

# **DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE “MAMPOTE” Y “EL CERCADO”, MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA**

**AUTORES:** Leiar Méndez Laca.  
Francisco J. Terán Castillo.  
**TUTOR:** Ing. Carlos Ggriffin C.

## **SINOPSIS**

El objetivo principal de este trabajo es la determinación de las manchas de inundación producto de las crecientes generadas en un tramo de unos 2500 metros del Río Guarenas ubicados entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Estado Miranda, considerando tormentas con períodos de retorno estimados en 5, 10, 25, 50 y 100 años. Para este fin se recopiló información del tipo topográfica, fotográfica, planimétrica e hidrológica que permitiera establecer las características y particularidades del cauce. Posteriormente se seleccionó la más útil para la investigación y luego se procedió a realizar el análisis de la misma separando éste en tres partes: análisis físico, donde se observaron las características físicas (como su nombre o indica) del cauce en el tramo de estudio, es decir, condiciones de sección transversal, material de las mismas, etc.; análisis hidráulico, en el que se determinaron las condiciones hidráulicas del río, entiéndase, rugosidad del centro y márgenes del cauce, pendiente de fondo, etc.; y por último el análisis urbano, donde se observaron los asentamientos ubicados dentro de la zona de estudio. Obtenidos estos datos se procedió al diagnóstico, también separado en tres partes: diagnóstico físico (haciendo uso de planillas), diagnóstico hidráulico (mediante la herramienta HEC-RAS 4.0.1) y diagnóstico urbano. Con el programa HEC-RAS 4.0.1 se obtuvieron los niveles que puede alcanzar el agua, que en conjunto con la topografía, condujeron a delimitación de la planicie de inundación y la elaboración de una serie de propuestas destinadas a la planificación y prevención de inundaciones.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	
1.1 INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
2.2 OBJETIVOS .....	4
2.2.1 Objetivo General .....	4
2.2.2 Objetivos Específicos .....	5
2.3 ALCANCES .....	5
2.4 LIMITACIONES .....	5
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO	
3.1 GENERALIDADES .....	7
3.2 CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS INVOLUCRADAS EN LA DETERMINACIÓN DE UNA PLANICIE INUNDABLE .....	7
3.2.1 Determinación y análisis de la cuenca de aporte .....	8
3.2.2 Estudio de Crecientes .....	9
3.3 CONSIDERACIONES GEOMORFOLÓGICAS ASOCIADAS A LA DETERMINACIÓN DE UNA PLANICIE INUNDABLE .....	10
3.3.1 Clasificación de los ríos .....	10
3.3.2 Estabilidad de cauces naturales .....	21
3.4 CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS ASOCIADOS A LA DETERMINACIÓN DE UNA PLANICIE INUNDABLE .....	24
3.4.1 Rugosidad de Manning .....	24

3.4.2 Controles hidráulicos.....	25
3.4.3 Tipo de régimen.....	27
<b>3.5 MODELOS HIDRÁULICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PLANICIES INUNDABLES .....</b>	<b>28</b>
3.5.1 Modelo de simulación hidráulica Hec-Ras 4.1.0.....	28
<b>3.5 CONSIDERACIONES URBANAS DE INTERÉS EN EL ANÁLISIS DE UNA PLANICIE INUNDABLE .....</b>	<b>31</b>
3.5.1 Condiciones naturales y ambientales.....	32
3.5.2 Servicios y equipamientos colectivos.....	33
3.5.3 Síntesis analítica.....	35
<b>3.6 ACCIONES CORRECTIVA Y/O PREVENTIVAS DADA LA PLANICIE INUNDABLE .....</b>	<b>35</b>
3.6.1 Medidas preventivas.....	36
3.6.2 Acciones correctivas.....	37
<b>CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO</b>	
<b>4.1 GENERALIDADES .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2 RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>44</b>
4.3.1 Análisis del medio físico del área de borde del tramo de río .....	44
4.3.2 Análisis de entorno urbano del área de borde del tramo de estudio.....	51
4.3.3 Análisis hidráulico del tramo de río .....	58
4.3.4 Modelo de simulación HEC-RAS 4.1.0 .....	60
<b>CAPÍTULO 5. DIAGNÓSTICO DEL TRAMO DE RÍO GUARENAS</b>	

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO .....	80
5.2 DIAGNÓSTICO FÍSICO.....	80
5.3 DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO.....	88
5.3.1 Caso A: Período de retorno 5 años ( $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	89
5.3.2 Caso B: Período de retorno 10 años ( $Q_{10} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	97
5.3.3 Caso C: Período de retorno 25 años ( $Q_{25} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	105
5.3.4 Caso D: Período de retorno 50 años ( $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	112
5.3.5 Caso E: Período de retorno 100 años ( $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$ ).....	119
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS</b>	
6.1 CONCLUSIONES .....	126
6.2 PROPUESTAS.....	129
6.2.1 Propuestas Preventivas.....	129
6.2.2 Propuestas Correctivas .....	130
REFERENCIAS.....	142
BIBLIOGRAFÍA .....	144

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 3.1 Probabilidad de que un evento de escurrimiento o precipitación no sea superado en determinado período (p).....	9
Ec. 3.2 Sinuosidad de un río (Lane).....	21
Ec. 3.3 Rugosidad Equivalente.....	25
Ec. 3.4 Número de Reynolds.....	26
Ec. 3.5 Número de Froude.....	27
Ec. 3.6 Ecuación de la Energía.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 3.1 Drenaje dendrítico (izquierda) y Drenaje paralelo (derecha) .....	10
Fig. 3.2 Drenaje parrilla (izquierda) y drenaje rectangular (derecha). .....	11
Fig. 3.3 Drenaje radial (izquierda) y drenaje anular (derecha).....	11
Fig. 3.4 Drenaje dicotómico (izquierda) y drenaje pinado (derecha). .....	12
Fig. 3.5 Patrón típico de rizos .....	15
Fig. 3.6 Representación gráfica típica de dunas .....	16
Fig. 3.7 Combinación de dunas con rizos.....	16
Fig. 3.8 Representación gráfica de Dunas Lavadas .....	16
Fig. 3.9 Antiduna – Onda Rompiente .....	17
Fig. 3.10 Antiduna – Onda Estacionaria.....	17
Fig. 3.11 Pozos y Rápidos .....	17
Fig. 3.12 Representación de los distintos tipos de barras .....	18
Fig. 3.13 Planta y sección transversal del cauce trenzado .....	19
Fig. 3.14 Cauce meandriforme .....	20
Fig. 3.15 Relación de predicción de cambios en planta.....	20
Fig 3.16 Ejemplo de enrocado .....	38
Fig. 3.17 Ejemplo de gaviones.....	39
Fig. 3.18 Ejemplo de dique.....	40
Fig. 3.19 Ejemplo de uso de vegetación en canales.....	41
Fig. 3.20 Ejemplo de uso de materiales prefabricados .....	41
Fig. 3.21 Ejemplo de canalizaciones en concreto.....	42

Fig. 4.1 División Político – Territorial, Estado Miranda.....	45
Fig. 4.2 Ubicación de las secciones utilizadas para representar el relieve general de la zona en estudio.....	46
Fig.4.3 Representación del relieve según la sección A.....	47
Fig.4.4 Representación del relieve según la sección B.....	48
Fig.4.5 Representación del relieve según la sección C.....	48
Fig. 4.6. Vista aérea del Río Guarenas año 2002.....	52
Fig. 4.7. Vista aérea del Río Guarenas año 2012.....	52
Fig. 4.8. Comparación de espacios ocupados entre el año 2002 y el año 2012.....	53
Fig. 4.9 Representación de las secciones transversales trazadas sobre el plano base.....	59
Figura 4.10 Ubicación del punto tomado como referencia para la selección de los caudales máximos.....	60
Fig. 4.11 Representación de esquema del cauce visto en planta.....	61
Fig. 4.12 Sección transversal N° 31 (1+638).....	63
Fig. 4.13 Caudales máximos correspondientes a los perfiles que se desean obtener.....	64
Fig. 4.14 Condiciones de borde asumidas en el modelo.....	64
Fig. 4.15 Selección del tipo de régimen para iniciar la corrida del programa.....	65
Fig. 6.1 Perfiles de fondo Propuesta Correctiva.....	131
Fig. 6.2 Perfil para $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	135
Fig. 6.3 Perfil para $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	136
Fig. 6.4 Perfil para $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	137

## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 4.1 Vivienda ubicada en la zona tres (3) entre las progresivas 1+638 y 1+375 .....	50
FOTO 4.2 Representación de los materiales de construcción de las viviendas ubicadas en la zona tres (3). .....	50
FOTO 4.3 Viviendas aparentemente fuertes en la progresiva 2+194.....	54
FOTO 4.4 Viviendas en condición precaria en la progresiva 1+570.....	55
FOTO 4.5 Espacio utilizado para el comercio en la progresiva 1+375.....	55
FOTO 4.6 Consultorio Popular Barrio Adentro en la progresiva 1+030.....	56
FOTO 4.7 Estadio de Béisbol Mampote en la progresiva 2+548.....	56
FOTO 4.8 Vista general de la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho desde el área de estudio en la progresiva 2+306.....	57
FOTO 5.1 Representación de los tramos uno (1) y dos (2): Puente que comunica la Carretera Petare-Guarenas con instalaciones deportivas (Izquierda). Canalización en concreto con vegetación del tipo maleza y viviendas en condición precaria (Centro). Vista aguas arriba: descarga de viviendas al río y estadio de béisbol al fondo (Derecha). .....	81
FOTO 5.2 Muro descalzado del margen izquierdo y sedimentos de arrastre (Izquierda); pérdida de parte de la capa de rodamiento del pavimento correspondiente al estacionamiento de las instalaciones deportivas producto de la socavación del terreno en la margen izquierda (Centro); sedimentos de arrastre y descarga directa de viviendas ubicadas en la margen derecha (Derecha). .....	82
FOTO 5.3 Canalización en concreto y vegetación media del tipo maleza (Izquierda); viviendas ubicadas en la margen derecha (Derecha). .....	83
FOTO 5.4 Viviendas afectadas por eventos de crecida (Izquierda); tipo de vegetación y sedimentos (Centro); muro de canalización descalzado (Derecha). .....	83

---

FOTO 5.5 Vista aguas debajo de la sección transversal (Izquierda); barrio parcialmente desalojado ubicado en la margen izquierda (Centro); pasarela que comunica ambas márgenes (Derecha).....	84
FOTO 5.6 Procesos erosivos en la margen derecha (Izquierda); vialidad y viviendas en la margen derecha (Derecha).....	85
FOTO 5.7 Vista aguas arriba de la sección transversal.....	85
FOTO 5.8 Canalización en concreto de la margen derecha y la vialidad (Izquierda); Abundante Vegetación en la margen izquierda (Centro); Consultorio Popular “Barrio Adentro” ubicado en la margen derecha (derecha).....	86
FOTO 5.9 Bases de la Troncal #9 (Izquierda); Canalización de concreto (Derecha).....	86
FOTO 5.10 Vegetación en la margen izquierda y Viviendas en la margen derecha.....	87
FOTO 5.11 Proceso de socavación en la margen derecha (Izquierda); viviendas unifamiliares y vegetación presentes en la margen izquierda (derecha).....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Cuadro de coordenadas UTM.....	46
Tabla 4.2 Caudales máximos en $m^3/s$ .....	60
Tabla 4.3 Coeficiente de rugosidad asignado a las secciones según el tipo de material. ....	62
Tabla 5.1 Resumen diagnóstico Caso A ( $Q_5 = 95 m^3/s$ ).....	94
Tabla 5.2 Continuación resumen diagnóstico Caso A ( $Q_5 = 95 m^3/s$ ).....	95
Tabla 5.3 Continuación resumen diagnóstico Caso A ( $Q_5 = 95 m^3/s$ ).....	96
Tabla 5.4 Resumen diagnóstico Caso B ( $Q_{10} = 105 m^3/s$ ).....	102
Tabla 5.5 Continuación resumen diagnóstico Caso B ( $Q_{10} = 105 m^3/s$ ).....	103
Tabla 5.6 Continuación resumen diagnóstico Caso B ( $Q_{10} = 105 m^3/s$ ).....	104
Tabla 5.7 Resumen diagnóstico Caso C ( $Q_{25} = 135 m^3/s$ ).....	109
Tabla 5.8 Continuación resumen diagnóstico Caso C ( $Q_{25} = 135 m^3/s$ ).....	110
Tabla 5.9 Continuación resumen diagnóstico Caso C ( $Q_{25} = 135 m^3/s$ ).....	111
Tabla 5.10 Resumen diagnóstico Caso D ( $Q_{50} = 175 m^3/s$ ).....	116
Tabla 5.11 Continuación resumen diagnóstico Caso D ( $Q_{50} = 175 m^3/s$ ) .....	117
Tabla 5.12 Continuación resumen diagnóstico Caso D ( $Q_{50} = 175 m^3/s$ ) .....	118
Tabla 5.13 Resumen diagnóstico Caso E ( $Q_{100} = 247 m^3/s$ ).....	123
Tabla 5.14 Continuación resumen diagnóstico Caso E ( $Q_{100} = 247 m^3/s$ ) .....	124
Tabla 5.15 Continuación resumen diagnóstico Caso E ( $Q_{100} = 247 m^3/s$ ) .....	125
TABLA 6.1 Niveles de agua para $Q_5 = 95 m^3/s$ .....	132
TABLA 6.2 Niveles de agua para $Q_{50} = 175 m^3/s$ .....	133
TABLA 6.3 Niveles de agua para $Q_{100} = 247 m^3/s$ .....	134

## ÍNDICE DE PLANOS

AS-01 UBICACIÓN.....	66
AS-02 PENDIENTES.....	67
AS-03 HIDROGRAFÍA.....	68
AS-04 RIESGO POR INESTABILIDAD DE TALUDES.....	69
AH-01 MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 5 AÑOS.....	70
AH-02 MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 10 AÑOS.....	71
AH-03 MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 25 AÑOS.....	72
AH-04 MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 50 AÑOS.....	73
AH-05 MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 100 AÑOS.....	74
AH-06 RIESGO HIDRÁULICO.....	75
AU-01 VIVIENDAS.....	76
AU-02 EQUIPAMIENTOS DE SALUD.....	77
AU-03 SECTORES INDUSTRIALES.....	78
AU-04 INSTALACIONES DEPORTIVAS.....	79
DH-01 PERFIL PARA Tr 5 AÑOS $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	89
DH-02 PERFIL PARA Tr 10 AÑOS $Q_{10} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	97
DH-03 PERFIL PARA Tr 25 AÑOS $Q_{25} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	105
DH-04 PERFIL PARA Tr 50 AÑOS $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	112
DH-05 PERFIL PARA Tr 100 AÑOS $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	119
PC-01 PROPUESTA CANALIZACIÓN.....	140
PC-02 PROPUESTA URBANA.....	141

## ÍNDICE DE ANEXOS

A. PLANILLAS DE DIAGNÓSTICO FÍSICO .....	1
Tramo 1 .....	2
Tramo 2 .....	4
Tramo 3 .....	6
Tramo 4 .....	8
Tramo 5 .....	10
Tramo 6 .....	12
Tramo 7 .....	14
Tramo 8 .....	16
Tramo 9 .....	18
Tramo 10 .....	20
Tramo 11 .....	22
Tramo 12 .....	24
Tramo 13 .....	26
Tramo 14 .....	28
Tramo 15 .....	30
Tramo 16 .....	32
Tramo 17 .....	34
Tramo 18 .....	36
B. NIVELES DE AGUA EN SECCIONES TRANSVERSALES .....	38
B.1 Niveles de agua correspondientes al perfil 1 ( $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	39

---

B.2 Niveles de agua correspondientes al perfil 2 ( $Q_{10} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	52
B.3 Niveles de agua correspondientes al perfil 3 ( $Q_{25} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	65
B.4 Niveles de agua correspondientes al perfil 4 ( $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	78
B.5 Niveles de agua correspondientes al perfil 5 ( $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$ ) .....	91
C. TABLAS DE DATOS ARROJADAS POR EL HEC-RAS .....	104
C.1 Tabla resumen de datos arrojados por el HEC-RAS para $Q_5 : 95 \text{ m}^3/\text{s}$ , Tr: 5 años ....	105
C.2 Tabla resumen de datos arrojados por el HEC-RAS para $Q_{10} : 105 \text{ m}^3/\text{s}$ , Tr: 10 años	106
C.3 Tabla resumen de datos arrojados por el HEC-RAS para $Q_{25} : 135 \text{ m}^3/\text{s}$ , Tr: 25 años	107
C.4 Tabla resumen de datos arrojados por el HEC-RAS para $Q_{50} : 175 \text{ m}^3/\text{s}$ , Tr: 50 años	108
C.5 Tabla resumen de datos arrojados por el HEC-RAS para $Q_{100} : 247 \text{ m}^3/\text{s}$ , Tr: 100 años .....	109

## REFERENCIAS

- [1] Chow, V. et al (1994). Hidrología Aplicada (Trad. J. Saldarriaga). Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.
- [2] Bolinaga, J. (1979). Drenaje Urbano. Caracas: Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS).
- [3] Bolinaga, J. et al (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica Volumen II. Caracas: Fundación Polar.
- [4] Franceschi, L. (1983). Drenaje Vial. Caracas: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).
- [5] Camacho, F. (2005). Diseño de Obras de Drenaje Volumen II. Caracas: Fundación Juan José Aguerrevere.
- [6] Martín, Juan P. (). Ingeniería de Ríos. Barcelona España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- [7] Martínez, E. (1999). Apuntes de la maestría de Ingeniería Hidráulica. Cátedra: Hidráulica Fluvial. Caracas: Universidad Central de Venezuela (UCV).
- [8] Méndez, Manuel V. (2009). Elementos de Hidráulica de Canales (2da. Edición). Caracas: Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).
- [9] Ugalde, M. y Ugalde, Y. (2008). Determinación de la Planicie de Inundación de la Quebrada Turmerito en el Sector Las Mayas, El Valle, DC. Caracas: Universidad Católica André Bello (UCAB).

[10] Baldó, J. (2005). Metodología AMHABITAT para la habilitación física de barrios (On Line). Disponible en [josefinabaldo.blogspot.com/p/metodología-amhabitat-para-la.html](http://josefinabaldo.blogspot.com/p/metodología-amhabitat-para-la.html) (18 de marzo de 2013).

[11] Proyecto Guaire une a Caracas (2007). Análisis Urbano Cuenca Macarao Informe 1. Caracas: Ministerio del Ambiente.

[12] Chow, V. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos (Trad. J. Saldarriaga). Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.

[13] Hidrocapital (2000). Plan General de Drenajes de Ciudad Fajardo – Araira. Caracas: Prohidra.

[14] Conoce Miranda. Geografía (On Line). Disponible en [http://www.miranda.gob.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18&Itemid=29](http://www.miranda.gob.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=29) (Abril de 2013).

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Gracias al crecimiento poblacional a lo largo del tiempo, el hombre se ve obligado a construir nuevos urbanismos en diferentes regiones. Lo ideal para lograr la mejor calidad de vida de los habitantes es realizar una serie de estudios, previos a la ejecución del desarrollo, desde el punto de vista de planificación y ordenamiento territorial y vulnerabilidad ante eventos naturales. En la actualidad, pareciera haber la tendencia de obviar la ejecución de los estudios antes mencionados y generalmente, como consecuencia, surgen complejos desorganizados con deficiencia en la distribución de servicios y otras problemáticas.

El sector comprendido entre “Mampote” y “El Cercado” en Guarenas estado Miranda, es un conjunto de viviendas asentadas de manera informal dentro de la planicie inundable del Río Guarenas; de manera que su población se ve afectada cuando ocurre un evento de crecida. En vista de esta situación se desarrolla esta investigación donde se identifican las condiciones físicas del cauce en el tramo de estudio acompañado de una caracterización urbana básica relativa a los asentamientos localizados en las adyacencias del mismo. La intención es definir, mediante el uso del modelo de simulación hidráulica HEC-RAS, la zona de vulnerabilidad producto de la envolvente generada por la superposición de crecientes hidráulicas relacionadas con períodos de diseño conservadores y darla a conocer a las autoridades competentes, así como hacer planteamientos correctivos y/o preventivos tal que funcionen como herramientas de acción complementarias para orientar instrumentos de planificación urbana.

Este trabajo tiene como finalidad cumplir como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) y está conformado por seis apartes: planteamiento del problema, donde se especifican los objetivos y alcance del estudio;

marco teórico en el que se describen las bases teóricas necesarias para la comprensión de la investigación; marco metodológico que describe los medios que se utilizaron para la elaboración del trabajo; análisis diagnóstico donde se explican los puntos de importancia observados en la caracterización física del cauce junto con los resultados obtenidos a través del modelo HEC-RAS y la representación de las manchas de inundación. Por último se expone el capítulo correspondiente a las conclusiones y propuestas elaboradas.

## CAPÍTULO 2

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las continuas inundaciones provocadas por la crecida del Río Guarenas en el tramo comprendido entre los sectores de “Mampote” y “El Cercado” son generadoras de importantes afectaciones sobre la integridad de la carretera nacional Petare - Guarenas, vialidad alterna de importancia a la troncal nacional N° 9; asimismo estas afectaciones son extensivas sobre las zonas urbanas e industriales ubicadas en las adyacencias del río produciendo importantes daños socioeconómicos. A esta problemática, se le suman las condiciones sanitarias del curso de agua, con la trascendencia sobre la calidad ambiental del sector la cual se ve evidentemente deteriorada con cada desborde.

Sobre el río Guarenas se han desarrollado estudios integrales, en atención a la parcial interacción del curso fluvial con la línea de transporte metro Petare Guarenas. Las evaluaciones se concentran en sectores puntuales, sin embargo se dispone de información asociada a todo el río, la cual es de importancia para el desarrollo de este estudio (hidrología e información cartográfica).

#### 2.2 OBJETIVOS

##### 2.2.1 Objetivo General

Determinación de las manchas de inundación producto de las crecientes generadas en un tramo de unos 2500 metros del Río Guarenas ubicados entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Estado Miranda, considerando tormentas con períodos de retorno estimados en 5, 10, 25, 50 y 100 años.

---

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

### 2.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterización física de las condiciones del cauce y márgenes del tramo del río.
- Caracterización urbana relativa a los asentamientos localizados a los bordes de la canalización.
- Determinación del comportamiento hidráulico del tramo mediante la aplicación del modelo de simulación matemática Sistema de Análisis de Ríos (HEC – RAS del USACE. U.S. Army Corps of Engineers).
- Determinación y representación de las manchas de inundación.

### 2.3 ALCANCES

Definir la zona de vulnerabilidad producto de la envolvente generada por la superposición de crecientes hidráulicas relacionadas con períodos de diseño conservadores, esto con el fin de darla a conocer a las autoridades competentes, así como hacer planteamientos correctivos y/o preventivos tal que funcionen como herramientas de acción complementarias para orientar instrumentos de planificación urbana en el sector.

El análisis se pretende ejecutar sobre un tramo de unos 2500 metros a lo largo del cauce, en base a información disponible de cartografía e hidrología actualizada. En atención a la condición académica relativa a este estudio, en ningún caso se pretenden estudios topográficos específicos ni análisis de arrastre de sedimento. Asimismo, este trabajo no se deberá considerar como un estudio de riesgo, es decir no pretende seguir la metodología convencional de un estudio de esa naturaleza, sólo se persigue identificar sectores vulnerables a compromiso producto de la creciente más desfavorable.

### 2.4 LIMITACIONES

- Escasez de información hidrológica.
- Escasez de información topográfica.

- Dificultad de acceso en algunos sectores del tramo en estudio.
- Dificultad para poder apreciar en fondo del cauce

## CAPÍTULO 3

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 GENERALIDADES

A continuación se desarrolla el marco teórico y conceptual asociado al estudio que se presenta, este aparte pretende dar soporte al marco metodológico el cual constituye el capítulo siguiente. El estudio persigue la determinación de la planicie inundable de un cauce fluvial, por lo que se tratarán temas asociados al comportamiento y dinámica de un cauce en condición natural, considerando el tema hidrológico, las características geomorfológicas, el comportamiento hidráulico, las opciones de canalización y finalmente se hará mención el abordaje del tema urbano, variable directamente afectable por eventos de esta naturaleza. Este estudio, es una herramienta que puede ser utilizada en la planificación urbana donde se distribuyan los equipamientos y servicios óptimamente y se aproveche la planicie inundable tomando las precauciones pertinentes; de esta manera se estaría generando un ambiente apacible que brinde las mejores condiciones de vida a los habitantes de la zona.

#### 3.2 CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS INVOLUCRADAS EN LA DETERMINACIÓN DE UNA PLANICIE INUNDABLE

La planicie inundable se puede definir como la zona de vulnerabilidad producto de la envolvente generada por la superposición de crecientes hidráulicas relacionadas con períodos de diseños conservadores, que circulan por un determinado cauce natural o artificial llevadas a una representación planimétrica.

El primer paso en cualquier análisis de una planicie de inundación es recolectar información del tipo topográfico e hidrológico, incluyendo además, la caracterización de superficie de la sección del canal a lo largo del tramo de estudio. En lo referente a la información hidrológica es importante definir la cuenca de aporte, para luego buscar

información directa sobre flujos de creciente, en cualquier caso, se requiere determinar el caudal de creciente para el período de retorno deseado. Ref. [1].

### **3.2.1 Determinación y análisis de la cuenca de aporte.**

La geomorfología de la cuenca, o estudio cuantitativo de la forma del terreno superficial, generalmente se utiliza para hacer medidas de similaridad geométrica entre cuencas, especialmente entre sus redes de ríos. Existe un sistema (desarrollado por Horton en 1945 y modificado por Strahler en 1964) para ordenar las redes de ríos; éste es el siguiente: Los canales más pequeños se designan como de orden 1 (normalmente fluyen sólo durante tiempo húmedo); cuando dos canales de orden 1 se unen, resulta un canal de orden 2 hacia aguas abajo (en general, cuando dos canales de orden  $i$  se unen, resulta un canal de orden  $i+1$ ). Cuando un canal de orden bajo se une con un canal de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes y por último, el orden de la cuenca de drenaje es el mismo del río a su salida (el mayor orden). Ref. [1].

Es importante contar con información hidrográfica para ubicar el sitio de estudio y, posteriormente, delimitar la cuenca y el área pertinente; una vez realizado esto, se requieren datos hidrometeorológicos que permitan fijar el caudal que escurre por el cauce para determinar el comportamiento del mismo ante los efectos de la ocupación de la planicie inundable existente. Este gasto se conoce como caudal máximo y está asociado al período de retorno de interés; además depende de una serie de variables como la intensidad de lluvia, tiempo de concentración, coeficiente de escurrimiento y el área de estudio. La información básica hidrometeorológica necesaria para establecer los gastos para determinada planificación y proyecto va a depender de la metodología que se aplique en cada uno de los casos de estudio. En Venezuela, a pesar del número de instalaciones recabadoras de datos hidrometeorológicos disponibles, existen todavía serias limitaciones que, en algunos casos, impiden la aplicación de metodologías modernas, ref. [2].

---

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

### 3.2.2 Estudio de Crecientes

Las causas más comunes de inundación son las crecientes de corrientes, ríos y mareas normalmente altas que resultan de tormentas severas. La planicie de inundación mueve el caudal que excede la capacidad del canal y a medida que el cauce crece, aumenta el flujo sobre la planicie. Para el análisis de este fenómeno es necesario recolectar información sobre flujos de creciente si existe alguna estación de aforo en las cercanías o información de lluvia si no existe información de caudales de crecientes. Ref. [1].

Para determinar el caudal de creciente se debe establecer, previamente, el período de retorno. Éste es el número de años que, en promedio y para un largo período de registros, transcurrirán entre la ocurrencia de eventos de escurrimientos de igual magnitud. Cuando se trata de preservar la vida humana y evitar los daños que las aguas pueden ocasionar a personas y propiedades en el medio urbano, el período de retorno que se debe adoptar es de 100 años; en el caso de que existan hospitales, cuarteles o aeropuertos en la zona de estudio, debe adoptarse un período de retorno de hasta 500 años, ya que estas estructuras podrían servir de centros operacionales de salvamento en casos de inundaciones. Ref. [3].

Una vez establecido el período de retorno se procede a la determinación del caudal de creciente asociado al mismo; si existen registros de caudales de ríos, éstos se procesan. En caso de no haberlos, se debe procesar un análisis de lluvia-escorrentía; para ambos casos sería requisito la ejecución de un análisis de frecuencia. El objetivo final del análisis de frecuencia es establecer la probabilidad (p) de que un evento de escurrimiento o precipitación no sea superado en determinado período, además está asociado a un porcentaje de riesgo cuya aceptación dependerá de la situación que se presente, esta probabilidad viene dada por la siguiente expresión en función del período de retorno ( $T_r$ ); Ref. [4]

$$p = 1 - \frac{1}{T_r} \quad \text{Ec. 3.1 ref. [4]}$$

### 3.3 CONSIDERACIONES GEOMORFOLÓGICAS ASOCIADAS A LA DETERMINACIÓN DE UNA PLANICIE INUNDABLE.

#### 3.3.1 Clasificación de los ríos

Se sabe que en la naturaleza no hay ningún sitio idéntico a otro, por lo tanto cada río existente es único. Sin embargo presentan características y comportamientos similares en algunos aspectos, lo que da paso a numerosas formas de clasificarlos. A continuación se presentan algunas de éstas según el tipo de red de drenaje, permanencia de caudal en el cauce, etapas de desarrollo, pendiente de fondo, formas de fondo y morfología.

##### A) Tipos de redes de drenaje

Esta clasificación de los sistemas fluviales depende básicamente de las características geológicas del terreno donde se desarrolla el sistema de drenaje. El primero en definirse es el *drenaje dendrítico*; este tipo de drenaje indica la homogeneidad del material superficial y ausencia de control por estructuras geológicas ref. [5]. Además consta de pendientes suaves y resistencia uniforme a la erosión. Otro tipo de drenaje es el *drenaje paralelo* el cual muestra influencia de rocas estratificadas inclinadas o de fallas paralelas y contiene pendientes pronunciadas. (Ver Fig. 3.1).

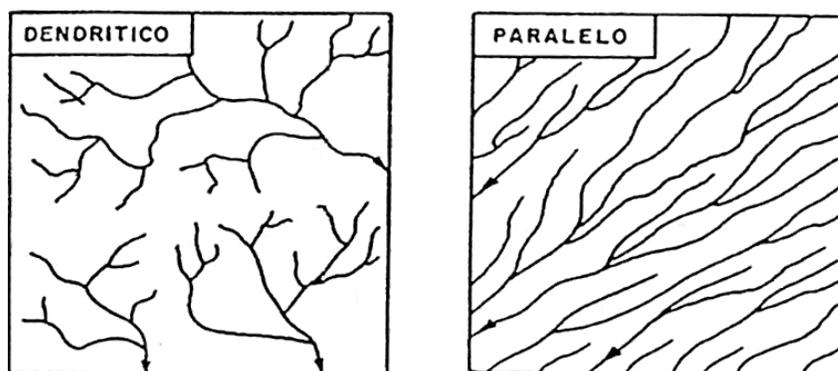


Fig. 3.1 Drenaje dendrítico (izquierda) y Drenaje paralelo (derecha). Ref. [4]

El *drenaje rectangular* representa fallas que se cruzan en ángulo recto o diaclasas. En el *drenaje parrilla* puede haber estructuras geológicas como pliegues, asimismo consta de rocas plegadas no homogéneas y una divisoria de aguas a lo largo de afloramientos de rocas resistentes y valles en rocas erosionables (ver Fig.3.2). Ref. [4].

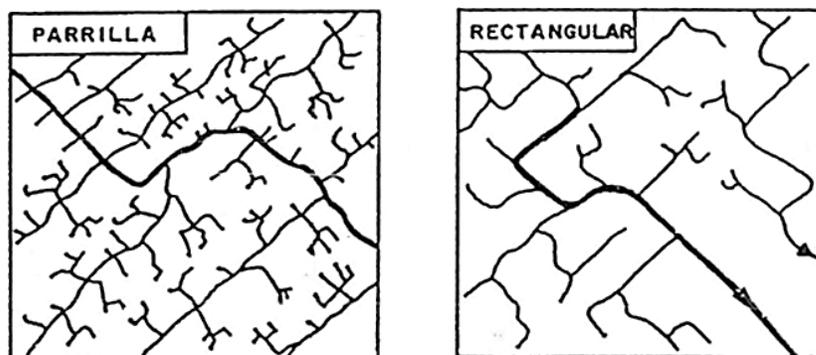


Fig. 3.2 Drenaje parrilla (izquierda) y drenaje rectangular (derecha). Fuente ref. [4].

También existe el *drenaje radial* en el que predomina la topografía y consta de roca homogénea y pendiente relativamente pronunciada a fuerte, ref. [4]. Puede ser centrífugo o centrípeto según se trate de una elevación o una depresión, ref. [5]. Igualmente se encuentra el *drenaje anular* que es del tipo de drenaje en parrilla pero concéntrico y ocurre casi siempre en domos; está constituido por rocas fuertes en las divisorias y erosionables en los valles (ver Fig.3.3). Ref. [4].

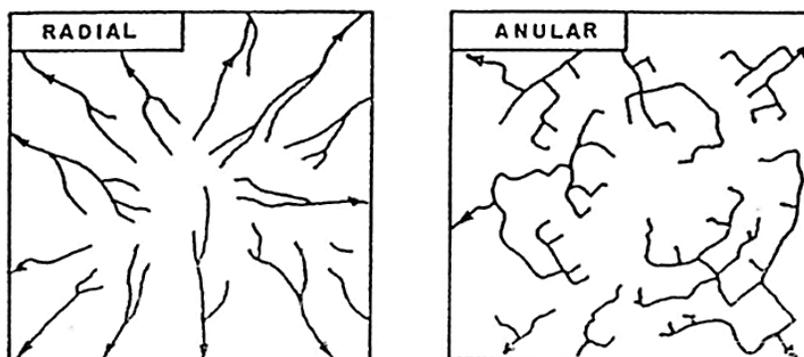


Fig. 3.3 Drenaje radial (izquierda) y drenaje anular (derecha). Fuente ref. [4].

Luego tenemos el *drenaje dicotómico* propio de los conos de deyección de torrentes (donde la pendiente es pronunciada), abanicos aluviales y deltas (de pendiente suave); indican sedimentos de granulometría variable y distribución errática o lenticular. Por último está el *drenaje pinado*, cuya pendiente es fuerte y se caracteriza por ser de material granular o cohesivo relativamente homogéneo (ver Fig.3.4).

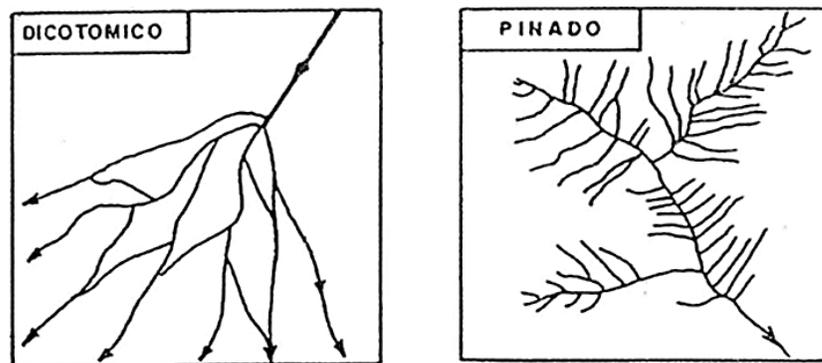


Fig. 3.4 Drenaje dicotómico (izquierda) y drenaje pinado (derecha). Fuente ref. [4].

### B) Permanencia del caudal en el cauce

Según la permanencia del caudal en el cauce se hace referencia a los ríos *efímeros* que sólo llevan agua en episodios de fuertes precipitaciones, mientras que se mantienen secos el resto del tiempo y son típicos de climas áridos y semiáridos. En caso contrario se encuentran los ríos *perennes*, quienes conducen agua en todo momento, ref. [6].

### C) Etapas de desarrollo

Esta codificación tiene que ver con la edad de los ríos, donde se hace referencia principalmente a los ríos jóvenes, maduros y viejos.

Los ríos *jóvenes* se originan debido a la erosión del terreno por efecto del paso del agua, se caracterizan por tener valles irregulares en forma de V y sus cauces están constituidos por materiales fracturados que pueden, o no, ser arrastrados por la corriente, ref. [5]. También

están los *ríos maduros* que constan de un valle más ancho, pendientes longitudinales suaves y una erosión lateral mucho más significativa que la erosión de fondo ref. [4]. Además, el lecho del río alcanza una condición gradada, es decir, la pendiente y la energía del río son justamente suficientes para transportar el material aportado al río; esta situación puede dar a entender que el cauce está llegando a cierto punto de estabilidad, pero esto se explica con más detalle en el aparte 3.3.2, ref. [2]. Las llanuras de inundación de los ríos maduros son angostas y el cauce tiende a desarrollar meandros. Por último se definen los *ríos viejos* como extensiones en el tiempo de los maduros. A medida que la erosión continúa, los valles fluviales se desarrollan hasta que sus características pasan a ser las de mayor ancho y menor pendiente. Además se ha desarrollado totalmente la faja de meandros y el relieve es muy plano, ref. [4].

#### **D) Pendiente de fondo**

La diferencia más importante con respecto al régimen hidráulico la establece la pendiente del mismo. Dentro de esta categoría resaltan los *ríos torrenciales o de llanura* cuya pendiente es menor del 1.5 %, ref. [6]. Existe un fenómeno muy común en este tipo de ríos que se le da el nombre de *Albardones*; son diques naturales que se forman a lo largo de los cursos fluviales por deposición del material arrastrado por la corriente en las crecidas que desbordan el cauce. Estos albardones impiden muchas veces la libre descarga de los tributarios, originando la formación de pantanos en varios sitios de la planicie inundable.

De igual manera se encuentran los *torrentes o ríos de montaña* que se refieren a los cursos de agua de pendientes fuertes e irregulares con crecidas súbitas y violentas. Por regla general, tienen, en ciertas partes de su lecho, depósitos de materiales arrastrados por las aguas, lo cual causa que éstas divaguen en el momento de la crecida, ref. [4].

En las desembocaduras de las gargantas de los torrentes, generalmente se forman los llamados *conos de deyección*; éstos están constituidos por los depósitos de material acarreado por el río en las crecidas. Se caracterizan por poseer una geometría inestable, donde es de

---

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

esperar rápidos movimientos laterales en épocas de crecida, siendo incierta la ubicación del cauce principal en esos momentos, ref. [4].

### **E) Arrastre de Sedimentos**

Dentro de esta categoría se hace mención a los *cauces aluviales* definidos como aquellos que circulan por materiales sedimentarios modernos, generalmente aportados por el mismo río. Es muy común que los materiales aluviales ocupen mucha más extensión horizontal que la del cauce actual, formando unas llanuras ocasionalmente inundables llamadas llanuras de inundación. Los problemas más importantes que afronta la ingeniería fluvial se refieren a los ríos de estas características, porque frecuentemente en sus valles aluviales se asienta la mayor densidad de actividades humanas, ref. [6].

El aporte o gasto de sedimento está compuesto por tres gastos que deben su nombre a la manera en que fueron transportadas las partículas que los conforman. Éstos son el *gasto suspendido* correspondiente a esas partículas finas que son transportadas a través del flujo mientras ellas se encuentran suspendidas o flotando; *el gasto de fondo*, donde el sedimento es arrastrado en contacto con el fondo debido a que son más difíciles de transportar por flotación. El último componente del aporte total es el *gasto lavado* cuyas partículas no provienen del cauce propiamente dicho, sino de la cuenca tributaria, ref. [4].

Entre las ecuaciones para el cálculo de la carga de sedimentos se encuentran la ecuación de Meyer-Peter-Muller (1948), aplicable sólo a ríos con poca o ninguna carga suspendida y con gran contenido de grava, y las expresiones de Yang (1996) para el caso de arenas y gravas. (Ver ref. [5]).

### **F) Formas de Fondo**

Antes de realizar la clasificación según la forma de fondo es importante definir dos condiciones de fondo propias de los ríos. La primera corresponde a *lechos de fondo fijo*, en los cuales, el sedimento no puede desplazarse ya que su tamaño y densidad específica limitan su

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

movimiento en el flujo y corresponden a la clasificación según su forma de *fondo plano*. La segunda es referente a *lechos de fondo móvil*; éstos son característicos de los ríos aluviales, por su gran variabilidad de posición, velocidad y dirección dentro del flujo, ref. [5].

Para la condición de fondo móvil, el lecho se deforma como consecuencia de la actividad de las partículas de sedimento y dicha deformación evoluciona de la siguiente manera a medida que aumenta la profundidad y la velocidad del agua.

- **Rizos:** Son pequeños elementos de forma triangular de menos de 5 cm de altura, con longitud entre 0.1 y 0.5 m con una pendiente muy suave en su cara aguas arriba, y talud aguas abajo escarpado y cercano al ángulo de reposo del material. Los rizos se forman sólo en lechos de arena y no producen perturbaciones en la superficie libre del agua. En general la corriente de agua lleva poco sedimento, ref. [4].



Fig. 3.5 Patrón típico de rizos. Fuente ref. [5].

- **Dunas**

Las dunas también son elementos de forma triangular, pero mucho más grandes que los rizos (hasta 100 m de largo); su longitud depende del tamaño del sistema fluvial, y causan notables perturbaciones en el flujo de las aguas, ref. [5].

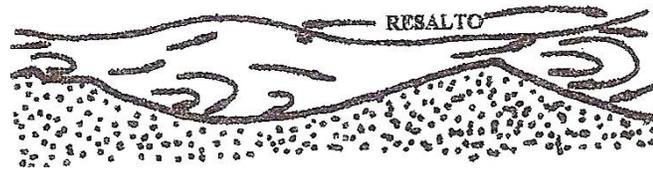


Fig. 3.6 Representación gráfica típica de dunas. Fuente ref. [5].

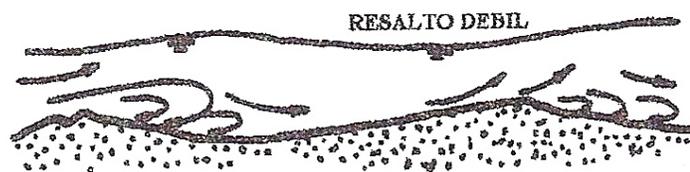


Fig. 3.7 Combinación de dunas con rizos. Fuente ref. [5].

