



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO INGENIERIA AMBIENTAL



**EVALUACION DE MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN
DE RIESGOS DE INUNDACION DEL SECTOR POPULAR “LAS
ADJUNTAS” DEL ESTADO CARABOBO**

Naguanagua, febrero 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERIA AMBIENTAL



**EVALUACION DE MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN
DE RIESGOS DE INUNDACION DEL SECTOR POPULAR “LAS
ADJUNTAS” DEL ESTADO CARABOBO**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil

Autores:

Herrera, Adrian
Ramos, Eleusis

Tutor

Ing. Msc. Prof. Bettys Farias

Naguanagua, febrero 2018

UNIVERSIDAD DE CARABOBO.



FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.

FORMATO TG - 7

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO EVALUACIÓN
(Art.27)

TITULO: EVALUACION DE MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACION DE RIESGO DE INUNDACION EN EL SECTOR POPULAR "LAS ADJUNTAS". ESTADO CARABOBO

ASPECTO	CALIFICACIÓN (1 - 20)
Calidad del Trabajo, en cuanto a su valoración científica y tecnológica	20
Metodología utilizada para su desarrollo	20
Bibliografía consultada	20
La precisión, concisión y nitidez de la Monografía	16
CALIFICACIÓN PROMEDIO DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO:	19

INTERROGATORIO

Nombre del Alumno	Nota del Interrogatorio	Nota Definitiva
HERRERA ADRIAN	18	19
RAMOS ELEUSIS	18	19

Prof. Bettys Farias
Presidente del Jurado

Prof. Alexander Cabrera
Miembro del Jurado

Prof. Mauricio Romanello
Miembro del Jurado

1627930

DEDICATORIA

A mi madre Alba Marina

Por darme la vida, por haberme apoyado en todo momento, por todos sus consejos, por todo su sacrificio, por siempre estar ahí cuando la necesitaba, por toda su ayuda incondicional y colaboración, por motivarme a cada día ser mejor y por todo su amor brindado, te amo mama, siempre creíste en mí y gracias a ti ahora tengo una carrera para mi futuro y te lo debo a ti.

A mi abuela Nancy Montañez (QEPD)

Por tu amor y apoyo, te extraño mucho y aunque ya no estés siempre estarás en mi corazón, gracias por todo esto también te lo debo a ti.

A mi padre Rafael Herrera

Por todo el apoyo brindado, por el valor mostrado para salir adelante, por alentarme a ser mejor y por su amor, gracias papa.

A mi familia

Gracias a todos por el apoyo recibido, las palabras de aliento y toda la ayuda brindada los quiero

A mis amigos

Los cuales nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, gracias por todo, tanto los momentos buenos como los malos, hemos compartido bastante, gracias por las palabras de aliento y el apoyo que recibí de ustedes y siempre estar ahí cuando los necesitaba, gracias muchachos ustedes saben quiénes son.

ADRIAN HERRERA

DEDICATORIA

A Mi Madre Hermosa Mireya Garcia

Por ser siempre mi guía, la que me recuerda quien soy, la que me da paz, la que me da café, la que me ama más que nadie, a ti por ser quien ha sido mi apoyo firme en este largo/corto camino, que con tu voz calma mi ansiedad y me da fuerza para seguir siempre. A ti mita.

A mi padre Eleusi Ramos

Por ser siempre una catapulta de mis ideales, por llevarme la contraria siempre (o hacerme llevarte la contraria) y crear en mi ese espíritu de pertenecía de mis ideas. A ti menso.

A mis hermanas Katherine y Vicky

Por de alguna forma extraña apoyarme a su manera, y ayudarme a aprender a trabajar bajo presión en cualquier lugar. A uds.

A mis familiares

No son muchos así que los nombro, Tia Mildred, Johanna, Maidy, Ana y Eleazar, han sido un gran pilar para mí, sus consejos y empatía siempre serán bien recibidos.

A mi nona

Por ese apoyo que solo yo entiendo, por esa fe en mí, por esa constancia y espíritu de lucha que parece que herede de ud. Gracias a ti nonita.

A mis perros

Por ser lo más incondicional que siempre existirá en mi vida, principalmente porque son puro amor (a su manera), Betho, Betha y Tommy

A mis amigos

Que muchos podrían pensar que son muchos, pero los que han estado conmigo durante este viaje, no son tantos, Maria Fernanda Villalba, Vanessa Cambero, Augusto Suarez. Jhosbert Suarez, Adrian Herrera, Fabiola León, Sulmer Ramirez, Yeilin De Lima, Belkys Parra, Joseph Rogic, Sandra Duque, Luis Carrillo, Samuel Gonzalez, Pedro Cabrera, Maria Fernanda Lopez, Luis Diaz, Whitney Anzola, Rachel Ortega, Argenis Romero, David Diaz, Maria Pineda y Fernando Rondón.

GUSTAVO RAMOS

AGRADECIMIENTOS

A mi universidad por darme la oportunidad de formarme y convertirme en un ser profesional de lo que tanto me apasiona.

A los maestros que me mostraron su pasión en lo que hacían cada día de clases y gracias a ellos me motivaban cada día más a cumplir esta meta.

Al Ingeniero Gianfranco Morasutti por todo el material facilitado, todos los conocimientos y aportes que nos ayudaron para la realización de este trabajo.

Al Ingeniero Mauricio Romanello por guiarnos en la utilización del programa HEC- RAS para la realización de este trabajo y por el asesoramiento para la realización de este trabajo.

A mis padres gracias por ser los principales en alentarme a cumplir esta meta, gracias por confiar en mí, en creer en mí, a mi madre gracias por todas las cosas y sacrificios que hiciste por mí, gracias por no dudar en mí en momentos que hasta yo mismo lo hacía, gracias por incitarme a seguir adelante a pesar de todas las dificultades, por siempre contar con tu apoyo incondicional, gracias a mi padre por desear lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada palabra que me guiaron hasta aquí gracias, gracias a mi abuela aunque ya no estés gracias por todo el apoyo, gracias por siempre poder contar contigo y por los sacrificios que hiciste gracias siempre te recordare.

A mis amigos gracias por formar parte de mi vida y por dejarme formar parte de la suya, hemos compartido muchas cosas y nos hemos apoyado en las buenas y en las malas, sé que puedo recurrir a ustedes para cualquier cosa e igual ustedes, aunque nos distanciamos, aunque no hablemos, aunque se vayan del país, etc. sé que siempre seremos amigos

ADRIAN HERRERA.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por darme siempre ese aliento para seguir adelante, gracias por la vida y por esta oportunidad, mientras siga respirando seguiré luchando por ti. Al Santo Cristo de La Grita, quien siempre es el guía de todos los hijos del Jáuregui que buscamos el triunfo de la manera más sana y sin dañar a nadie, gracias infinitas.

A la Universidad de Carabobo, por ser nuestra casa de estudio por excelencia, que desde el inicio de la carrera ofreció y sigue ofreciendo educación de calidad, permitiendo la preparación de profesionales reconocidos.

A nuestra tutora y guía desde 7mo semestre, la profesora más exigente, la tutora más intachable y una amiga para la vida, Ingeniero Bettys Farias gracias por ser tan excelente en la labor de enseñar, gracias por llevar esta investigación por el mejor camino. Gracias.

A los Ingenieros Gian Franco Morassutti y Mauricio Romanello, por ser nuestros guías y apoyo durante el desarrollo de este proyecto de investigación, a uds muchas gracias.

Al equipo de Ingeniería de la Promotora Tantaló C.A. quienes me han apoyado en mi desarrollo profesional, Ingenieros Silvia Peñaloza, Jonatan Gonzalez, Paola Delgado, Carlos E. Garcia, Henry Pereyra, Vanessa Patiño, Alexander Cabrera y sin olvidar al arquitecto Andrea Rosell.

Sin olvidar agradecer a mis grandes tutores de vida, Rosalba Garcia, Jose Paulo Olival y Slawko Bondarenko (Matriz A), gracias por sus consejos y aprendizajes.

ELEUSIS RAMOS

INDICE

RESUMEN	20
INTRODUCCION	21
CAPÍTULO I.....	23
EL PROBLEMA	23
1.1 Planteamiento del problema	23
1.2 Objetivos de la investigación:	27
1.2.1 Objetivo general.....	27
1.2.2 Objetivos específicos	27
1.3 Justificación	27
1.4 Delimitación y limitaciones de la investigación	29
CAPITULO II.....	30
MARCO TEORICO	30
2.2 MARCO TEORICO	33
2.2.1 Inundación	33
2.2.1.1 ¿Por qué ocurren las inundaciones?	33
2.2.2 Clasificación de las inundaciones	34
2.2.3 Sistema de drenaje urbano.....	35
2.2.3.1 Objetivos de un sistema de drenaje urbano	35
2.2.4 Mitigación de daños por inundaciones.....	35
2.2.4.1 Medidas estructurales	36
2.2.4.2 Medidas no estructurales	36
2.2.5 Estructuras Hidráulicas	36
2.2.6 Estudio Hidrológico	37
2.2.6.1 Gasto de diseño	37
2.2.6.2 Período de retorno	38
2.2.6.3 Tiempo de Concentración	38
2.2.6.4 Intensidad de precipitación.....	38

2.2.6.7 Hietograma.....	39
2.2.6.8 Método Racional	39
2.2.6.9 Método del Área Efectiva:	39
2.2.6.10 Método de Muskingum	40
2.2.7 Obras de encauzamiento:.....	40
2.2.8 Secciones Transversales en Canales.....	40
2.2.9 Hidráulica de Conductos:.....	41
2.2.10 Tipos de flujo:	41
2.2.10.1 Flujo con superficie libre:	42
2.2.10.2 Flujo Permanente Uniforme	42
2.2.11 Perfiles de superficie de agua.....	44
2.2.12 Determinación del perfil del agua:	44
2.2.12 Resalto Hidráulico:.....	46
2.2.12.1 Características de un Resalto Hidráulico:	47
2.2.13 Hidráulica de Cauces Naturales:	47
2.2.14 Ingeniería Básica:	47
2.2.15 Material Usado en la Construcción para Canales.....	48
2.2.16.1 Gaviones	48
2.2.16.2 Características de los gaviones.....	48
2.2.17 Trabajo en HEC- RAS.....	49
2.2.18 MARCO LEGAL	50
CAPITULO III.....	55
MARCO METODOLOGICO	55
3.1 Diseño de la investigación	55
3.2 Tipo de investigación	55
3.3 Modalidad de la investigación.....	56
3.4 Población y Muestra	56
3.5 Técnicas e Instrumentos para la recolección de información	57
3.5.1 Técnica.....	57

3.5.2 Instrumento	57
3.6 Análisis de Datos.....	58
3.7 Fases de la Investigación	58
3.7.1 Fase I: Estudio Diagnostico.....	58
3.7.2 Fase II: Estudio Técnico	60
3.7.3 Fase III: Diseño de la Propuesta	60
CAPITULO IV.....	62
PROPUESTA.....	62
4.1 FASE I: Diagnostico.....	62
4.2 Alineamiento de rio El Retobo	66
4.3 Secciones transversales definidas.....	66
4.4 Geometría de los puentes sobre el tramo del rio El Retobo:	67
4.5 Estudio hidrológico	34
4.6 Definición de las tormentas de diseño; Error! Marcador no definido.	
4.6.1 Curvas de Intensidad – Frecuencia – Duración; Error! Marcador no definido.	
4.6.2 Hietogramas de Diseño.....; Error! Marcador no definido.	
4.6.3 Tormentas de diseño.....; Error! Marcador no definido.	
4.6.3 Cálculo de los Gastos Máximos	34
4.6.4 Áreas Tributarias	35
4.6.5 Coeficiente de escurrimiento...; Error! Marcador no definido.	
4.6.6 Tiempo de Concentración	; Error! Marcador no definido.
4.6.7 Simulación del modelo hidráulico del tramo del rio El Retobo mediante el uso del software HEC-RAS.....	35
4.7 Niveles de inundación.....	36
4.7.1 Análisis de resultados	45
4.7.2 Delimitación de planicies inundables.....	46
4.2. FASE II: Estudio Técnico:	48
4.2.1. Proceso global de transformación	48

4.2.1.1. Insumo de investigación	48
4.2.1.3. Beneficiarios de la Investigación	48
4.2.2. Localización del proyecto	49
4.2.2.1. Macro localización del proyecto	49
4.2.2.2. Micro localización del proyecto.....	49
4.3 FASE III: Diseño:.....	50
4.3.1. Importancia del proyecto	¡Error! Marcador no definido.
4.3.2. Etapas del proyecto.....	50
4.3.3 Diseño del alineamiento de canalización del río El Retobo en confluencia con el río Cabriales.	51
4.3.3.1 Criterios conceptuales.....	51
4.3.4 Definición y diseño de la sección transversal de la propuesta de canalización	52
4.3.5 Análisis de costos asociados a la construcción de la propuesta de ingeniería básica para la canalización del río El Retobo en confluencia con el río Cabriales.	53
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	56

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>MATRIZ DOFA.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 2</i>	<i>UBICACION DE LAS PROGRESIVAS Y COTAS DE INTERES</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 3</i>	<i>SECCIONES MODIFICADAS.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 4</i>	<i>GEOMETRIA DE ESTRUCTURAS EN EL CAUCE.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5</i>	<i>ESTACIONES PLUVIOMETRICAS EN LA CUENCA DEL RIO CABRIALES.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Tabla 6</i>	<i>EVENTOS SIMULADOS EN EL ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO CABRIALES</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Tabla 7</i>	<i>TABLA DE GASTOS MAXIMOS.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8</i>	<i>COTAS DE INUNDACION.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9</i>	<i>AREAS INUNDABLES DEL SECTOR LAS ADJUNTAS PARA CADA PERIODO DE RETORNO</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 10</i>	<i>ALINEAMIENTO DEL RIO EL RETOBO.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 11</i>	<i>ALINEAMIENTO DESPUES DE LA CANALIZACION.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Tabla 12</i>	<i>RESUMEN DE ANALISIS DE COSTOS.....</i>	<i>54</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1 Formación del flujo uniforme.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura N° 2 Clasificación de los perfiles de flujo gradualmente variado. Morales (2012).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura N° 3 Situación actual del tramo final aguas abajo de la canalización de concreto</i>	<i>63</i>
<i>Figura N° 4 situación actual del puente Av. Bolívar;Error! Marcador no definido.</i>	
<i>Figura N° 5 Detalle de sección transversal de la zona de inundación progresiva 0+075.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Figura N° 6 Detalle de canalización con muro de gaviones diseñado;Error! Marcador no defi</i>	



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



EVALUACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACION DE RIESGO DE DESASTRE EN LA COMUNIDAD POPULAR DE LAS ADJUNTAS DEL MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.

