

**EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA LA PREVENCION DE FUTURAS
INUNDACIONES EN EL SECTOR DE SAN RAFAEL EN EL RIO LEBRIJA
CON BASE EN LA TESIS DE GRADO “DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE
PROTECCIÓN DE ORILLAS DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO LEBRIJA
SECTOR SAN RAFAEL LOS CHORROS MUNICIPIO DE RIONEGRO
SANTANDER”**

OSCAR JAHIR GUALDRÓN OSMA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

**EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA LA PREVENCION DE FUTURAS
INUNDACIONES EN EL SECTOR DE SAN RAFAEL EN EL RIO LEBRIJA
CON BASE EN LA TESIS DE GRADO “DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE
PROTECCIÓN DE ORILLAS DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO LEBRIJA
SECTOR SAN RAFAEL LOS CHORROS MUNICIPIO DE RIONEGRO
SANTANDER”**

OSCAR JAHIR GUALDRÓN OSMA

Trabajo De Grado en Modalidad Práctica Empresarial

Para Optar El Título de:

INGENIERA CIVIL

**DIRECTOR
WILFREDO DEL TORO
ING. CIVIL**

**Codirector:
CESAR AUGUSTO RUEDA
ING. CIVIL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2011**

*Dedicado a Mis Padres Jose Luis y Martha
Sin su paciencia y cariño incondicional esta etapa de mi vida no estaría completa*

*A mis hermanos Jose y Laura
Por su ayuda en todos momentos*

*A mis amigos, compañeros y colegas
Que estuvieron para apoyarme y alegrarme cuando fue necesario*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos

Al Ingeniero Wilfredo del Toro, director de proyecto, por su disposición, apoyo y colaboración durante la ejecución de éste trabajo de grado.

Al Grupo de Aguas y Saneamiento Ambiental de la Gobernación de Santander, al ingeniero Cesar Rueda, la ingeniero Luz Yaneth Niño, al ingeniero Oscar Martinez, la ingeniera Amparo Rodríguez, a Luz Marina Y Felipe por brindarme su amistad, apoyo y conocimientos durante el desarrollo de la práctica.

A la Escuela de Ingeniería Civil y su cuerpo docente, especialmente al profesor Ricardo Cruz.

Y a mis Familiares y amigos por su apoyo, compañía y amistad durante ésta etapa de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	19
OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1 PRACTICA EMPRESARIAL	20
1.1 ENTIDAD DONDE SE DESARROLLA	20
1.2 FUNCIONES A CARGO	20
1.3 COLABORACIÓN EN LOS PROCESOS DE REVISION DE PROYECTOS:	21
1.4 COLABORACION EN LA EVALUACION Y ELECCION EN EL PROCESO DE LICITACION DE INTERVENTORIAS	22
1.5 OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS	23
1.5.1 BUSQUEDA DE FUGAS EN EL MUNICIPIO DE CONTRATACIÓN	23
1.5.2 VISITAS A LA ZONA DE ESTUDIO	26
2 EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA LA PREVENCION DE FUTURAS INUNDACIONES EN EL SECTOR DE SAN RAFAEL EN EL RIO LEBRIJA	27
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	27
2.2 METODOLOGIA	27
2.3 MARCO TEORICO	28
2.3.1 CUENCA HIDROGRAFICAS	28
2.3.2 CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO LEBRIJA	29
2.3.3 SECTOR DE ESTUDIO (SAN RAFAEL – LOS CHORROS)	36
2.4 POSIBLES ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN PARA LA MARGEN DERECHA DEL RÍO LEBRIJA.	60

2.4.1	LOCALIZACIÓN EN PLANTA	64
2.4.2	ÁNGULO Y ORIENTACIÓN RESPECTO A LA ORILLA.	65
2.4.3	LONGITUD DE ESPIGONES	67
2.4.4	ESPACIAMIENTO ENTRE ESPIGONES	68
2.4.5	ELEVACIÓN DE LA CRESTA DE LOS ESPIGONES	69
2.4.6	NÚMERO DE ESPIGONES	70
2.4.7	SOCAVACIÓN	70
2.4.8	PERMEABILIDAD DEL ESPIGÓN. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	70
2.4.9	PARAMETROS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE ESPOLONES	89
2.5	DISEÑO FINAL DE ESPIGONES EN PLANTA	98
2.6	SELECCIÓN TIPO DE ESPIGÓN	99
2.7	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE ESPIGONES	99
3	CONCLUSIONES	103
4	RECOMENDACIONES	105
5	BIBLIOGRAFÍA	107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN GENERAL CUENCA RÍO LEBRIJA	31
FIGURA 2. MAPA POLÍTICO DE RIONEGRO.	37
FIGURA 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.	38
FIGURA 4. PARQUE PRINCIPAL CORREGIMIENTO SAN RAFAEL	41
FIGURA 5. INUNDACIÓN RÍO LEBRIJA, CORREGIMIENTO SAN RAFAEL	42
FIGURA 6. VÍA DE ACCESO CORREGIMIENTO SAN RAFAEL	42
FIGURA 7. FINCA LAS GARZAS DÍA 27 DE DICIEMBRE	43
FIGURA 8. SITUACIÓN ACTUAL, PROTECCIÓN DE LA MARGEN DE DERECHA AGUAS ABAJO, FINCA PUERTO ARTURO.	45
FIGURA 9. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS ETAPAS DE UN RÍO EN ÁREAS DE MONTAÑA TROPICAL	48
FIGURA 10. POSICIÓN DE ELEMENTOS DE CAUCES	49
FIGURA 11. CAUCE MEANDRIFORME: MORFOLOGÍA	50
FIGURA 13. MODOS DE EROSIÓN EN MEANDROS	51
FIGURA 14. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE UN MEANDRO	51
FIGURA 14. MIGRACIÓN DE UN MEÁNDRO	52
FIGURA 15. CORTE NATURAL DE UN MEANDRO	52
FIGURA 16. EVOLUCIÓN DE UN SISTEMA DE MEANDROS.	53
FIGURA 17. ZONA INUNDACIÓN CUENCA RÍO LEBRIJA	58
FIGURA 18. AMPLIACIÓN ZONA EN ESTUDIO	59
FIGURA 19. FORMAS EN PLANTA DE ESPIGONES	62
FIGURA 20. TRAZO DEL EJE DEL RÍO Y LÍNEAS EXTREMAS DE DEFENSA PARA PROTEGER LAS MÁRGENES ACTUALES	64
FIGURA 21. ORIENTACIÓN DE LOS ESPIGONES RESPECTO AL FLUJO	66
FIGURA 22. MÉTODO GRAFICO PARA DETERMINAR EL ESPACIAMIENTO ENTRE LOS ESPIGONES EN ORILLAS CURVAS.	68
FIGURA 24. ESPIGONES DE LLANTAS Y TUBERÍA DE PERFORACIÓN	72

FIGURA 24. INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PERFORACIÓN EN EL RÍO SAMARCANDA	73
FIGURA 25. COLOCACIÓN DE LLANTAS EN EL ESPIGÓN SAMARCANDA	74
FIGURA 26. INSTALACIÓN DE TUBO HORIZONTAL ESPIGÓN SAMARCANDA	75
FIGURA 27. COLOCACIÓN BOLSAMORTERO EVITANDO SOCAVACIÓN SAMARCANDA INICIAL	76
FIGURA 28. COLOCACIÓN BOLSAMORTERO EVITANDO SOCAVACIÓN SAMARCANDA FINAL	76
FIGURA 29. PUERTO ARTURO FEBRERO 2. DOS ESPIGONES CONSTRUIDOS	77
FIGURA 30. PUERTO ARTURO FEBRERO 25. DOS ESPIGONES CONSTRUIDOS	77
FIGURA 31. PUERTO ARTURO, MARZO 28	78
FIGURA 32. DISEÑO EN PLANTA, ESPIGÓN DE LLANTAS Y TUBERÍA	79
FIGURA 33. SOCAVACIÓN EN LA ORILA DE UN ESPIGÓN DE LLANTAS Y TUBERIA	80
FIGURA 34. SOCAVACIÓN EN EL LECHO DEL RÍO EN UN ESPIGÓN DE LLANTAS Y TUBERÍA	81
FIGURA 35. ESPIGONES EN BOLSAMORTERO Y/O BOLSACRETO	83
FIGURA 36. INSTALACIÓN BOLSAMORTEROS O BOLSACRETOS	84
FIGURA 37. RECUBRIMIENTO DEL TALUD, PARA DESARROLLAR ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN CON BOLSACRETO O BOLSAMORTERO.	85
FIGURA 38. ESPIGONES EN ENROCADOS YA SE ARTIFICIALES, O NATURALES.	86
FIGURA 39. DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS EN EL ESPIGÓN DE BOLSAMORTERO O BOLSACRETO	87
FIGURA 40. DISEÑO FINAL DE ESPIGONES CURVA GAVIOTAS	98
FIGURA 41. GEOTEXTIL SOBRE MURALLA O JARILLÓN	106

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DIVISION DE PERTENENCIA A LA CUENCA EN EXTENSIÓN POR MUNICIPIOS	32
TABLA 2. VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE TRANSPORTE (KTON/DÍA)	55
TABLA 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, BOLSACRETOS O BOLSAMORTEROS	88
TABLA 4. VALORES DE CAUDALES MÁXIMOS MENSUALES (M ³ /SEG) 1966 - 1997	90
TABLA 5. VALORES DE CAUDALES MÁXIMOS MENSUALES (M ³ /SEG) 1997 - 2009	92
TABLA 6. TRABAJO ESTADÍSTICO CON CAUDALES MÁXIMOS EN LA ESTACIÓN SAN RAFAEL	93
TABLA 7. CAUDALES MÁXIMOS, PARA CADA PERIODO DE RETORNO, MÉTODO GUMBEL	94
TABLA 8. OBTENCIÓN DEL N DE MANNING	95
TABLA 9. VALORES HEC - RAS CURVA GAVIOTAS	97
TABLA 10. RESUMEN DE ESTABILIDAD DE ESPIGONES	100
TABLA 11. DISEÑO ESTABILIDAD DEL ESPIGÓN.	100

GLOSARIO

Se ha adoptado la siguiente nomenclatura utilizada por las Naciones Unidas y otras entidades para definir los términos utilizados en esta monografía.

1. Protección de orillas

La protección de orillas son obras de ingeniería dirigidas a proteger los taludes de las orillas y los diques construidos sobre las márgenes de la sección de la corriente.

2. Revestimientos de orillas

Son un tipo de protección de orillas que cubre en forma continua con materiales resistentes a la erosión, los taludes de las orillas y/o de los diques incluyendo la parte que queda expuesta por efectos de la socavación.

3. Muro de protección

Es un tipo de protección de orilla en base a muros verticales de contención de tierras, que se utiliza para evitar el deslizamiento de taludes o cuando el espacio es limitado.

4. Dique o jarillón

Es un terraplén construido sobre una margen a lo largo del río, con el fin de proteger las tierras aledañas de inundaciones.

5. Encauzamiento de un río

Consiste de un grupo de obras de ingeniería con diques o sin ellos, incluyendo plantaciones artificiales, construido dentro del cauce con el fin de dirigir o conducir el flujo por un curso predeterminado

6. Espolón o Espigón

Es una estructura de encauzamiento construida desde una orilla en dirección transversal a la corriente; es una pantalla interpuesta a la corriente y empotrada en uno de sus extremos a la orilla. Sirven para alejar las líneas de corriente de la orilla con lo cual las partículas de la misma no pueden ser erosionadas.

7. Dique de encauzamiento

Es una estructura paralela al flujo, construida a lo largo de una orilla o conectada a la misma con diques transversales.

8. Obra permeable

Es una estructura de encauzamiento discontinua a base de pilotes, conjunto de pilotes u otros elementos separados entre sí, que producen sedimentación por reducción de la velocidad.

9. Obra sólida (o impermeable)

Es una estructura de encauzamiento continua a base de enrocado, bolsas llenas de concreto u otros materiales que le dan una apariencia maciza aunque permite el paso del agua; por lo tanto no es impermeable. Debido a su solidez desvía el flujo en la dirección deseada.

10. Diques perimetrales de cierre

Son una extensión del dique marginal y que permiten aislar completamente a la población del efecto de las inundaciones, ya que conforman un anillo cerrado junto con los muros longitudinales de concreto

11. Bolsacretos

Son sacos de fibra de polipropileno o geotextil rellenos con mortero, concreto o suelo - cemento; el tamaño de los mismos depende de los requerimientos de cada

proyecto en particular. Con estos elementos por superposición se construyen espigones, muros, presas y recubrimientos superficiales.

12. Hexápodos

Son cubos de concreto que pueden tener diferentes formas pero siempre manteniendo sus seis caras o lados. Superpuestos entre sí forman los denominados espigones o espolones.

13. Thalweg

El thalweg es la línea central de la corriente en la cual el cauce es más profundo y el flujo posee una mayor velocidad. Todas las corrientes naturales poseen un thalweg. El thalweg generalmente tiene una tendencia a divagar de un lado al otro del cauce y trata de tomar la línea exterior del cauce en las curvas.

14. Sinuosidad

La sinuosidad es la relación entre la longitud total del thalweg en el tramo de corriente y la longitud en línea recta. Un cauce se considera semirrecto cuando la sinuosidad es menor de 1.1 y se considera meándrico cuando la sinuosidad es mayor de 1.5. Cuando la sinuosidad se encuentra entre 1.1 y 1.5 se dice que el río es sinuoso, aunque algunos autores (Brice, 1983) consideran que un río es meándrico cuando la sinuosidad es mayor de 1.25.

15. Barras

Las barras son depósitos de sedimentos junto a la orilla o dentro del cauce del río. El ancho de la barra tiende a aumentar a medida que aumenta la rata de erosión en la orilla opuesta, tratando de formarse una curva, la cual al aumentar de tamaño puede convertirse en un meandro.

RESUMEN

TITULO: Evaluación de alternativas para la prevención de futuras inundaciones en el sector de San Rafael en el río Lebrija con base en la tesis de grado “Diseño de alternativas de protección de orillas de la margen derecha del río Lebrija sector San Rafael Los Chorros municipio de Rionegro Santander”¹

AUTOR: GUALDRÓN Osma Oscar Jahir.²

PALABRAS CLAVE: Espigón, Muralla, Recubrimiento, Enrocado artificial, Proceso Grafico

DESCRIPCION:

Este proyecto evalúa las posibles alternativas para la prevención de futuras inundaciones en el corregimiento de San Rafael de Lebrija, el cual se vió afectado por el desbordamiento del río Lebrija en diciembre de 2010. Para esto se realizaron estudios geológicos, morfológicos, hidráulicos y estadísticos para obtener la información necesaria para el diseño de las estructuras a construir. Encontrando necesaria la construcción de espigones para la protección de la orilla, los cuales según estudios de esfuerzos hidráulicos, y de un análisis de problemas erosivos, se recomienda que sean de tipo de enrocado artificial, recubiertos con geotextil en su base, con un base de espesor de 30 centímetros, y de altura variable según la sección del río en donde sean construidos. Estos se localizan y se diseñan en planta mediante un proceso grafico, por tanto se necesita de una topografía bastante precisa y de tener clara la nueva que se quiere proyectar. Adicionalmente se aconseja la construcción de una muralla de 3 metros de alto de material muy bien compactado, recubierta con geotextil para evitar la filtración del agua a través de ella y debe ubicarse a más de 100 metros de la orilla para satisfacer todas las situaciones que se puedan presentar con el tiempo.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Codirector: Cesar Rueda

ABSTRACT

TITULO: Alternative evaluation to prevent future floods in San Rafael in the Lebrija's river based on the thesis "Design protection alternatives the edge of the Lebrija's right riverbank San Rafael to Los Chorros Sector Rionegro Santander".³

AUTOR: GUALDRÓN Osma Oscar Jahir.⁴

PALABRAS CLAVE: Jetty, Wall, coating, artificial castling, graphics processors

DESCRIPTION:

This project evaluates possible alternatives to prevent future flooding in the village of San Rafael de Lebrija, which was affected by the flooding of the river Lebrija in December 2010. To this were geological, morphological, hydraulic and statistical information necessary for the design of structures to build. Finding it necessary to construct groynes to protect the bank, which according to studies of water efforts, and an analysis of erosion problems, it is recommended to be artificial rock-fill type, covered with geotextile at the base, with a base thickness of 30 centimeters, and height varies with the section of river where they are built. These are located and designed in a process plant graph; therefore it requires a rather precise topography and be clear about the new you want to project. Additionally it is advisable to build a wall 3 meters high material well compacted, covered with geotextile to prevent water seepage through it and must be located more than 100 meters from the shore to meet all situations may arise over time.

³ Trabajo de Grado

⁴ Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Codirector: Cesar Rueda

INTRODUCCIÓN

La Administración Departamental tiene como misión la atención y prevención de desastres, así como el cuidado de los recursos hídricos como medio de transporte y de sustento familiar en algunos sectores municipales.

Los ríos como elementos vitales para la vida, sustento y desarrollo, son determinantes en el proceso de crecimiento demográfico y económico, siendo rutas de transporte, y fuentes ilimitadas de alimentos para la región que los rodea. Estos a su vez tienen características geométricas y geomorfológicas que con el tiempo han ido cambiando, ya sea por su misma dinámica, o por la intromisión inexperta de la mano del hombre.

Estos cambios geomorfológicos, sumados, a los problemas erosivos en aumento progresivo en la cuenca debido a la deforestación de extensas áreas de zona tropical y bosques, a los cambios climáticos que se viven alrededor del mundo en donde los periodos de lluvias son mucho más fuertes y los veranos más intensos, y a la construcción de algunas estructuras hidráulicas, como presas, que han aumentado la cantidad de sedimentos presentes en los ríos rompiendo el equilibrio en el transporte de los mismos en su afán de satisfacer algunas necesidades básicas de la población urbana; han ido provocando daños irreversibles en la dinámica de los ríos que nos traen como consecuencias tan graves como la inundación de zonas urbanas cercanas a estos cauces.

La Secretaría de Transporte e Infraestructura, con su grupo de Aguas y Saneamiento Básico, viendo la problemática presentada en los últimos días del año inmediatamente anterior, decidió impulsar un proyecto de emergencia para la protección de la margen de río Lebrija con el fin de prever cualquier tipo de desastre en tiempos cercanos de un nuevo invierno.

Debido a esta iniciativa del Grupo de Aguas y Saneamiento Básico, surge la idea de la protección de la margen del río mediante estructuras de enrocados ya sea naturales o artificiales, o la posible aparición de alguna nueva estructura que pueda ser planteada por parte de la comunidad; lo anterior sumándose a la reconstrucción de la muralla artesanal rota en el momento que se presentó la inundación de la zona, y el refuerzo de la muralla existente con el fin de prevenir cualquier tipo de evento posible.

Este aporte se divide en dos grandes partes, siendo la primera un breve recuento de las actividades realizadas como auxiliar del Grupo de Aguas y Saneamiento Básico de la Gobernación de Santander; la segunda parte es todo el estudio teórico y experimental, de las obras de control y protección que se construyeron en la zona de estudio, y una serie de recomendaciones de otras series de estructuras en lugares que se consideran igualmente críticos con el fin de lograr prevenir un desastre en un futuro.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Mostrar la alternativa más viable para la prevención de futuras inundaciones en el sector utilizando estructuras de protección en los márgenes del río, basándose en la situación actual de la zona, el cual servirá de apoyo a la Gobernación de Santander en el plan de prevención de desastres del departamento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y analizar la información nueva presentada en la nueva inundación del sector de San Rafael municipio de Rionegro.
- Evaluar las posibles estructuras de protección en los márgenes del río, que se puedan ejecutar para proteger la erosión en los taludes y así evitar desastres de grandes magnitudes.
- Describir las posibles causas y situaciones en las cuales se puede presentar un desastre de gran magnitud que afecte a la población del sector
- Mostrar la problemática que se presenta en el sector de San Rafael.
- Analizar el comportamiento del río mediante software especializado.

1 PRACTICA EMPRESARIAL

Mediante el convenio existente entre la Universidad Industrial de Santander y la Gobernación de Santander, que busca la integración y la unión de esfuerzos que permitan una mayor calidad y eficiencia en el cumplimiento de los objetivos de obtener profesionales con más competencias a la hora de enfrentar el mercado laboral, se le permite a estudiantes de último semestre de Ingeniería civil realizar su práctica empresarial.

Lo que se busca en este proceso de cooperación es que la entidades involucradas se vean beneficiadas, por el concepto técnico del estudiante a un precio mucho menor que un profesional y el estudiante gane experiencia laboral, que le permita enfrentar con más capacidades cualquier tipo de reto que se le pueda presentar en un futuro.

1.1 ENTIDAD DONDE SE DESARROLLA

La practica empresarial se desarrolló en el Grupo de Aguas y Saneamiento Básico, de la Secretaría de Transporte e Infraestructura de la Gobernación de Santander. El cual tiene como competencias el control y supervisión de proyectos correspondientes, a sistemas de agua potable, disposición de excretas, y del mejoramiento de calidad de los servicios existentes, asimismo contribuir al uso adecuado de servicios de agua y saneamiento sostenibles.

1.2 FUNCIONES A CARGO

Las principales actividades que se realizaron fueron:

- Revisar los proyectos presentados al Grupo por los municipios, brindando una ayuda técnica cuando fue necesaria.

- Colaboración en el proceso de licitaciones de interventorias, haciendo calificaciones de los proponentes.
- Realización de actas de inicio, suspensión, reinicio y finalización según fue necesario.
- Desarrollo de inventario de proyectos aun pendientes por correcciones desde el año 2008.

