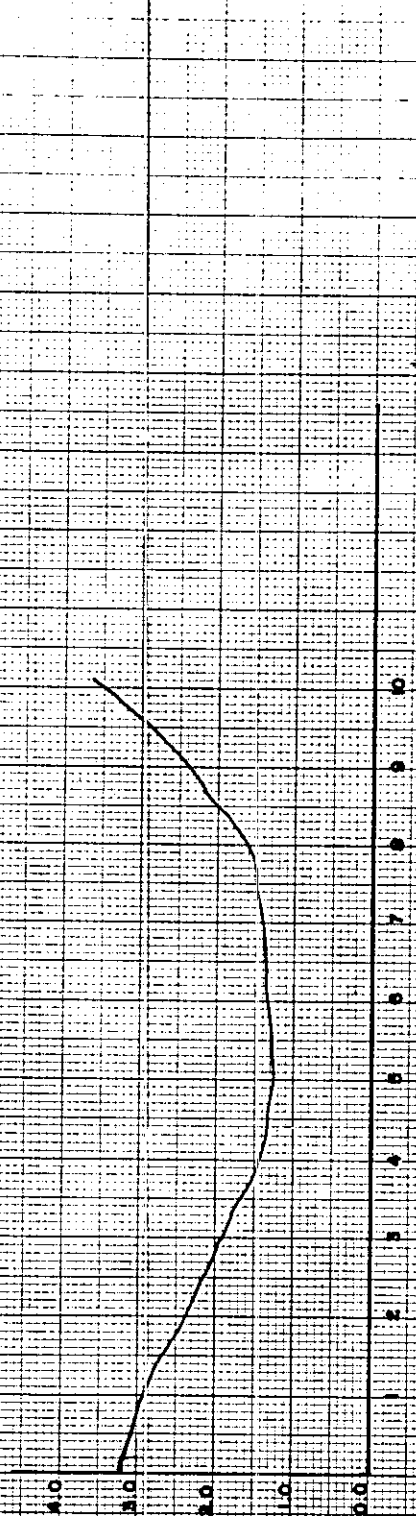


SECCION ENTRADA CULVERT FRENTE A POLICARPA

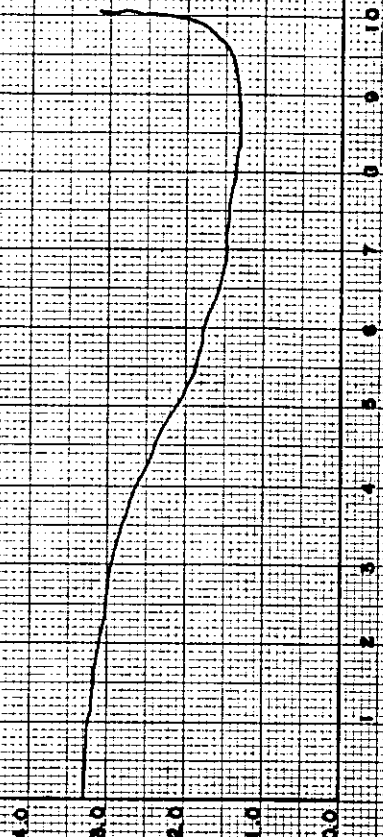
SECCIONES ARROYO POLICARPA DESDE CULVERT FRENTE A POLICARPA
(VIA A MAMONAL) HASTA CULVERT DETRAS DE POLICARPA (ANT. VIA FERREA)



SECCIONES A ARROYO POLICARPA

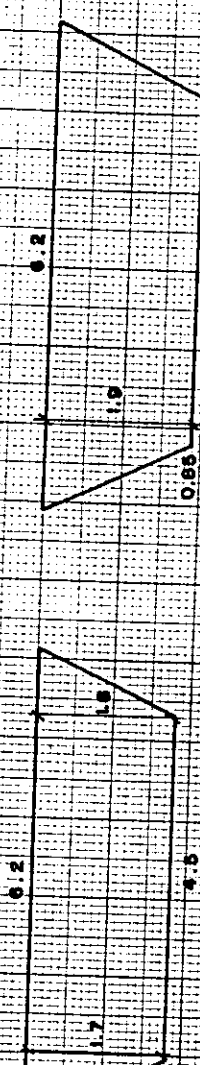
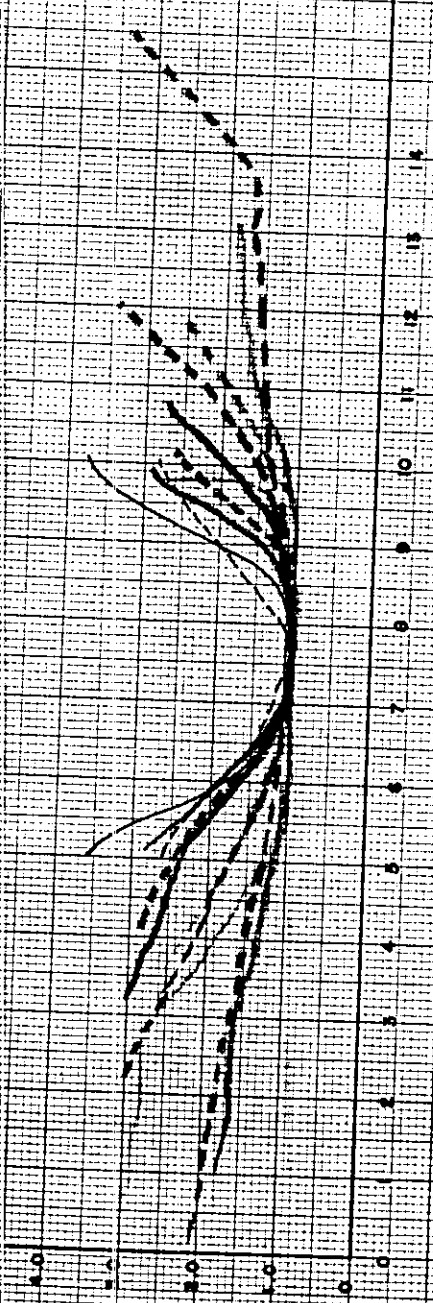


SECCION A 3.00 m. DE LA SALIDA DEL CULVERT DETRAS DE POLICARPA
A 777 m. DEL CULVERT FRENTE A POLICARPA (MAMORAL)



SECCION A 3.00 m. DE LA SALIDA DEL CULVERT DETRAS DE POLICARPA
A 772 m. DEL CULVERT FRENTE A POLICARPA (MAMORAL)

SECCIONES ARROYO POLICARPA

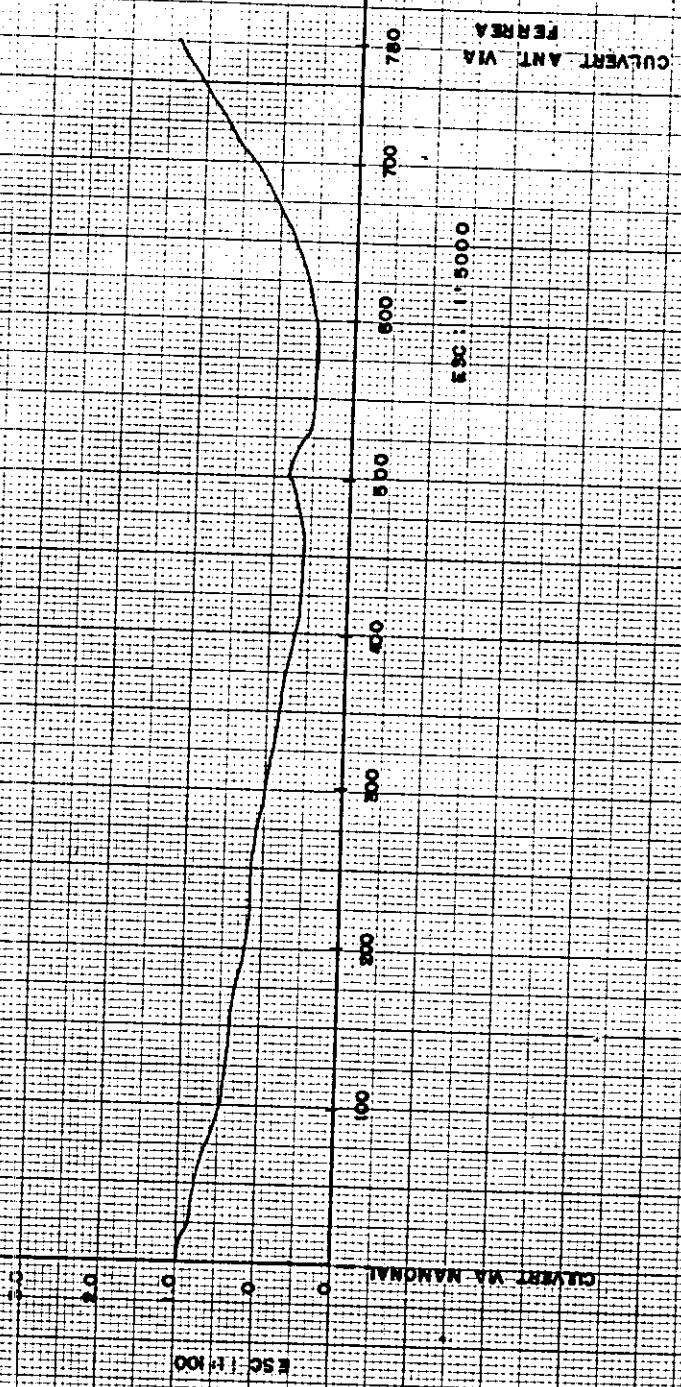


---	ENTRADA CULVERT FRENTE POLICARPA	"
---	ENTRADA	"
---	A 560 m DE	"
---	A 415 m DE	"
---	A 505 m DE	"
---	A 550 m DE	"
---	A 600 m DE	"
---	A 625 m DE	"
---	A 777 m DE	"
---	A 772 m DE	"

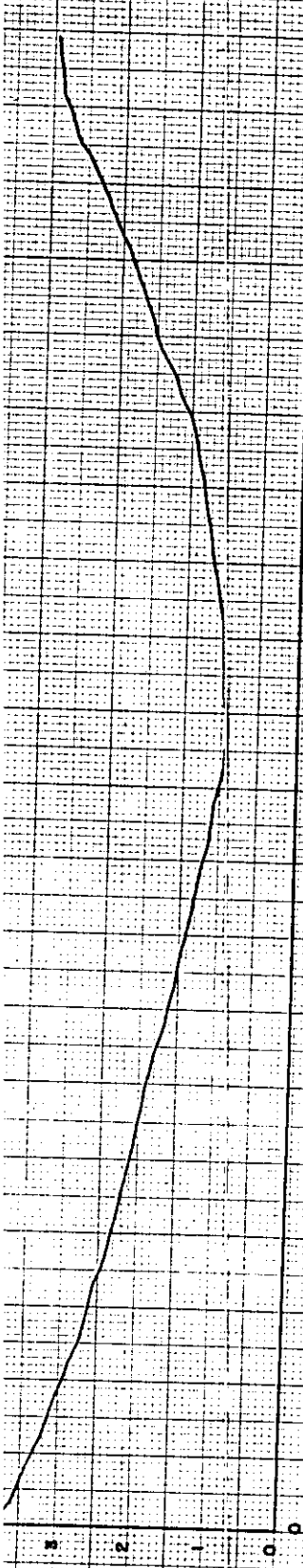
SECCIONES ARROYO POLICARPA ESC 1/100

355

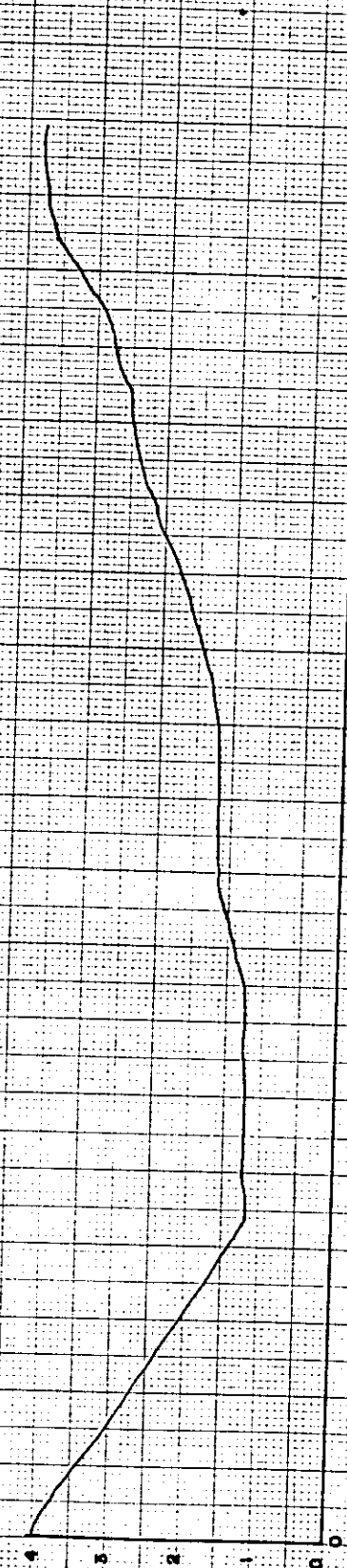
PENDIENTE DEL CANAL $S = \frac{(1.4 - 1)}{780} = 0.0005$
 $S = 0.05$



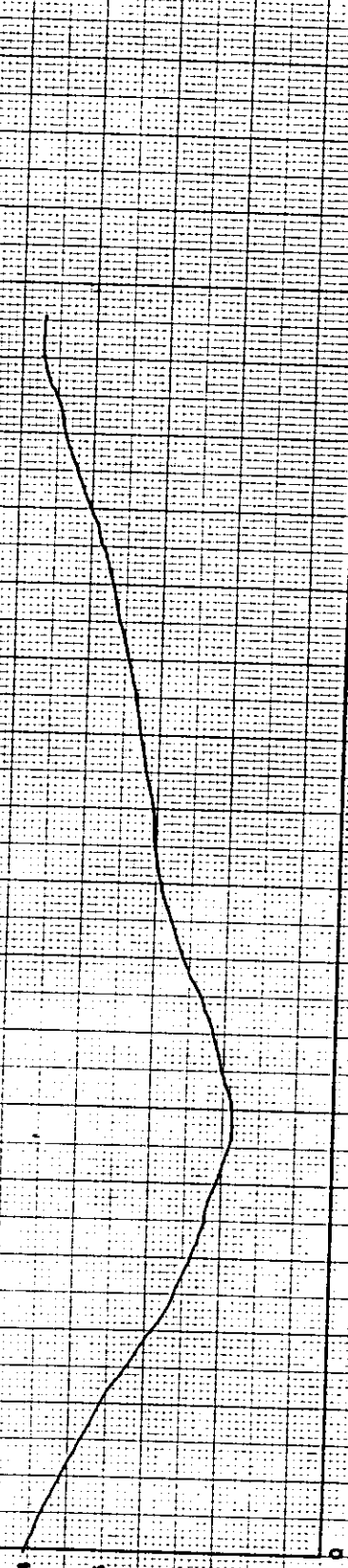
PERFIL LONGITUDINAL DEL ARROYO POLICARPA