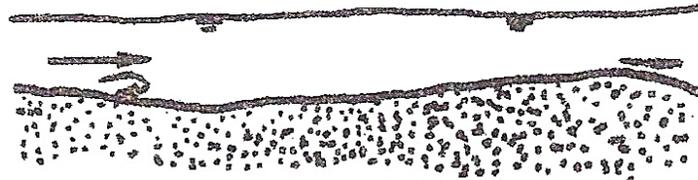


Fig. 3.8 Representación gráfica de Dunas Lavadas. Fuente ref. [5].

- **Antidunas**

Se forman para un flujo supercrítico y consisten en un tren de ondas simétricas, en fase, de arena y agua. Estas ondas pueden crecer gradualmente hasta que la onda de agua se rompa como una ola marina, o pueden desaparecer en la misma forma. En el primer caso, se denominan antidunas rompientes o simplemente antidunas; y en el segundo, se conocen como ondas estacionarias, ref. [4].

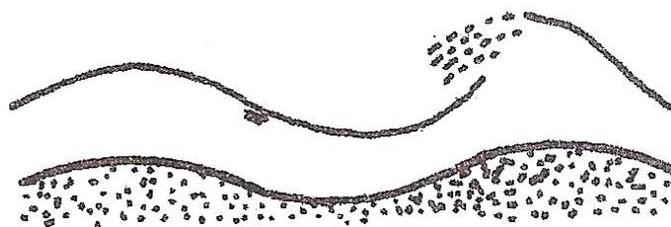


Fig. 3.9 Antiduna – Onda Rompiente. Fuente ref. [5].

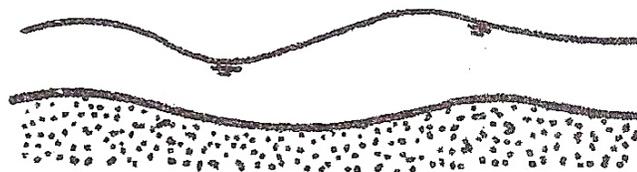


Fig. 3.10 Antiduna – Onda Estacionaria. Fuente ref. [5].

- **Pozos y Rápidos**

Consiste en una secuencia de zonas de flujo rápido y de flujo tranquilo. Al final de la primera se produce un resalto hidráulico que genera unas zonas de flujo tranquilo llamada pozos, y luego vuelve a acelerarse. Estas formas de fondo corresponden a un flujo de tipo torrencial y se caracterizan por grandes arrastres de sedimentos. Fuente ref. [4].

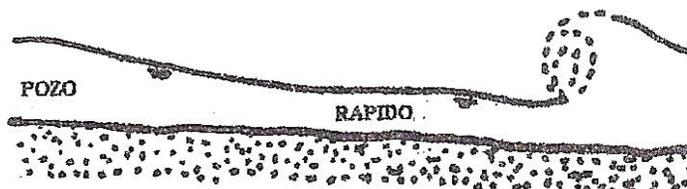


Fig. 3.11 Pozos y Rápidos. Fuente ref. [5].

Además de las formas de fondo mencionadas anteriormente existen otras configuraciones que reciben el nombre de *Barras* y se definen como formas de fondo que poseen longitudes iguales o mayores que el ancho del canal y alturas comparables con la profundidad media del flujo que las genera estando a veces parcialmente sumergidas, ref. [4]. Entre ellas están:

- a) Barras de punta: se forman sobre el lado convexo de las curvas. Su forma puede variar con las condiciones cambiantes del flujo, pero no se mueven con relación a su posición en la curva, ref. [4].
- b) Barras alternas: se encuentran en tramos relativamente rectos de los ríos y tienden a estar distribuidas a lo largo del cauce y sobre riveras opuestas en forma alterna. Estas barras se desplazan lentamente aguas abajo, ref. [4].
- c) Barras transversales: ocurren en canales rectos, ocupan casi toda la sección transversal del cauce y se mueven lentamente aguas abajo, ref. [4].
- d) Barras tributarias: ocurren inmediatamente aguas abajo de los puntos de confluencia de los cauces, ref. [4].

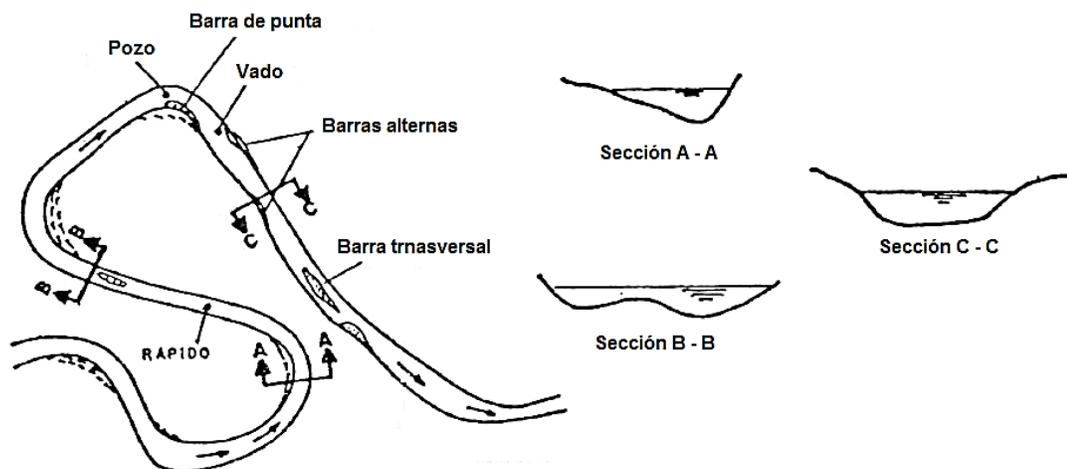


Fig. 3.12 Representación de los distintos tipos de barras. Fuente ref. [4].

### G) Morfología

De acuerdo con la forma en planta se clasifican los ríos como *rectos*, *meandrosos* o *sinuosos* y *trenzados*. Los ríos *rectos* son más una clasificación académica ya que en la naturaleza, a pesar de que existen largos tramos rectos de cauce, es frecuente que para condiciones de aguas mínimas el flujo ocurra serpenteando a lo largo del trayecto, ref. [4].

*Ríos trezados*: son cauces muy anchos compuestos por una multiplicidad de cauces menores entrelazados o trezados, que dejan islas entre sí al unirse y separarse. Son cauces inestables en el sentido de que una crecida puede cambiarlos considerablemente. De este modo se llaman divagantes porque un brazo principal puede encontrarse tan pronto en un lugar como en otro. Su presencia se asocia a una gran capacidad de transporte sólido (ver Fig.3.13), ref. [6].

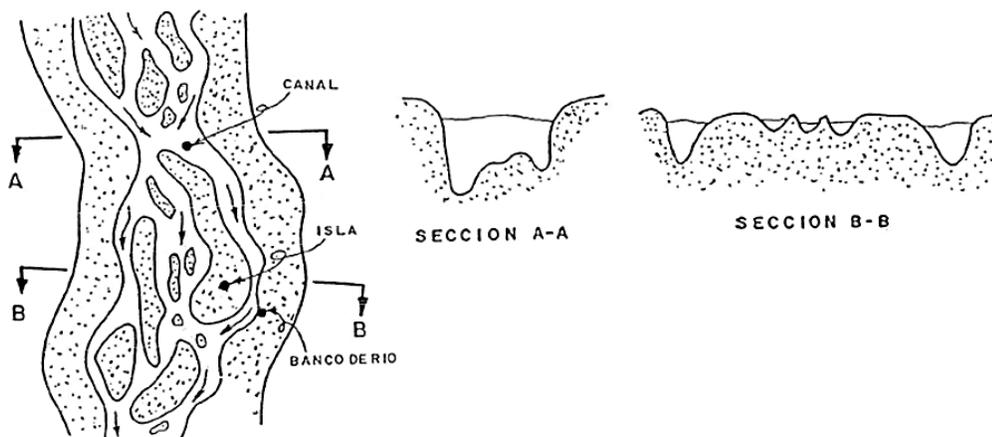


Fig. 3.13 Planta y sección transversal del cauce trezado. Fuente ref. [2].

*Río Sinuoso o con meandros*: es un cauce que forma curvas. En la orilla interior se depositan materiales que emergen en forma de playas llamadas barras alternadas. Los meandros pueden ser regulares o bien irregulares, es decir, deformados especialmente por la heterogeneidad en la resistencia de las orillas, ref. [6]. En este tipo de ríos ocurre un fenómeno llamado *Madreviejas*, y se refieren a los meandros cortados y posteriormente abandonados por

el río, que quedan dentro de la planicie inundable y forman los conocidos lagos en herradura. Las madrevejas son testigos de la evolución del cauce fluvial y de la actividad del mismo, ref. [4].

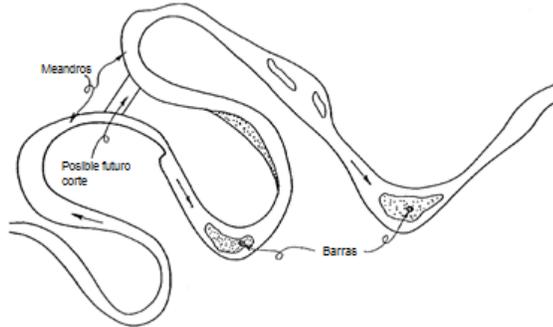


Fig. 3.14 Cauce meandriforme. Fuente ref. [2].

La sinuosidad de un río puede calcularse mediante el uso de la gráfica correspondiente a la relación de predicción de cambios en planta, válida para cualquier cauce arenoso y de llanura, desarrollada por Lane (ver Fig. 3.15).

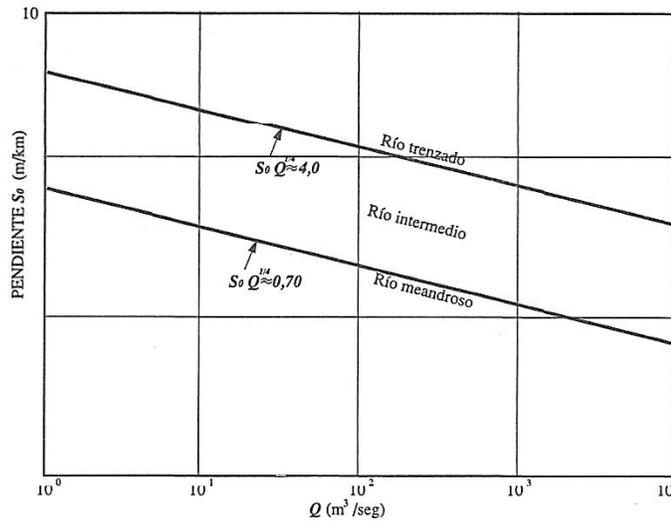


Fig. 3.15 Relación de predicción de cambios en planta. Fuente ref. [2].

Según la figura 3.15, si el valor de  $S_o Q^{1/4} < 0.7$  el río se clasifica como meandroso, si resulta mayor a 4 se clasifica como trezado; en el caso que resulte  $0.7 < S_o Q^{1/4} < 4$  se considera

como río intermedio. El término  $S_o$  corresponde a la pendiente del fondo del cauce en metros por kilómetros y  $Q$  representa el gasto medio dominante en  $m^3/s$ , ref. [2].

Lane también propuso una relación muy útil para predecir la respuesta del cauce fluvial ante posibles inundaciones, ésta es la siguiente:

$$QS_o \sim Gd_m \quad \text{Ec. 3.2 ref. [2]}$$

Donde  $G$  es el gasto sólido de arrastre y  $d_m$  el diámetro del material de fondo. La expresión anterior indica que para cualquier río existe un equilibrio entre las dos variables relativas al flujo y las dos variables relativas al gasto de sedimentos, ref. [2].

Por otra parte, se debe resaltar el papel que cumple la vegetación dentro de la morfología del cauce. La vegetación se desarrolla en función de factores físicos, climáticos e hídricos. Entre los factores hídricos se destacan: la humedad en la zona de las raíces determinada por los niveles ordinarios del río, la acción mecánica de las aguas altas, y la calidad del agua. Las variaciones de estas condiciones hídricas llevan a alteraciones del desarrollo normal de las poblaciones. Los cambios en la vegetación (marchitamiento de la vegetación por un bajo nivel freático, proliferación por un alto nivel freático, pérdida de frecuencia del arrastre y arranque de plantas en crecidas.) repercuten en la dimensión y forma del cauce. El papel morfológico de la vegetación es lógicamente más importante en los ríos pequeños que en los grandes, porque la vegetación no guarda proporción con el tamaño del río. Además la vegetación contribuye a la sedimentación de partículas transportadas por el agua, lo que produce el crecimiento del río, ref. [6].

### 3.3.2 Estabilidad de cauces naturales

Los cauces naturales van cambiando con el tiempo según procesos evolutivos que incluso pueden ocurrir en ríos considerados estables, por eso es importante definir dos conceptos que están asociados a la estabilidad de los cauces fluviales: ríos en equilibrio y ríos en régimen.

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

Un río está en equilibrio cuando las pendientes que ha adquirido, y en consecuencia su potencial energético, es exactamente suficiente para transportar el material que le es suministrado a través del sistema fluvial. Ningún curso de agua está continuamente en equilibrio, por lo que este concepto es aplicable sólo en determinados momentos. A partir de esta situación surge el concepto de ríos en régimen y se aplica cuando éste no deposita ni erosiona su cauce sobre un período largo de tiempo, aunque existan períodos de erosión o deposición, cuando no esté en equilibrio; ref. [5].

### 3.3.2.1 Tipos de estabilidad

La estabilidad de un cauce se ve afectada con cualquier cambio sobre el sistema fluvial, principalmente cuando se trata del caudal, de manera que el medio se ve obligado a reestablecer dicha estabilidad mediante procesos de erosión y deposición, ref. [7].

Existen dos tipos de estabilidad, estática y dinámica. La estabilidad estática ocurre cuando el agua no tiene capacidad de arrastrar el material del fondo y de las márgenes, por tanto, el río no sufre corrimientos laterales y la sección transversal permanece variable. Mientras que la estabilidad dinámica ocurre cuando el río tiene un solo cauce bien definido, por donde circula todo el caudal líquido, arrastrando sedimentos. Las secciones transversales y pendientes varían, pero son aproximadamente similares, al ser observadas antes y después de un cierto periodo, ref. [7].

### 3.3.2.2 Grados de Libertad

Los grados de libertad son un conjunto de variables que rigen el estado de equilibrio en ríos y canales; corresponden al ancho, altura, pendiente y longitud de meandros o pendiente de los taludes.

- Esguerramiento con un grado de libertad: Ocorre en canales revestidos, donde el caudal líquido, la pendiente y la sección transversal son constantes y la única variable es la

profundidad del agua en el canal ya que no recibe ni produce sedimentos. También ocurre en aquellos cauces naturales en que el fondo y los taludes son rocosos, ref. [7].

- Esguerramiento con dos grados de libertad: Se presentan en los canales revestidos donde el caudal líquido constante, debe pasar un gasto sólido constante y sólo pueden variar la pendiente y el tirante, ref. [7].
- Esguerramiento con tres grados de libertad: Se ajustan a tres variables para permitir el arrastre de sedimentos constante y caudal líquido constante. Además del tirante y la pendiente, también pueden alterarse las márgenes y ajustarse al ancho, ref. [7].
- Esguerramiento con cuatro grados de libertad: Ocurren en aquellos cauces donde existe arrastre de sedimentos, cambios de pendiente y en la sección transversal, además de variaciones en el alineamiento o en la pendiente de los taludes, con caudal líquido constante, ref. [7].

### 3.3.2.3 Caudal Formativo

Se utiliza para el diseño de canales en equilibrio y resulta importante conocer este concepto. El caudal formativo es aquel que de pasar en forma constante, determinaría la forma, pendiente y longitud real del cauce. Son muchas las teorías que existen para determinar este gasto:

Nixon especificó el caudal formativo como aquel que es igualado o excedido el 60% de los días del año, mientras que Leopold, Wolman y Miller lo definieron como el correspondiente al período de retorno de 1.4 años de las crecientes máximas anuales. E. W. Lane coincidió con los anteriores con la diferencia de que usó un período de retorno de 2.33 años. Por último citaremos a Chanciski, quien consideró que debe ser el Caudal Medio Anual porque es el que produce la mayor erosión lateral y normalmente es quien tiene mayor duración. (Ver ref. [7]).

### 3.4 CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS ASOCIADOS A LA DETERMINACIÓN DE UNA PLANICIE INUNDABLE

#### 3.4.1 Rugosidad de Manning

El valor de la rugosidad de Manning ( $n$ ) se define como el grado de resistencia al flujo del cauce y de la planicie inundable. Este valor depende de ciertos factores como la rugosidad superficial, vegetación, irregularidades del canal, alineamiento del canal, sedimentación, socavación, obstrucción, nivel y caudal, cambio estacional y el material en suspensión y carga de lecho. La rugosidad superficial atrasa el flujo por efecto del tamaño y la forma de los granos del material que se genera en el perímetro mojado; la vegetación puede considerarse como una clase de rugosidad superficial, pero también reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende por completo de la altura, la densidad, la distribución y del tipo de vegetación; las irregularidades del canal, incluyendo irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal también afectan el parámetro de Manning. Asimismo lo hace el alineamiento del canal, ya que para curvas suaves con radios grandes se producirán valores de  $n$  relativamente bajos, mientras que curvas bruscas con meandros severos incrementarán este valor, ref. [8].

La sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir su rugosidad, en tanto que la socavación y la presencia de obstrucciones tienden a incrementar este valor. La magnitud de este aumento depende de la naturaleza de las obstrucciones, de su tamaño, forma, número y distribución, ref. [8].

En la mayor parte de las corrientes el valor de  $n$  disminuye con el aumento en el nivel de agua y el caudal. Cuando el agua es poco profunda las irregularidades del fondo del canal quedan expuestas y sus efectos se vuelven pronunciados. Sin embargo, el valor de  $n$  puede ser grande en niveles altos si las bancas están cubiertas por pastos o son rugosas. Además, debido al crecimiento estacional de plantas acuáticas, hierbas, malezas, sauces y árboles en el canal o

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

en las bancas, el valor de  $n$  puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la estación inactiva; por último, el material en suspensión y carga de lecho consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del canal, ref. [8].

Este parámetro puede ser variable en una misma sección, por lo que es necesario establecer una rugosidad equivalente. Es importante tener en cuenta que dicha equivalencia no puede ser calculada como simple promedio aritmético, ya que por lo general los materiales que componen la sección no tienen igual extensión dentro de la misma y varía el grado de influencia de cada uno.

La expresión que define la rugosidad equivalente es la siguiente:

$$n_e = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{P_i n_i^{3/2}}{P} \right]^{2/3} \quad \text{Ec. 3.3 ref. [8]}$$

### 3.4.2 Tipos de flujo

El flujo puede clasificarse según la variación de la profundidad y de la velocidad a lo largo del cauce y durante el tiempo en consideración. En lo referente a la variación de la profundidad de agua en el cauce con el paso del tiempo, el flujo se puede clasificar en permanente y no permanente. En el flujo permanente la profundidad no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración; mientras que el no permanente corresponde a aquel donde la profundidad cambia con el tiempo, ref. [8].

Del mismo modo se clasifica según la variación de la profundidad con respecto a la posición en el espacio como flujo uniforme, siendo éste donde la profundidad del flujo es la misma en cada sección del canal y flujo no uniforme aquel en el que la profundidad del flujo cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración, ref. [8].

También es posible que determinado flujo resulte ser uniforme y permanente, uniforme y no permanente, no uniforme y permanente y no uniforme, no permanente. La definición de

éstos resulta combinando cada una de los conceptos antes mencionados; por ejemplo, el flujo uniforme no permanente sería aquel donde la superficie del agua fluctúa de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal, ésta es una condición prácticamente imposible, ref. [8].

Cuando la profundidad varía a lo largo del trayecto del canal se le denomina flujo variado y puede ser rápidamente o gradualmente variado. De manera que para el primer caso la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas y para el segundo, la profundidad varía de manera gradual, ref. [8].

- **Estado de flujo**

El parámetro que relaciona las fuerzas viscosas y las inerciales de un fluido se denomina Número de Reynolds (R) y se define a través de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad \text{Ec. 3.4 ref. [8]}$$

V = velocidad del flujo.

L = longitud del tramo en estudio.

$\nu$  = viscosidad cinemática del flujo.

La viscosidad y la gravedad con respecto a las fuerzas inerciales determinan el comportamiento del flujo en canales abiertos; dependiendo del valor de esa relación se clasifica como flujo laminar aquel cuyas fuerzas viscosas son muy fuertes en relación a las inerciales, donde las partículas del fluido se mueven en trayectorias suaves definidas por líneas de corrientes. Por oposición, el flujo turbulento es aquel donde las fuerzas viscosas son débiles con respecto a las fuerzas inerciales y las partículas del fluido se mueven en trayectorias irregulares, que no son suaves ni fijas, pero que en conjunto todavía representan el movimiento hacia delante de la corriente entera, ref. [8].

### 3.4.3 Tipo de régimen

Otro parámetro importante dentro del análisis fluvial es el Número de Froude (F) que relaciona las fuerzas inerciales de un fluido con las gravitacionales. La ecuación que define este número viene dada por la siguiente expresión:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{T}}} \quad \text{Ec. 3.5 ref. [8]}$$

Donde,

V = velocidad del flujo.

g = fuerza de gravedad.

A = área mojada de la sección transversal en el sitio de estudio.

T = Ancho de la superficie de agua en la sección transversal del sitio de estudio.

De acuerdo al número de Froude el régimen de flujo se puede clasificar como subcrítico ( $F < 1$ ), crítico ( $F = 1$ ) y supercrítico ( $F > 1$ ). El flujo subcrítico tiene una velocidad baja y a menudo se describe como tranquilo y de corriente lenta, mientras que el supercrítico tiene una alta velocidad y se describe usualmente como rápido, ultrarrápido y torrencial, ref. [8].

- **Resalto hidráulico**

Es un fenómeno mediante el cual el flujo pasa rápidamente de régimen supercrítico a subcrítico, de menor tirante de agua a mayor tirante mediante una pérdida de energía en un punto o tramo muy corto del río. El resalto hidráulico se genera a partir de un cambio brusco en la pendiente de fondo del cauce o cuando un flujo rápido se consigue con un obstáculo en el trayecto. Es utilizado en estructuras hidráulicas como disipador de energía para evitar que el flujo, que viene a velocidades altas, erosione el suelo en la descarga aguas abajo.

A través del número de Froude correspondiente al flujo de aproximación, se puede clasificar el resalto hidráulico: ref. [8]

- Para  $F < 1.7$ , no se genera el frente rompiente y la superficie libre presenta ondulaciones, ref. [8].
- $1.7 < F < 2.5$ , se ha conformado el frente rompiente, se nota sólo turbulencia superficial, y reducida pérdida de energía, ref. [8].
- $2.5 < F < 4.5$  se aprecia la diferenciación del flujo de aproximación en la zona de turbulencia, y se generan ondas superficiales de acción extendida aguas abajo, ref. [8].
- $F > 9$ , se originan remolinos que perturban el régimen aguas abajo, ref. [8].

### 3.5 MODELOS HIDRÁULICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PLANICIES INUNDABLES

#### 3.5.1 Modelo de simulación hidráulica Hec-Ras 4.1.0

El modelo de simulación hidráulica HEC-RAS es una herramienta informática que tiene como finalidad calcular perfiles de la superficie del agua en régimen subcrítico, supercrítico y mixto, considerando flujo permanente o no permanente, bien sea en canales naturales o artificiales. Para obtener los perfiles de agua, el modelo utiliza la ecuación unidimensional de la energía entre una sección y la siguiente. Dicha ecuación se define con la siguiente expresión:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha \cdot V_2^2}{2 \cdot g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + h_e \quad \text{Ec. 3.6 ref. [9]}$$

Donde,

$Y_1$  e  $Y_2$  = profundidad de agua de la sección uno y dos respectivamente

$Z_1$  y  $Z_2$  = cota del fondo del canal en la sección uno y dos respectivamente

$V_1$  y  $V_2$  = velocidad promedio del flujo

$\alpha_1$  y  $\alpha_2$  = Coeficiente de coriolis

$g$  = gravedad

$h_e$  = pérdidas de energía

Las pérdidas de energía se calculan a través de la fricción o coeficiente de rugosidad de Manning y contracción o expansión de la sección transversal. En condiciones para las que el flujo es rápidamente variado, el modelo utiliza la ecuación de momento o cantidad de movimiento.

Esta herramienta informática permite visualizar gráficamente el resultado de los perfiles de agua longitudinales obtenidos y las secciones transversales, además brinda la oportunidad de obtener una vista en tres dimensiones con la opción de rotar la imagen para lograr la perspectiva deseada. Asimismo realiza el cálculo hidráulico de estructuras como aliviaderos, alcantarillas, etc.. El programa también es aplicable para la determinación de planicies de inundación, permitiendo considerar dentro de los cálculos y del diseño los efectos que pueden causar puentes, obstrucciones, diques, presas y otras estructuras.

Para poder ejecutar el programa, es necesario introducir información topográfica e hidráulica mediante secciones transversales, en éstas se calcula el tirante de agua y la velocidad promedio en todo el área efectiva; asumiendo por defecto, que el flujo es perpendicular a la sección transversal.

### 3.5.1.1 Modelaje hidráulico

El modelaje hidráulico parte de la representación del tramo en estudio a través de la introducción de los datos geométricos e hidráulicos propios del río. Algunas de las variables que requiere el programa son las siguientes:

*Información geométrica:*

- Representación en planta del río (River System Schematic): permite indicar el sentido del flujo e identificar cada componente del sistema de río, esquematizando la estructura del cauce o los cauces que componen la zona.
- Secciones Transversales (Cross Section Data): en este elemento se introducen las características geométricas de cada sección transversal, entiéndase como rugosidad de Manning, coeficiente de contracción y expansión y distancia entre secciones.

Es importante definir el canal principal para que el programa identifique los límites del margen derecho e izquierdo del cauce. También se pueden agregar estructuras especiales (bridges, culverts, etc) definiendo ordenadamente la posición de éstas con respecto a la numeración de las secciones, ref. [9].

*Información hidráulica para flujo permanente (Steady Flow Data):* los cálculos se realizan suponiendo que el flujo no varía con respecto al tiempo y la información que se debe introducir al sistema es la siguiente:

- Condiciones de borde (Reach Boundary Condition): para realizar los cálculos es necesario saber el tipo de flujo que se analiza; para flujo supercrítico se suministra información aguas arriba, para flujo subcrítico se suministra información aguas abajo y en caso de flujo mixto se deben suministrar ambas. Las condiciones de bordes que requiere el programa son: Profundidad crítica (Critical Depth), profundidad normal (Normal Depth), nivel de la superficie de agua (Known Water Surface) y curva de gastos (Rating Curve).
- Número de caudales (Enter/Edit Number of Profile): se introduce la cantidad de caudales asociados a diferentes períodos de retorno en los que se desea evaluar el río.

- Localización de cambios de flujo (Location of Flow Data Changes): se deben introducir los caudales máximos (Flow Change Location) y los períodos de retorno a analizar (Profiles) para los cuales se calcularán los niveles de agua.

### 3.5.1.2 Simulación hidráulica

Una vez introducidas las características geométricas e hidráulicas propias del cauce en el tramo de estudio, se procede a ejecutar el programa bien sea con flujo permanente o no permanente.

- Simulación (Perform a Steady Flow Simulation): consiste en seleccionar el tipo de flujo con el que se van a realizar los cálculos para la geometría anteriormente introducida.
- Resultados: el modelo es capaz de arrojar los resultados del comportamiento del flujo en secciones transversales (View Cross Section) y en tres (3) dimensiones (View Multiple 3D Cross Section Plot). De igual forma es posible obtener una tabla resumen de la corrida (Summary Output Table) y los resultados para cada período de retorno se pueden obtener por separado o en conjunto.

También se pueden hacer los cálculos para flujo no permanente, donde el sistema asume que el flujo varía con respecto al tiempo, ref. [9].

## 3.5 CONSIDERACIONES URBANAS DE INTERÉS EN EL ANÁLISIS DE UNA PLANICIE INUNDABLE

Para la delimitación de la planicie inundable en determinada zona es importante realizar un análisis de sitio; además, en el caso de zonas pobladas situadas en las cercanías de un cauce donde se ve afectada su integridad por eventos de crecida, conviene realizar un diagnóstico urbano que permita ubicar los diferentes equipamientos (de salud, educativos, deportivos, industriales, etc.). Esta información resulta importante ya que permite conocer

características del terreno, así como variables urbanas que resultan útiles al momento de tomar decisiones sobre las medidas correctivas y/o preventivas ante la problemática.

El análisis de sitio es una forma de abordaje de los problemas que involucren transformaciones en el espacio físico de las ciudades y en especial aquellos espacios que involucren poblaciones más desprotegidas. Este estudio surge como la herramienta de trabajo de las disciplinas del diseño urbano y a todas las ingenierías que trabajan en el campo proyectual. Por medio del análisis de sitio es posible determinar las variables físico ambientales que inciden sobre un espacio determinado, permitiendo su caracterización. El estudio de las variables físico ambientales nos permite un resultado preciso, siendo los resultados obtenidos indispensables a la hora de proyectar las posibles soluciones sobre el espacio natural o construido.

El documento desarrollado para la Corporación Andina de Fomento (CAF) a través de la Asociación de Amigos del Hábitat (AMHABITAT, ref. [10]), indica que el análisis de sitio, abarcará la elaboración de documentación técnica sobre condiciones naturales y ambientales, servicios y equipamientos colectivos, y formas de desarrollo de una Unidad de Desarrollo Urbano (UDU), así como una síntesis analítica para orientar el trazado del anteproyecto general de diseño urbano de habilitación física. Igualmente define de forma clara y precisa que el análisis de sitio debe generar los siguientes productos una vez realizado el estudio. Ref. [10].

### **3.5.1 Condiciones naturales y ambientales**

Dentro de las condiciones naturales y ambientales, los aspectos críticos a considerar para la habilitación y la eventual transferencia de propiedades serían:

- **Topografía y Rasgos Naturales.** Incluye la clasificación detallada de pendientes, las ondulaciones del terreno, los rasgos acuíferos y las formaciones geológicas observables a simple vista. Todo ello debe considerarse para determinar la

---

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

conveniencia de la forma de ocupación existente, así como su posible ordenamiento y desarrollo. Ref. [10].

- Geotecnia. Se refiere al estudio geológico, con la interpretación fotogeológica, las comprobaciones de campo, la elaboración de mapas y el informe final sobre los procesos geodinámicas que afectan la zona de estudio, así como a la jerarquización de problemas y amenazas potenciales, y a las medidas de ingeniería correctiva a corto y mediano plazo. También puede incluir la recopilación de los resultados de perforaciones exploratorias en la propia UDU o en zonas aledañas. Su evaluación permite sectorizar zonas con predominio de suelos arcillosos blandos y arenosos sueltos, y zonas con predominio de suelos de aceptable a buena capacidad de soporte y baja compresibilidad. Ref. [10].
- Cuencas Hidrográficas de Influencia Directa y Sistema de Drenajes Naturales. Se trata del análisis detallado de las áreas subsidiarias en los distintos cursos de los caudales pluviales, con el fin de detectar las características y prioridades de las obras de drenaje artificial. Estas obras son imprescindibles para una ocupación estable de la zona y para la consolidación de una estructura parcelaria cuya propiedad pueda transferirse responsablemente, minimizando los riesgos y mejorando las condiciones de vida para los ocupante. Otras condiciones naturales y ambientales a considerar serían: Tamaño y Forma, Límites (externos e internos), Vistas, Clima, Vegetación, Riesgos y Problemas Ambientales Especiales Ref. [10].

### **3.5.2 Servicios y equipamientos colectivos**

Dentro de los servicios y equipamientos colectivos, los principales aspectos a considerar serían:

- Sistema de Circulación. Incluye la circulación exterior, las conexiones y la red interna de circulación con sus vías vehiculares y peatonales (veredas y escaleras).

- Transporte. Incluye las distintas formas de relación del sitio con el exterior y los transportes internos, con su periodicidad, tiempos y tarifas, para determinar la jerarquía de la red de circulación existente. Ref. [10].
- Infraestructuras de Servicios Básicos. Incluye la cobertura de las redes de acueductos, cloacas y electrificación, la evaluación de su trazado y su relación con la red principal de vías públicas. También incluye la detección de la edad y calidad de las redes, así como de los correctivos que deberán introducirse con obras a corto y mediano plazo, para permitir la habilitación y la eventual transferencia de parcelas urbanizadas, es decir, con servicios de infraestructura adecuados. Ref. [10].
- Equipamientos Comunales. Incluye los terrenos y edificaciones de todas las instalaciones recreacionales y deportivas, educacionales, asistenciales y comunitarias, tanto formales como informales, a fin de precisar el déficit de este tipo de áreas de acuerdo a la población existente y a las normas mínimas propias del programa de habilitación. Con esos datos se ajustará el programa de obras a ejecutar a corto y mediano plazo, que se realizarán preferiblemente en parcelas de propiedad pública. Ref. [10].

Según la morfología urbana de la zona se pueden identificar diversos tipos de estructuras, entre ellas tenemos: Casa popular unifamiliar continua o separada (estructura construida con fines habitacionales, realizada con materiales de bloques y frisado, estructuras de concreto, techos de platabanda o láminas de asbesto u otro material con o sin tejas.); Rancho (estructura utilizada como vivienda, construidas sin friso, techos de zinc, piso de tierra o cemento y con materiales de mala calidad como tablas, cartón piedra, etc.); Galpones (edificaciones para usos industriales o depósitos que cuentan con alturas mayores a 5 metros, y se refieren a talleres mecánicos, estacionamientos y otros servicios.); Asistenciales (aquellas edificaciones realizadas para atender y prestar servicios médicos de cualquiera de sus niveles.) y Deportivas (estructuras construidas con el fin de permitir la realización de actividades deportivas con alcance comunal y vecinal.). Ref. [11].

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

### 3.5.3 Síntesis analítica

En ella se recogen, esquemáticamente y en un plano particular, los principales aspectos contemplados en el análisis de sitio, jerarquizados, ordenados y graficados cartográficamente, sintetizando las determinantes particulares del sitio que deberán considerarse prolijamente para los trazados del anteproyecto general de habilitación física. Ref. [10].

Asimismo, el Análisis de Sitio como instrumento de planificación urbana podrá modificar la programación de proyectos y obras, en la medida que contemple la incorporación de obras estructurantes dentro de una unidad urbana. Así, a las obras locales propiamente dichas y previstas en la programación preliminar, se añadirán obras estructurantes como viviendas de sustitución de aquellas sometidas a muy altas amenazas geológicas e hidráulicas, obras preventivas de amenazas geotécnicas e hidráulicas altas y medianas, obras de vialidad mayor y colectora, obras de acueducto de aducción, obras de emisarios cloacales principales, obras mayores de electrificación, y edificaciones u otro tipo de construcciones destinadas a servicios comunales de ámbito intermedio. Ref. [10].

### 3.6 ACCIONES CORRECTIVAS Y/O PREVENTIVAS DADA LA PLANICIE INUNDABLE

Un proyecto hidráulico requiere establecer un proceso adecuado de planificación, que permita integrar y coordinar todos los estudios y análisis necesarios en las diversas etapas (planteamiento preliminar, anteproyecto y proyecto). Dentro de la planificación de un proyecto existen dos funciones, una básica (comprendida en el plan rector básico) y una complementaria (comprendida en el plan complementario). Ref. [3].

El plan rector básico es un documento que incluye, a nivel general, las acciones preventivas y correctivas que son necesarias para que el sistema de drenajes de una población, o parte de ella, cumpla su función básica (preservar la vida humana y evitar los daños que las aguas pueden ocasionar a personas y propiedades en el medio urbano). En éste se establecen

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

las medidas relativas al uso y aprovechamiento de las planicies inundables y de las áreas inundadas. Por otro lado, el plan complementario consiste en un documento que determina, a nivel general, las acciones correctivas que permiten que un sistema de drenaje cumpla con su objetivo complementario (garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones durante las lluvias), ref. [3].

### 3.6.1 Medidas preventivas.

Las planicies inundables son zonas donde pueden sufrir mayores daños personas y propiedades. La extensión de ellas dependerá de las acciones correctivas que se adopten para disminuirla; sin embargo, salvo que la alternativa seleccionada fuere eliminar totalmente las planicies y áreas inundables, se hará necesario establecer un conjunto de acciones preventivas que garanticen que no ocurrirán daños ni a personas ni a propiedades, en aquellas zonas que puedan (a pesar de las obras) ser cubiertas por las aguas, ref. [2]. Las acciones preventivas más comunes son las siguientes:

- *Uso de la tierra:* el plan rector básico debe contener recomendaciones específicas sobre el uso de planicies y áreas inundables que pueden ir desde prohibir totalmente el uso de esas zonas hasta admitir desarrollos de distintos tipos; sin embargo, es recomendable limitar el uso de la planicie inundable generalmente como áreas verdes o parques, ref. [2].
- *Uso de edificaciones e instalaciones:* corresponde al caso donde ya existe uso de la tierra en las planicies de inundación o éste va a ser permitido; para ello se aplican acciones preventivas con el fin de establecer normas en la construcción y uso de edificaciones e instalaciones, tales como: sobreelevar las nuevas edificaciones, limitar el uso de las plantas inferiores (como eliminar sótanos, o impedir que éstos y las plantas bajas sean utilizados como residencias o asiento de equipos costosos o mercancía valiosa) y propiciar la adquisición de seguros sobre equipos y mercancías, ref. [2].

- *Pronóstico de inundaciones*: son sistemas que consisten en un conjunto de estaciones hidrometeorológicas y de comunicación que unidos a estudios de la onda de crecida, permitan predecir con suficiente antelación los niveles aproximados que puedan alcanzar las aguas, dando lugar así, al desalojo oportuno de las zonas afectadas. Esta acción no se utiliza siempre, debido a que puede resultar costoso, ref. [2].
- *Vías terrestres*: deben hacerse sugerencias respecto al trazado de vías terrestres, e inclusive al uso de ellas como obras de drenaje; también pueden indicarse cambios de usos, ref. [2].
- *Conservación y mantenimiento*: dentro de este grupo entrarían la reforestación y restitución de la cobertura vegetal, las regulaciones sobre modificaciones apreciables en la topografía original, las normas referentes a explotación de los materiales que conforman los cauces naturales y otras similares., ref. [2].

### 3.6.2 Acciones correctivas

Cuando las acciones preventivas no son suficientes para garantizar los grados de protección indicados para la función básica, se hará necesario poner en ejecución acciones correctivas. Las acciones correctivas más usuales son: obras de regulación, obras de canalización y rectificación de cauces naturales, obras de conducción (tales como canales y tuberías) y obras conexas (tales como sumideros, disipadores, alcantarillas, sedimentadores o modificaciones de secciones y trazados en calles y avenidas). Ref. [2]. El componente principal de una conducción a superficie libre es el canal, como se ha mencionado anteriormente, existen dos tipos: de fondo fijo (artificial o no erosionable) y de fondo móvil (natural o erosionable).

Entre los materiales más comunes utilizados para la canalización de ríos se encuentran: escollera o piedra colocada (enrocado), gaviones, motas de materiales sueltos, vegetación, concreto, materiales prefabricados flexibles, etc.

---

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

- Escollera o enrocado: es la unidad formada por agrupación de elementos pétreos naturales, generalmente procedentes de cantera. Su estabilidad se debe al peso propio de las rocas y a su imbricación. Las estructuras formadas por escollera pueden ser independientes con funcionamiento por gravedad; son permeables y de poca resistencia. Por su origen en cantera la granulometría de esta unidad no es uniforme, cualidad que conviene para la imbricación y funcionamiento en conjunto. Una protección de enrocado puede fallar por mal dimensionamientos (peso escaso) pero quizá es más frecuente que falle derrumbándose, por haber quedado descalzada debido a la erosión del lecho junto al talud; sin embargo, esta estructura tiene la ventaja de ser flexible como conjunto, ref. [6].



Fig 3.16 Ejemplo de enrocado (Fuente: Google)

- Gaviones: consisten en un recipiente, normalmente un paralelepípedo, de alambre relleno de cantos. Con este material se construyen estructuras capaces de resistir por gravedad, formadas por hiladas de paralelepípedos apoyadas unas en otras. Como su colocación es ordenada, el contacto entre gaviones es un amplio plano y como los gaviones se unen entre sí con alambre, el comportamiento de estos pueden calcularse para resistir por gravedad el empuje de tierras. Los gaviones son elementos permeables; para evitar la pérdida del substrato y el hundimiento del gavión es preciso un filtro. Es una estructura moderadamente

flexible que puede adaptarse a pequeñas erosiones del cauce o asentamientos del substrato, ref. [6].

Existen tres tipos de gaviones según el espesor de los mismos: los gaviones de cuerpo son aquellos que tienen una sección transversal de 1m x 1m y de 1 a 4 metros de longitud; los gaviones de altura 0.5m se llaman gaviones de base porque se utilizan como base del conjunto; por último están los llamados corazas o gaviones de revestimiento con altura entre 0.20 y 0.30 metros de altura y se emplean en alineaciones de recubrimiento o revestimiento sin carácter de estructura de gravedad. Una protección de gavión tiene restricciones con respecto a la altura de la misma, si resulta muy esbelta puede perder estabilidad y fallar. También puede fallar por causa de la corrosión del alambre en aguas agresivas y la abrasión en aguas con transporte de arena, ref. [6].



Fig. 3.17 Ejemplo de gaviones (Fuente: Google)

- Diques marginales: definen los límites de un cauce de crecidas. Es una solución económica porque emplea el material del lugar realizando fundamentalmente un movimiento de tierras, pero ocupa mucho espacio porque la base del dique es muy ancha. Son obras geotécnicas a modo de pequeñas presas de tierra, sin embargo, se diferencian de una verdadera presa en su funcionamiento ya que contendrán agua en movimiento unas pocas horas o días y el nivel subirá y bajará con relativa rapidez. Lo normal es que sean diques o presas homogéneas, de

manera que hay que depurar los riesgos de falta de impermeabilidad, sifonamiento y tubificación por pérdida de finos, de fallo por presión intersticial no drenada y finalmente erosión fluvial por la corriente, ref. [6].