1.3 COLABORACIÓN EN LOS PROCESOS DE REVISION DE PROYECTOS:

Se realizaron las siguientes acciones:

- Revisión de certificaciones
- Estudio del presupuesto presentado.
- Chequeo de las especificaciones técnicas
- Control de metodología general ajustada (MGA)

Para los siguientes proyectos:

- CONSTRUCCION ACUEDUCTO VEREDA CENTRO MUNICIPIO EL PALMAR DEPARTAMENTO DE SANTANDER
- OPTIMIZACION DEL ALCANTARILLADO COMBINADO BARRIO SAN FRANCISCO SECTOR CRA 23, 24, 24 Y 26 ENTRE CALLES 15 Y 16; CALLE 15 ENTRE CRA 27 Y AV BULEVAR SANTANDER ENTRE 22 Y 23
- CONSTRUCCION ACUEDUCTO VEREDA CENTRO MUNICIPIO EL PALMAR DEPARTAMENTO DE SANTANDER

- ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO PARA CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ENCISO- DEPARTAMENTO DE SANTANDER
- ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DEL ACUEDUCTO DE LA MESA DE JÉRIDAS MUNICIPIOS DE PIEDECUESTA Y LOS SANTOS DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

1.4 COLABORACION EN LA EVALUACION Y ELECCION EN EL PROCESO DE LICITACION DE INTERVENTORIAS

Se realizaron las siguientes acciones:

- Revisión de documentos necesarios para la presentación de la propuesta.
- Análisis del factor multiplicador.
- Revisión de la experiencia requerida
- Evaluación de las propuestas mediante su método exigido

Para las siguientes interventorias:

- INTERVENTORIA CONSTRUCCION ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA VEREDA EL COMUN DEL MUNICIPIO DE CURITI DEPARTAMENTO DE SANTANDER
- INTERVENTORÍA MEJORAMIENTO DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA BOCORE DEL MUNICIPIO DE CABRERA DEPARTAMENTO DE SANTANDER
- INTERVENTORÍA IMPERMEABILIZACION DEL VASO DEL EMBALSE LA LEONA PARA EL ACUEDUCTO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUAITA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER

1.5 OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS

1.5.1 BUSQUEDA DE FUGAS EN EL MUNICIPIO DE CONTRATACIÓN

Esta actividad fue desarrollada en el municipio de Contratación, que solicitó un estudio de fugas mediante un geófono, a la Secretaría de Transporte e Infraestructura. Esto se realizó en la semana comprendida entre los días 22 al 26 de noviembre; de la cual hice entrega el siguiente informe:

INFORME COMISION AL MUNICIPIO DE CONTRATACION SANTANDER EN EL PROGRAMA DE DETECCIÓN DE PÉRDIDAS Y REDUCCIÓN DE AGUA NO CONTABILIZADA

La visita al municipio se realiza de acuerdo a la solicitud presentada a la Secretaría de Transporte E Infraestructura del Departamento de Santander el día 2 de noviembre del presente año; en la cual se expresaba la preocupación de la alcaldía, por el porcentaje de agua no facturada que no estaba siendo contabilizada por el acueducto municipal y que por ende no era facturada por el mismo.

La visita se inició el día miércoles 24 de noviembre, donde en las horas de la tarde, se realizó una reunión en la que se encontraba el gerente de la Unidad Administrativa de Servicios Públicos de AAA, el fontanero del municipio y la secretaria de la unidad mencionada; en la cual se recopiló la información necesaria para todos los estudios requeridos por el comisionado del Departamento de Aguas y Saneamiento Básico de la Gobernación de Santander.

Se dió al conocimiento del comisionado un plano (anexo fotográfico), hecho a mano (no hay registro de planos de acueducto o alcantarillado digitalizados del municipio), donde se mostraba la ubicación de la red madre de acueducto, algunos de los cambios de diámetro de tubería y la ubicación de las válvulas de cierre.

Se planteó la revisión por zonas, pero debido a que las válvulas instaladas en el año 2000 no estaban en correcto funcionamiento, se descarto completamente esta opción.

Por motivos para el uso del geófono electrónico, los trabajos solo pueden realizarse en horas de la noche en momentos en que la población se encuentra durmiendo sin generar ningún ruido que altere la búsqueda de las fugas en la red de distribución.

La noche del 24 se inicia con el primer sondeo y revisión de la red madre de la parte alta del municipio (lugar más cercano al tanque de almacenamiento); conociendo de antemano que este sector es el que genera algunos problemas por falta de presión y de falta de agua en tiempo de verano; se inicia aproximadamente a las 9:30 de la noche, en compañía del fontanero que indicaba en que lugares se encontraban las domiciliarias, (Sabido que en estos lugares se encuentran los collarines, sitios en los cuales la probabilidad de fugas es más elevada), además de revisar el sitio de entrada de los micromedidores. Dando como resultado de los estudios de la zona una baja cantidad fugas y todas halladas en el sector más bajo de la zona revisada, principalmente en los micromedidores y sus accesorios; las cuales muchas veces eran significativamente visibles por la humedad presentada alrededor de la caja.

El municipio cuenta con una cantidad interesante de manantiales y reserva de agua subterránea que debido a la gran cantidad de lluvias de los últimos meses, el agua presenta en la superficie en muchos casos.

La red madre en la zona alta no encuentra problema de fugas a tener en cuenta.

El día del 25 se visitó la planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento del municipio.

La plana tiene una capacidad para 13 litros por segundo y el tanque tiene una capacidad de 487 m³, para el agua que se extrae de la captación que se encuentra en la quebrada “La Rayada”. Y de acuerdo con la concesión 00541-08 del 3 de Julio de 2008 en la cual la CAS proyecto una población de 4816 a 10 años y el caudal total requerido era de 11.072 L/seg; por lo tanto, la planta y el tanque cumplen con las especificaciones para satisfacer las necesidades de la población.

Se hizo el estudio de la conducción desde el tanque de almacenamiento, conociendo de antemano un cambio de diámetro en algunas partes de la conducción, donde cambiaba de 6 pulgadas a 4 pulgadas y en algunos sectores hasta 2 pulgadas y de nuevo se aumentaba seguidamente. En este estudio no se encontró ningún dato de fugas, y quedando por revisar la posición del macromedidor que se encuentra a aproximadamente 3 metros del tanque de almacenamiento.

Se realizó una pequeña revisión al azar de algunas facturas, para tener en cuenta el cambio de consumos, encontrando situaciones de consumo interesantes como es el caso del consumo del sanatorio que muestra valores variables en algunos casos de un mes a otro de más 300 m³.

Por lo tanto se tuvo bastante cuidado en la revisión de esa noche de sitios como este que presentaban variaciones significativas en los consumos mes a mes; encontrando fugas, en la gran mayoría de los accesorios de los medidores.

Después de realizados todos los estudios necesarios, se detectan varias fugas principalmente en los accesorios de los micromedidores, y en la zona del cercana al sanatorio y en la Cra 2da se encuentran ciertos sectores, que presentan problemas a revisar; también se dejó a consideración del Gerente de la Unidad de Servicios Públicos del municipio una revisión de los medidores y válvulas, pues el sistema durante varios años trabajó con agua no tratada, por lo tanto estos

aparatos pueden tener fallas y estar ofreciendo al municipio valores incorrectos de mediciones.

A su vez se plantea la problemática de la presión máxima en el sistema en esta época de lluvia, donde el tanque del almacenamiento siempre se mantiene lleno, y está generando fugas considerables en los accesorios, como codos y medidores. También es posible que en las épocas de verano la zona alta del municipio no cumpla con la cota piezométrica mínima por lo tanto, esta parte del municipio podría tener serios problemas con el servicio; todo esto sumado a la falta de válvulas de sectorización que podrían ser de gran utilidad para este tipo de casos, además sería conveniente evaluar si la distribución fue diseñada desde un comienzo para que soporte este tipo de presiones teniendo en cuenta la diferencias de cotas piezométricas.

1.5.2 VISITAS A LA ZONA DE ESTUDIO

Las visitas a la zona de estudio se desarrollaron, una vez por semana, siendo la primera visita realizada al sitio el 14 de enero de 2011. Esto fue la base primordial del proyecto, siendo la fuente principal de recopilación de información.

El contacto con la comunidad, conocer su idiosincrasia y detallar todo el contenido social y como los afecto la problemática en la que se encontraban, dio al proyecto una mayor credibilidad y veracidad.

Es importante señalar que en estas visitas, muchas veces se realizaron reuniones con la comunidad, informando los avances de las obras y supervisión al contratista de la obra de emergencia.

El material fotográfico obtenido se mostrara a lo largo del libro, como soporte a estudios.

2 EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA LA PREVENCION DE FUTURAS INUNDACIONES EN EL SECTOR DE SAN RAFAEL EN EL RIO LEBRIJA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto surge de la problemática que actualmente se registra en el sector, el cual, después de la inundación presentada, en donde el río atacó la margen derecha de manera agresiva con una socavación importante, deteriorando completamente la orilla, y por consiguiente produciendo graves daños en las propiedades afectadas y cambiando de manera significativa la sección del río.

Todo esto debido a una serie de precipitaciones significativas, las cuales elevaron los niveles del río, que según el IDEAM llegó a cotas extremas de 3,74 metros, conociendo que la cota normal es de 3,14, colocando en grave peligro a toda la población aledaña a la rivera del río; todo esto sumado a la dinámica y forma de apropiación de la base natural en la región principalmente por la deforestación, que produce erosión, implicando la pérdida de la regulación hídrica.

Es de gran importancia para la comunidad la prevención de inundaciones y situaciones similares que se pueden presentar en los próximos meses según los datos del IDEAM estaremos en una fuerte época de lluvias en un futuro cercano. Las soluciones presentadas son solo para atender la urgencia del momento, mas no es lo mejor para controlar el problema erosivo que se ha incrementado con el tiempo y las condiciones climáticas cambiantes de hoy en día.

2.2 METODOLOGIA

La metodología para el desarrollo de este aporte consistió, en una visita a la zona proyectada para el estudio, en la cual se conocería la localización geográfica de

las zonas críticas en las que se tendría mayor cuidado e inversión tanto por parte de la comunidad como por parte de la Gobernación. En esta visita se hizo una reunión con la comunidad donde se conocieron los puntos importantes para la satisfacción de sus necesidades. Seguido de esta visita se evalúa y analiza detalladamente de la tesis “Diseño de alternativas de protección de orillas de la margen derecha del río Lebrija sector San Rafael los chorros municipio de Rionegro Santander”, si las alternativas ahí plasmadas son acordes y pueden ser útiles para darle solución a la situación actual.

A medida que se realizan visitas al sitio de manera semanal, para conocer los avances de los trabajos, se recopila información que dará piso al aporte a presentar; esta base teórica será presentada como parte de un marco teórico inicial, que en este informe escrito se presentará antes de que se hable de cualquier visita por efectos de fechas correspondientes a la emergencia, y tener un orden cronológico más preciso.

En el análisis de la serie de alternativas, se tratara de retomar lo presentado en la tesis ya mencionada anteriormente, actualizándola con los valores ofrecidos en los últimos años y con nuevos datos teóricos importantes de más fácil manejo para la comunidad afectada.

Como resultado final se realizará un bosquejo para la ubicación de los espolones (o espigones) en las curvas de la zona de estudio por diseño gráfico; incluyendo un diseño del espigón de la mejor alternativa propuesta, con las respectivas fuerzas que en el actúan.

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 CUENCA HIDROGRAFICAS

El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas

se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua.

Con base en cartografía apropiada y con ayuda de imágenes de satélite, se definen las cuencas mayores y posteriormente éstas se subdividen en subcuencas.

La delimitación y subdivisión de las corrientes superficiales del departamento tuvo como criterio el aportado por el Himat, según resolución No.00337 del 4 de Abril de 1978.

Para la codificación de las cuencas principales se utilizó la misma que posee el Himat, donde los primeros dígitos de la identificación corresponden a la cuenca mayor y los siguientes dígitos a la corriente dominante de cada cuenca, el dígito que aparece después, separado por un guión corresponde a la identificación de la subcuenca y se tomó en orden ascendente a partir de la corriente principal en la zona baja hasta llegar a las subcuencas de la zona alta.

Las principales cuencas hidrográficas presentes en el departamento son la cuenca del río Magdalena Medio y la cuenca del río Arauca.

La cuenca del río Lebrija pertenece a la cuenca hidrográfica del Magdalena Medio.

2.3.2 CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO LEBRIJA

2.3.2.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

El río Lebrija es uno de los principales afluentes de la hidrografía del departamento. Nace al noreste del municipio de Piedecuesta y desemboca en el río Magdalena. En la zona alta de su nacimiento el río avanza en dirección noreste, regando con sus aguas el valle de Piedecuesta para luego tomar hacia el norte, al pasar por la meseta de Bucaramanga recibe el nombre de río de Oro. Al recibir las aguas de la subcuenca del río Suratá compuesta por los ríos Frío y Toná, se forma el río Lebrija propiamente dicho. Muy cerca a su desembocadura

sigue con rumbo norte y como se dijo antes finalmente entrega sus aguas al río Magdalena.

El río Lebrija es navegable en un trayecto de aproximadamente de unos 100 Km, en el pasado esta arteria fluvial constituyó el principal medio de comunicación del departamento.

La cuenca del río Lebrija posee una extensión de 879.000 Has, de las cuales el 54% (474.660 Has), corresponden al departamento de Santander y el 46% restante pertenece al departamento del Cesar.

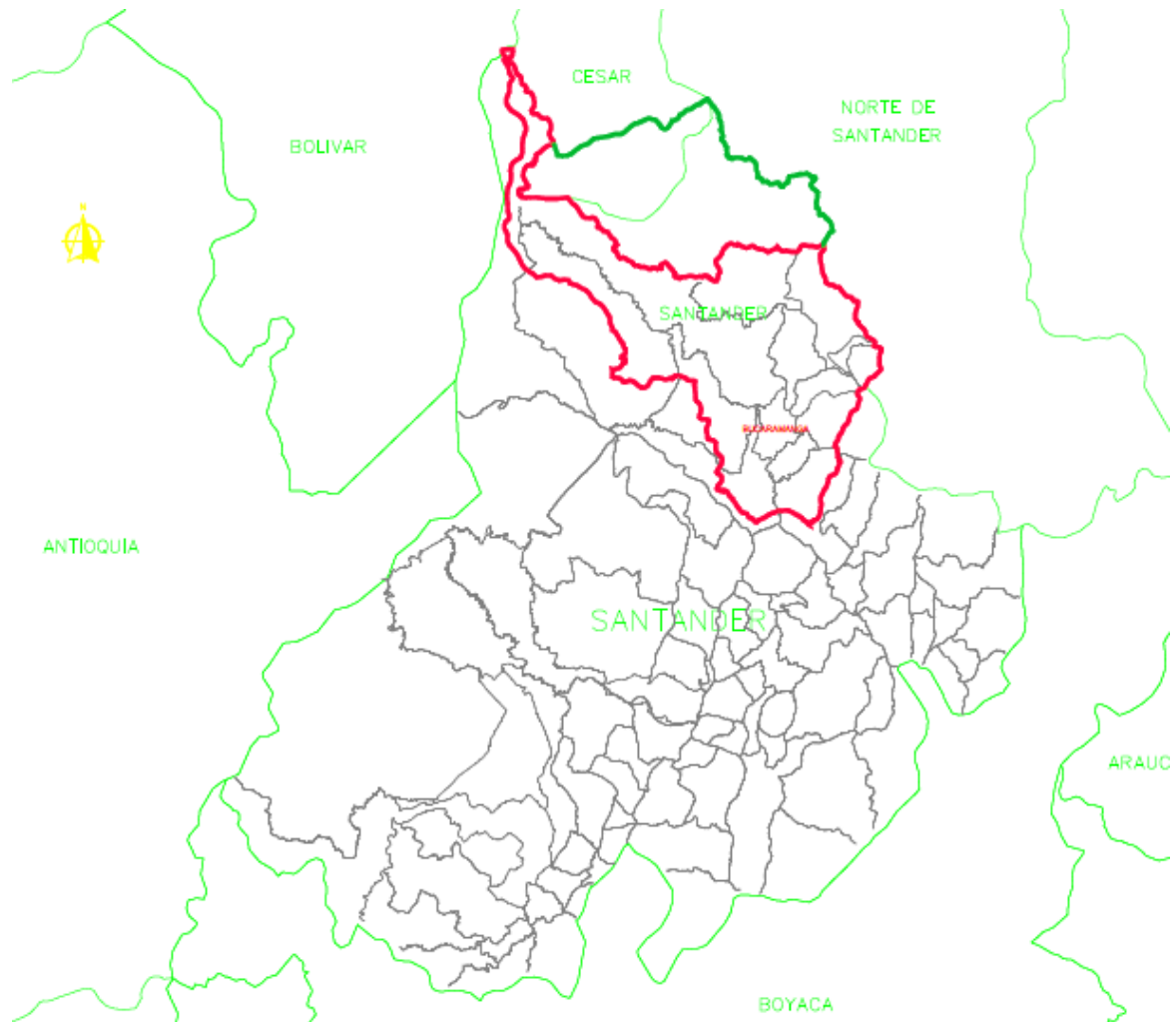
La zona baja es de características inundables en época de avenidas; por la cantidad de brazos que conforman el valle aluvial del río en este sector, el cual es muy plano, con una pendiente media de solo 0.2 m/km en un trayecto de 56 Km.

Las principales subcuencas del río Lebrija en el departamento de Santander son la del Cáchira del Espíritu Santo, Cáchira Sur, Salamanca, Santa Cruz, Suratá y río de Oro.

2.3.2.2 LÍMITES.

La cuenca del río Lebrija limita al norte con los departamentos de Cesar y Norte de Santander, al sur con la cuenca del río Sogamoso, al oriente con el departamento de Norte de Santander y al occidente con el municipio de Sabana de Torres.

Figura 1. Ubicación General Cuenca Río Lebrija



Fuente: ECODES Ecología y Desarrollo.

2.3.2.3 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA.

Con relación a lo político administrativo la región es frontera entre los departamentos de Santander, Norte de Santander y Cesar; la mayor parte de esta región muestra una escasa intervención estatal, tanto por la deficiencia en la construcción de la infraestructura productiva, como por la deficiencia en la dotación de servicios; de salud, educación, agua potable y manejo de excretas, lo que contribuye a un bajo desarrollo económico y social, y esta cuenca pertenecen 15 municipios a saber:

Tabla 1.Division de pertenencia a la cuenca en extensión por municipios

MUNICIPIO	EXTENSION (Km²)
Bucaramanga	155
California	45
Charta	126
El Playón	462
Floridablanca	102
Girón	685
Lebrija	544
Los Santos	295
Matanza	114
Piedecuesta	484
Rionegro	1261
Sabana de Torres	1170
Surata	370
Toná	344
Vetas	94

2.3.2.4 ACTIVIDADES ECONOMICAS

Las actividades económicas se enmarcan dentro de un importante desarrollo agrícola, tanto a nivel campesino como comercial y una gran actividad ganadera.

Siendo importante resaltar las plantaciones de palma, siendo un sector de gran avance en la zona y que tiene sus cultivos en las laderas del río.

2.3.2.5 VIAS Y TRANSPORTE

El principal corredor vial está conformado por la troncal oriental que atraviesa el departamento desde Barbosa, pasando por Socorro, San Gil, Bucaramanga, Rionegro y el Playón vía que empalma con la troncal del Magdalena en San Alberto (departamento del Cesar). Esta vía ha sido utilizada desde la época de la colonia cuando Socorro y San Gil eran las principales poblaciones de Santander constituyéndose o no, en el paso obligatorio de mercancías hacia Bogotá.

En general la troncal de oriente presenta volúmenes medios de tránsito promedio diario, el tráfico pesado hacia la costa atlántica se desplaza hacia la troncal del Magdalena media lo cual conlleva a un mejoramiento de las condiciones de operación del tráfico liviano de esta troncal.

2.3.2.6 CLIMA

La cuenca del río Lebrija se encuentra localizada en las estribaciones occidentales del macizo de Santander, correspondientes a sectores de alta, media y baja pendiente, lo cual hace que se presenten diferentes características climatológicas que abarcan los diversos pisos térmicos identificados en el ámbito colombiano, que van desde el cálido hasta el frío.

El relieve es uno de los factores más importantes dentro de la caracterización del clima de la cuenca, este incide directamente en los componentes del clima tales como la precipitación, la temperatura, el brillo solar, la humedad relativa, la evaporación y la evapotranspiración.

2.3.2.7 TEMPERATURA.

Es uno de los parámetros climáticos de mayor importancia e incidencia sobre los factores hidrológicos, biológicos y económicos de la cuenca. Con los valores registrados en las estaciones relacionadas al área del proyecto, se tiene:

Temperatura media anual = 24.5 °C con variación entre 8°C y 28 °C

2.3.2.8 PRECIPITACIÓN

La precipitación pertenece a un régimen bimodal, es decir presenta dos períodos de invierno y dos de verano intercalados dentro del año.

Los meses más lluviosos son de Abril a Mayo, en el primer semestre, y de Octubre a Noviembre, en el segundo semestre.

Panual = 2500 mm

2.3.2.9 GEOLOGÍA

Como elementos básicos en el estudio de la Geología de la cuenca se pueden citar la erosión, las características de las formaciones, el estado de fracturamiento, los plegamientos y el contacto entre los diferentes tipos de rocas y suelos.

Es decir La Geología analiza la composición, estructura y evolución de la tierra debida a las fuerzas externas e internas, con el propósito de contribuir a un mayor conocimiento de nuestro hábitat.