Autores:

Herrera Adrián

Ramos Eleusis

Tutor: MSc. Prof. Ing. Bettys Farías

Fecha: marzo 2018

RESUMEN

La gestión de riesgo de desastre para muchos países del mundo ha sido la solución para la resiliencia ante diferentes fenómenos naturales, en Venezuela a pesar que es un proceso en formación, este ha permitido identificar en muchas regiones y localidades los riesgos y realizar mapas de vulnerabilidad para luego evaluar diferentes medidas no estructurales y estructurales con el fin de mitigar el riesgo de desastre. De un proyecto de investigación sobre gestión de riesgo de desastre surge esta investigación cuyo objetivo general fue evaluar medidas estructurales para la mitigación de riesgo de desastre en la comunidad popular “Las Adjuntas”, Municipio Naguanagua Edo. Carabobo, la investigación por sus características es de tipo descriptiva, con una modalidad de campo no experimental y una estructura de proyecto factible, la técnica empleada fue la observación directa y el instrumento notas de campo y fotografías. Se realizó un estudio hidráulico del tramo del río El Retobo desde su confluencia con el río Cabriales hasta la progresiva final de la canalización de concreto existente, resultando los niveles de inundación con los que se determinaron las planicies inundables y posteriormente la propuesta de canalización. Se pudo concluir que para el periodo de retorno de 100 años las planicies inundables invaden espacios inmediatos a las viviendas en la comunidad y, por lo tanto, la canalización es necesaria para la mitigación de riesgo de desastre. Asimismo, se concluyó que con la propuesta de canalización se lograría la disminución de casi total de la planicie inundable en zonas de la comunidad próximas a los márgenes del cauce del río El Retobo.

Palabras clave: Gestión de Riesgo, Estudio Hidráulico, Medidas estructurales.

INTRODUCCION

Los desastres ocurridos en el mundo a causa de las inundaciones en gran medida son consecuencia del acelerado desarrollo de las comunidades, el cual modifica los ecosistemas locales, incrementando el riesgo de inundación al que están expuestas muchas poblaciones. En Venezuela, en las últimas décadas, este fenómeno ha tenido un gran impacto, se han evidenciado grandes inundaciones ocurridas en diferentes regiones, causadas por el desbordamiento de ríos y quebradas; como es el caso del río Limón (1987) en el estado Aragua, y el más emblemático la tragedia de Vargas sucedida en el año 1999, donde los ríos causaron estragos en las poblaciones aledañas.

Los municipios del Estado Carabobo también se han visto expuestos ante estos fenómenos naturales, como la crecida del río Añil en el 2008 y la crecida del río El Retobo y Cabriales en 2011, afectando a numerosas comunidades que se desarrollaban aledañas a sus márgenes.

La premisa anterior impulso a la realización de un proyecto de investigación basado en la gestión de riesgo de desastres con medidas no estructurales para identificar las zonas de riesgo y preparar a las comunidades para la resiliencia ante el desastre.

En base a lo anteriormente expuesto, se estableció la necesidad de estudiar la “EVALUACION DE MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA MITIGAR LOS RIESGOS DE DESASTRES DEL SECTOR POPULAR “LAS ADJUNTAS”, MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO”, fundamentado en los estudios necesarios para la realización del proyecto hidráulico de protección contra inundaciones con alternativas de soluciones de canalización del agua de manera adecuada, brindando bienestar a los pobladores.

Este trabajo de investigación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: El Problema: Contiene los elementos que conforman el problema; señalando su definición, formulación de las interrogantes relacionadas con el objeto de estudio, objetivo general y específicos, la justificación que discretiza los motivos para realizar este estudio, el alcance, finalmente las limitaciones trazadas para el desarrollo de la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico: Presenta los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y bases legales que rigen la realización de este trabajo especial de grado.

Capítulo III: Marco metodológico: Muestra la metodología empleada en la realización de la investigación, diseño de la investigación, técnicas de recolección de datos, y además detalla el procedimiento que seguirá la investigación.

Capítulo IV: La Propuesta: Evidencia y examina los resultados del diagnóstico, el estudio de la factibilidad técnica del proyecto, así como el diseño de las alternativas de canalización, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial las inundaciones han sido el fenómeno de mayor ocurrencia, siendo este un evento cuyo origen es consecuencia de la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, causando daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura, Jiménez y Salas (2004). Según el Informe de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNISDR (2015), durante los últimos 20 años, el 90% de los desastres de mayor magnitud han sido ocasionados por inundaciones, tormentas, olas de calor, sequías y otros eventos meteorológicos registrados. Los cinco países más afectados este tipo de desastres son los Estados Unidos, China, India, Filipinas e Indonesia.

Jiménez y Salas (2004) afirman:

“En gran medida el aumento de desastres causados por el fenómeno de las inundaciones son consecuencia del acelerado desarrollo de las comunidades, el cual modifica los ecosistemas locales, incrementando el riesgo de inundación al que están expuestas muchas poblaciones” (pp.3).

De lo antes mencionado, Velázquez (1990), encontró una relación entre el número de los eventos de desastres causados por inundaciones y el contexto histórico - urbano de su causalidad en la ciudad de Cali, Colombia, él analizó los periodos en los que había ocurrido un gran desastre producto del desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y los comparó con el crecimiento de los asentamiento urbanos en zonas cercanas al cauce de los ríos mencionados, determinó que desde el año 1930 hasta 1986 la población aumentó 195% en sectores aledaños al cauce del río y el número de eventos de desastres en los mismos incrementó un 300%. Quedando evidenciado que existe una relación directa entre el aumento de la población en zonas vulnerables y el riesgo de desastre.

Atendiendo a situaciones como la previamente expuesta, diferentes organismos como Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), La Federación de Sociedades de la Cruz Roja Internacional y la Media Luna Roja han estudiado los riesgos y vulnerabilidades de poblaciones en conjunto con entes gubernamentales de localidades alrededor del mundo y han creado programas para la gestión de riesgo de desastre.

Es importante resaltar los proyectos llevados a cabo por el Banco Mundial, entre ellos el proyecto titulado “Asistencia a la Gestión del Riesgo de Inundaciones en Argentina”, en el cual se fortalecería la gestión de la ciudad de Buenos Aires contra el riesgo de inundación así como también para el mejoramiento del sistema de drenaje de las cuencas de los ríos Cildañez, Vega y Maldonado, la ejecución de este proyecto beneficiara a más de 3 millones de personas de las cuales muchas viven en las adyacencias de los cauces de los ríos mencionados y son los más expuestos a pérdidas en caso de que ocurra una inundación.*(Comunicado de prensa, Banco Mundial, junio 22, 2016)*

De igual manera, en Venezuela, organismos como, Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), La Federación de

Sociedades de la Cruz Roja Internacional y la Media Luna Roja han estado presentes apoyando a los habitantes de localidades afectadas luego de la ocurrencia de eventos de inundaciones, como lo fue el desastre que tuvo lugar el día 06 de septiembre de 1987 cuando el Río Limón de la ciudad de Maracay, Estado Aragua, que se desbordó durante una fuerte temporada de lluvia. Siendo afectadas comunidades como El Limón, El Progreso, Mata Seca, y Pan de Azúcar, con más de 100 muertos, 90 desaparecidos, 300 heridos y lesionados y miles de damnificados. Durante este desastre se contó con el apoyo de Protección Civil, el cuerpo de Bomberos de Aragua, médicos y paramédicos de la entidad. *(Reportaje Noticiero El Siglo, septiembre 6, 2016).*

El municipio Naguanagua del estado Carabobo se ha visto afectados por el desbordamiento de cuerpos de agua como el río Cabriales y el río El Retobo. En el mes de agosto de 2011, producto de las fuertes lluvias, 1.710 personas fueron afectadas y 344 viviendas quedaron anegadas, comunidades como Brisas de Carabobo, Vivienda Rural de Bárbula, Monte Sión, Barrio Arturo Michelena, Puerta Negra, Colinas de Girardot, Carialinda, Barrió Lámparas Pecoraro, La Campiña, La Entrada Sector Los Chorros, sector popular Las Adjuntas fueron devastadas, este desastre fue atendido por representantes de Protección civil y colaboradores de todo el Estado. *(Reportaje Noticiero El Universal, agosto 13, 2011).*

Ya comprobada la situación de vulnerabilidad ante el riesgo de inundación en la que se encuentra el sector popular de “Las Adjuntas” Municipio Naguanagua Estado Carabobo, que se ha visto afectada por este fenómeno el cual ha generado como consecuencia pérdidas humanas y materiales a través de los años. Con la intención de mitigar los daños que causan las inundaciones, es necesaria la aplicación de una gestión de riesgo basada en medidas estructurales y no estructurales. Los planes de gestión de riesgo basados en medidas estructurales, proponen proyectos para la ejecución de obras hidráulicas de retención, rectificación o protección que

reducirán el impacto destructivo de la inundación. Las no estructurales se basan en campañas de prevención y adiestramiento de los habitantes de las comunidades cuyo objetivo es preparar al ciudadano ante el riesgo de desastre. Jiménez y Salas (2004).

Es importante destacar que en la comunidad de “Las Adjuntas” en el año 2016, se llevó a cabo un proyecto comunitario para la gestión de riesgo de desastre por un grupo de tesis de la Universidad de Carabobo bajo la coordinación del centro de investigaciones hidrológicas y ambientales de la Universidad de Carabobo (CIAM-UC), donde se aplicaron medidas no estructurales, tales como: actividades de capacitación (simulacros) para mitigar las pérdidas humanas durante el desastre, elaboración de mapas de riesgo, entre otras. Arrojando este proyecto como conclusión la sostenibilidad de la aplicación de simulacros como una medida no estructural y como recomendación la evaluación de las posibles medidas estructurales a diseñar para esta comunidad.

Ante la situación descrita se formularon las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles medidas estructurales, ante el problema planteado, son las indicadas para mitigar el riesgo de inundación de la comunidad Las Adjuntas, Naguanagua Estado Carabobo?
- ¿Qué información es necesaria para el diseño de las medidas estructurales seleccionadas?
- ¿Qué área abarcan las planicies inundables adyacentes al río El Retobo?
- ¿Cómo está afectando el desborde del río El Retobo a la comunidad de Las Adjuntas?
- ¿De qué manera la aplicación de medidas estructurales se adaptará a las necesidades de la comunidad?

1.2 Objetivos de la investigación:

1.2.1 Objetivo general

Evaluar medidas estructurales para mitigar los riesgos de desastres del sector popular “Las Adjuntas”, Municipio Naguanagua, Estado Carabobo.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual del río El Retobo en su confluencia con el río Cabriales y las zonas adyacentes a la comunidad Popular “Las Adjuntas”.
2. Analizar la factibilidad técnica de un proyecto de Ingeniería Básica para la canalización del río El Retobo.
3. Diseñar la ingeniería básica de las alternativas de solución de canalización, obras de protección en márgenes y en las estructuras existentes.

1.3 Justificación

Las inundaciones son el desastre de mayor ocurrencia en Venezuela, convirtiéndolo en el segundo país del mundo con mayor número de muertes por millón de habitantes, según el informe de Costo humano de los desastres relacionados con el clima, por la Oficina de Reducción de Desastres de la Organización de Naciones Unidas (ONU) y el Centro de Investigación de Epidemiología de Desastres. Del total de los 157.000 fallecidos en el mundo entre 1995 y 2015 por inundaciones, 30.239 corresponden a defunciones por desastres en Venezuela, según reseña la agencia Efe.

Por consiguiente, se hace necesario el análisis del comportamiento de los cuerpos de agua en zonas cercanas a centros urbanos, de modo que se puedan evaluar alternativas para mitigar daños en la infraestructura de las comunidades y minimizar las pérdidas humanas al momento de una inundación, en este sentido la elaboración del proyecto “Evaluación de medidas estructurales para la mitigación de riesgos de inundación del sector popular “Las Adjuntas” del Estado Carabobo”, puede justificarse desde los siguientes puntos de vista.

Desde la perspectiva social, la Comunidad Popular de “Las Adjuntas”, ubicadas en las adyacencias del río El Retobo ubicado en el Municipio Naguanagua del Estado Carabobo, se beneficiará con las medidas estructurales preventivas y/o correctivas que garanticen la seguridad y minimicen el riesgo de inundación al cual actualmente se encuentra expuesta. Los miembros de las juntas comunales de la comunidad, quienes después de la aplicación de la gestión de riesgo de desastre con medidas no estructurales, sugirieron la elaboración un proyecto con una alternativa de solución a su problema, con la propuesta podrán presentarse ante los representantes de la alcaldía y gobernación en busca de recursos económicos para la construcción de la obra hidráulica.

En el ámbito institucional, la realización de este trabajo de investigación dejará como aporte el proyecto para la construcción de la medida estructural evaluada para ser ejecutado por organismos gubernamentales como la Alcaldía de Naguanagua o la Gobernación del Estado Carabobo.

Desde el punto de vista técnico este proyecto involucra herramientas softwares de alta precisión e innovadoras para el estudio hidráulico del río, que permitirán simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar las zonas inundables, de modo que se verificará la existencia y magnitud de los problemas de inundación en las comunidades y de existir estos problemas se contribuirá a su solución mediante la aplicación de

conocimientos técnicos y tecnológicos que se dispondrán al servicio de la comunidad como un punto de referencia para nuevos proyectos con un enfoque similar.

Desde el punto de vista académico, esta investigación forma parte de una línea de investigación del Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo, sobre la gestión de riesgo de desastre, el presente proyecto servirá de referencia para cualquier miembro de la comunidad universitaria que desee realizar alguna investigación similar o continuar con la línea de investigación mencionada.

1.4 Delimitación y limitaciones de la investigación

El marco espacial de la investigación se sitúa en el tramo del río El Retobo desde su confluencia con el río Cabriales hasta un kilómetro aguas arriba, por ser esta extensión la más próxima a la comunidad popular de “Las Adjuntas” del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo. El alcance de esta investigación será la elaboración del estudio hidráulico, realización de la ingeniería básica de la medida estructural evaluada, cálculos métricos y presupuesto.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Según Tamayo y Tamayo (2004), los antecedentes de un trabajo de investigación son todo hecho anterior a la formulación del problema que sirve para aclarar, juzgar e interpretar el problema planteado. En los antecedentes se trata de hacer una síntesis conceptual de las investigaciones o trabajos realizados sobre el problema formulado con el fin de determinar el enfoque metodológico de la misma investigación, como se presentan a continuación.