Fig. 3.18 Ejemplo de dique (Fuente: Google)

- Vegetación: se utiliza en canalizaciones con distintas finalidades, principalmente la renaturalización del río, el uso recreativo o la revalorización paisajística del cauce (por ejemplo en parques fluviales urbanos) y también la protección frente la erosión. En esta última finalidad hay que destacar que es un medio efectivo y económico. La hierba consigue reducir la velocidad junto al fondo y con ello fomenta la sedimentación del material fino, además, puede resistir velocidades de 1 a 2 m/s sin gran dificultad antes de resultar arrancada. Sin embargo, la hierba tolera mal la inmersión prolongada, por lo que se reserva para las zonas altas de los cauces y para las llanuras de inundación, ref. [6].



Fig. 3.19 Ejemplo de uso de vegetación en canales (Fuente: Google)

- Materiales prefabricados flexibles: entre éstos tenemos las mantas prefabricadas de losetas o bloques de hormigón que consisten en conjuntos de losetas cosidas entre sí por cables para formar unidades de anchura del orden de 2.50 m y longitud variable. Se usan como revestimiento flexible y permeable de orillas; pueden tener un filtro sintético incorporado. La ventaja de estos productos, es la economía de la prefabricación y la puesta en obra; por el contrario, necesitan de buena preparación del talud, ref. [6].



Fig. 3.20 Ejemplo de uso de materiales prefabricados (Fuente: Google)

- Canalización estructural en concreto armado: En Venezuela, cuando el destino del canal es abastecer una población, un sistema de riego o una planta hidroeléctrica, la política aplicada ha sido revestir el canal en concreto para evitar pérdidas de agua, siendo esta última una ventaja del material además de adaptarse prácticamente a cualquier forma geométrica resultando conveniente cuando el espacio disponible es limitado. En canalizaciones de ríos ha habido una mayor diversificación, aunque también con predominio del concreto y es que este material, es capaz de resistir velocidades más altas (de hasta 5 m/s) que el suelo natural, gavión, entre otros. Ref. [3].

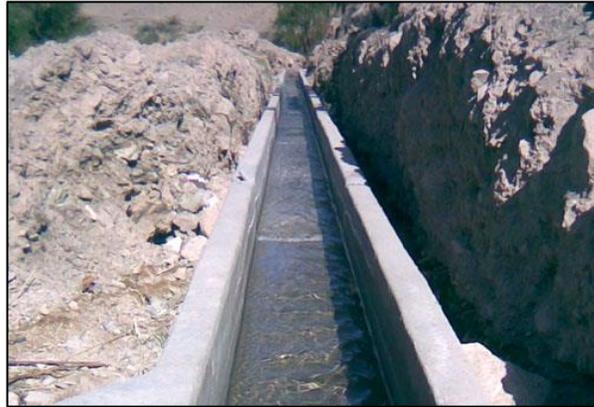


Fig. 3.21 Ejemplo de canalizaciones en concreto (Fuente: Google)

Existen muchos otros materiales empleados para la canalización de ríos, entre ellos la tierra armada y el tablestacado.

## CAPÍTULO 4

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se describe el procedimiento metodológico para la consecución del trabajo. Contiene un análisis de sitio y del entorno urbano (el cual es importante realizar para conocer qué tipos de usos de suelo existen dentro de la planicie inundable y cómo se ven afectados después de realizar el estudio de dicha planicie), así como una breve descripción de la situación hidráulica, sin embargo, no pretende ser un capítulo de diagnóstico ya que éste tiene lugar en el capítulo 5.

#### 4.2 RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En la fase preliminar del trabajo fue necesario ubicar con exactitud la zona en estudio, para ello se obtuvo un vuelo aéreo facilitado por El Metro de Caracas, donde se representa la topografía de restitución aerofotogramétrica del sector en escala 1:1000. Se consiguieron fotos aéreas tomadas en el año 2002 en el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar y adicionalmente se utilizó la herramienta Google Earth para obtener una imagen actual (Agosto, 2012); con la finalidad de visualizar cómo ha sido la evolución de la zona a través del tiempo. Posteriormente se visitó el sector para determinar el tramo que se iba a estudiar, siendo éste, el más crítico en cuanto a equipamientos (asentamientos urbanos, industriales y centros de salud, etc.). Una vez elaborado el registro fotográfico del cauce, se aprovechó la ocasión para realizar la caracterización urbana básica de la zona, es decir, se observaron las adyacencias del río en el tramo de estudio y se identificaron cuáles de las estructuras existentes correspondían a viviendas, industrias, talleres, centros de salud, áreas deportivas, vialidad, etc.

En este trabajo no se realizó un estudio hidrológico, las características hidrológicas de la cuenca se consultaron en el trabajo “Plan General de Drenajes de Ciudad Fajardo – Araira” realizado por la empresa “Prohidra” para “Hidrocapital” en el año 2000, ref. [13].

### **4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

El análisis realizado está constituido por varias fases que dan origen a los siguientes apartes.

#### **4.3.1 Análisis del medio físico del área de borde del tramo de río**

##### **Ubicación**

El área de estudio se encuentra ubicada al este de la región Capital del área metropolitana de Caracas, perteneciente al Municipio Plaza, Parroquia Guarenas, Estado Miranda.

Limita por el Norte con el Estado Vargas, al Este con la Parroquia Guatire, al Sur con la Parroquia Santa Lucía y al Oeste con las Parroquias Caucagüita y Filas de Mariche. (Ver figura 4.5/ plano AS-01). Desde el punto de vista geográfico se encuentra localizada entre las coordenadas:

Borde Occidental: 10°25'36" N / 66°40'9" O

Borde Oriental: 10°28'15" N / 66°39'20" O



Fig. 4.1 División Político – Territorial, Estado Miranda (Fuente: [www.miranda.gob.ve](http://www.miranda.gob.ve))

### Superficie

La cuenca del Río Guarenas drena un área  $432 \text{ km}^2$  desde la Urbanización Miranda en Caracas hasta el inicio del Canal Río Grande en el Distribuidor de la Autopista Rómulo Betancourt. Comprende el drenaje de los sectores de Brisas de Turumo, Turumo, Caucagüita, Mampote, Izcaragua, Curupao, la ciudad de Guarenas, Guatire, El Ingenio, Auyare, entre otros, ref. [13]. El área a ser caracterizada comprende las poligonales P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8 indicadas en el plano de estudio. (Ver plano AS-01).

PUNTO	NORTE	ESTE
P1	1790.6962	2500.5599
P2	1989.6429	2891.5308
P3	1350.6868	3091.8478
P4	1459.5382	3635.8378
P5	1231.6952	4107.8268
P6	1393.2103	3550.0557
P7	1631.6688	2964.2464
P8	1843.3584	2745.6731

Tabla 4.1 Cuadro de coordenadas UTM (Fuente: Propia)

### Pendientes

El área comprendida entre los sectores Mampote y El Cercado está compuesta por un relieve montañoso y medianamente abrupto, sus máximas cotas están en el orden de los 600 metros sobre el nivel del mar (msnm) y su cota mínima está en el orden de los 400 msnm. La determinación de las pendientes fue realizada mediante la interpretación de fotografías aéreas y el análisis de planos topográficos a escala 1:5000; dichas pendientes se clasificaron en tres grupos: de 0 a 10% pendientes bajas representadas con color verde claro, las pendientes que se encuentran entre el 11 y el 40% se clasificaron como moderadas y se representan con un color verde más oscuro que el anterior, y por último, todas aquellas zonas con una pendiente mayor al 40% se clasificaron como pendientes altas y se representaron con color verde oscuro, este último grupo se presenta en mayor proporción en la extensión del área de estudio, (ver plano AS-02). Es importante resaltar que los asentamientos urbanos se encuentran, en su mayoría, en las zonas de pendiente baja cuya ubicación es cercana al cauce del Río Guarenas. A continuación se presentan algunos perfiles que representan el relieve del sector en general:

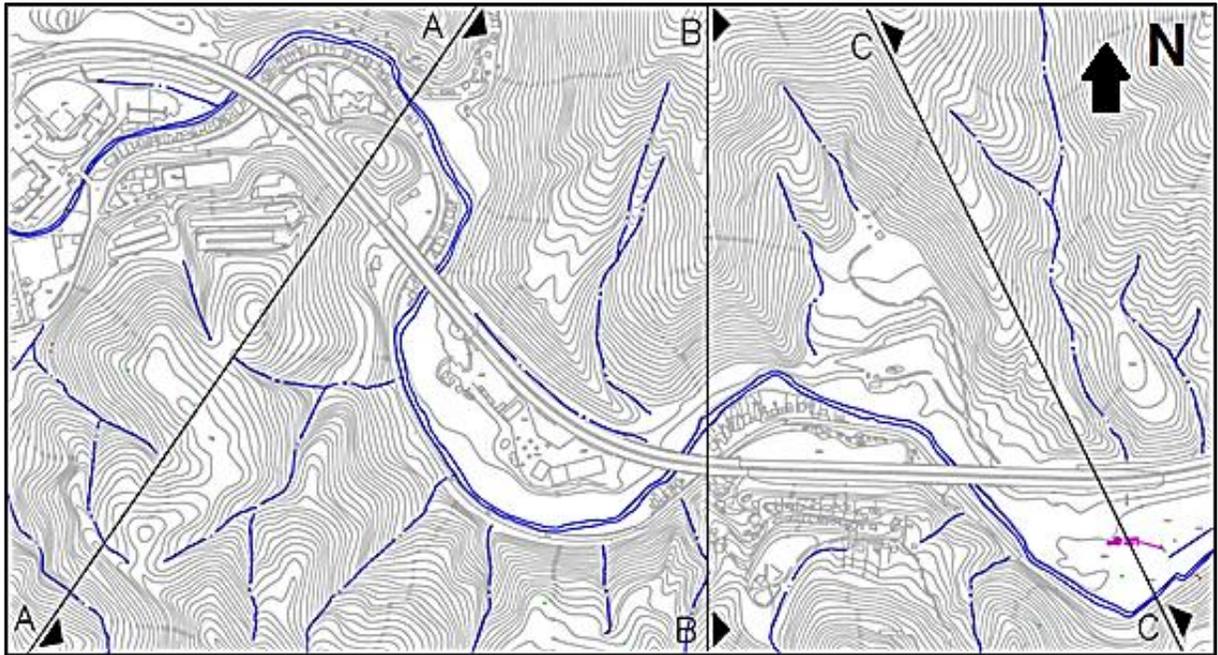


Fig. 4.2 Ubicación de las secciones utilizadas para representar el relieve general de la zona en estudio.

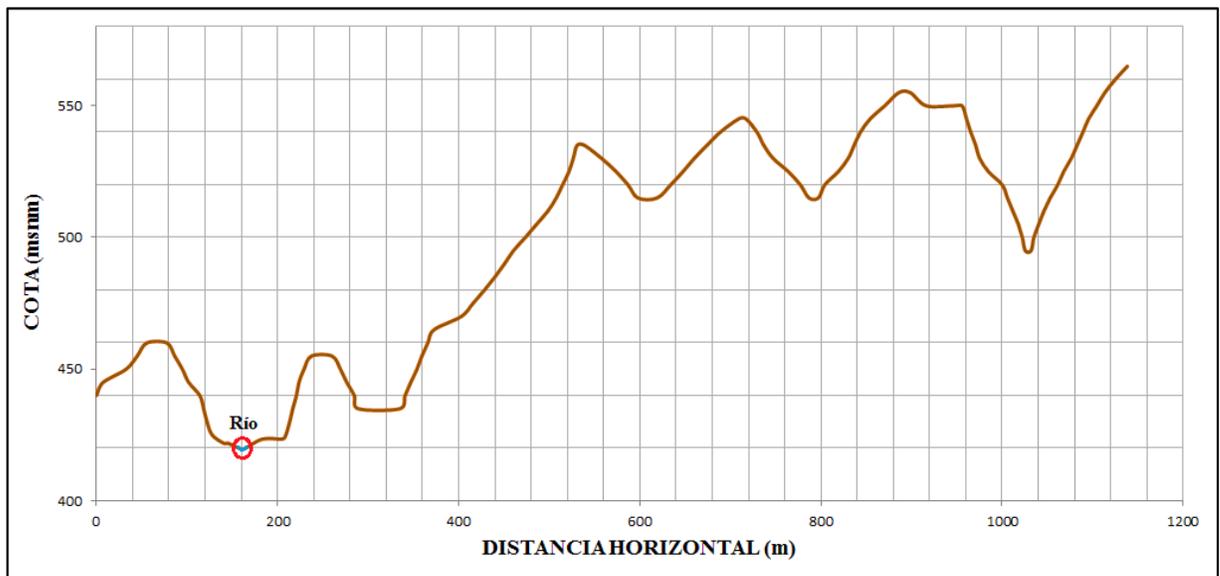


Fig.4.3 Representación del relieve según la sección A (Vista hacia aguas abajo)

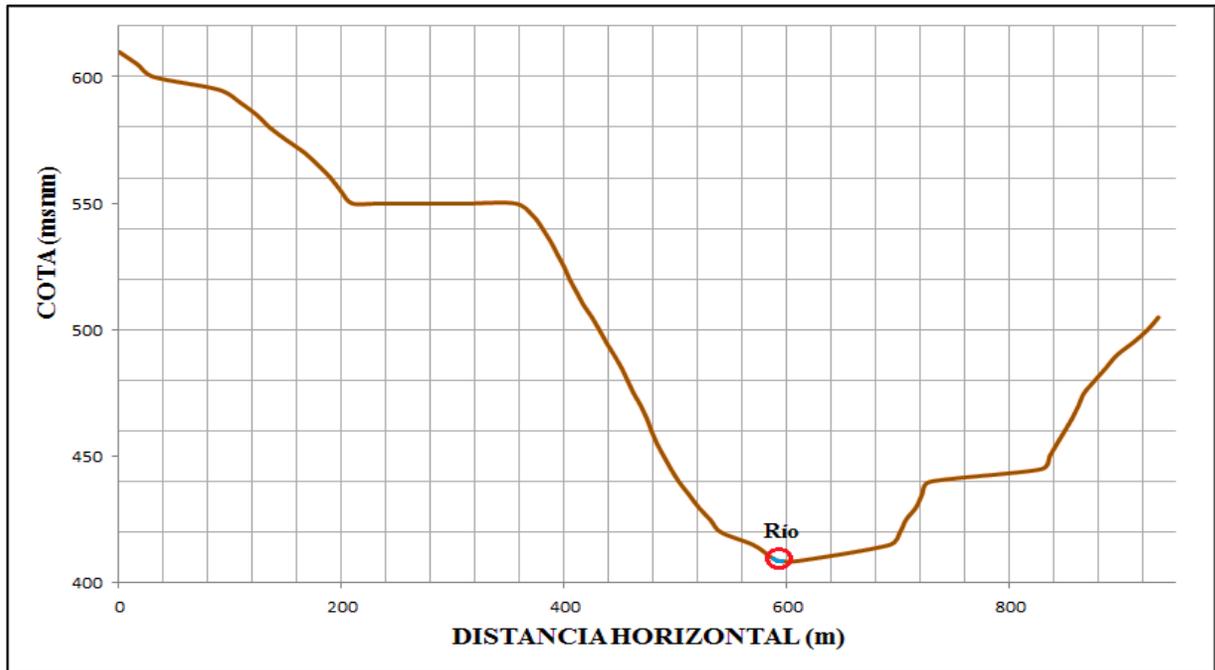


Fig.4.4 Representación del relieve según la sección B (Vista hacia aguas abajo)

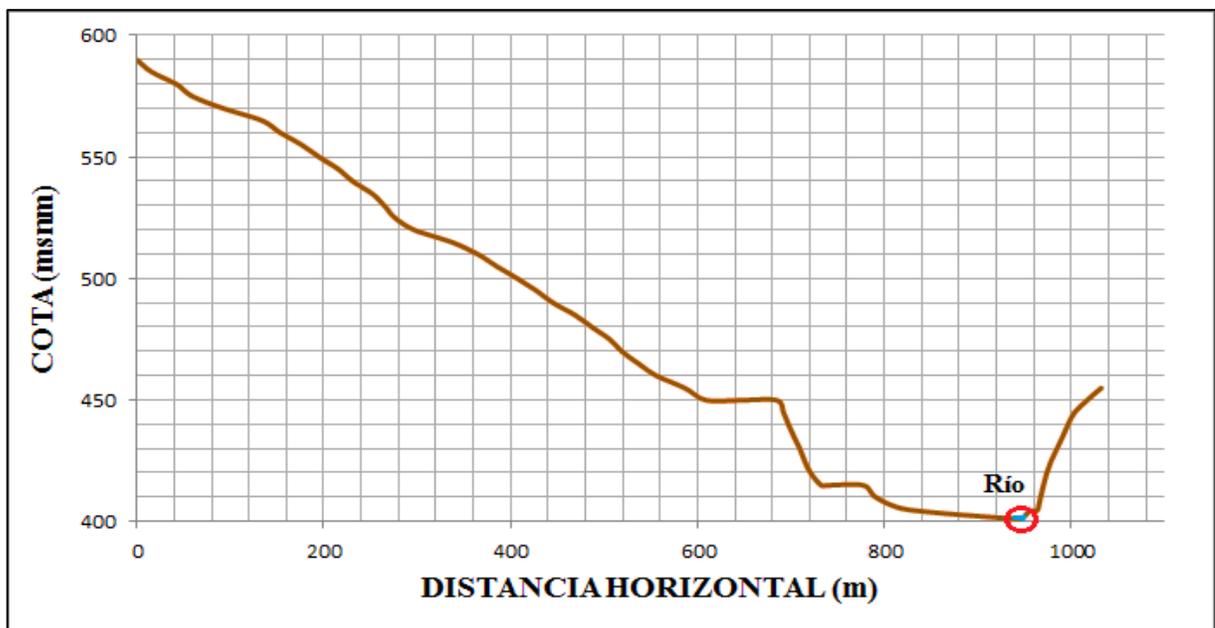


Fig.4.5 Representación del relieve según la sección C (Vista hacia aguas abajo)

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

### **Hidrografía**

El río Guarenas atraviesa la región en sentido oeste-este, nace en la fila maestra de la Serranía del Litoral. Recibe como afluente por el norte, las quebradas de El Cercado y La Estrella; y por el sur, las de Mampote, Seca, Isnape, Guacarapa, Güeime y Zumba, desembocando finalmente en el río Grande de Cauagua, el cual, a su vez, es afluente del río Tuy y este último descarga a la cuenca del Mar Caribe, ref. [14]. (Ver plano AS-03).

### **Clima**

En cuanto a las condiciones climáticas, los niveles altimétricas originan varios pisos bioclimáticos que varían desde el tropical, localizado a lo largo de la costa, hasta el montano bajo, que se desarrolla en el centro de la serranía. La pluviosidad presenta un promedio anual entre los 1300 y 1500 mm, en el sur de Barlovento y toda la zona oeste del Tuy medio, lo cual es producto de los vientos alisios cargados de humedad que penetran por Barlovento. Las lluvias están presentes hasta siete y nueve meses en esta zona. La temperatura máxima y mínima es de 27°C y 18°C en el sector de la cordillera, ref. [14].

### **Riesgos por inestabilidad de taludes**

En el área de estudio se localizaron tres (3) zonas ocupadas por equipamientos urbanos dentro del Barrio Estrella Uno que presentan una geología desfavorable desde el punto de vista de estabilidad de taludes, la primera entre las progresivas 2+137 y 1+990, la segunda entre las progresivas 1+923 y 1+870 y por último entre las progresivas 1+638 y 1+375. Las viviendas que se encuentran en estas zonas están construidas con materiales que varían desde paredes de zinc y madera, hasta paredes hechas con bloques de arcilla o cemento y techos de zinc. (Ver fotos 4.1, 4.2 y plano AS-04).



FOTO 4.1 Vivienda ubicada en la zona tres (3) entre las progresivas 1+638 y 1+375 (Fuente: Propia).



FOTO 4.2 Representación de los materiales de construcción de las viviendas ubicadas en la zona tres (3). (Fuente: Propia).

### **4.3.2 Análisis de entorno urbano del área de borde del tramo de estudio**

#### **Evolución histórica del crecimiento de la cuenca en las últimas décadas.**

El proceso de ocupación de las áreas de protección de los ríos de nuestro país va asociado al proceso de urbanización desordenada que pobló las grandes ciudades en los últimos cuarenta años del siglo XX.

Por la cercanía y accesibilidad del área de estudio a los conglomerados urbanos formados por los ejes Guarenas-Guatire y la zonas industriales de Petare y Fila de Mariches, podemos observar como el patrón de ocupación al borde del Río se fue extendiendo hasta conformar una mancha importante en la forma (morfología urbana) xde la ciudad en proceso formativo.

Las condiciones de informalidad y desplanificación en el desarrollo de nuestras ciudades, especialmente en lo relativo a la distribución y construcción de los nuevos asentamientos urbanos, se evidencia en las formas como fueron ocupados los bordes de las zonas de protección del Río Guarenas. En sus inicios fue ocupado mayoritariamente por usos industriales, para derivar en el tiempo, en zonas desactivadas económicamente, (proceso de clausura de muchas de estas industrias) dando paso a espacios residuales para ser ocupados por viviendas informales muchas de ellas, carentes de servicios e infraestructura de apoyo.

A continuación se presentan imágenes de la zona de estudio:

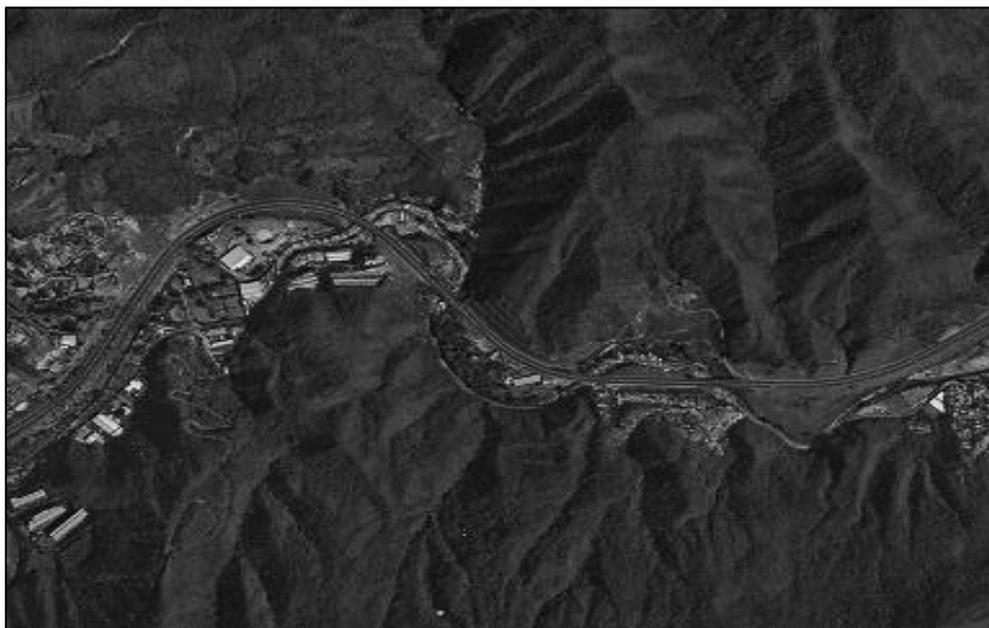


Fig. 4.6. Vista aérea del Río Guarenas año 2002

(Fuente: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar)



Fig. 4.7. Vista aérea del Río Guarenas año 2012

(Fuente: Google Earth 2012)

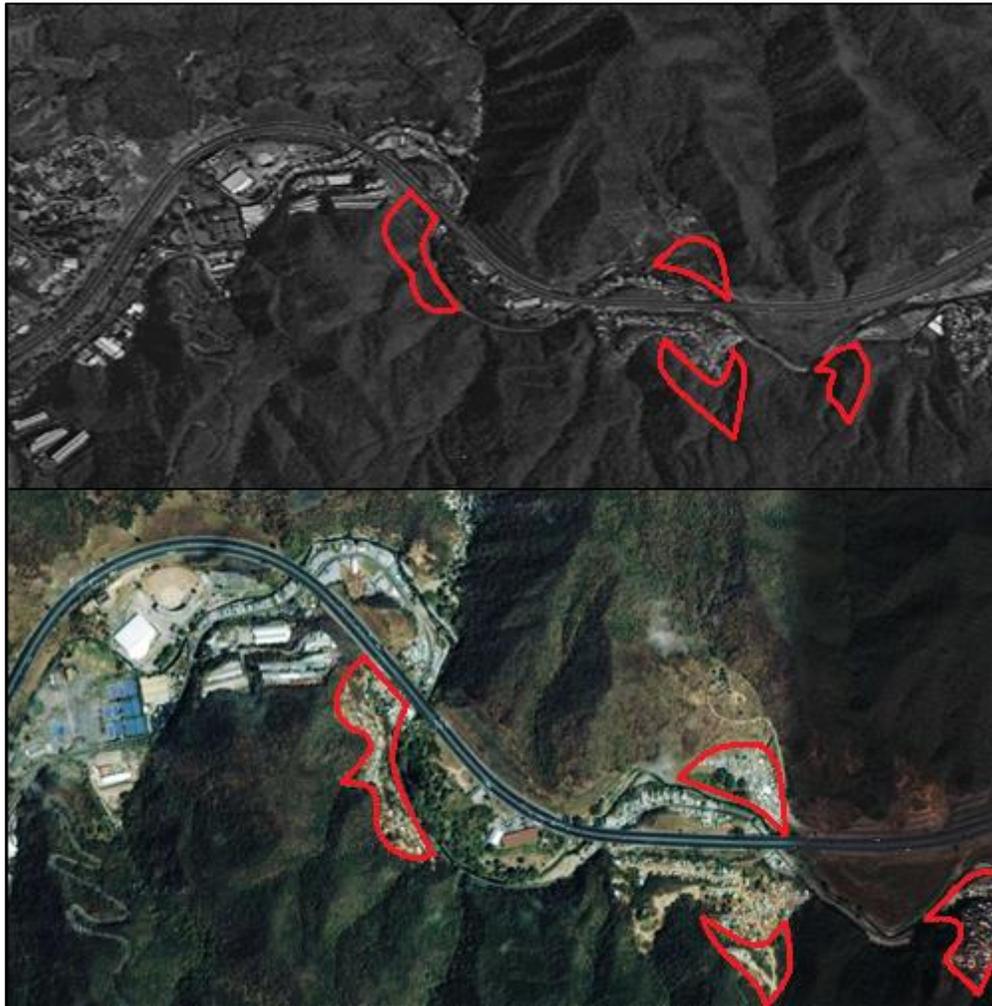


Fig. 4.8. Comparación de espacios ocupados entre el año 2002 y el año 2012

En la figura 4.8 se aprecia el incremento de asentamientos informales de viviendas entre el año 2002 y el año 2012.

### Usos de suelo

Una vez elaborado el registro fotográfico del cauce, se aprovechó la ocasión para realizar la caracterización urbana básica de la zona, es decir, se observaron las adyacencias

del río en el tramo de estudio y se identificó cuáles de las estructuras existentes correspondían a viviendas, industrias, talleres, centros de salud, áreas deportivas, vialidad, etc.

Con respecto a los equipamientos existentes en las adyacencias del Río Guarenas se realizó una visita al sitio de estudio, recorriendo y detallando las condiciones físicas del cauce y las cercanías del mismo, donde se encontraron viviendas conformadas principalmente por edificaciones del tipo unifamiliar, en combinación con estructuras tipo galpones de uso industrial (talleres mecánicos, depósito, etc.). Las viviendas que se localizan en el tramo son del tipo unifamiliar que varían entre estructuras aparentemente fuertes hasta estructuras en condiciones precarias construidas con diversos materiales como cartón, zinc, madera, entre otros; en algunos casos son utilizadas las terrazas de la planta baja como abastos o venta de comida (ver fotos 4.3, 4.4, 4.5).



FOTO 4.3 Viviendas aparentemente fuertes en la progresiva 2+194 (Fuente: propia)

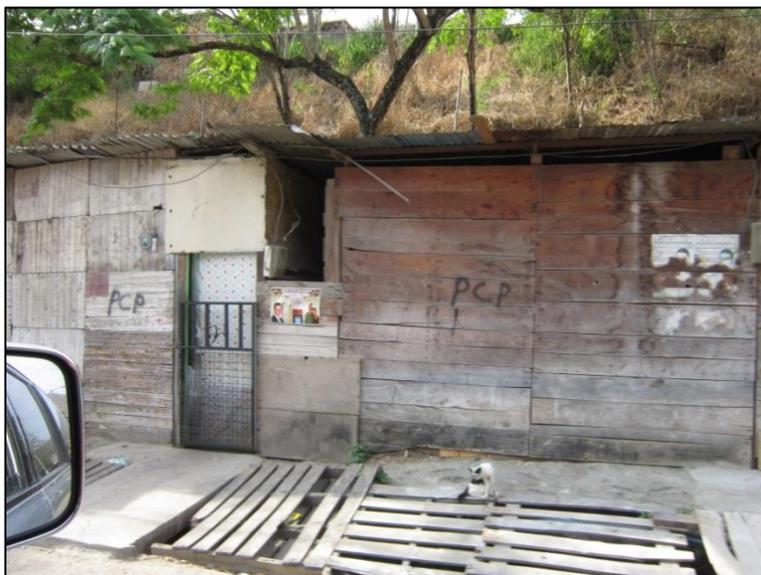


FOTO 4.4 Viviendas en condición precaria en la progresiva 1+570 (Fuente: propia)



FOTO 4.5 Espacio utilizado para el comercio en la progresiva 1+375 (Fuente: propia)

Adicionalmente se encuentra un Consultorio Popular Barrio Adentro ubicado en la progresiva 1+030 y unas instalaciones deportivas en la progresiva 2+548. (Ver Fotos 4.6, 4.7 y planos AU-01, AU-02, AU-03 y AU-04).



FOTO 4.6 Consultorio Popular Barrio Adentro en la progresiva 1+030 (Fuente: propia)



FOTO 4.7 Estadio de Béisbol Mampote en la progresiva 2+548 (Fuente: propia)

### **Vialidad y transporte**

Incluye la circulación exterior, las conexiones y la red interna de circulación con sus vías vehiculares y peatonales (veredas y escaleras).

---

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

La vialidad estructurante que se aprecia en el área de estudio tiene que ver con los dos sistemas de conexión existentes en el sector que son la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, que la atraviesa a todo lo largo de su extensión, cortando el área de estudio en dos grandes trozos, parcialmente incomunicados.



FOTO 4.8 Vista general de la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho desde el área de estudio en la progresiva 2+306

(Fuente: propia)

Por ser un área residual a lo largo de la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, no existe ningún enlace vial que permita alguna conexión hacia el sector de estudio, dejando sólo la carretera vieja Petare – Guarenas, cuyo alineamiento es paralelo al lecho del Río Guarenas; como única comunicación desde y hacia los centros de servicios en Caracas o en la ciudad de Guarenas.

Al interior del área de estudio podemos observar vialidades secundarias, producto de la vieja configuración de zona industrial que permitió la comunicación hacia los centros de distribución de mercancías, por los estudios y observaciones al sitio se pudo apreciar que

muchos de los servicios de infraestructura, corren a lo largo de la vía, aunque se aprecia en algunos sectores las descargas al río Guarenas directamente a su cauce, lo que nos hace suponer la carencia de muchos de estos servicios en las áreas aledañas.

El estado general de la vialidad es crítico, especialmente al borde del Río Guarenas, debido a las roturas de la misma derivadas de los desbordamientos del río. Muchas de las personas que viven en los sectores del área de estudio se movilizan con un precario sistema de transporte público que sirve y moviliza a la población por el eje urbano Caracas-Guarenas y cuyas paradas se pueden apreciar a lo largo de su recorrido. Además la mayoría de los servicios de transporte terrestre de uso cotidiano de los habitantes de la zona transitan por ella.

### **4.3.3 Análisis Hidráulico del tramo de río**

Se realizaron visitas de campo donde se observaron las condiciones actuales del cauce, posteriormente, esta información se documentó de forma detallada en las planillas incluidas en los anexos (ver anexo A). El criterio utilizado para la realización de las mismas fue la división del tramo de estudio en 18 segmentos según el tipo de sección y pendiente de fondo; en algunos casos existen tramos consecutivos con las mismas características de sección transversal pero con diferencia en la pendiente de fondo, como también existen tramos con esta última característica igual pero con diferentes secciones transversales.

Las secciones transversales se clasificaron en tres categorías: rectangular canalizada, natural y mixta. La rectangular corresponde a una sección, con esa forma, revestida en concreto; la natural, como su nombre lo indica, se refiere al cauce sin ningún tipo de canalización artificial; y por último, la clasificación mixta se refiere a aquellas secciones que contienen un margen de material natural (sin canalización artificial) y en el otro conserva el muro de canalización en concreto.

Para la introducción de los datos geométricos en el modelo HEC-RAS, se trazaron 49 secciones transversales al cauce, sobre el plano base, cada 50 metros en promedio. (Ver Fig. 4.9 y anexo B)

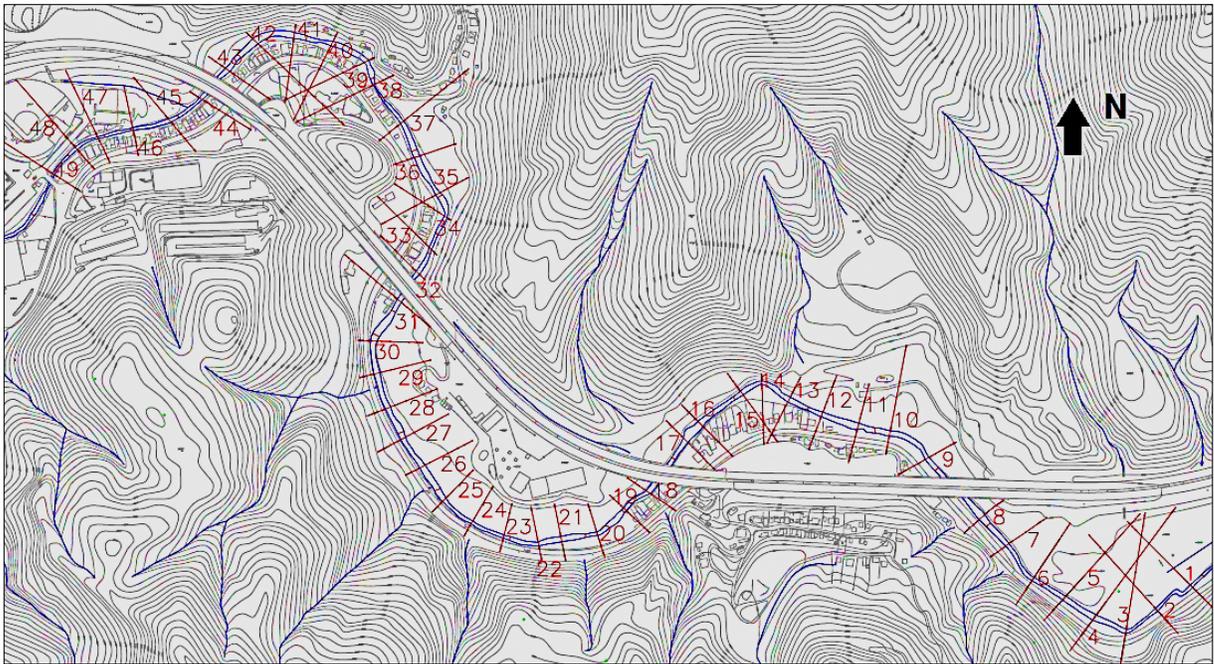


Fig. 4.9 Representación de las secciones transversales trazadas sobre el plano base. (Fuente: propia)

Es importante indicar que en este trabajo no se realizó un estudio hidrológico, la respuesta hidrológica de la cuenca se consultó en el trabajo “Plan General de Drenajes de Ciudad Fajardo – Araira” realizado por la empresa “Prohida” en el año 2000 (ref. [13]); de tal forma que se seleccionaron los caudales que se muestran en la tabla 4.2 correspondientes al punto más aguas arriba del estudio antes mencionado ubicado en el barrio Tamarindo (ver figura 4.10). Cada caudal es representativo de un perfil hidráulico dentro del modelo HEC-RAS.

SITIO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PERÍODO DE RETORNO (años)				
		5	10	25	50	100
Barrio Tamarindo	144.5	95	105	135	175	247

Tabla 4.2 Caudales máximos en m<sup>3</sup>/s. Ref. [13].

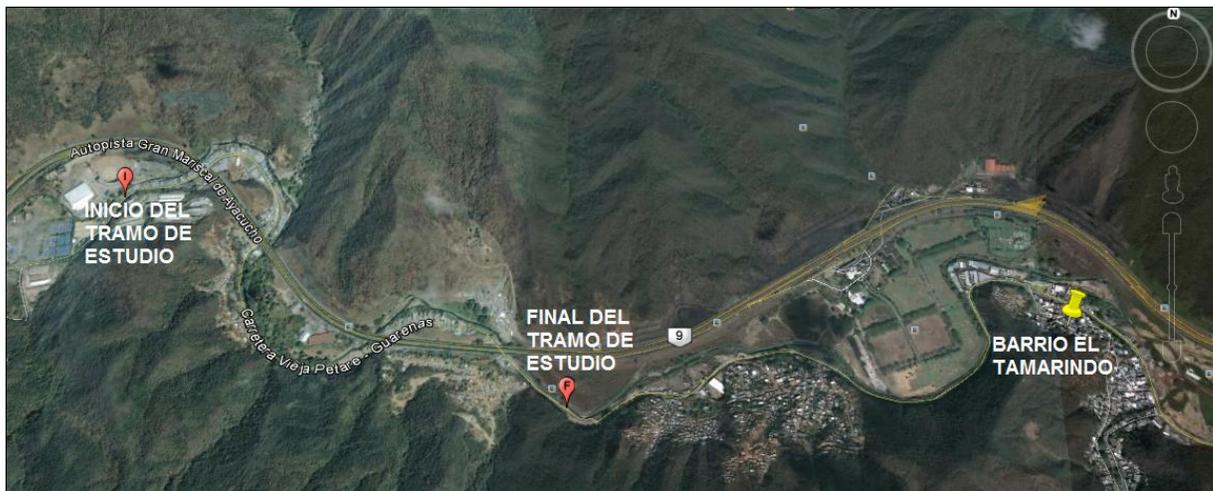


Figura 4.10 Ubicación del punto tomado como referencia para la selección de los caudales máximos

(Fuente: Google Earth, 2013).

#### 4.3.4 Modelo de Simulación HEC-RAS 4.1.0

Para la determinación de la planicie de inundación del tramo en estudio se utilizó como herramienta de cálculo el modelo de simulación hidráulica HEC-RAS. Para la ejecución del programa se requieren los siguientes datos:

- **Geométricos:** Se introduce un esquema representativo del cauce dibujándolo de izquierda a derecha, donde el extremo izquierdo corresponde al punto más aguas arriba del tramo y el derecho el más aguas abajo. A continuación se procede a introducir la información correspondiente a cada una de las secciones transversales, de manera que

el programa las va ubicando automáticamente sobre el esquema de planta (ver Fig. 4.11, 4.12 y anexo B).

La información de los puntos que conforman cada sección se extrajo del plano base. También se introdujeron valores del coeficiente de Manning (ver tabla 4.3) usando como referencia el criterio establecido en la ref. [12]. La determinación de este valor se realizó mediante el principio de rugosidad equivalente debido a la heterogeneidad del material que conforma cada sección. Éste no fue calculado matemáticamente; se estableció mediante comparaciones visuales entre las fotos obtenidas en la visita al sitio y las imágenes del libro citado anteriormente, dando más importancia al material presente en mayor porcentaje dentro de la sección.

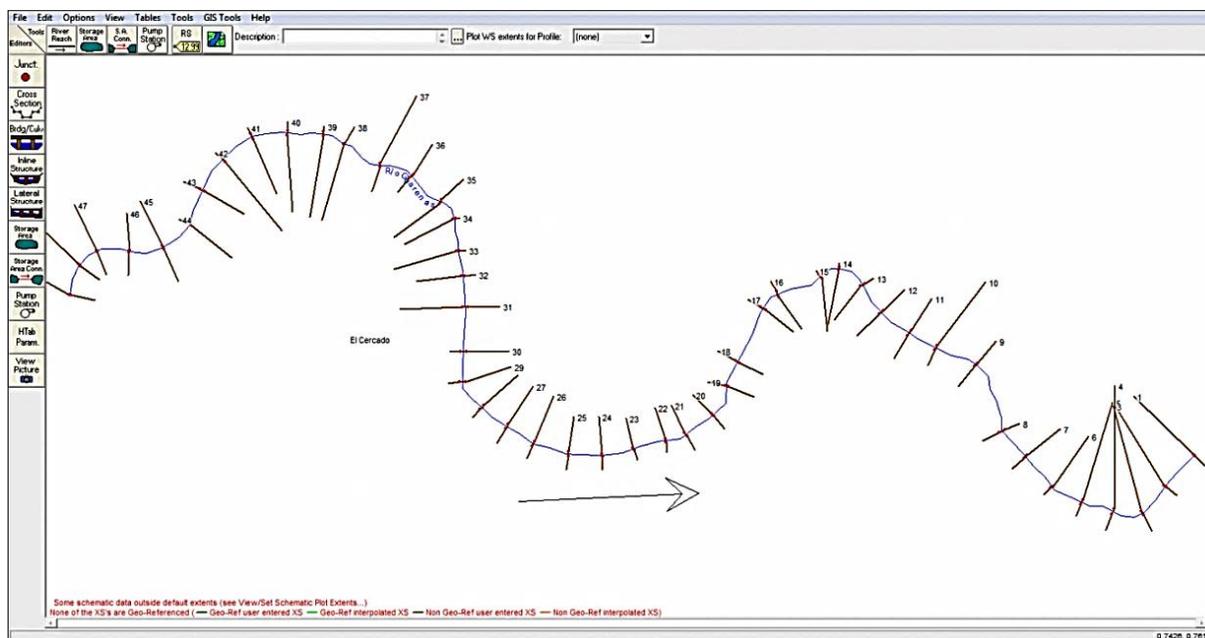


Fig. 4.11 Representación de esquema del cauce visto en planta (Fuente: HEC-RAS).