SECCION A 0.00 ENTRADA AL CULVERT DE BIOFILM

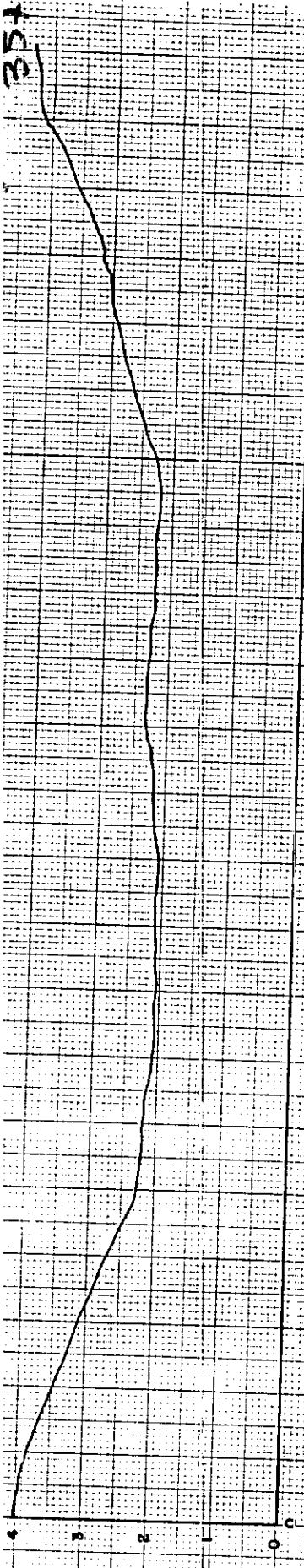


SECCION A 20.00 M DEL CULVERT DE BIOFILM

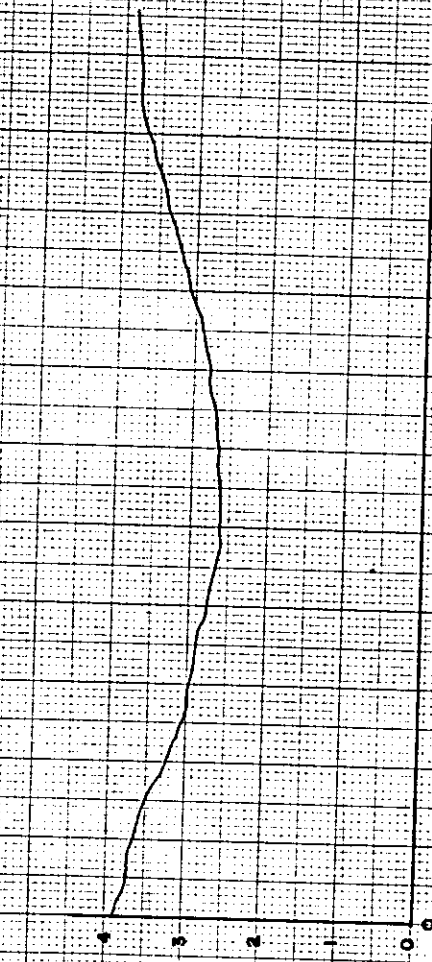


SECCION A 10.20 M DEL CULVERT DE BIOFILM

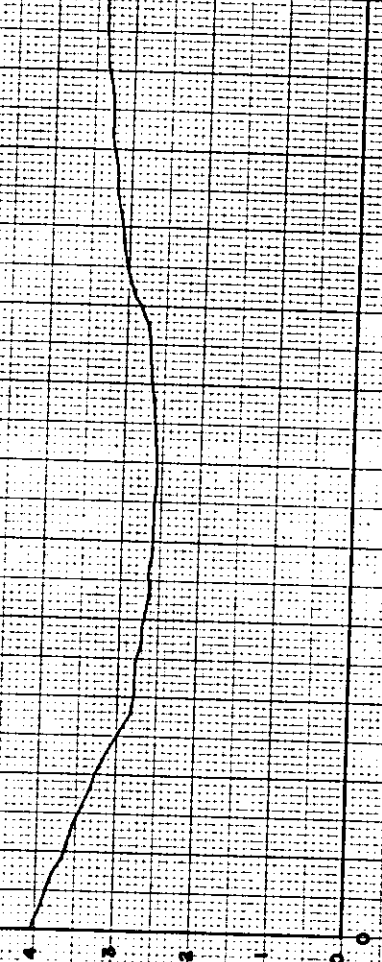
SECCIONES TRANSVERSALES AL ARROYO ARROZ BARATO
(DESDE EL CULVERT DE BIOFILM HASTA EL CULVERT DE ARROZ BARATO) ESC 1:100



SECCION A 120.0 DEL CULVERT DE BIOFILM



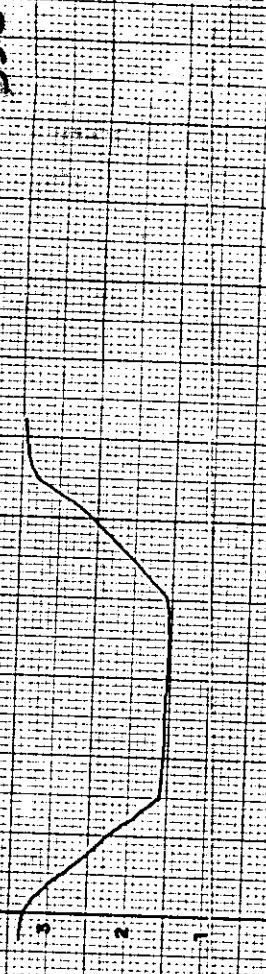
SECCION A 150.5 DEL CULVERT DE BIOFILM



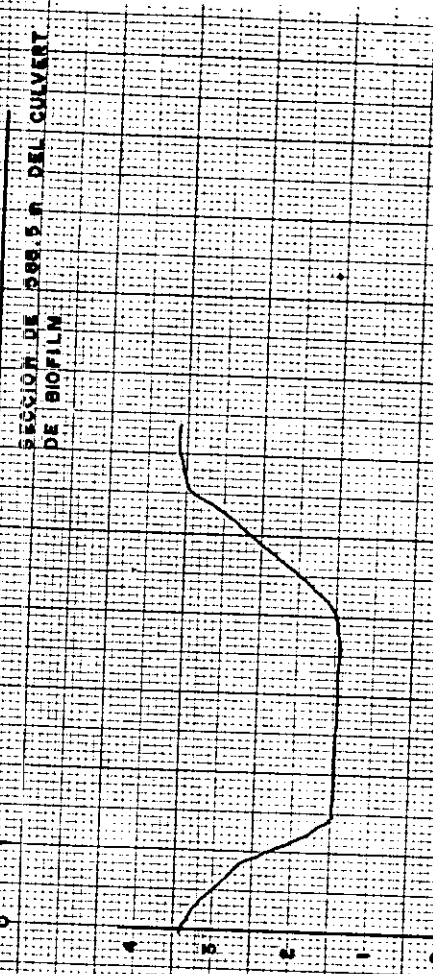
SECCION A 160.0 DEL CULVERT DE BIOFILM

SECCIONES TRANSVERSALES AL ARROYO ARROZ BARATO ESCALADO

358

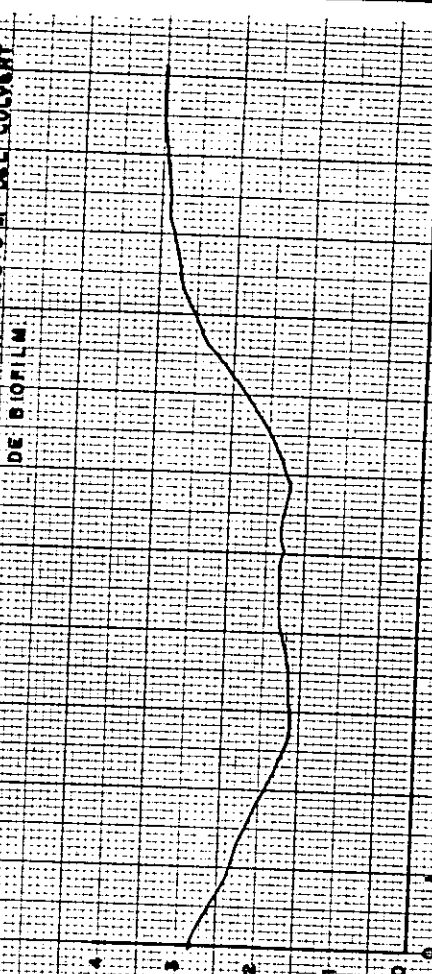


SECCION A 578.5 m. DEL CULVERT
DE BIOFILM



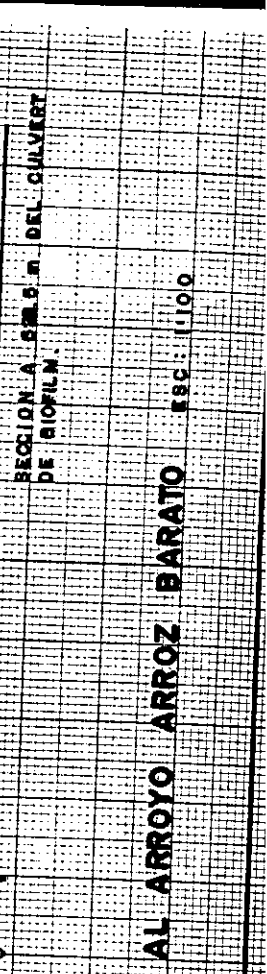
SECCION A 599.5 m. DEL CULVERT
DE BIOFILM

SECCION A 609.5 m. DEL CULVERT
DE BIOFILM



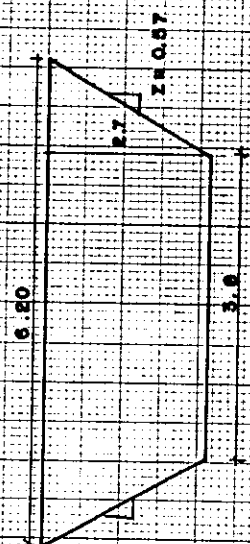
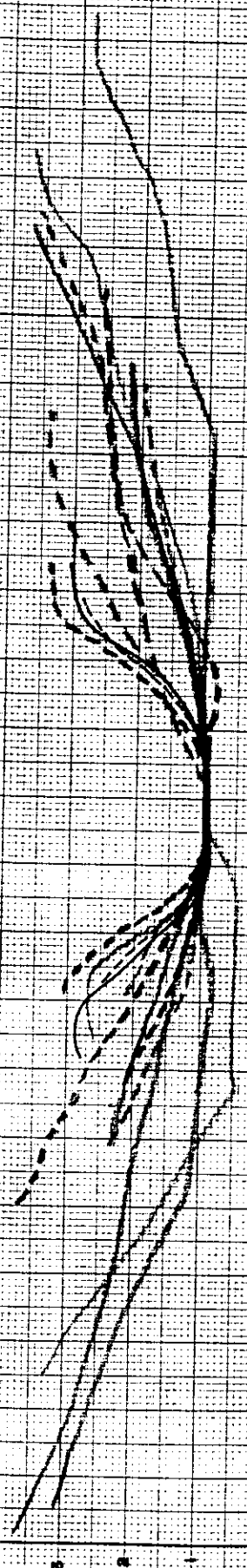
SECCION A 609.5 m. DEL CULVERT
DE BIOFILM

SECCION A 616.5 m. DEL CULVERT
DE BIOFILM



SECCION A 616.5 m. DEL CULVERT
DE BIOFILM

SECCIONES TRANSVERSALES AL ARROYO ARROYO BARATO ESC. 1:100

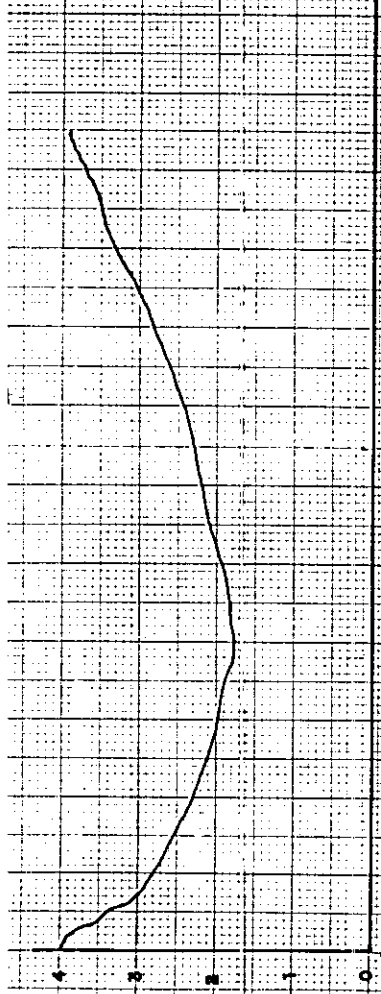


SECCION UNIFORME PROMEDIO
ARROYO ARROZ BARATO

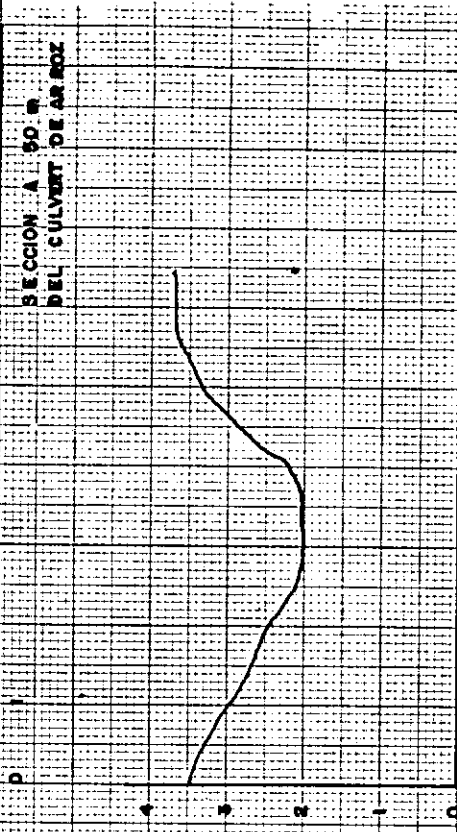
SECCIONES REPERIDAS
AL CULVERT DE BIOFILM