En la cuenca del río Lebrija se encuentran en su mayoría rocas sedimentarias del cuaternario, precretácicas y post devónicas, con algunos niveles de Lutitas y de Calizas, también se presentan algunos afloramientos en menor cantidad de rocas metamórficas tales como la formación Silgará con metamorfismo de medio a bajo grado y rocas ígneas intrusivas con Cuarzo monzonita y granodiorita de Ríonegro.

2.3.2.10 GEOMORFOLOGÍA Y EROSIÓN

La cuenca del río Lebrija presenta un modelado aluvial originado por el depósito de sedimentos arrastrados por la acción de corrientes de agua, especialmente en las zonas depresionales y planas.

Normalmente la acción de los ríos y quebradas durante las épocas húmedas depositan gran cantidad de material en suspensión y partículas de arrastre, durante las épocas secas, estas corrientes de agua se transportan y socavan sus cauces. Aquellas superficies originadas por los ríos, son generalmente mal drenadas y tienden a las inundaciones.

El nivel freático se encuentra muy cerca a la superficie y presenta fluctuaciones que van desde la superficie hasta unos pocos metros de profundidad, este fenómeno incide en los procesos pedogénéticos (formación y evolución de los suelos) de los suelos y dan paso a superficies encharcadas en donde se encuentran capas sucesivas de sedimentos de diferente textura y composición, con muy bajo grado de consolidación y gran aumento de tamaño de los

fragmentos a medida que aumenta la profundidad. La mayoría de fragmentos de roca tienen forma redondeada y subredondeada.

2.3.2.11 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA

Por la dinámica y forma de apropiación de la base natural en la región principalmente por la deforestación, se produce un fenómeno de erosión (desgaste) que conlleva a la sedimentación en la parte baja del río, implicando la pérdida de la regulación hídrica ocasionando efectos negativos sobre la base natural como inundaciones catastróficas que afectan directamente el sector de estudio y grandes sequías en épocas de verano afectando la capacidad de producción.

Es posible afirmar que en cuanto a la manifestación del problema básico la parte alta de la cuenca es el factor activo o generador del problema, mientras que la parte baja es la parte pasiva que se ve notablemente afectada.

El mercado agrícola en la parte alta de la cuenca se caracteriza por la venta a intermediarios, esto junto con la deficiencia en la estructura vial causan un empobrecimiento generalizado de la cuenca.

Las inundaciones ocasionadas por el régimen de lluvias de la parte alta de la cuenca generan un sistema de regulación hídrica natural por medio de humedales, ciénagas y caños, que en época de invierno retienen el agua y época de verano la liberan.

El sistema de regulación hídrica se ha visto alterado por la colmatación que produce la erosión en las cuencas medias y altas de los ríos Cáchira y Lebrija disminuyendo su capacidad de embalse, igualmente debido a la deforestación y fenómenos extraregionales de alteración del clima, los inviernos son más intensos y la velocidad del agua mayor, de tal manera que llega más agua en menor tiempo y los embalses naturales no son suficientes para contener la cantidad de agua, produciendo cada vez más inundaciones..

La unidad geomorfológica resultante de este proceso se ha denominado planicie de inundación que contiene dentro de ellas unidades de terreno más pequeñas llamadas diques.

Los procesos erosivos naturales están asociados a las temporadas de inundación, en donde ocurren principalmente procesos de sedimentación y a las temporadas secas donde se presenta socavación de taludes. En este caso la erosión es considerada de intensidad leve, pero dada la fragilidad de los ecosistemas, una vez son deforestados estos lugares tienen una gran tendencia a la degradación rápida y progresiva.

El río Cáchira y Lebrija se han venido agrandando en su cauce y donde su alineamiento ha permanecido relativamente estable, sus riveras o albardones ha sido acrecentadas con depósitos de sedimentos de tal forma que hoy día se encuentran franjas por donde el río discurre más alto que su valle aluvial.

La causa de todo lo anterior obedece a que toda la cuenca del río Cáchira en su parte alta, media y baja ha sido gran aportante de sedimentos, debido a la explotación forestal, agrícola y ganadera de su vertiente.

2.3.3 SECTOR DE ESTUDIO (SAN RAFAEL – LOS CHORROS)

2.3.3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

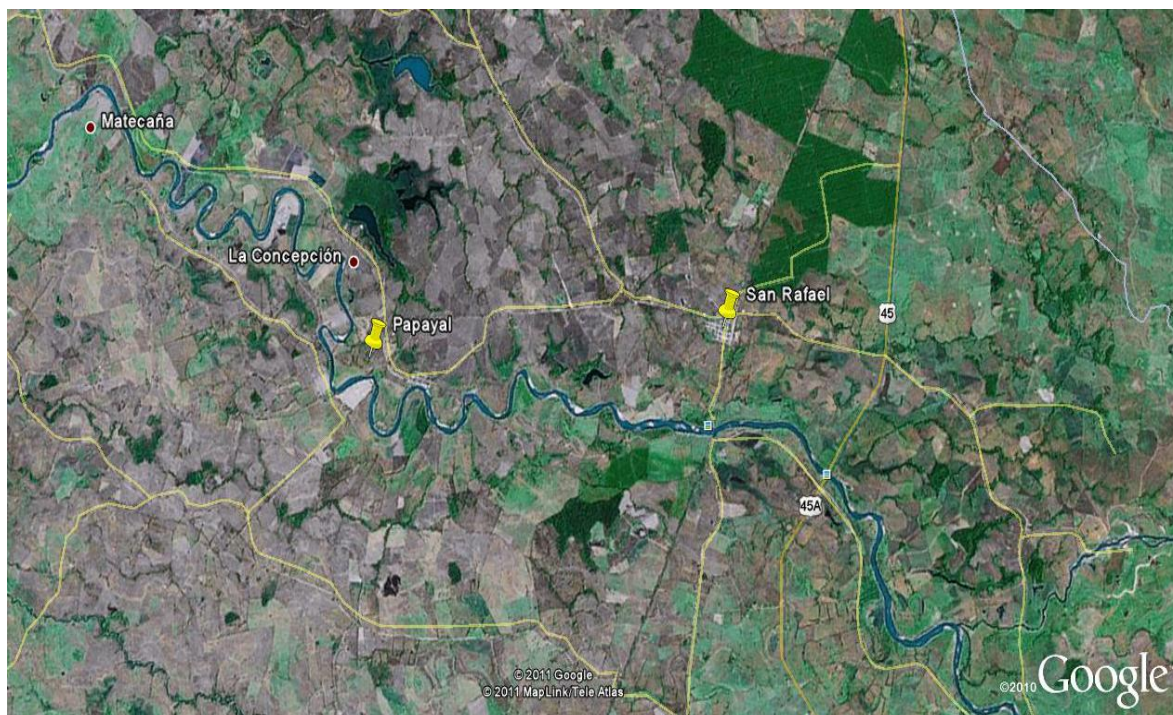
Al sector de estudio corresponde los corregimientos de San Rafael Y Papayal, y la vereda Los Chorros pertenecientes al municipio de Ríonegro departamento de Santander con particularidades especiales tanto por su ubicación geográfica como política, y por encontrarse muy cerca a la margen derecha del río Lebrija.

Figura 2. Mapa Político de Rionegro.



Fuente: [en línea] < <http://www.rionegro-santander.gov.co/sitio.shtml?apc=mmxx1-&x=10368>

Figura 3. Ubicación Geográfica de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth

2.3.3.2 LIMITES

Al nororiente el sector limita con la cuenca del río San Alberto, Al sur con el municipio de Sabana de Torres y al occidente con el río Magdalena.

2.3.3.3 RESEÑA HISTORICA Y PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA ZONA EN ESTUDIO

De los problemas más graves que afronta el río Lebrija en su parte baja desde el Corregimiento de San Rafael hasta los Chorros es la desembocadura prematura del río Cáchira la cual lo hace a través de Caño Diez uniéndose las aguas a las de Caño Dorada, Caño Ovejero y la quebrada Platanala, desembocadura que antiguamente se hacía kilómetros adelante de la zona en estudio.

En el año de 1.979 para el riego de gran cantidad de hectáreas de arroz se construyó un canal en tierra lateral al río Cáchira, cercano al nacimiento del Caño Diez con dimensiones para derivar caudales entre los doscientos cincuenta (250)

y doscientos (200) litros por segundo con compuerta rudimentaria en madera . Para la misma época se presentó la avalancha del río Playonero con lo cual se aumentó el caudal del río Lebrija en aproximadamente 800 m³/seg y se presentó el primer desvío del río Cáchira que se unió al Caño Diez por su cercanía.

A partir de este suceso se siguió desviando parte del caudal del río Cáchira lo cual se fue aumentando a través del tiempo ;entre los años 1979 y 1982 el Ministerio de Obras Públicas trató de volver el río a su curso original haciendo obras con gaviones pero las máximas avenidas del río Cáchira que son del orden de los 100 m³/seg, caudal que representa entre un 10% y un 15% del caudal del río Lebrija las destruyeron ; también se presentó la sedimentación del cauce antiguo del río Cáchira por el poco caudal que pasaba por él y la menor cota que presentaba Caño Diez, proceso que finaliza hacia 1982 con el aporte total de sus aguas a Caño Diez.

En el año 1.983 el Himat fue comisionado por el gobierno nacional para diseñar el proyecto de reencauzamiento del río Cáchira para lo cual se hicieron levantamientos topográficos y aforos ; en esta época los trabajos tenían un costo aproximado de ciento cincuenta millones de pesos (\$150'000.000) los cuales serían aportados por el P.N.R. (Plan Nacional de Rehabilitación) pero las obras no se pudieron realizar por los conflictos de orden social que se presentaron con diversidad de criterios entre las comunidades que se dividieron de la siguiente manera :

1. Comunidad de la parte alta del río Cáchira que deseaba retornar el río a su antiguo cauce.
2. Comunidad de la parte baja del antiguo cauce del río Cáchira que no deseaba el retorno del río por ser objeto de inundaciones de sus aguas.
3. Comunidad de la parte alta de Caño Diez que deseaba el río Cáchira por su actual cauce dado que les permitía beneficiar sus tierras con sus aguas.

4. Comunidad de la parte baja de Caño Diez que deseaba que el río Cáchira retornara a su cauce antiguo.

Debido a lo anterior se siguieron presentando inundaciones tanto en las zonas de la margen derecha (municipio de Sabana) y las zonas de la margen izquierda (municipio de Rionegro) que trataron de evitarlas los vecinos del lugar construyendo diques o terraplenes con material arenoso de préstamo lateral sin tener la debida compactación ni la altura y sección necesaria para que soportarán los embates del agua en las avenidas del río. Para controlar las márgenes se construyeron obras de protección con hexápodos y bolsacretos en forma de espigones dando un buen resultado; estas obras fueron construidas en su mayoría por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras "HIMAT".

En el mes de Noviembre de 1.989 se registró una inundación de grandes proporciones en la margen izquierda del río en las veredas Magará, Aguas Negras y Barranco Colorado pertenecientes al municipio de Sabana de Torres precisamente por la rotura de un terraplén construido por la comunidad que se vio afectado por una creciente del río y además por la socavación que produjo una motobomba que sacaba agua del río para riego de arroz; el área afectada fue de 12.000 hectáreas aproximadamente.

Así mismo en el mes de Octubre de 1.995 se debilitó un terraplén de la margen derecha en el sector Puerto Rico y se inundaron cerca de 7.000 hectáreas y el corregimiento de Los Chorros, quedando destruida la vía que une San Rafael con Los Chorros.

La siguiente inundación se produjo en el mes de Febrero de 1.998 abarcando tanto la margen derecha e izquierda del río Lebrija. En la margen derecha quedaron bajo las aguas los corregimientos de San Rafael y de Papayal, con alturas en las casas de 2.00 metros. La estación de Villa de Leyva en Sabana de Torres se tomó un registro de 158 mm en un tiempo de 14 horas lo cual es histórico ya que nunca se había presentado dicho registro.

El año anterior se presentaron valores extremos de precipitación, lo cual elevó los niveles del río Lebrija más de 60 centímetros según la estación limnométrica que se encuentra cerca dando como resultado una inundación en el casco urbano del corregimiento de San Rafael, debido al desvío del río por Caño Diez y la Quebrada la Payande, donde el río mostro un comportamiento alarmante sobre la socavación que está realizando en las curvas tan pronunciadas, llegando destruir por completo el dique de protección de la orilla en sitios críticos originando un cambio importante en la topografía.

Según la noticia presentada por Vanguardia Liberal es una galería fotográfica llamada “El 95% de San Rafael de Lebrija está inundado”, que muestra la difícil situación presentada:

Figura 4. Parque Principal Corregimiento San Rafael



Fuente: [en línea] < <http://www.vanguardia.com/historico/84490>

Figura 5. Inundación Río Lebrija, Corregimiento San Rafael



Fuente: [en línea] < <http://www.vanguardia.com/historico/84490>

Figura 6. Vía de acceso corregimiento San Rafael



Fuente: [en línea] < <http://www.vanguardia.com/historico/84490>



La zona en estudio, como se muestra en las figuras 2 y 3, incluye dos corregimientos, los cuales son San Rafael de Lebrija, (el cual fue el totalmente inundado) y Papayal que dentro su casco urbano no tuvo problemas de inundación, pero en las zonas aledañas a él, muchas de sus fincas fueron

Figura 7. Finca las Garzas Día 27 de Diciembre

inundados, además sumamos el comienzo del corregimiento de los Chorros.

En el corregimiento de San Rafael, tendremos dos puntos clave los cuales son la finca las Garzas y la Finca Samarcanda; la primera siendo aguas arriba de la vía Panamericana y la siguiente es inmediatamente después de la vía; en estos dos sitios se originaron grandes roturas en la margen derecha dejando una zona inundada bastante grande.

Las Garzas el día 27 de Diciembre mostraba la siguiente situación:

Fuente: El autor

La finca Samarcanda esta referenciada perfectamente en las figuras 6 y 7, puesto que este predio se encuentra en límites con la vía de acceso al corregimiento San Rafael por el oriente y por el occidente está limitado por el río, por tanto, se ve

como el río atravesó todo el predio, debido al desborde tanto del río Lebrija, como de la crecida y desbordamiento de la quebrada la Payande, que atravesó, la finca por la mitad uniéndose al desborde del río y logrando esas imágenes.

En el corregimiento de Papayal, encontramos una rotura importante en la Finca Puerto Arturo, que debido a problemas de transporte y de llegada al sitio no se tiene material fotográfico de la inundación.

Los tres puntos anteriores fue donde se presentaron las más grandes roturas del río Lebrija, todas ellas en la margen derecha del cauce. Y estos fueron los puntos estratégicos en los cuales la administración Departamental, centro sus inversiones principales, viéndolos como los puntos críticos. Pero después de sellar estas roturas se muestra que al fortalecer estos tres puntos, quizás la fuerza del río, ataque aguas abajo, otras curvas que no se vieron afectadas, en la inundación de Diciembre de 2010, principalmente, por que ya había roto, aguas arriba y cuando llegó a estos sectores, el cauce se encontraba dentro de los valores normales.

Estos sitios a tener en cuenta, después de una visita posterior se encuentra que tienen una protección a la margen derecha, en espigones de llantas y otros en hexápodos en un mal estado, lo que hace más urgente su recuperación o su reemplazo.

Figura 8. Situación actual, protección de la margen de derecha aguas abajo, finca Puerto Arturo.



Fuente: El autor

Esta zona posterior a Puerto Arturo consta de 4 curvas muy pronunciadas, donde se ve un gran avance de la erosión de la margen derecha, y cada vez más cerca de la muralla artesanal alguna vez, construida para evitar una inundación de la

zona, además es muy notoria la sedimentación en la parte izquierda de la zona, lo cual indica una gran profundidad del canal en la parte derecha.

Las curvas que se encuentran en el sector, entre el corregimiento el Papayal y el corregimiento San Rafael, tanto la comunidad, como la empresa Petro-Norte, en compañía de la Gobernación y la alcaldía de Rionegro, tuvieron un respectivo, control y recuperación. Y según estudios entregados a la Gobernación no se encuentran en tan mal estado, como los anteriores puntos; por tanto no se hace competente de este aporte, el estudio de esta zona.

2.3.3.4 VIAS Y TRANSPORTE

La troncal Oriental es la principal vía de acceso al sector de estudio, esta es una vía pavimentada que une la Capital de la Nación y la costa Atlántica.

La vía para llegar a los corregimientos en estudio, se desvía hacia al occidente en un sitio llamado el taladro, que nos lleva por medio de una vía, pavimentada a San Rafael y de ahí, a Papayal, por una vía sin pavimentar, y en estos momentos, visiblemente afectada, por la ola invernal.

2.3.3.5 CLIMA

El clima de la región, generalmente, es cálido, de temperatura promedio de 24°C. Y con una precipitación anual de 3000 mm.

2.3.3.6 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

- San Rafael
- Angostura
- Café Madrid

2.3.3.7 GEOLOGIA

En el sector de análisis del presente aporte se encuentra modelado aluvial en terrazas altas, sujetas a socavación lateral con erosión difusa de la era geológica cuaternaria.

2.3.3.8 GEOMORFOLOGIA Y EROSION

Para llegar a conclusiones más acertadas acerca del sitio de estudio, es importante conocer la etapa del río que se presenta en la zona.

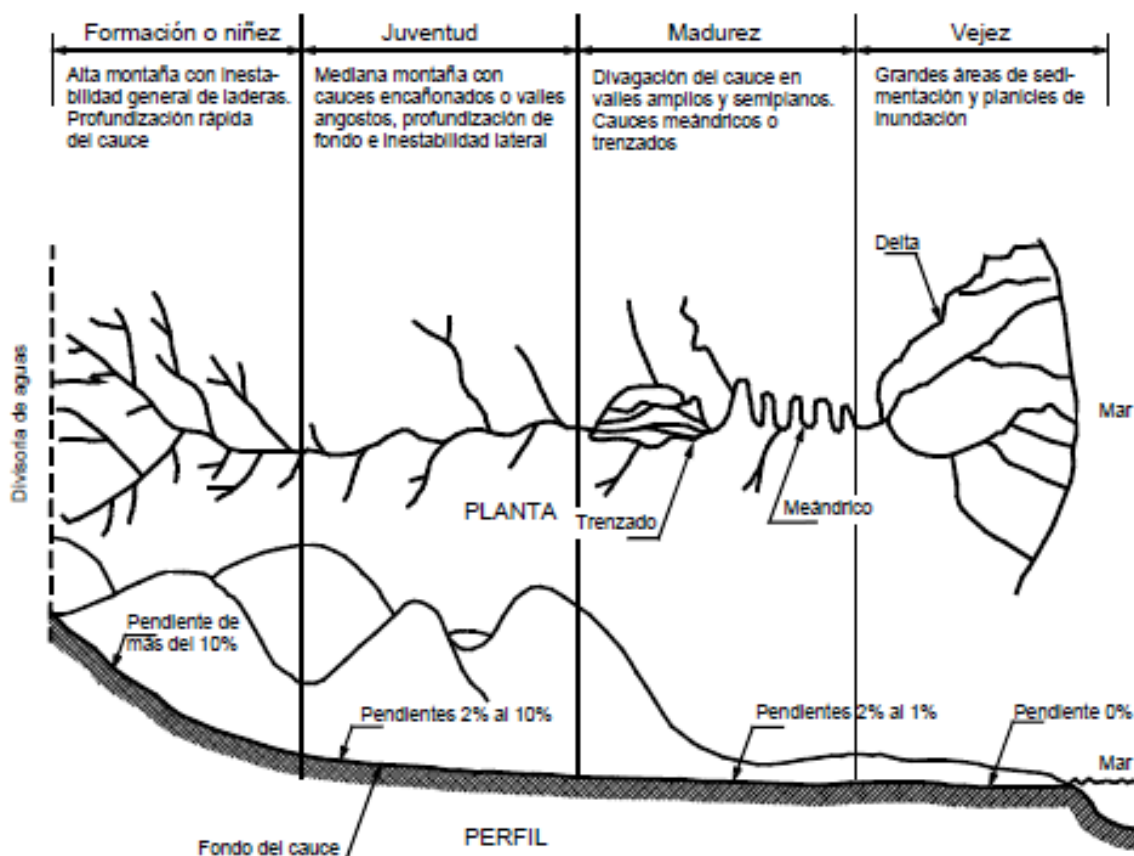
A lo largo de una corriente de agua se presentan etapas fácilmente diferenciables y que se requiere identificar para poder evaluar su comportamiento erosivo. En la figura 8. Se muestran en forma esquemática las diferencias fundamentales de las diferentes edades de las corrientes de agua. En este esquema se le ha dado importancia a la etapa de formación o niñez, la cual es básica en el estudio del proceso erosivo, en países tropicales de alta montaña. La mayoría de los autores desprecian esta etapa de las corrientes.⁵

Para nuestro caso en estudio, el río Lebrija se encuentra en la etapa de madurez, con meandros muy pronunciados como se muestra en la figura 3 y con pendientes muy bajas, menores al 2% y muy cercano a su desembocadura, que en este caso, se presenta en el río Magdalena.

Conociendo la etapa del río (figura 10), y las características que nos presenta, podemos hablar de que el río Lebrija en su zona baja, es meándrico, lo cual es una propiedad morfológica bastante importante que nos ofrece una cantidad de información considerable para entender el comportamiento erosivo y la evolución que puede presentar el río en los años por venir.