Secciones	Margen Izquierdo		Centro		Margen Derecho	
	Material	n	Material	n	Material	n
1 a 8	Vegetación abundante	0.050	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Vegetación abundante	0.050
9 y 10	Concreto y vegetación abundante	0.040	Concreto, gran cantidad de sedimentos	0.030	Concreto y vegetación abundante	0.040
11	Vegetación abundante	0.050	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Concreto, asfalto y vegetación	0.030
12 y 13	Vegetación abundante	0.050	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Vegetación abundante	0.050
14 a 17	Vegetación abundante	0.050	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Concreto con presencia de malezas	0.035
18 y 19	Concreto y vegetación abundante	0.040	Concreto, gran cantidad de sedimentos	0.030	Concreto y vegetación abundante	0.040
20 a 31	Vegetación abundante	0.050	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Concreto, asfalto y vegetación	0.030
32 a 37	Vegetación abundante	0.050	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Sedimentos gravosos y escombros de gran tamaño	0.035
38	Vegetación abundante	0.050	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Concreto, viviendas y vegetación	0.030
39 a 41	Roca (cortes afilados e irregulares) y vegetación abundante	0.045	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Vegetación abundante, sedimentos gravosos y viviendas	0.035
42 y 43	Roca (cortes afilados e irregulares) y vegetación abundante	0.045	Suelo natural con presencia de piedras	0.032	Escombros de gran tamaño	0.050
44 y 45	Concreto y vegetación abundante	0.048	Concreto, gran cantidad de sedimentos	0.030	Concreto, viviendas y vegetación	0.035
46 y 47	Escombros de gran tamaño y suelo natural	0.050	Suelo natural con presencia de piedras y escombros	0.050	Concreto y viviendas	0.050
48	Concreto, vegetación y restos de viviendas	0.040	Concreto, gran cantidad de sedimentos	0.030	Concreto, vegetación y restos de viviendas	0.040
49	Concreto, vegetación abundante y asfalto	0.038	Concreto, gran cantidad de sedimentos	0.030	Concreto, vegetación y restos de viviendas	0.040

Tabla 4.3 Coeficiente de rugosidad asignado a las secciones según el tipo de material.

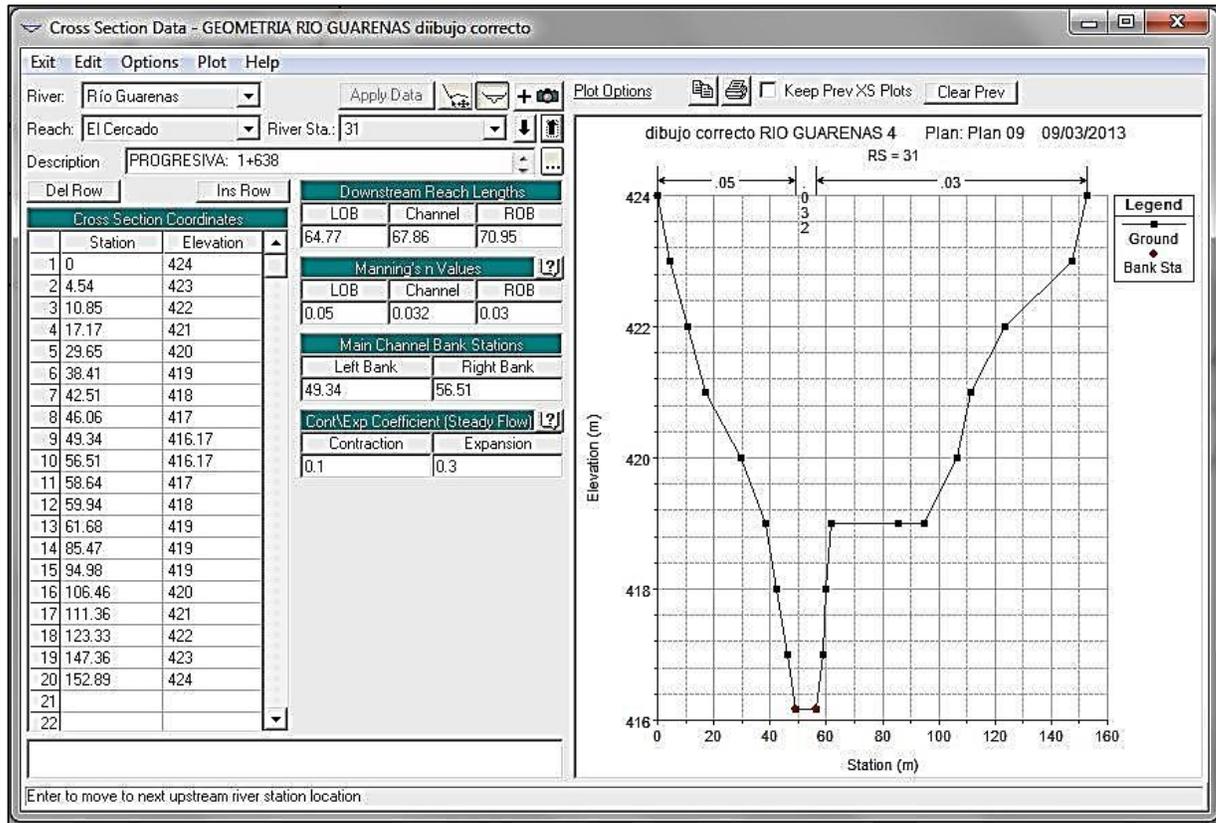


Fig. 4.12 Sección transversal N° 31 (1+638). (Fuente: HEC-RAS).

- Información de flujo y corrida: Se introdujeron los caudales máximos (Tabla 4.2) asociados a cinco períodos de retorno variando de  $T_r = 5$  hasta  $T_r = 100$ , (ver Fig. 4.13). Para facilitar el análisis hidráulico se consideró el estado de flujo permanente; se asignaron como, condiciones de borde, profundidad crítica aguas arriba y profundidad normal ( $S_o = 0.01$ ) aguas abajo, (ver Fig. 4.14). Estas condiciones resultaron las más convenientes de acuerdo a lo observado en el sitio, en especial el caso de altura normal aguas abajo, ya que el cauce aguas abajo del Cercado tiende a ser bastante estable. Para finalizar la introducción de datos al modelo se procedió a la corrida del mismo, seleccionando el comportamiento del río como régimen mixto. (Ver Fig. 4.15).

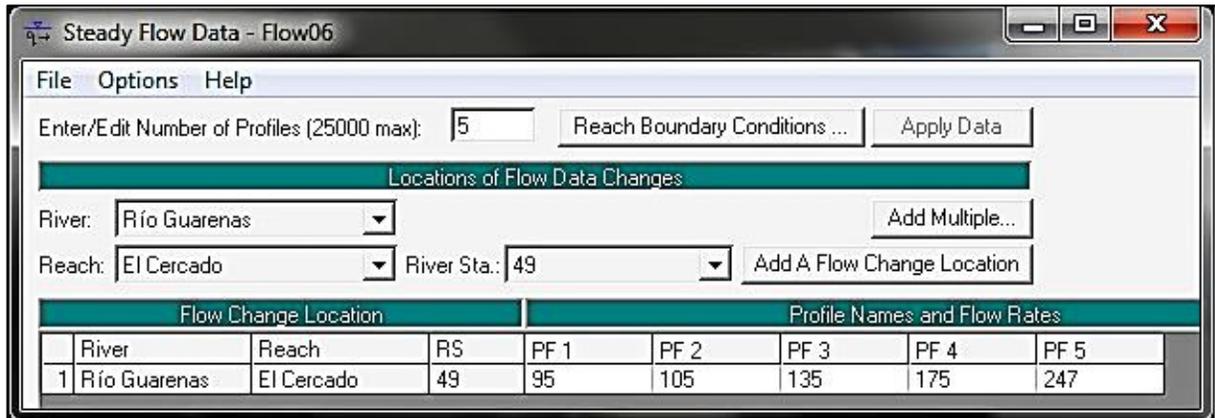


Fig. 4.13 Caudales máximos correspondientes a los perfiles que se desean obtener.

(Fuente HEC-RAS).

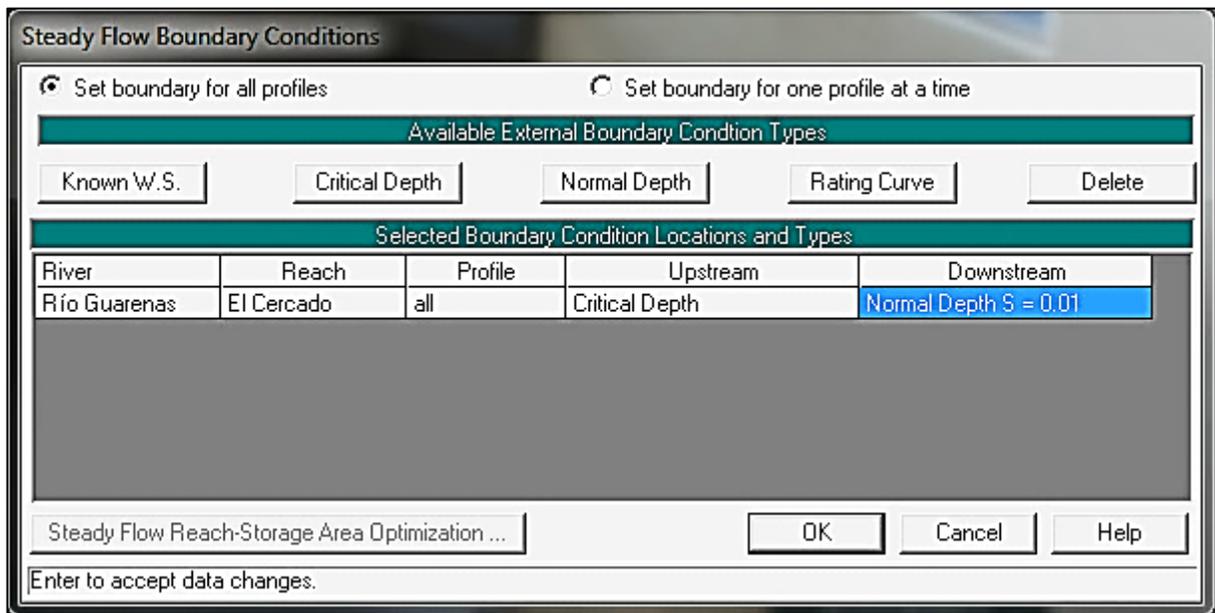


Fig. 4.14 Condiciones de borde asumidas en el modelo.

(Fuente: HEC-RAS).

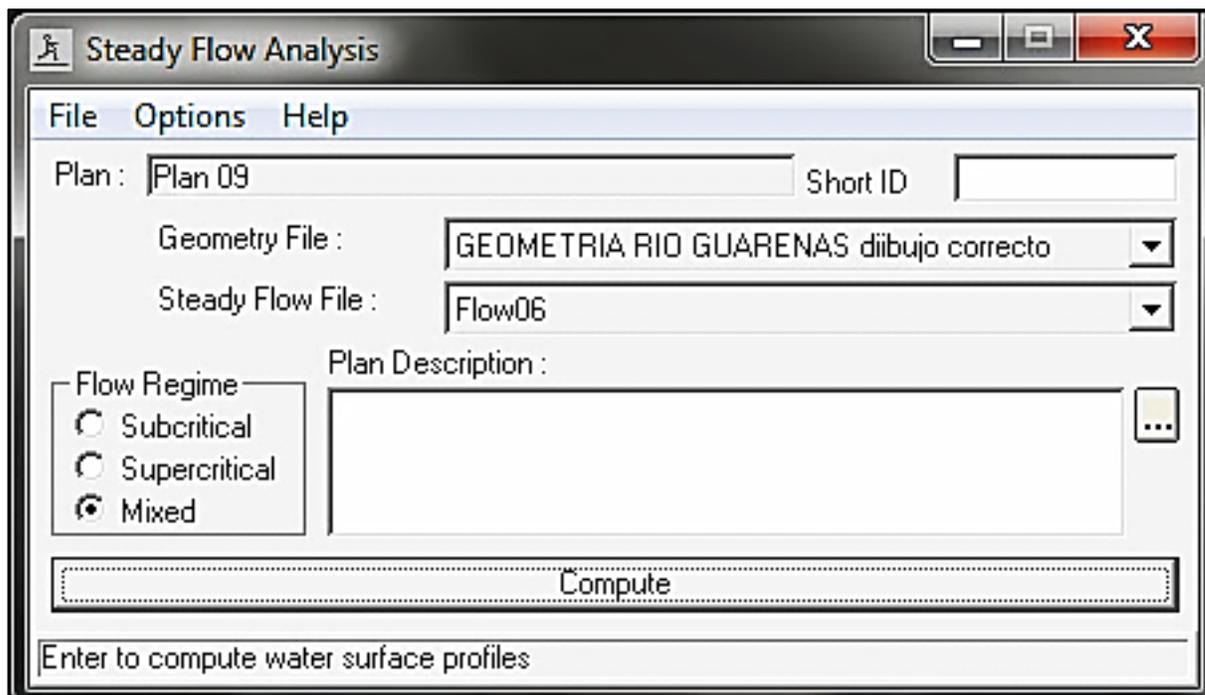
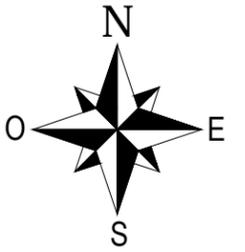
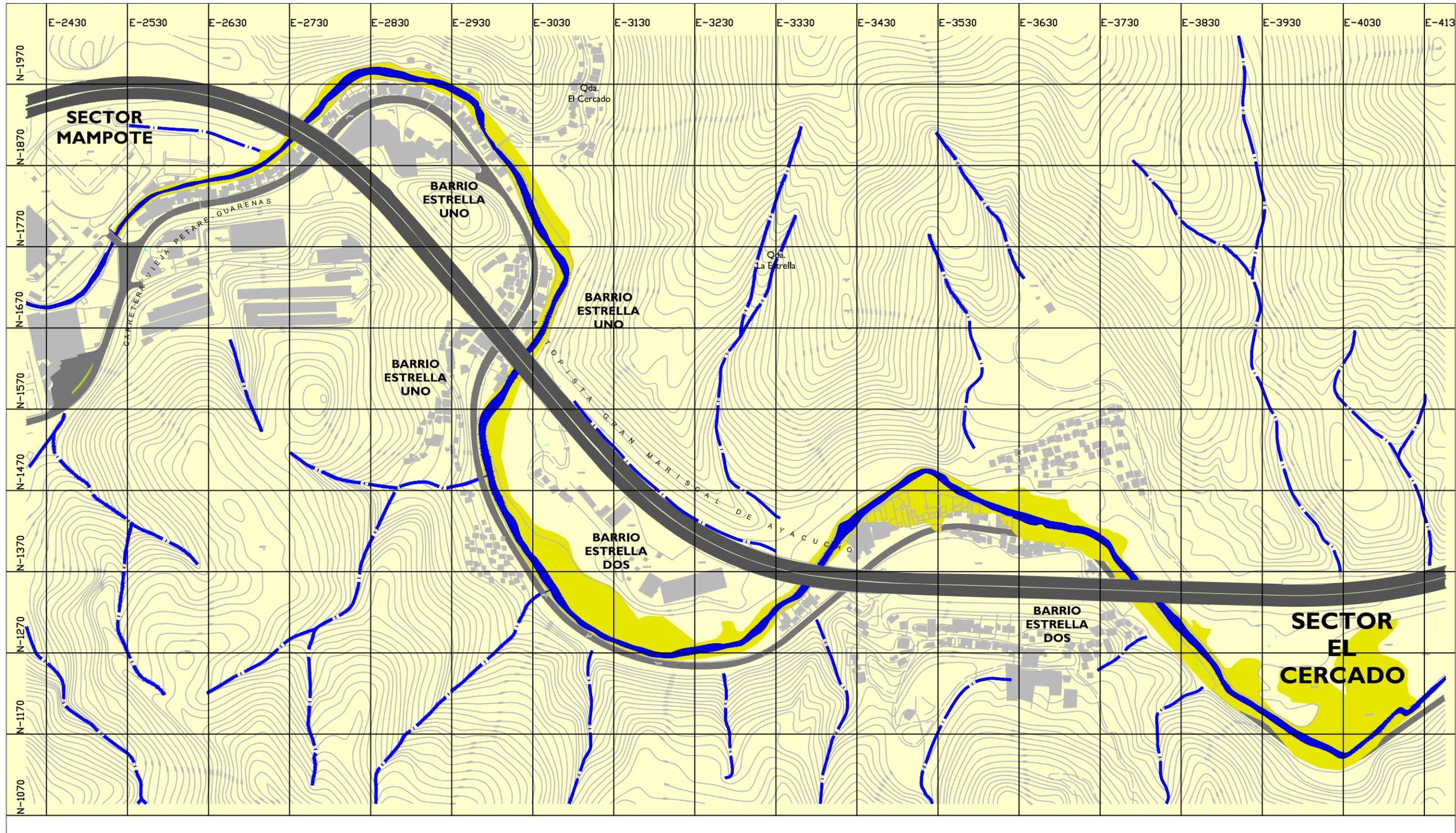


Fig. 4.15 Selección del tipo de régimen para iniciar la corrida del programa.

(Fuente HEC-RAS).

Posterior a la corrida del programa se realizó el análisis de la respuesta obtenida para cada caudal (ver capítulo 5) y se trasladaron al plano base las manchas de inundación correspondientes a cada uno de ellos (ver planos AH-01 hasta AH-05).

En referencia a las manchas de inundación obtenidas para cada período de retorno, se realizó una envolvente para lograr mostrar la vulnerabilidad que presentan las zonas donde se ubican las actividades urbanas (equipamientos y servicios mencionados en el aparte 4.3.2), con el fin de generar una herramienta que pueda ser utilizada en futuros proyectos urbanísticos (ver plano S-01).



**LEYENDA:**

MANCHA DE INUNDACIÓN  $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

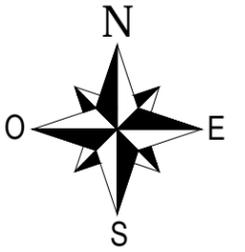
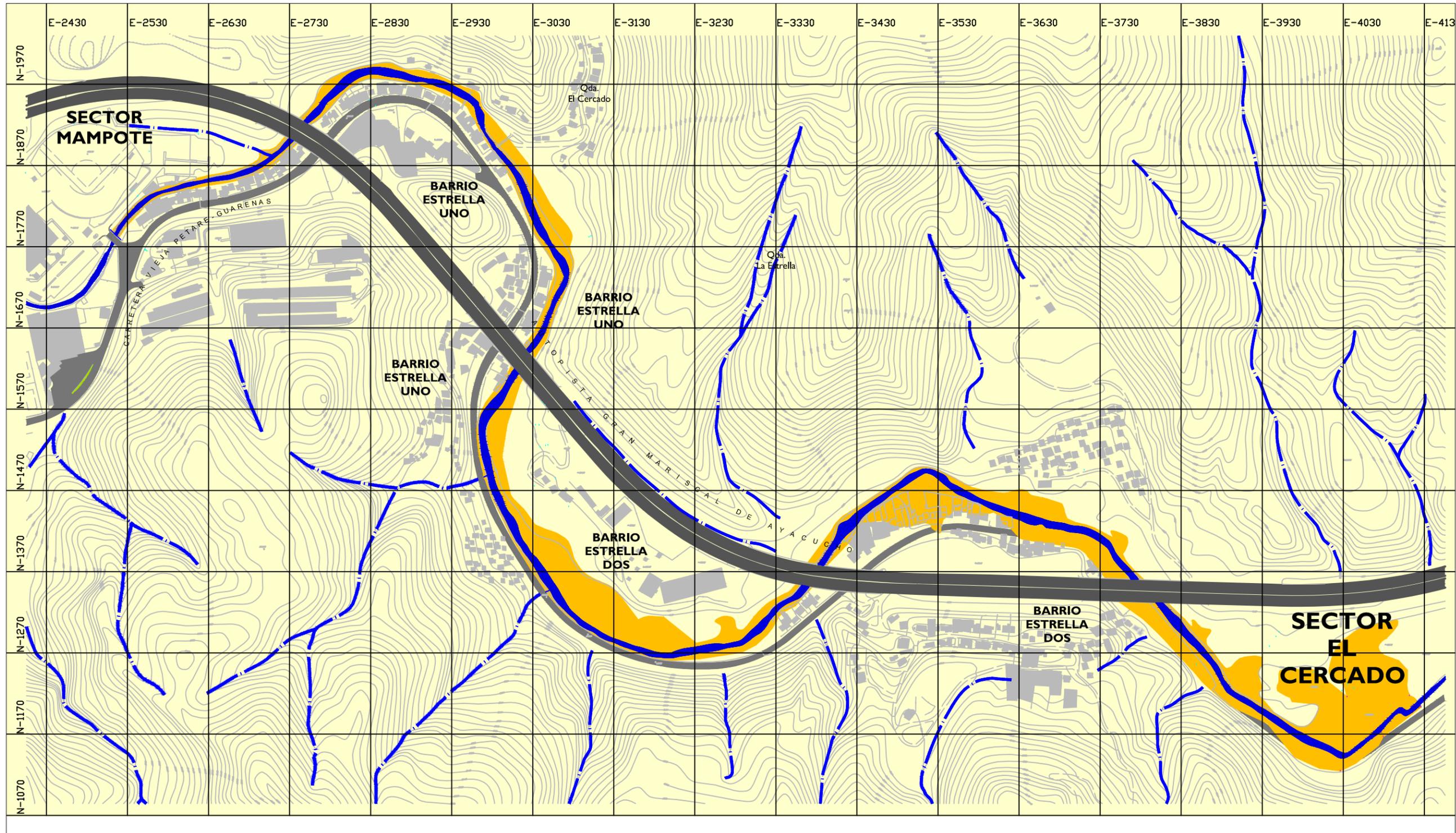
Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCAO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGIA:**
- RÍO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores: Bach. Lejar Méndez  
 Cl. 18.709.925  
 Bach. Francisco Terán  
 Cl. 17.643.758  
 Escala: 1:5000  
 Capítulo: MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS HIDRÁULICO**

Plano No:  
**AH-01**  
 Título:  
**MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 5 AÑOS**



**LEYENDA:**

MANCHA DE INUNDACIÓN  $Q_{10} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

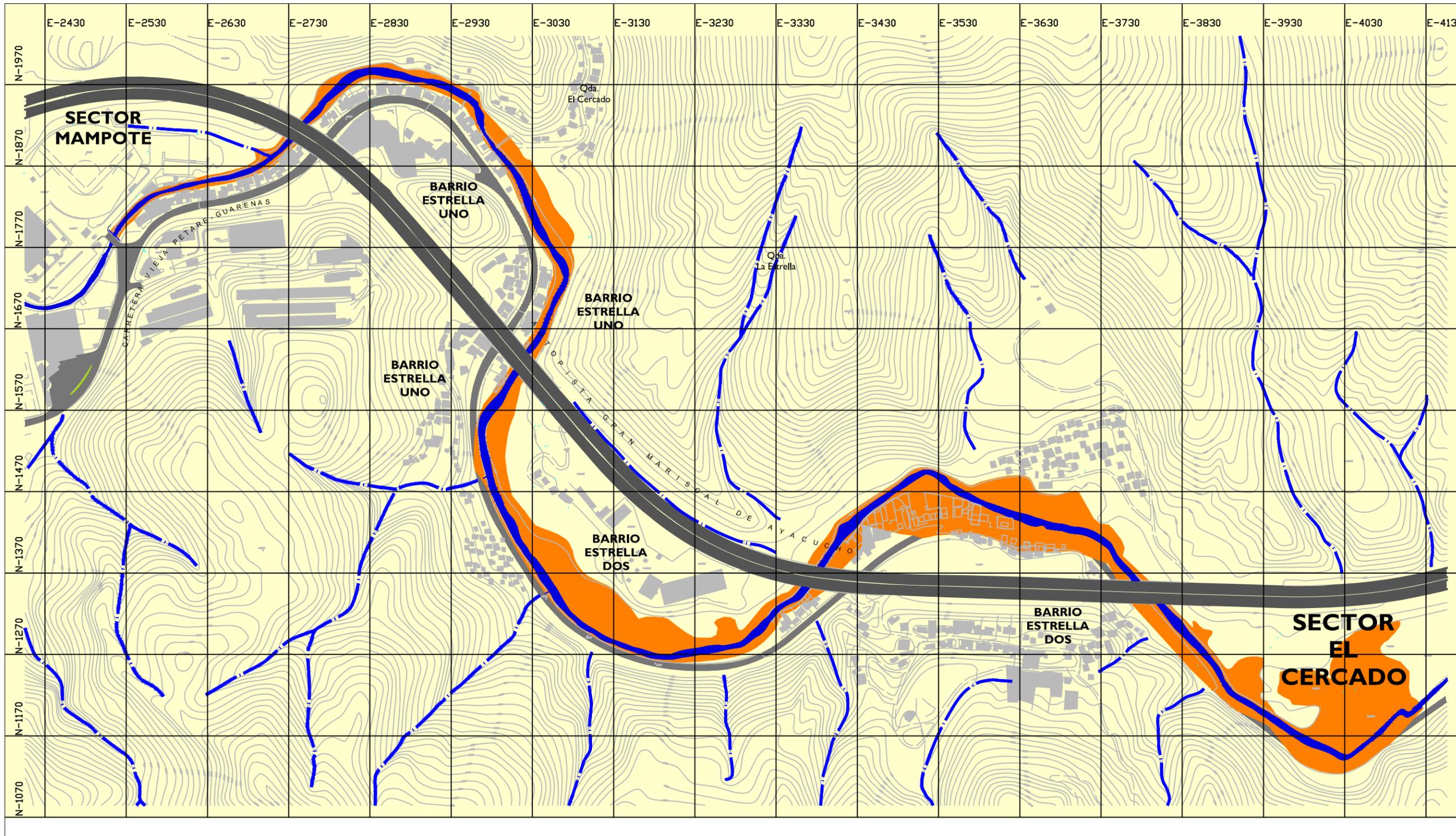
- SIMBOLOGIA:**
- RÍO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores:	Bach. Lejar Méndez Cl. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Cl. 17.643.758
Escala:	1:5000
Capítulo:	MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS HIDRÁULICO**

Plano No:  
**AH-02**

Título:  
**MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 10 AÑOS**



**LEYENDA:**

■ MANCHA DE INUNDACIÓN  $Q_{25} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

**SIMBOLOGIA:**

- RÍO GUARENAS
- AUTOPISTA
- VIALIDAD PRINCIPAL
- - - QUEBRADAS
- VIVIENDAS

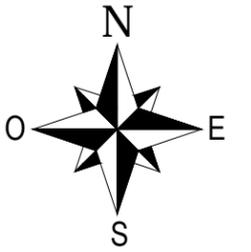
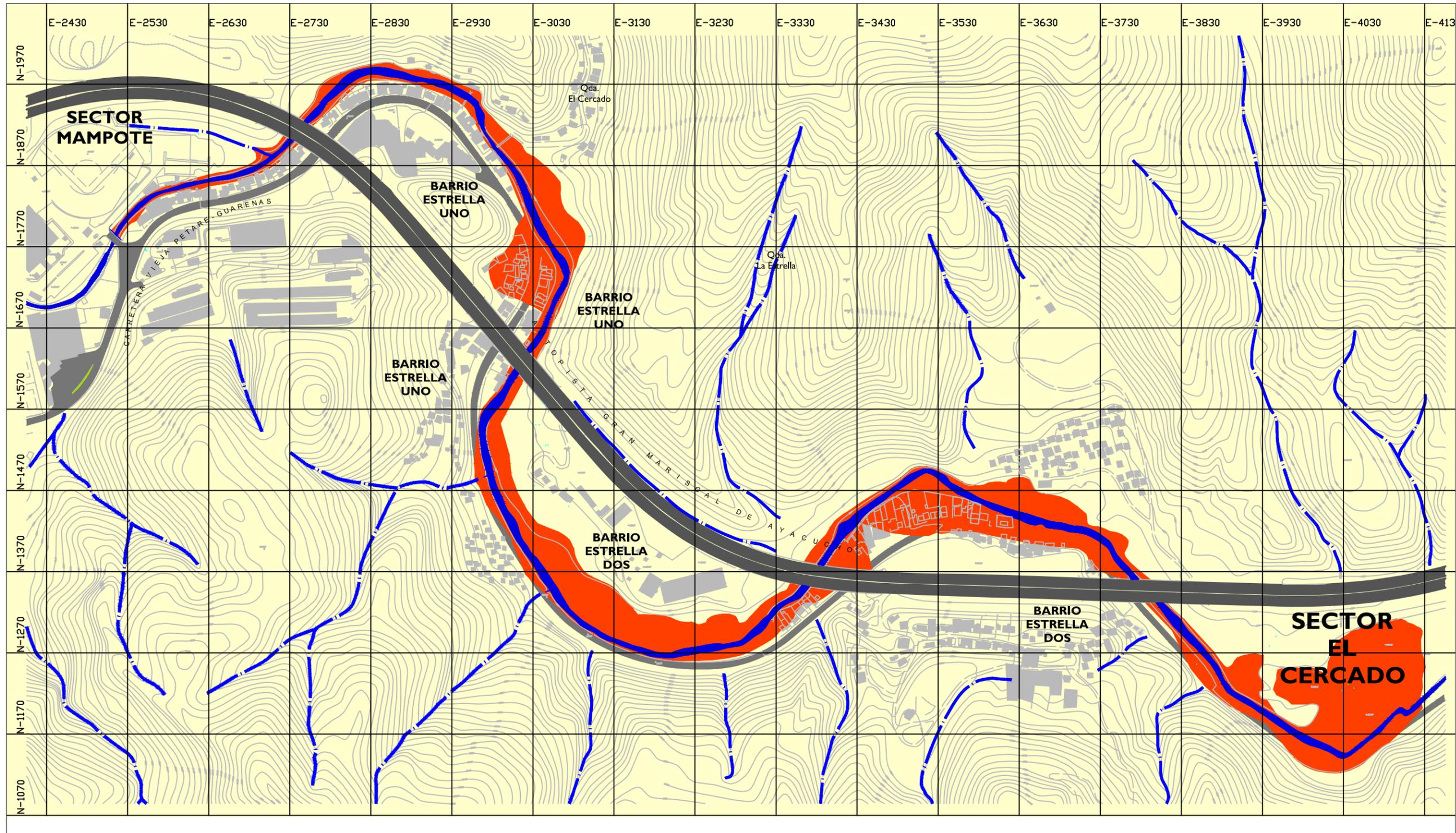
Autores:	Bach. Lejar Méndez Cl. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Cl. 17.643.756
Escala:	1:5000
Capítulo:	MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS HIDRÁULICO**

Plano No:  
**AH-03**

Título:  
**MANCHA DE INUNDACIÓN  
 Tr 25 AÑOS**

Página: 72



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGIA:
- RÍO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores: Bach. Leiar Méndez  
 Cl. 18.709.925  
 Bach. Francisco Terán  
 Cl. 17.643.756

Escala: 1:5000

Capítulo: MARCO METODOLÓGICO

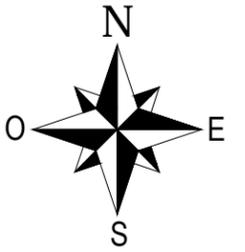
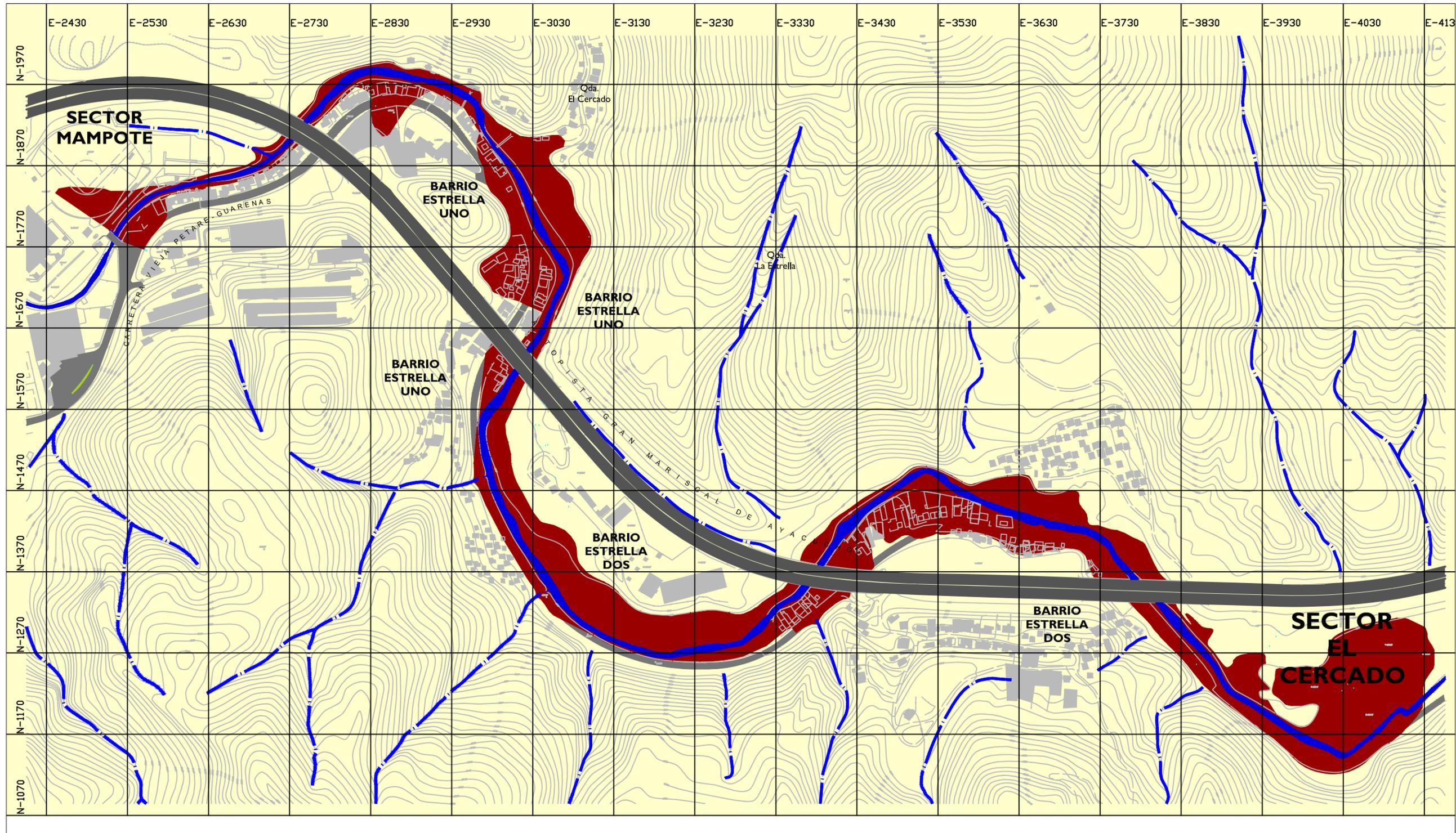
**ANÁLISIS HIDRÁULICO**

Plano No:  
**AH-04**

Título:  
**MANCHA DE INUNDACIÓN  
 Tr 50 AÑOS**

**LEYENDA:**

MANCHA DE INUNDACIÓN  $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$



**LEYENDA:**

MANCHA DE INUNDACIÓN  $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

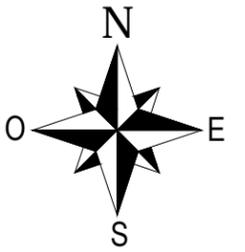
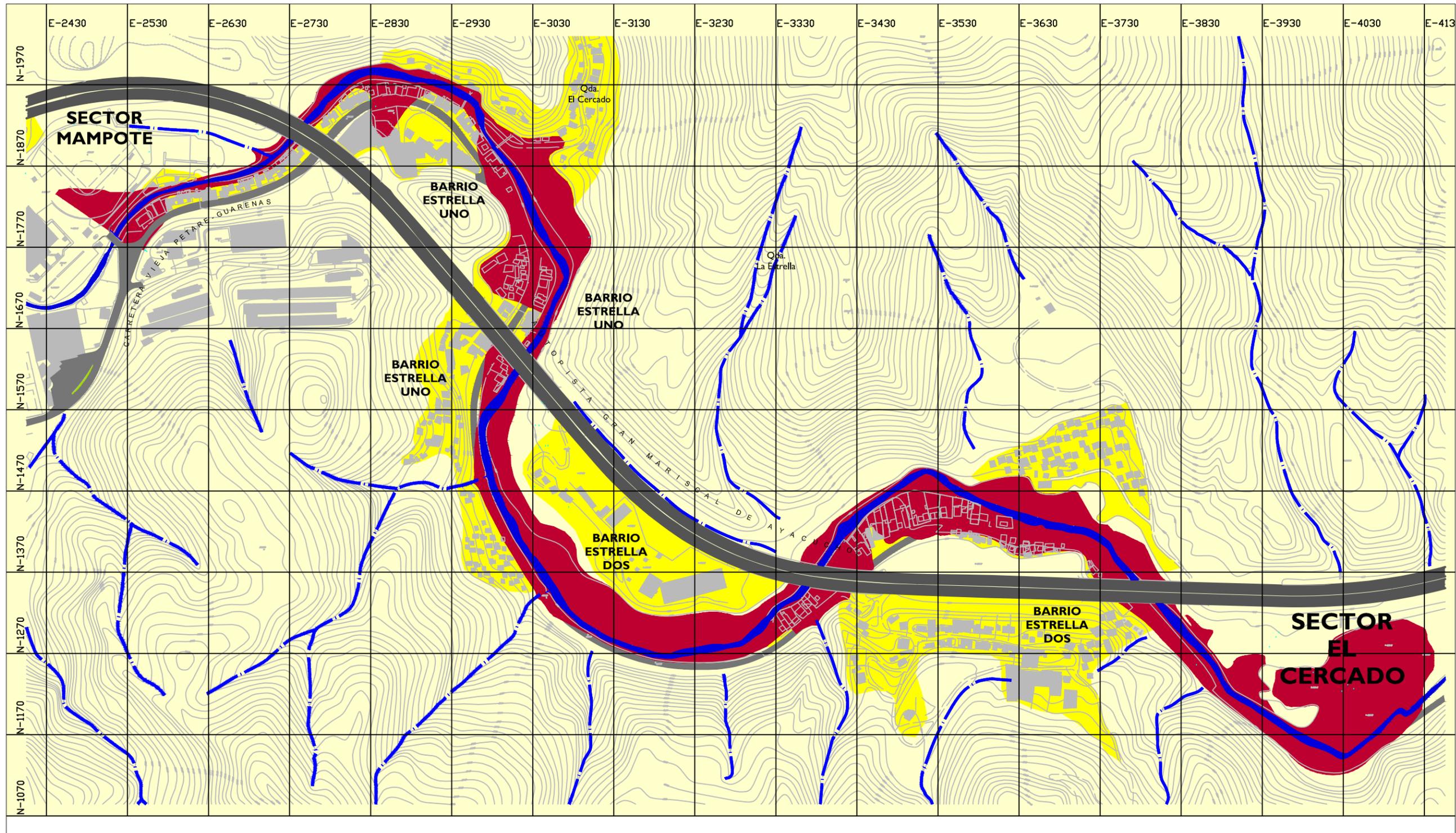
- SIMBOLOGIA:**
- RÍO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores:	Bach. Lejar Méndez Ci. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Ci. 17.643.758
Escala:	1:5000
Capítulo:	MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS HIDRÁULICO**

Plano No:  
**AH-05**

Título:  
**MANCHA DE INUNDACIÓN Tr 100 AÑOS**



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGÍA:
- RIO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores: Bach. Leiar Méndez  
 Cl. 18.709.925

Bach. Francisco Terán  
 Cl. 17.643.758

Escala: 1:5000

Capítulo: **MARCO METODOLÓGICO**

**ANÁLISIS HIDRÁULICO**

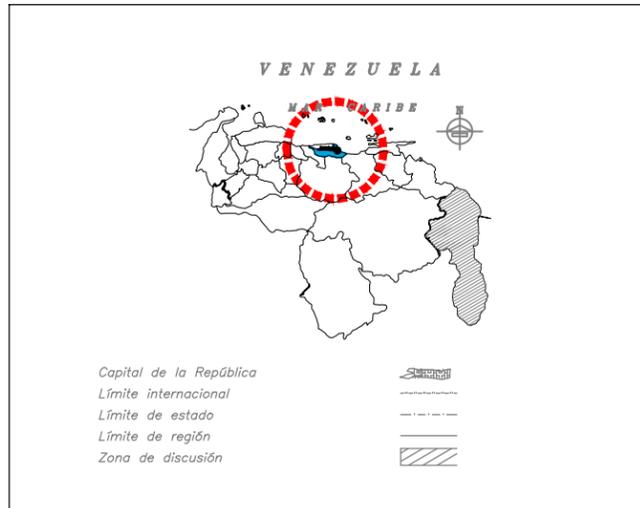
Plano No: **AH-06**

Título: **RIESGO HIDRÁULICO**

Página: 75

**LEYENDA:**

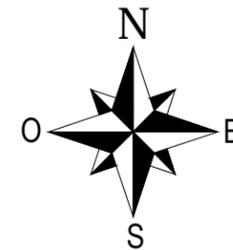
- ZONAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN
- ZONAS POBLADAS