A 00 M
A 20 M
A 110.20 M
A 130 M
A 150.8 M
A 160 M
A 178.5 M
A 228.5 M
A 298.5 M
A 308.5 M
A 318.5 M
A 328.5 M

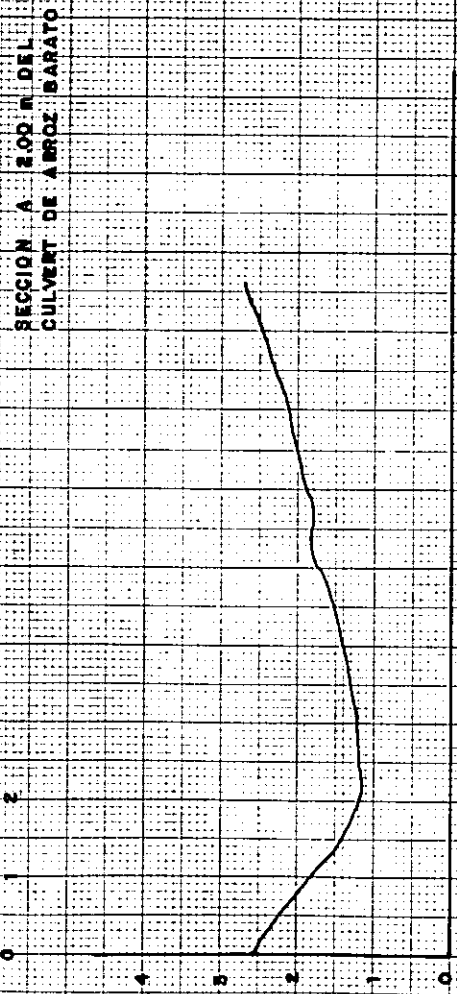
SECCION PROMEDIO ARROYO ARROZ BARATO
(DESDE EL CULVERT DE BIOFILM HASTA EL CULVERT DE ARROZ BARATO)



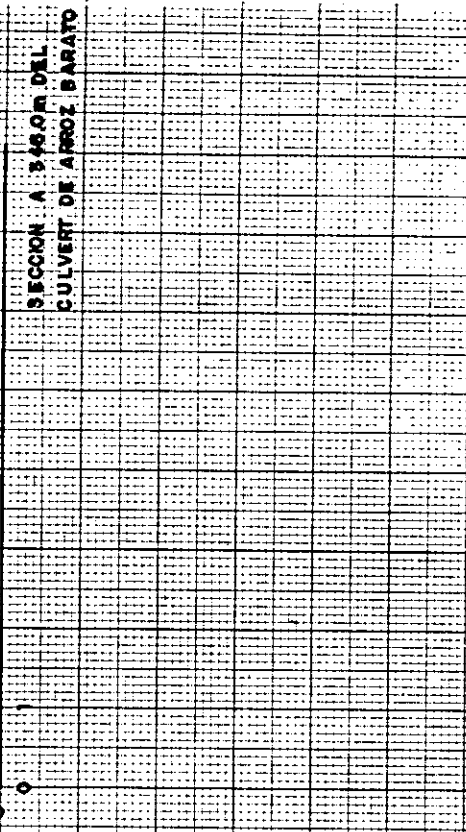
SECCION A 2.00 M DEL CULVERT DE ARROZ BARATO



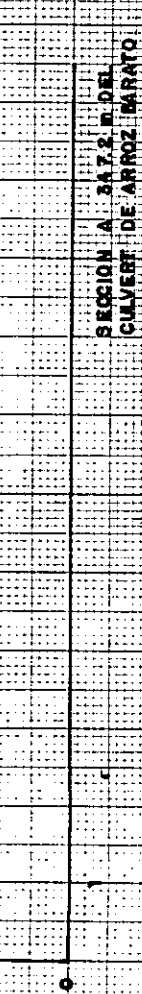
SECCION A 1.90 M DEL CULVERT DE ARROZ



SECCION A 1.10 M DEL CULVERT DE ARROZ BARATO

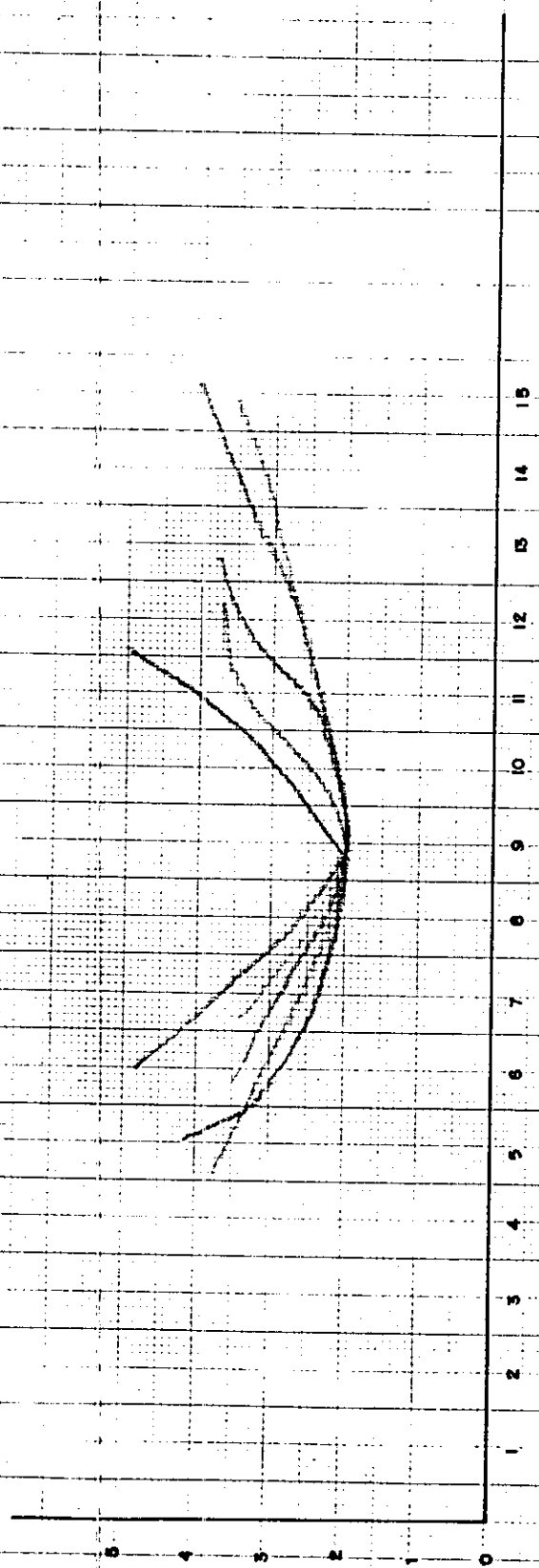


SECCION A 1.460 M DEL CULVERT DE ARROZ BARATO

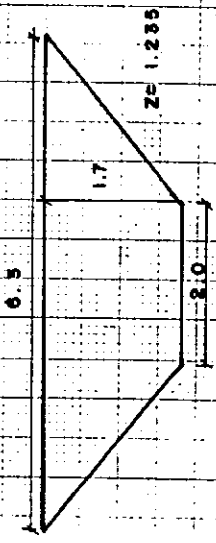


SECCION A 2.172 M DEL CULVERT DE ARROZ BARATO

SECCIONES TRANSVERSALES AL ARROYO ARROZ BARATO (DESDE EL CULVERT DE ARROZ BARATO HASTA EL CULVERT DEL BARRILERO)



- A 2.80 m DE LA SALIDA CULVERT DEL BABILLERO
- A 4.00 m DE LA SALIDA CULVERT DEL BABILLERO
- A 11.00 m DE LA ENTRADA CULVERT DE A. BARATO
- A 5.00 m DE LA ENTRADA CULVERT DE A. BARATO
- A 2.00 m DE LA ENTRADA CULVERT DE A. BARATO



**SECCIONES DEL ARROYO DESDE EL CULVERT DEL BABILLERO
HASTA EL CULVERT DE ARROZ BARATO. ESC : 1:100**

364

CULVERT DE BIOFILM

CULVERT DE ARROZ BARATO

$$S = \frac{1.7 - 0.9}{625}$$

$$S = 0.00128$$

$$S = 0.128\%$$

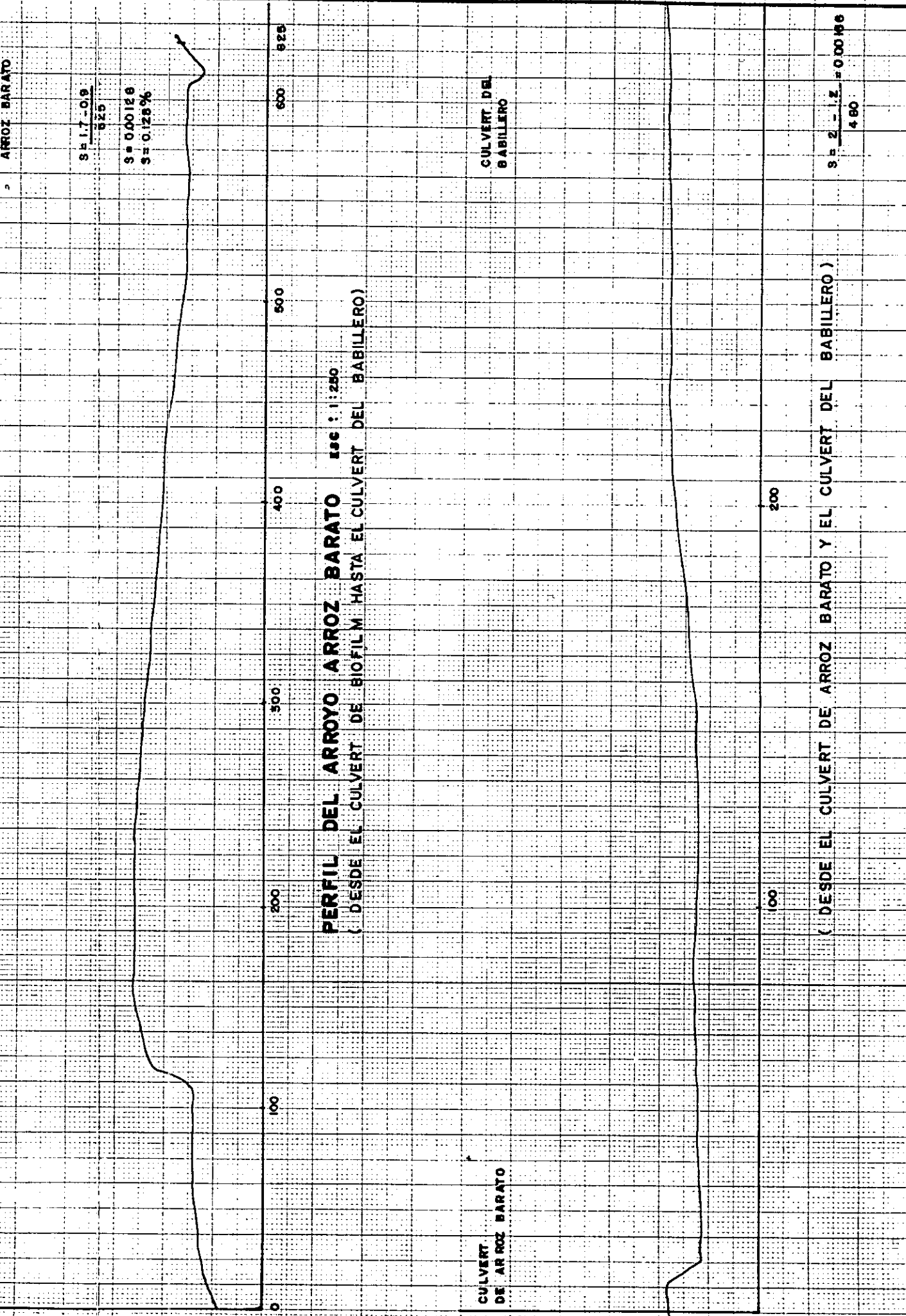
PERFIL DEL ARROYO ARROZ BARATO Esc : 1:250
 (DESDE EL CULVERT DE BIOFILM HASTA EL CULVERT DEL BABILLERO)

CULVERT DE ARROZ BARATO

CULVERT DEL BABILLERO

(DESDE EL CULVERT DE ARROZ BARATO Y EL CULVERT DEL BABILLERO)

$$S = \frac{2 - 1.2}{460} = 0.00186$$



ARROYO

20

20

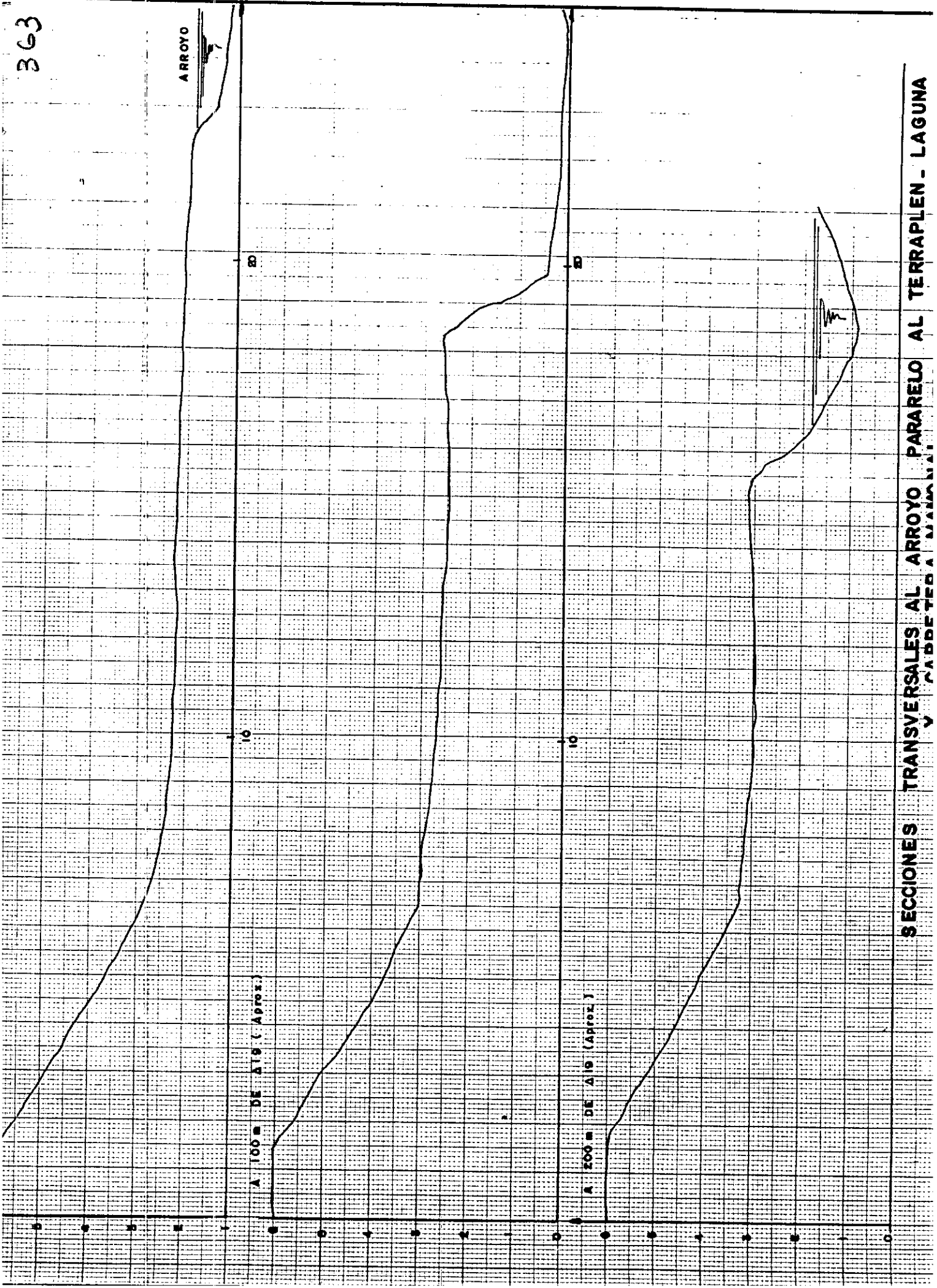
10

10

A 100 m DE A15 (Aprox.)