Díaz y Robles (2016), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación del grado de sostenibilidad de la aplicación de simulacros de gestión de riesgos de desastres en el sector popular de “Las Adjuntas”, del municipio Naguanagua, estado Carabobo”, el objetivo fue la evaluación del grado de sostenibilidad de la aplicación de simulacros de gestión de riesgo de desastres. La investigación fue de tipo descriptiva, con un diseño de campo no experimental. Se realizó una gestión de riesgo que consistió en la aplicación de estrategias de enseñanzas comunitarias sobre los riesgos, vulnerabilidades y desastres, se realizaron mapas de vulnerabilidad sísmica, inundación e incendio y simulacros de evacuación por riesgo de inundación. Concluyendo que la aplicación de medidas no estructurales apoyadas en actividades como simulacros de eventos naturales son sostenibles siempre y cuando se cuente con la disposición de la comunidad en formar parte del equipo de trabajo con la disposición de replicar los conocimientos adquiridos.

Esta investigación fue un gran aporte para este proyecto debido a que la evaluación de medidas estructurales que se desea realizar, surge de las recomendaciones finales de la gestión de riesgo de desastre y solicitudes de la comunidad como una alternativa de mitigación del riesgo, siendo el presente proyecto una continuación de dicha investigación.

Gordillo (2013), en su trabajo titulado “Análisis de vulnerabilidad y medidas regulatorias para inundaciones en la población de Bosa, Departamento de Bogotá, Colombia” de la Universidad Católica de Colombia (UCC), cuyo objetivo general fue determinar los factores necesarios para entender, prevenir y responder de una manera eficiente ante las inundaciones. La investigación es de tipo documental y de campo con la modalidad de proyecto factible, se basó en aplicación de encuestas a comunidades, en revisiones de los informes sobre las inundaciones recientes en las localidades cercanas a los ríos Tunjuelo y Bogotá y en el análisis de riesgo de inundación de la región. Con la información obtenida fue posible realizar un plan de mitigación del riesgo de inundación en la población de Bosa, el cual se estructuró de cinco categorías: Prevención, protección de la propiedad, protección de recursos naturales, proyectos estructurales, información pública y educación.

El aporte de esta investigación es la metodología del estudio, se realizó primeramente una gestión de riesgo de desastre en la comunidad, documentándose acerca del riesgo al que ha estado expuesto el lugar a través de los años y luego se propuso un plan mitigación del riesgo incluyendo la aplicación de medidas estructurales como obras de control de erosión del cauce, control de sedimentos y de conducción de flujos.

Aguilera y Sánchez (2014), en su estudio “Evaluación de la ingeniería básica para la canalización del Río Cúpira, y de la quebrada El Chivo (Municipio San Diego - Estado Carabobo)”, el objetivo general fue la

evaluación y planteamiento de propuestas de ingeniería básica para la canalización del río. La investigación fue de tipo descriptivo con modalidad de proyecto factible, el plan metodológico utilizado en esta investigación consistió en describir la situación actual del cauce, elaborando el estudio hidrológico de la zona adyacente al río Cúpira, y con simulaciones mediante el uso de Software HEC-RAS 4.0 determinar las planicies inundables, luego fue posible evaluar y analizar las propuestas de canalización. Finalmente se seleccionó como propuesta más eficiente hidráulicamente y económicamente la canalización con muros de gaviones. Esta investigación sirvió de aporte metodológico porque se utilizó la misma herramienta computacional, el software HEC-RAS 4.0 para la determinación de las planicies inundables del tramo del río en estudio.

Castro y Contreras (2016), en su investigación “Estudio hidráulico y propuesta de ingeniería básica para la canalización del cauce de la quebrada Camoruco, municipio Valencia, estado Carabobo”, su objetivo general fue realizar el estudio hidrológico y proponer soluciones para el encauzamiento de la quebrada ya que sus zonas adyacentes se han visto afectadas en diferentes períodos por su desbordamiento. La metodología de investigación empleada fue de tipo descriptivo y de campo con una modalidad de proyecto factible, analizando la situación por medio de la elaboración de un estudio hidrológico de la cuenca de la quebrada Camoruco, y simulando las condiciones del cauce mediante el uso del software HEC- RAS 4.0 para luego evaluar alternativas para la canalización de la quebrada. Finalmente se propusieron soluciones diferentes de acuerdo a las condiciones de cada tramo del cauce de la quebrada, entre ellas disminución de la cota de fondo, la instalación de traviesas, y la canalización con muros de gaviones. Este trabajo fue un aporte importante para la investigación ya que la metodología de proyecto factible utilizada para la creación de propuestas de mitigación de riesgo de inundación en zonas urbanas es la misma que se utilizará para desarrollar este proyecto.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Inundación

Se definen como la sumersión de áreas que no lo están normalmente, bajo las aguas de una corriente que ha roto su cauce normal o que se han acumulado por falta de drenaje. Cuando los niveles suben por encima de lo normal y llegan a los terrenos de las comunidades, las vuelven vulnerables a los movimientos rápidos o a las mayores elevaciones del agua que se tornan peligrosas. Josephine Malillay (2010).

2.2.1.1 ¿Por qué ocurren las inundaciones?

Según Jimenez y Salas (2004), aún antes de la aparición del hombre sobre la Tierra, el entorno físico mantenía un equilibrio: el agua que llovía en las zonas montañosas bajaba por los cauces e inundaba las zonas bajas, para luego volver a su estado inicial. Posterior a la aparición del hombre se desarrollaron asentamientos humanos en las zonas aledañas a los cuerpos de agua trayendo consigo, cuando se desborda una corriente, problemas de inundaciones. Adicionalmente, la degradación del medio ambiente, tal como la deforestación, la erosión, entre otros., modifica la respuesta hidrológica de las cuencas, incrementando la ocurrencia y la magnitud de inundaciones. La modificación del terreno en las cuencas (cambio en los usos del suelo), produce daños cada vez más considerables por efecto de las inundaciones, debido a que:

- Se producen crecientes mayores que las que habían ocurrido (crecidas históricas) cuando las cuencas eran naturales o la degradación del medio ambiente era mínima.

- El tiempo que debe transcurrir para que los efectos de una inundación sean percibidos por la población ha disminuido, provocando que en ocasiones la respuesta de las autoridades y de la población se vea comprometida.

2.2.2 Clasificación de las inundaciones

Según Salas y Jiménez (2004), las inundaciones se pueden clasificar de debido a:

1. Debido a su origen

- **Inundaciones pluviales:** Estas son consecuencia de la precipitación ya que el terreno se va saturando y el agua excedente se empieza a acumular
- **Inundaciones fluviales:** Se genera cuando el agua la cual se desborda del río queda sobre superficie de terrenos cercano a ellos, el volumen en cual escurre por el terreno va aumentando con el área de aportación de la cuenca.

2. Por el tiempo de respuesta de la cuenca

- **Inundaciones lentas:** Al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno el volumen remanente escurre por los ríos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento va bajando hacia la salida de la cuenca este aumenta proporcionalmente con el área drenada, si el volumen excede la capacidad de este se presentará un desbordamiento
- **Inundaciones súbitas:** Son ocasionadas por lluvias intensas que ocurre en un área específica y origina que unas pequeñas corrientes se transformen rápidamente en torrentes violentas capaces de causar grandes daños.

2.2.3 Sistema de drenaje urbano

Es el conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar, en la medida de lo posible, que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana; es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos. Las aguas pluviales, quedan comprendidas no solamente por las originadas de las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que se precipiten sobre otras áreas, pero discurren a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales, o simplemente a lo largo de su superficie. Bolinaga y Franceschi (1979).

2.2.3.1 Objetivos de un sistema de drenaje urbano

1. **Básico:** Evitar al máximo posible los daños que las aguas de lluvias puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano.
2. **Complementario:** Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.

2.2.4 Mitigación de daños por inundaciones

Según Jiménez y Salas (2004), recomiendan que para realizar acciones para mitigar los daños causados por inundaciones, es indispensable emprender acciones de protección. Éstas pueden ser de dos

tipos: medidas estructurales (construcción de obras), o medidas no estructurales (indirectas o institucionales).

2.2.4.1 Medidas estructurales

Son aquellas que mediante proyectos de gestión de riesgo de desastre resultan como alternativa de solución, cuyo diseño y posterior construcción contribuirá para la mitigación los daños provocados por una inundación, usualmente estas medidas son realizadas por las dependencias gubernamentales ya que se requieren de fuertes inversiones.

2.2.4.2 Medidas no estructurales

Son aquéllas que se basan en campañas informativas y de capacitación, cuya finalidad es informar oportunamente a las poblaciones ribereñas de la ocurrencia de una posible inundación, para que disminuir las muertes y se minimicen los daños. En estos se incluyen los reglamentos de usos del suelo, el alertamiento y los programas de comunicación social y de difusión.

2.2.5 Estructuras Hidráulicas

Son las obras de ingeniería necesarias para lograr el aprovechamiento de los recursos hídricos y controlar su acción destructiva. Trabajan en la mayoría de los casos en combinación con elementos y equipos mecánicos. Se construyen en beneficio del hombre y el desarrollo de la humanidad.

2.2.5.1 Clasificación de las estructuras hidráulicas

- Estructuras de contención: Mantienen un desnivel entre aguas arriba y aguas abajo. Son en general presas que interceptan la corriente de los ríos
- Estructuras de regulación: Deben controlar la acción erosiva de las corrientes en el fondo y orilla de los cauces
- Estructuras de conducción del agua: Transportan el agua de un punto a otro, o unen dos fuentes de caudales, como pueden ser canales o tuberías.
- Estructuras de evacuación de aguas de exceso: Son los vertederos, rebosaderos o aliviaderos que sirven para evacuar el agua sobrante en forma controlada durante épocas de creciente. En algunos casos estas estructuras se construyen en el cuerpo de la presa y en otras separadamente.
- Obras de toma de agua: Captan el agua para conducirla al sitio de consumo.
- Obras de disipación de la energía del agua: Tienen por fin amortiguar el poder erosivo del agua evitando su acción destructora

2.2.6 Estudio Hidrológico

2.2.6.1 Gasto de diseño

. El máximo valor de caudal es aquel con el que se garantiza la vida y el buen desenvolvimiento de las personas y sus bienes, es el gasto de diseño de las estructuras hidráulicas de drenaje, de tal manera que las aguas no alcancen niveles que perjudiquen a la sociedad. Bolinaga (1979).

2.2.6.2 Período de retorno

El período de retorno o de recurrencia (T), es el intervalo medio expresado en años en el que un valor extremo alcanza o supera al valor "x", al menos una sola vez. Elías y Ruiz (1979).

$$J = 1 - \left(\frac{1}{Tr}\right)^n \quad (Ec. 01)$$

2.2.6.3 Tiempo de Concentración

Conceptualmente el tiempo de concentración Tc, es el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer el trayecto desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de concentración o sitio de estudio. Franceschi (1984).

2.2.6.4 Intensidad de precipitación

La cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo es conocida como la intensidad de la precipitación (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, mm/día, etc. Salas (2004).

2.2.6.5 Duración

Es el periodo de tiempo que tarda una lluvia en precipitarse. Este tiempo es medido desde el inicio hasta el final de la precipitación se expresa generalmente en hora o fracción.

2.2.6.6 Curvas Intensidad – duración – frecuencia.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente

duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno Témez (1978).

2.2.6.7 Hietograma

Es una gráfica de barras que muestra la variación de la altura o de la intensidad de la precipitación en intervalos de tiempo, usualmente de una hora. Jiménez (2004).

2.2.6.8 Método Racional

La Fórmula Racional que se utiliza normalmente para calcular el caudal de diseño de obra de drenaje urbano y rural en cuencas de hasta 500 hectáreas de extensión. Guevara y Cartaya (2004).

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad Ec. 02$$

Dónde:

Q: Gasto máximo en m³ /seg

I: Intensidad de la lluvia en mm/hr para una duración igual al tiempo de concentración Tc del área tributaria.

A: Área tributaria en hectáreas.

C: Coeficiente de escorrentía.

2.2.6.9 Método del Área Efectiva:

El método consiste fundamentalmente en dividir el área de la cuenca en áreas efectivas parciales o sub-cuencas de tamaños y tiempos de concentración pequeños cuyos hidrogramas son triangulares o trapeziales, con un gasto máximo calculado con base en la fórmula racional. Estos

hidrogramas son debidamente desfasados en el tiempo y transitados hasta el lugar deseado.

2.2.6.10 Método de Muskingum

Es un método de tránsito hidrológico que se usa comúnmente para manejar relaciones variables caudal - almacenamiento. Este método modela el almacenamiento volumétrico de la creciente en un cauce natural o un colector urbano mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma.

2.2.7 Obras de encauzamiento:

- **Diques marginales:** Son similares a las presas de tierra. Se ubican generalmente sobre las riberas del cauce para controlar el espacio y el nivel de las aguas evitando que superen la cota máxima permisible. Generalmente los diques se cubren con vegetación para protegerlos contra la erosión del agua.

- **Canalizaciones:** pueden ser cauces naturales o canales artificiales que se usan para el transporte de las aguas crecidas y evacuarlas para evitar daños. Los canales contruidos en cauces naturales se suelen diseñar para $T_r = 100$ años.

2.2.8 Secciones Transversales en Canales

Las secciones transversales artificiales más usuales son las rectangulares, las trapeciales y las circulares, así como también las mixtas, particularmente en las canalizaciones de cauces naturales. La selección del

tipo de sección de canal más adecuada depende de muchos criterios, pero principalmente se define por la cantidad de espacio disponible para su construcción, los materiales disponibles en la zona y la función del canal. Los materiales normalmente empleados como recubrimiento son el concreto, la piedra colocada, los gaviones, los colchones para bases y taludes y la tierra. En lo que se refiere a la capacidad de conducción, deben distinguirse dos tipos de canales:

- **Canales de contorno fijo:** cuando el material de revestimiento no es erosionado por el flujo.
- **Canales de contorno móvil:** cuando los contornos son erosionables.

2.2.9 Hidráulica de Conductos:

La planificación y proyecto de las obras que conforman el drenaje urbano, implica el conocimiento de las leyes que gobiernan la hidráulica del mismo, esto con la finalidad de determinar y verificar las cotas que alcanzan las aguas en diferentes partes de la población para evaluar el nivel de riesgo y a nivel de diseño, permite determinar las dimensiones de los conductos que tengan la capacidad suficiente para brindar la protección adecuada.