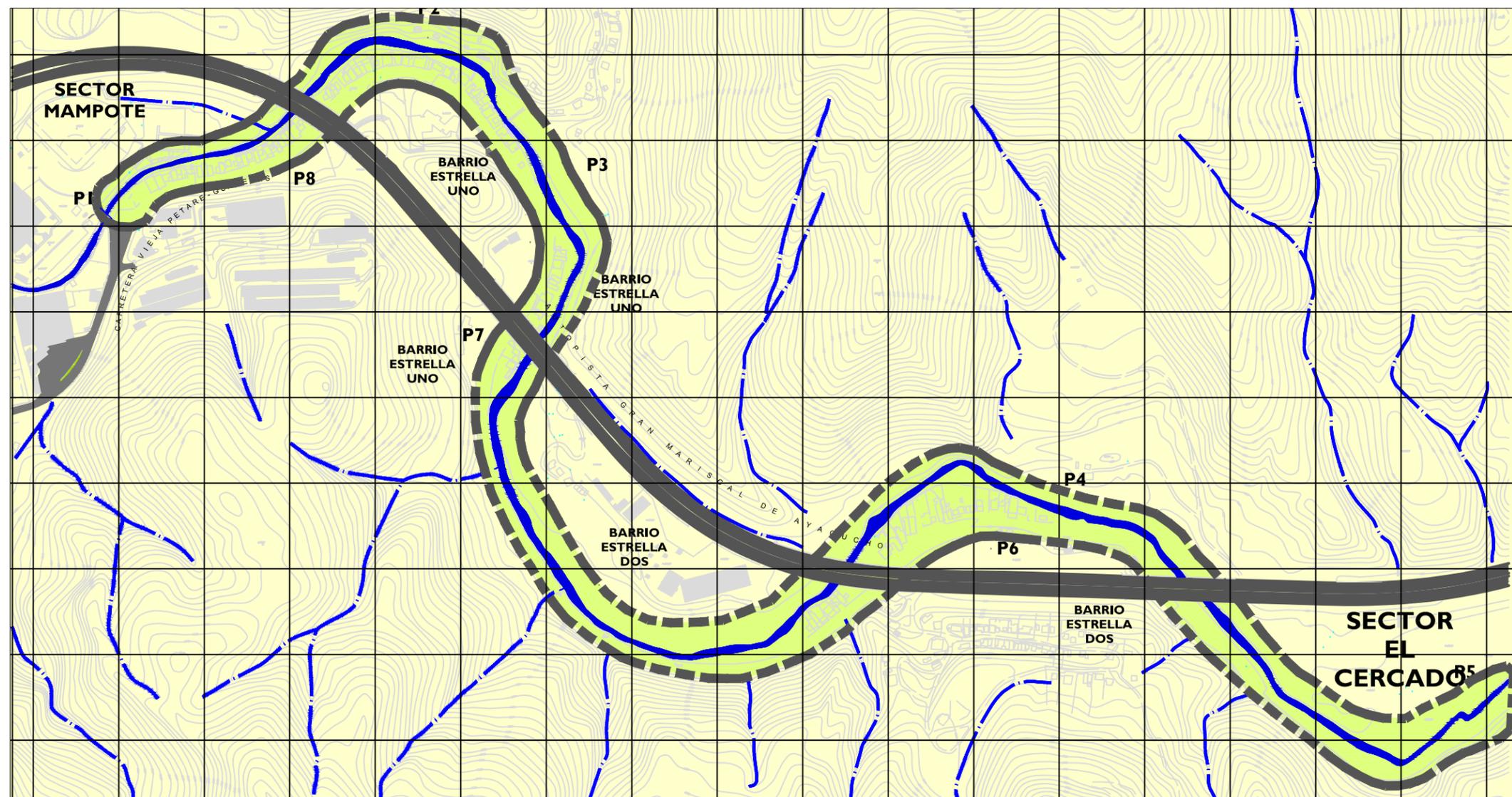
UBICACIÓN RELATIVA NACIONAL



UBICACIÓN RELATIVA REGIONAL



ÁREA DE ESTUDIO



COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

PUNTO	NORTE	ESTE
P1	1790.6962	2500.5599
P2	1989.6429	2891.5308
P3	1350.6868	3091.8478
P4	1459.5382	3635.8378
P5	1231.6952	4107.8268
P6	1393.2103	3550.0557
P7	1631.6688	2964.2464
P8	1843.3584	2745.6731

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

SIMBOLOGÍA:

	RÍO GUARENAS
	ÁREA DE ESTUDIO
	AUTOPISTA
	VIALIDAD PRINCIPAL
	QUEBRADAS

Autores:  
 Bach. Leiar Méndez  
 Ci. 18.709.925  
 Bach. Francisco Terán  
 Ci. 17.643.758

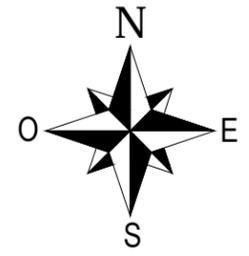
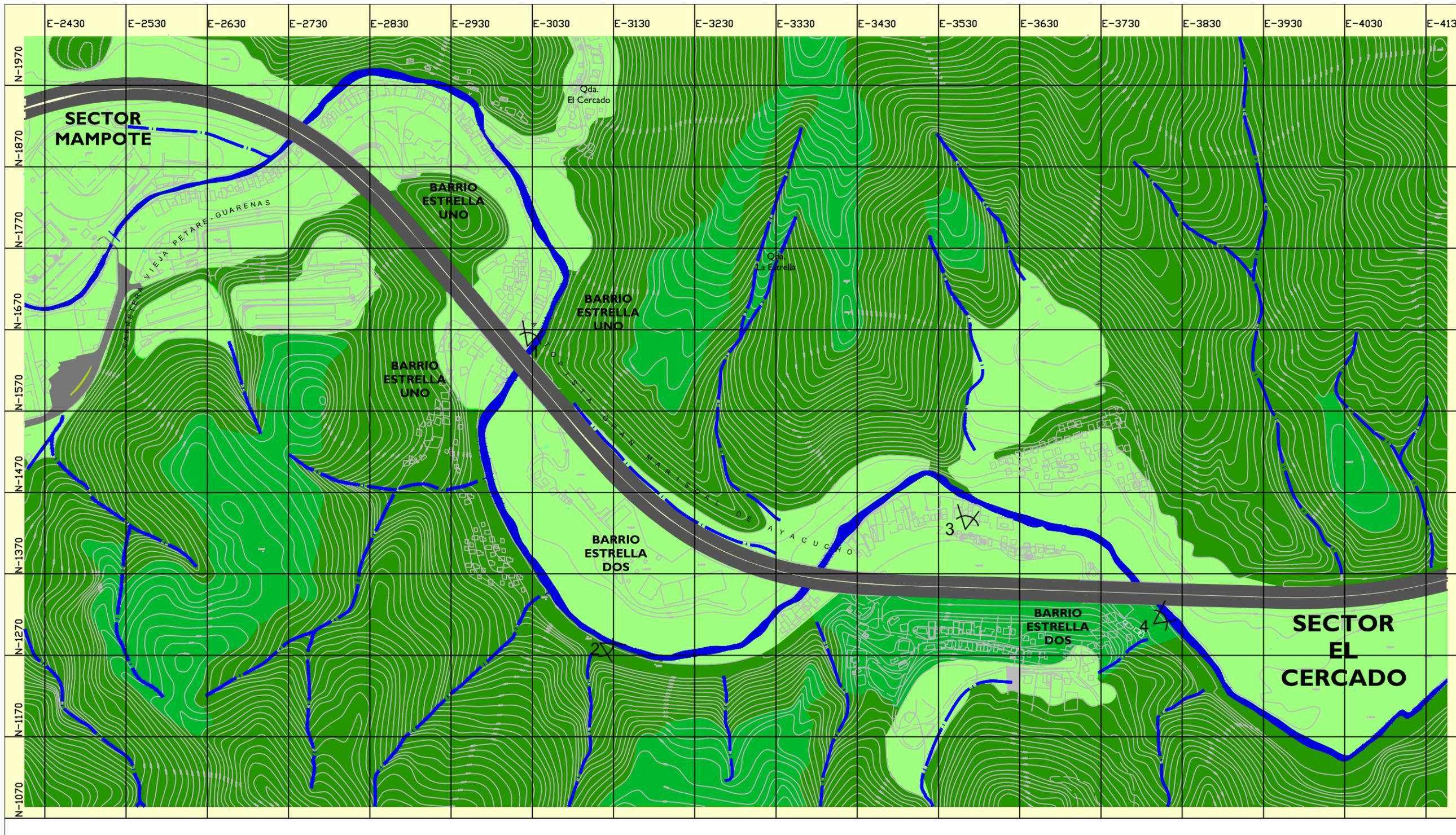
Escala: S/E

Capítulo: MARCO METODOLÓGICO

ANÁLISIS DE SITIO

Plano No:  
**AS-01**

Título:  
**UBICACIÓN**



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGIA:**
- RIO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores:	Bach. Leiar Méndez Ci. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Ci. 17.643.758
Escala:	1:5000
Capítulo:	MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS DE SITIO**

Plano No:  
**AS-02**

Título:  
**PENDIENTES**

**LEYENDA:**

- PENDIENTE BAJA 0% a 10%
- PENDIENTE MODERADA 11% a 40%
- PENDIENTE ALTA > 40%
- ÁNGULO DE FOTO



1. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA UNO. VISTA DESDE LA AUTOPISTA



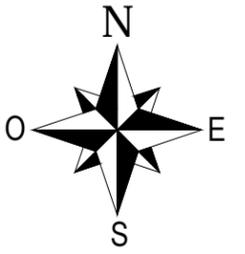
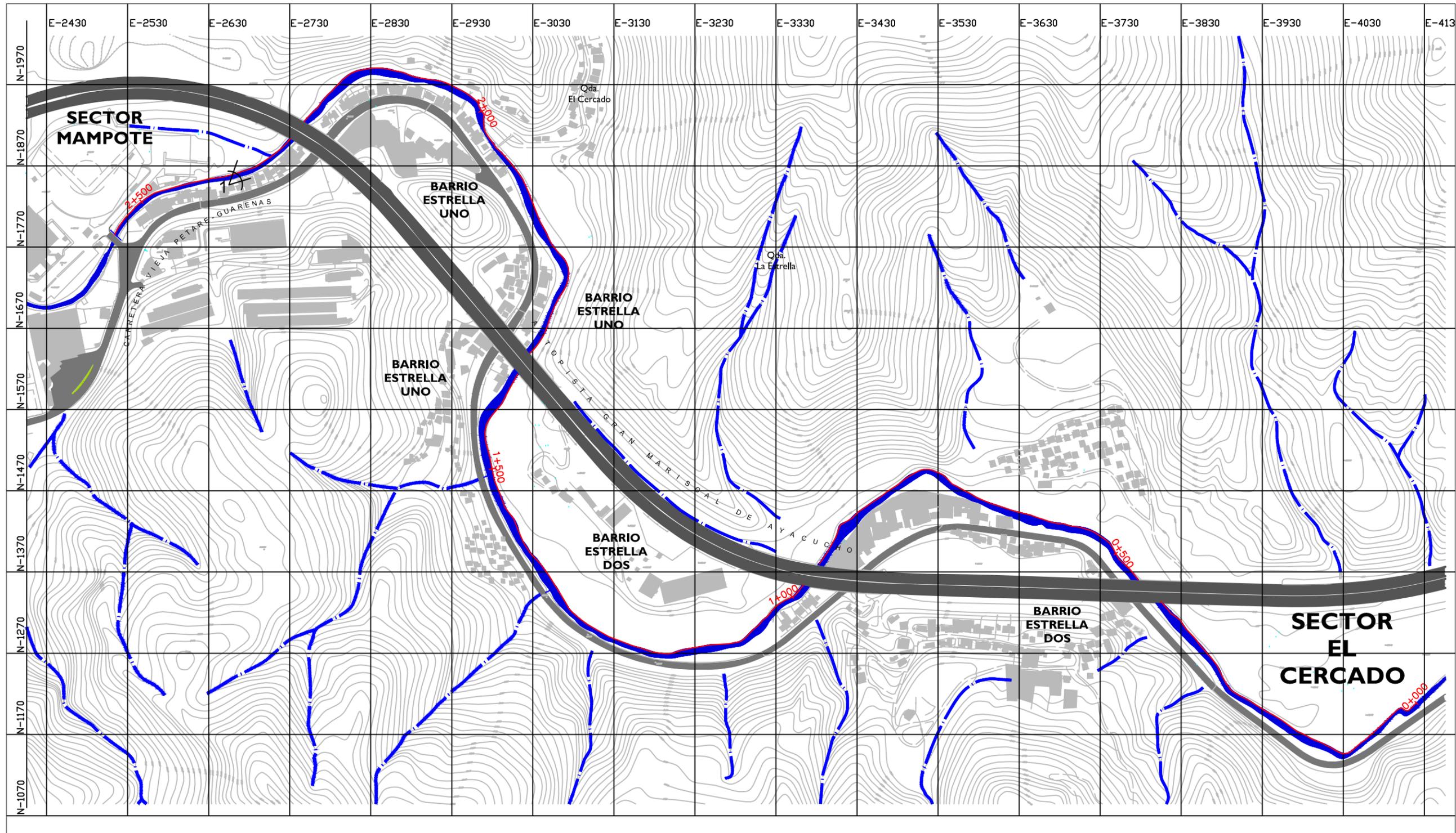
2. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA DOS. VISTA DESDE CARRETERA VIEJA



3. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA DOS. VISTA DESDE CARRETERA VIEJA



4. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA DOS. VISTA DESDE CARRETERA VIEJA



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGÍA:
- RIO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores: Bach. Leiar Méndez  
 Cl. 18.709.925  
 Bach. Francisco Terán  
 Cl. 17.643.758  
 Escala: 1:5000  
 Capítulo: MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS DE SITIO**

Plano No: **AS-03**

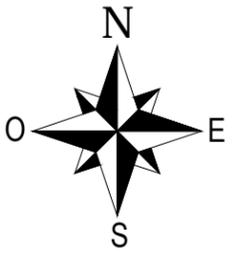
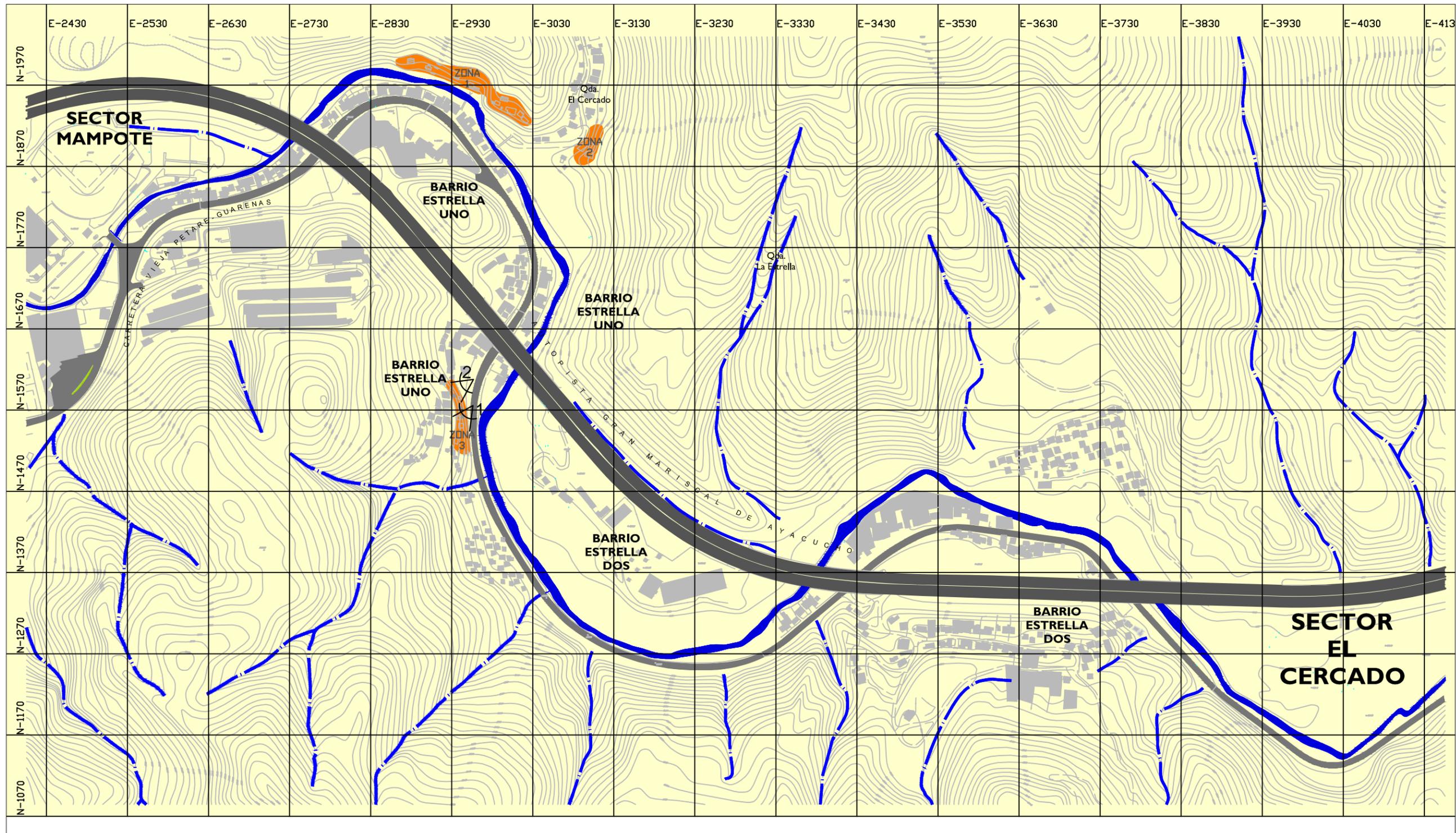
Título:  
**HIDROGRAFÍA**

**LEYENDA:**

- ÁNGULO DE FOTO
- PROGRESIVA



1. VISTA SECTOR MAMPOTE. ESTRUCTURAS DE CANALIZACIÓN.



Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGÍA:
- RIO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores:	Bach. Leiar Méndez Cl. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Cl. 17.643.758
Escala:	1:5000
Capítulo:	MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS DE SITIO**

Plano No:  
**AS-04**

Título:  
**RIESGO POR INESTABILIDAD DE TALUDES**

**LEYENDA:**

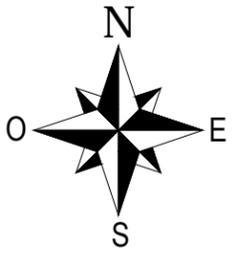
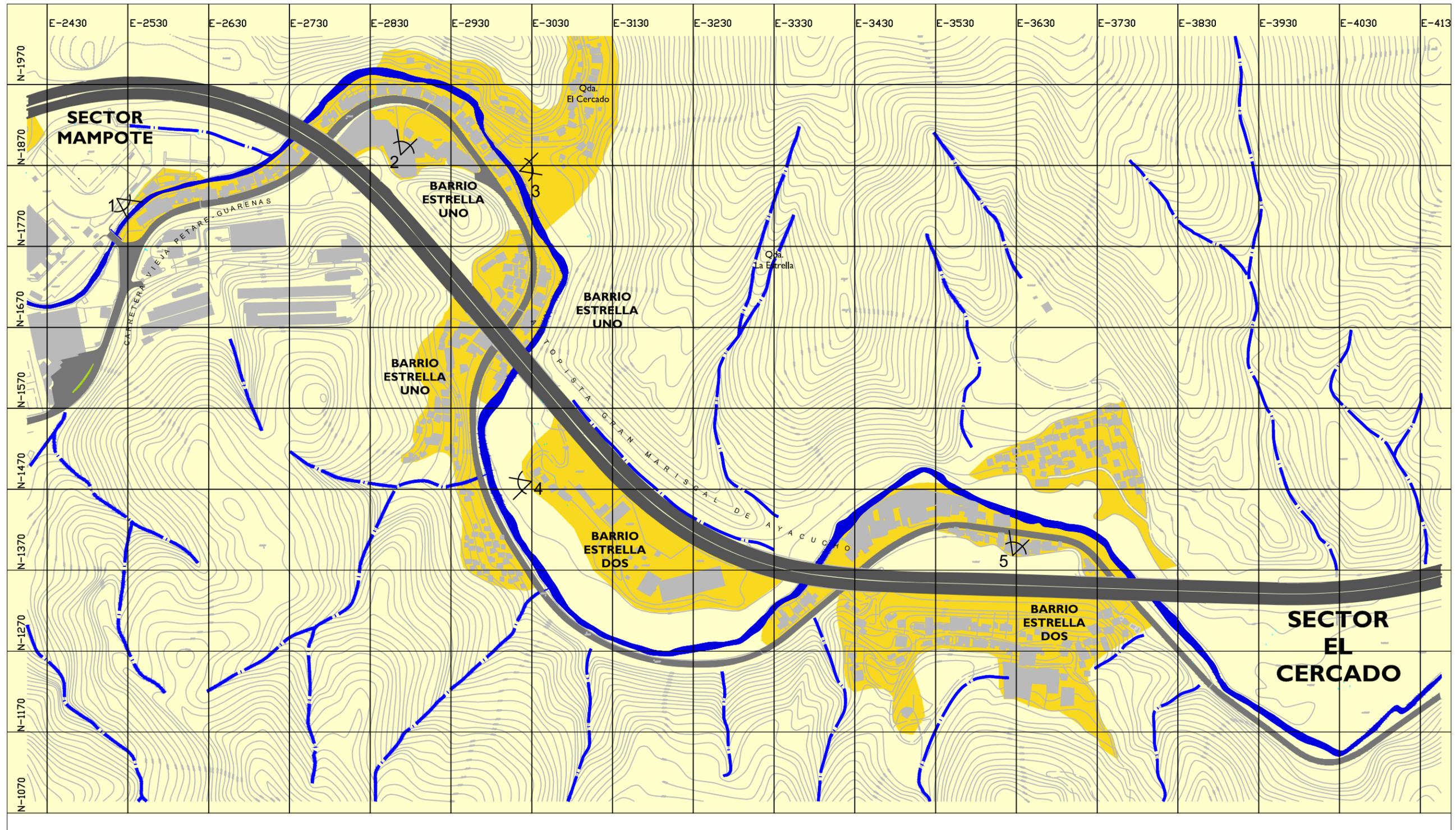
- ZONAS OCUPADAS VULNERABLES A DESLIZAMIENTOS DE TIERRA
- ÁNGULO DE FOTO



1. BARRIO ESTRELLA UNO. VIVIENDA EN ZONA VULNERABLE A DESLIZAMIENTOS.



2. BARRIO ESTRELLA UNO. VIVIENDA EN ZONA VULNERABLE A DESLIZAMIENTOS.



Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

**SIMBOLOGIA:**

	RÍO GUARENAS
	AUTOPISTA
	VIALIDAD PRINCIPAL
	QUEBRADAS
	VIVIENDAS

Autores:	Bach. Leiar Méndez Cl. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Cl. 17.643.758
Escala:	1:5000
Capítulo:	MARCO METODOLÓGICO

**ANÁLISIS URBANO**

Plano No:  
**AU-01**

Título:  
**VIVIENDAS**

**LEYENDA:**

- ZONAS POBLADAS
- ÁNGULO DE FOTO



1. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA UNO



2. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA UNO



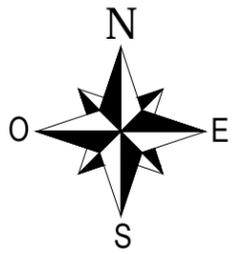
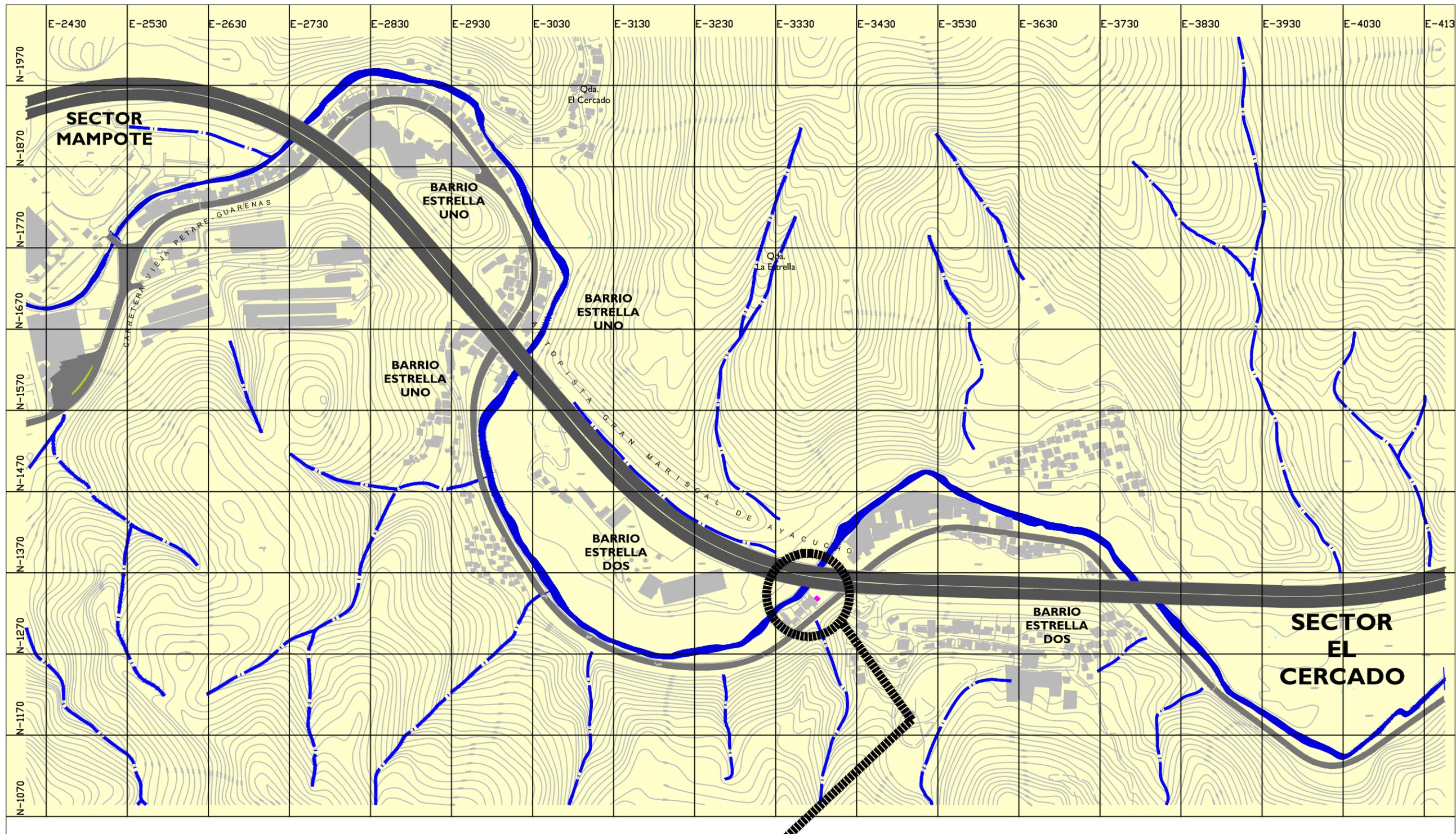
3. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA UNO



4. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA DOS



5. SECTOR MAMPOTE. BARRIO ESTRELLA DOS



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGIA:**
- RIO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores: Bach. Leiar Méndez  
 Cl. 18.709.925  
 Bach. Francisco Terán  
 Cl. 17.643.758

Escala: 1:5000

Capítulo: MARCO METODOLÓGICO

ANÁLISIS URBANO

Plano No:  
**AU-02**

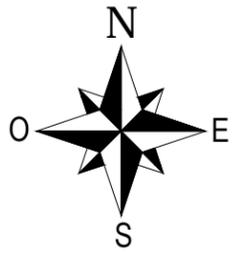
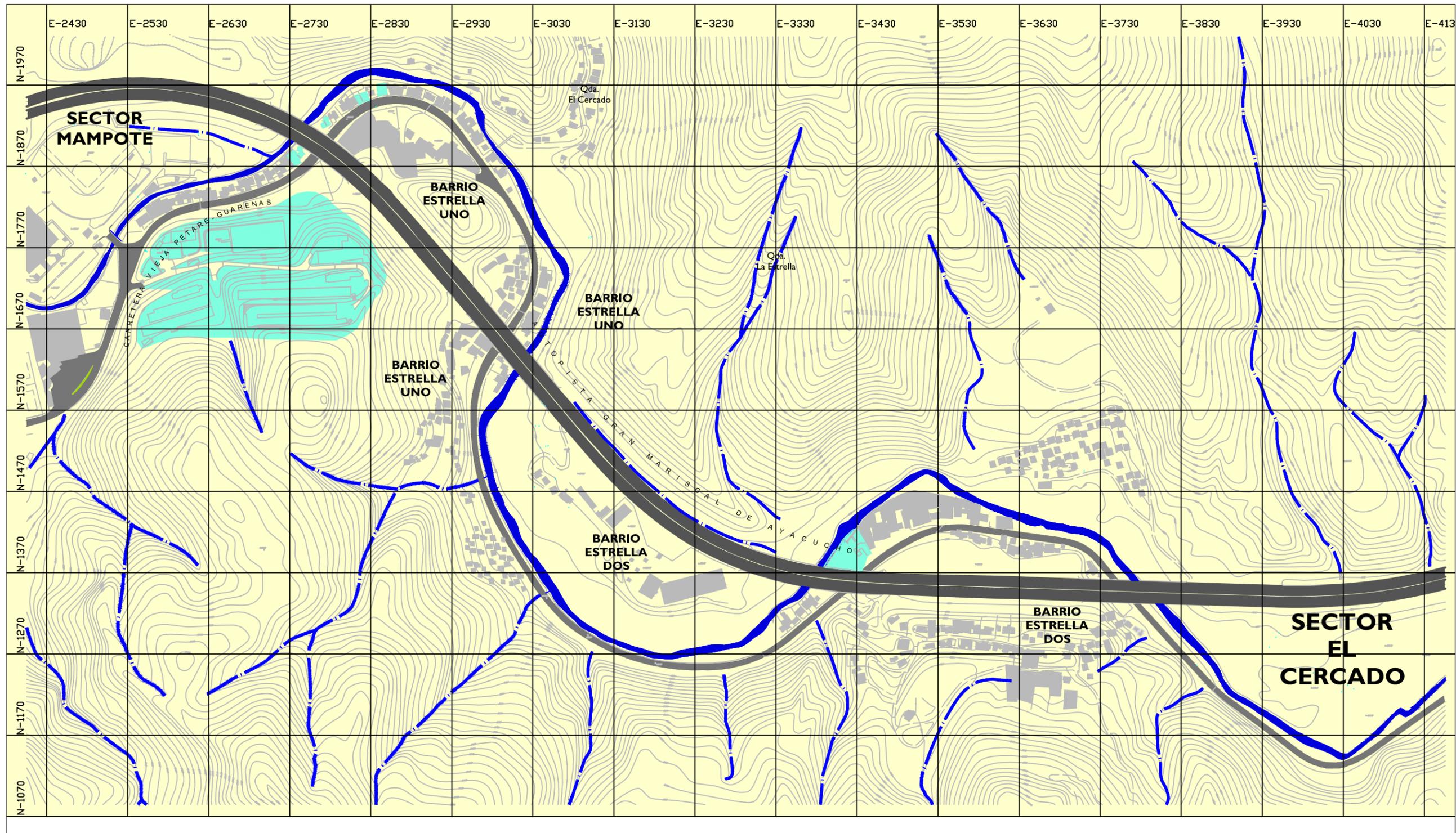
Título:  
**EQUIPAMIENTOS DE SALUD**

Página: 77

**LEYENDA:**

CONSULTORIO POPULAR BARRIO ADENTRO





UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGÍA:
- RÍO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores: Bach. Leiar Méndez Cl. 18.709.925  
 Bach. Francisco Terán Cl. 17.643.758  
 Escala: 1:5000  
 Capítulo: MARCO METODOLÓGICO

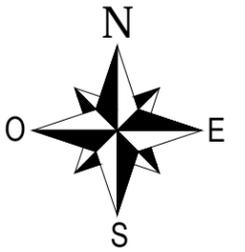
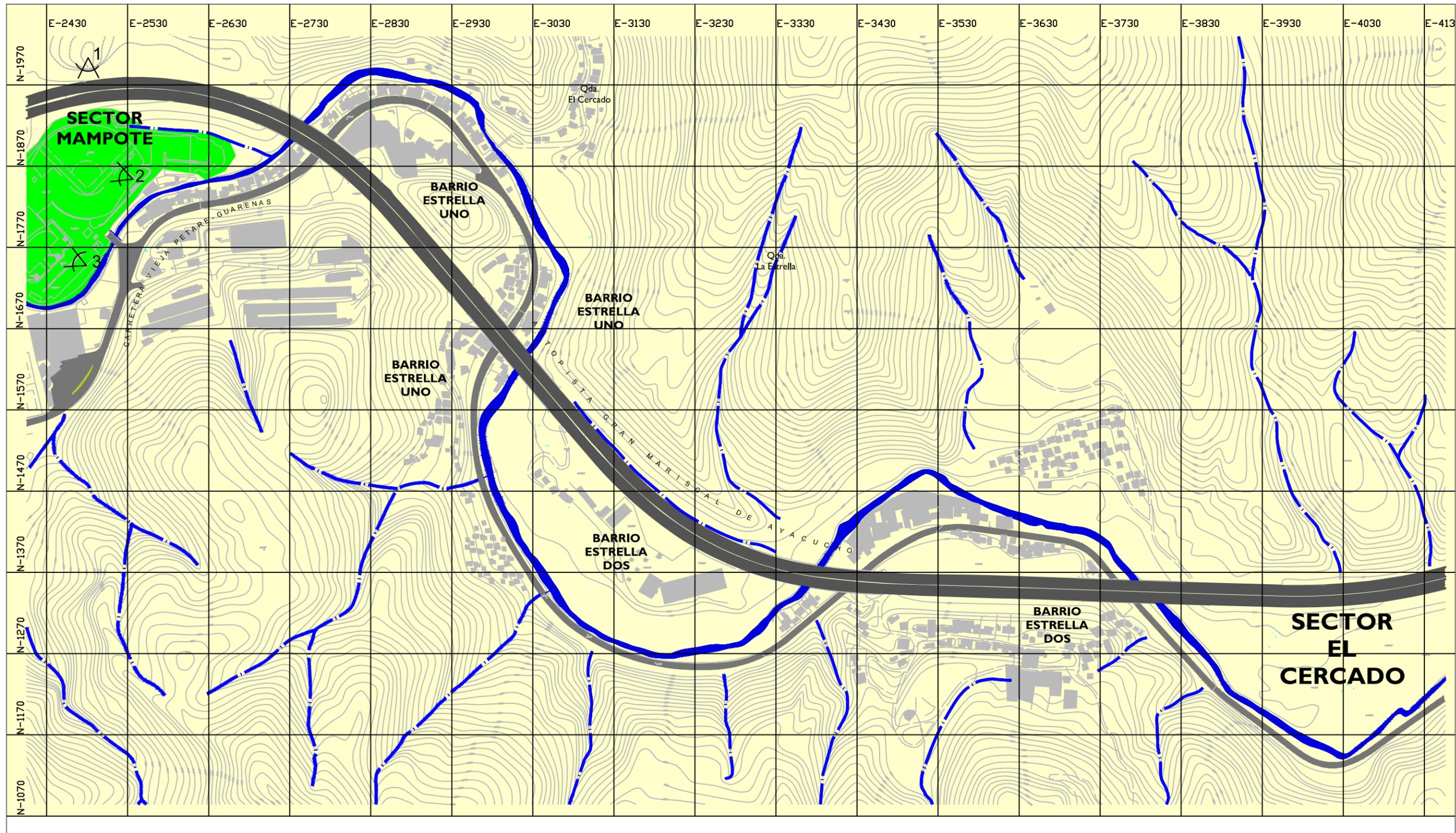
**ANÁLISIS URBANO**

Plano No: **AU-03**

Título:  
**SECTORES INDUSTRIALES**

**LEYENDA:**

INDUSTRIAS Y TALLERES



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

SIMBOLOGIA:

	RÍO GUARENAS
	AUTOPISTA
	VIALIDAD PRINCIPAL
	QUEBRADAS
	VIVIENDAS

Autores:	Bach. Leiar Méndez Ci. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Ci. 17.643.756
Escala:	1:5000
Capítulo:	MARCO METODOLÓGICO

ANÁLISIS URBANO

Plano No:  
**AU-04**

Título:  
**INSTALACIONES DEPORTIVAS**

Página: 79

**LEYENDA:**

- COMPLEJO DEPORTIVO MAMPOTE
- ÁNGULO DE FOTO



1. SECTOR MAMPOTE. ESTADIO DE BÉISBOL



2. SECTOR MAMPOTE. ESTADIO DE BÉISBOL



3. SECTOR MAMPOTE. COMPLEJO DEPORTIVO

## CAPÍTULO 5

### DIAGNÓSTICO DEL TRAMO DE RÍO GUARENAS

#### 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO

En este estudio se analiza un tramo del Río Guarenas de 2.5 Km de longitud aproximadamente y es necesario realizar una breve descripción del mismo considerando los aspectos definidos en el aparte 3.3.

El tramo del Río Guarenas comprendido entre las coordenadas  $10^{\circ}25'36''\text{N}/66^{\circ}40'9''\text{O}$  y  $10^{\circ}28'15''\text{N}/66^{\circ}39'20''\text{O}$  pertenece a una red de drenaje del tipo dendrítico y conduce agua continuamente de manera que se trata de un río perenne. Además, presenta características propias de un río que ha dejado la etapa joven para entrar en la etapa madura, donde se inicia la formación de las curvaturas conocidas como meandros y la erosión lateral comienza a ser más significativa que la erosión en el fondo. La pendiente promedio del tramo es del 1.1%, quedando éste dentro de la clasificación de río torrencial o de llanura, presentando en ocasiones la formación de diques naturales (albardones) que modifican la capacidad de la sección transversal. Cuenta con gran cantidad de vegetación tanto dentro como fuera del cauce que repercute en la dimensión y forma del mismo contribuyendo a la sedimentación de las partículas transportadas por el agua.

En lo referente a la estabilidad, este río no entra en la categoría de ríos en régimen, pues las continuas modificaciones morfológicas en la zona repercuten en el cauce generando frecuentes procesos de erosión que modifican las condiciones del mismo.

#### 5.2 DIAGNÓSTICO FÍSICO

La extensión de cauce se dividió en 18 tramos los cuales se muestran detalladamente en las planillas anexas (ver anexo A), a continuación se presenta una breve descripción física

de los segmentos antes mencionados que fueron definidos según el criterio expuesto en el aparte 4.3. Es importante comentar que no se pudo observar el estado del fondo de la canalización ya que, durante las visitas de campo, siempre hubo flujo de agua.

El tramo uno (1) es el más aguas arriba, comienza en la progresiva 2+548 y finaliza en la 2+509 con una distancia total de treinta y nueve (39) metros y pendiente longitudinal de 1%. Presenta una sección rectangular revestida en concreto, en la misma no se observan daños visibles, pero en el fondo del canal hay presencia de sedimentos arrastrados por la corriente. En la margen derecha se aprecia vegetación mediana (del tipo maleza) y presencia de viviendas unifamiliares, igualmente se hace notar la carretera vieja Petare – Guarenas. En la margen izquierda se visualiza vegetación, viviendas unifamiliares en mal estado e instalaciones deportivas.

El tramo dos (2) está comprendido entre las progresivas 2+509 y 2+458 con una longitud de cincuenta y un (51) metros, éste presenta características similares a las del anterior, con la diferencia que la pendiente de fondo aumenta de 1% a 2%. (Ver foto 5.1).



FOTO 5.1 Representación de los tramos uno (1) y dos (2): Puente que comunica la Carretera Petare-Guarenas con instalaciones deportivas (Izquierda). Canalización en concreto con vegetación del tipo maleza y viviendas en condición precaria (Centro). Vista aguas arriba: descarga de viviendas al río y estadio de béisbol al fondo (Derecha). (Fuente: Propia)

El tramo tres (3) localizado en las progresivas 2+458 y 2+306 para una extensión total de ciento cincuenta y dos (152) metros y una pendiente longitudinal de 2%, presenta una sección mixta (margen izquierdo de material natural y un muro de canalización en el margen derecho), esto se debe al proceso de socavación en la margen izquierda que ha ocasionado

parcialmente el daño de la capa de rodamiento del pavimento del estacionamiento de las instalaciones deportivas (campo de béisbol y canchas de bowling) y la pérdida del muro de canalización; en la margen derecha se mantiene el muro de la canalización en buen estado y se observa intervenida por asentamientos urbanos caracterizados por viviendas del tipo unifamiliares; en el medio del canal se depositan los escombros del muro descalzado del margen izquierdo y material de sedimento arrastrado por el río (como es el caso de basura y piedras de canto rodado de tamaño medio aproximadamente). (Ver foto 5.2).



FOTO 5.2 Muro descalzado del margen izquierdo y sedimentos de arrastre (Izquierda); pérdida de parte de la capa de rodamiento del pavimento correspondiente al estacionamiento de las instalaciones deportivas producto de la socavación del terreno en la margen izquierda (Centro); sedimentos de arrastre y descarga directa de viviendas ubicadas en la margen derecha (Derecha). (Fuente: Propia)

El tramo cuatro (4) se encuentra entre las progresivas 2+306 y 2+251 con una longitud de cincuenta y cinco (55) metros y pendiente de fondo de 0.9%, en él se observa una sección rectangular de concreto sin daños estructurales aparentes; en la margen derecha se localiza la carretera vieja Petare – Guarenas y un conjunto de viviendas unifamiliares, se aprecia vegetación abundante en la margen izquierda y deposición del material arrastrado en el fondo del canal; además se encuentra ubicada una de las bases donde descansa la Troncal #9. (Ver foto 5.3).



FOTO 5.3 Canalización en concreto y vegetación media del tipo maleza (Izquierda); viviendas ubicadas en la margen derecha (Derecha). (Fuente: Propia)

Posteriormente, entre las progresivas 2+251 y 2+114 está delimitado el tramo cinco (5) de ciento treinta y siete (137) metros de largo y una pendiente longitudinal de 0.9%. Se observa cauce natural, en su margen izquierda la vegetación es densa, mientras que en margen derecha se depositan escombros de muros descalzados y de viviendas que han sido afectadas producto de las crecidas (esto último fue corroborado por los habitantes de la zona); también existen espacios que son utilizados como talleres mecánicos. Así mismo, aguas abajo encontramos el tramo seis (6) comprendido entre las progresivas 2+114 – 2+001 de ciento trece (113) metros, éste presenta características similares a las del tramo cinco (5), con la diferencia que la pendiente de fondo aumenta a 2%. (Ver foto 5.4).



FOTO 5.4 Viviendas afectadas por eventos de crecida (Izquierda); tipo de vegetación y sedimentos (Centro); muro de canalización descalzado (Derecha). (Fuente: Propia)

Entre las progresivas 2+001 y 1+905 se ubica el tramo siete (7) con una longitud de noventa y seis (96) metros y pendiente de fondo 1%, el cual presenta una sección mixta compuesta por el muro de canalización en concreto en la margen derecha, donde se aprecian asentamientos unifamiliares y material natural con densa vegetación en la margen izquierda. En esta última se encuentran viviendas unifamiliares, muchas de ellas desalojadas o deterioradas como consecuencia del paso de la corriente en eventos de crecidas. En el medio del cauce se evidencian restos de muros descalzados, material de arrastre de tamaño moderado y escombros arrojados por los habitantes de la zona. Adicionalmente existe una pasarela en mal estado que comunica ambas márgenes. (Ver foto 5.5).