A 200 m DE A16 (Aprox.)

SECCIONES TRANSVERSALES AL ARROYO PARALELO AL TERRAPLEN - LAGUNA
Y CARRILLO A MANUEL



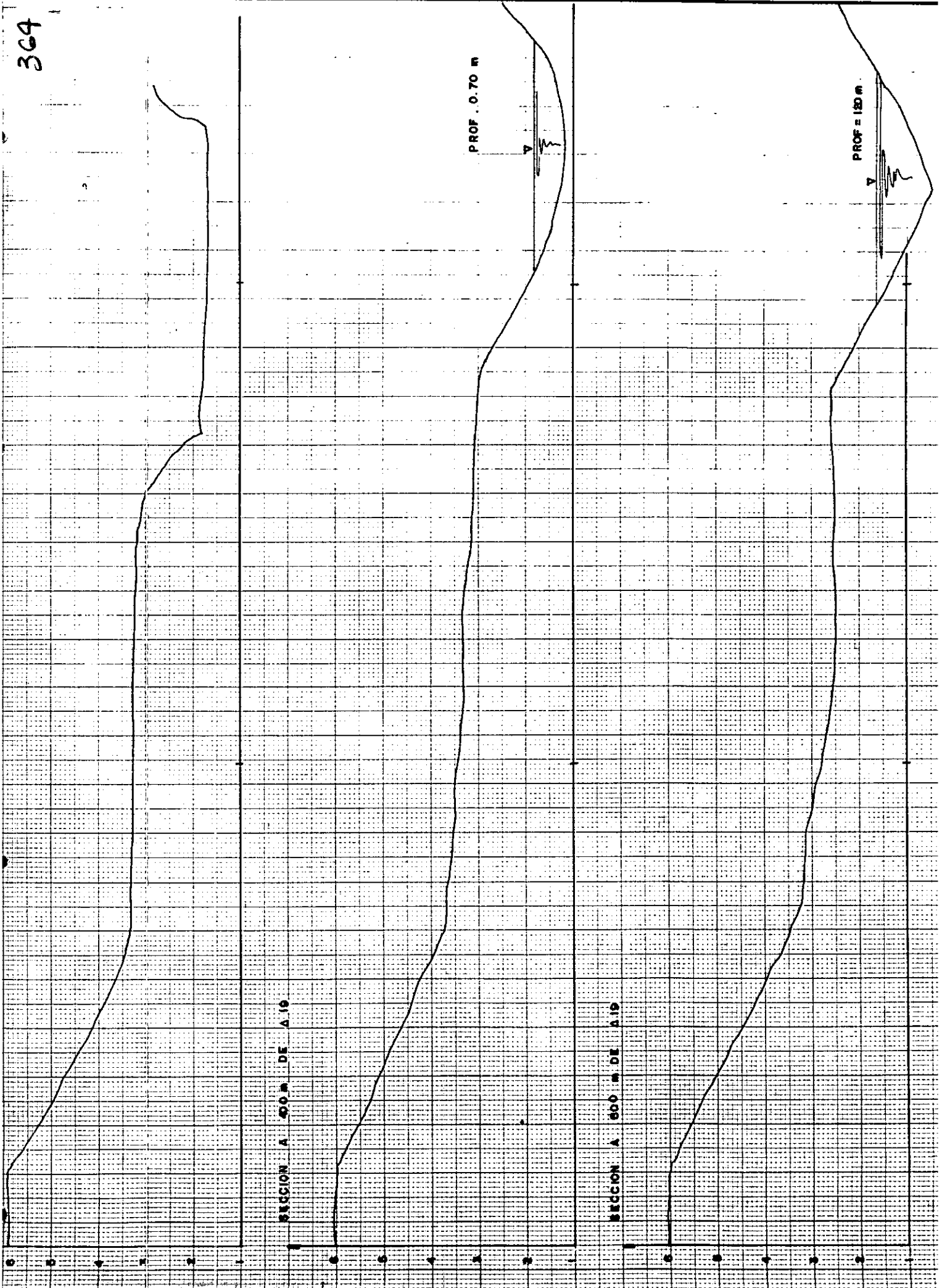
369

PROF. 0.70 m

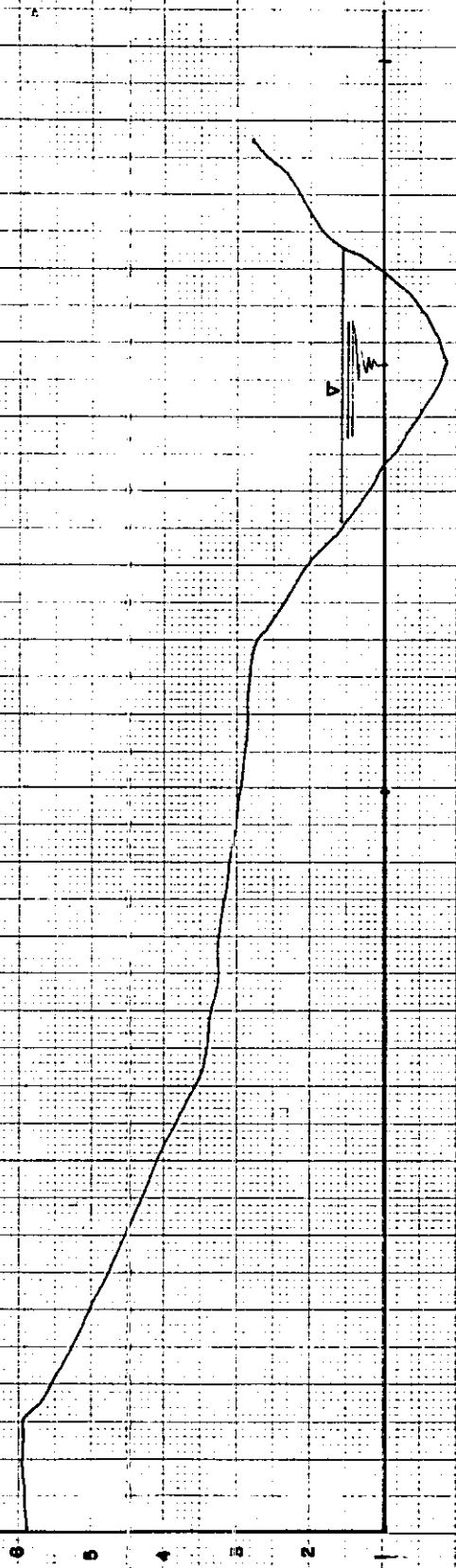
PROF. = 1.50 m

SECCION A 500 m DE A.16

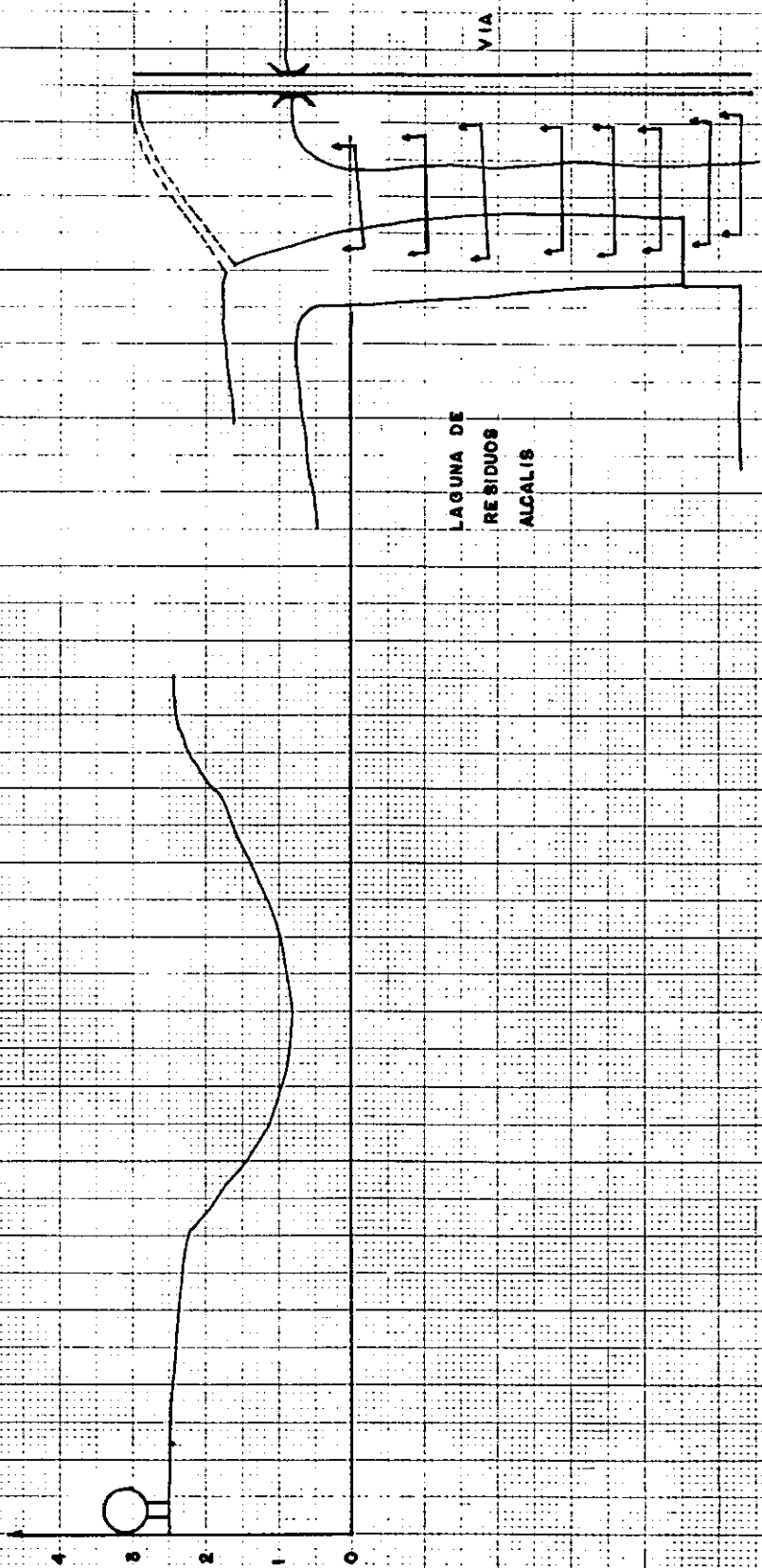
SECCION A 600 m DE A.16

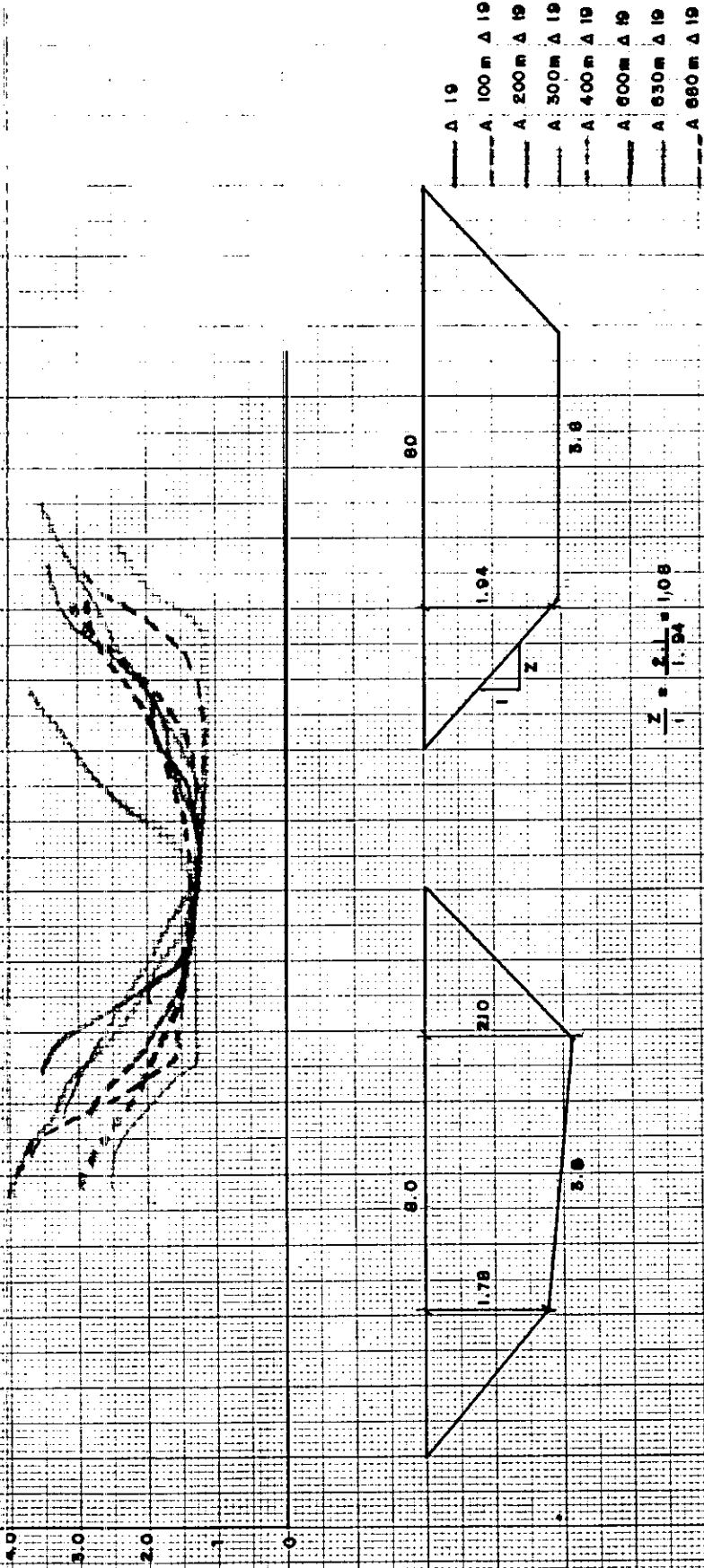


SECCION A 630m DE A19 (Aprox) ESC: 1:100



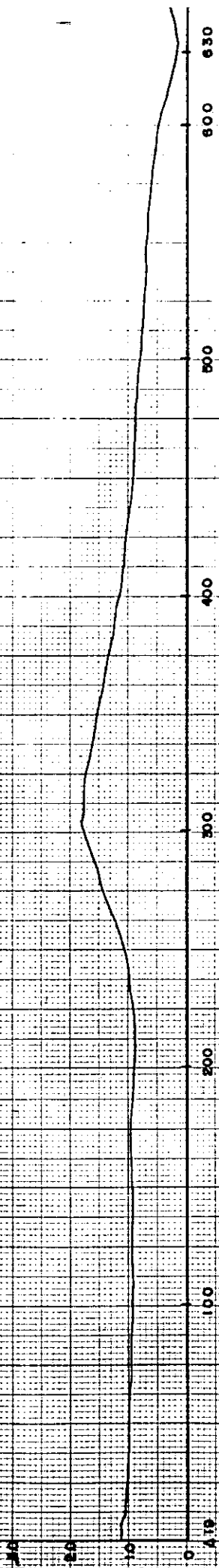
SECCION A 580m DE A19 (Aprox) ESC: 1:100