⁵Suárez Díaz, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander

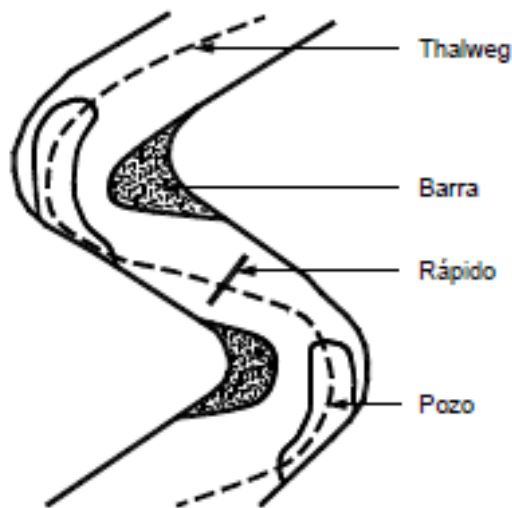
Figura 9. Representación esquemática de las etapas de un río en áreas de montaña tropical



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

Dice la teoría que los cauces meándricos mantienen un equilibrio entre la erosión y la capacidad de transporte. Este equilibrio sería real si la cota, del río no aumentara a medida que pasa el tiempo, pero en este caso el equilibrio no se presenta, pues el río ha ido aumentando su cota, tanto que en algunos puntos ha llegado a alcanzar la misma cota, que el terraplén antiguo que se había construido para su control. Esto se debe a un transporte de sedimentos muy grande, que ha ido aumentando la cota, del lecho del río.

Figura 10. Posición de elementos de Cauces



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

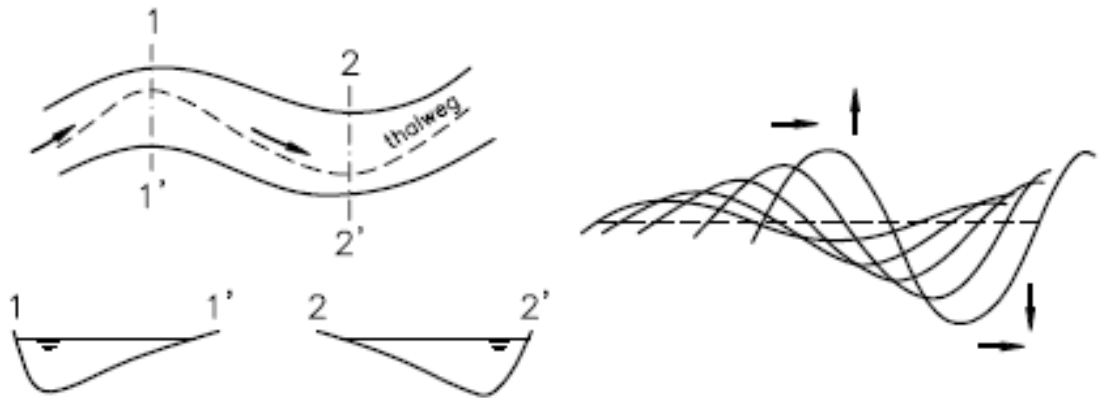
Los cauces meándricos pueden ser de varias clases:

- Regulares: cuando el patrón de meandro se repite en forma homogénea. Y el ángulo que existe entre el canal y el valle es menor a 90 grados.
- Irregulares: no hay repetición de ningún patrón
- Tortuosos: repetición de patrones, con ángulos de más de 90 grados; se pueden dar en dos direcciones fundamentalmente, una hacia afuera de la curva, y otro del meandro, en la dirección general del río.

La morfología meandrica o sinuosa, tiene un cauce único pero forma curvas. La ondulación en planta se acompaña de una asimetría en las secciones transversales, ya que la sedimentación es mayor junto a la orilla cóncava o exterior y menor junto a la orilla convexa o interior. Los meandros presentan una evolución que consiste en una progresión o desplazamiento en dirección aguas

abajo y una profundización a costa de las orillas, en dirección perpendicular a la anterior.⁶ (Figura 12).

Figura 11. Cauce meandriforme: morfología



Fuente: Martín Vide, J. P. (2003). *Ingeniería Fluvial*.

Para definir los meándros en planta, existen varios parámetros geométricos como los son:

- Longitud de Onda (λ)
- Amplitud (A)
- Radio de curvatura (R)
- Angulo de curvatura (q)
- Longitud de meandro (L)
- Sinuosidad (P)
- Ancho del canal (B)

⁶ Martín Vide, J. P. (2003). *Ingeniería Fluvial*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya

- Azimuth o rumbo
- Espectro del meandro

Figura 13. Parámetros geométricos de un meandro

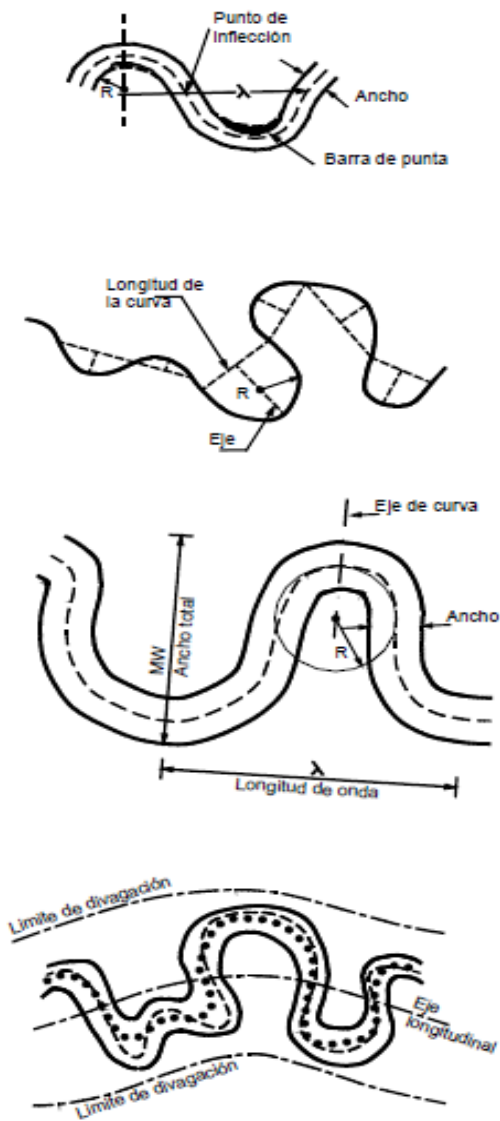
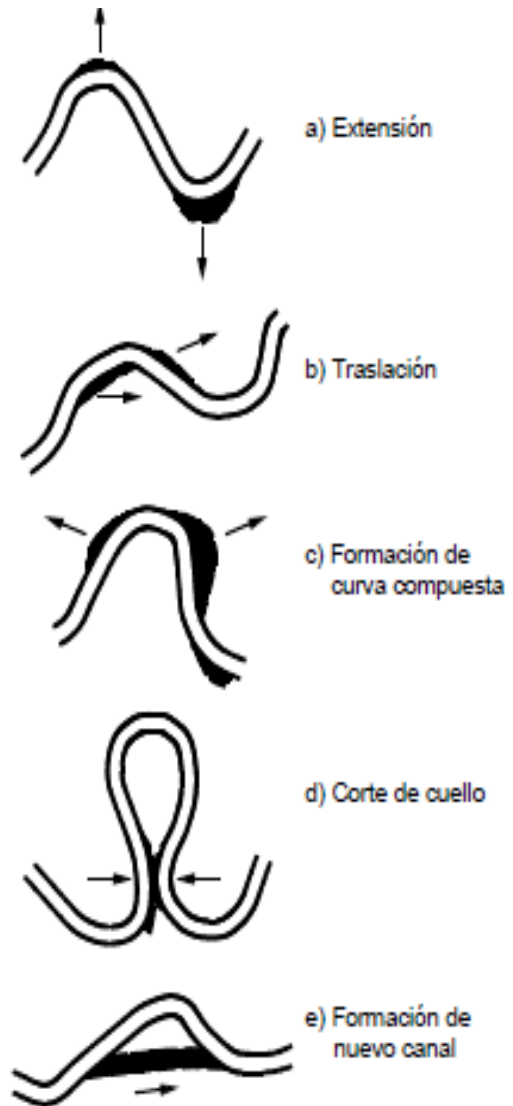


Figura 12. Modos de erosión en meandros

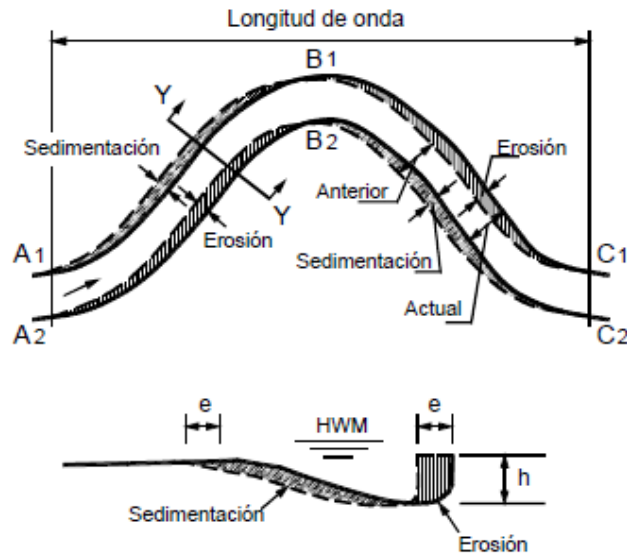


Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

El desarrollo y migración de los meandros, (como se ve en la parte derecha de la figura 12), depende directamente de la resistencia de las orillas a la erosión, por

consiguiente es directamente proporcional a la geología presentada en la orilla del río. Los meandros irregulares son señal de orillas resistentes. En la figura 15, encontramos como se puede encontrar un meandro, dependiendo si es curva derecha o izquierda.

Figura 14. Migración de un meándro



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

Es importante conocer, y de mucha importancia, que en presencia de un meandro de corte de cuello se puede presentar un corte natural y el río simplemente siga su curso de manera recta como se muestra en la siguiente figura:

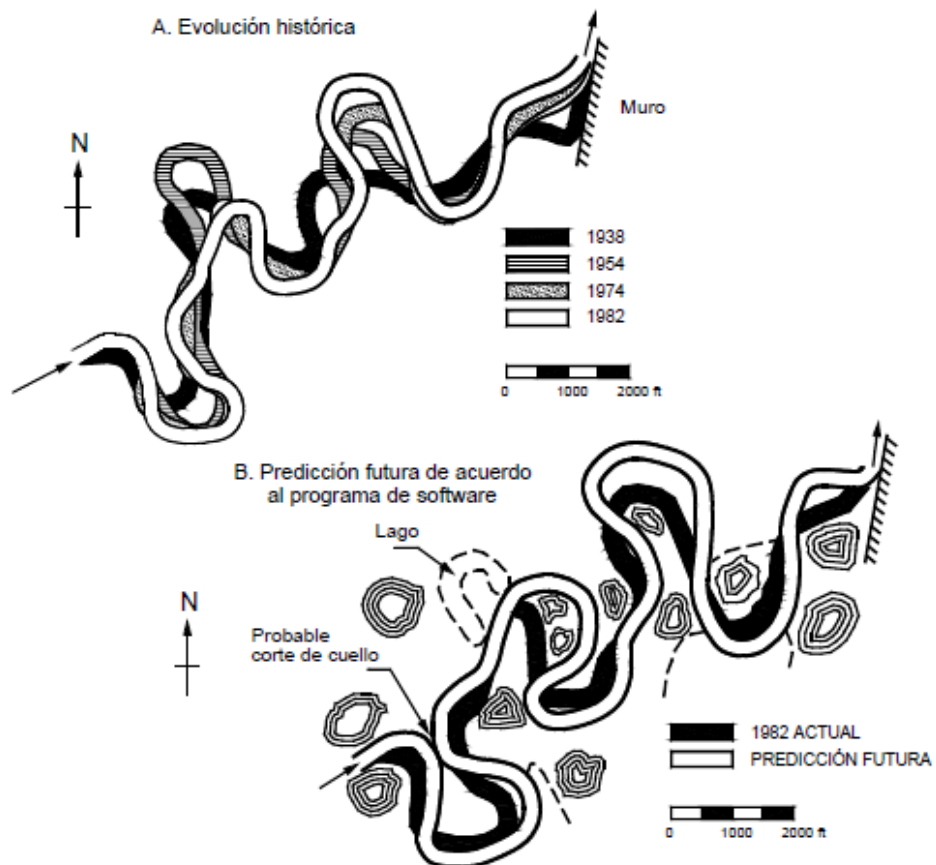
Figura 15. Corte Natural de un Meandro



Fuente: Martín Vide, J. P. (2003). *Ingeniería Fluvial*.

Teniendo en cuenta lo anterior, y siguiendo el estudio de los meandros, podemos llegar a predecir un comportamiento para nuestro sistema de meándros, y no solo en carácter individual, teniendo en cuenta un carácter histórico y la dinámica que se presenta en la zona. Por ejemplo es de conocimiento de este estudio que los planos que presentan en el Himat y la nueva topografía, se encuentran totalmente desplazados y en algunos casos aumentando los radios de curvatura. En la figura 14, se muestra un estudio que se presenta en el libro de Control de Erosión en Zonas Tropicales (Suárez Díaz, 2001). Monsalve y Silva (1983) dicen que según estudios realizados en el río Sinu, reportan una mayor estabilidad, en los meandros a medida que el río avanza hacia la desembocadura. Esto teniendo una directa relación con la pendiente presentada en el sistema de meandros.

Figura 16. Evolución de un sistema de meandros.



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

Esta morfología, corresponde a llanuras aluviales disectadas, en forma poco profunda.(CDMB & INGEOMINAS, 2002). La llanura está conformada por depósitos aluviales de edad Cuaternaria, (menores a 1 millón de años), constituidos por niveles de arena de grano medio a fino, arcillosa, moderadamente plástica. Sobre la orilla de las quebradas que conforman el sistema de zona de estudio, como lo es caño Diez, la altura de estos materiales varía entre 1.20 m y 1.60 m, siendo poco resistentes contra la socavación.⁷

En el estudio de la CDMB & INGEOMINAS en el año 2002 se enuncia que los cauces de las quebradas que desembocan no están preparados para el transporte de sedimentos tan elevados como se presentan en la zona, esto llevando a problemas como el aumento de la sección y la sedimentación en exceso en sus laterales; en este proyecto se realiza un estudio de la capacidad de transporte de sedimentos, mediante la ecuación de Meyer – Peter & Muller, la cual depende directamente de la clasificación de los sedimentos, forma y rugosidad.

Estos valores encontrados, con la formula de Meyer – Peter & Muller, se comparan con los datos expuestos por el IDEAM en su Curva de Gastos, donde ofrece la cantidad de sedimentos transportados, de manera real; estos datos tomados desde la estación limnimetrica San Rafael, a una Latitud 734 N, Longitud 7333 W y una elevación de 70 metros sobre el nivel del mar; que para efectos de ubicación en la zona, la estación se encuentra bajo el puente, que atraviesa el rio en la vía panamericana.

Los valores del IDEAM correspondientes, a los valores máximos mensuales de transporte de sedimentos (Kton/día) son:

⁷ CDMB, & INGEOMINAS. (2002). *Problemas de Erosión originador por captura de corrientes en el rio Cachira, Corregimiento de San Rafael, Municipio de Rionegro (Santander)*. Bucaramanga: INGEOMINAS, CDMB

Tabla 2. Valores máximos mensuales de transporte (Kton/día)

I DE AM -INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE TRANSPORTE (Kton/Dia)

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO:		2/17/2011		ESTACION: 23197370 SAN RAFAEL																								
LATITUD	734	N	TIPO EST	LM	DEPTO	SANTANDER <th>FECHA-INSTALACION</th> <td>1974-OCT </td>	FECHA-INSTALACION	1974-OCT																				
LONGITUD	7333	W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SABANA DE TORRES <th>FECHA SUSPENSION</th> <td></td>	FECHA SUSPENSION																					
ELEVACION	70	m.s.n.m	REGIONAL	08 SANTANDERES	CORRIENTE	LEBRIJA																						
A#O	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL													
1997	1	1	107.6	8	56.43	8	51.93	8	141.6	8	132.3	8	188.4	8	70.07	8	48.39	8	113	8	155.7	8	177.1	8	50.22	8	1292.74	
1998	1	1	33.92	8	217.7	8	94.96	8	262.9	3	277.8	3	95.31	8	68.53	8	55.09	8	114.9	8	414.2	3	257.3	8	484	8	2376.61	3
2000	1	1	157.8	8	251	8	169.4	8	237.4	3	218.5	8	185.7	3	117.8	8	105.9	8	186.7	8	210.7	3	338	8	102.3	8	2281.2	3
2001	1	1	102.6	8	50.1	8	106.2	8	82.5	8	433.5	8	112.8	8	206.2	8	184.1	8	134	8	299.6	8	618.5	8	259.5	8	2589.6	
2002	1	1	14.9	8	10.9	8	17.5	8	162.1	8	144.2	3	151	8	92.7	8	63	8	84.4	8	207.9	3	113.3	8	27.8	8	1089.7	3
2003	1	1	8.7	8	17.3	8	84.8	8	159	8	107.6	8	139.5	8	53.7	8	44.3	8	104.2	8	555.5	8	724.7	8	403.7	8	2403	
2004	1	1	96.21	8	52.03	8	60.8	8	96.83	8	166.3	8	76.6	8	32.53	8	23.2	3	102.3	8	129.6	8	397.3	8	79.03	8	1312.73	3
2005	1	1	41.14	8	174.6	8	78.59	3	205.4	8	352.3	3	130.8	8	99.2	8	84.49	8	53.93	8	304.9	8	332.2	8	105.5	8	1963.05	3
2006	1	1	76.13	8	11.91	8	56.43	8	181	3	224.3	8	208.3	8	59.55	8	64.74	8	73.33	8	208.7	8	115.8	8	55.07	8	1335.26	3
2007	1	1	21.12	8	20.81	8	49.3	8	145.3	8	169.7	8	72.26	8	30.71	8	83.56	8	139	8	274.4	8	218.3	8	84.36	8	1308.82	
2008	1	1	43.01	8	57.34	8	62.76	8	127.3	8	345.5	8	67.74	8	67.45	8	167.4	8	158.6	3	321.3	8	584.6	8	220.4	8	2223.4	3
2009	1	1	114.9	8	*		226.9	8	273.4	8	200.4	8	143.4	8	87.19	8	103.5	8	56.19	8	222.3	8	372.2	8	77.51	8	1877.89	3
MEDIOS			68.17		83.65		88.3		172.9		231		131		82.14		85.64		110		275.4		354.1		162.4		1844.8	
MAXIMOS			157.8		251		226.9		273.4		433.5		208.3		206.2		184.1		186.7		555.5		724.7		484		724.7	
MINIMOS			8.7		10.9		17.5		82.5		107.6		67.74		30.71		23.2		53.93		129.6		113.3		27.8		8.7	

Fuente IDEAM

Como resultado tenemos que el aporte de sedimentos de la cuenca es muy superior a la capacidad de transporte en cada una de las secciones; esto nos indica que el cauce del río se encuentra en agradación.

Como otro factor a tener en cuenta tenemos la sinuosidad del río, lo cual es un factor geométrico, que nos ofrece el cociente entre la longitud del cauce y la longitud de onda de la sinusoide:

$$S = \frac{L}{\lambda} \quad L = \text{longitud del cauces} \quad \lambda = \text{longitud de onda}$$

Como resultado tenemos que la sinuosidad promedio del río se aproxima al 1.7 con un pendiente media de 0.0007. Como dato a inicial se evalúa el flujo en curva de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\Delta z = \frac{V^2 * B}{g * R}$$

V = Velocidad medida en la sección

B = Ancho del río en metros

g = Gravedad 9.81 m/s²

R = Radio de curvatura en metros

Teniendo en cuenta que a través de la sección de un río la velocidad no se distribuye uniformemente. La distribución es, por otro lado, diferente a la de un canal no erosionable. En la vertical, la velocidad es logarítmica.

$$\Delta z = \frac{V^2 * B}{g * R} = 0.24 \text{ m} \quad \text{Esto para una sola curva}$$

Esto sumándose a la fuerza centrífuga presente, donde en una sección vertical, en la cual hay una velocidad con distribución logarítmica, provocando una fuerza

mayo en la superficie que en el fondo; por tanto este fenómeno de corrientes secundarias, más fuertes, genera un avance lateral en el río, en las curvas.

Con esto podemos concluir, que gracias al proceso de gradación, con una baja energía de transporte, y mucho sedimento presente debido a factores externos y la geología, se tiene una pérdida continua de la capacidad de la sección provocando desbordes e inundaciones en la época de las avenidas.