FOTO 5.5 Vista aguas debajo de la sección transversal (Izquierda); barrio parcialmente desalojado ubicado en la margen izquierda (Centro); pasarela que comunica ambas márgenes (Derecha). (Fuente: Propia)

El tramo ocho (8) de doscientos veinte (220) metros está comprendido entre las progresivas 1+905 y 1+685 con una pendiente longitudinal de 1%. En él se observa un cauce natural con densa vegetación que esconde viviendas del tipo unifamiliar en su margen izquierda (algunas de esas viviendas se encuentran desalojadas); por su parte la margen derecha ha sido afectada por el procesos erosivos y posterior, en sus adyacencias se encuentra abundante vegetación, la carretera vieja Petare – Guarenas y asentamientos unifamiliares. (Ver foto 5.6).



FOTO 5.6 Procesos erosivos en la margen derecha (Izquierda); vialidad y viviendas en la margen derecha (Derecha). (Fuente: Propia)

El tramo nueve (9) se encuentra entre las progresivas 1+685 y 1+638 con una longitud de cuarenta y siete (47) metros y pendiente 1%, su sección es rectangular revestida en concreto y en estado aparentemente bueno; la margen izquierda muestra abundante vegetación, mientras que la margen derecha está ocupada por un taller mecánico y viviendas unifamiliares. En el fondo se depositan material de arrastre y desechos arrojados por los habitantes del sitio. (Ver foto 5.7).

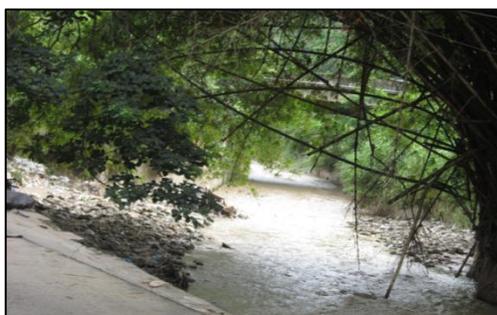


FOTO 5.7 Vista aguas arriba de la sección transversal (Fuente: Propia)

Aguas abajo se ubican los tramos diez (10; 1+638 - 1+578) con sesenta (60) metros de largo, once (11; 1+578 - 1+432) de ciento cuarenta y seis (146) metros y doce (12; 1+432 - 1+021) con cuatrocientos once (411) metros, todos caracterizados por tener sección transversal mixta; en su margen izquierda se percibe una densa vegetación junto a viviendas unifamiliares y material aluvial depositado. En la margen derecha se apoya la carretera vieja Petare –

Guarenas y en el extremo más aguas abajo del tramo 13, en su margen derecha, descansa un consultorio popular “Barrio Adentro”. La diferencia entre estos tramos es la pendiente de fondo que corresponde a 2%, 0.7% y 1% respectivamente. (Ver foto 5.8).



FOTO 5.8 Canalización en concreto de la margen derecha y la vialidad (Izquierda); Abundante Vegetación en la margen izquierda (Centro); Consultorio Popular “Barrio Adentro” ubicado en la margen derecha (derecha). (Fuente: Propia)

El tramo trece (13) entre las progresivas (1+021 - 0+926), de noventa y cinco (95) metros de longitud y una pendiente de fondo de 1%; conserva una sección rectangular de concreto sin daños estructurales aparentes. La margen derecha es utilizada como estacionamiento y posee algunas viviendas unifamiliares, en su margen izquierda se perciben viviendas acompañadas de vegetación; se pueden apreciar algunas de las bases de la Troncal #9 asentadas en ambas márgenes del río. (Ver foto 5.9).



FOTO 5.9 Bases de la Troncal #9 (Izquierda); Canalización de concreto (Derecha). (Fuente: Propia)

El tramo catorce (14) ubicado en las progresivas (0+926 – 0+682), con una longitud de doscientos cuarenta y cuatro (244) metros y una pendiente de fondo de 1%. Permanece aún

con su muro de canalización en su margen derecha, en ella descansan viviendas unifamiliares, talleres y comercios informales; mientras que la margen izquierda predomina la vegetación. En el fondo del canal se pueden percibir basura arrojada por los habitantes de la zona y material arrastrado como es el caso de canto rodado de un tamaño pequeño. (Ver foto 5.10).



FOTO 5.10 Vegetación en la margen izquierda y Viviendas en la margen derecha (Fuente: Propia).

El tramo quince (15) se encuentra entre las progresivas 0+682 y 0+612, con una pendiente de fondo de 1% y su longitud es de setenta (70) metros. No posee muros de canalización a lo largo del tramo, se aprecia cómo la margen derecha ha sido afectada por el proceso de socavación hasta descalzar la acera peatonal; en la margen izquierda prevalecen la vegetación y asentamientos urbanos del tipo unifamiliar. (Ver foto 5.11).



FOTO 5.11 Proceso de socavación en la margen derecha (Izquierda); viviendas unifamiliares y vegetación presentes en la margen izquierda (derecha). (Fuente: Propia).

El tramo dieciséis (16; 0+612 – 0+497) mantiene el muro de canalización en su margen derecha sobre el cual reposa la carretera vieja Petare-Guarenas, este muro presenta

agrietamiento y se observa desgastado; en la margen izquierda abunda la vegetación y se encuentran algunas viviendas unifamiliares.

El tramo diecisiete (17), comprendido entre las secciones 0+497 y 0+384, permanece con la canalización rectangular revestida en concreto que se encuentra deteriorado producto del tipo de sedimentos que arrastra y la magnitud de ellos; en la margen izquierda, sobre el muro del canal, están ubicados asentamientos urbanos y vegetación mientras que la margen derecha es utilizada como estacionamiento por las personas que habitan en esa zona.

Por último el tramo dieciocho (18; 0+384 – 0+000) es el más aguas abajo del área en estudio y no posee canalización; sobre su margen derecha se ubica la carretera Petare – Guarenas y en su margen izquierda abundante vegetación.

### 5.3 DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO

Tal como se explicó en el aparte 4.3.4 se introdujeron los datos geométricos como las secciones, basados en la topografía de restitución aerofotogramétrica suministrada por El Metro de Caracas (ver anexo B) y los coeficientes de rugosidad de Manning según la ref. [12], (ver tabla 4.3).

En la simulación hidráulica realizada con el modelo HEC - RAS, se asumió condición de flujo permanente, se consideró profundidad crítica aguas arriba y profundidad normal aguas abajo (para una pendiente de fondo  $S_o = 0.01$ ) como condiciones de borde. Asimismo se utilizaron caudales asociados a cinco (5) períodos de retorno diferentes (5, 10, 25, 50 y 100 años) que se obtuvieron del proyecto “Plan General de Drenajes de Ciudad Fajardo – Araira” realizado por la empresa “Prohidra” en el año 2000, ref. [13], (ver tabla 4.2).

**5.3.1 Caso A: Período de retorno 5 años ( $Q_5:95 \text{ m}^3/\text{s}$ )**

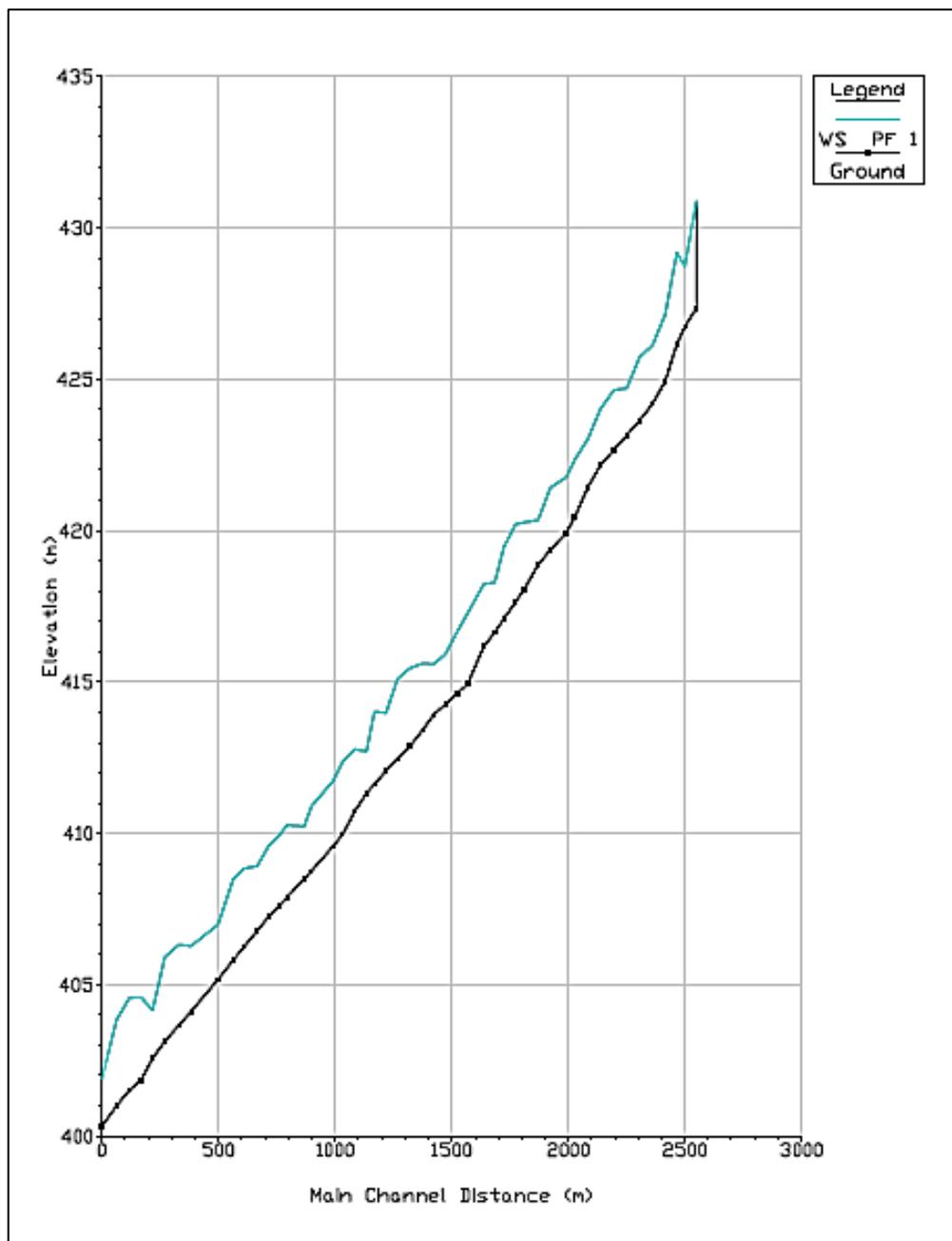


Gráfico 5.1 Perfil 1 (Fuente simulación HEC – RAS.)

El primer perfil longitudinal de agua que arrojó el modelo corresponde a un gasto de  $95 \text{ m}^3/\text{s}$  asociado a un período de retorno de 5 años. El flujo parte desde la sección 49 (2+548) más aguas arriba, a partir de este punto hasta la sección 43 (2+251) se desarrolla en régimen supercrítico con un Froude en el orden de 1.49. Entre las secciones 49 y 47 (2+465) el cauce está canalizado y la sección es del tipo rectangular revestida en concreto, a partir de la 46 (2+414) la sección es del tipo mixta; esta característica y el régimen supercrítico se mantienen hasta la sección 43 (2+251); en la sección 42 (2+194) el flujo se encuentra con una sección más amplia (el ancho en la sección 43 es de unos 24 m y aumenta hasta unos 29 m en la sección 42) produciendo disminución en la velocidad del mismo ( $5.83 \text{ m/s}$  en la 43 y  $3.69 \text{ m/s}$  en la 42) que cambia a régimen subcrítico con un número de Froude en el orden de 0.84, de manera que se origina un resalto hidráulico entre las progresivas 2+251 y 2+194.

El flujo cambia a régimen supercrítico en la sección 40 (2+082) y se reporta la condición crítica (profundidad igual a 1.86 m) en la sección 41 (2+137). La condición supercrítica se mantiene hasta la sección 36 (1+870). Entre las secciones 38 y 36 el nivel de agua se eleva hasta desbordarse en su margen izquierda, afectando una vía rural que sirve de acceso a un sector urbanizado ubicado al margen del cauce de la Quebrada El Cercado. Esta vialidad se encuentra a una cota de 421 msnm en la sección 38 y 423 msnm en la sección 37, mientras que la superficie del agua alcanza una altura de 421.77 msnm y 421.42 msnm respectivamente, lo que da lugar a una invasión parcial del agua sobre la vía en la sección 38 con una profundidad de 77 cm. Aguas abajo de la sección 36 (1+870) y aguas arriba de la 35 (1+810) se desarrolla un nuevo resalto hidráulico, producto de una expansión en el cauce en la sección 35 originando la pérdida de velocidad y generando régimen subcrítico (19 m en la sección 36 y 31 m en la 35). Esto trae como consecuencia la elevación del agua desde 420.35 msnm (sección 36) hasta 420.28 msnm (sección 35).

El flujo continúa en régimen subcrítico hasta la sección 34 (1+774) y luego en la sección 33 (1+724) se reporta condición crítica (profundidad igual a 2.39 m) debido a una contracción en el ancho del cauce que viene de 23 m en la sección 34 a 18 m en la sección 33.

Entre las secciones 34 y 32 (1+685) la velocidad aumenta (3.48 m/s para la sección 34 y 6.14 para la sección 32) y el flujo pasa a régimen supercrítico. En la sección 30 (1+570), se expande el ancho del cauce (23 m para la sección 31 y 30 m para la 30) generándose una reducción en la velocidad hasta 3.12 m/s y un número de Froude menor a la unidad (0.65) propio del régimen subcrítico, como resultado, se origina un resalto hidráulico entre las secciones 31 y 30.

A continuación, en la sección 28 (1+472), el ancho del cauce se contrae hasta 23 m, generando un remanso hacia aguas arriba que alcanza niveles de 417.28 msnm en la sección 30, 416.68 msnm en la 29 y 415.91 msnm en la sección 28. El flujo cambia a régimen supercrítico y se mantiene hasta la sección 27 (1+424). En la sección 26 (1+375) nuevamente se expande el ancho superficial (48 m) acarreado velocidades bajas y el flujo comienza a transitar en régimen subcrítico (2.24 m/s), ocurriendo un resalto aguas abajo de la sección 27 (1+424) y aguas arriba de la 26 (1+375). En esta última, se eleva la cota de agua hasta 415.61 msnm desbordando la margen izquierda del cauce hasta la sección 21 (1+135) que representa la parte interna de un meandro, siendo ésta vulnerable a la deposición del material aluvial arrastrado por el río. El tope del muro de canalización de la margen derecha está a un nivel de 416 msnm y la elevación del agua no lo alcanza; sin embargo, el margen izquierdo no cuenta con muro de canalización, razón por la cual el agua invade parcialmente la planicie de inundación ubicada entre 414 msnm y 425 msnm. Dicho desbordamiento no afecta a los asentamientos urbanos localizados en esa margen, ya que estos se encuentran a partir de la cota 416 msnm aproximadamente.

El flujo se mantiene subcrítico aguas debajo de la sección 26, pasa por la condición crítica (profundidad igual a 2.64 m) en la sección 24 (1+268) y cambia a régimen supercrítico en la sección 23 (1+219), manteniéndose hasta la sección 20 (1+084). En la sección 19 (1+031) aumenta el ancho del canal hasta unos 27 m, por lo que el flujo se consigue con una condición subcrítica que presenta velocidades menores (4.31 m/s y 3.9 m/s para las secciones

20 y 19 respectivamente), de manera que se produce un resalto hidráulico entre las secciones anteriores.

El comportamiento del flujo desde la sección 18 (0+990) hasta la 10 (0+564) oscila entre el régimen crítico y subcrítico. Esta variación es producto de la irregularidad en el ancho del cauce, que se expande y se contrae sucesivamente. La elevación del agua entre las secciones 15 (0+794) y 13 (0+716) produjo un desbordamiento en la margen derecha, alcanzando niveles de 410.28 msnm y 409.58 msnm respectivamente, abarcando espacios ocupados por viviendas que se localizan entre las cotas 410 msnm y 409 msnm; de igual manera afecta a la carretera vieja Petare – Guarenas que se encuentra en un nivel de 410 msnm, inundándola con 28 cm de agua por encima de la rasante de la misma. El tramo entre las secciones 11 (0+611) y 10 (0+564) se desborda en ambas márgenes afectando asentamientos urbanos ubicados en las mismas.

La sección 9 (0+497) presenta régimen supercrítico; entre ésta y la sección 8 (0+348) incrementa el valor de la rugosidad del cauce de 0.03 a 0.032 en el centro del canal y de 0.04 a 0.05 en ambas márgenes (ver tabla 4.3), disminuyendo la capacidad de conducción de la sección de manera que la velocidad se reduce, aumenta la energía potencial del flujo y produce el cambio de régimen a subcrítico ocurriendo un resalto hidráulico.

En la sección 8 (0+384) el nivel de agua aumenta hasta 406.29 msnm desbordándose en este punto sobre la sección 7 (0+331), inundando la vialidad principal ubicada en la margen derecha entre una cota de 405 msnm y 406 msnm; mientras que en la sección 6 (0+269) se desborda por ambas márgenes. En esta última, se reporta una profundidad crítica de 2.78 m y el flujo adopta régimen supercrítico en la sección 5 (0+218). El ancho del cauce aumenta entre las secciones 5 y 4 (0+167), variando de 17 m a 21 m e incrementa la rugosidad del mismo con respecto a la sección 6 (de 0.035 a 0.050 en la margen derecha y se mantiene constante en la margen izquierda y centro del canal), afectando nuevamente la capacidad de conducción, disminuyendo la velocidad del flujo de 6.46 m/s en la sección 5 a 0.81 m/s en la sección 4 y

elevando el nivel de agua (404.17 msnm y 404.58 msnm respectivamente) de manera que la corriente cambia a régimen subcrítico. En consecuencia, se genera un resalto hidráulico entre las secciones antes mencionadas.

El aumento del nivel de agua entre las secciones 5 (0+218) y 3 (0+064) hasta las cotas de 404.17 msnm y 404.57 msnm respectivamente, produjo desbordamientos importantes en la zona por ambos márgenes, afectando la carretera vieja Petare – Guarenas que se ubica en la margen derecha a una cota de 404 msnm hasta la sección 2; por último, continúan los derrames en la sección 1 pero sólo en la margen izquierda abarcando una planicie que aún no ha sido ocupada.

Tabla 5.1 Resumen diagnóstico Caso A ( $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
1	0+000	Sin Canalizar	19.98	7.41	1.88		401.90	Vegetación	Carretera	Sí	No
2	0+064	Sin Canalizar	33.87	4.30	0.82		403.83	Vegetación	Carretera	Sí	No
3	0+118	Sin Canalizar	12.66	0.79	0.14		404.57	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
4	0+167	Sin Canalizar	21.45	0.81	0.16	Sí	404.58	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
5	0+218	Sin Canalizar	17.13	6.46	1.63		404.17	Vegetación	Carretera	No	No
6	0+269	Sin Canalizar	11.40	3.75	0.72		405.91	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
7	0+331	Sin Canalizar	16.96	2.74	0.54		406.32	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
8	0+384	Sin Canalizar	20.09	3.35	0.73	Sí	406.29	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
9	0+497	Canalizada	19.69	6.10	1.45		406.98	Viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
10	0+564	Mixta	20.62	3.18	0.62		408.51	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
11	0+611	Mixta	26.65	2.06	0.41		408.85	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
12	0+665	Sin Canalizar	25.22	4.45	0.97		408.92	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
13	0+716	Mixta	23.96	3.26	0.68		409.58	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
14	0+762	Mixta	12.05	3.77	0.79		409.95	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
15	0+794	Mixta	12.44	2.32	0.48		410.28	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
16	0+867	Mixta	16.99	4.32	1.04		410.24	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
17	0+899	Mixta	25.96	2.98	0.65		410.90	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
18	0+990	Canalizada	17.75	4.64	1.01		411.72	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No



Elementos urbanos afectados por la inundación

Tabla 5.2 Continuación resumen diagnóstico Caso A ( $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
19	1+031	Mixta	27.23	3.90	0.80	Sí	412.36	Vegetación y viviendas unifamiliares	Consultorio Barrio Adentro y Carretera	No	No
20	1+084	Mixta	14.88	4.31	0.97		412.77	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	No	No
21	1+135	Mixta	20.13	5.76	1.56		412.71	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	No	No
22	1+168	Mixta	12.36	3.87	0.80		414.03	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
23	1+219	Mixta	9.53	5.87	1.36		413.97	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
24	1+268	Mixta	11.68	3.72	0.73		415.10	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
25	1+319	Mixta	12.49	2.63	0.52		415.44	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
26	1+375	Mixta	48.41	2.24	0.48		Sí	415.61	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí
27	1+424	Mixta	37.87	4.39	1.01	415.60		Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
28	1+472	Mixta	22.67	5.03	1.25		415.91	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
29	1+523	Mixta	29.39	4.18	0.93		416.68	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
30	1+770	Mixta	29.61	3.12	0.65	Sí	417.28	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
31	1+638	Mixta	23.27	4.51	1.00		418.23	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
32	1+685	Canalizada	21.47	6.14	1.52		418.30	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
33	1+724	Sin Canalizar	18.50	4.95	1.02		419.47	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
34	1+774	Sin Canalizar	23.29	3.48	0.69		420.20	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

Tabla 5.3 Continuación resumen diagnóstico Caso A ( $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
35	1+810	Sin Canalizar	30.59	3.82	0.82	Sí	420.28	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
36	1+870	Sin Canalizar	18.79	5.39	1.42		420.35	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
37	1+923	Mixta	18.36	4.49	1.00		421.42	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
38	1+990	Mixta	12.92	6.63	1.56		421.77	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
39	2+027	Sin Canalizar	24.02	5.04	1.17		422.35	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
40	2+082	Sin Canalizar	23.13	5.38	1.36		423.01	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
41	2+137	Sin Canalizar	20.91	4.35	1.02		424.02	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
42	2+194	Sin Canalizar	28.91	3.69	0.84		Sí	424.64	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No
43	2+251	Sin Canalizar	23.89	5.83	1.49	424.70		Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
44	2+306	Canalizada	21.96	5.53	1.22		425.73	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
45	2+361	Mixta	17.72	6.10	1.40		426.12	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
46	2+414	Mixta	17.33	6.99	1.50		427.15	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
47	2+465	Canalizada	14.43	5.95	1.09		429.17	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
48	2+499	Canalizada	12.32	7.98	1.80		428.74	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
49	2+548	Canalizada	13.05	5.95	1.01		430.88	Instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

**5.3.2 Caso B: Período de retorno 10 años ( $Q_{10}:105 \text{ m}^3/\text{s}$ ).**

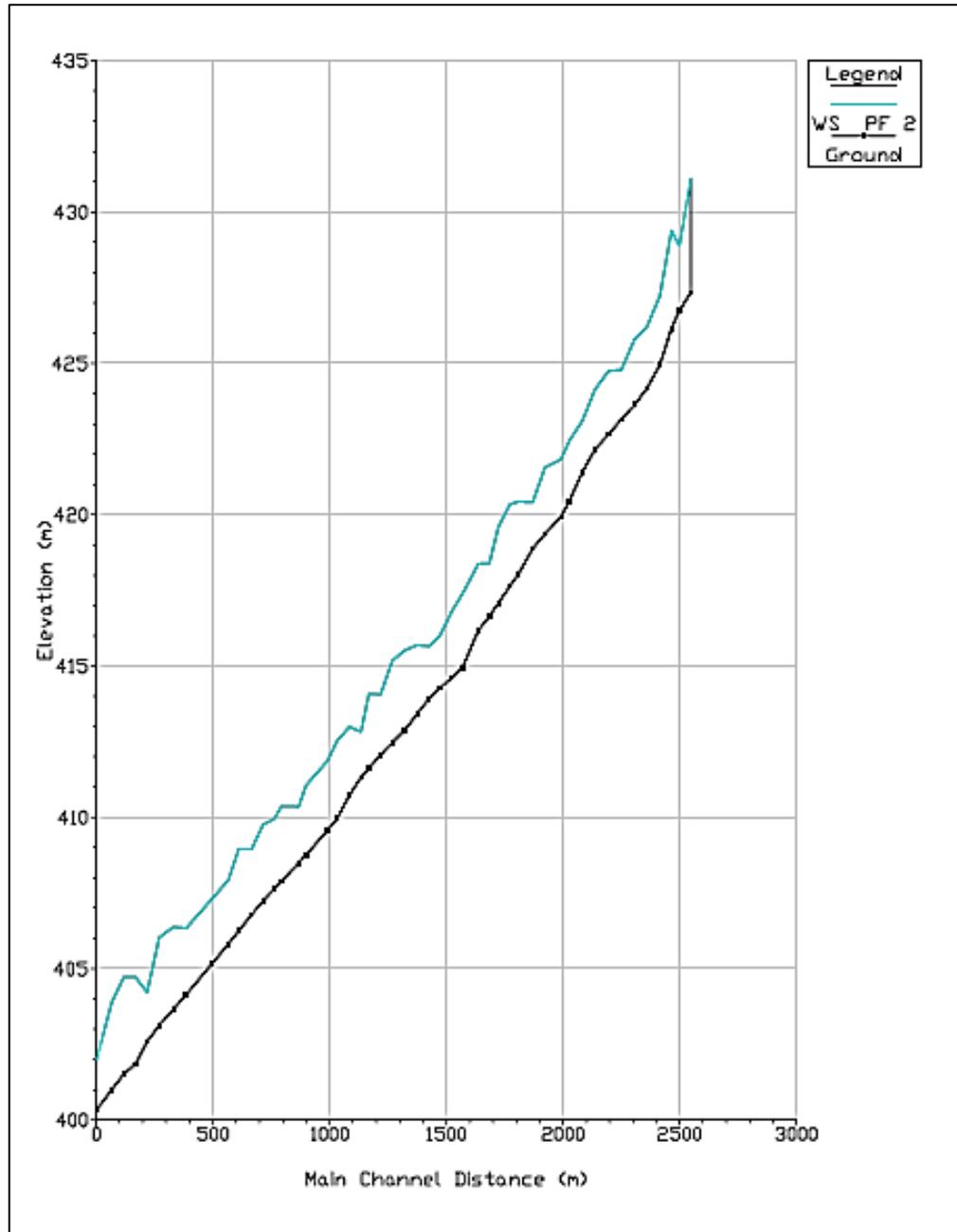


Gráfico 5.2 Perfil 2 (Fuente simulación HEC – RAS.)

El caudal asociado para el período de retorno de 10 años es de  $105 \text{ m}^3/\text{s}$ . El flujo parte desde la sección 49 (2+548) más aguas arriba, a partir de este punto hasta la sección 43 (2+251) se desarrolla en régimen supercrítico con un Froude en el orden de 1.52. Entre la secciones 49 y 47 (2+465) la sección es canalizada del tipo rectangular revestida en concreto, a partir de la 46 (2+414) la sección es del tipo mixta; esta característica y el régimen supercrítico se mantienen hasta la sección 43 (2+251), mientras que en la sección 42 (2+194) el flujo se encuentra con una sección más amplia (24 m de ancho para la sección 43 (2+251) y 29 m para la sección 42) produciendo disminución en la velocidad del mismo (6.07 m/s y 3.83 m/s para las secciones 43 y 42 respectivamente) y el cambio de régimen supercrítico a subcrítico ocurriendo un resalto hidráulico.

El régimen cambia a supercrítico en la sección 40 (2+082) y se mantiene hasta la sección 36 (1+870). Entre las secciones 39 (2+027) y 37 (1+923) se produce una variación de la pendiente disminuyendo de 2% a 1%, sin embargo, no influye de manera apreciable en las características del flujo. Entre las secciones 38 (1+990) y 36 (1+870) el nivel de agua aumenta hasta desbordarse en la margen izquierda, afectando una vía rural que sirve de acceso a un sector urbanizado ubicado al margen del cauce de la Quebrada El Cercado. Esta vialidad se encuentra a una cota de 421 msnm en la sección 38 y 423 msnm en la sección 37, mientras que la superficie del agua alcanza un nivel de 421.83 msnm y 421.56 msnm respectivamente, dando lugar a la invasión parcial del agua sobre la vía en la sección 38.

Aguas abajo de la sección 36 (1+870) y aguas arriba de la sección 35 (1+810) se desarrolla un resalto hidráulico producto de una expansión en el cauce (19 m y 31 m respectivamente), esto disminuye la velocidad de 5.63 m/s a 3.83 m/s entre las secciones antes mencionadas, variando el régimen a subcrítico y manteniéndose así hasta la sección 34 (1+774).

El flujo aumenta su velocidad hasta 6.35 m/s en la sección 32 (1+685) producto de una reducción en el ancho del cauce (21 m) alcanzando régimen supercrítico. Seguidamente, se

expande el ancho del canal en la sección 30 (1+570;  $Ancho_{30} = 30$  m) que reduce la velocidad hasta 3.22 m/s y da lugar a un régimen subcrítico, formándose un resalto hidráulico entre las secciones 31 (1+638) y 30.

En la sección 28 (1+472) se produce régimen supercrítico. Desde la sección 29 (1+523) hasta la sección 19 (1+031), exceptuando las secciones 28 (1+472) y 21 (1+135), el nivel de agua varía entre 416.83 msnm y 412.52 msnm e invade parcialmente la planicie de inundación ubicada en la margen izquierda, sin embargo, no afecta los asentamientos urbanos ahí ubicados ya que estos se encuentran a partir de los 417 msnm aproximadamente. La condición supercrítica se mantiene hasta la sección 27 (1+424) y cambia a subcrítica ocurriendo un resalto hidráulico aguas arriba de la sección 26 (1+375); este fenómeno se debe al aumento en el ancho del cauce que pasa de 38 m a 48 m acarreado velocidades bajas ( $V_{26} = 2.34$  m/s).

En la sección 25 (1+319) el flujo continúa en régimen subcrítico ( $F = 0.54$ ). Luego, aumenta la velocidad del flujo hasta 5.96 m/s en la sección 23 (1+219) como consecuencia de una reducción en el ancho del cauce ( $Ancho_{26} = 48$  m,  $Ancho_{25} = 13$  m,  $A_{24} = 12$  m y  $A_{23} = 10$  m) generándose régimen supercrítico hasta la sección 20 (1+084), en la sección 19 (1+031) varía a régimen subcrítico ocurriendo un resalto hidráulico.

El desarrollo del flujo desde la sección 18 (0+990) hasta la 10 (0+564) fluctúa entre el régimen crítico y subcrítico. Esta diferencia puede asociarse a la irregularidad en el ancho del cauce, que se amplía y se contrae sucesivamente (entre 12 m y 27 m). El incremento del nivel de agua entre las secciones 16 (0+867) y 12 (0+665), 410.35 msnm y 408.96 msnm respectivamente, generó inundación en la margen derecha alcanzando asentamientos urbanos y la vialidad principal (carretera vieja Petare – Guarenas) que están ubicados entre las cotas 415 msnm y 407 msnm. En el tramo comprendido entre las secciones 12 y 9 (0+497) también se producen desbordamientos, sólo que esta vez, en ambas márgenes; el nivel de agua que sobrepasa la carretera en la margen derecha para el tramo antes mencionado oscila entre los

408.96 msnm (sección 12) y 407.32 msnm (sección 9). Igualmente, las viviendas que en sus márgenes se asientan, se encuentran entre las cotas 405 msnm y 415 msnm siendo afectadas por el aguas, cuyo nivel varía entre los 408.96 msnm y 407.32 msnm.

En la sección 10 (0+564), el ancho del cauce disminuye (27 m y 21 m para las secciones 11 y 10) por lo que el flujo aumenta su velocidad aguas abajo de la misma alcanzando régimen supercrítico en la sección 9 (0+497;  $V_9 = 5.27$  m/s;  $F_9 = 1.15$ ). Entre las secciones 9 (0+497) y 8 (0+348) se aprecia un incremento en el coeficiente de rugosidad de 0.03 a 0.032 en centro del canal y de 0.04 a 0.05 en ambas márgenes (Ver tabla 4.3) reduciendo la capacidad de conducción en la sección, generando una disminución en la velocidad (5.27 m/s y 3.57 m/s para las secciones 9 y 8 respectivamente), aumentando la energía potencial del flujo y produciendo una variación en el régimen a subcrítico originándose un resalto hidráulico.

El régimen subcrítico se mantiene hasta la sección 7 (0+331), posteriormente se reporta altura crítica ( $Y_c = 2.9$  m) en la sección 6 (0+269) y cambia a supercrítico en la sección 5 (0+218). El ancho del canal aumenta en la sección 4 (0+167,  $Ancho_4 = 21$  m;  $Ancho_5 = 17$ m) y se incrementa la rugosidad del cauce con respecto a la sección 6 (de 0.035 a 0.050 en la margen derecha y se mantiene constante en la margen izquierda y centro del canal; ver tabla 4.3), afectando nuevamente la capacidad de conducción, disminuyendo la velocidad del flujo de 6.66 m/s en la sección 5 a 0.78 m/s en la sección 4, cambiando el régimen a subcrítico y ocurriendo un resalto hidráulico. Este régimen se mantiene así hasta la sección 3 (0+118) y luego termina pasando por la profundidad crítica en las secciones 2 (0+064;  $Y_c = 2.88$  m) y 1 (0+000;  $Y_c = 1.66$  m).

Entre las secciones 9 (0+497) y 1 (0+000), exceptuando la sección 5 (0+218), se origina un desbordamiento cuyo espejo se extiende hasta aproximadamente 125 m (en dirección perpendicular al margen del río) en la margen izquierda del río inundando una planicie sin ocupar ubicada dentro de la misma. La carretera principal se encuentra en la

margen derecha entre las cotas 407 msnm y 404 msnm y se ve afectada por una lámina de agua que alcanza un nivel de 407.32 msnm y 406.03 msnm entre las secciones 9 y 6 (0+269), y 404.73 msnm y 403.88 msnm entre las secciones 4 (0+167) y 2 (0+064).

Tabla 5.4 Resumen diagnóstico Caso B ( $Q_{10} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
1	0+000	Sin Canalizar	19.98	7.65	1.90		401.99	Vegetación	Carretera	Sí	No
2	0+064	Sin Canalizar	33.87	4.62	0.87		403.88	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
3	0+118	Sin Canalizar	12.66	0.78	0.14		404.72	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
4	0+167	Sin Canalizar	21.45	0.78	0.15	Sí	404.73	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
5	0+218	Sin Canalizar	17.13	6.66	1.66		404.22	Vegetación	Carretera	No	No
6	0+269	Sin Canalizar	11.40	3.72	0.70		406.03	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
7	0+331	Sin Canalizar	16.96	2.94	0.57		406.38	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
8	0+384	Sin Canalizar	20.09	3.57	0.77	Sí	406.34	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
9	0+497	Canalizada	19.69	5.27	0.15		407.32	Viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
10	0+564	Mixta	20.62	4.89	1.07		407.92	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
11	0+611	Mixta	26.65	2.12	0.41		408.95	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
12	0+665	Sin Canalizar	25.22	4.82	1.04		408.96	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
13	0+716	Mixta	23.96	3.19	0.64		409.77	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
14	0+762	Mixta	12.05	4.20	0.88		409.94	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
15	0+794	Mixta	12.44	2.27	0.46		410.38	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
16	0+867	Mixta	16.99	4.47	1.05		410.35	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
17	0+899	Mixta	25.96	3.12	0.66		411.05	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
18	0+990	Canalizada	17.75	4.72	1.00		411.86	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No



Elementos urbanos afectados por la inundación

Tabla 5.5 Continuación resumen diagnóstico Caso B ( $Q_{10} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
19	1+031	Mixta	27.23	3.98	0.79	Sí	412.52	Vegetación y viviendas unifamiliares	Consultorio Barrio Adentro y Carretera	Sí	No
20	1+084	Mixta	14.88	3.99	0.85		412.99	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
21	1+135	Mixta	20.13	5.74	1.49		412.84	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	No	No
22	1+168	Mixta	12.36	4.04	0.82		414.08	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
23	1+219	Mixta	9.53	5.96	1.35		414.05	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
24	1+268	Mixta	11.68	3.86	0.75		415.16	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
25	1+319	Mixta	12.49	2.75	0.54		415.51	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
26	1+375	Mixta	48.41	2.34	0.49		Sí	415.69	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí
27	1+424	Mixta	37.87	4.63	1.12	415.66		Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
28	1+472	Mixta	22.67	5.24	1.28		415.99	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
29	1+523	Mixta	29.39	4.21	0.91		416.83	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
30	1+770	Mixta	29.61	3.22	0.65	Sí	417.40	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
31	1+638	Mixta	23.27	4.57	0.98		418.38	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
32	1+685	Canalizada	21.47	6.35	1.54		418.39	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
33	1+724	Sin Canalizar	18.50	5.10	1.03		419.60	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
34	1+774	Sin Canalizar	23.29	3.58	0.69		420.35	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

Tabla 5.6 Continuación resumen diagnóstico Caso B ( $Q_{10} = 105 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN		
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.	
35	1+810	Sin Canalizar	30.59	3.83	0.79	Sí	420.44	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No	
36	1+870	Sin Canalizar	18.79	5.63	1.45		420.41	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No	
37	1+923	Mixta	18.36	4.56	0.98		421.56	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No	
38	1+990	Mixta	12.92	6.93	1.60		421.83	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No	
39	2+027	Sin Canalizar	24.02	5.20	1.17		422.46	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
40	2+082	Sin Canalizar	23.13	5.57	1.37		423.10	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
41	2+137	Sin Canalizar	20.91	4.50	1.02		424.13	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No	
42	2+194	Sin Canalizar	28.91	3.83	0.84		Sí	424.75	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
43	2+251	Sin Canalizar	23.89	6.07	1.52			424.79	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
44	2+306	Canalizada	21.96	5.79	1.25		425.83	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
45	2+361	Mixta	17.72	6.33	1.42		426.22	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
46	2+414	Mixta	17.33	7.32	1.55		427.24	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
47	2+465	Canalizada	14.43	6.04	1.07		429.39	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
48	2+499	Canalizada	12.32	8.17	1.78		428.89	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
49	2+548	Canalizada	13.05	6.09	1.00		431.10	Instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

**5.3.3 Caso C: Período de retorno 25 años ( $Q_{25}:135 \text{ m}^3/\text{s}$ ).**

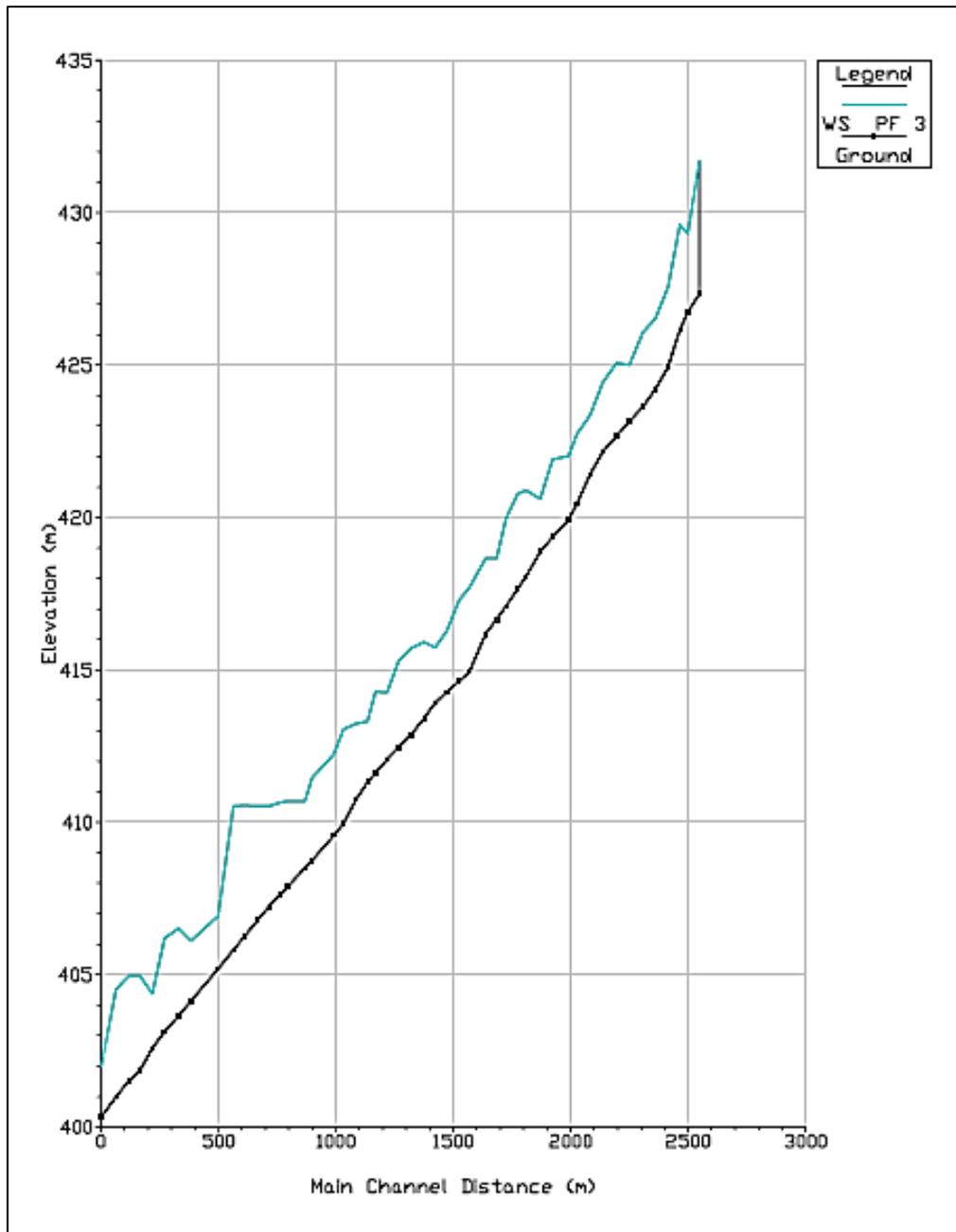


Gráfico 5.3 Perfil 3. (Fuente simulación HEC – RAS.)