SECCIONES ARROYO PARALELO A LA VIA A MAMONAL Y LAGUNA DE RESIDUOS

367



ESCALA : 1 : 2500

PENDIENTE DEL CANAL = $\frac{(1.2 - 0.8)}{680}$

S = 0.00058

S = 0.058 %

PERFIL LONGITUDINAL ARROYO PARALELO VIA MAMONAL Y LAGUNA DE RESIDUOS.

ANEXO F**RESEÑA SOBRE OTROS ESTUDIOS REALIZADOS EN LAS CUENCAS
HIDROGRAFICAS DE LA ZONA.**

CONTENIDO DEL ANEXO.

De acuerdo con la descripción de las cuencas hidrográficas que atraviesa la Vía a Mamonal (Numeral 4.4.), hacia el sur de Mamonal se encuentran las cuencas conformadas por los arroyos Casimiro y Arroyo Grande, las cuales han sido estudiadas por la empresa Carinsa S.A. en su trabajo Hidrología e Hidráulica aguas Abajo de la Zona Franca La Candelaria, y la empresa C.E.I. Ltda (Compañía de Estudios e Interventorías Ltda.) en el trabajo Diseño Detallado de la Rectificación Del Arroyo Grande, para la empresa de Ecopetrol; respectivamente. Con el fin de establecer las bases para un manejo integral de la zona, en este anexo se reseñan las conclusiones generales de estos dos estudios.

ARROYO CASIMIRO.

El Arroyo Casimiro actualmente evacúa sus aguas hacia la Bahía de Cartagena por dos cauces: el denominado Canal de Petroquímica y el cauce natural del Arroyo Casimiro que continúa por los predios de Alcalis de Colombia y confluye por un canal hasta la Bahía, y que en adelante se denominará Canal de Alcalis. De acuerdo con los consultores de Carinsa S.A., el primero es capaz de conducir alrededor de los 80 m³/seg y el segundo 5 m³/seg. Estas capacidades, aún sumadas, no son suficientes para conducir el caudal calculado a partir su estudio hidrológico. Las medidas propuestas, fueron entre otras, aumentar la capacidad de uno o los dos canales estudiando rectificaciones y revestimientos.

ARROYO GRANDE.

El Arroyo Grande se origina en elevaciones hasta de 125 m.s.n.m., tiene una longitud de aproximadamente 12.5 Km, drenando hacia una cuenca de 19 Km². En sus últimos kilómetros de recorrido atraviesa, entre otros los predios de Ecopetrol para luego evacuar sus aguas hacia la Bahía de Cartagena.

Según los ingenieros de Ecopetrol, debido a la baja capacidad hidráulica del Arroyo Grande, (de 10 a 40 m³/seg) en comparación con los caudales de creciente que están llegando al mismo, lo cual genera inundaciones y desbordamientos; se decidió contratar a la firma C.E.I. Ltda para los estudios del diseño detallado de la rectificación de este Arroyo.

ANEXO G.

FOTOGRAFIAS

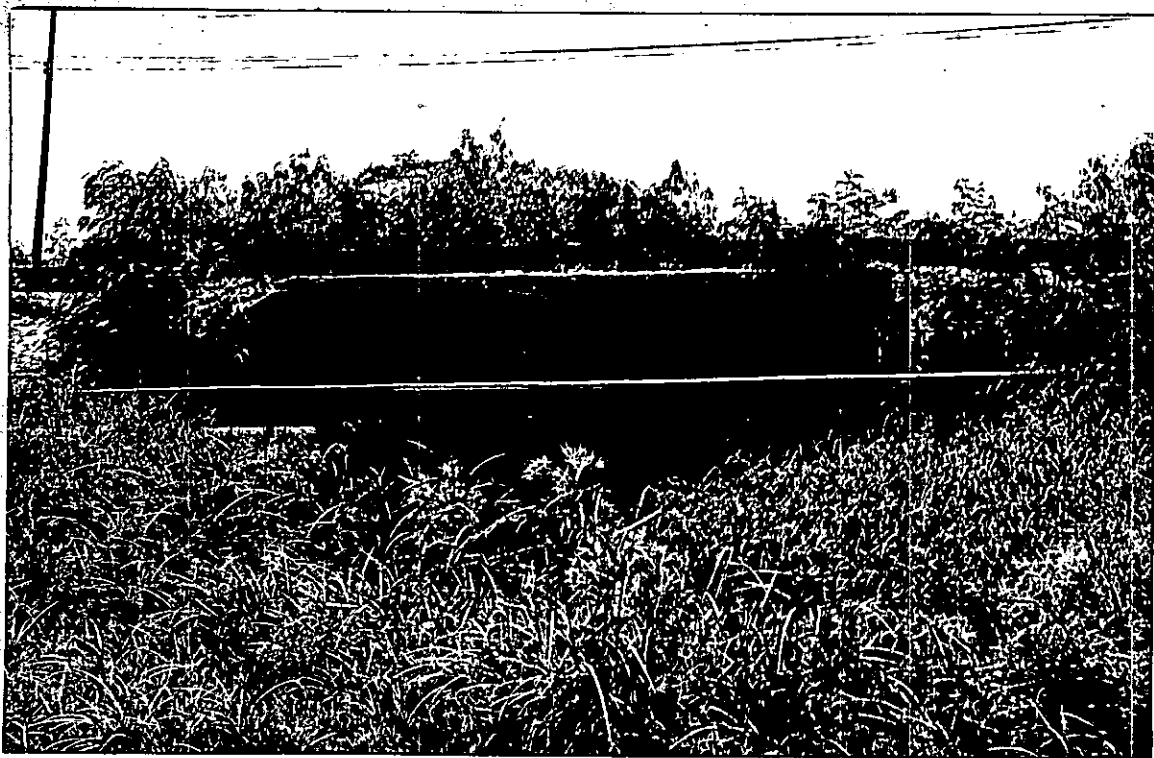


FOTO No 1. Entrada del culvert No 2 (Policarpa).

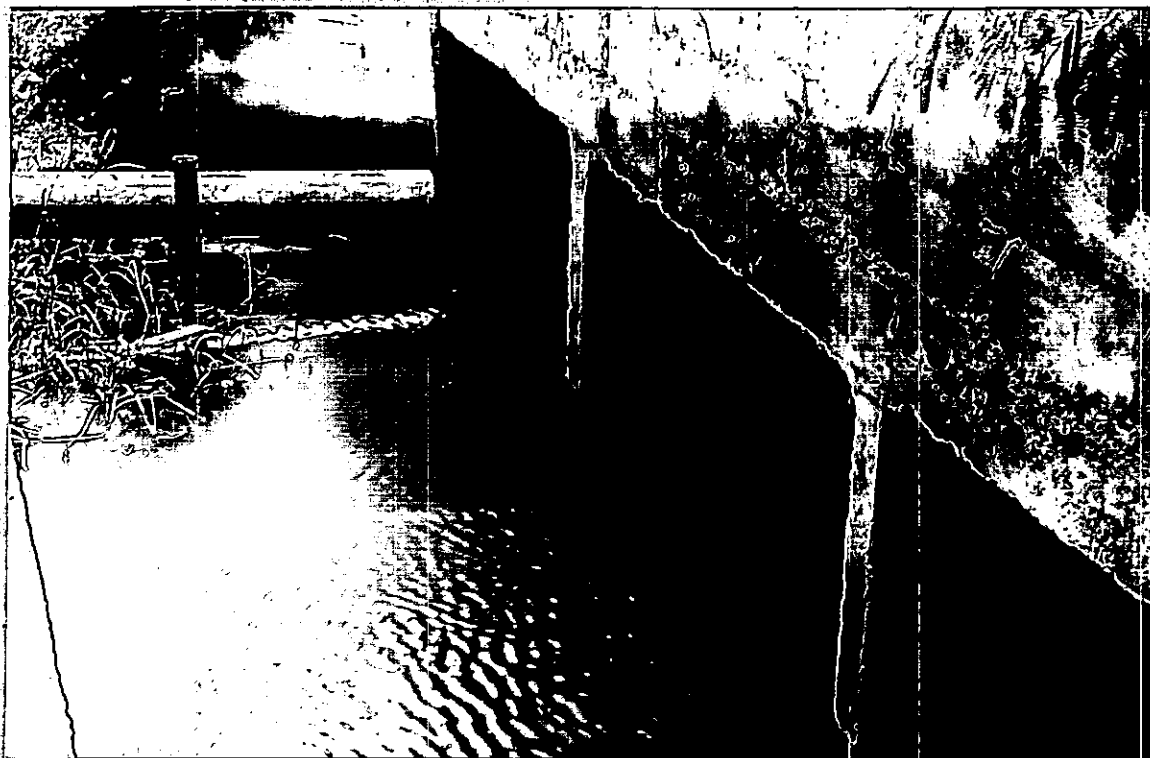


FOTO No 2. Detalle de la entrada del culvert No 2 (Policarpa).



FOTO No 3. Salida del culvert No 2 (Policarpa)

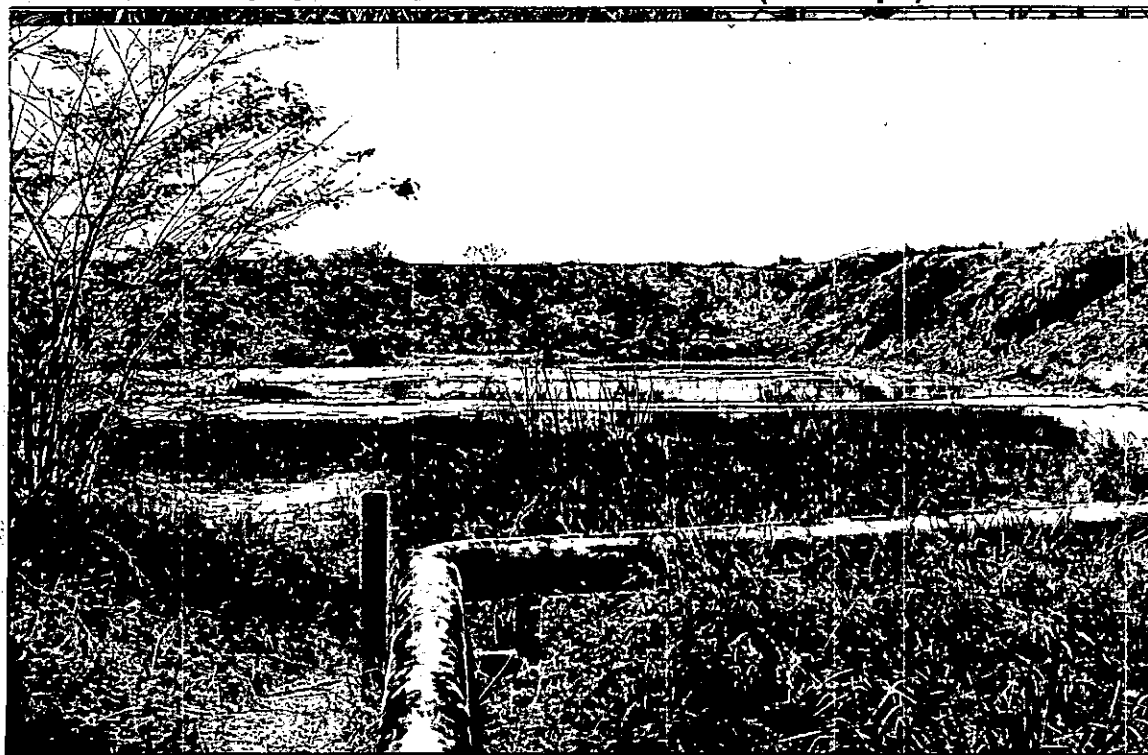


FOTO No 4 .Detalle del terraplen de la Laguna de Residuos del Antiguo Alcalis

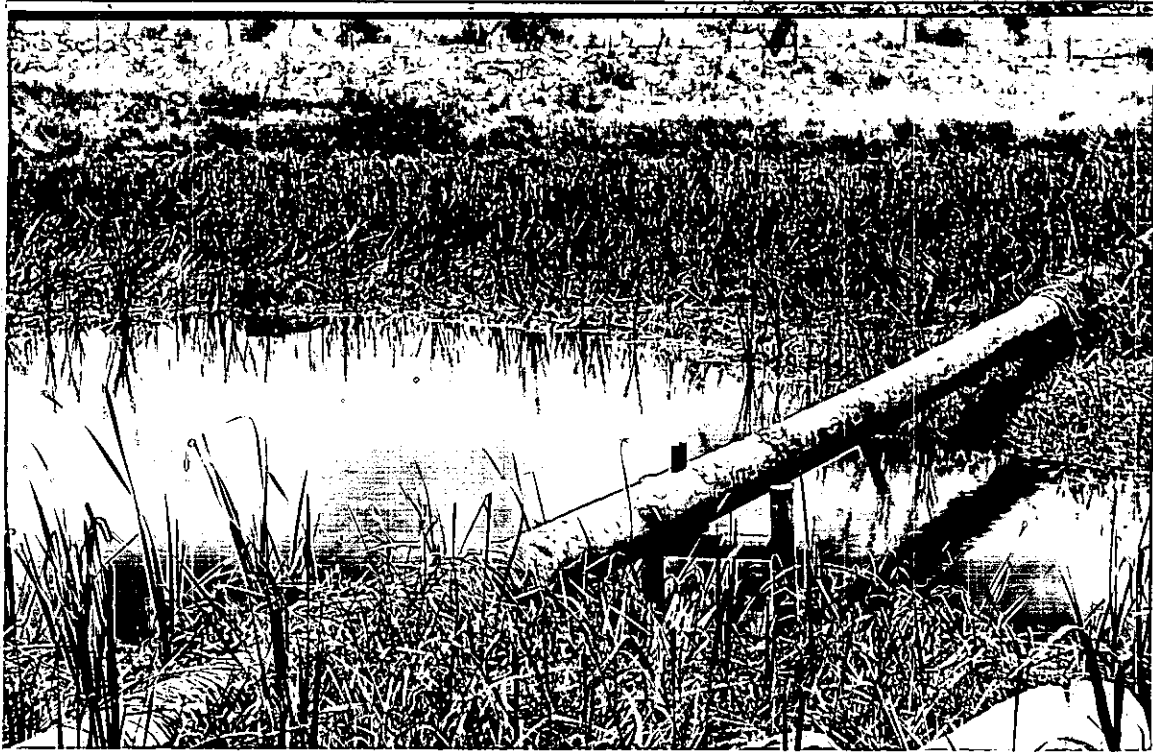


FOTO No 5. Detalle del arroyo Policarpa, a la salida del culvert No 2.