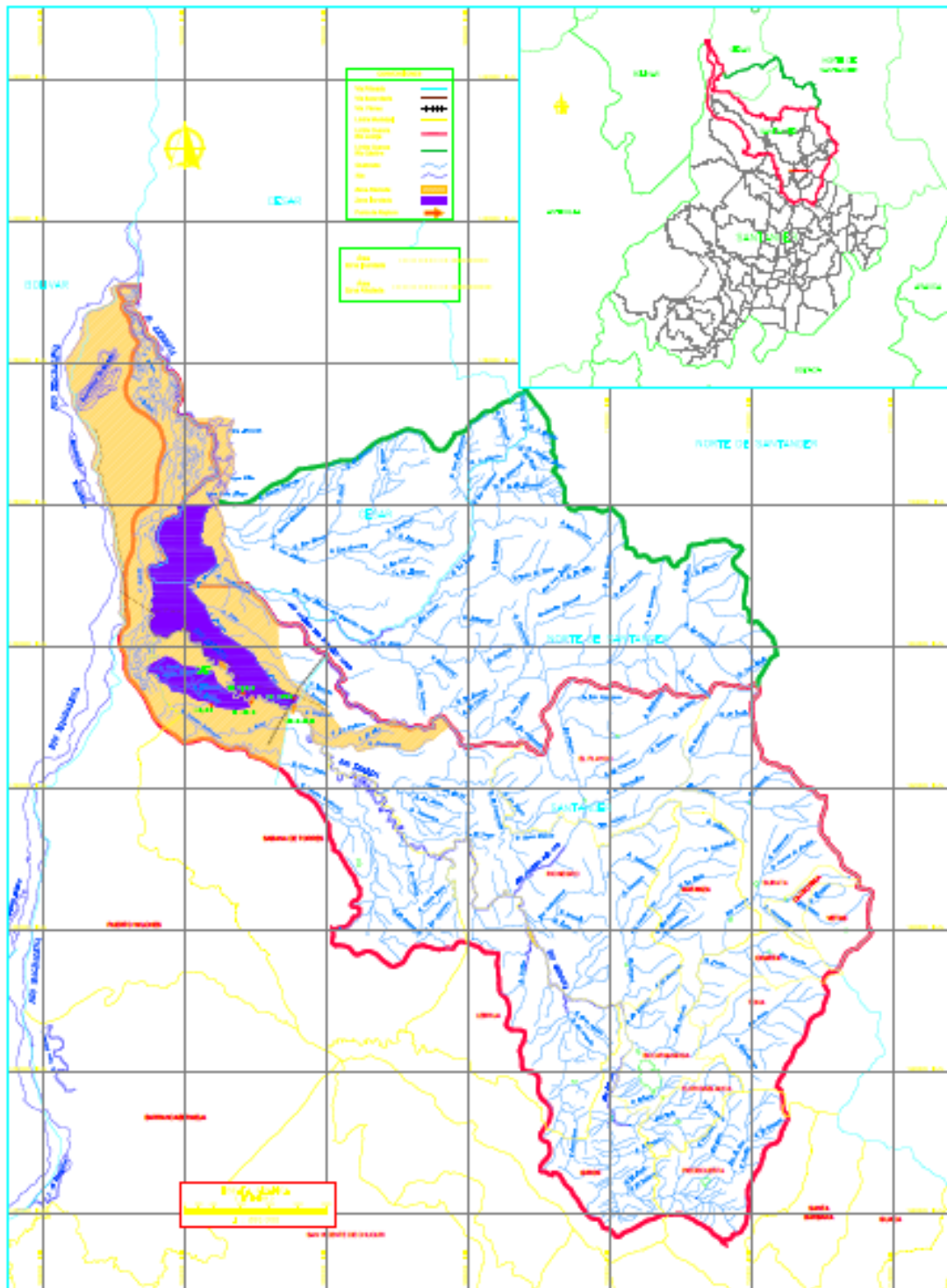
Esto sumando a el problema histórico de la zona, que comienza en la época del auge del cultivo de arroz, aproximadamente unos 25 años atrás, en los cuales se construyeron una serie de canales de riego, en el río Cáchira, los cuales fueron erosionados y ampliados por la actividad de las aguas, al punto que su cauce capturo el Caño Diez, este Caño no tenía la suficiente capacidad para transportar gran parte del caudal del río Cáchira, y empezó a divagar, tratando de ampliar su cauce, originando problemas de socavación lateral e inundación al sobrepasar los niveles normales.⁸

Esta captura de corrientes también se puede presentar, en el nacimiento de la quebrada Payandé, donde el Caño Diez en ese momento convertido en río Cáchira, erosiona la margen derecha de un meandro.

Esta situación se presentó en la inundación ocurrida el año pasado, debido a las lluvias intensas presentadas, en los meses de noviembre y diciembre en todo el país; tal cual como se predijo en el informe de Ingeominas, el río Cáchira, se desvió en el Caño Diez, y en la Payande y estos inundaron todo el casco urbano del corregimiento de San Rafael como se vio en las figuras 4 a la figura 7, donde se muestra la magnitud de lo sucedido. En la figura 18 y 19, se muestra un estudio de toda la zona posible de inundación realizado con los caudales máximos que se presentaron en la inundación.

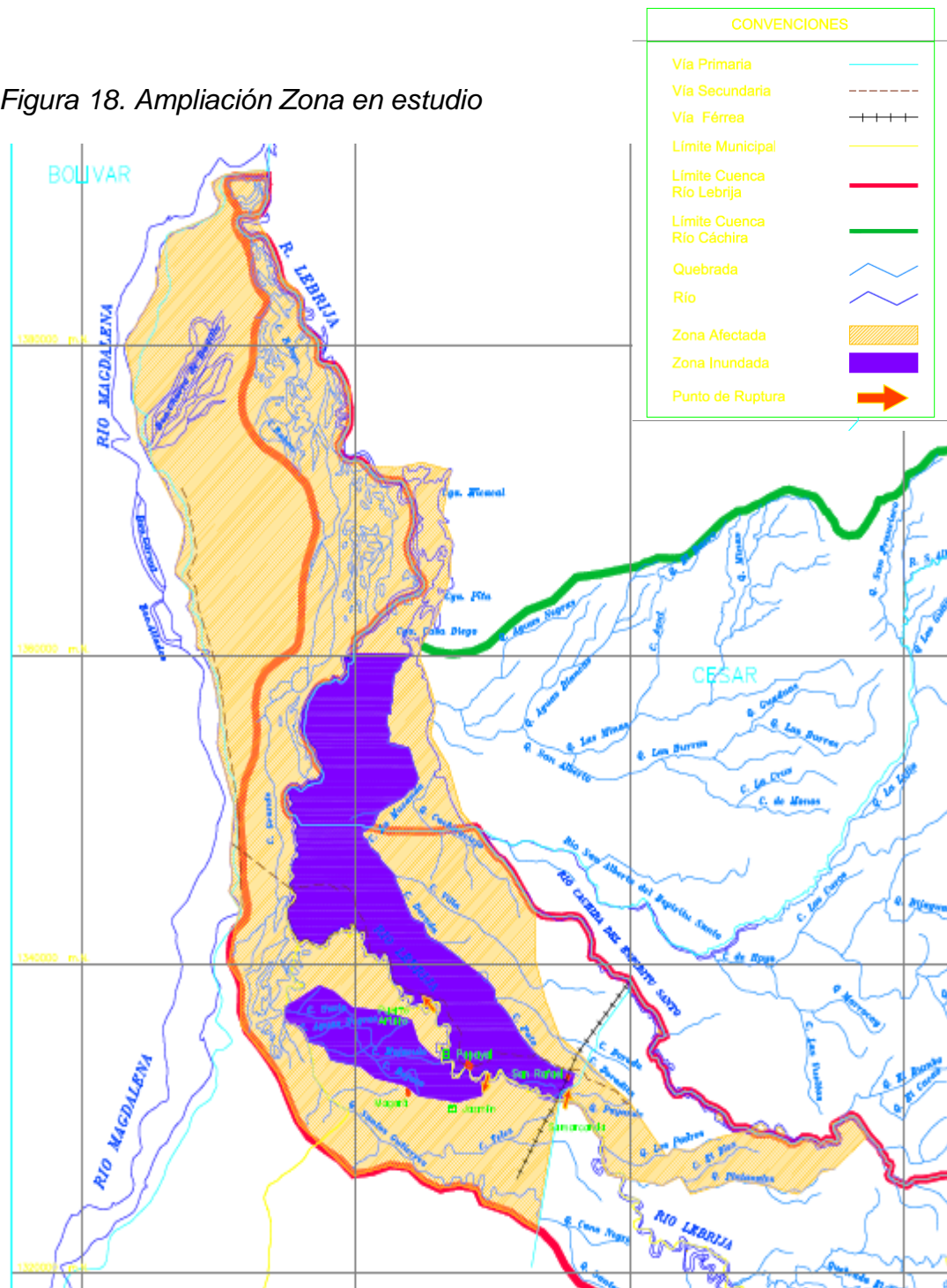
⁸ CDMB, & INGEOMINAS. (2002). *Problemas de Erosión originador por captura de corrientes en el río Cachira, Corregimiento de San Rafael, Municipio de Rionegro (Santander)*. Bucaramanga: INGEOMINAS, CDMB

Figura 17. Zona Inundación Cuenca Río Lebrija



Fuente: ECODES Ecología y Desarrollo.

Figura 18. Ampliación Zona en estudio



Fuente: ECODES Ecología y Desarrollo.

2.4 POSIBLES ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN PARA LA MARGEN DERECHA DEL RÍO LEBRIJA.

Las estructuras escogidas para esta labor de control, tanto de la erosión en la margen derecha como del cauce y la prevención de inundaciones en la zona de estudio, son una de estructuras que en conjunto nos ofrecerán el mejor resultado, tanto en el corto tiempo, como en los años venideros.

No solo se debe pensar en una única estructura, pues el cambio en el cauce y la posible recuperación de la margen deben lograrse de manera progresiva.

La opción tomada por parte de la administración departamental es la construcción de espolones o espigones, dentro del río en la margen afectada, en este caso hablamos de la derecha; estas estructuras son elementos que arrancan de la orilla fluvial a la que se pueden estar empotrados o no, y penetran dentro de la corriente. Esto los hace bastante vulnerable a la fuerza del agua, el diccionario de la Real Academia define el espigón como un “*Macizo saliente que se construye a la orilla de un río o en la costa del mar, para defender las márgenes o modificar la corriente*”.⁹(Rocha Felices, 2007)

Además de estos espigones se debe fortalecer y en algunos casos construir una muralla artesanal o jarillón como ayuda al control de la inundación, de esta estructura se tratara al final de estos estudios, después de tratar todo lo relacionado con los espigones, y así lograr un conjunto de estructuras más eficaz, tanto para el cuidado de la margen derecha como una posible inundación en época de verano.

Estos espigones (ó espolones, como se muestra en mucha de la literatura), tienen muchas formas de clasificarse. Siendo los métodos de clasificación más usados

⁹ Rocha Felices, A. (2007). *Consideraciones sobre las Defensas Fluviales a Base de espigones*. Arequipa, Peru: XVI Congreso Nacional de Ingeniería Civil.

los que se refieren al material, y los que se refieren a sus características geométricas.

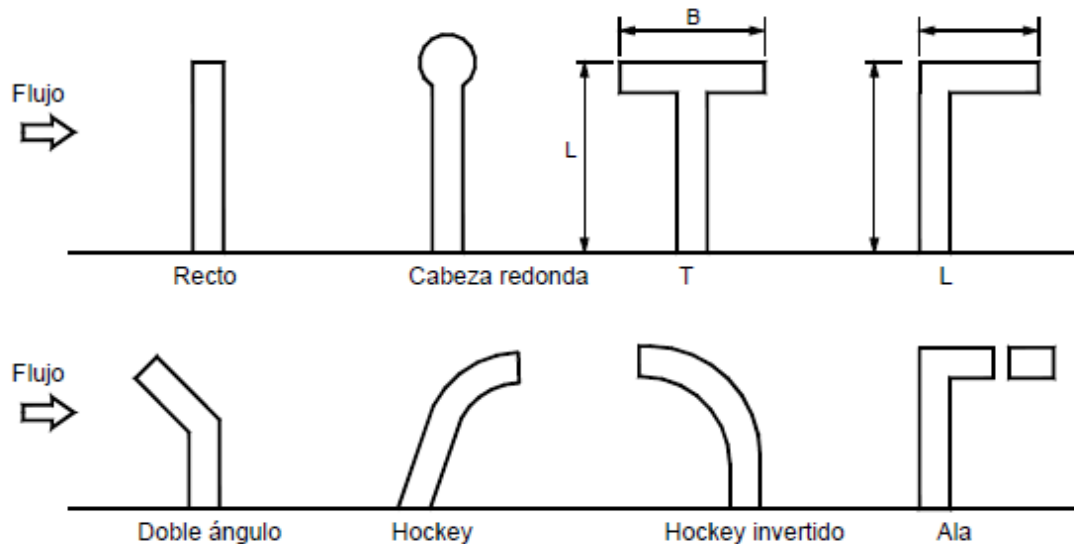
Con respecto a la clasificación según sus características geométricas tenemos:

- Espigones rectos, o a un cierto ángulo con la orilla. La cabeza o punta del espigón es más robusta y tiene algún sistema de protección contra la socavación que se desarrolla en sus alrededores.
- Espigones en forma de L, la que actúa como protección contra la socavación.
- Espigones en forma de T, la que generalmente es a 90° con respecto al espigón.
- De cabeza redondeada.
- De doble ángulo.
- Espigones curvados, tipo "Hockey", normal e invertido
- Espigones tipo Ala

Los espigones sin importar sus características geométricas, todos tienen las siguientes partes:

- La punta del espigón: es el punto crítico para la socavación por la concentración de las corrientes y la velocidad del agua.

Figura 19. Formas en planta de espigones



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

- La cresta: como su nombre lo indica es la parte superior del espigón y puede ser sumergida. Además si la cresta es desbordable en algún momento por la corriente se debe tener en cuenta una protección contra la socavación.
- Anclaje: esta es una posibilidad que depende totalmente de la situación de la orilla en la que se colocara el espigón.
- Cimiento: es de los factores más importantes, de este depende muchas veces la vida útil del espigón, siendo demasiado importante tener en cuenta un colchón o tapete como protección contra la socavación.

La escogencia del tipo adecuado de espigón lo dictan las características tanto morfológicas como geológicas del río; en nuestro caso se hablara de espigones rectos con cierto ángulo de inclinación a favor de la corriente, pensando en lograr una sedimentación importante en la orilla y recuperar poco a poco la margen que se ha venido perdiendo progresivamente con los años debido a los problemas anteriormente expuestos.

Teniendo esto en cuenta, se puede hacer una lista, de los elementos a diseñar los cuales seria:

1. Localización en planta. Incluyendo radios de curvatura, longitud de tangentes y ancho del cauce.
2. Ángulo de orientación respecto de la orilla.
3. Longitud de espigones.
4. Espaciamiento entre espigones.
5. Elevación de la cresta de los espigones.
6. Número de espigones.
7. Socavación
8. Permeabilidad del espigón. Características y tamaño de los materiales para la construcción de los espigones.
9. Parámetros necesarios para el cálculo de Espigones.

Es importante señalar que el diseño de estas estructuras es geométrico dependiendo principalmente de topografías, especificaciones de curva y batimetrías. Solo la socavación y permeabilidad depende de los materiales.

Este diseño en planta, no tiene formulas ni reglas rígidas.(Rocha Felices, 2007). El ingeniero que proyecta o diseña estos sistemas, debe basarse muchas veces en su experiencia que ha desarrollado solucionando problemas similares.

2.4.1 LOCALIZACIÓN EN PLANTA

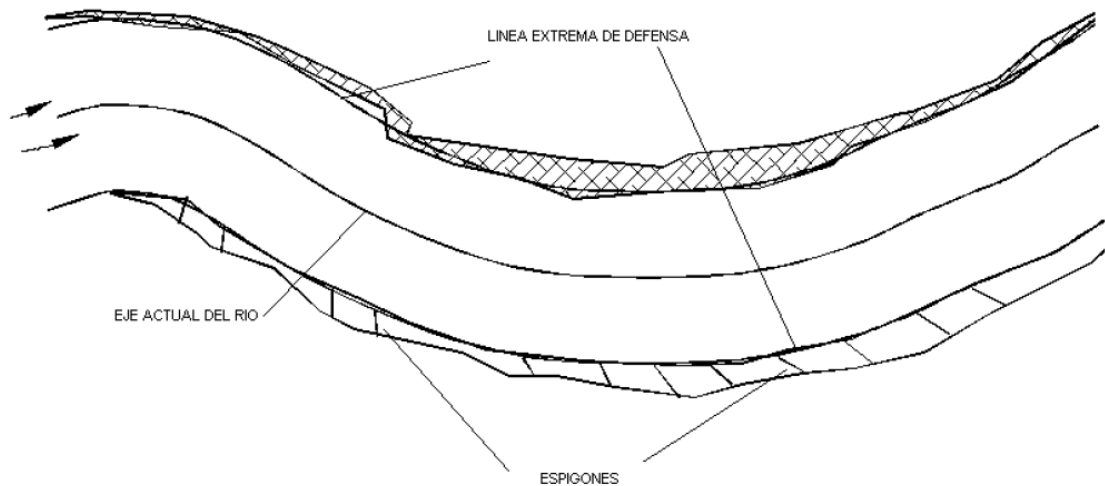
Principalmente se requiere trazar en planta el eje del río y en las orillas dibujar una línea paralela al eje a la cual llegarán los extremos de los espigones. La longitud de cada espigón estará dada por la distancia de la orilla real a esta línea. El ancho con el que se quiere dejar el río (B) es directamente influenciado por estudio de estabilidad de la corriente, el cual incluye factores como: si el tramo es navegable o algún cambio de pendiente por rectificación.

Cuando se habla de rectificación en cauces formados por arenas y limos es importante tener en cuenta la siguiente relación entre el ancho B y los radios de curvatura:

$$2.5B < R < 8B \quad R = \text{Radio de curvatura} \quad B = \text{Ancho del río}$$

Para nuestro caso se vio perfectamente respetada esta relación, buscando que los espigones no sean agresivos contra el cauce.

Figura 20. Trazo del eje del río y líneas extremas de defensa para proteger los márgenes actuales



Fuente: [en línea] < <http://www.lemac.com.mx/manualgavion/manual-parte3.PDF>

Es importante recordar que la parte más profunda del canal del río se encuentra en la orilla externa de la curva. Como se presenta en todos nuestros casos y como se ve en el ejemplo de la figura 21, se trabaja con la margen derecha del río.

En la localización es vital no pensar en curvas aislada como tal, sino pensar en sistemas, pues es muy común que a medida que pase el tiempo, el río se irá por otro sitio, dejando atrás el sistema de espigones que estaban antes. Esto es recomendable especialmente en ríos divagantes o que sufren erosión en sus curvas.

2.4.2 ÁNGULO Y ORIENTACIÓN RESPECTO A LA ORILLA.

Como se había descrito anteriormente, los espigones, arrancan en la orilla y penetran dentro del cauce formando cierto ángulo con él. La elección de esta depende de factores, algunas veces económicos, pero principalmente se refieren generalmente a su función. Las posibilidades son:

- Espigón en ángulo recto ($\alpha = 90^\circ$)
- Espigón inclinado aguas arriba o contracorriente ($\alpha > 90^\circ$)
- Espigón inclinando aguas abajo o con la corriente ($\alpha < 90^\circ$)

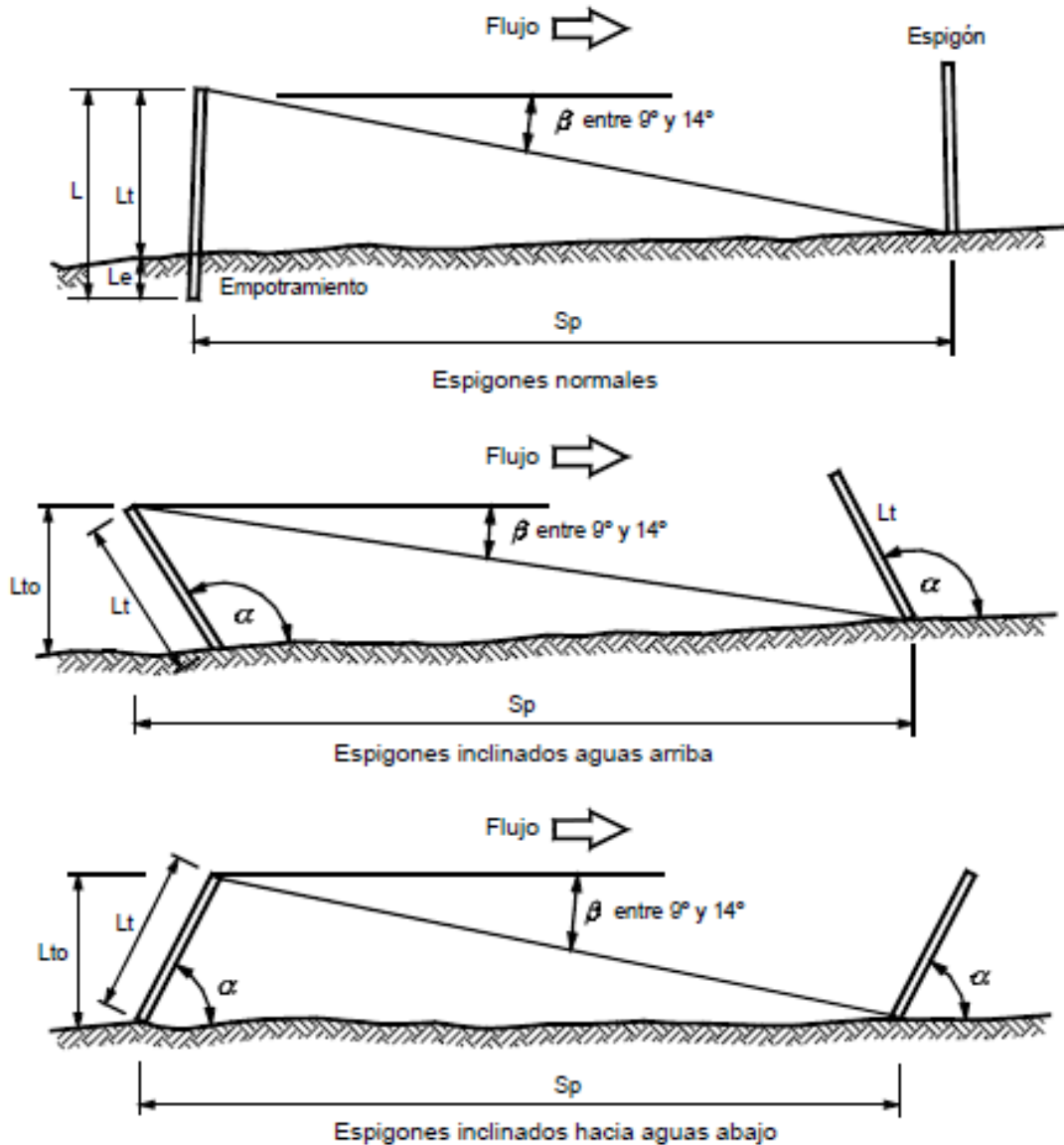
Los espigones de ángulo recto son usados generalmente para favorecer la formación de un canal central de la navegación.