El perfil mostrado corresponde a un caudal de  $135 \text{ m}^3/\text{s}$  asociado a un período de retorno de 25 años. El flujo parte desde la sección 49 (2+548) más aguas arriba, a partir de ese punto hasta la sección 43 (2+251) se mantiene supercrítico con un Froude en el orden de 1.57. Entre las secciones 49 y 47 (2+465) la sección es canalizada del tipo rectangular revestida en concreto, a partir de la 46 (2+414) la sección es del tipo mixta; esta característica y el régimen supercrítico se mantienen hasta la sección 43 (2+251), mientras que en la sección 42 (2+194) el flujo se encuentra con una sección más amplia (24 m de ancho para la sección 43 (2+251) y 29 m para la sección 42) produciendo disminución en la velocidad del mismo (6.69 m/s y 4.23 m/s para las secciones 43 y 42 respectivamente) y el cambio de régimen supercrítico a subcrítico ocurriendo un resalto hidráulico.

El flujo cambia a supercrítico en la sección 40 (2+082), debido a una variación en la velocidad del flujo de 4.86 m/s y 6.07 m/s para las secciones 41 y 40 respectivamente. La condición supercrítica se mantiene hasta la sección 36 (1+870); entre las secciones 38 y 36 el nivel de agua se eleva hasta desbordarse en su margen izquierda, afectando una vía rural que sirve de acceso a un sector urbanizado ubicado al margen del cauce de la Quebrada El Cercado. Esta vialidad se encuentra a una cota de 421 msnm en la sección 38 y 423 msnm en la sección 37, mientras que la superficie del agua alcanza una altura de 422.02 msnm y 421.89 msnm respectivamente, lo que da lugar a una invasión parcial del agua sobre la vía en la sección 38. Aguas abajo de la sección 36 (1+870) y aguas arriba de la 35 (1+810) se desarrolla un nuevo resalto hidráulico, producto de una expansión en el cauce (19 m en la sección 36 y 31 m en la 35) que trae como consecuencia la disminución de la velocidad ( $V_{36} = 6.15 \text{ m/s}$ ,  $V_{35} = 3.86 \text{ m/s}$ ) y la elevación del agua desde 420.60 msnm (sección 36) hasta 420.89 msnm (sección 35).

La condición subcrítica se mantiene hasta la sección 34 (1+774) y cambia a supercrítica en la sección en la sección 32 (1+685) debido un aumento en la velocidad a 6.84 m/s. Aguas abajo de la sección 31 y aguas arriba de la sección 30 (1+570) se forma un resalto hidráulico debido al incremento en el ancho del cauce ( $\text{Ancho}_{31} = 21 \text{ m}$ ,  $\text{Ancho}_{30} = 23 \text{ m}$ ) que

produce la disminución de la velocidad hasta 3.48 m/s y como consecuencia el flujo cambia a régimen subcrítico con un Froude en el orden de 0.67.

Entre las secciones 30 y 29 (1+523) se produce un cambio en la pendiente de fondo (de 2% a 0.7%). El flujo alcanza un nivel de 417.28 msnm en la margen derecha y afecta la carretera vieja Petare - Guarenas ubicada a una cota de 417 msnm. En la sección 28 (1+472) aumenta la velocidad a 5.69 m/s y en consecuencia se produce el cambio a régimen supercrítico. Esta condición se mantiene en la sección 27 (1+424), luego, en la sección 26 (1+375) se expande el ancho del cauce ( $Ancho_{27} = 38$  m a  $Ancho_{26} = 48$  m) alcanzando velocidades menores ( $V_{27} = 5.61$  m/s;  $V_{26} = 2.59$  m/s) y ocasionando un resalto hidráulico en el tramo comprendido entre las secciones antes mencionadas.

En la sección 25 (1+319) el flujo continúa siendo subcrítico y pasa por la condición crítica en la sección 24 (1+268;  $Y_c = 2.85$  m/s); al llegar a la 23 (1+219) gana velocidad ( $V_{23} = 6.15$  m/s) producto de la reducción en el ancho del cauce ( $Ancho_{26} = 48$  m,  $Ancho_{25} = 13$  m,  $A_{24} = 12$  m y  $A_{23} = 10$  m) y cambia a régimen supercrítico; seguidamente vuelve a ampliarse el ancho del canal a 12 m en la sección 22 (1+168) y se produce una disminución en la velocidad ( $V_{22} = 4.28$  m/s) pero manteniéndose la condición supercrítica hasta la sección 21 (1+135). Posteriormente, en la sección 20 (1+084) cae la velocidad del flujo a 4.17 m/s dando lugar al régimen subcrítico y ocurriendo un resalto hidráulico.

El tramo comprendido entre las secciones 30 (1+570) y 20 (1+084), se desborda hasta invadir parte de la planicie ubicada en la margen izquierda alcanzando un rango de cotas entre 417.71 msnm y 413.23 msnm (aguas arriba – aguas abajo) a lo largo del tramo; en ella se encuentran asentamientos urbanos, sin embargo, éstos no son afectados por el agua pues se hallan a partir de la cota 418 msnm aguas arriba del tramo y 415 msnm aguas abajo.

El régimen subcrítico se mantiene hasta la sección 19 (1+031), a partir de este punto hasta la sección 10 (0+564) el flujo oscila entre las condiciones críticas y subcríticas debido al proceso sucesivo de contracción – expansión – contracción en el ancho del cauce a lo largo del

tramo. Posteriormente en la sección 9 (0+497) se originan altas velocidades ( $V_9 = 9.11$  m/s) que pueden ocasionar problemas de erosión en el lecho del río. En la sección 8 (0+384) el flujo adopta condición supercrítica y aguas abajo, en la sección 7 (0+331), cambia a régimen subcrítico generándose un resalto hidráulico.

El flujo pasa a régimen supercrítico en la sección 5 (0+218) y nuevamente se genera un resalto hidráulico entre ésta y la sección 4 (0+167,  $V_4 = 0.84$  m/s;  $V_5 = 7.05$  m/s). La reducción de la velocidad entre las secciones anteriores conlleva al cambio de régimen a subcrítico y es consecuencia del incremento en el ancho del cauce ( $Ancho_5 = 17$  m y  $Ancho_4 = 21$  m), esta condición se mantiene hasta la sección 3 (0+118) y por último, se genera la profundidad crítica en las secciones 2 (0+064;  $Y_c = 3.52$  m) y 1 (0+000;  $Y_c = 1.67$  m).

Entre las secciones 19 (1+031) y 10 (0+564) ocurre un desbordamiento en la margen derecha, alcanzando asentamientos urbanos ubicados en ella a partir de la cota 410 msnm aguas arriba y aproximadamente 407 msnm aguas abajo; la elevación de agua en dicho tramo fluctúa entre las cotas 413.5 msnm y 410.52 msnm respectivamente. En esta margen también se encuentra la carretera vieja Petare – Guarenas (entre las cotas 414 msnm y 408 msnm), siendo afectada a partir de la sección 15 (0+794) hasta la sección 10 por el agua que alcanza un nivel alrededor de los 413.05 msnm y 410.52 msnm. Entre las secciones 13 (0+716) y 9 (0+497) se encuentran asentamientos urbanos en la margen izquierda a partir de la cota 410 msnm aproximadamente, donde la crecida de agua alcanza los 410.52 msnm perturbando dichos asentamientos. Entre las secciones 8 (0+384) y 2 (0+064), exceptuando la sección 5 (0+218) también ocurren desbordamientos en ambas márgenes; en la derecha se encuentra la carretera vieja Petare – Guarenas que es cubierta por agua que alcanza niveles entre 406.11 msnm y 404.52 msnm.

Tabla 5.7 Resumen diagnóstico Caso C ( $Q_{25} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
1	0+000	Sin Canalizar	19.98	9.74	2.41		402.00	Vegetación	Carretera	Sí	No
2	0+064	Sin Canalizar	33.87	3.81	0.65		404.52	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
3	0+118	Sin Canalizar	12.66	0.85	0.15		404.96	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
4	0+167	Sin Canalizar	21.45	0.84	0.15	Sí	404.97	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
5	0+218	Sin Canalizar	17.13	7.05	1.68		404.37	Vegetación	Carretera	No	No
6	0+269	Sin Canalizar	11.40	4.04	0.74		406.20	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
7	0+331	Sin Canalizar	16.96	3.50	0.66	Sí	406.52	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
8	0+384	Sin Canalizar	20.09	5.42	1.23		406.11	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
9	0+497	Canalizada	19.69	9.11	2.21		406.92	Viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
10	0+564	Mixta	20.62	1.43	0.21		410.52	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
11	0+611	Mixta	26.65	1.17	0.18		410.55	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
12	0+665	Sin Canalizar	25.22	2.02	0.33		410.53	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
13	0+716	Mixta	23.96	2.49	0.44		410.53	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
14	0+762	Mixta	12.05	2.31	0.42		410.65	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
15	0+794	Mixta	12.44	2.11	0.40		410.69	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
16	0+867	Mixta	16.99	4.82	1.04		410.68	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
17	0+899	Mixta	25.96	3.45	0.67		411.45	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
18	0+990	Canalizada	17.75	5.20	1.02		412.23	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí

 Elementos urbanos afectados por la inundación

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

Tabla 5.8 Continuación resumen diagnóstico Caso C ( $Q_{25} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
19	1+031	Mixta	27.23	4.03	0.73		413.05	Vegetación y viviendas unifamiliares	Consultorio Barrio Adentro y Carretera	Sí	Sí
20	1+084	Mixta	14.88	4.17	0.84	Sí	413.23	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
21	1+135	Mixta	20.13	5.39	1.22		413.31	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	No	No
22	1+168	Mixta	12.36	4.28	0.84		414.29	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
23	1+219	Mixta	9.53	6.15	1.32		414.27	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
24	1+268	Mixta	11.68	4.32	0.82		415.31	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
25	1+319	Mixta	12.49	3.06	0.58		415.71	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
26	1+375	Mixta	48.41	2.59	0.52	Sí	415.91	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
27	1+424	Mixta	37.87	5.61	1.33		415.73	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
28	1+472	Mixta	22.67	5.69	1.28		416.28	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
29	1+523	Mixta	29.39	4.18	0.82		417.28	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
30	1+770	Mixta	29.61	3.48	0.67	Sí	417.71	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
31	1+638	Mixta	23.27	5.10	1.03		418.65	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
32	1+685	Canalizada	21.47	6.84	1.54		418.66	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
33	1+724	Sin Canalizar	18.50	5.55	1.05		419.94	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No

 Elementos urbanos afectados por la inundación

Tabla 5.9 Continuación resumen diagnóstico Caso C ( $Q_{25} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
34	1+774	Sin Canalizar	23.29	3.83	0.69		420.78	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
35	1+810	Sin Canalizar	30.59	3.86	0.73	Sí	420.89	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
36	1+870	Sin Canalizar	18.79	6.15	1.49		420.60	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
37	1+923	Mixta	18.36	4.79	0.96		421.89	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	No	No
38	1+990	Mixta	12.92	7.72	1.70		422.02	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
39	2+027	Sin Canalizar	24.02	5.64	1.19		422.74	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
40	2+082	Sin Canalizar	23.13	6.07	1.39		423.35	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
41	2+137	Sin Canalizar	20.91	4.86	1.03		424.45	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
42	2+194	Sin Canalizar	28.91	4.23	0.87	Sí	425.06	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
43	2+251	Sin Canalizar	23.89	6.69	1.57		425.01	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
44	2+306	Canalizada	21.96	6.51	1.33		426.08	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
45	2+361	Mixta	17.72	6.94	1.45		426.52	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
46	2+414	Mixta	17.33	7.82	1.54		427.57	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
47	2+465	Canalizada	14.43	7.13	1.22		429.61	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
48	2+499	Canalizada	12.32	8.63	1.71		429.32	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
49	2+548	Canalizada	13.05	6.44	0.99		431.70	Instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

**5.3.4 Caso D: Período de retorno 50 años ( $Q_{50}:175 \text{ m}^3/\text{s}$ ).**

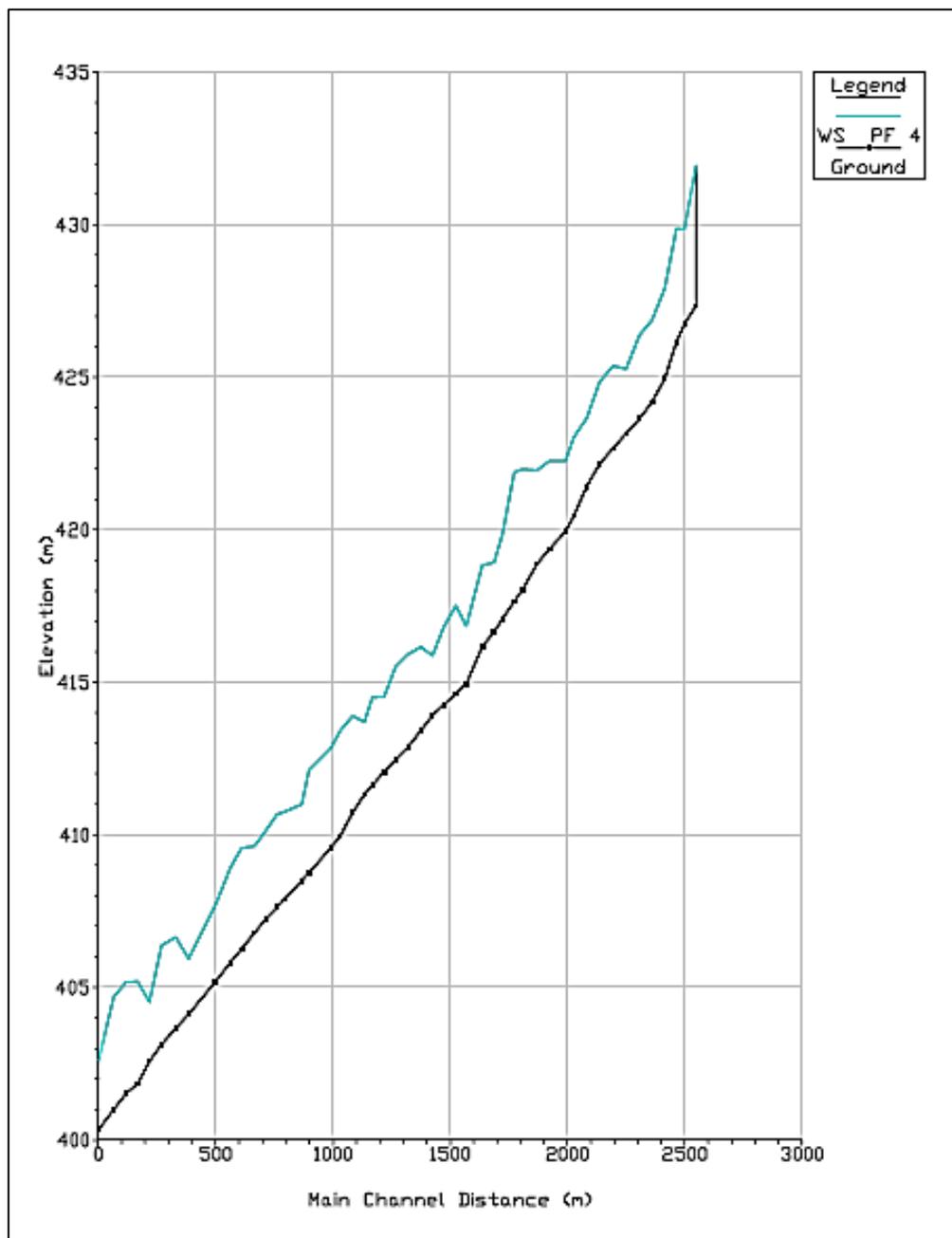


Gráfico 5.4 Perfil 4. (Fuente simulación HEC – RAS.)

Para un período de retorno de 50 años se asocia un gasto de  $175 \text{ m}^3/\text{s}$ , arrojando el perfil del gráfico mostrado en el plano DH-04. El flujo parte desde la sección 49 (2+548) más aguas arriba y se mantiene en régimen supercrítico hasta la sección 43 (2+251). En el tramo comprendido entre ésta última y la sección 42 (2+194), se produce un resalto hidráulico, ya que la corriente en condición supercrítica se consigue con un flujo con velocidades bajas y en condición subcrítica ( $V_{43} = 7.48 \text{ m/s}$ ,  $F_{43} = 1.62$ ;  $V_{42} = 4.82 \text{ m/s}$ ,  $F_{42} = 0.93$ ). Posteriormente el flujo adopta régimen supercrítico en la sección 40 (2+082) hasta la sección 38 (1+990). En el tramo comprendido entre las secciones 37 (1+923) y 36 (1+870) se genera un resalto hidráulico, producto de la disminución en la velocidad del flujo, dando origen al régimen subcrítico; condición que permanece así hasta la sección 34 (1+774).

En el tramo definido por las secciones 38 (1+990) y 34 (1+774), se desborda el río alcanzando una vía rural comprendida entre las cotas 421 msnm y 423 msnm (para las secciones 38 y 37 (1+923) respectivamente), ubicada en la margen izquierda que sirve de acceso a un sector urbanizado al margen de la Quebrada El Cercado, ésta se ve afectada por el agua que se eleva hasta los 422.24 msnm.

En la margen derecha se encuentran asentamientos urbanos al mismo nivel de la vialidad principal entre las secciones 49 (2+548) y 31 (1+638), éstas se ven afectadas en el segmento comprendido entre las secciones 36 (1+870) y 33 (1+724) donde el agua alcanza una elevación entre 421.94 msnm y 419.87 msnm. El flujo aumenta la velocidad a partir de la sección 33 (1+724) hasta la 27 (1+424) variando entre un rango de 7.57 m/s y 4.64 m/s, cambiando a régimen supercrítico desde la sección 32 (1+685) hasta la 27.

En la sección 26 (1+375) la corriente se encuentra con un flujo de menor velocidad ( $V_{26} = 2.97 \text{ m/s}$ ) que adopta régimen subcrítico, razón por la que se origina un resalto hidráulico entre las secciones 27 y 26. En la sección 25 (1+319) el flujo se mantiene subcrítico hasta la sección 24 (1+268); posteriormente una contracción del ancho del cauce ( $\text{Ancho}_{24} = 12 \text{ m}$  y  $\text{Ancho}_{23} = 10 \text{ m}$ ) incrementa la velocidad en el flujo ( $V_{24} = 4.71 \text{ m/s}$  y  $V_{23} = 6.38 \text{ m/s}$ ),

variándolo a supercrítico desde la sección 23 (1+219) hasta la 21 (1+135). En la sección 20 el régimen es subcrítico ( $F_{20} = 0.61$ ) y se genera un resalto hidráulico entre ésta y la sección aguas arriba.

Entre las secciones 29 (1+523) y 25 (1+319), exceptuando la sección 27 (1+424), se produce un desborde del agua que alcanza un nivel entre 417.52 msnm y 415.92 msnm sobrepasando la rasante de la carretera vieja Petare – Guarenas por la margen derecha. La margen izquierda comprendida entre las secciones 31 (1+638) y 18 (0+990) se ve igualmente afectada por el agua que alcanza la cota de 418.84 msnm en el punto más aguas arriba y 412.83 msnm en el más aguas abajo; sin embargo, dicha inundación no afecta los asentamientos urbanos. Entre las secciones 19 (1+031) y 18 se produce, nuevamente, un desbordamiento que fluctúa entre 413.42 msnm y 412.83 msnm, extendiéndose hasta asentamientos urbanos, un centro de salud y talleres mecánicos tendidos sobre la margen derecha.

El desarrollo del flujo desde la sección 19 (1+031) hasta la 13 (0+716), varía entre el régimen subcrítico y el crítico, debido a la irregularidad en el ancho del cauce que se expande y contrae repetidamente. En la sección 12 (0+665) aumenta la velocidad del flujo hasta 5.03 m/s y se genera régimen supercrítico; aguas abajo de la sección 12 y aguas arriba de la 11 (0+611) ocurre un resalto hidráulico.

En la sección 9 (0+497;  $F_9 = 1.33$ ) se produce régimen supercrítico y se mantiene hasta la sección 8 (0+384) y aguas abajo, en la sección 7 (0+331), cambia a régimen subcrítico generándose un resalto hidráulico.

El tramo comprendido entre las secciones 17 (0+899) y 9 (0+497) se desborda en ambas márgenes alcanzando niveles entre 412.13 msnm y 407.67 msnm, sobrepasando la rasante de la carretera vieja Petare – Guarenas y asentamientos urbanos ubicados en la margen derecha. Mientras que en la margen izquierda se producen desbordamientos entre las

secciones 13 (0+716) y 9 abarcando la planicie que en ella se encuentra pero sin afectar las viviendas existentes.

En la sección 6 (0+269) el flujo pasa por la altura crítica ( $Y_c = 3.25$  m) para alcanzar régimen supercrítico en la sección 5 (0+218). Aguas abajo de la sección 5 y aguas arriba de la sección 4 (0+167) se origina un resalto hidráulico, como consecuencia de la expansión en el ancho del cauce ocasionando la pérdida de la velocidad del flujo y el cambio a régimen subcrítico ( $Ancho_5 = 17$  m,  $V_5 = 7.5$  m/s;  $Ancho_4 = 21$  m,  $V_4 = 0.94$  m/s,  $F_4 = 0.16$ ).

En las secciones 7 (0+331) y 6 (0+269) se desborda el agua producto del remanso generado por la contracción en la sección 6 ( $Ancho_6 = 11$  m), la mancha de inundación alcanzó una elevación de 403.65 msnm en el punto más aguas arriba y 403.13 msnm en el punto más aguas abajo, sobrepasando la rasante de la carretera vieja Petare – Guarenas en la margen derecha, condición que persiste hasta la sección 2 (0+064). En la margen izquierda se inunda una planicie sin ocupar desde la sección 6 hasta la sección 1 (0+000).

Tabla 5.10 Resumen diagnóstico Caso D ( $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
1	0+000	Sin Canalizar	19.98	8.34	1.77		402.60	Vegetación	Carretera	Sí	No
2	0+064	Sin Canalizar	33.87	4.21	0.70		404.69	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
3	0+118	Sin Canalizar	12.66	0.97	0.16		404.18	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
4	0+167	Sin Canalizar	21.45	0.94	0.16	Sí	405.19	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
5	0+218	Sin Canalizar	17.13	7.50	1.71		404.53	Vegetación	Carretera	No	No
6	0+269	Sin Canalizar	11.40	4.45	0.79		403.68	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
7	0+331	Sin Canalizar	16.96	4.25	0.78	Sí	406.65	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
8	0+384	Sin Canalizar	20.09	7.55	1.80		405.93	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
9	0+497	Canalizada	19.69	6.59	1.33		407.67	Viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
10	0+564	Mixta	20.62	4.47	0.81		408.91	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
11	0+611	Mixta	26.65	2.37	0.42	Sí	409.56	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
12	0+665	Sin Canalizar	25.22	5.03	0.95		409.63	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
13	0+716	Mixta	23.96	4.19	0.78		410.16	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
14	0+762	Mixta	12.05	2.91	0.53		410.68	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
15	0+794	Mixta	12.44	2.59	0.49		410.76	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
16	0+867	Mixta	16.99	5.40	1.09		410.99	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
17	0+899	Mixta	25.96	3.07	0.53		412.13	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
18	0+990	Canalizada	17.75	5.16	0.91		412.83	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí



Elementos urbanos afectados por la inundación

Tabla 5.11 Continuación resumen diagnóstico Caso D ( $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
19	1+031	Mixta	27.23	4.56	0.78		413.42	Vegetación y viviendas unifamiliares	Consultorio Barrio Adentro y Carretera	Sí	Sí
20	1+084	Mixta	14.88	3.42	0.61	Sí	413.91	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
21	1+135	Mixta	20.13	5.34	1.10		413.70	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	No	Sí
22	1+168	Mixta	12.36	4.66	0.88		414.50	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
23	1+219	Mixta	9.53	6.38	1.30		414.52	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
24	1+268	Mixta	11.68	4.71	0.86		415.51	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
25	1+319	Mixta	12.49	3.45	0.63		415.92	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
26	1+375	Mixta	48.41	2.97	0.57		Sí	416.15	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí
27	1+424	Mixta	37.87	6.55	1.49	415.87		Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
28	1+472	Mixta	22.67	5.62	1.13	416.81		Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
29	1+523	Mixta	29.39	4.64	0.87	417.52		Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
30	1+770	Mixta	29.61	7.57	1.75	416.84		Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
31	1+638	Mixta	23.27	5.99	1.17	418.84		Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí
32	1+685	Canalizada	21.47	7.59	1.61	418.92		Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
33	1+724	Sin Canalizar	18.50	7.43	1.42	419.87		Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí

 Elementos urbanos afectados por la inundación

Tabla 5.12 Continuación resumen diagnóstico Caso D ( $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	Elev. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
34	1+774	Sin Canalizar	23.29	2.82	0.44		421.87	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
35	1+810	Sin Canalizar	30.59	2.18	0.35		421.98	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
36	1+870	Sin Canalizar	18.79	3.07	0.56	Sí	421.94	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
37	1+923	Mixta	18.36	5.10	0.96		422.25	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	No
38	1+990	Mixta	12.92	8.55	1.79	Sí	422.24	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
39	2+027	Sin Canalizar	24.02	6.24	1.24		423.04	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
40	2+082	Sin Canalizar	23.13	6.61	1.41		423.65	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
41	2+137	Sin Canalizar	20.91	8.21	1.01		424.85	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
42	2+194	Sin Canalizar	28.91	4.82	0.93		425.37	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
43	2+251	Sin Canalizar	23.89	7.42	1.62		425.28	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
44	2+306	Canalizada	21.96	7.34	1.42		426.38	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
45	2+361	Mixta	17.72	7.62	1.49		426.86	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
46	2+414	Mixta	17.33	8.55	1.58		427.92	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
47	2+465	Canalizada	14.43	8.45	1.40		429.86	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
48	2+499	Canalizada	12.32	9.11	1.65	429.85	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	
49	2+548	Canalizada	13.05	7.80	1.16	431.92	Instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No	

 Elementos urbanos afectados por la inundación

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

**5.3.5 Caso E: Período de retorno 100 años ( $Q_{100}:247 \text{ m}^3/\text{s}$ ).**

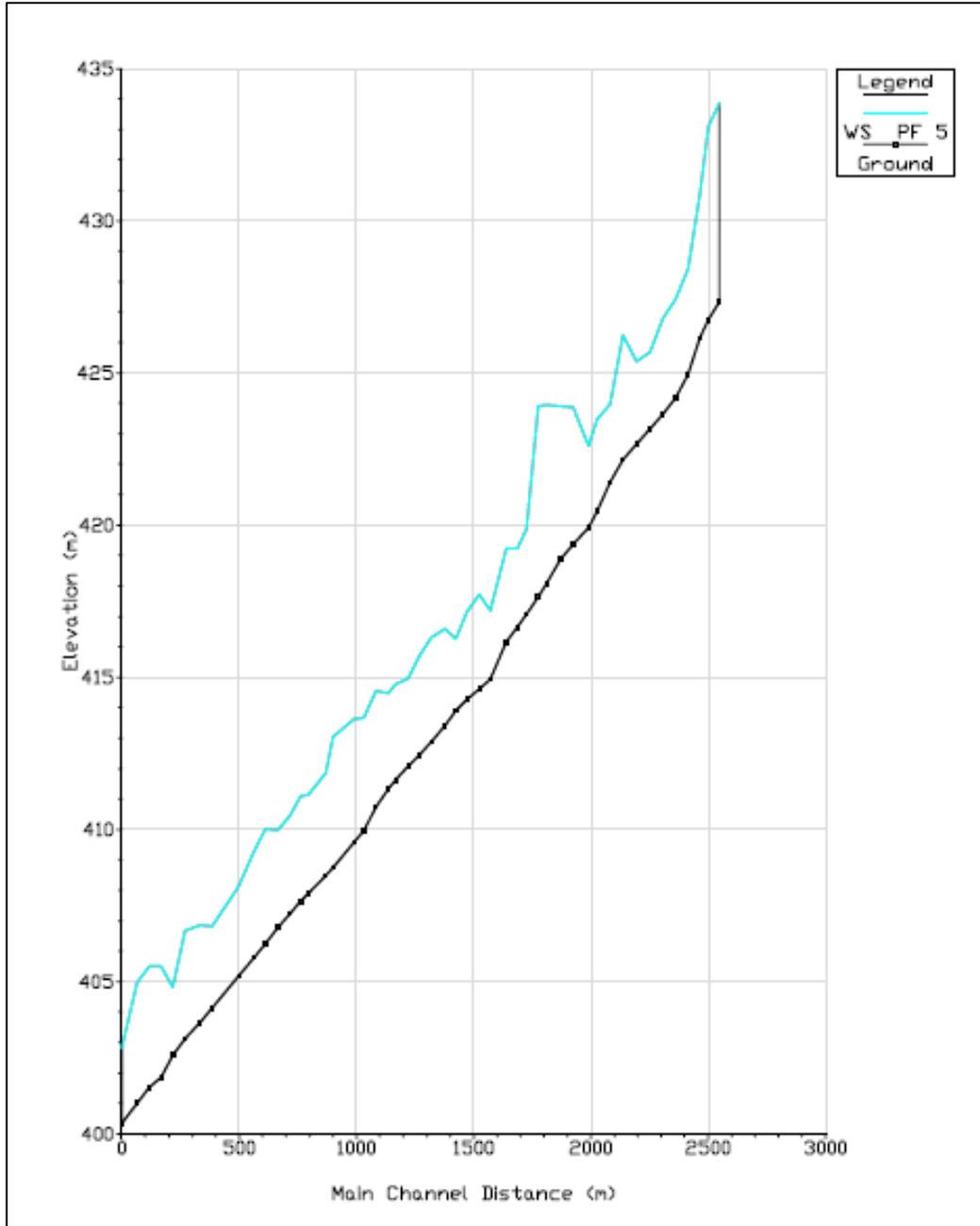


Gráfico 5.5 Perfil 5. (Fuente simulación HEC – RAS.)

El perfil antes mostrado corresponde a un gasto de  $247 \text{ m}^3/\text{s}$  asociado a un período de retorno de 100 años. La sección 49 (2+548) es la más aguas arriba, la misma se rebosa formando un espejo de agua que alcanza un nivel de 433.86 msnm afectando el estacionamiento de las instalaciones deportivas (campo de béisbol y canchas de bowling) en la margen izquierda y la carretera principal (carretera vieja Petare – Guarenas) ubicada en la margen derecha. En la sección 48 (2+499) se genera un régimen subcrítico y cambia a supercrítico en la sección 46 (2+414), manteniéndose así hasta la sección 42 (2+194). Luego, en la sección 41 (2+137) el flujo consigue la altura crítica ( $Y_c = 4.08 \text{ m}$ ), rebosándose en la margen derecha con un nivel de agua de 426.24 msnm que afecta la carretera principal, talleres y asentamientos urbanos. El flujo retoma la condición supercrítica y se mantiene hasta la sección 38 (1+990) como consecuencia de una contracción en el ancho del canal ( $\text{Ancho}_{39} = 24 \text{ m}$  y  $\text{Ancho}_{38} = 13 \text{ m}$ ). Entre las secciones 38 y 37 (1+923) se encuentra una vialidad rural ubicada en la margen izquierda que sirve de acceso a una población asentada al margen de la Quebrada El Cercado, ésta es afectada parcialmente por el agua que alcanza los 423.87 msnm en la sección 37. En esta última sección el ancho del cauce aumenta hasta unos 18 m generando una reducción en la velocidad de la corriente y variando el régimen a subcrítico ( $V_{38} = 9.72 \text{ m/s}$ ;  $V_{37} = 3.04 \text{ m/s}$ ), lo que trae como consecuencia que aguas abajo de la sección 38 y aguas arriba de la 37 se forme un resalto hidráulico.

La condición subcrítica permanece hasta la sección 34 (1+774) donde inicia una inundación que abarca ambas márgenes adoptando niveles entre 423.91 msnm y 419.88 msnm expandiéndose hacia asentamientos urbanos y la vialidad principal hasta la sección 33 (1+724).

En la sección 33 (1+724) el flujo alcanza altura crítica ( $Y_c = 2.8 \text{ m}$ ) y posterior a esto, aumenta la velocidad ( $V_{34} = 1.31 \text{ m/s}$ ,  $V_{33} = 10.44 \text{ m/s}$ ) cambiando a régimen supercrítico desde la sección 32 (1+685) hasta la 27 (1+424); luego en la sección 26 (1+375), un aumento en el ancho del canal disminuye la velocidad y varia el régimen a subcrítico ( $\text{Ancho}_{27} = 38 \text{ m}$ ,

$V_{27} = 7.13$  m/s;  $Ancho_{26} = 48$  m,  $V_{26} = 3.26$  m/s,  $F_{26} = 0.58$ ) ocurriendo un resalto hidráulico. La condición subcrítica se mantiene hasta la sección 25 (1+319).

Seguidamente, el flujo alcanza profundidad crítica en la sección 24 (1+268;  $Y_c = 3.26$  m) y gana velocidad aguas abajo ( $V_{24} = 5.66$  m/s y  $V_{23} = 6.54$  m/s) produciendo un régimen supercrítico desde la sección 23 (1+219) hasta la 22 (1+168). En la sección 21 (1+135) se reduce la velocidad debido al incremento en el ancho del cauce generando un régimen subcrítico y dando origen a un resalto hidráulico entre las secciones 22 y 21 ( $Ancho_{22} = 12$  m,  $V_{22} = 5.41$  m/s;  $Ancho_{21} = 20$  m,  $V_{21} = 4.43$  m/s).

Desde la sección 20 (1+084) hasta la 13 (0+716), el flujo varía entre la condición subcrítica y la crítica producto de las irregularidades en el ancho del cauce que se amplía y reduce reiteradamente. En la sección 12 (0+665) el flujo adopta una condición supercrítica, caso contrario al de la sección 11 (0+611) donde se produce régimen subcrítico dando origen a un resalto hidráulico entre las secciones antes mencionadas.

En la sección 10 (0+564) se contrae el ancho del cauce aumentando la velocidad ( $Ancho_{11} = 27$  m,  $V_{11} = 2.64$  m/s;  $Ancho_{10} = 21$  m,  $V_{10} = 4.96$  m/s) hasta cambiar a régimen supercrítico en la sección 9 (0+497,  $V_9 = 7.04$  m/s), manteniéndose esta condición hasta la sección 8 (0+384) y posteriormente ocurre un resalto hidráulico entre ésta y la sección 7 (0+331).

En la sección 5 (0+218) el flujo pasa a régimen supercrítico. Aguas abajo de la sección 5 y aguas arriba de la sección 4 (0+167) se origina otro resalto hidráulico, producto de la expansión de ancho del canal en esta última, de manera que el flujo pierde velocidad hasta adoptar régimen subcrítico ( $Ancho_5 = 17$  m,  $V_5 = 8.1$  m/s;  $Ancho_4 = 21$  m,  $V_4 = 1.1$  m/s).

El régimen subcrítico se mantiene hasta la sección 3 (0+118), se reporta altura crítica en la sección 2 (0+064,  $Y_c = 3.97$  m,  $V_2 = 4.63$  m/s) y por último, el régimen cambia a

supercrítico debido a un aumento en la velocidad del flujo en la sección 1 (0+000,  $V_1 = 9.04$  m/s).

Desde la sección 32 (1+685) se rebosa el flujo, en algunos casos en ambas márgenes y en otros al menos una de ellas hasta aguas arriba de la sección 5 (0+218) y se vuelve a desbordar desde la sección 4 hasta la sección más aguas abajo del cauce (sección 1, 0+000), estas inundaciones afectan la carretera principal (carretera vieja Petares – Guarenas), un centro de salud y poblaciones adyacentes al mismo cubriéndolas con un espejo de agua que fluctúa entre niveles de 419.23 msnm y 402.83 msnm.

Tabla 5.13 Resumen diagnóstico Caso E ( $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
1	0+000	Sin Canalizar	19.98	9.04	1.83		402.83	Vegetación	Carretera	Sí	No
2	0+064	Sin Canalizar	33.87	4.63	0.74		404.97	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
3	0+118	Sin Canalizar	12.66	1.17	0.19		405.49	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
4	0+167	Sin Canalizar	21.45	1.10	0.18	Sí	405.50	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
5	0+218	Sin Canalizar	17.13	8.10	1.73		404.81	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
6	0+269	Sin Canalizar	11.40	5.06	0.86		406.66	Vegetación	Carretera	Sí	Sí
7	0+331	Sin Canalizar	16.96	5.44	0.97	Sí	406.85	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
8	0+384	Sin Canalizar	20.09	6.30	1.23		406.80	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
9	0+497	Canalizada	19.69	7.04	1.31		408.12	Viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
10	0+564	Mixta	20.62	4.96	0.85		409.31	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
11	0+611	Mixta	26.65	2.64	0.43	Sí	410.02	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
12	0+665	Sin Canalizar	25.22	5.47	0.98		409.97	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
13	0+716	Mixta	23.96	4.77	0.85		410.46	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
14	0+762	Mixta	12.05	2.96	0.51		411.08	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
15	0+794	Mixta	12.44	2.72	0.48		411.14	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
16	0+867	Mixta	16.99	5.47	0.95		411.85	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
17	0+899	Mixta	25.96	2.48	0.38		413.04	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	Sí	Sí
18	0+990	Canalizada	17.75	4.92	0.78		413.62	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí



Elementos urbanos afectados por la inundación

Tabla 5.14 Continuación resumen diagnóstico Caso E ( $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
19	1+031	Mixta	27.23	5.79	0.96		413.67	Vegetación y viviendas unifamiliares	Consultorio Barrio Adentro y Carretera	Sí	Sí
20	1+084	Mixta	14.88	3.44	0.56		414.55	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
21	1+135	Mixta	20.13	4.43	0.80	Sí	414.47	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	No	Sí
22	1+168	Mixta	12.36	5.41	0.97		414.77	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
23	1+219	Mixta	9.53	6.54	1.23		414.96	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
24	1+268	Mixta	11.68	5.66	1.00		415.72	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
25	1+319	Mixta	12.49	3.95	0.68		416.30	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
26	1+375	Mixta	48.41	3.26	0.58	Sí	416.58	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
27	1+424	Mixta	37.87	7.13	1.48		416.27	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
28	1+472	Mixta	22.67	6.27	1.18		417.15	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
29	1+523	Mixta	29.39	5.82	1.06		417.71	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
30	1+770	Mixta	29.61	8.50	1.80		417.20	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
31	1+638	Mixta	23.27	7.42	1.35		419.23	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
32	1+685	Canalizada	21.47	9.36	1.86		419.23	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
33	1+724	Sin Canalizar	18.50	10.44	1.99		419.88	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	Sí



Elementos urbanos afectados por la inundación

Tabla 5.15 Continuación resumen diagnóstico Caso E ( $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$ )

# SECCIÓN	PROG.	TIPO DE SECCIÓN	ANCHO DEL CAUCE (m)	VEL. (m/s)	FROUDE (F)	RESALTO HDR.	ELEV. DE AGUA (msnm)	ASENTAMIENTOS		INUNDACIÓN	
								M. IZQ.	M. DER.	M. IZQ.	M. DER.
34	1+774	Sin Canalizar	23.29	1.31	0.17		423.91	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
35	1+810	Sin Canalizar	30.59	1.02	0.13		423.94	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí
36	1+870	Sin Canalizar	18.79	1.79	0.25		423.91	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
37	1+923	Mixta	18.36	3.04	0.46	Sí	423.87	Vegetación y viviendas unifamiliares	Carretera	Sí	Sí
38	1+990	Mixta	12.92	9.72	1.90		422.60	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	No
39	2+027	Sin Canalizar	24.02	7.10	1.30		423.49	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
40	2+082	Sin Canalizar	23.13	7.97	1.59		423.97	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
41	2+137	Sin Canalizar	20.91	4.13	0.65		426.24	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	Sí
42	2+194	Sin Canalizar	28.91	6.79	1.32		425.37	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
43	2+251	Sin Canalizar	23.89	8.52	1.71		425.68	Vegetación	Viviendas unifamiliares, talleres mecánicos y Carretera	No	No
44	2+306	Canalizada	21.96	9.67	1.56		426.80	Vegetación	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
45	2+361	Mixta	17.72	8.59	1.52		427.43	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
46	2+414	Mixta	17.33	9.79	1.68		428.42	Estacionamiento de instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
47	2+465	Canalizada	14.43	8.86	1.31		430.84	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
48	2+499	Canalizada	12.32	4.33	0.55		433.10	Vegetación y viviendas unifamiliares	Viviendas unifamiliares y Carretera	No	No
49	2+548	Canalizada	13.05	4.68	0.59		433.86	Instalaciones deportivas	Viviendas unifamiliares y Carretera	Sí	Sí



Elementos urbanos afectados por la inundación

“Determinación y análisis de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, Municipio Plaza, Guarenas, Estado Miranda.”

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

#### 6.1 CONCLUSIONES

La determinación y análisis de consecuencias de la planicie de inundación del Río Guarenas comprendida entre el sector de “Mampote” y “El Cercado”, permitió elaborar las siguientes conclusiones:

- La pendiente longitudinal del lecho es bastante uniforme, exceptuando sectores en los que se producen quiebres en la rasante del fondo del cauce que influyen en el comportamiento hidráulico del río. El grado de influencia depende del caudal transitado y la ocurrencia del mismo en la cuenca.
- El tramo de estudio conserva los muros de canalización, aparentemente en buen estado, en algunos segmentos (progresivas 0+384/0+497, 0+926/1+021, 1+638/1+685, 2+251/2+306 y 2+458 y 2+548), en los restantes varía entre cauce natural y mixto presentando importantes procesos de erosión entre las progresivas 0+612/0+682 y 2+306/2+458.
- El déficit de mantenimiento ha influido en la proliferación vegetal de densidad considerable dentro y al margen del cauce, reduciendo la capacidad de conducción del mismo y haciéndolo más propenso a desbordes en estas zonas (principalmente en tramos de sección mixta o sin canalizar).
- En la margen derecha se ubican viviendas inmediatas al muro de canalización o borde entre las progresivas 0+497/1+135 y 1+570/2+548, quedando expuestas al paso de crecidas. Los asentamientos urbanos ubicados en el tramo comprendido entre las progresivas 0+497 y 0+867 se ven afectados por la mancha de inundación correspondiente a un gasto de  $95 \text{ m}^3/\text{s}$  asociado a un período de

retorno de 5 años, siendo éste el de mayor ocurrencia para este estudio, dejando en evidencia la vulnerabilidad de la zona en presencia de caudales superiores.