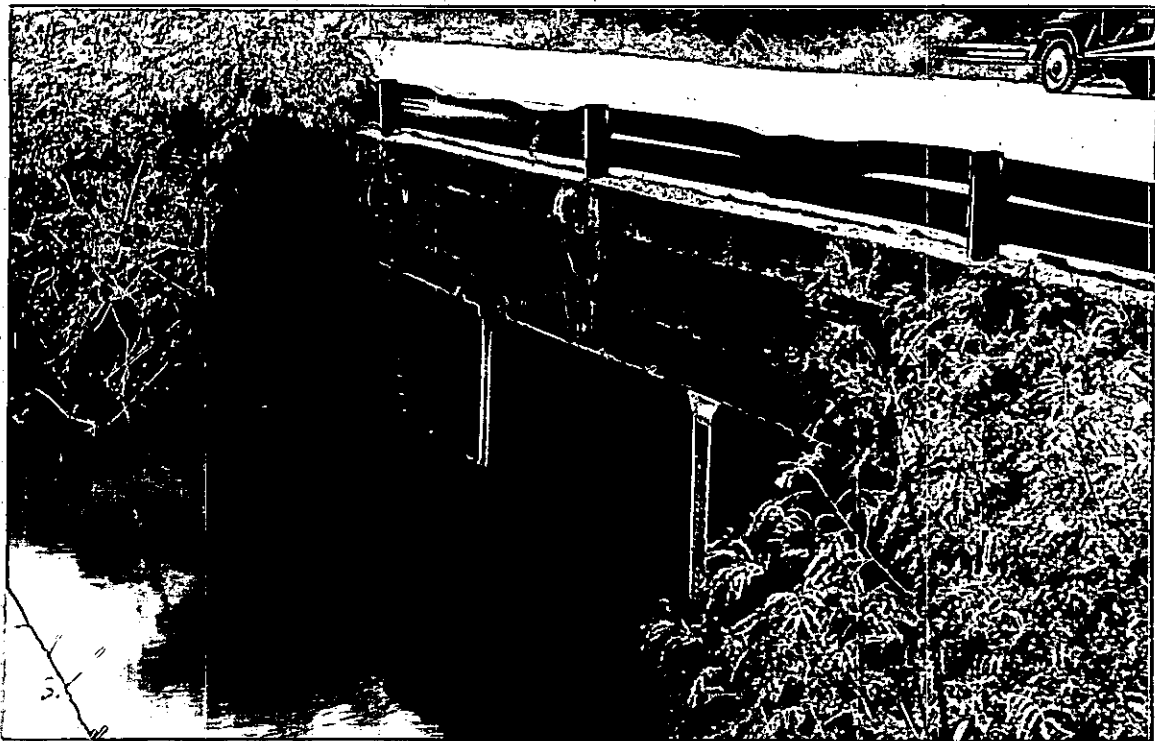


FOTO No 6. Entrada del culvert No1 (Por Telecartagena).

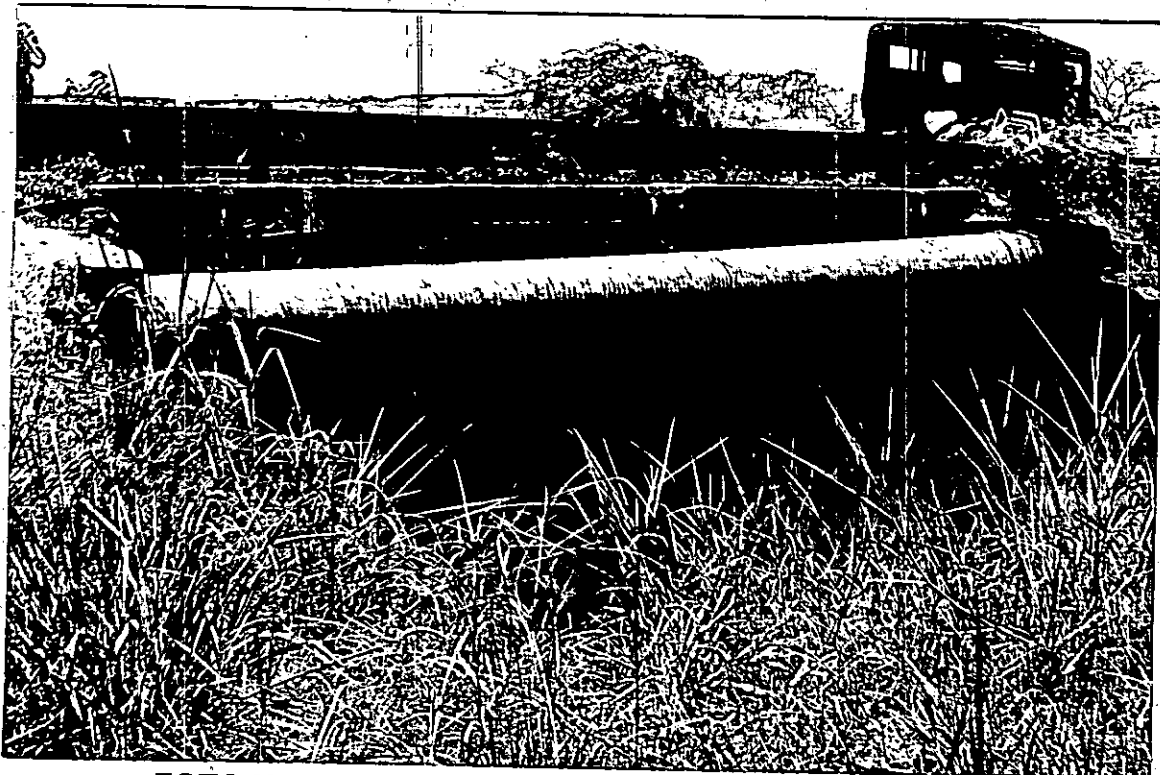
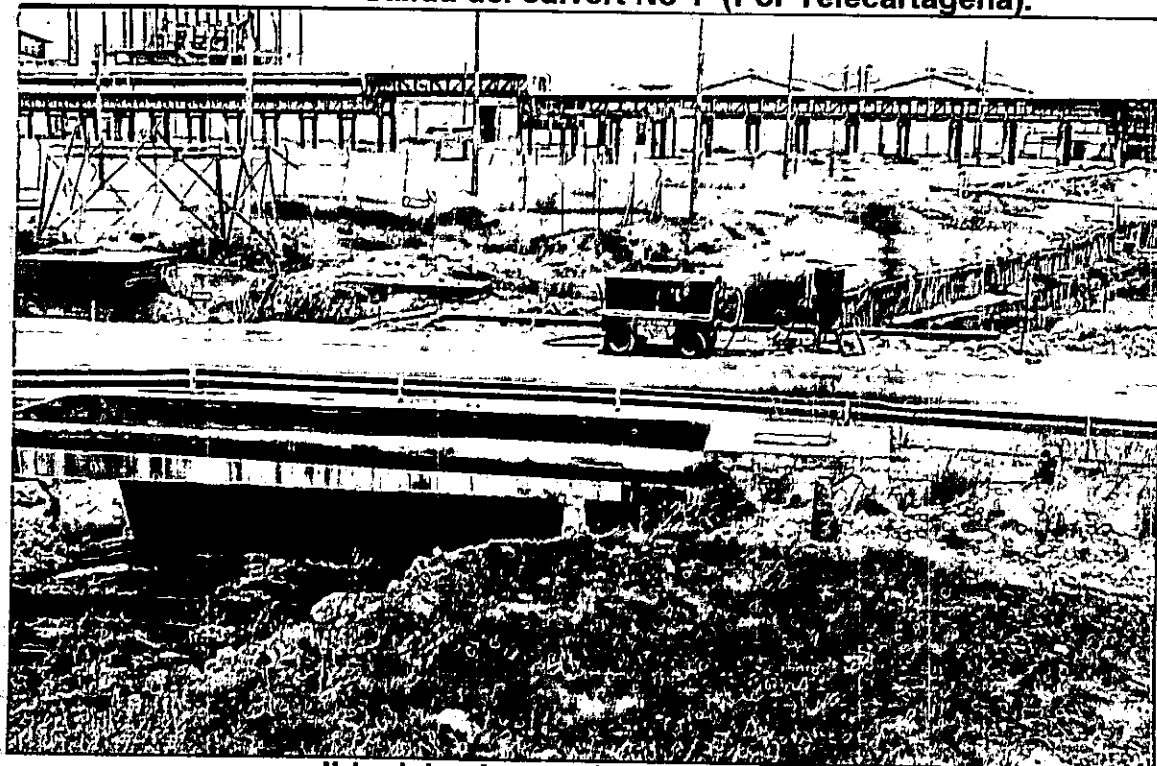


FOTO No 7. Salida del culvert No 1 (Por Telecartagena).



salida del culvert sobre la Via Mamonal.

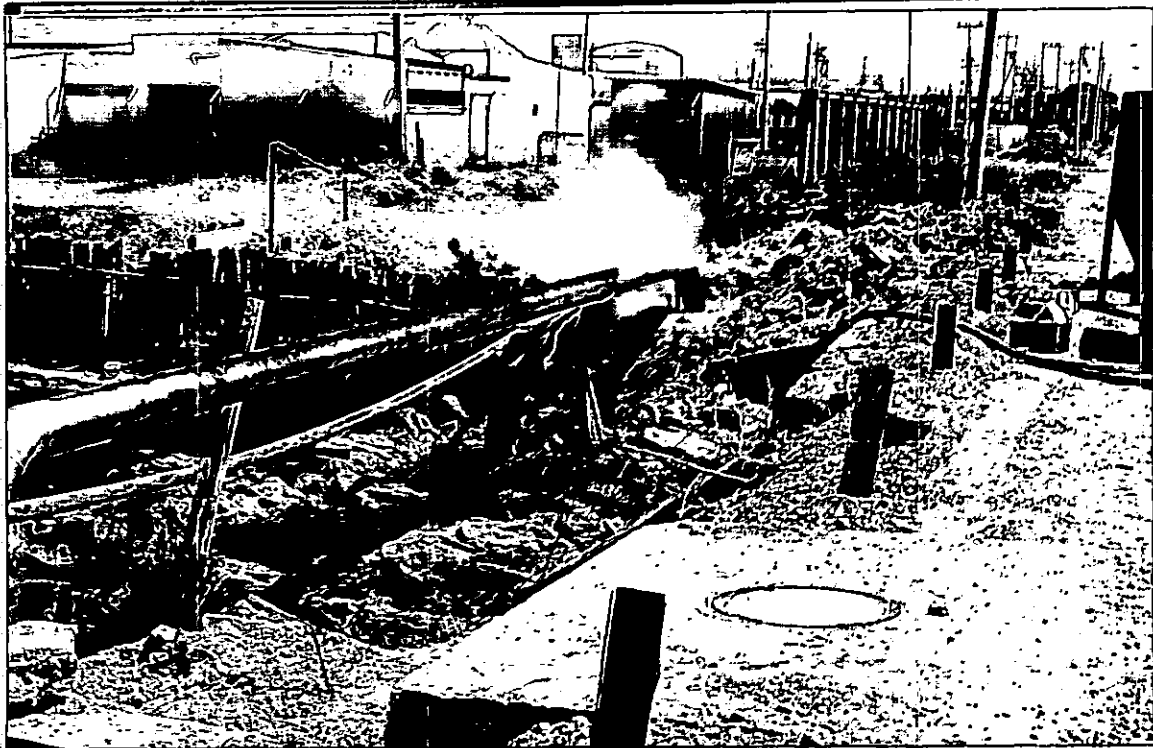


FOTO No 9. Canal del arroyo Casimiro por el Aantiguo Alcalis hacia la entrada del culvert sobre la Via Mamonal.