2.2.10 Tipos de flujo:

El movimiento de las aguas en el drenaje urbano, sea éste por escurrimiento superficial o por un colector secundario o primario, se realiza primordialmente bajo la acción del peso del líquido, estando por lo general la superficie de las aguas a presión atmosférica, razón por la cual se le denomina flujo de superficie libre. En este tipo de flujo, la principal fuerza retardatriz corresponde a la resistencia que ofrece el contorno del conducto

al movimiento de las aguas. La fuerza de gravedad que genera movimiento, y la resistencia que ofrece el contorno, pueden estar, como generalmente sucede, desbalanceadas; hecho que se traduce en una aceleración (positiva o negativa), la cual puede variar, tanto a medida que pasa el tiempo como en forma instantánea, a lo largo de la trayectoria de la corriente, es decir, con el espacio.

2.2.10.1 Flujo con superficie libre:

Según Bolinaga (2010), El flujo con superficie libre es aquel que se desarrolla bajo la acción del peso del líquido, estando por lo general la superficie de las aguas a presión atmosférica. A continuación, se describen los tipos de flujo pertinentes al análisis hidráulico de este proyecto:

- Flujo no permanente
- Flujo uniforme
- Flujo gradualmente variado
- Flujo espacialmente variado
- Flujo Permanente

2.2.10.2 Flujo Permanente Uniforme

El flujo es uniforme cuando la velocidad media del mismo es constante, es decir, cuando no existen aceleraciones. Por lo tanto, este tipo de flujo no puede ocurrir partiendo del reposo. La figura N°1, muestra un canal que comienza desde un estanque con una determinada pendiente de fondo. Si el estanque es muy grande, la velocidad en él puede considerarse nula. El movimiento se inicia debido al peso de la columna del líquido, que genera una fuerza de presión desbalanceada y, en consecuencia, una

aceleración. A medida que se avanza en el canal, va aumentando la velocidad, pero ese mismo aumento ocasiona un incremento de las fuerzas de resistencia y, por lo tanto, se produce una disminución progresiva de la fuerza desbalanceada, hasta alcanzar un equilibrio entre las fuerzas de gravedad que propician el movimiento, y las de resistencia que se oponen a él, momento en el cual el flujo se hace uniforme. En la realidad, este equilibrio nunca se alcanza, pero a partir de cierto momento, las aceleraciones son tan pequeñas que pueden considerarse despreciables. En todo canal rectilíneo de sección constante, que sea lo suficientemente largo, el flujo tenderá a ser uniforme.

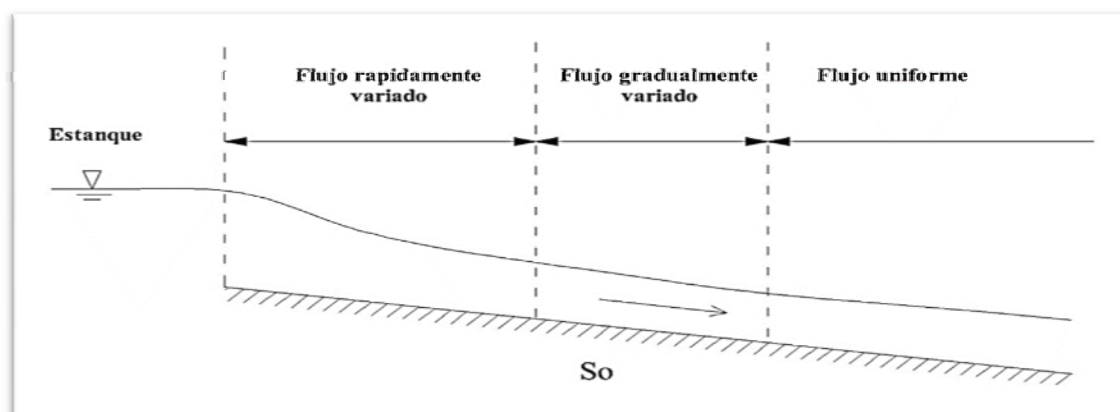


Figura N° 1 Formación del flujo uniforme

Fuente: Mecánica Elemental de los Fluidos, Bolinaga (2010)

El flujo uniforme es una condición límite del flujo variado. En la práctica, este tipo de flujo se presenta en canales relativamente largos de alineación recta y sección constante, lo cual permite, en estos casos, que dichos canales puedan ser proyectados para flujo uniforme, salvo en los trechos de flujo variado, bien sea gradual o rápidamente variado. El cálculo fundamental del flujo uniforme consiste en encontrar una relación entre la pendiente del cauce, el caudal, las características geométricas de la sección,

el material de los contornos y la profundidad. Una de las fórmulas más utilizadas para este cálculo, es la de fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad Ec.03$$

Donde:

n = Coeficiente de Manning.

Q = Caudal (m³/s).

A = Área Mojada (m²).

P = Perímetro Mojado (m).

So = Pendiente Longitudinal de Fondo.

2.2.11 Perfiles de superficie de agua

Bolinaga (2010), define los perfiles como los distintos tipos de curva, que, siguiendo la trayectoria de las líneas de corriente, modelan la superficie de agua, obteniendo diversos perfiles de superficie, evaluados ante un sistema de control específico. Se denominan curvas de remanso si la altura del perfil crece hacia aguas abajo y curvas deprimidas si la altura del perfil decrece hacia aguas abajo. Estas curvas son características de los flujos gradualmente variados. Es posible identificar una serie de perfiles de superficie de agua con base a una evaluación de la ecuación:

2.2.12 Determinación del perfil del agua:

Los procedimientos suponen flujo uniforme, este tipo de flujo – salvo en tramos relativamente largos – no es representativo de las condiciones reales en un sistema de drenajes. También se ha hecho referencia a que el perfil del agua, no solamente no es paralelo al fondo, sino que tendrá diferentes formas y posiciones con el tiempo cuando el flujo es no permanente, sin embargo, es práctica usual suponer flujo permanente, gradualmente variado

para los gastos máximos. Las pronunciadas S. También denominadas fuertes, que son aquellas donde $y_c > y_0$; es decir, que, si existiera flujo uniforme para el gasto Q, la profundidad del agua sería menor que la crítica.

1. Las suaves M, donde $y_c < y_0$, y sucede la situación contraria a la anterior.
2. La crítica C, que ocurre cuando $y_c = y_0$, es decir, que, de existir flujo uniforme, sería además crítico.
3. La horizontal H, que es la pendiente nula, donde lógicamente no puede existir flujo uniforme.
4. La adversa A, que es la pendiente contraria al movimiento, donde el flujo uniforme sería imaginario.

En la Figura N°2, se puede observar que existen varias posibilidades para cada tipo de pendiente, y el hecho de que ésta sea pronunciada, suave o crítica, no implica que el flujo sea subcrítico, supercrítico o crítico. Deben también notarse que los perfiles tienden a ser tangentes a y_0 y perpendiculares a y_c . Cuando un conducto abierto prismático, está formado por diferentes tramos con varias pendientes y secciones, el perfil del agua está representado por combinaciones de estos perfiles. Para lograr determinar cuál o cuáles perfiles estarán presentes en “n” problema en particular, es necesario conocer a priori los controles; es decir, secciones donde se presume van a existir alturas determinadas de agua. Estas secciones son, por lo general;

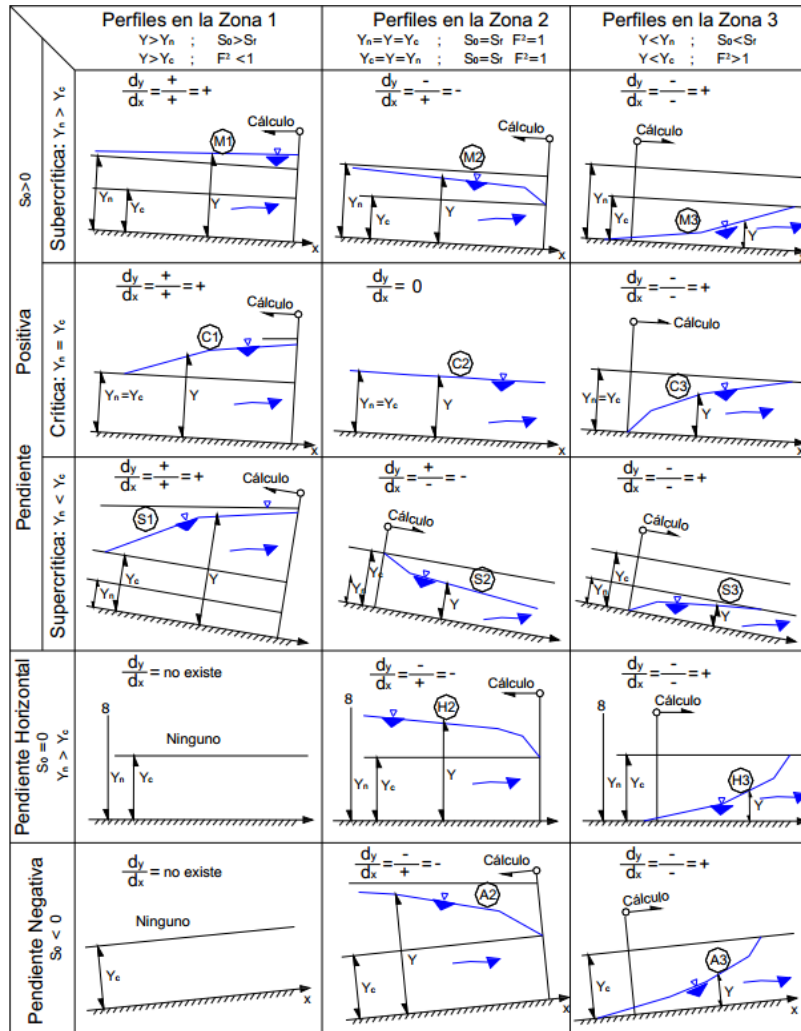


Figura N° 2 Clasificación de los perfiles de flujo gradualmente variado. Morales (2012)

2.2.12 Resalto Hidráulico:

El resalto hidráulico corresponde al fenómeno que se experimenta al pasar bruscamente de un régimen supercrítico a uno subcrítico, el resalto puede ser analizado por el principio de cantidad de movimiento, que cuando se aplica a canales de poca pendiente, puede utilizarse simplificando las fuerzas actuantes, al considerar que el peso del agua en el resalto

contrarresta el efecto de la fuerza que opone el contorno sólido al movimiento.

2.2.12.1 Características de un Resalto Hidráulico:

Las principales características son profundidad conjugada, altura, la longitud y finalmente la eficiencia. La profundidad de aguas arriba, en régimen supercrítico, tiene su profundidad conjugada en el régimen subcrítico aguas abajo del resalto, tanto las profundidades conjugadas como la altura del resalto, son funciones del número de Froude y de la geometría del conducto donde se produce el resalto, cuando el efecto de la pendiente de fondo no afecta sensiblemente los cálculos. La longitud del resalto no puede ser determinada sino basándose en aproximaciones empírica. La eficiencia del resalto, es decir, la relación entre energías aguas abajo y aguas arriba, depende exclusivamente del número de Froude.

2.2.13 Hidráulica de Cauces Naturales:

La determinación de los perfiles de agua en cauces naturales, es indispensable para la delimitación de planicies inundables. Este aparte se refiere al cálculo de dichos perfiles, suponiendo un fondo fijo.

2.2.14 Ingeniería Básica:

En esta fase se desarrolla la alternativa seleccionada en la etapa de ingeniería conceptual a un nivel de resolución tal que permita obtener una idea muy clara de cómo será el proyecto, establecer las dimensiones generales del sistema, la programación de las etapas constructivas y el cálculo de presupuestos por ítems globales. Se busca un grado de precisión que permita la toma de decisiones.

2.2.15 Material Usado en la Construcción para Canales

2.2.16.1 Gaviones

Estas son cestas la cuales están llenas de rocas que tienen un enrejado metálico de malla. Estas estructuras son permeables lo cual favorece el crecimiento de vegetación, arbustos y árboles por lo cual no solo se restablece la apariencia del paisaje, sino que también le permite al ecosistema del río restaurar su propio equilibrio. Este tipo de solución es una de las que mejor se adapta a los criterios de protección ambiental y de ingeniería naturalística además que desde el punto de vista de protección hidráulica, este tipo de solución es flexible y susceptible a asentamientos producidos por las erosiones y socavaciones, de manera que se adapte con mayor facilidad a la dinámica geomorfológica de la mayoría de los cauces fluviales.

2.2.16.2 Características de los gaviones

- **Flexibilidad:** Son capaces de absorber asentamientos sin perder su eficiencia las cual les permite permanecer seguras estructuralmente.
- **Permeabilidad:** Los materiales son altamente permeables lo cual permite el escurrimiento de las aguas en infiltración eliminando la presión hidrostática y los esfuerzos por sub-presiones. Un buen sistema de drenaje es importante ya que es la causa más común de inestabilidad de la estructura.
- **Alto impacto social:** Ya que no necesita mano de obra especializada son muy ventajosas en lugares con pocos recursos, esta mano de obra es la disponible en el lugar y requiere de un importante número de trabajadores lo que contribuye a la generación de empleo.

- **Monoliticidad y durabilidad:** Todos los elementos que forman la estructura de gaviones son unidos entre sí por amarres a lo largo de todas las aristas en contacto resultando un bloque homogéneo y monolítico el cual posee las mismas características de resistencias en cualquier punto de la estructura.
- **De bajo impacto ambiental:** Actualmente las obras de ingeniería de infraestructura deben causar el menor impacto posible al medio ambiente. Las estructuras de gaviones se adaptan muy bien a este concepto debido a su composición, dejan pasar las aguas de infiltración y percolación por lo que el impacto en la flora y en fauna es el mínimo posible.
- **Practicidad y versatilidad:** Son fáciles de construir ya que los materiales son piedras y la mano de obra empleada para el montaje y el llenado de los elementos está formada básicamente por obreros no calificados, dirigidos por maestros de obras, se pueden construir en agua y en cualquier clima
- **Económicas:** Estas al ser comparadas con otros tipos de soluciones, con las mismas resistencias estructurales presentan costos directos e indirectos más bajos y se pueden construir en etapas adecuando cada etapa al balance financiero de la obra.