Los espigones inclinados aguas arriba son los más usados mundialmente, Suarez Diaz citando a Richardson señala que son los que producen un mejor efecto en lo que respecta a sedimentación de sólidos y a desvío de corriente. El ángulo recomendado se encuentra entre 100° y 120° .

Finalmente los espigones inclinados aguas abajo tienen una cantidad de opiniones divididas, algunos autores mencionan su no utilización en las partes cóncavas de las curvas y otros recomiendan un ángulo según su radio de curvatura. Según lo

observado estos espigones son perfectos cuando se quiere solamente la protección de la orilla, con sedimentación, sin afectar significativamente a la orilla contraria, en pocas palabras sin que el eje central del río o el thalweg del mismo sean modificados.

Figura 21. Orientación de los espigones respecto al flujo



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

La mejor solución para la problemática presentada son espigones inclinados aguas abajo, teniendo en cuenta, que no se quiere desviar la corriente pues esto generaría entonces un problema en la orilla contraria siendo como resultado de una solución otro problema de las mismas características.

Los espigones a diseñar serán cortos pero se tratara de que no tengan ángulos menores a 70 grados tratando de evitar el problema de no llevar el cauce a la orilla, solo exceptuando el primer espigón, que por construcción, y evitando la agresividad en el cauce se trabajara con un ángulo un poco menor tendiendo a 55 grados.

Aunque no es teóricamente relevante también fue tenido en cuenta el concepto de la comunidad que ven con mejores ojos este tipo de espigones, con la razón de que los espigones contra corriente, son muy agresivos, y que la experiencia en la zona con espigones contracorriente no ha sido la mejor.

2.4.3 LONGITUD DE ESPIGONES

La longitud de un espigón se divide en: longitud de anclaje y longitud de trabajo. La primera es la que se encuentra en la orilla, y la segunda es la entra en el cauce del río.

La longitud del espolón como tal no tiene una formula, y depende totalmente de la localización en planta de la nueva orilla o el thalweg y el ángulo de inclinación del mismo. Solo tenemos como relación importante a tener en cuenta lo siguiente:

$$h < L < \frac{B}{4} \quad B = \text{ancho medio del cauce} \quad h = \text{tirante medio} \quad L = \text{longitud espigon}$$

Cuando se habla de tirante medio se refiere a la profundidad que se presenta en el río, y la longitud del espolón hace referencia a la longitud efectiva la cual es la suma de él empotramiento y la longitud de trabajo.

2.4.5 ELEVACIÓN DE LA CRESTA DE LOS ESPIGONES

La elevación de la cresta y las pendientes de los espigones, como se menciona en la tesis “Diseño De Alternativas De Protección De Orillas De La Margen Derecha Del Río Lebrija Sector San Rafael Los Chorros Municipio De Rionegro Santander”, deberán construirse con pendiente longitudinal hacia adentro del río. Necesitan iniciarse a la elevación de la margen o a la elevación de la superficie libre al escurrir el gasto formativo.

El extremo dentro del cauce deberá tener alturas máximas de 50 cm sobre el fondo actual, con ello se logran pendientes de 0.05 a 0.25 que han trabajado satisfactoriamente. Las últimas experiencias obtenidas indican que se disminuye la erosión local en el extremo del espolón, se produce un mayor depósito de sedimentos adyacentes al talud de aguas abajo del espolón, se tiene un ahorro de 40% a 70% del material de construcción, se produce más rápidamente la sedimentación entre espolones y no han existido problemas de flaqueo o daños en el anclaje, aun espaciándolos cuatro (4) veces la longitud de trabajo.

La Gobernación para solucionar la emergencia de manera más rápida y efectiva realizó sistema de espigones en las curvas de Las Garzas, Samarcanda y Puerto Arturo con un tubería de perforación de petróleo y llantas de camión, todo esto ya usado. Lo cual no tiene ninguna pendiente sino solamente una altura sobre el nivel del gasto del río; estos espigones y su desarrollo en la zona se explicaran más adelante cuando se llegue a la parte de materiales, pero es importante decir que al no existir una pendiente la base de este tipo de espigones tiene el mismo ancho que su cresta, dando como resultado un diagrama de esfuerzos directos a lo alto de la estructura.

2.4.6 NÚMERO DE ESPIGONES

El número de espigones varía principalmente de la longitud de la nueva curva imaginaria y de la longitud de cada uno de los espigones. Por tanto, no existe una relación de cuantos espigones se deben diseñar, solo se recomienda un mínimo de 3 a 4 espigones por curva para un mejor funcionamiento.

En este aporte se recomienda una cantidad de más de 10 espigones por curva, pues son espigones cortos, de protección de la orilla y no de desvío del cauce.

2.4.7 SOCAVACIÓN

La socavación local en la punta de los espigones es de importancia durante su construcción cuando se utilizan elementos que están sueltos entre sí (bolsas, piedras, gaviones etc.). Si la velocidad de la corriente es mayor de 50 cm/s conviene recubrir el fondo sobre el que descansará el espigón con una capa de piedra de unos 30 cm de espesor, y después construir el espolón de la orilla hacia el centro del cauce. De no colocar ese piso que evita la socavación local durante la construcción se necesitarán mayores volúmenes de material.

2.4.8 PERMEABILIDAD DEL ESPIGÓN. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La lista de materiales para realizar este tipo de estructuras es bastante extensa entre ella se encuentra madera, troncos, piedra, elementos prefabricados de concreto, bolsamorteros, bolsacretos, hexápodos, acero y alambre, llantas y tubos de perforación. Los materiales que nos interesan en este aporte son los bolsamorteros y los espigones hechos de llantas y tubos, pues son los espigones que mejor cumplen las expectativas económicas y de control de la orilla, dejando fuera espigones de tipo gavion por la falta de material cercano al sitio, espigones tipo prefabricados de concreto y hexápodos por su sobre costo, su complejo transporte y su construcción de mano de obra algo especializada.

Este es el punto principal para la escoger la mejor alternativa para la protección de la orilla, por tanto en este capítulo me extenderé hablando de los materiales, las ventajas y desventajas de cada uno, y además se tendrá en cuenta la evolución que han tenido los espigones de llantas y tubos de perforación en las tres grandes roturas presentadas en Diciembre del año pasado, como lo son: Las Garzas, Samarcanda y Puerto Arturo.

Para iniciar se debe resaltar el hecho que ambos tipos de espigón son de tipo permeables siendo el de bolsamortero menos permeable que el de llantas, por lo espacios que se localizan entre cada elemento.

2.4.8.1 ESPIGÓN DE LLANTA Y TUBERÍA DE PERFORACIÓN. PERMEABILIDAD, MÉTODO CONSTRUCTIVO Y EVOLUCIÓN EN EL SITIO DE ESTUDIO, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

El espigón de llanta y tubería de perforación no es muy nombrado en la literatura, por no decir, que ningún autor lo menciona, al no tener bases teóricas se hará necesario basarse solo en la práctica y la experiencia vista en el sitio de estudio.

Este tipo de espigones tienen unas características geométricas bastante marcadas como lo son:

- No existe una base de mayor tamaño, sino que su base tiene el mismo ancho y largo que su cresta. El ancho lo dicta el tamaño de la llanta que se usa.
- El empotrado se hace mediante un tubo de perforación horizontal sobre toda la estructura que la une completamente, tratando de hacerla de alguna manera más rígida, y evitando que se comporte cada elemento por separado.
- El espigón, se encuentra totalmente hueco en su parte central.

Figura 23. Espigones de llantas y tubería de perforación



Fuente: El autor

- Se utilizan una serie de tubos de perforación, los cuales se unen mediante soldadura.

Como propiedades importantes presenta una disminución de la fuerza del cauce mediante una difracción de ondas, que al llegar a la orilla no presenta un gran peligro al no producir un gran impacto sobre ella. Esto se produce en los espacios presentados entre llantas, que al ser de un tamaño grande permite el paso del agua.

Por lo anterior este tipo de espigón se puede explicar cómo muy permeable debido a su constante de paso de agua a través de él. Lo ideal es que con el tiempo las llantas se llenen del mismo sedimento que lleve el río dándole más rigidez y quitándole permeabilidad. A medida que se llenan de sedimento las llantas se van bajando, lo cual hace necesario la colocación de nuevas llantas en la parte superior para mantener la altura del espigón.

En momentos de creciente del río el espigón funciona de manera que los tubos de perforación tienen que soportar las fuerzas que produce el agua siendo crítico el momento que se puede presentar en la parte superior de la estructura el cual, haría que se doblaran y se perdiera completamente la rigidez de la estructura.

Estas serian las condiciones más críticas que tendría que soportar esta estructura, y dando como sugerencia rellenar el tubo de perforación con un concreto fluido para aumentar la resistencia a este tipo de fuerzas. Esta opción estuvo planteada en la secretaria de Transporte e Infraestructura de la Gobernación de Santander, pero debido al difícil de transporte a la zona se desecho esta alternativa, y se tomo la alternativa de trabajar con un calibre de acero mayor para el tubo. El método constructivo y la facilidad del mismo es lo que llama la atención de esta estructura. Se instalan los tubos de perforación en el cauce del río con la orientación que tendrá el espigón. Se entierran en el lecho del río cerca de 5 metros por tubo, buscando que el momento producido por las fuerzas del agua saquen los tubos y perdamos toda la estructura.

Figura 24. Instalación de tubería de perforación en el río Samarcanda



Fuente: El autor

Después de la instalación de la tubería se continúa con la colocación de las llantas en los tubos de perforación anteriormente hincados:

Figura 25. Colocación de llantas en el espigón Samarcanda



Fuente: El autor

Estas instalaciones muchas veces necesitan más que fuerza humana para lograr ciertas profundidades cuando se habla del tubo de perforación, y las presiones correcciones cuando se habla de las llantas. En estas estructuras instaladas en las curvas de Las Garzas, Samarcanda y Puerto Arturo se uso en muchos casos un malacate artesanal, valiéndonos de poleas, o de la fuerza de la pala hidráulica de la retro.

El siguiente paso es lograr la rigidez de la estructura por tanto es necesaria la instalación de un tubo horizontal que una mediante soldadura, uniendo todos los

tubos verticales que se encuentran enterrados en el lecho del río. Este además se une a otro tubo que se encuentra enterrado en la orilla que se usa como sistema de empotramiento del mismo.

Figura 26. Instalación de tubo horizontal espigón Samarcanda



Fuente: El autor

Ahora es importante evaluar la socavación que se podría presentar en este espigón, tanto en su lado más peligroso como lo es unión con la orilla, o en el caso de este espigón en particular que tiene un problema que se podría presentar en otros sitios, tiene un problema de socavación después de la estructura, por problemas de topografía, los cuales son el encontrar cierta cuña que nos envía el caudal contra el espigón formando un remolino. Esto se puede controlar por medio de la colocación de sacos de bolsamortero en la base de la estructura.

Figura 27. Colocación bolsamortero evitando socavación Samarcanda inicial



Fuente: El autor

Figura 28. Colocación bolsamortero evitando socavación Samarcanda final



Fuente: El autor

Los resultados ofrecidos en estas curvas por este tipo de espigones son muy buenos a un plazo de menos de 3 meses, pensando que no hubo crecientes importantes en estos meses.

Figura 29. Puerto Arturo Febrero 2. Dos espigones construidos



Fuente: El autor

Figura 30. Puerto Arturo Febrero 25. Dos espigones construidos



Fuente: El autor

Figura 31. Puerto Arturo, Marzo 28



Fuente: El autor

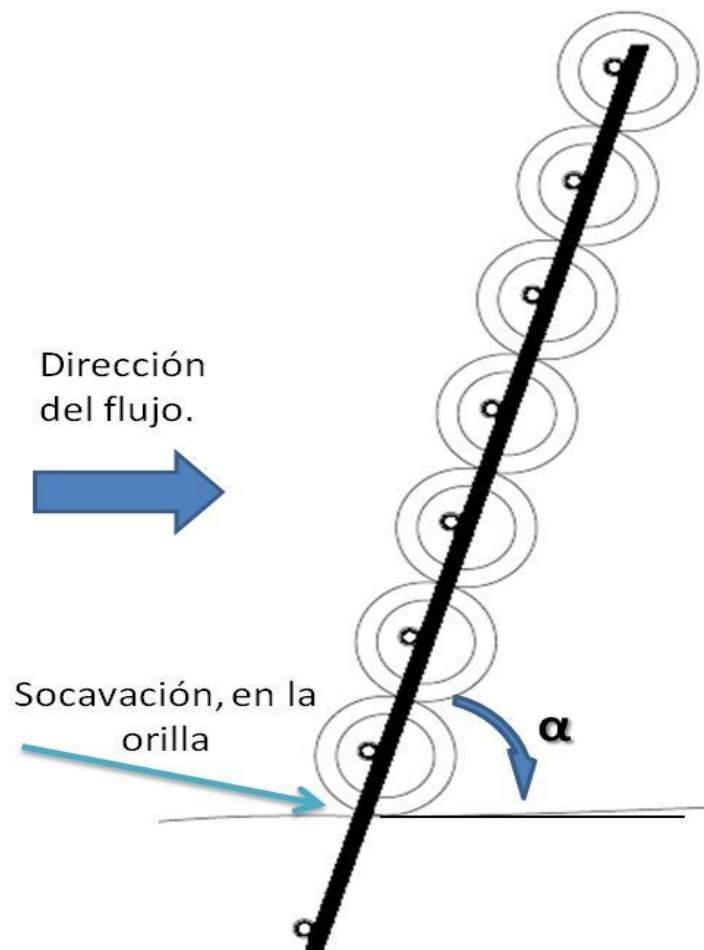
Como se muestra en la secuencia desde las figuras 29 a 31, la evolución y los buenos resultados de sedimentación del sistema de espigones de llantas y tubería de perforación, que en tan solo en el transcurso de unos meses, logro sedimentar la nueva orilla. Es importante resaltar el trabajo de los espigones aguas arriba que en la última fotografía, son los únicos de cierta manera que se encuentran directamente en el cauce, mientras los siguientes se encuentran anclados a la nueva muralla o jarillón construida después que en la temporada invernal del Diciembre de 2010, el río rompiera totalmente la estructura existente en ese momento.

Ya viendo las mayores ventajas de este tipo de espigón, las cuales son su facilidad de construcción y sus resultados experimentales en la zona en un corto periodo; ahora es de nuestro interés conocer todas las desventajas y los problemas que se pueden presentar en este tipo de estructuras.

Como se describió anteriormente, es de tener en cuenta el diagrama de esfuerzos que se pueden presentar en este tipo de estructuras, donde en algunos momentos toda la resistencia va a estar dada por la tubería de perforación dentro del río. Pues al no existir una pendiente de la cresta, no existirá una distribución de las cargas en el eje y.

En la figura 33, se presenta una localización en planta, mostrando otra de las desventajas más grandes de este espigón: la socavación entre la primera llanta y la orilla.

Figura 32. Diseño en planta, Espigón de llantas y tubería



Fuente: El autor

La socavación en la orilla y en el lecho del río debajo del espigón, es el problema más recurrente y peligroso que se presenta en este tipo de estructuras, que al no tener un recubrimiento interno y el empalme entre la orilla y el neumático es totalmente irregular, dejando una cantidad de espacios que en alguna creciente del río podría afectar completamente la estructura o posiblemente con el tiempo como se muestra en la siguiente figura, el mismo espigón envía el flujo hacia la orilla haciendo que el río y por el contrario, al no ser retirada esta estructura del río, nos creará problemas aun más serios en la orilla.

Figura 33. Socavación en la orilla de un espigón de llantas y tubería



Fuente: El autor

Ahora la socavación en la parte inferior del espigón, en su base, también es un factor que se debe controlar con el fin de que la estructura tenga una larga vida útil de lo contrario los neumáticos empezaran a descender entrando en el cauce del río, dejando cada vez más espacios debido a que los neumáticos se expanden porque ya no tienen la misma compactación.

Esto también influye en constante mantenimiento, pues para mantener un correcto funcionamiento, se deben colocar mas llantas a medida que estas se adentran en el lecho del rio por el peso de los sedimentos y la acción de la socavación. Esto con el fin de no perder altura de cresta, y no dejar tantos espacios en el espigón.

Figura 34. Socavación en el lecho del río en un espigón de llantas y tubería



Fuente: El autor

Este mantenimiento en algunos casos, como en el primer espigón construido en la finca Puerto Arturo donde este tipo de problema se presento al mes de construido, en algunos casos para la comunidad es más complicada de realizar por el hecho que se necesita desoldar y luego soldar, labor algo especializada que necesita experiencia por parte del trabajador; por tanto a veces se vuelve un poco complicado llevar un soldador periódicamente para realizar este mantenimiento. Además que la idiosincrasia de la comunidad de cierta manera de no cuidar sus cosas y de muchas veces esperar siempre el peor escenario para hacer las cosas. Por lo cual este tipo de mantenimientos por lo general nunca se realizan.

2.4.8.2 ESPIGÓN DE BOLSAMORTERO, PERMEABILIDAD, MÉTODO CONSTRUCTIVO, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Es importante señalar que teóricamente o en la literatura se habla generalmente de espigones, o estructuras de bolsacreto siendo estas mucho más resistentes y de un mayor peso. Este tipo de estructuras es de un uso mucho más frecuente y mucho más tecnificado que la alternativa anteriormente presentada. Además, no siendo solo usada como espigones, sino también usados en protección en taludes contra la erosión, recubrimiento de canales de riego y lluvia, diques, y muchas más obras hidráulicas en ríos, a razón de su resistencia y relativa durabilidad.

Esta estructura se presenta como un enrocado artificial, en reemplazo de rajones de piedra o de un posible muro de gaviones.

Las características geométricas de este tipo de espigón:

- Presenta una base, en el lecho del río, más ancha que su cresta actuando como fundación, y previendo momentos críticos que produzcan fuerzas de volcamiento. Además evitando socavación en la parte inferior.
- A medida que se llega a la cresta se presenta con una pendiente, haciendo la punta superior de la estructura sea más delgada.
- Para mejorar la unión entre sacos y mejorar su rigidez como estructura se colocan anclajes de varillas de hierro, semiverticales clavadas a mano uniendo las capas de sacos.
- La longitud de anclaje del espigón es vital para su funcionamiento, siendo de vital importancia que los primeros sacos queden dentro de la orilla o la muralla artesanal, dependiendo de donde se esté anclando el espigón.
- Los sacos ya sea de bolsamortero o bolsacreto, tienen una distribución en especial con el fin de evitar la generación de espacios.

- Los anclajes y/o la parte de la estructura que entra en contacto, con la orilla debe tener una mayor dimensión.

Figura 35. Espigones en bolsamortero y/o bolsacreto



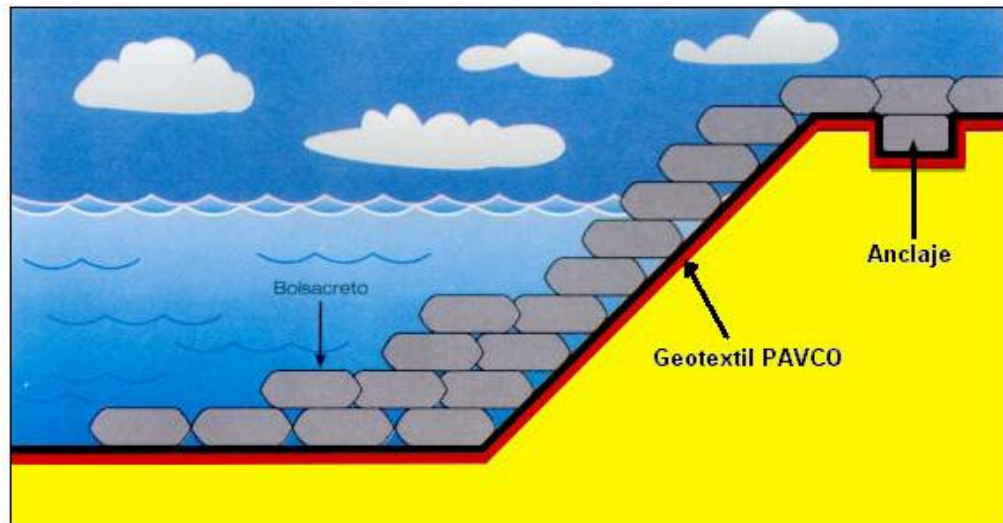
Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

A diferencia de los espigones de llantas y tubería, este tipo de espigones no han sido implementados en el sitio de estudio, principalmente por la rapidez que se necesitaba para la construcción de esas estructuras, pues estos espigones necesitan un poco más de tiempo para su diseño. Además por la falsa creencia de la comunidad de que estos sacos en una creciente del río serán arrastrados con facilidad, debido a que ellos mismos probaron colocando uno de estos sacos en el río y fue arrastrado con facilidad, mas no tienen la concepción de ver toda la estructura y la diferencia de peso que puede ser toda la estructura en conjunto.