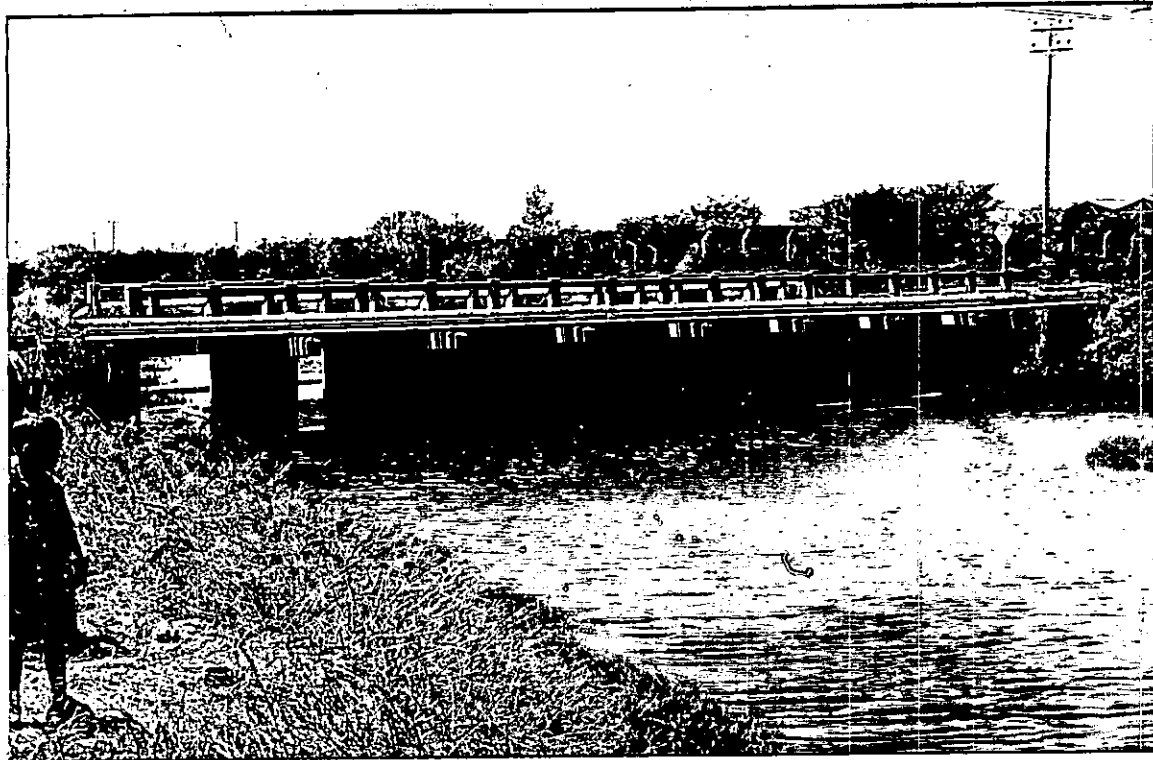


FOTO No 10. Arroyo Casimiro. Entrada al culvert sobre la via Mamonal.

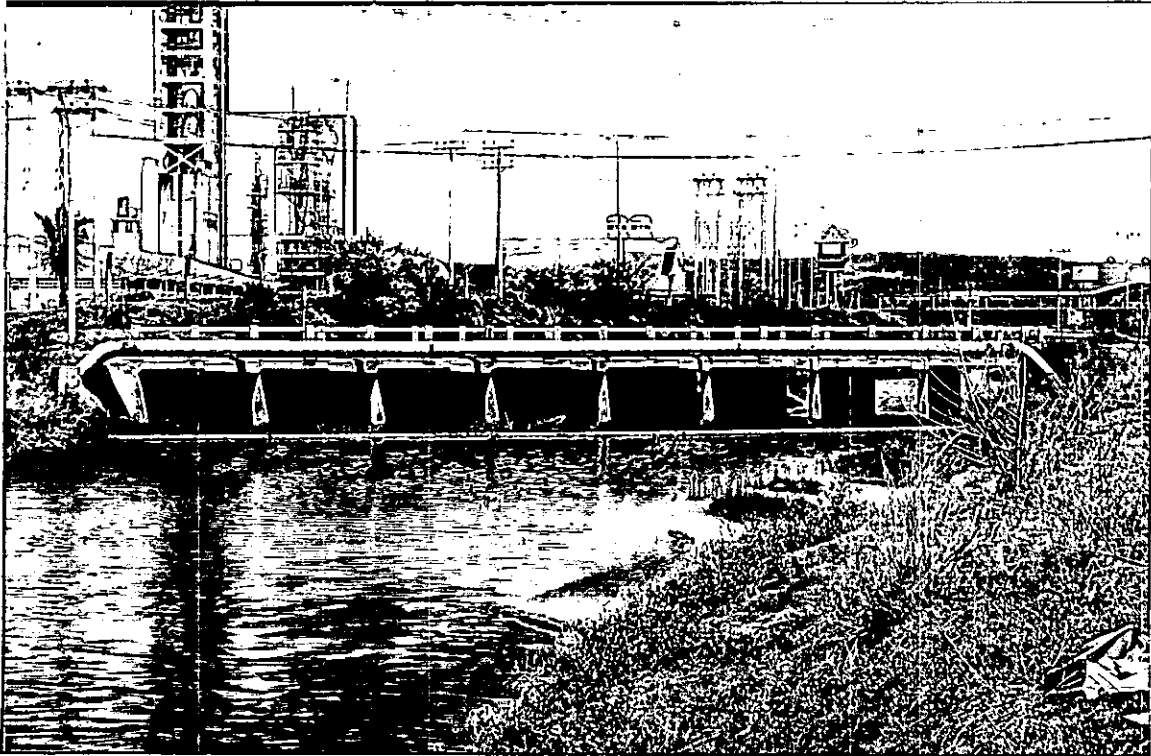


FOTO No 11. Arroyo Casimiro. Salida del culvert sobre la Via Mamonal.



FOTO No 12. Arroyo Grande.



FOTO No13. Arroyo Grande .Entrada al culvert sobre la Via Mamonal.

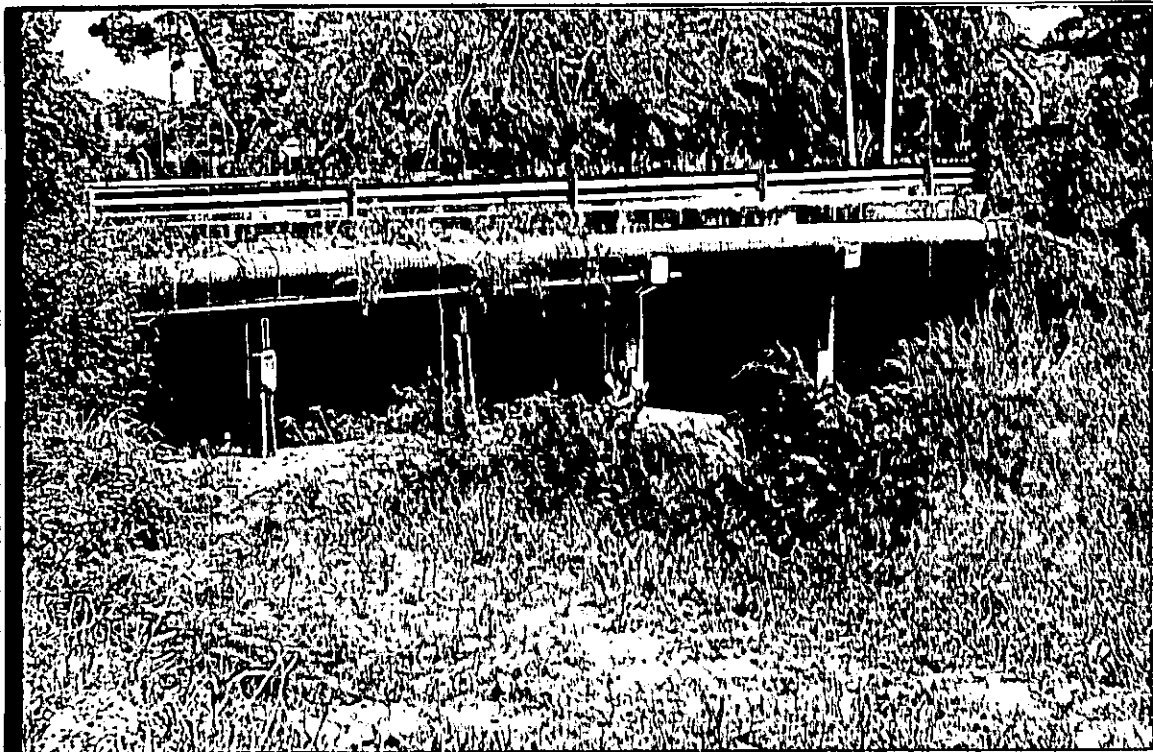


FOTO No 14. Arroyo Grande .Salida del culvert sobre la Via Mamonal.

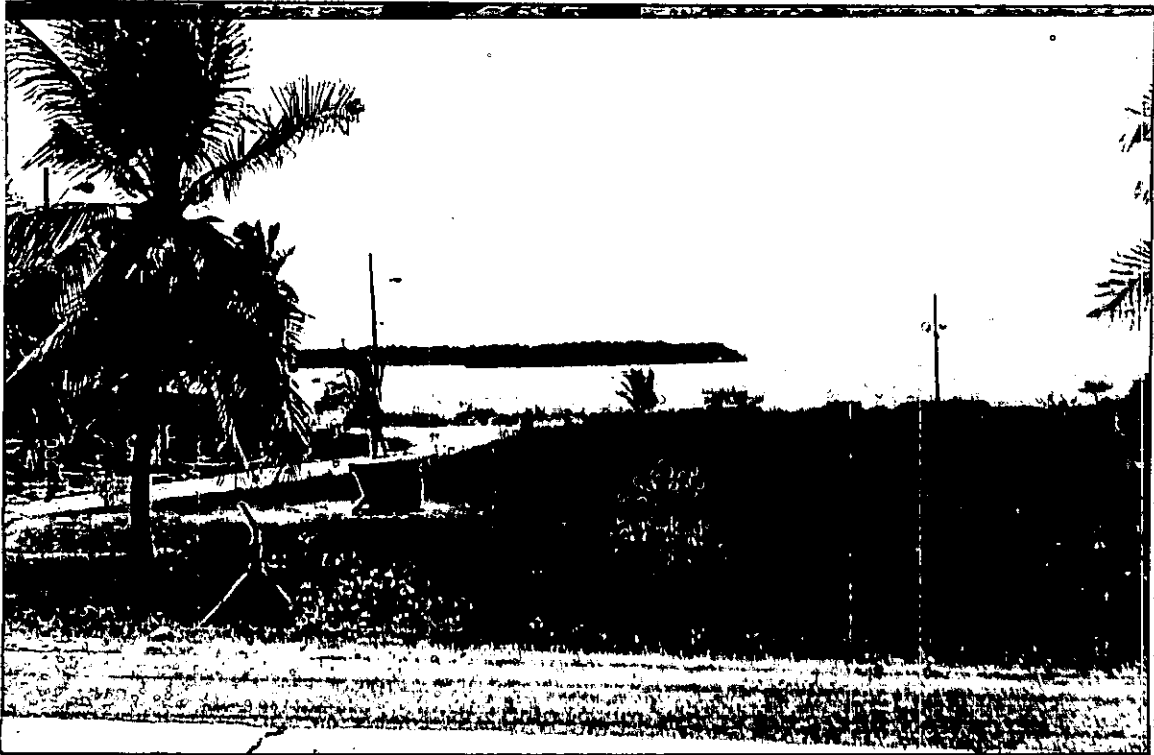


FOTO No 15. Panorámica de la bahía Cartagena en la zona de Mamonal.





FOTO No 17. Panorámica hacia la parte alta de la cuenca.



FOTO No 18. Variante Cartagena (enconstrucción).

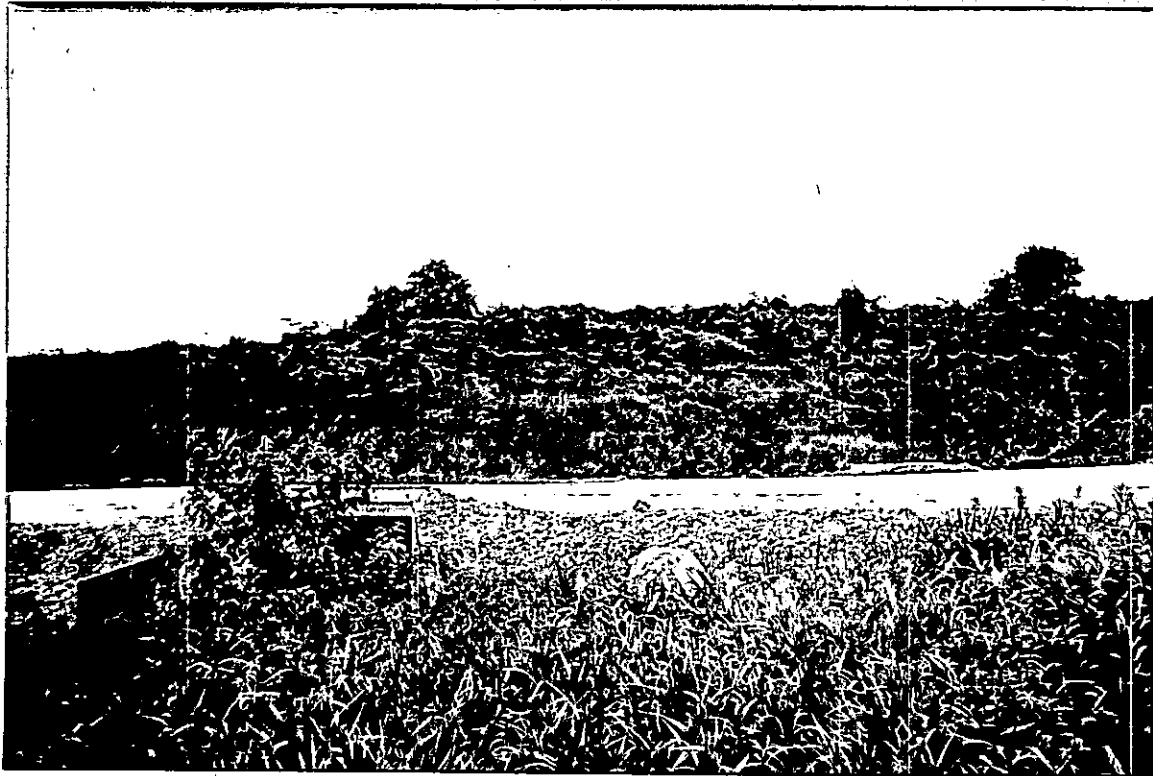


FOTO No 19. Variante Cartagena (en construcción).



FOTO No 20. Aprovechamiento del recurso hídrico hacia la parte alta de la cuenca .



FOTO No 21. Aprovechamiento del recurso hídrico hacia la parte alta de la cuenca



FOTO No 22. Arboles frutales hacia la parte alta de la cuenca.



FOTO No 24. Paisaje enmarcado por la fauna y vegetación hacia la parte alta de la cuenca.