2.2.17 Trabajo en HEC- RAS

Aguilera, J. y Sánchez, N. (2014) explican al respecto; HEC-RAS es un programa de dominio público que realiza modelos hidráulicos de flujo de agua a través de cauces naturales de ríos y otros canales. El programa es unidimensional, lo que significa que no hay un modelado directo del efecto hidráulico de cambios en la forma de sección transversal, curvas, y otros aspectos de dos y tres dimensiones de flujo. El programa fue desarrollado por el Departamento de Defensa de EE.UU., Ejército del Cuerpo

de Ingenieros, a fin de gestionar los ríos, puertos y otras obras públicas bajo su jurisdicción, sino que ha encontrado una amplia aceptación por parte de muchos otros desde su lanzamiento público en 1995.

El Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center HEC) en Davis, California desarrolló el Sistema de Análisis de Río (RAS) para ayudar a los ingenieros hidráulicos en el análisis de flujo de canales y la determinación de las planicies inundables. Incluye numerosas funciones de entrada de datos, componentes de análisis hidráulico, capacidad de almacenamiento y gestión de datos y de gráficos y generación de informes.

Sobre este programa, se detalla más sobre su aplicación, ventajas y desventajas y otros aspectos de relevancia en el **Anexo G**.

2.2.18 MARCO LEGAL

Esta investigación está fundamentada las siguientes leyes, Constitución De La República Bolivariana De Venezuela y Ley del Sistema Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres.

Constitución De La República Bolivariana De Venezuela

Capítulo IX: De los Derechos Ambientales

Artículo 127

“Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene el derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad geológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales

y demás área de especial importancia ecológica”

**Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.557,
Extraordinaria de fecha martes 13 de noviembre del 2001: Ley del
Sistema Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres.**

Título I

Disposiciones Generales

Artículo 3: La Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, tiene como objetivos fundamentales:

- Planificar y establecer políticas, que permitan la adopción de medidas relacionadas con la preparación y aplicación del potencial nacional para casos de desastres, en cada una de las fases que lo conforman.
- Promover en los diferentes organismos locales relacionados con la gestión de riesgos, las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de las normas establecidas, para salvaguardar la seguridad y protección de las comunidades.
- Diseñar programas de capacitación, entrenamiento y formación, dirigidos a promover y afianzar la participación y deberes ciudadanos en los casos de emergencias y desastres.
- Establecer estrategias dirigidas a la preparación de las comunidades, que garanticen el aprovechamiento del potencial personal, familiar y comunal para enfrentar emergencias y desastres en sus diferentes fases y etapas.
- Velar porque las diferentes instancias del estado aporten los recursos necesarios que garanticen que las instituciones responsables de atender las emergencias, cuenten con el soporte operacional y

funcional adecuado para la idónea y oportuna prestación del servicio de protección civil y administración de desastres.

- Fortalecer a los organismos de atención y administración de emergencias, a fin de garantizar una respuesta eficaz y oportuna y coordinar y promover las acciones de respuesta y rehabilitación de las áreas afectadas por un desastre.
- Integrar esfuerzos y funciones entre los organismos públicos o privados, que deban intervenir en las diferentes fases y etapas de la administración de desastres, que permitan la utilización de integración oportuna y eficiente de los recursos disponibles para responder ante desastres.

Capítulo IV

De La Organización Estatal y Municipal De Protección Civil y Administración De Desastres

Artículo 16. A las Direcciones de Protección Civil y Administración de Desastres estatales y municipales les corresponde:

- Definir y aprobar, conforme a las directrices emanadas del Comité Coordinador Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, los planes estatales y municipales de protección civil, preparación y atención de desastres.
- Contribuir con recursos funcionales y operacionales para los servicios de prevención y extinción de incendios, y de búsqueda y salvamento existentes en las áreas geográficas de su responsabilidad.
- La promoción y desarrollo de la autoprotección ciudadana.
- Diseñar y desarrollar programas educativos y de capacitación de las comunidades en gestión local de riesgo y protección civil.

- La promoción y apoyo funcional en el desarrollo y mantenimiento en la capacitación y profesionalización del personal de los servicios relacionados con la Protección Civil y Administración de Desastres.

TITULO IV

De La Preparación Para Desastres

Capítulo I

Artículo 22. A través de los Comités Coordinadores, la Organización de Protección Civil y Administración de Desastres, diseñará y someterá a consideración del Ministro o Ministra de Interior y Justicia, para su aprobación las políticas permanentes de preparación y autoprotección ante desastres, con el fin de lograr reducir los factores de vulnerabilidad en la población.

Artículo 23. Todos los ciudadanos y las ciudadanas están en el deber de incorporarse activamente en el desarrollo de acciones y programas orientados a la autoprotección y a la formación ciudadana ante desastres.

COVENININ 2002-88 “Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones”

Artículo 7.3.1 Las estructuras o sus partes sometidas a empujes de tierras, como los muros de sostenimiento, los muros de sótanos, etc., se diseñarán para los efectos del empuje activo, así como para los del empuje pasivo cuando corresponda. Deberá tomarse en cuenta las posibles cargas variables y permanentes que pueda haber en la parte superior del terreno adyacente. Adicionalmente, se deberá verificar la estabilidad al volcamiento y al deslizamiento, y los factores de seguridad resultantes no podrán ser menores de 1.5.

**COVENIN 2000-1987 “Sector constructivo. Especificaciones.
Codificación y mediciones. Parte 1: Carreteras”**

Artículo 7-14.08 Las piedras las cuales se utilicen en el relleno de los gaviones deben resistir la acción del agua y los agentes atmosféricos y deberán ser de suficientemente resistencia para soportar las solicitaciones a los que estarán sometidos son romperse.

Artículo 7-14.09 el material pétreo a utilizar como tendrá 2 gradaciones. La primera será las piedras que pasen por un cedazo de abertura 16cm de diámetro y queden retenidas en un cedazo de abertura 12 cm de diámetro. La segunda serán las piedras que pasen por el cedazo de 12 de diámetro de abertura y queden retenidos en uno de 8cm

Normas Venezolanas e Internacionales para la construcción de gaviones:

- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- ASTM 975 –malla hexagonal a doble torsión.
- ASTM 641 –alambre con revestimiento de zinc pesado.
- ASTM 856 –alambre con revestimiento galfan.
- Norma COVENIN 2000:1987. Sector Construcción. Especificaciones. Codificación y Mediciones. Parte I carreteras sección 3. Capítulo 7.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

Tamayo y Tamayo M. (2003), definen al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados. (p.37).

3.1 Diseño de la investigación

Esta investigación está enmarcada en un diseño no experimental, definido por Balestrini (2002), como aquella indagación donde se observan los hechos estudiados tal como se manifiestan en su ambiente natural, sin cambios intencionales en las variables de dicho estudio. (pp. 132).

3.2 Tipo de investigación

La presente investigación clasifica como del tipo descriptiva, según Tamayo y Tamayo M. (2003), la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos”. (pp. 35). Esta investigación tiene como enfoque, describir la condición actual de los márgenes del río El Retobo cercanos a la comunidad popular Las Adjuntas, y de esta manera poder analizar e interpretar el comportamiento del río, a modo de evaluar soluciones estructurales para mitigar la vulnerabilidad del lugar.

3.3 Modalidad de la investigación

La modalidad de investigación es de campo, la cual es definida por Tamayo y Tamayo M. (2003), como aquella donde los datos se recogen directamente de la realidad y está valorado por su certeza en las verdaderas conclusiones obtenidas de los datos, (pp. 71). Debido al continuo cambio en las zonas cercanas al río, para la realización de esta investigación fue necesario evaluar las condiciones actuales de los márgenes del río El Retobo y de la canalización de sección trapecial en concreto armado existente, para así poder compararlos con estudios anteriores de la zona.

Asimismo, esta investigación se realizó siguiendo la estructura de Proyecto Factible, pues su objetivo principal es proponer una posible solución. El manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), define un proyecto factible como aquel donde se destaca en la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos de problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales, puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos, (pp. 13).

3.4 Población y Muestra

Levin y Rubin (1996), hacen énfasis en dos conceptos importantes de población y muestra, la primera la puntualizan como un conjunto de todos los elementos que se estudian, acerca de los cuales se intentan sacar conclusiones; y el segundo se refiere a una colección de algunos elementos de la población, pero no de todos.

Para la presente investigación la población en estudio estará representada por la cuenca hidrológica del Río Cabriales y la muestra vendrá

dada por el río El Retobo. La selección de la muestra fue en función de la ubicación de la comunidad en riesgo.

3.5 Técnicas e Instrumentos para la recolección de información

3.5.1 Técnica

Tamayo y Tamayo M (2003), definen las técnicas como la expresión operativa del diseño de investigación y que especifica concretamente como se hizo la investigación (p. 126). Es por ello que, dentro de esta perspectiva, la técnica utilizada para la recolección de información se orientó hacia la observación directa y registro de información.

Valarino, Yasper y Cemborain (2011), puntualizan la observación directa como la técnica que se utiliza cuando las variables que se van a estudiar son de naturaleza interactiva, o si se necesitaría observar como es y ocurre un determinado fenómeno en un ambiente real o virtual. En el caso de este proyecto de investigación, la observación directa fue plasmada en registros de notas de campo con fotografías que confirmaron las condiciones actuales del cauce y de las estructuras existentes.

3.5.2 Instrumento

Arias (1999), "Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información, (pp.53). Dentro de este orden de ideas para esta investigación se distinguen dos (02) tipos de instrumentos.

1. **Notas de campo y fotografías:** Se tomaron mediciones de algunas secciones transversales del cauce del río, espesor, largo y ancho de

tablero de puentes existentes en el alineamiento, además se tomaron fotografías que permiten visualizar la realidad del problema en estudio.

3.6 Análisis de Datos.

Se calcularon y delimitaron las planicies inundables del tramo en estudio de acuerdo a los resultados obtenidos con la aplicación del Software de simulación HEC-RAS 4.0. Para la simulación se utilizó la hidrología, el alineamiento del cauce y las secciones transversales del río a partir de la topografía. Una vez que se definidos los parámetros descritos anteriormente, se realizó la simulación del modelo hidráulico, para determinar así los niveles de inundación de cada sección transversal, los cuales fueron necesarios para el cálculo y delimitación de las planicies inundables.

3.7 Fases de la Investigación

A continuación, se muestran de forma cronológica las fases que se llevaron a cabo para la ejecución de la presente investigación. Se distinguen tres fases las cuales fueron: estudio diagnóstico, estudio de factibilidades y diseño de la propuesta.

3.7.1 Fase I: Estudio Diagnostico

A través de la técnica de observación directa se realizó el registro de notas de campo con información de las condiciones actuales del cauce del río, puentes y canalización existente, y además se tomaron fotografías para evidenciar posteriormente lo observado.

Una vez realizado el diagnostico toda esta información será examinada utilizando la herramienta analítica DOFA: Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, y Amenazas.

Tabla N°1 Matriz DOFA

Fortalezas	Debilidades
-Conocimientos por parte de profesionales en la Ingeniera civil, específicamente en el área de Hidráulica y metodología a emplear para realizar la canalización del tramo del rio El Retobo en confluencia con el rio Cabriales.	-Información hidrológica y topográfica del cauce desactualizada. -Falta de herramientas de alta precisión para la toma de datos de las condiciones actuales del cauce.
Oportunidades	Amenazas
-Suficiente información para el diseño de la canalización. -Guía para el manejo del software HEC-RAS4.0 para la realización de simulación hidráulica de planicies inundables, canales y puentes. -Apoyo de protección civil para la realización de visitas a la comunidad.	-Condiciones naturales de riesgo (inestabilidad de taludes, densa vegetación, corriente del rio) para tomar mediciones de la condición actual del cauce del rio y estructuras en él. -Inseguridad y delincuencia.

Fuente: Herrera y Ramos (2018).

Actividades involucradas en la Fase I

- Visita de campo a la comunidad de Las Adjuntas donde se evaluaron las condiciones actuales de los márgenes del cauce del rio El Retobo en el tramo que escurre cerca de la comunidad, y evaluar el estado de la canalización de concreto armado y los puentes.
- Selección datos del levantamiento topográfico del rio Cabriales y los datos de intensidad de lluvia de la región según su elevación para la realización del

estudio hidrológico y determinar los caudales máximos para los distintos periodos de retorno del rio El Retobo.

- Simulación mediante el uso del programa HEC-RAS 4.0 el comportamiento hidráulico del rio El Retobo, a partir del levantamiento topográfico y los datos hidrológicos seleccionados con anterioridad.
- Definición de las planicies y niveles de inundación en el tramo en estudio a partir de la simulación plasmada previamente.
- Cuantificación las áreas inundables cercanas a la comunidad popular Las Adjuntas, por la crecida del rio El Retobo para cada periodo de retorno.

3.7.2 Fase II: Estudio Técnico

Una vez identificada la problemática luego del diagnóstico, a través de lo especificado en el Manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador se deberá determinar la factibilidad del presente proyecto realizando los siguientes estudios: estudio financiero, estudio técnico y estudio de mercado. Jiménez (2012).

En la presente investigación se consideró solo el estudio técnico develando el proceso global de transformación, localización física del proyecto, obras físicas ejecutadas, organización del proyecto, cronograma de actividades y análisis de costos a fin de estudiar componentes técnicos necesarios humanos, materiales, equipos e instrumentos para la implementación de este proyecto por los entes regionales.

3.7.3 Fase III: Diseño de la Propuesta

En relación a los resultados se realizó una propuesta en base a información precisa y segura que garantizará una verdadera alternativa de

solución a la problemática planteada. Esta fase se realizará en varias etapas mencionadas a continuación:

1. Alineamiento planimétrico y altimétrico para la canalización de tramo del río El Retobo en estudio. Se definió un alineamiento de rectificación para la canalización desde la confluencia del río Cabriales con el río El Retobo hasta 1km aguas arriba. Con la finalidad de adecuar el cauce natural actual y la canalización existente con las propuestas de ingeniería básica.
2. Definición de las secciones transversales correspondientes a la nueva canalización. Mediante la selección para la canalización se escogió la que mejor se adaptaba al cauce natural del río.
3. Análisis de costos para la canalización. Se procedió al cálculo de cómputos métricos para establecer cantidades debidamente codificadas por partidas y asumiendo precios unitarios referenciales, con ayuda del software LuloWinNG.

CAPITULO IV

PROPUESTA

A continuación, se presentan los estudios técnicos realizados de acuerdo a cada una de las fases la propuesta de la investigación descritas.