- Para todo el rango de caudales evaluado, la Carretera Vieja Petare – Guarenas en la progresiva 0+331 es sobrepasada al menos en un metro de altura, la inundación se extiende entre las progresivas 0+064 y 0+611. Es importante resaltar que, en ocasiones, los caudales pequeños resultan más problemáticos que aquellos asociados a períodos de retorno mayores debido a la frecuencia con la que ocurren en el cauce.
- El consultorio Popular Barrio Adentro se ve afectado por la mancha de inundación (aproximadamente por una profundidad de agua de 20 cm) para caudales superiores a  $135 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T_r = 25$  años), esta condición empeora a medida que aumenta el gasto.
- El comportamiento hidráulico obtenido con la herramienta HEC-RAS en general es del tipo creciente, es decir, a mayor caudal mayor es la mancha. Sin embargo, en el tramo comprendido entre las progresivas 0+497 y 0+762 la mancha correspondiente a 25 años de período de retorno ( $Q_{25}$ :  $135 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se amplía más que para períodos de retorno superiores a éste, alcanzando 86 metros en la sección 10 (0+564) que supera en 26.13 metros el ancho de la mancha obtenida para 100 años de período de retorno ( $Q_{100}$ :  $247 \text{ m}^3/\text{s}$ ) cuyo ancho es de 59.87 metros.
- En la mayoría de las secciones no canalizadas o mixtas las velocidades superan los 2 m/s, incluso para gastos menores ( $Q_5$ :  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ ), lo que puede generar importantes procesos de erosión que acarreen inestabilidad o afectaciones a estructuras cercanas al cauce. Igualmente ocurre en los tramos que cuentan con la canalización de concreto, donde el flujo adopta velocidades mayores a 4.5 m/s en algunos casos (también para  $Q_5$ :  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

- Para los perfiles correspondientes a 5, 10 y 25 años de período de retorno, las velocidades entre las progresivas 0+118 y 0+167 son inferiores a 1 m/s, de manera que no se garantiza el arrastre de sedimentos adecuado. Esta condición se debe a la cantidad y densidad de vegetación que se encuentra en las márgenes del cauce y en oportunidades también en el fondo del canal, trayendo como consecuencia la posibilidad de formación de barras o albardones que modifican la morfología de la sección y por ende la capacidad de conducción de la misma, elevando los niveles de agua en el cauce.

## 6.2 PROPUESTAS

En la naturaleza existen fenómenos que se conocen como catástrofes o desastres naturales, cuya influencia en el medio ambiente varía de acuerdo a la zona en la que se generen. En lo referente a desastres ocasionados por eventos de crecidas en determinada cuenca, las afectaciones generadas al entorno de la misma pueden ser causadas por la intervención del hombre, o incluso, al descuido de éste sobre el mantenimiento de dicho espacio. La contaminación de un cauce con desechos sólidos, basura o escombros y las malas prácticas constructivas son factores que incrementan el daño que puede lograr una crecida, dando lugar a la posibilidad de un desastre que tenga como precio pérdidas humanas en el peor de los casos.

Uno de los alcances de este trabajo es generar una herramienta que pueda ser utilizada en la planificación urbana donde se distribuyan los equipamientos y servicios óptimamente y se aproveche la planicie inundable tomando las precauciones pertinentes; de esta manera se estaría generando un ambiente apacible que brinde las mejores condiciones de vida a los habitantes de la zona. Por esta razón se presentan a continuación algunas propuestas (preventivas y correctivas) para disminuir y/o anular el problema de las inundaciones en el tramo del Río Guarenas comprendido entre el sector de Mampote y El Cercado.

### 6.2.1 Propuestas preventivas

- Realizar planes constantes de limpieza y mantenimiento del cauce para evitar el daño de las estructuras existentes.
- Reestructurar el diseño urbano del sector tomando en cuenta las zonas vulnerables a inundaciones según el plano AH-06 correspondiente al riesgo hidráulico, de manera que se logre un ambiente que brinde las mejores condiciones de vida a los habitantes de la zona.

- Las autoridades pertinentes deben promover normas apropiadas para el uso del suelo, la planificación, diseño y construcción, basados en la evaluación del riesgo.
- Las autoridades pertinentes deben estimular a todos los sectores a participar en la preparación frente a desastres, en áreas como almacenamientos de agua, alimentos y primeros auxilios, y en el conocimiento de centros asistenciales y de acopio en momentos de desastre.

### 6.2.2 Propuestas Correctivas

En vista de que el tramo estudiado ha perdido en ciertas zonas los muros de canalización, y a pesar de conservarlos en otras, se desborda hasta alcanzar algunos equipamientos tal como se explicó en el aparte 5, se analizaron varias opciones para el trazado de una nueva canalización que permita corregir las inundaciones arrojadas por el modelo de simulación HEC-RAS para las condiciones actuales.

La propuesta seleccionada contempla la modificación de la pendiente de fondo (de 1.1% a 1.5%) mediante cortes que varían entre 0.5 m y 2 m a lo largo del tramo, pero conservando las cotas del punto más aguas abajo y del más aguas arriba, de esta manera se logra mayor capacidad de conducción en la sección (ver Fig.6.1). Además se plantea el trazado de una nueva trayectoria del canal, conservando en lo posible la original y corrigiendo curvaturas violentas para lograr que el agua transcurra con mayor armonía, (ver plano PC-01).

Una vez trazado el nuevo eje del canal se simuló la propuesta con sección rectangular de ancho 8 m y altura 4 m para los caudales correspondientes a 5, 50 y 100 años de período de retorno (95, 175 y 247 m<sup>3</sup>/s respectivamente) con la finalidad de verificar que la canalización supuesta logre confinar el flujo (ver figuras 6.2, 6.3 y 6.4 referentes a los perfiles arrojados por el modelo y las tablas 6.1, 6.2 y 6.3)

A continuación se muestran los datos obtenidos del modelo:

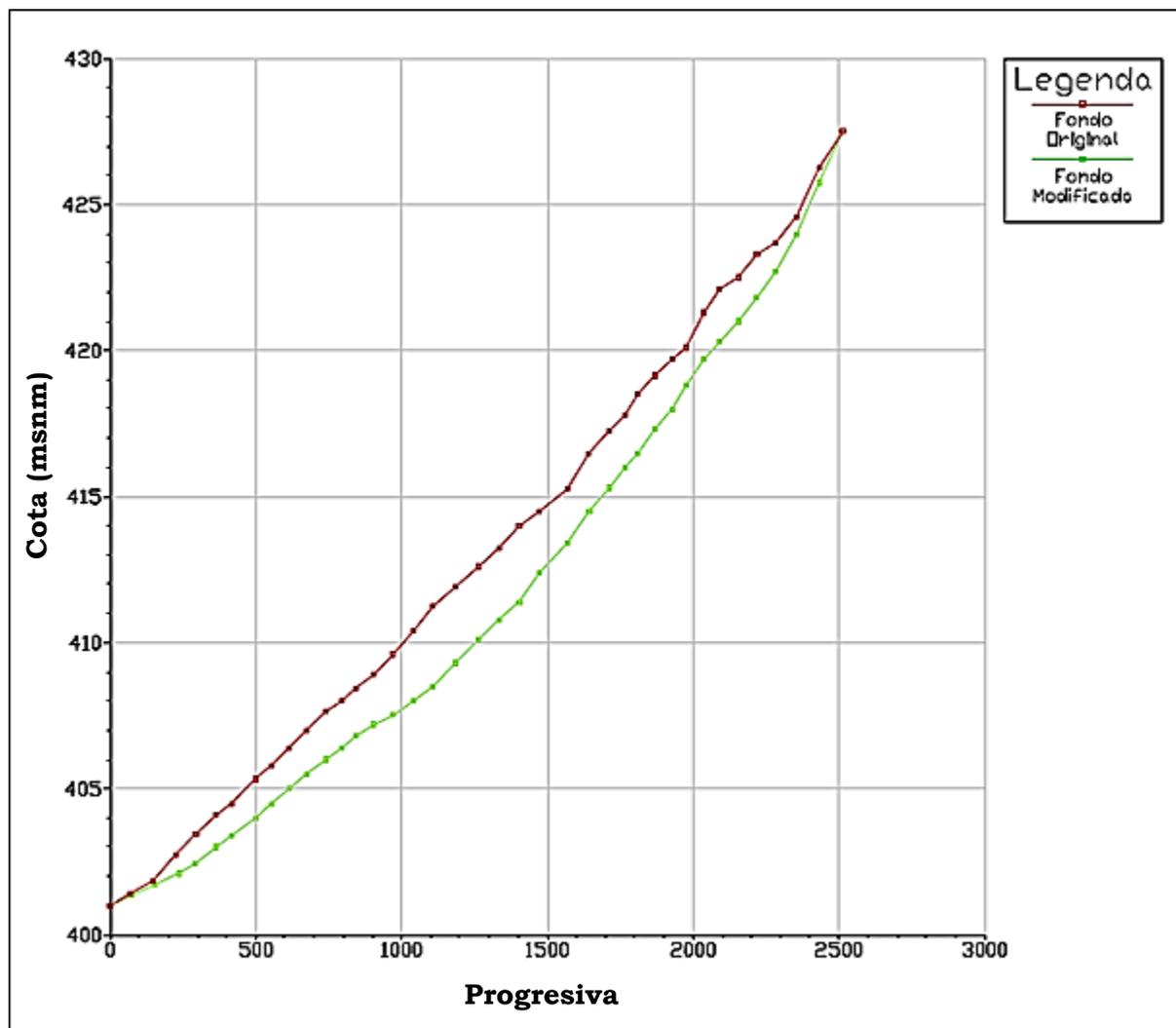


Fig. 6.1 Perfiles de fondo Propuesta Correctiva

(Fuente: HEC-RAS)

# Sección	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota Fondo Canal (msnm)	Cota Superficie de Agua (msnm)	# Froude
39	95	427.50	429.93	1.00
38	95	425.75	427.24	2.09
37	95	424.00	425.35	2.42
36	95	422.70	424.04	2.44
35	95	421.83	423.23	2.29
34	95	421.00	422.45	2.17
33	95	420.30	421.81	2.05
32	95	419.70	421.24	1.99
31	95	418.80	420.29	2.08
30	95	418.00	419.45	2.17
29	95	417.30	418.80	2.07
28	95	416.47	417.94	2.12
27	95	416.00	417.52	2.03
26	95	415.30	416.80	2.05
25	95	414.50	416.03	2.01
24	95	413.40	414.88	2.10
23	95	412.40	413.96	1.95
22	95	411.40	412.91	2.05
21	95	410.80	412.41	1.86
20	95	410.10	411.72	1.84
19	95	409.30	410.93	1.83
18	95	408.50	410.11	1.85
17	95	408.00	409.71	1.70
16	95	407.50	409.28	1.59
15	95	407.20	409.21	1.33
14	95	406.80	408.76	1.39
13	95	406.40	408.23	1.53
12	95	406.00	407.75	1.63
11	95	405.50	407.24	1.65
10	95	405.00	406.73	1.67
9	95	404.50	406.23	1.67
8	95	404.00	405.71	1.70
7	95	403.40	405.17	1.61
6	95	403.00	404.77	1.61
5	95	402.40	404.15	1.64
4	95	402.10	404.00	1.44
3	95	401.70	403.63	1.41
2	95	401.30	403.22	1.42
1	95	401.00	403.04	1.30

TABLA 6.1 Niveles de agua para  $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$

(Fuente: HEC-RAS)

# Sección	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota Fondo Canal (msnm)	Cota Superficie de Agua (msnm)	# Froude
39	175	427.50	431.14	1.00
38	175	425.75	428.19	1.84
37	175	424.00	426.19	2.16
36	175	422.70	424.83	2.24
35	175	421.83	423.99	2.19
34	175	421.00	423.21	2.13
33	175	420.30	422.57	2.04
32	175	419.70	422.01	1.99
31	175	418.80	421.07	2.04
30	175	418.00	420.23	2.10
29	175	417.30	419.57	2.04
28	175	416.47	418.72	2.08
27	175	416.00	418.29	2.01
26	175	415.30	417.58	2.02
25	175	414.50	416.81	1.99
24	175	413.40	415.67	2.05
23	175	412.40	414.75	1.94
22	175	411.40	413.70	2.00
21	175	410.80	413.22	1.86
20	175	410.10	412.55	1.82
19	175	409.30	411.77	1.80
18	175	408.50	410.96	1.81
17	175	408.00	410.57	1.69
16	175	407.50	410.18	1.59
15	175	407.20	410.16	1.37
14	175	406.80	409.74	1.38
13	175	406.40	409.21	1.48
12	175	406.00	408.72	1.55
11	175	405.50	408.20	1.57
10	175	405.00	407.67	1.60
9	175	404.50	407.17	1.60
8	175	404.00	408.95	0.35
7	175	403.40	407.06	1.00
6	175	403.00	406.16	1.25
5	175	402.40	405.33	1.39
4	175	402.10	405.04	1.37
3	175	401.70	404.70	1.35
2	175	401.30	406.58	0.29
1	175	401.00	404.65	1.00

TABLA 6.2 Niveles de agua para  $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$

(Fuente: HEC-RAS)

# Sección	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota Fondo Canal (msnm)	Cota Superficie de Agua (msnm)	# Froude
39	247	427.50	433.10	0.66
38	247	425.75	429.00	1.68
37	247	424.00	426.90	1.99
36	247	422.70	425.51	2.09
35	247	421.83	424.64	2.09
34	247	421.00	423.85	2.05
33	247	420.30	423.21	1.99
32	247	419.70	422.65	1.94
31	247	418.80	421.71	1.99
30	247	418.00	420.86	2.04
29	247	417.30	420.20	1.99
28	247	416.47	419.35	2.02
27	247	416.00	418.93	1.97
26	247	415.30	418.22	1.98
25	247	414.50	417.45	1.95
24	247	413.40	416.30	1.99
23	247	412.40	415.40	1.90
22	247	411.40	414.34	1.95
21	247	410.80	413.87	1.83
20	247	410.10	413.22	1.79
19	247	409.30	412.45	1.77
18	247	408.50	411.64	1.77
17	247	408.00	411.27	1.67
16	247	407.50	410.90	1.57
15	247	407.20	410.94	1.36
14	247	406.80	410.54	1.36
13	247	406.40	410.00	1.44
12	247	406.00	409.51	1.50
11	247	405.50	408.98	1.52
10	247	405.00	408.45	1.54
9	247	404.50	407.94	1.55
8	247	404.00	409.26	0.42
7	247	403.40	408.90	0.52
6	247	403.00	407.90	0.66
5	247	402.40	407.90	0.52
4	247	402.10	407.32	0.57
3	247	401.70	406.27	0.86
2	247	401.30	406.02	0.85
1	247	401.00	405.33	1.00

TABLA 6.3 Niveles de agua para  $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$

(Fuente: HEC-RAS)

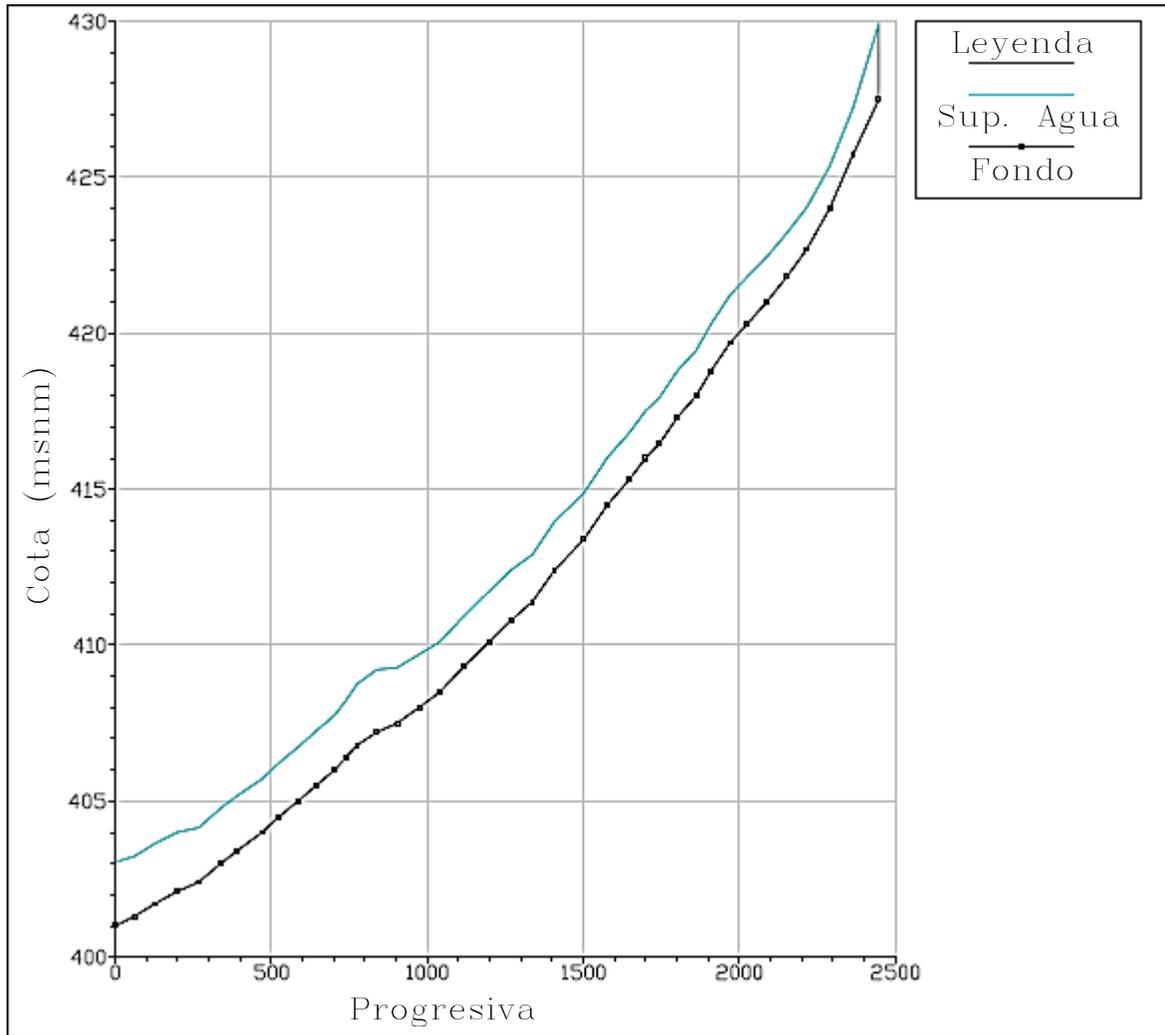


Fig. 6.2 Perfil para  $Q_5 = 95 \text{ m}^3/\text{s}$

(Fuente: HEC-RAS)

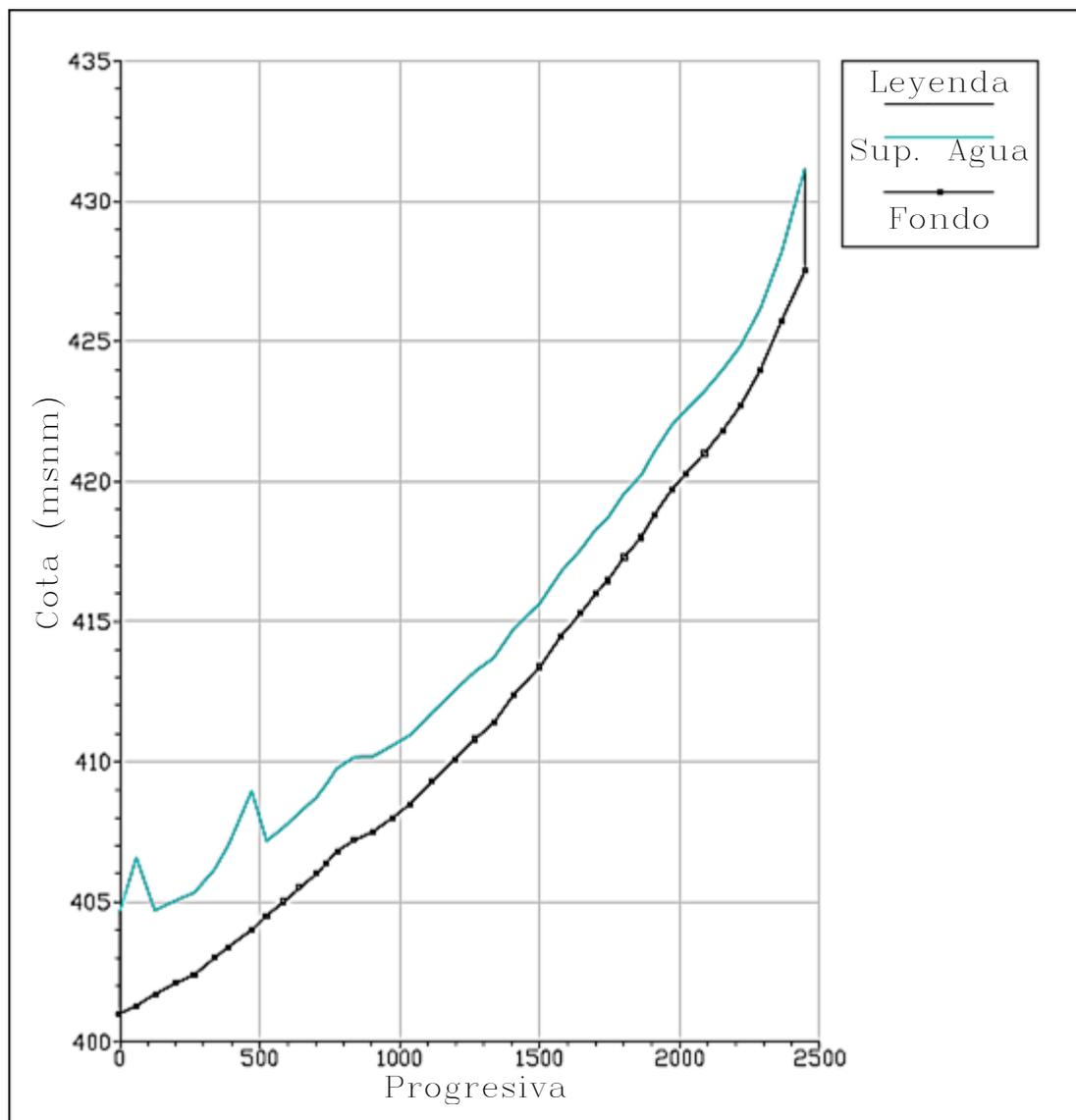


Fig. 6.3 Perfil para  $Q_{50} = 175 \text{ m}^3/\text{s}$

(Fuente: HEC-RAS)

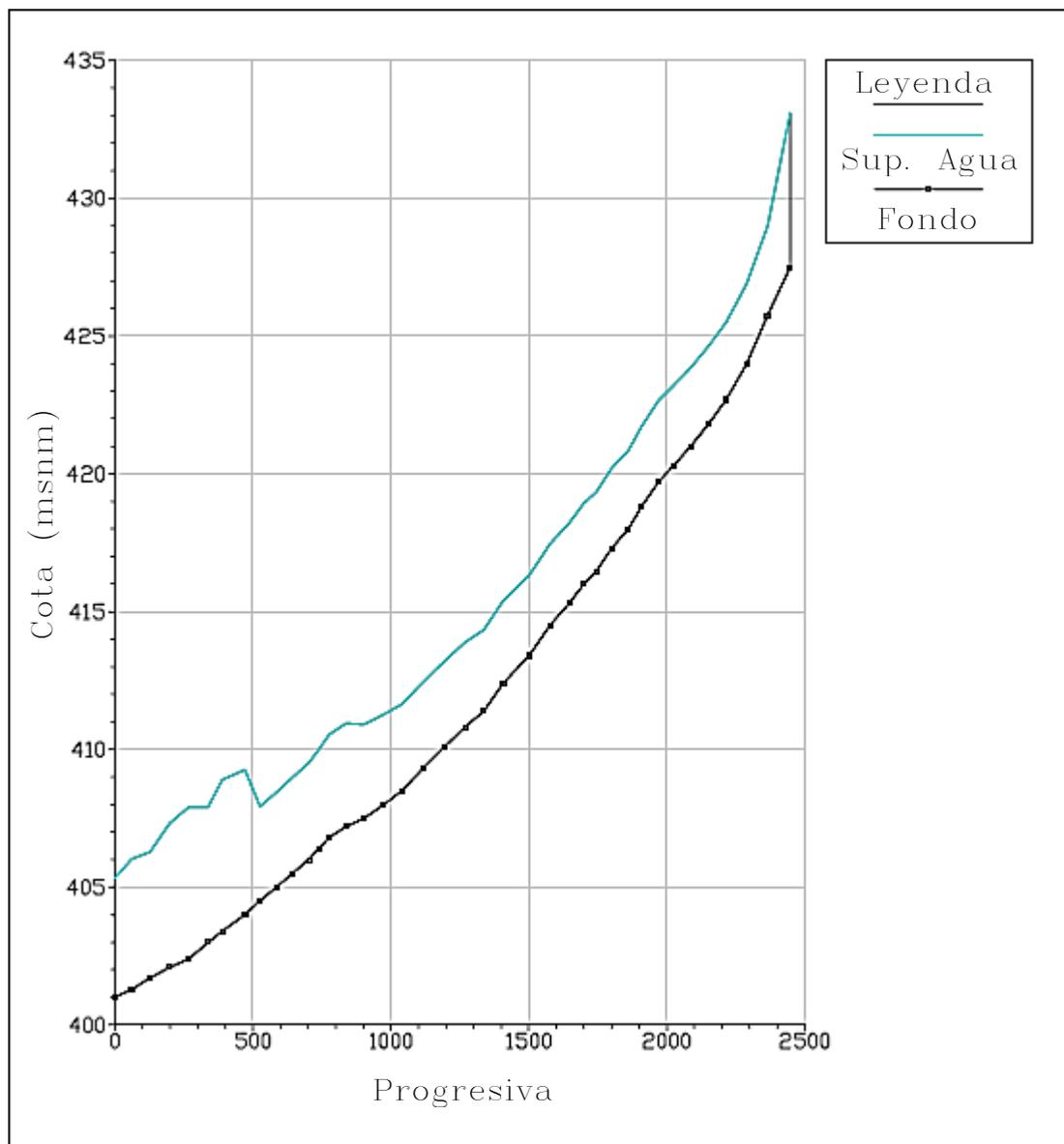


Fig. 6.4 Perfil para  $Q_{100} = 247 \text{ m}^3/\text{s}$

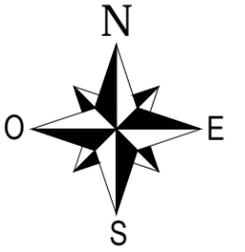
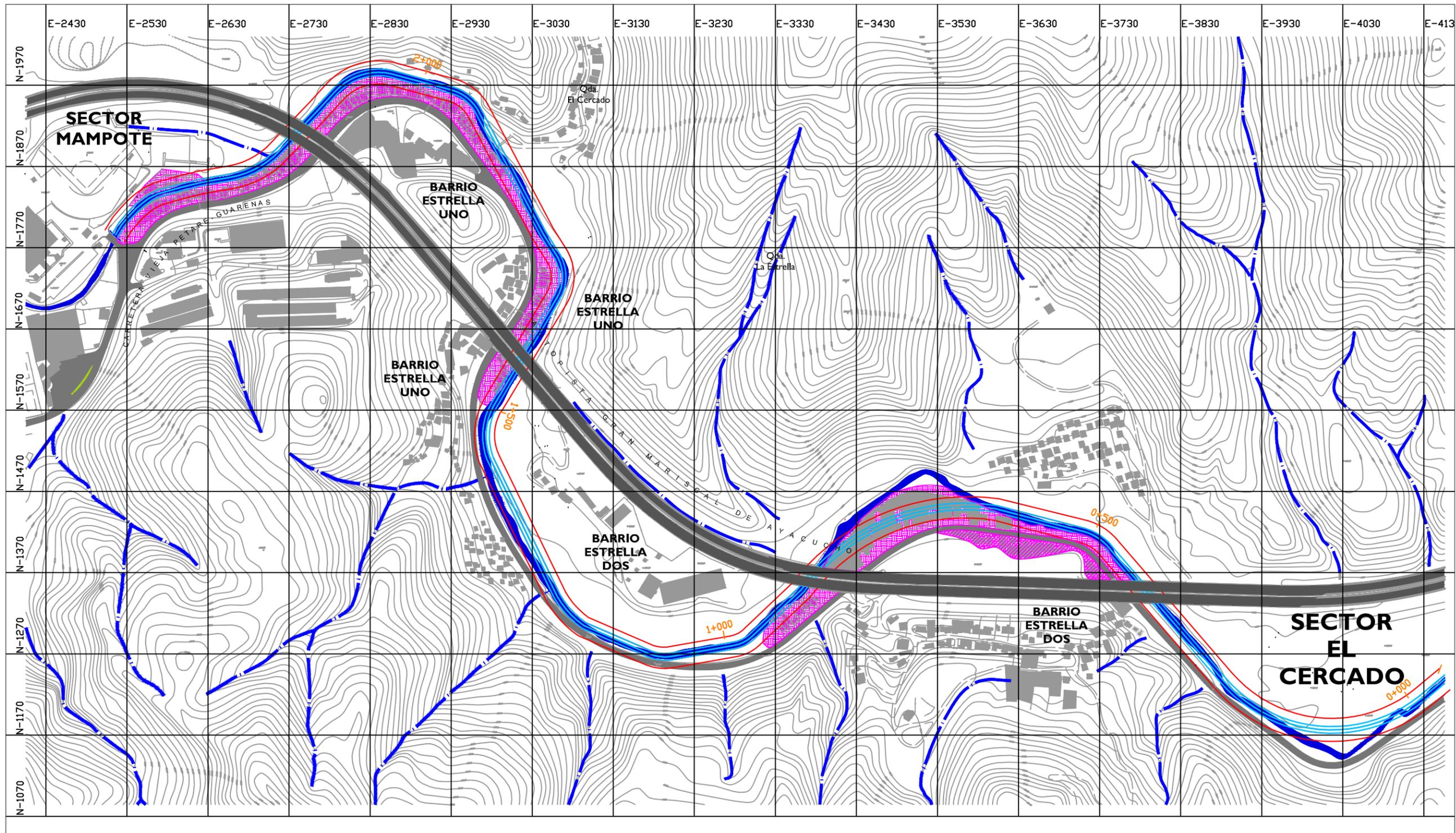
(Fuente: HEC-RAS)

Considerando la trayectoria supuesta y los datos obtenidos a través del modelo matemático (HEC-RAS) se establecen una serie de propuestas desde el punto de vista urbano con la finalidad de generar un ambiente apacible que brinde las mejores condiciones de vida a los habitantes de la zona. Estas propuestas están referidas a las progresivas de la canalización nueva.

- Como medida de seguridad se propone mantener un borde de 10 m de ancho a cada lado de la canalización en las zonas que sea posible. Tomando en cuenta las carencias de espacio público en los sectores estudiados, se recomienda trabajar desde el punto de vista paisajístico de un corredor peatonal que además de limpiar y embellecer el borde del canal servirá de conector peatonal y posible ciclo vía, corredores de movilidad sustentable que enlazarán los diferentes sectores o barrios asentados a lo largo del estudio.
- El canal propuesto no es capaz de confinar el caudal de  $247 \text{ m}^3/\text{s}$  (100 años de período de retorno) en toda su longitud, para ello sería necesario modificar la rasante vial y podría resultar muy costoso. Por esta razón se propone utilizar como área verde un espacio de aproximadamente 3.46 Ha. Estos terrenos están ubicados en la margen izquierda entre las progresivas 0+000 y 0+471. (Ver plano PC-02).
- Para dar espacio al canal propuesto es necesario remover las viviendas que se encuentran entre las progresivas 0+390 y 0+974, ya que en ese tramo se realizó la corrección de una curvatura en el cauce. También se recomienda mover todas las viviendas que estén dentro de los 10 metros de protección que se estableció en la propuesta, dando un área total a remover es de 3.5 Ha y pueden ser reubicadas en las zonas que se especifican en el plano PC-02. El área de estudio cuenta con 9 Ha aproximadamente entre las progresivas 0+125 y 0+974 que pueden ser utilizadas para la reubicación de las viviendas que se van a remover debido al proyecto de canalización y aquellas que estén propensas a sufrir daños por riesgo de

inestabilidad de taludes, (ver plano AS-04). Se propone utilizar parte de este espacio para la reubicación y adaptación del centro de salud y conjuntos de viviendas de sustitución con la capacidad necesaria para brindar un mejor servicio y cobijo a la comunidad a ser movida. Además se puede aprovechar el espacio para incluir pre escolares, parques infantiles, módulos de la policía Nacional y centros de servicios como abastos, comercios y fábricas.

- Es recomendable mejorar la calidad de los servicios de infraestructura, acueductos, cloacas y drenajes, además de electricidad y basura, mejorando de esta forma las condiciones de vida de los habitantes del sector. Es necesario, hacer estudios previos más detallados de la posibilidad de incorporar el sistema de cloacas a una planta de tratamiento aguas abajo, que contemple las mejoras sustanciales de los barrios vecinos a este estudio para de esta forma completar el saneamiento ambiental de la cuenca.
- Mejorar las vías de comunicación, tanto para uso vehicular como para uso peatonal. Las pasarelas existentes que comunican los equipamientos ubicados en la margen izquierda del río con los de la margen derecha se encuentran muy deterioradas y pueden poner en riesgo la seguridad de los usuarios, por esto, se recomienda repararlas e incluir más si es necesario. Con esto contribuimos a generar un sistema integrado de movilidad que toca todo los ámbitos tanto vehicular como peatonal, sirviendo así a todo lo largo del estudio de crear comunicación e integración de sectores hasta ahora incomunicados. Esto redundara en la mejora de las comunicaciones al interior del barrio y barrios que componente el estudio, mayor y mejor servicios de transporte público y por ultimo una mejor comunicación y movilización de personas en momentos de crisis o situaciones de peligro y seguridad pública. Esto incluye mejoras en las paradas de transporte, alumbrado público, servicios de telefonía a lo largo del eje y más y mejores servicios de atención a las comunidades de bajos recursos.



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGIA:
- RIO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores:	Bach. Leiar Méndez Ci. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Ci. 17.643.758
Escala:	1:5000
Capítulo:	CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

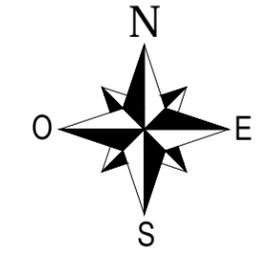
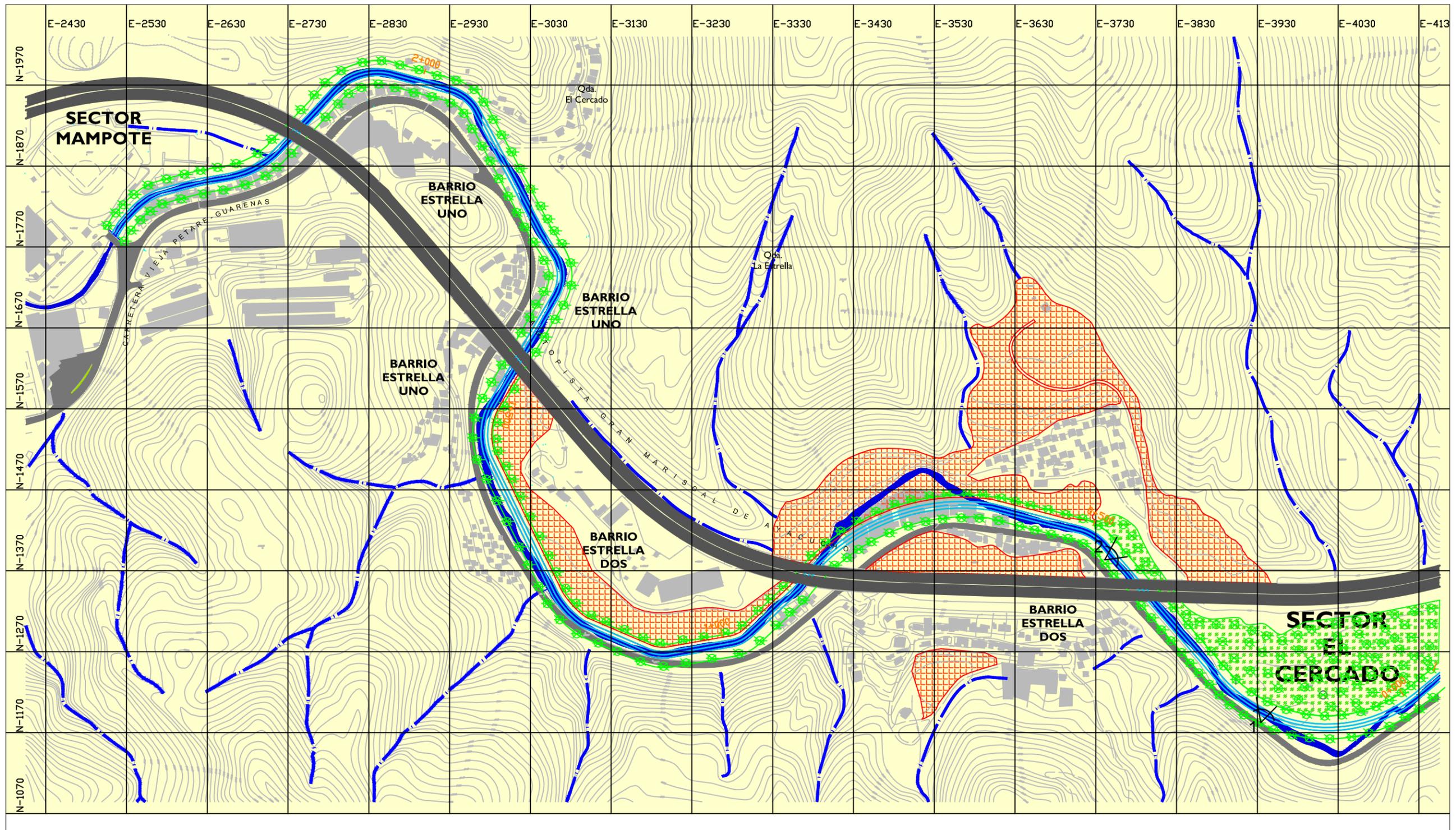
**PROPUESTA CORRECTIVA**

Plano No:  
**PC-01**

Título:  
**PROPUESTA CANALIZACIÓN**

**LEYENDA:**

- CANALIZACIÓN PROPUESTA
- LÍMITE DE ZONA DE PROTECCIÓN
- ZONAS A DESOCUPAR
- PROGRESIVA



UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Tesis:  
**DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO GUARENAS COMPRENDIDA ENTRE EL SECTOR DE "MAMPOTE" Y "EL CERCADO", MUNICIPIO PLAZA, GUARENAS, ESTADO MIRANDA.**

- SIMBOLOGIA:
- RIO GUARENAS
  - AUTOPISTA
  - VIALIDAD PRINCIPAL
  - QUEBRADAS
  - VIVIENDAS

Autores:	Bach. Leitar Méndez Ci. 18.709.925
	Bach. Francisco Terán Ci. 17.643.758
Escala:	1:5000
Capítulo:	<b>CONCLUSIONES Y PROPUESTAS</b>

**PROPUESTA CORRECTIVA**

Plano No:  
**PC-02**

Título:  
**PROPUESTA URBANA**

**LEYENDA:**

- CANALIZACIÓN PROPUESTA
- ZONAS DE REUBICACIÓN
- ÁREAS VERDES
- PROGRESIVA



1. Ejemplo de visión de área verde



2. Ejemplo de visión de área verde

## BIBLIOGRAFÍA

- Chow, V. et al (1994). Hidrología Aplicada (Trad. J. Saldarriaga). Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.
- Bolinaga, J. (1979). Drenaje Urbano. Caracas: Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS).
- Bolinaga, J. et al (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica Volumen II. Caracas: Fundación Polar.
- Franceschi, L. (1983). Drenaje Vial. Caracas: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).
- Camacho, F. (2005). Diseño de Obras de Drenaje Volumen II. Caracas: Fundación Juan José Aguerrevere.
- Martín, Juan P. (). Ingeniería de Ríos. Barcelona España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Martínez, E. (1999). Apuntes de la maestría de Ingeniería Hidráulica. Cátedra: Hidráulica Fluvial. Caracas: Universidad Central de Venezuela (UCV).
- Méndez, Manuel V. (2009). Elementos de Hidráulica de Canales. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).
- Baldó, J. (2005). Metodología AMHABITAT para la habilitación física de barrios (On Line). Disponible en [josefinabaldo.blogspot.com/p/metodología-amhabitat-para-la.html](http://josefinabaldo.blogspot.com/p/metodología-amhabitat-para-la.html) (18 de marzo de 2013).
- Proyecto Guaire une a Caracas (2007). Análisis Urbano Cuenca Macarao Informe 1. Caracas: Ministerio del Ambiente.
- Chow, V. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos (Trad. J. Saldarriaga). Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.
- Hidrocapital (2000). Plan General de Drenajes de Ciudad Fajardo – Araira. Caracas: Prohidra.

- Conoce Miranda. Geografía (On Line). Disponible en [http://www.miranda.gob.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18&Itemid=29](http://www.miranda.gob.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=29) (Abril de 2013).
- Universidad de Granada. Manual Básico de HEC-RAS 3.1.3 y HEC-GeoRAS 3.1.1 (On Line). Disponible en [http://cemexico.groups.et.byu.net/vocabulary/ManualBasico\\_HEC-RAS313\\_HEC-GeoRAS311\\_Espanol.pdf](http://cemexico.groups.et.byu.net/vocabulary/ManualBasico_HEC-RAS313_HEC-GeoRAS311_Espanol.pdf) (29 de diciembre de 2012).
- Ugalde, M. y Ugalde, Y. (2008). Determinación de la Planicie de Inundación de la Quebrada Turmerito en el Sector Las Mayas, El Valle, DC. Caracas: Universidad Católica André Bello (UCAB).
- Briceño, M. y Franzoni, C. (2006). Planicie de Inundación de la Quebrada Caroata en el Sector de Canalización, Los Fores de Catia, Caracas. Propuesta para mitigar impacto asociado a las inundaciones. Caracas: Universidad Católica André Bello (UCAB).