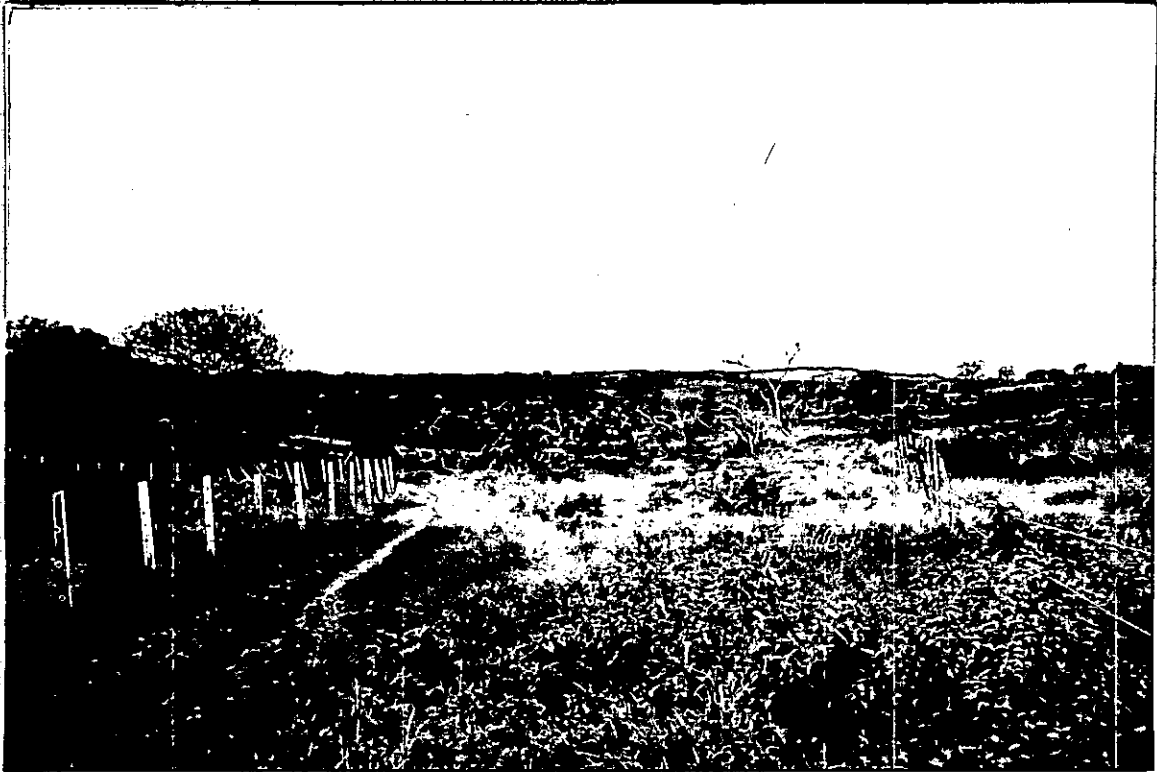


FOTO No 25. Paisaje enmarcado por la fauna y vegetación hacia la parte alta de la cuenca.



FOTO No 26. Culvert No 7. Arroyo Arroz Barato.

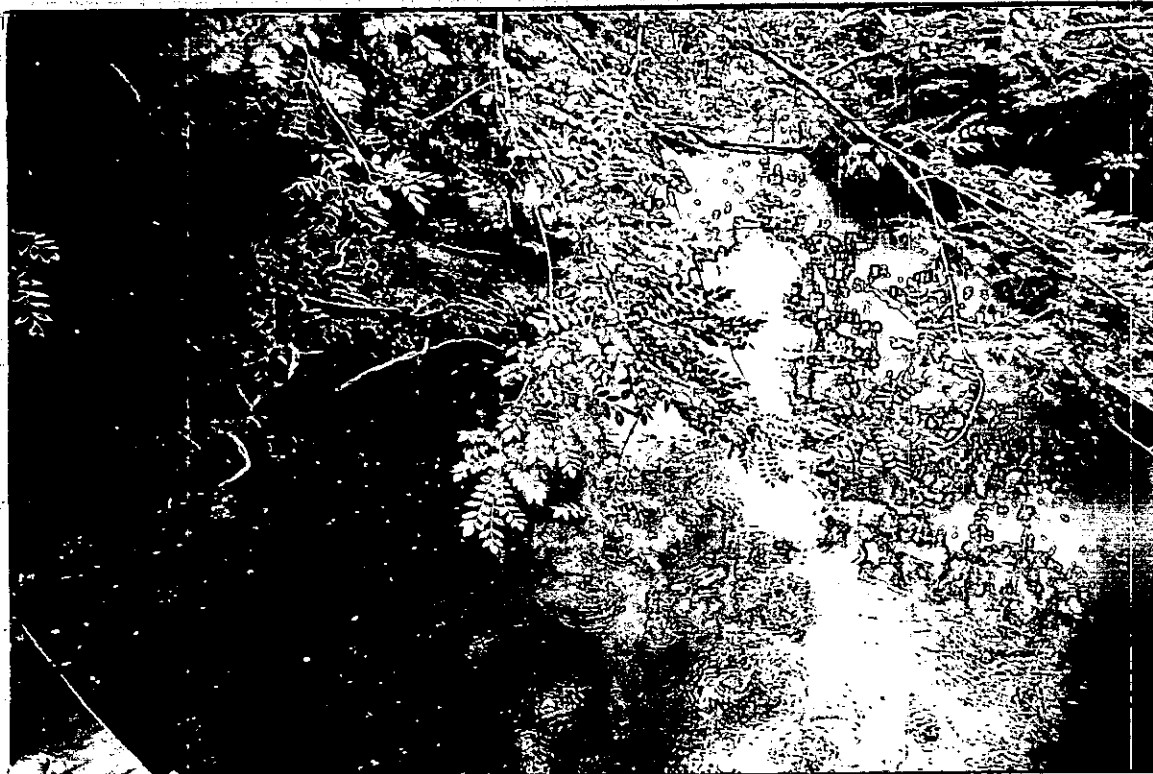


FOTO No 27. Cauce del Arroyo Arroz Barato.



FOTO No 28. Culvert No 5. Arroyo Policarpa.

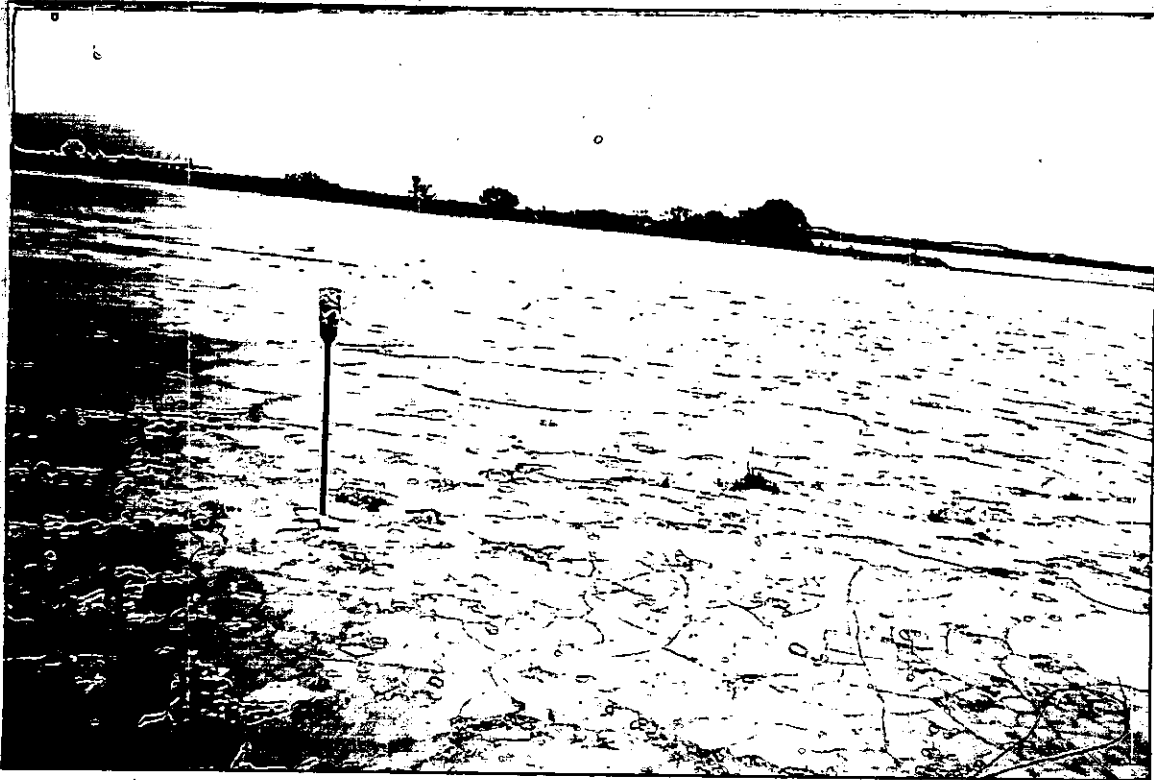


FOTO No 29. Detalle de la Laguna de Residuos del Antiguo Alcalis.



FOTO No 30. Detalle de los sondeos. Sondeo No 2.

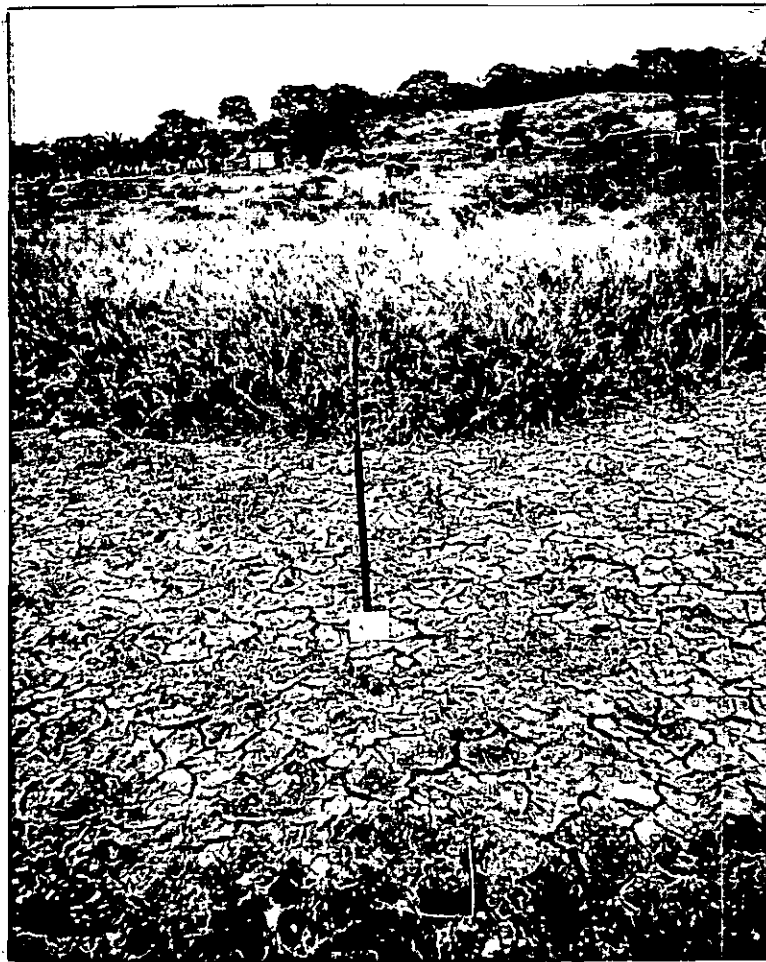


FOTO No 31. Planicie de inundación en la entrada del culvert de
Telecartagena



FOTO No 32. Culvert No 4. Arroyo Arroz Barato.



FOTO No 33. Detalle de la superficie de almacenamiento hacia la



**FOTO No 34. Detalle de la superficie de almacenamiento hacia la
entrada de los culvert de la Variante Cartagena.**



FOTO No 35. Entrada del culvert No 6.Arroyo Cospique.

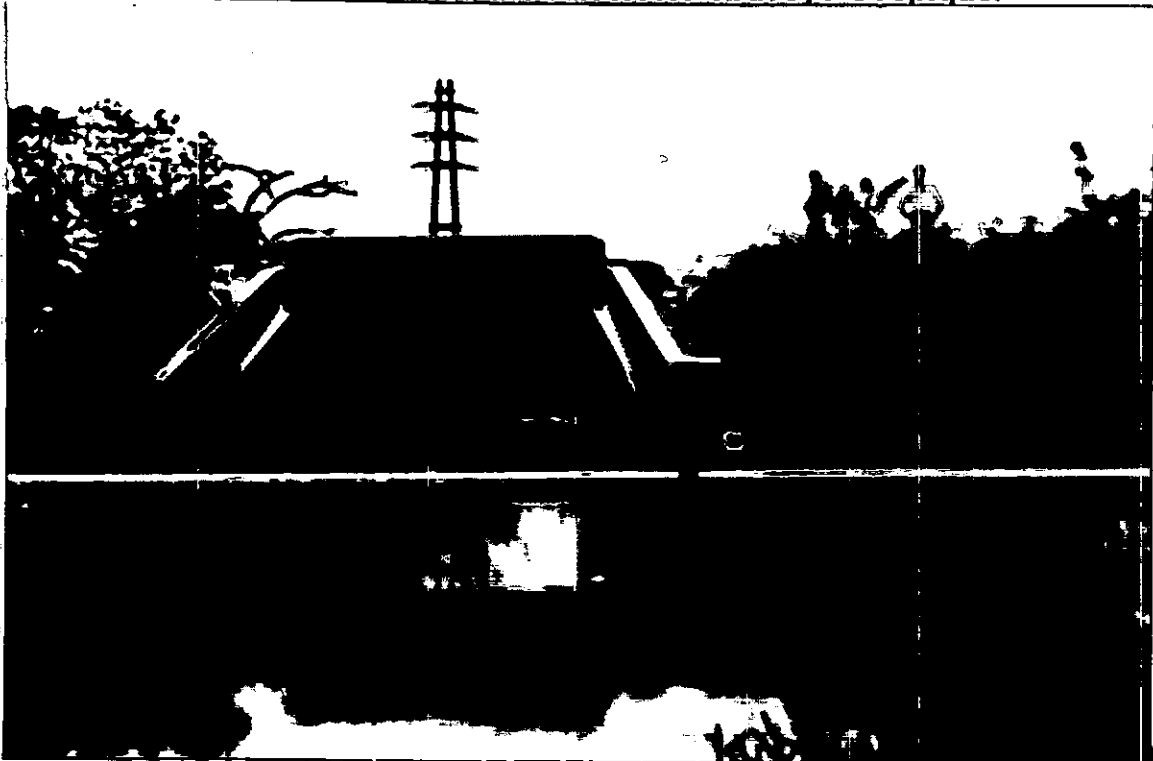


FOTO No 36. Salida del culvert No 6.Arroyo Cospique.



FOTO No 37. Entrada del culvert No 3 Arroyo Barato.



FOTO No 38. Entrada del culvert No 3 .Detalle del Arroyo Arroz Barato cubierto de vegetación.