4.1 FASE I: Diagnostico

La comunidad popular de “Las Adjuntas” se encuentra ubicada al norte del municipio Naguanagua, estado Carabobo, más específicamente en el sector La Campiña, al final del callejón las Acacias. Esta comunidad está asentada en un terreno que limita con los ríos El Retobo y Cabriales, siendo el primero el que causa mayor impacto a la comunidad. El río El Retobo nace en La Mora – la sabana de Bárbula y se extiende por todo el norte de Naguanagua hasta su confluencia con el río Cabriales, en frente de la Urbanización Los Caracaras. Para el diagnostico se contó con levantamiento aerofotogramétrico del Anteproyecto de canalización y Mejoras del Río Cabriales (1988), realizado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

Durante las visitas de campo a la comunidad y al tramo del río El Retobo que limita con ella se pudo observar lo siguiente:

1. Existe en el tramo de estudio del río El Retobo, una canalización de sección trapecial, tramo que va desde 225 metros aguas arriba del puente Avenida Universidad hasta 250 metros aguas abajo del puente Avenida Bolívar, esta se encuentra bastante deteriorada, en diferentes tramos de la misma los márgenes del cauce han quedado expuestos a causa de la fractura de las pantallas de concreto, que al desprenderse fueron arrastradas por la corriente aguas abajo. En los últimos metros de la

mencionada canalización de concreto. El fondo de la canalización se encuentra socavado lo que ocasiona que cada vez el elemento estructural pierda fijación y continúe desprendiéndose.



Figura N° 3 Situación actual del tramo final aguas abajo de la canalización de concreto

Fuente: Herrera y Ramos (2017)



Figura N° 4 Socavación de la canalización

Fuente: Díaz y Robles (2016)

2. El tramo del río en estudio presenta tres estructuras a lo largo de su extensión, los puentes: Avenida Universidad y Avenida Bolívar, y una pasarela metálica. El puente de la Avenida Universidad posee 3 estructuras cajones que permiten el paso del agua a través de él, de los cuales dos se encuentran obstruidos por escombros y vegetación, obstruyendo el flujo de agua como se observa en **la Figura N°**



Figura N° 5 Situación actual del puente Av. Universidad

Fuente: Herrera y Ramos (2017).



Figura N° 6 Situación actual del puente Av. Bolívar

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

3. Los márgenes del río posterior a la canalización se encuentran erosionados, con presencia de vegetación y escombros.



Figura N° 7 Situación actual del cauce contiguo a la comunidad popular "Las Adjuntas"

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

4.2 Alineamiento de río El Retobo

El tramo en estudio del río El Retobo, va desde su confluencia con el río Cabrales hasta mil ciento setenta y cinco metros (1175m) aguas arriba este presenta una cota de fondo inicial de 503.20msnm y final de 495.85msn que representan un desnivel de 7.35m.

Tabla N° 2 Ubicación de las progresivas y cotas de interés

PROGRESIVA	DESCRIPCION	COTA (msnm)
0+000	Inicio del alineamiento	495.85
0+025	Márgenes contiguos a la Comunidad Popular las Adjuntas	496.00
0+050		496.13
0+075		496.25
0+100		496.35
0+125		496.50
0+150		496.65
0+175		496.55
0+200		496.75
0+275	Fin del canal trapezoidal de concreto	497.13
0+600	Puente Avenida Bolívar	500.80
0+825	Puente Avenida Universidad	501.90
1+000	Inicio del canal trapezoidal de concreto	502.30
1+175	Fin del alineamiento	503.20

4.3 Secciones transversales definidas

Las secciones transversales se definieron cada 25 metros de distancia medidos desde el inicio del alineamiento antes descrito, además de las secciones extra que se generaron antes y después de las estructuras de puentes existentes. Las secciones fueron trazadas a partir de los planos de planta y perfil longitudinal del levantamiento Aerofotogramétrico del proyecto de canalización del río Cabrales de 1988 (**ver ANEXO A**). Se tomaron mediciones en campo para actualizar información de los cambios que ha sufrido el cauce en los últimos años siendo las secciones presentes en la

Tabla N°3, fueron modificadas con respecto a la información original del plano:

Tabla N° 3 SECCIONES MODIFICADAS

0+075		0+275		0+150		0+140 - Pasarela	
Distancia CL (m)	Cota (msnm)	Distancia CL (m)	Cota (msnm)	Distancia CL (m)	Cota (msnm)	Distancia CL (m)	Cota (msnm)
-20	499.5	-25	500.0	-20	500	-8.77	511
-15	499.5	-15	500.0	-15	500	-3.5	496.6
-10.22	499.5	-11	496.55	-11	500	3.5	496.6
-6.25	496.3	11	496.55	-8.7	496.7	8.77	499
6.25	496.3	14.31	500.0	8.7	496.7		
8.95	499.4	18	500.0	14.7	500		
10	500.0			18	500		
12	500.1						

4.4 Geometría de los puentes sobre el tramo del río El Retobo:

Se determinaron las dimensiones de las estructuras existentes como puentes y pasarelas a lo largo del tramo de estudio. Considerar estas estructuras en la simulación del modelo hidráulico en el software HEC-RAS es necesario; ya que, con la verificación de cada una de estas estructuras a través de la simulación, se pudo evaluar la capacidad hidráulica actual.

Se realizaron mediciones en campo del espesor del tablero de puentes, conteo de pilares, ancho de los pilares entre otros. y utilizando el software de visualización cartográfica, Google Earth, fue posible la medición de la longitud del tablero y ancho de algunas secciones del río y de la canalización. En la Tabla N° 4 se puede observar las dimensiones de la geometría de los puentes.

Tabla N° 4 Dimensiones de las estructuras en el cauce del río El Retobo

	Estructura	Progresiva	Altura Total (m)	Altura Libre (m)	Ancho Total (m)	Esquema del Puente
Río Retobo	Pasarela	0+140.00	3.65	3.35	25.70	Lecho del río 25.7
	Puente de la Av. Bolívar	0+610.00	5.07	2.7	25.85	Lecho del río 25.84
	Puente de la Av. Universidad	0+835.00	3.95	2	23.00	

Fuente-. Herrera y Ramos (2017).

4.5 Estudio hidrológico

Para el estudio hidrológico del río El Retobo, se utilizaron los datos de caudales máximos calculados en el Estudio Hidrológico del río Cabrales realizado por GFM Ingeniera C.A. en el año 2001. Fue realizado aplicando el Método del Área Efectiva y el método de bloques alternos a partir de los datos pluviométricos de la Dirección de Hidrología del M.A.R.N.R. de la estación Bárbula, Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, planteado para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años, para una duración de lluvia de seis (6) horas y segmentada en intervalos de 30 minutos.

4.5.1 Información Básica del estudio hidrológico

Tabla N° Información básica del estudio hidrológico

Cartografía	Pluviometría	Curvas IDF	Hietograma
M-13, M-14 N-13, N-14 Ñ-13, Ñ-14 O-13, O-14 P-13, P-14 Q-13, Q-14 R-14, R-14	-Estación Bárbula (1.969 – 1.983) -Estación Valencia Ferrocarril (1.901-1.973)		Método Bloques alternos Tormenta de seis (6) horas de duración
VER ANEZO C	VER ANEXO B		VER ANEXO D

Fuente: Estudio Hidrológico del Río Cabrales, GFM Ingeniería C.A.

4.6.3 Cálculo de los Gastos Máximos

Para el análisis de gastos máximos, se utilizaron los métodos; Método Racional, Método del Área Efectiva y Método de Muskingum

Tabla N° Variables para el cálculo de gastos máximos

Área Tributaria	Tiempo de concentración (min)
20 35 Ver anexo C-1	5

Fuente: Estudio Hidrológico del Río Cabriales, GFM Ingeniería C.A.

Tabla N° Tabla de gastos máximos

Evento:	Lluvia uniforme sobre toda la cuenca	
	TRAMO	
TR (años)	20	35
0	0.00 m ³ /s	0.00 m ³ /s
2	54.16 m ³ /s	25.12 m ³ /s
5	72.41 m ³ /s	33.66 m ³ /s
10	83.25 m ³ /s	38.65 m ³ /s
25	96.47 m ³ /s	44.78 m ³ /s
50	107.39 m ³ /s	49.88 m ³ /s
100	142.99 m ³ /s	67.39 m ³ /s

Fuente: Estudio Hidrológico del río Cabriales, GFM Ingeniería C.A. (2001).

4.7 Resultados

4.7.1 Simulación del modelo hidráulico del tramo del río El Retobo mediante el uso del software HEC-RAS

Haciendo uso de los valores de gastos máximos, actualizando algunas secciones transversales a las condiciones actuales, fue posible simular los niveles de inundación del tramo del río El Retobo en estudio, obteniéndose los siguientes resultados.

4.7.2 Niveles de inundación

Tabla N° Cotas de inundación

Punto	Progresiva	Cota de fondo	Cota de tope	Cota de inundación para cada periodo de retorno					
				2	5	10	25	50	100
1	0+025	496.00	499.25	496.90	497.04	497.11	497.20	497.27	497.49
2	0+075	496.25	499.50	497.97	498.36	498.57	498.83	499.03	499.65
3	0+125	496.50	500.00	498.01	498.38	498.59	498.84	499.03	499.64
4	0+175	496.55	500.00	498.50	498.88	499.10	499.34	499.54	500.15
5	0+225	497.00	500.10	498.52	498.91	499.12	499.38	499.58	500.21
6	0+275	497.15	500.50	498.11	498.30	498.39	498.51	498.60	498.87
7	0+300	497.50	500.60	498.54	498.71	498.80	498.91	498.99	499.25
8	0+610	501.00	502.75	502.33	502.44	502.58	502.71	502.82	503.11
9	0+675	501.30	503.20	502.36	502.59	502.71	502.85	502.95	503.12
10	0+835	501.90	503.80	503.42	503.68	503.81	503.95	504.03	505.98
11	0+975	502.30	504.40	503.88	504.16	504.32	504.52	504.84	506.61
12	1+175	503.20	505.80	504.96	505.25	505.41	505.58	505.74	506.89

Fuente: Herrera y Ramos (2017)

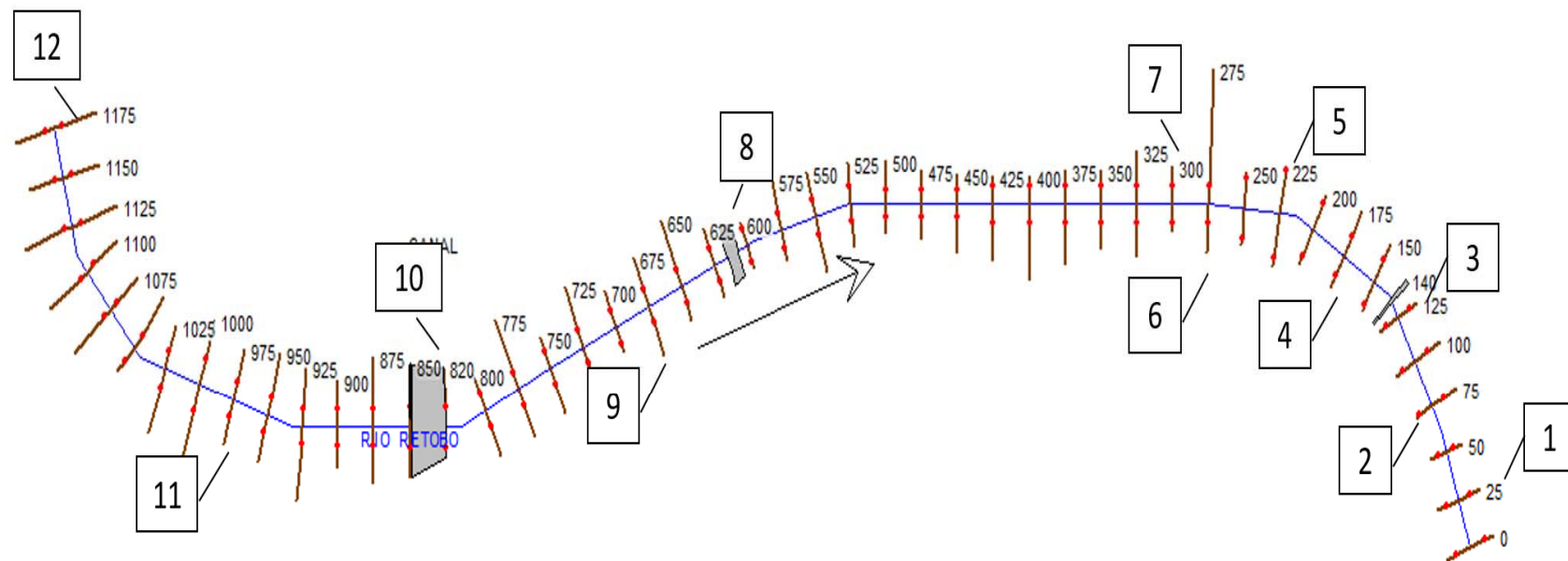


Figura N° 8 Alineamiento del rio El Retobo en confluencia con rio Cabrales

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

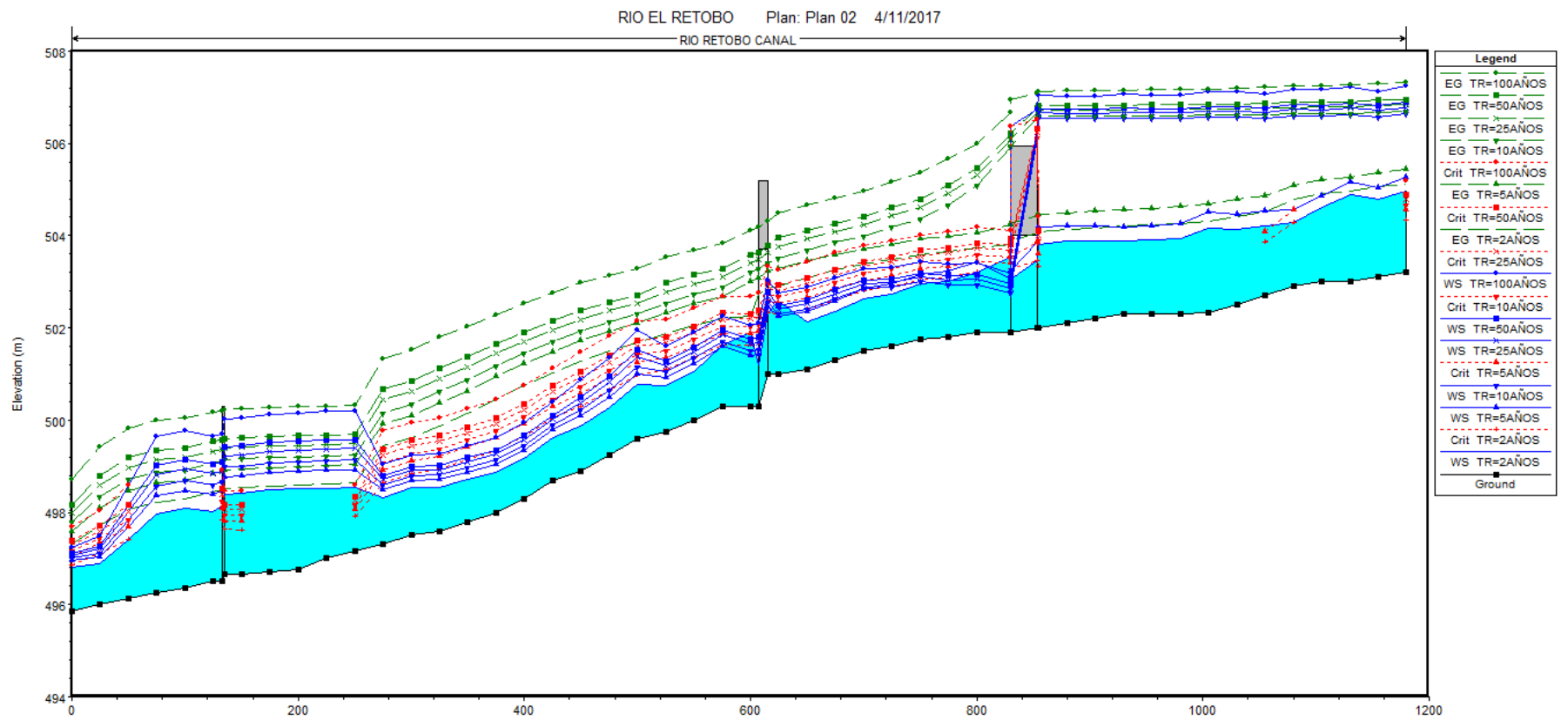


Figura N° 9 Perfil longitudinal del alineamiento

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y forma geométrica de las secciones transversales donde ocurre desbordamiento para los gastos de 100 años de periodo de retorno.