El método constructivo, es algo sistemático y aunque bastante sencillo, como lo es la colocación de un saco sobre, se debe tener cuidado en que estén en la

distribución descrita por el ingeniero diseñador. Se empieza por la instalación o la colocación de un geotextil por debajo de los sacos para evitar la erosión del suelo de fundación, y en la parte de la orilla debe profundizar unos metros para realizar el mejor anclaje posible.

Figura 36. Instalación Bolsamorteros o Bolsacretos



Fuente: [en línea] <
http://www.coval.com.co/pdfs/manuales/man_pavco_bolsacretos_funciones_aplicaciones.pdf

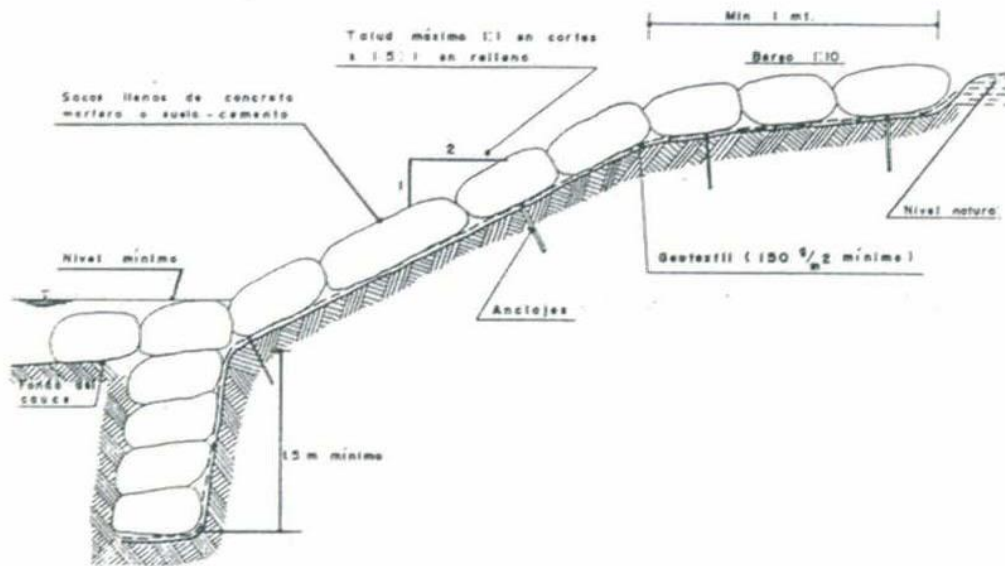
Suarez Díaz recomienda que en la base inferior del espigón se profundice mínimo 1,5 metros por debajo de la línea de agua, como se muestra en la figura 38.

Lo anterior se hace en algunos sitios prácticamente imposibles, en época de invierno, o cuando la sección del río cerca a la orilla es de gran profundidad, como se mostraba en la parte izquierda de la figura 12, donde muestra la batimetría del río en la margen derecha. En nuestra zona de estudio se hace muy difícil, esta consideración no se puede cumplir porque muchas veces la sección cerca de la orilla puede ser de más de 3 metros.

Después de la ubicación del geotextil se debe seguir la colocación de los bolsamorteros o bolsacretos, en la distribución especificada. Teniendo en cuenta

que se deben colocar anclajes de varillas de hierro semiverticales uniendo las capas de los sacos.

Figura 37. Recubrimiento del talud, para desarrollar estructuras de protección con bolsacreto o bolsamortero.

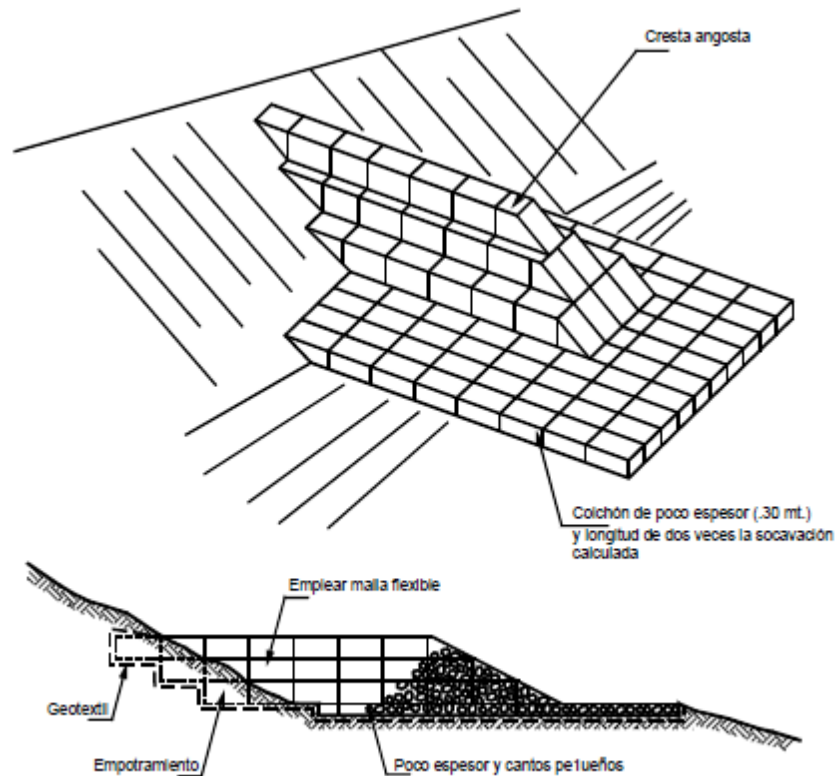


Fuente: [en línea] < http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregado/Cap%204.3%20Control%20erosi%F3n%20lineal.pdf

Para el final llegar a una distribución en planta mostrada en la figura 39, en donde se ve perfectamente que se debe tener un colchón de base de un espesor de 30 centímetros, como mínimo, lo cual se cumple perfectamente cuando se trabaja con el bolsacreto de PAVCO 1101 o 1401 que permiten una altura de llenado de 35 centímetros.

La empresa PAVCO nos muestra unos sacos con las mejores características, y muy bien estipulados todos los datos para el trabajo, dando como única condición nunca trabajar con menos de 1500 PSI para evitar el desgaste por abrasión.

Figura 38. Espigones en enrocados ya se artificiales, o naturales.



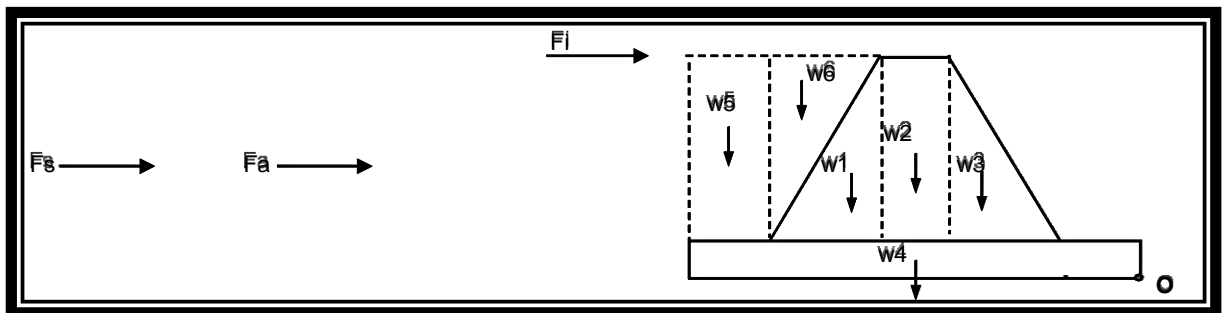
Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de Erosión en Zonas Tropicales*

Las ventajas que nos presenta este tipo de estructuras son:

- Facilidad en el transporte y el almacenamiento, por su característica de llenado del saco en obra lo cual permite manejar grandes volúmenes a bajos costos
- La velocidad de construcción nos permite cubrir grandes áreas en un corto periodo de tiempo.
- Fácil adaptación a superficies irregulares, pues mientras el proceso de fraguado el bolsamortero o bolsacreto toma la forma de la superficie.
- La no utilización de maquinaria pesada.

- Pueden instalarse por debajo del agua, no siendo necesario construir obras temporales de desvío que incrementan el costo de la obra.
- El mantenimiento no necesita de mano de obra calificada, solo siendo necesaria que se haga una correcta dosificación de la mezcla y su posterior colocación al sitio.
- No tiene una preocupación de la socavación en la orilla, por la utilización del geotextil, y además de la facilidad de adaptación de los sacos como se dijo anteriormente a zonas irregulares.
- Por el peso de la estructura es muy difícil que se presente una socavación en la parte inferior del espigón.
- Diagrama de esfuerzos con una mejor distribución en el espigón.

Figura 39. Distribución de esfuerzos en el espigón de bolsamortero o bolsacreto



Fuente: El autor

- Debido a la baja socavación de la orilla y en el lecho del río su vida útil es mayor a la de otras estructuras.
- No se necesita de una orilla, muy grande o cercana para lograr una buena longitud de anclaje.

Los resultados como se ven en la figura 36, en donde se presentaba el sistema se producen buenas sedimentaciones en recuperaciones de la orilla. Este sistema es permeable, de manera que la funcionalidad del mismo se adecua perfectamente a nuestra zona de estudio donde no se busca el desvío de la corriente.

La principal desventaja es la perfecta dosificación del material, por que como se dijo anteriormente para evitar el desgaste por abrasión se necesita que la resistencia sea de 150 Kg/cm² (1500 PSI). Además sumado a la poca creencia de la comunidad a este tipo de estructuras.

Las especificaciones técnicas que nos presenta la empresa PAVCO para los sacos, según el tamaño del saco y sus resistencias tanto al punzonamiento, al estallido y a la tensión se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Especificaciones Técnicas, Bolsacretos o Bolsamorteros

Características	Unidades	Referencia			
		1101	1102	1401	1402
Capacidad	m ³	1	2	1	2
Resistencia al punzonamiento ASTM D – 4833	N	320	320	390	390
Resistencia al Estallido. ASTM D – 3786 (Método Mullen)	PSI	250	250	320	320
Resistencia al Rasgado Trapezoidal ASTM D – 4533	N	240	240	240	240
Resistencia a la Tensión Grab. ASTM D – 4632	N	400	400	690	690
DIMENSIONES INTERNAS					
Ancho	cm	240	185	240	185
Largo	cm	120	270	120	270
BOQUILLA DE LLENADO					
Ancho	cm	35	35	35	35
Largo	cm	50	50	50	50
Boca	cm	22	22	22	22
Costura	Tipo	Doble	Doble	Doble	Doble

Fuente: Manual funciones y aplicaciones Bolsacreto COVAL. [En línea]
http://www.coval.com.co/pdfs/manuales/man_pavco_bolsacretos_funciones_aplicaciones.pdf

2.4.9 PARAMETROS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE ESPOLONES

Para hacer el diseño de los espolones es necesario averiguar los siguientes parámetros:

1. Caudal Dominante para un periodo de retorno de dos (2) años.
2. Coeficiente de rugosidad de Manning
3. Ancho del río
4. Tirante del río donde inicia la curva a estudiar.

2.4.9.1 CAUDALES MAXIMOS

El cálculo de los caudales máximos tuvo como base la información hidrológica suministrada por el IDEAM, para el cual se utilizaron los datos de la estación más cercanas al sector de estudio, San Rafael (Sabana de Torres).

Esta información comprende valores de caudales máximos 1966 – 1997 usados en la tesis base de este aporte, y es de mi competencia la actualización de estos datos desde el año 1997 – 2009, para un mejor ajuste de datos. En este momento el IDEAM no presenta los valores presentados en el año 2010 donde se presentaron las inundaciones. La tabla 4. Muestra los datos ofrecidos por el IDEAM de los 1966 hasta 1997 y la tabla 5 muestra los valores desde 1997 hasta 2009 para valores máximos de caudales máximos mensuales en (m³/seg).

Tabla 4. Valores de Caudales Máximos Mensuales (m³/seg) 1966 - 1997

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m3/sg)

NACIONAL AMBIENTAL

ESTACION SAN RAFAEL - MUNICIPIO DE SABANA DE TORRES

LATITUD	0735 N	TIPO EST	LM	DPTO	SANTANDER
LONGITUD	7333 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	SABANA DE TORRES
ELEVACION	70 m.s.n.m.	REGIONAL	8 SANTANDERES	CORRIENTE	LEBRIJA

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIE	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1966	59.0	68.0	64.0	85.0	255.0	490.0	185.0	185.0	320.0	600.0	680.0	610.0	680.0
1967	68.0	150.0	330.0	590.0	355.0	595.0	140.0	145.0	185.0	860.0	1000.0	210.0	1000.0
1968	52.0	92.0	137.0	394.0	315.0	388.0	244.0	206.0	275.0	285.0	227.0	119.0	394.0
1969	240.0	86.0	135.1	331.0	266.0	164.0	246.0	286.0	254.0	340.0	656.0	246.0	656.0
1970	369.0	277.0	83.8	246.0	119.0	176.0	235.0	161.0	285.0	475.0	456.9	265.0	475.0
1971	475.0	376.0	350.0	541.0	507.0	200.7	107.0	176.0	265.0	475.0	423.0	101.0	541.0
1972	297.0	704.0	427.0	696.0	911.0	860.0	301.0	294.0	158.0	866.0	528.0	487.0	911.0
1973	361.0	114.0	426.0	709.0	170.0	329.0	186.0	309.0	966.0	314.0	413.0	195.0	966.0
1974	168.0	116.0	153.0	224.0	181.0	65.0	62.8	70.5	197.0	356.0	298.0	280.0	356.0
1975	44.0	97.6	262.0	356.0	376.0	154.0	213.0	258.6	168.0	336.0	414.0	376.6	414.0
1976	148.0	315.0	164.0	294.0	210.6	210.6	117.0	123.6	220.0	407.0	382.7	101.0	407.0
1977	331.0	111.0	331.0	199.0	274.0	199.0	121.2	218.0	162.0	255.0	312.0	145.0	331.0
1978	164.0	150.0	407.0	407.0	176.0	144.2	138.6	116.1	220.0	600.8	360.1	189.8	600.8
1979	181.0	115.0	401.0	418.4	331.1	326.5	290.0	273.2	315.0	404.6	446.0	338.0	446.0
1980	96.0	360.0	162.0	162.0	315.0	162.0	125.2	127.8	360.0	290.0	338.0	468.0	468.0
1981	252.2	360.0	315.0	310.0	423.0	360.0	269.0	248.4	302.4	495.2	338.0	400.0	495.2

1982	408.0	518.0	150.0	586.7	564.0	285.0	231.2	112.0	308.0	398.4	330.0	83.0	585.7
1983	45.0	41.8	289.6	398.0	130.0	195.0	130.0	218.0	97.8	150.0	204.2	352.0	398.0
1984	262.0	308.0	102.0	285.0	433.2	308.0	195.0	150.0	420.0	354.2	390.8	171.9	433.2
1985	160.8	53.9	101.3	305.7	242.2	442.0	213.4	262.0	596.0	596.0	352.0	365.2	596.0
1986	152.4	162.0	374.0	226.8	390.8	462.5	208.8	195.0	262.0	628.8	321.2	150.0	628.8
1987	162.0	218.0	204.3	343.2	393.2	213.4	213.4	218.0	446.1	433.2	462.5	483.0	483.0
1988	51.8	199.6	123.0	537.5	365.0	337.5	138.4	461.3	580.0	665.0	597.0	441.0	665.0
1989	305.2	218.0	434.2	240.0	520.5	151.0	262.0	326.5	495.0	454.5	402.5	402.5	520.5
1990	134.8	396.3	226.0	383.8	488.3	165.0	252.0	112.0	210.4	252.0	537.5	706.0	706.0
1991	98.0	98.0	689.6	236.4	365.0	200.0	86.8	95.2	365.0	605.5	415.0	200.0	689.0
1992	131.0	73.0	48.4	165.0	106.4	427.5	70.8	103.6	252.0	115.5	176.9	153.8	427.5
1993	271.8	211.1	250.4	325.6	306.2	200.1	147.0	95.5	170.3	123.5	325.5	252.4	325.5
1994	109.4	109.4	94.7	328.4	387.1	92.4	365.1	57.1	307.5	376.1	409.2	175.0	409.2
1995	54.4	63.3	254.3	321.0	259.7	307.5	109.4	404.8	160.7	409.2	167.8	354.9	409.2
1996	103.8	121.8	409.2	297.4	287.0	354.9	254.3	263.4	263.4	409.2	365.1	246.0	409.2
1997	272.5	86.7	121.8	237.7	205.2	307.5	102.6	109.4	263.4	315.9	221.1	158.0	315.9

Fuente: IDEAM

Tabla 5. Valores de Caudales Máximos Mensuales (m³/seg) 1997 - 2009

I DE AM -INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES																SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL	
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m ³ /seg)																	
FECHA DE PROCESO:		2/17/2011														ESTACION: 23197370 SAN RAFAEL	
LATITUD	734	N	TIPO EST	L	DEPTO		SANTANDER		FECHA-INSTALACION		1974-OCT						
LONGITUD	7333	W	ENTIDAD	M	MUNICIPIO		SABANA DE TORRES										
ELEVACION	70	m.s.n.m	REGIONAL	08	CORRIENT		LEBRIJA										
AÑO	ES	EN	ENER	* FEBRE	* MARZO	* ABRIL	* MAYO	* JUNIO	* JULIO	* AGOST	* SEPTI	* OCTUB	* NOVI	* DICIE	* VR ANUAL	*	
1997	1	1	272.5	86.7	121.8	237.7	205.2	307.5	102.6	109.4	263.4	315.9	221.1	158	315.9		
1998	1	1	121.8	409.2	8 304.1	387.1	3 365.1	3 214.8	299.1	172.1	254.3	387.1	3 365.1	8 387.1	8 409.2	3	
1999	1	1	354.9	8 272.5	376.1	8 290.6	387.1	8 324.4	134.2	3 147.4	387.1	8 391.5	8 382.7	8 409.2	8 409.2	3	
2000	1	1	214.8	409.2	8 254.3	290.6	3 344.7	8 265.2	3 254.3	172.1	261.6	307.5	3 290.6	211.6	409.2	3	
2001	1	1	213.2	76.4	147.4	92.4	518	8 189.3	344.7	8 254.3	154.1	409.2	8 587	8 304.1	587		
2002	1	1	58.9	92.7	8 68.9	266.2	8 266.2	3 286.7	8 325.9	8 310.9	8 286.7	8 393	3 335.2	8 151.9	393	3	
2003	1	1	40.5	8 76.1	8 290.8	8 380.9	8 262.3	8 417.5	8 106.6	85.6	225.5	488	8 405.3	8 465	8 488		
2004	1	1	217.5	169.8	120.4	246.8	8 327	337.6	8 76	160.2	3 327	247	392.6	8 289	392.6	3	
2005	1	1	216.2	402.8	8 325.9	3 388.2	380.9	3 215.5	227.4	393	214.4	390.1	8 465.1	8 407.7	8 465.1	3	
2006	1	1	327	60.4	209	385	3 327	358.8	8 227	227	287	307	209	165.2	385	3	
2007	1	1	65.6	140	156.8	348.2	8 369.4	8 173.6	126	140	327	382.5	8 348.2	8 287	382.5		
2008	1	1	126	237	363	8 327	382.5	8 194.6	173.6	307	297	3 456.8	8 498.2	8 348.2	8 498.2	3	
2009	1	1	350.4	158.3	3 405	460.7	350.4	364.1	145.5	262.8	158.3	364.1	502.4	350.4	502.4	3	
MEDIOS			198.4	199.3	241.8	315.5	345.1	280.7	195.6	210.9	264.9	372.3	384.8	302.6	276		
MAXIMOS			354.9	409.2	405	460.7	518	417.5	344.7	393	387.1	488	587	465	587		
MINIMOS			40.5	60.4	68.9	92.4	205.2	173.6	76	85.6	154.1	247	209	151.9	40.5		

Fuente: IDEAM

2.4.9.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El método a utilizar es el método de Gumbel con el cual se estimaran caudales máximos para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

Para esto se colocaran todos los caudales máximos en una tabla ordenándolos de mayor a menor, para luego obtenerlos datos de caudales máximos para cada periodo de retorno.