Progresiva 0+075

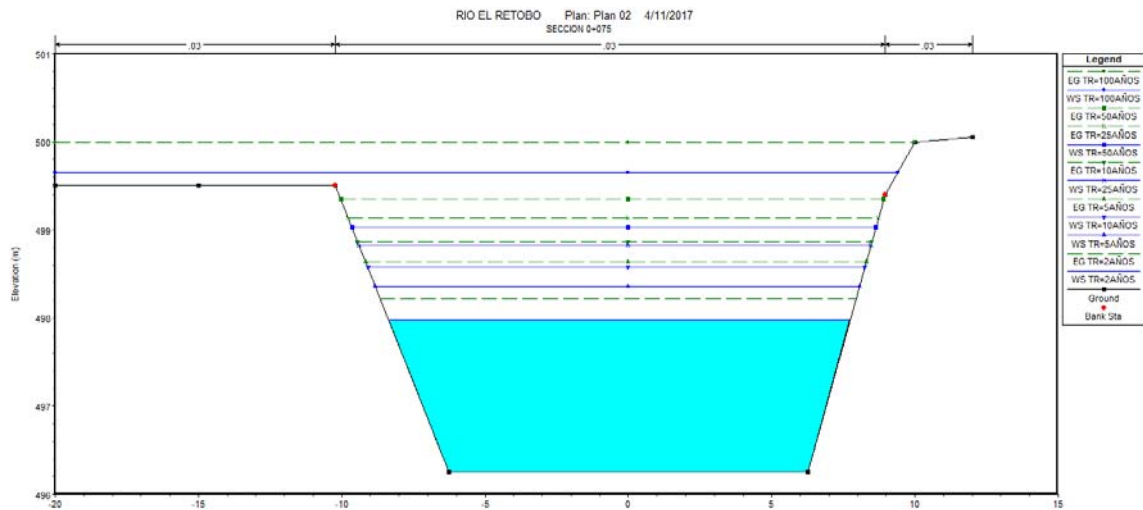


Figura N° 10 Detalle de sección transversal de la zona de inundación progresiva 0+075

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

Progresiva 0+140 (Pasarela comunidad popular “Las Adjuntas”)

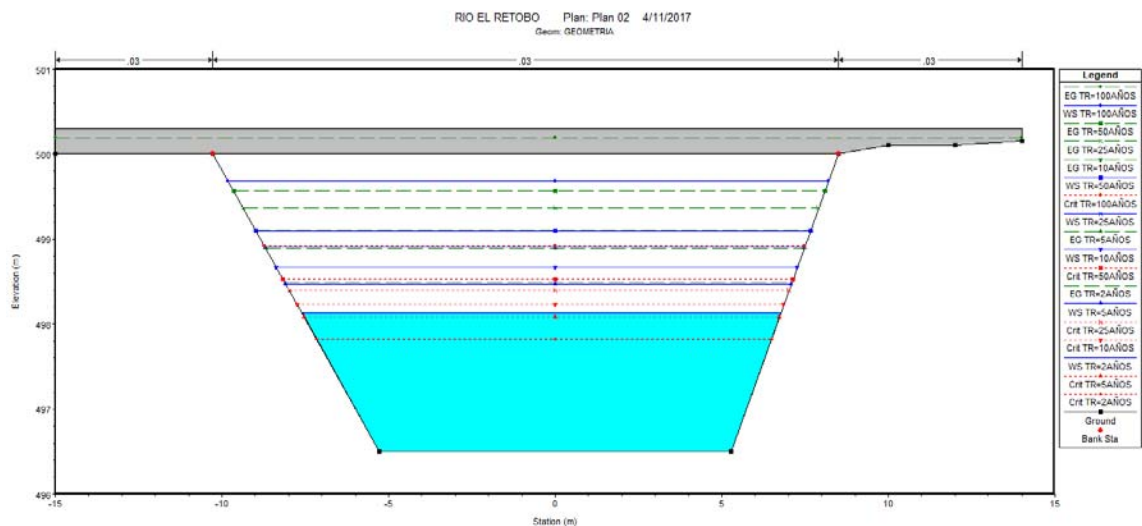


Figura N° 11 Detalle de la sección transversal de la zona de inundación, progresiva 0+140

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

Progresiva 0+175

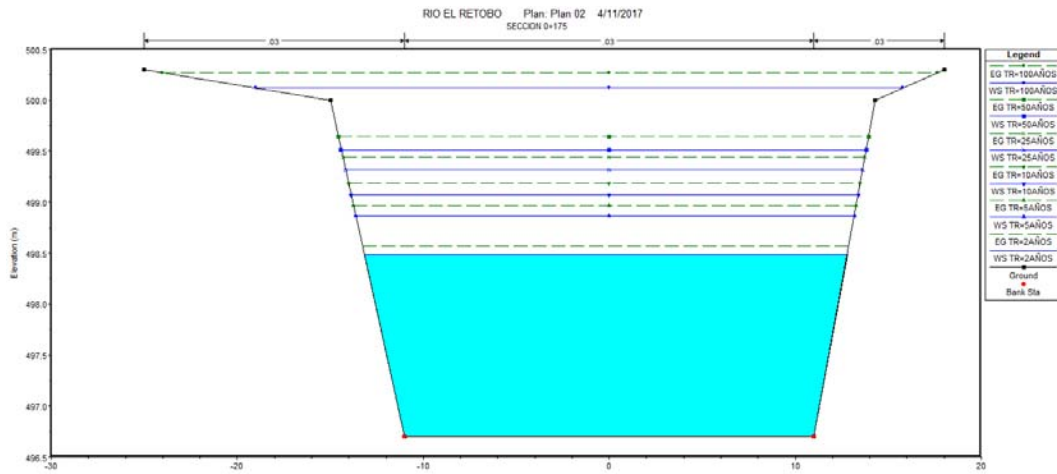


Figura N° 12 Detalle de la sección transversal de la zona de inundación, progresiva 0+175

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

Progresiva 0+225

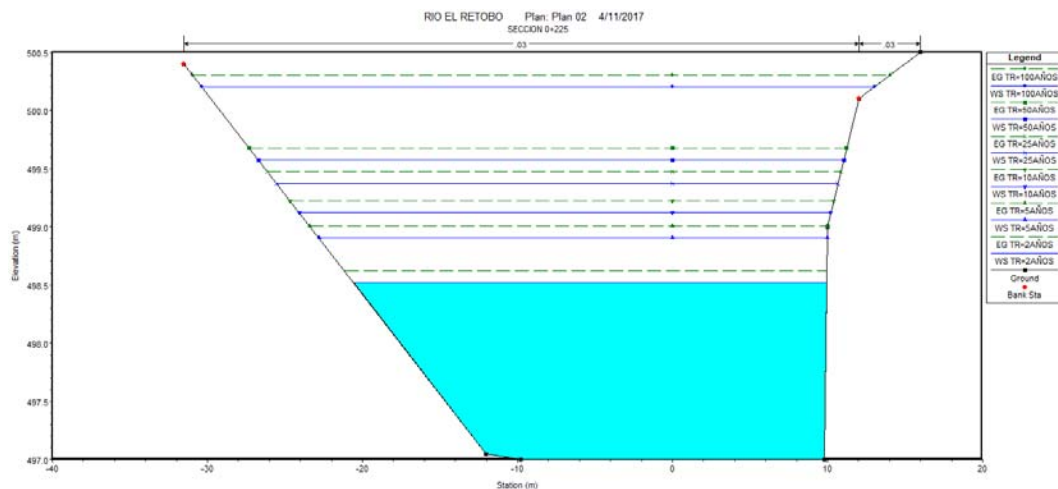


Figura N° 13 Detalle de la sección transversal de la zona de inundación, progresiva 0+225

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

Progresiva 0+610 (Puente Avenida Bolívar).

Desbordamiento en Tr: 50 y 100 años

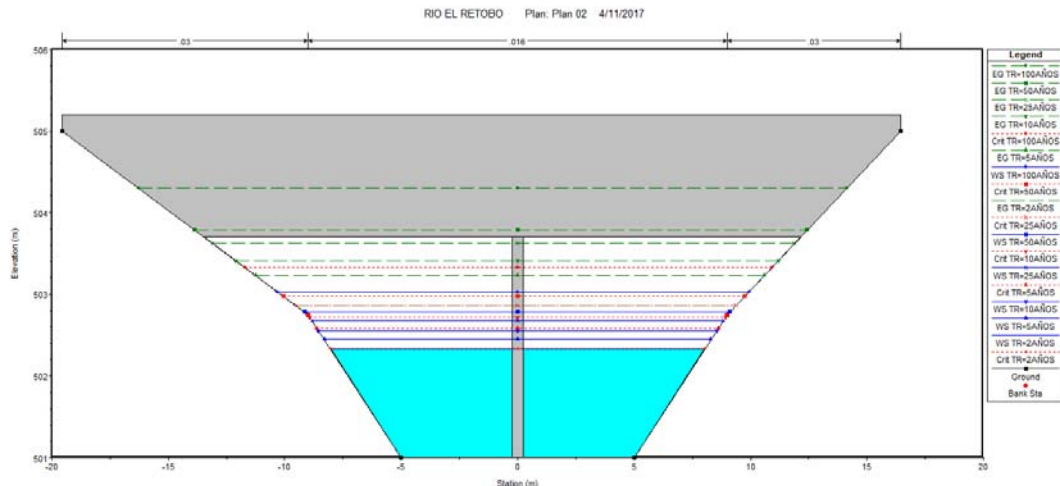


Figura N°14 Detalle de la sección transversal de la zona de inundación de la progresiva 0+610

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

Progresiva 0+835 (Puente Avenida Universidad).

Desbordamiento en Tr: 10, 25, 50 y 100 años

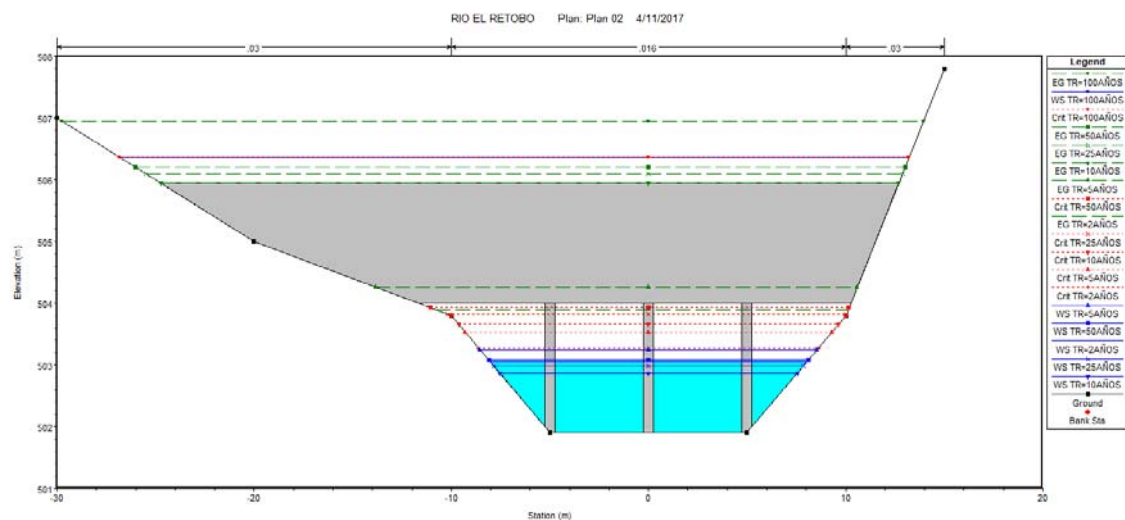


Figura N° 15 Detalle de la sección transversal de la zona de inundación, progresiva 0+835

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

Progresiva 0+975 (Puente Avenida Universidad).

Desbordamiento en Tr: 50 y 100 años

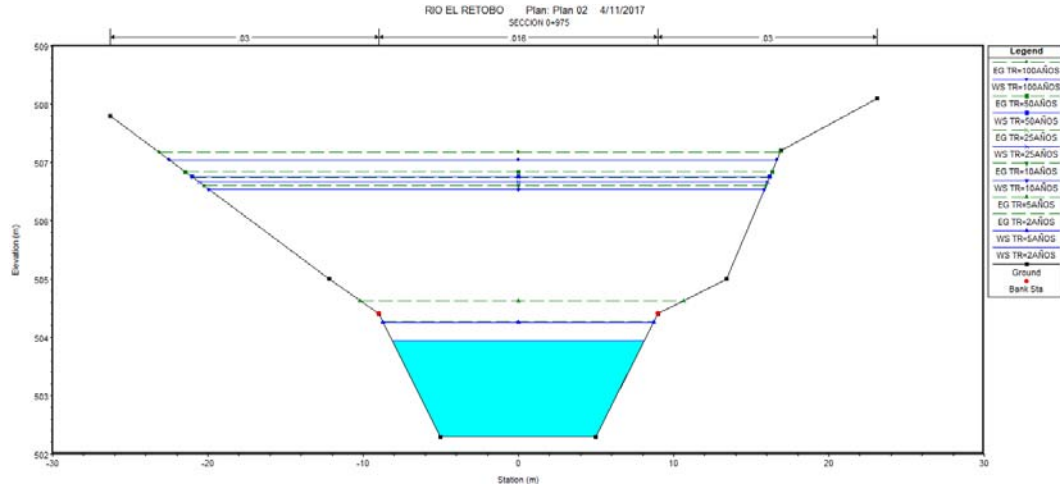


Figura N° 16 Detalle de la sección transversal de la zona de inundación progresiva 0+975

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

4.7.3 Análisis de resultados

Luego de la simulación en el software HEC-RAS 4.0, se pudo observar que el flujo del tramo del río El Retobo en confluencia con el río Cabriales presenta un régimen gradualmente variado, con un comportamiento supercrítico predominante debido a la pendiente del cauce y la canalización de concreto existente, además se observó que en la progresiva 0+350 aproximadamente debido a un cambio brusco de pendiente se forma resalto hidráulico que ocasiona que aguas abajo el nivel de agua incrementa ocasionando que la comunidad popular de “Las Adjuntas” se inunde desde la progresiva 0+075 hasta la 0+225 ocasionando grandes daños. Al mismo tiempo se pudo observar que la pasarela que conduce a la comunidad en la progresiva 0+140 está ocasionando un incremento en el nivel del fluido aguas abajo.

4.7.4 Delimitación de planicies inundables

Para delimitar las planicies inundables son necesarios como datos el ancho y la cota de inundación con respecto a cada sección transversal del río para cada periodo de retorno, en este estudio se evaluaron lluvias con periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Con esta información fue posible delimitar cada planicie inundable y evaluar el impacto a la comunidad.

Para evaluar el impacto a la comunidad, se determinó el área que abarca cada planicie inundable del río El Retobo con respecto al área que ocupa la comunidad del sector popular “Las Adjuntas” (13900m²), con estas dos áreas fue posible el cálculo del porcentaje de influencia o impacto de la crecida.

$$\%Influencia = \frac{\text{Area inundada para cada periodo de retorno (m}^2\text{)}}{\text{Area que ocupa la comunidad (m}^2\text{)}} \text{ Ec. 3}$$

Tabla N° Áreas inundables del sector las adjuntas para cada periodo de retorno

Periodo de retorno (Tr)	Área Inundada (m ²)	Influencia %
2	202.94	1.46
5	214.06	1.54
10	294.68	2.12
25	343.33	2.47
50	385.03	2.77
100	696.39	5.01

Fuente: Herrera y Ramos (2017).



Figura N° 17 Planicie inundable para diferentes periodos de retorno

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

4.2. FASE II: Estudio Técnico:

4.2.1. Proceso global de transformación

4.2.1.1. Insumo de investigación

El insumo principal está dado por los habitantes de la comunidad del sector popular “Las Adjuntas” del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, quienes habitan en las zonas adyacentes al cauce del río.

4.2.1.2. Proceso de transformación

Partiendo del insumo principal, se diseñó la ingeniería básica para la canalización del tramo del río El Retobo desde su confluencia con el río Cabriales hasta la canalización de concreto, mediante una simulación con el programa HEC-RAS, el cual es usado para calcular los niveles de inundación del río, pudiendo así generar la propuesta para mitigar el riesgo de inundación.

4.2.1.3. Beneficiarios de la Investigación

El principal beneficiario está representado por los habitantes del sector popular de la comunidad “Las Adjuntas” que son afectados por el desbordamiento del río El Retobo.

4.2.2. Localización del proyecto

4.2.2.1. Macro localización del proyecto

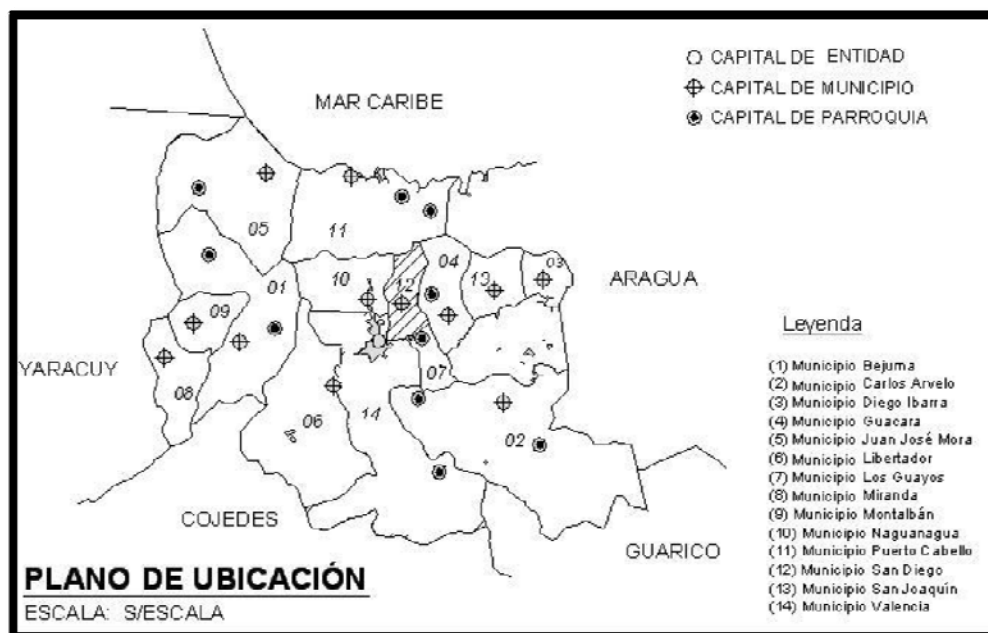


Figura N° 18 Macro localización del proyecto

Fuente: Aguilera y Sanchez, (2014).

4.2.2.2. Micro localización del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado al norte del Municipio Naguanagua, en el sector popular de “Las Adjuntas”, tal como se observa en la siguiente figura.



Figura N° 19 Micro localización del proyecto

Fuente: Herrera y Ramos (2017)

4.3 FASE III: Diseño de la propuesta

4.3.1 Etapas del proyecto

Diseño de la ingeniería básica para la alternativa de solución de canalización.

Se proyectó una canalización de fondo móvil con márgenes revestida en muro de gaviones, ya que este tipo de estructuras comprende ventajas que se adaptan a las necesidades del proyecto.

La canalización se prolongará desde la confluencia con el río Cabriales, hasta la progresiva final de la canalización de concreto existente (300 metros aguas arriba desde la confluencia con el río Cabriales), procurando el encauzamiento del río y protegiendo así los márgenes. La canalización no aumentará la capacidad hidráulica del cauce, esta se adaptará a las condiciones geomorfológicas actuales.

4.3.2 Diseño del alineamiento de canalización del río El Retobo en confluencia con el río Cabriales.

Para el diseño se definió un alineamiento en línea recta, denominando como progresiva 0+000.00 al punto de confluencia con el río Cabriales hasta la progresiva final de la canalización de concreto existente, siendo esta la progresiva 0+275.00, en la siguiente tabla se presentan los puntos de interés de alineamiento con sus progresivas, descripción y geomorfología de la sección transversal.

Tabla 5 ALINEAMIENTO DEL RIO El Retobo

Progresiva	Descripción
0+000	Confluencia con el río Cabriales
0+025	Comunidad Popular las Adjuntas Sur
0+075	
0+125	Pasarela de la Comunidad – Callejón las Acacias
0+175	Comunidad Popular las Adjuntas Norte
0+225	
0+275	Progresiva de final de la canalización de gaviones. Inicio de la canalización de concreto existente

4.3.3.1 Criterios conceptuales

- El alineamiento debe conservar en la medida de lo posible el cauce natural por razones económicas.
- El ancho base de la canalización de gaviones será el mismo ancho de la canalización de concreto.
- En la zona donde se presente un cambio de dirección, se definirá una curva circular simple.

4.3.4 Definición y diseño de la sección transversal de la propuesta de canalización

El diseño de las secciones transversales en la extensión del alineamiento se realizó en función de los caudales de diseño para la protección de los márgenes del río contiguos a la comunidad. La propuesta consiste en una canalización de fondo móvil, con márgenes revestidos en muro de gaviones, la pendiente longitudinal será la natural entre 0.5% y 1%

Para el diseño de la propuesta, en base a la geomorfología de las secciones se supusieron dimensiones de los muros que permitieran revisar si estas cumplían estructuralmente con la estabilidad al volcamiento y al deslizamiento. El cálculo hidráulico del muro se encuentra en el **ANEXO H**, las dimensiones son constantes a lo largo del alineamiento.

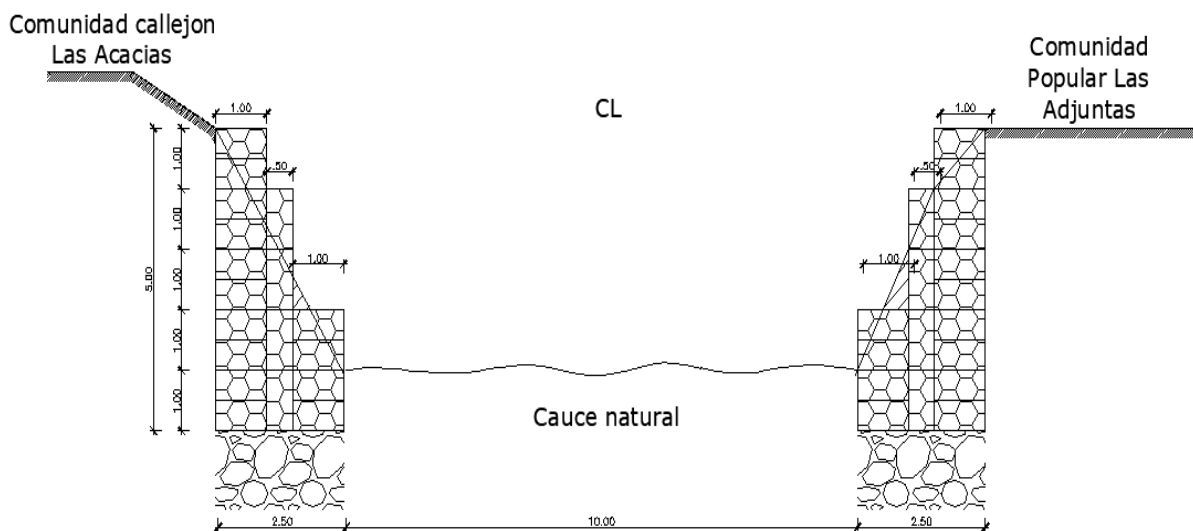


Figura N° 20 Detalle de canalización con muro de gaviones diseñado

Fuente: Herrera y Ramos (2018).

Tabla N° RESUMEN DE ANALISIS DE COSTOS

Incluyendo mano de obra

	Costo asociado a la propuesta(USD)
Muro de gaviones	1.992.478,68

Sin incluir mano de Obra

	Costo asociado a la propuesta(USD)
Muro de gaviones	1.889.303,30

El análisis de precios unitarios se realizó en bolívares con los precios de materiales y maquinarias actualizados al mes de enero, pero se transformó el costo total haciendo uso de una tasa DICOM actualizada al 08/02/18 de 24.966Bs/USD.

Se presenta el presupuesto sin incluir la mano de obra, considerando que de llegar a ser aprobado el proyecto los integrantes de la comunidad pudiesen participar en su construcción con una preparación previa.

CONCLUSIONES

Una vez analizados y discutidos los resultados obtenidos en esta investigación, se presentan a continuación las conclusiones, tomando en consideración los objetivos propuestos.

Del estudio diagnóstico, se evidencia la situación de desgaste de los márgenes del río El Retobo en las zonas colindantes con la comunidad popular Las Adjuntas, siendo los más erosionados los ubicados aguas debajo de la pasarela de acceso a la comunidad y los próximos a la progresiva inicial de la canalización de concreto armado existente, al mismo tiempo se pudo observar el grave deterioro de la canalización de sección trapecial de concreto armado la cual esta socavada y fracturada.

De las planicies inundables, en el alineamiento generado se comprobaron, con ayuda la simulación en HEC-RAS, los niveles de inundación y se trazaron las planicies inundables, quedando en evidencia que en los tramos del río próximos a la comunidad ocurren desbordamiento para tormentas con periodo de retorno de 100 años, observándose también un aumento de niveles causa que la pasarela supere su capacidad hidráulica. Cuantificando el volumen de agua que invade las zonas de la comunidad se obtuvo que hay una invasión de 5.01% de los espacios que equivale a 696.39m².

Del estudio técnico la propuesta de canalización del tramo del río El Retobo en confluencia con el río Cabriales resulta factible, debido a que se demostró la necesidad de la medida estructural para mitigar el riesgo de inundación y de esa manera, en lo posible, preservar las vidas y las viviendas de quienes forman parte de la comunidad popular Las Adjuntas.

Del diseño de la medida estructural, se seleccionó como propuesta de protección de márgenes y canalización del río, la utilización de muros de gaviones, debido a su buena y ecológica integración con el ambiente y al mismo tiempo por ser una propuesta más económica, ya que para su construcción no es necesario personal calificado, se pueden utilizar materiales del sitio, entre otros, lo que reduce los costos de ejecución y materiales. Se pudo determinar que con este proyecto de canalización para un periodo de retorno de 100 años quedarían contenidas las planicies inundables en su totalidad.

RECOMENDACIONES

- Dar a conocer los resultados del presente estudio ante las autoridades competentes del Municipio Naguanagua y del Estado Carabobo, ante el riesgo que existe a los desbordamientos del río El Retobo.
- Hacer cálculos que permitan modificar la pasarela que hidráulicamente tenga capacidad para la comunidad de Las Adjuntas.
- Se recomienda continuar este trabajo de investigación, con la propuesta de la ingeniería de detalle para el empalme entre a canalización de concreto y la propuesta de gaviones.