Tabla 6. Trabajo estadístico con caudales máximos en la estación San Rafael

ORDEN CRONOLOGICO DE CAUDALES MÁXIMOS		CAUDALES MÁXIMOS ORDENADOS DE MAYOR A MENOR	
AÑO	VR ANUAL	AÑO	CAUDAL MAXIMO
1966	680.0	1967	1000.0
1967	1000.0	1973	966
1968	394.0	1972	911
1969	656.0	1990	706
1970	475.0	1991	689
1971	541.0	1966	680
1972	911.0	1988	665
1973	966.0	1969	656
1974	356.0	1986	629
1975	414.0	1978	601
1976	407.0	1985	596
1977	331.0	2001	587
1978	600.8	1982	586
1979	446.0	1971	541
1980	468.0	1989	521
1981	495.2	2009	502
1982	585.7	2008	498
1983	398.0	1981	495
1984	433.2	2003	488
1985	596.0	1987	483
1986	628.8	1970	475
1987	483.0	1980	468
1988	665.0	2005	465
1989	520.5	1979	446
1990	706.0	1984	433

1991	689.0	1992	428
1992	427.5	1975	414
1993	325.5	1994	409
1994	409.2	1995	409
1995	409.2	1996	409
1996	409.2	1998	409
1997	315.9	1999	409
1998	409.2	2000	409
1999	409.2	1976	407
2000	409.2	1983	398
2001	587.0	1968	394
2002	393.0	2002	393
2003	488.0	2004	393
2004	392.6	2006	385
2005	465.1	2007	383
2006	385.0	1974	356
2007	382.5	1977	331
2008	498.2	1993	326
2009	502.4	1997	316

Fuente: El autor

Tabla 7. Caudales Máximos, para cada Periodo de retorno, Método Gumbel

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	PROBABILIDAD	REDUCIDA (b)	CAUDAL PROMEDIO (m ³ /seg)	DESVIACION ESTANDAR	CAUDAL MAXIMO (m ³ /seg)
2	0.5	0.37	508.60	159.84	482.35
5	0.2	1.50	508.60	159.84	623.60
10	0.1	2.25	508.60	159.84	717.12
20	0.05	2.97	508.60	159.84	806.83
50	0.02	3.90	508.60	159.84	922.95
100	0.01	4.60	508.60	159.84	1009.96

Fuente: El autor

2.4.9.3 CALCULO DEL N DE MANNING

Tabla 8. Obtención del n de Manning

DETERMINACION DEL VALOR DE n DE MANING PARA EL RIO LEBRIJA EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SAN RAFAEL Y LOS CHORROS

El valor del coeficiente de Manning se determina para una corriente natural con base en la siguiente expresión:

$$n = (nm + ni + nv + no + nve) mm$$

nm ₁	Para canales en tierra	0.020
nm ₂	Para canales en roca cortada	0.025
nm ₃	Para canales en grava fina	0.024
nm ₄	Para canales en grava gruesa	0.028
nm ₅	Para canales en tierra arenosa	0.023
ni ₁	Irregularidad de sección liso	0.000
ni ₂	Irregularidad de sección menor	0.005
ni ₃	Irregularidad de sección moderada	0.010
ni ₄	Irregularidad de sección severa	0.020
nv ₁	Variación entre secciones gradual	0.000
nv ₂	Variación entre secciones alternante ocasional	0.005
nv ₃	Variación entre secciones frecuentemente alterna	0.010
nv ₄	Variación entre secciones muy frecuente alterna	0.015
no ₁	Obstrucciones despreciable	0.000
no ₂	Obstrucciones menor	0.012
no ₃	Obstrucciones apreciable	0.025
no ₄	Obstrucciones severa	0.055
nve ₁	Vegetación nula	0.000
nve ₂	Vegetación baja	0.007
nve ₃	Vegetación media	0.017
nve ₄	Vegetación alta	0.037

nve5	Vegetación muy alta	0.075
mm ₁	Cantidad de meandros menor	1.000
mm ₂	Cantidad de meandros apreciable	1.150
mm ₃	Cantidad de meandros severa	1.300

Con la tabla anterior calculamos el n de Manning para el río Lebrija y sus orillas

Valor de Manning para el río Lebrija

$$n = (0.023 + 0.005 + 0.000 + 0.000 + 0.000) \times 1 \quad \mathbf{0.028}$$

Valor de Manning para los bancos del río Lebrija

$$n = (0.023 + 0.005 + 0.000 + 0.000 + 0.007) \times 1 \quad \mathbf{0.035}$$

Fuente: El autor

2.4.9.4 APLICACIÓN DEL HEC – RAS

Teniendo el caudal dominante, el coeficiente de rugosidad de Manning y la geometría del río en la curva se aplicó el HEC - RAS, dando las variables de tirante, ancho del río, velocidad, etc.

Para la curva Gaviotas que es la primera curva, que encontramos después de la curva de la Finca Puerto Arturo, se usó el programa mencionando tomando en cuenta que la curva se dividió en 5 secciones para un mejor trabajo.

Con este se encontró un rango para la longitud de Espigones, y los rangos de curvatura óptimos para el diseño de los mismos.

Tabla 9. Valores HEC - RAS curva Gaviotas

	Y (m)	V (m/s)	B (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)
SECCION 5	6.12	0.90	115.93	563.8	121.39	4.64
SECCION 4	4.81	1.77	90.08	281.69	92.21	3.05
SECCION 3	3.17	2.54	77.78	198.73	78.9	2.52
SECCION 2	3.25	3.31	92.25	153.19	94.93	1.62
SECCION 1	2.22	4.24	65.67	119.51	66.91	1.79

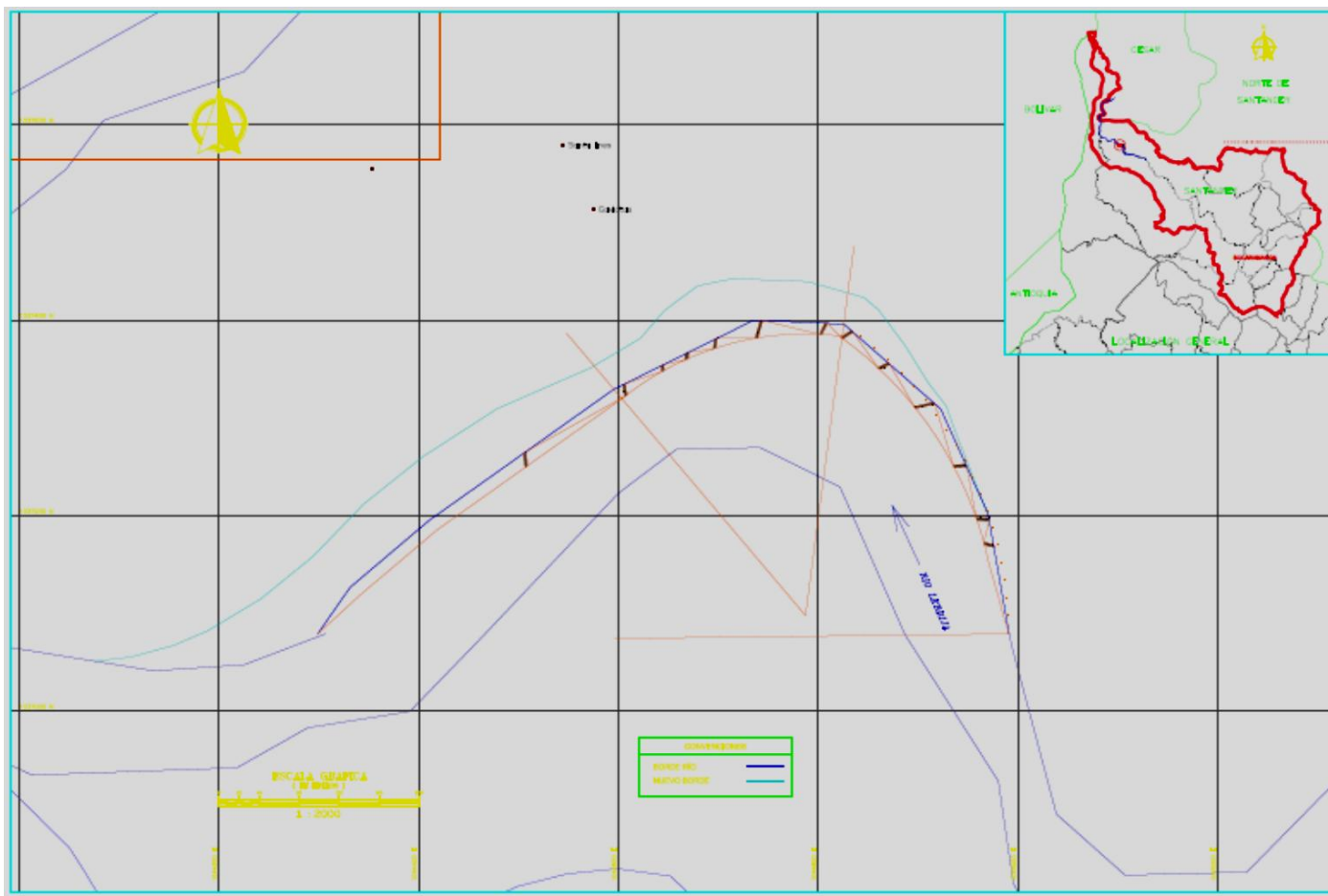
<p>RANGO DE CURVATURA No. 1 GAVIOTAS SECCIONES 1,2,3</p> <p>B prom = 94.60</p> <p>$2.5 * B < r < 8 * B$ 236.49 < r < 756.77 586</p> <p>r gráfico = mts O.K.</p>	<p>RANGO DE LONGITUD DE UN ESPIGÓN SECCIONES 1,2,3</p> <p>$Y < L < B/4$ 6.00 < L < 23.65</p> <p>ESPOLONES CALCULADOS O.K.</p>
---	---

<p>RANGO DE CURVATURA No. 2 GAVIOTAS SECCIONES 4,5</p> <p>B prom = 78.96</p> <p>$2.5 * B < r < 8 * B$ 197.40 < r < 631.68 248</p> <p>r gráfico = mts O.K.</p>	<p>RANGO DE LONGITUD DE UN ESPIGÓN SECCIONES 4,5</p> <p>$Y < L < B/4$ 3.25 < L < 19.74</p> <p>ESPOLONES CALCULADOS O.K.</p>
---	---

Fuente: El autor

2.5 DISEÑO FINAL DE ESPIGONES EN PLANTA

Figura 40. Diseño Final de espigones curva Gaviotas



Fuente: El autor

2.6 SELECCIÓN TIPO DE ESPIGÓN

Como recomendación se toma la alternativa de espigones en bolsamortero o bolsacreto, igualmente como se hizo en la tesis de base. Por razones de vida útil más larga, y de ser la solución más eficaz y eficiente en la zona, debido a su protección contra la socavación en la orilla y su rápido mantenimiento, sin mano de obra tan calificada.

Se considera que los espigones de tipo llantas y tubería de perforación pueden presentar problemas en un futuro muy cercano, quizás menor al tiempo de retorno del caudal dominante como se evaluó en el análisis estadístico. Este tipo de estructuras se debe tomar como una solución a muy corto plazo y/o solución rápida a la problemática presentada, sin dejar de pensar en problemas que se puedan presentar a futuro.

Los espigones de bolsamortero ofrecen una mayor seguridad, control y fácil mantenimiento en cualquier momento.

2.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE ESPIGONES

Este análisis incluye además de la geometría del espigón factores como los materiales, los datos generales, el cálculo de las fuerzas actuantes y resistentes en el punto crítico.

Teniendo solo como variables importantes la pendiente (Z) y la altura de la cresta (h), se estudiaron varias alternativas de diseño llegando a la conclusión de que el ángulo de inclinación debería ser 45° . A pesar de esta conclusión se tabularon los valores para varias Z .

El diseño se realiza para alturas fijas desde 3 metros hasta 6 metros, en función de tener espigones tipo, teniendo valores promedio y poder tener la posibilidad de diseño sin importar la sección del río.

Tabla 10. Resumen de estabilidad de Espigones

	h = 3.00 mt		h = 4.00 mt		h = 5.00 mt		h = 6.00 mt	
	Z = 1	Z = 0.75	Z = 1	Z = 0.80	Z = 1	Z = 0.75	Z = 1	Z = 0.90
b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00/2.65	1.65	2.50
Xa	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Xb	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
F.S. Volcam.	14.94	10.28	13.36	11.01	12.44	8,05	13.14	12.58
F.S. Desliz.	2.50	2.06	2.18	2.01	2.00	1.60/2.00	2.01	2.00

Fuente: El autor

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo, del estudio de estabilidad, del espigón, con una altura de 3 metros ($h=3$) y una $Z = 0.75$ realizándose el mismo procedimiento para llegar a los resultados mostrados en la tabla 10.

Tabla 11. Diseño estabilidad del espigón.

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE ESPOLONES EN BOLSA-MORTERO RIO LEBRIJA SECTOR SAN RAFAEL - LOS CHORROS

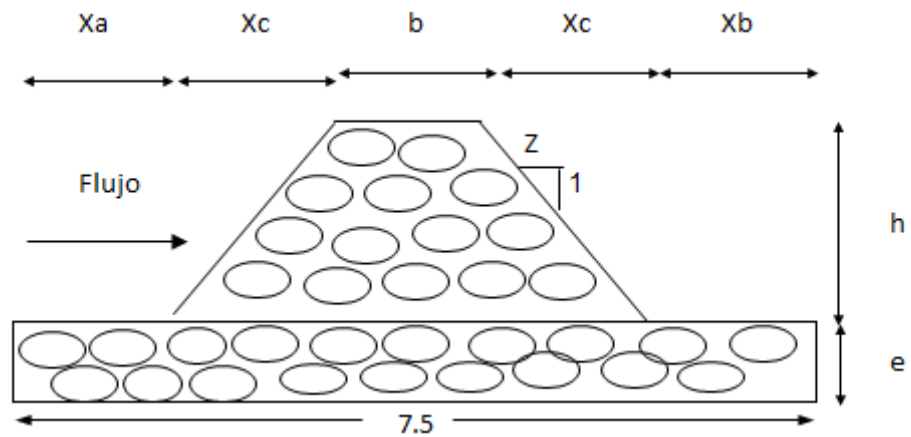
1 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Peso unitario bolsa-mortero =	2300 Kg/m ³
Peso unitario del agua =	1000 Kg/m ³
Peso unit. de sedimentos =	1500 Kg/m ³
Peso unit. de sedimentos sumergidos =	1100 Kg/m ³
Fricción Suelo-Bolsa Mortero=	0.5

2 DATOS GENERALES

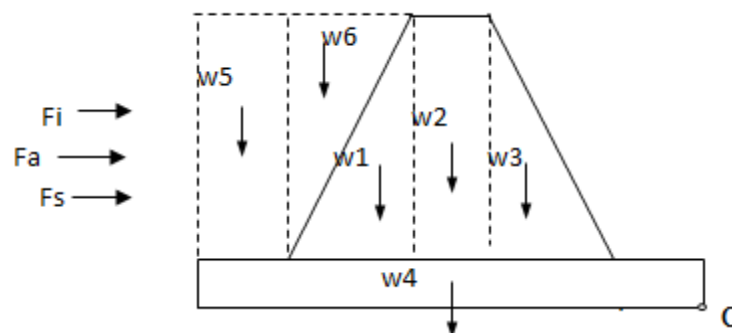
Velocidad del agua =	2.5 m/s
Aceleración de la gravedad =	9.81 m/s ²
Peso sólido flotante =	700 Kg.f

3 GEOMETRIA DE LA SECCION



$Z =$	0.75 m
$X_a =$	1.20 m
$X_b =$	0.80 m
$X_c =$	2.25 m
$b =$	1.00 m
$h =$	3.00 m
$e =$	0.60 m

4 CALCULO DE FUERZAS ACTUANTES Y RESISTENTES RESPECTO AL PUNTO O



CUADRO DE FUERZAS ACTUANTES

TIPO DE FUERZA		FUERZA (Kg)	BRAZO (m)	MOMENTO (Kg*m)
Impacto	Fi	178.39	3.60	642.20
Sedimentos	Fs	4950.00	1.60	7920.00
Agua	Fa	4500.00	1.60	7200.00
Total		9628.39		15762.20

CUADRO DE FUERZAS RESISTENTES

TIPO DE FUERZA		FUERZA (Kg)	BRAZO (m)	MOMENTO (Kg*m)
Peso propio	w1	7762.50	4.80	37260.00
Peso propio	w2	6900.00	3.55	24495.00
Peso propio	w3	7762.50	2.30	17853.75
Peso propio	w4	10350.00	3.75	38812.50
Peso agua	w5	3600.00	6.90	24840.00
Peso agua	w6	3375.00	5.55	18731.25
Total		39750.00		161992.50

5 CALCULO DE ESTABILIDAD

ESTABILIDAD AL VOLCAMIENTO

$$FS = \frac{\text{Momentos resistentes } 161992.50}{\text{Momentos actuantes } 15762.20} = 10.28$$

ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

$$FS = \frac{\text{Coef. fricción* Fuerzas verticales } 19875.00}{\text{Fuerzas Horizontales } 9628.39} = 2.06$$

Fuente: El autor

3 CONCLUSIONES

- Se realizó la recopilación de la información necesaria sobre las consecuencias producidas por la inundación, para su posterior análisis y presentación de resultados.
- Se evaluaron las posibles estructuras de protección en la margen derecha del río, así logrando la protección necesaria de los taludes contra la erosión y la prevención contra desastres de grandes magnitudes, que pudieran ser producidos por el río.
- Describí las causas y situaciones en las cuales se puede presentar un desastre natural que afecte la población del sector de los corregimientos de San Rafael de Lebrija, y Papayal del municipio de Rionegro.
- Se presentó de manera detallada, la situación presentada en la inundación sucedida en Diciembre de 2010, y además se mostro la evolución a lo largo de los meses de la zona, por la acción desarrollada en conjunto por la Administración Departamental, la Administración Municipal, la CDMB y la comunidad afectada.
- En la evaluación de alternativas, se ve que la posibilidad y recomendación hecha en la tesis “Diseño De Alternativas De Protección De Orillas De La Margen Derecha Del Río Lebrija Sector San Rafael Los Chorros Municipio De Rionegro Santander”, de la construcción de espigones en bolsamortero con una relación de 1:5, cumple todos los requerimientos para lograr la protección de la margen. Como valor adicional se actualizo este diseño con los valores obtenidos del IDEAM y con algunos datos que se han desarrollado a lo largo de estos años, como la producción de los sacos por parte de la Empresa PAVCO ofreciendo datos técnicos garantizados de su uso.

- La erosión a lo largo de los años ha afectado a la margen derecha del río Lebrija, pues al comparar las topografías de la época de la tesis “Diseño De Alternativas De Protección De Orillas De La Margen Derecha Del Río Lebrija Sector San Rafael Los Chorros Municipio De Rionegro Santander”, se vio un cambio importante, y cada vez más el río ha tomado la margen derecha, sedimentando la margen izquierda de la zona.
- Las estructuras instaladas por la Administración Departamental, si no se tiene el correcto control y respectivo mantenimiento, tendrán una vida útil muy corta, y contribuirán a agrandar el problema provocando más socavación.
- La problemática presentada en la zona, no solo es influenciada por el río Lebrija, sino también por el río Cáchira, que al desviarse en algunas zonas, alimenta a algunas quebradas como la Payande, y esta al no tener un área suficiente para mantener ese caudal, produce las inundaciones al buscar lugares por donde ir.

4 RECOMENDACIONES

La dosificación de la arena – cemento, debe ser correctamente controlada, para alcanzar la resistencia mínima exigida y lograr todos los objetivos de la estructura.

Los espigones, como un sistema de estructuras funcionan perfectamente en el desvío del cauce y la protección de la orilla o la margen en la que se encuentra; pero en casos de valores de niveles extremos, en los cuales la cota de la línea de agua se eleve más que la cresta de los espigones y de la orilla, es vital construir un dique o muralla (jarillón), con material que por complicaciones de transporte de material limpio, se debe realizar con material del misma zona muchas veces del mismo sedimento del río, lleno de limos y arenas, el cual debe ser correctamente compactado con maquinaria pesada como Buldócer.

Esta muralla no debe tener dimensiones inferiores a 3 metros de corona, 3 metros de altura y un talud de 2.5 H: 1 V., con estas medidas tendríamos una muralla, de una larga vida útil.

Debido a la falta de materiales idóneos para la construcción de este tipo de estructuras en la zona, nos podemos valer de geotextiles de recubrimiento, como fue lo usado en las murallas construidas en las roturas hechas en la inundación pasada en los predios, Las Garzas, Samarcanda y Puerto Arturo, donde se recubrió, totalmente el talud de la muralla para evitar filtraciones de agua, especialmente en la base que produciría socavación. En la figura 42 muestra como en la muralla de la finca Samarcanda tiene el geotextil y su buen funcionamiento, ayudado de unos sacos de bolsamortero como un extra cuidado de la base.

Aunque se hayan construido este tipo de murallas, en los sitios críticos de la inundación, se es necesario reforzar, toda la muralla a lo largo del río, pues con los elevados niveles presentados últimamente, por la cantidad de sedimentos

transportados por el río. Además el deterioro causado en la muralla por el ganado, que va a beber directamente del río y de otro tipo de animales.

Figura 41. Geotextil sobre muralla o jarillón



Fuente: El autor

Esta muralla o dique debe construirse entre 100 a 200 metros de la orilla del río, para darle una vida útil suficiente para cumplir un tiempo de recurrencia de 100 años.

5 BIBLIOGRAFÍA

Camargo Benitez, A., Rivera, C. C., & Rueda Pinilla, C. A. (1998). Diseño de alternativas de protección de orillas de la margen derecha del río Lebrija sector San Rafael Los Chorros Municipio de Rionegro Santander. *Tesis (Especialista en Ingeniería de Recursos Hídricos y de Suelos) - UIS., Escuela de Ingeniería Civil .* Bucaramanga.

CDMB, & INGEOMINAS. (2002). *Problemas de Erosión originados por captura de corrientes en el río Cachira, Corregimiento de San Rafael, Municipio de Rionegro (Santander)*. Bucaramanga: INGEOMINAS, CDMB.

Lopez Cadenas de Llano, F. (1988). *Corrección de torrentes y corrección de cauces*. Food & Agriculture Org.

Martín Vide, J. P. (2007). *Ingeniería de ríos*. Barcelona: Edicions UPC.

Martín Vide, J. P. (2003). *Ingeniería Fluvial*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Monsalve G. C., S. E. (1983). *Characteristics of a natural meandering river in Colombia: Sinu River*. New Orleans: River meandering. Proceedings of the conference Rivers 83 ASCE.

Rocha Felices, A. (2007). *Consideraciones sobre las Defensas Fluviales a Base de espigones*. Arequipa, Peru: XVI Congreso Nacional de Ingeniería Civil.

Suárez Díaz, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander.