

Análisis descriptivo de la construcción de las obras de protección en las márgenes del Río Parrita



Abstract

In the last years, the canton of Parrita had been affected by the overflowing of the Parrita River. This has been caused by diverse climatic factors like tropical storms, hurricanes or extended raining periods. These natural phenomena that normally occur during the months of higher precipitations lead to big economical losses to the citizens, to the local government and to the state, because they required movement of staff and different resources from several entities.

As a consequence of the damages caused by the precipitations in October 2007 and more recently Alma torment on May 2008, was established the need of constructions of new dike sections and of reparations on the existing and damaged structures. Due to this situation, it is necessary to prepare a report that details the process of the construction of the new sections of this dike that protects the communities of Parrita Center, Sitradique, The Julieta and New Town, all located in the urban center of the canton.

With this proposal, a detailed analysis of the codes, laws and all the related bibliography, a study of the effects caused by these phenomena on our country, a review of recommendations of civil engineer design and an analysis of existing topography was made. Based on this complete study, a work plan with the specific activities and milestones necessary and was made as a maintenance proposal.

Once obtained all the necessary information, was determined the condition and the necessary built structure capacity to bear the consequences of the natural phenomena that affect the Parrita basin.

Keywords: Municipality of Parrita, Dike Construction.

Resumen

Durante los últimos años, el Cantón de Parrita se ha visto muy afectado por los desbordamientos del Río Parrita, a causa de diversos factores climáticos como tormentas tropicales, huracanes, o períodos extensos de lluvia. Dichos fenómenos naturales ocurridos principalmente durante los meses de mayor precipitación se traducen en pérdidas económicas para los ciudadanos, para la Municipalidad de Parrita y para el Estado, debido a que se debe movilizar personal y recursos de diferentes entidades gubernamentales.

A causa de los daños originados por la precipitación del mes de octubre del año 2007, y más recientemente por la tormenta tropical *Alma* a finales del mes de mayo del 2008, se determinó la necesidad de construir secciones de dique nuevas y de realizar reparaciones en las estructuras ya existentes y colapsadas. Debido a esto, se planteó preparar un informe donde se detallara el proceso seguido en la construcción de la nueva sección de dique que protege a las comunidades de Parrita Centro, Sitradique, La Julieta y Pueblo Nuevo, todas ubicadas en el centro urbano del cantón.

Para el cumplimiento de este propósito se realizó una investigación detallada de la legislación vigente, la bibliografía referente al tema, los efectos causados por el paso de estos fenómenos naturales sobre el país y su comportamiento de acuerdo con su origen, las recomendaciones mínimas de diseño para obras civiles y de infraestructura, el análisis de la topografía existente. Con base en ello se realizó la programación correspondiente de actividades por realizar y se preparó una propuesta de mantenimiento.

Una vez obtenida la información adecuada, se determinó la condición y capacidad de la estructura construida para soportar los embates de los fenómenos naturales que afectan la cuenca del Parrita.

Palabras clave: Municipalidad de Parrita, Construcción de Dique.

Análisis descriptivo de la construcción de las obras de protección en las márgenes del Río Parrita

MANRIQUE MARTINEZ BLANCO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Octubre del 2010
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio	1
Resumen ejecutivo	2
Introducción	4
Marco teórico	7
Metodología.....	17
Resultados	36
Análisis de los resultados.....	52
Conclusiones	63
Recomendaciones	65
Apéndices	66
Anexos.....	67
Referencias	68

Prefacio

A lo largo de su historia, el cantón de Parrita se ha visto bastante afectado por las inundaciones causadas por diversos fenómenos naturales que impactan el territorio nacional. Para los propósitos de este trabajo, se considerarán principalmente los efectos de la tormenta tropical *Alma*, la cual debido a su magnitud ocasionó grandes pérdidas para los diversos sectores socioeconómicos del cantón, además de enormes gastos al país por la intervención de equipo y personal destinados a rescatar y recuperar a las poblaciones afectadas por el desbordamiento del río Parrita.

Los eventos meteorológicos que afectan el territorio nacional suelen originar una serie de dificultades a diferentes comunidades y cantones. Estos efectos, aunque no tienen la misma magnitud en todos los lugares, siempre tienen un impacto negativo directo o indirecto. A veces, los daños pueden resultar poco visibles debido a que se realizan acciones de reparación y limpieza una vez pasado el punto crítico del fenómeno. No obstante, estas reparaciones se convierten en soluciones alternativas y no correctivas para un problema que se presenta año a año. Lo anterior se ve agravado por la mala planificación por parte de los gobiernos locales y por la ausencia de una normativa específica en cada municipio para sancionar de manera más directa y rápida al administrado infractor que pueda propiciar efectos indeseables de los fenómenos meteorológicos. Además, a la fecha, en ningún sector del país se ha contemplado la posibilidad de contar con zonas para la reubicación de los habitantes y procedimientos para la posterior destrucción de los inmuebles desarrollados en sectores denominados de alto riesgo, lo cual permitiría evitar la inversión inmediata o a largo plazo que se debe realizar para salvaguardar la vida humana presente en estos sitios.

El propósito principal de este proyecto es describir la construcción de las obras de infraestructura sobre la cuenca baja del río Parrita, con el fin de determinar la inversión y recurso necesario para la construcción de este tipo de obras, establecer los estudios mínimos por realizar, estimar el recurso material, humano y económico necesario y, con base en ello, realizar las recomendaciones requeridas para la recuperación de las secciones propuestas y, si resulta conveniente, la construcción de otras alternativas que complementen a las actuales.

Deseo expresar gratitud a todos aquellos que en algún momento fungieron como un escalón para subir hasta este punto, en especial a los que me ayudaron a culminar con éxito la investigación como son los señores Ing. Edwin Lobo, encargado de la ejecución del proyecto y funcionario de SENARA; Ing. Jorge Álvarez Mondragón, profesor guía de este proyecto; a Mauricio Sandí inspector de la Comisión Nacional de Emergencias, así como a las demás personas e instituciones que me prestaron su colaboración.

Dedico este trabajo a mis padres, Enrique y Vera, a mis hermanas, mis abuelos y mi novia, por el apoyo brindado durante mis años de estudio y el esfuerzo realizado por cada uno de ellos al estimularme en el cumplimiento de las metas que me he propuesto a la fecha, entre las cuales se encuentra este trabajo de graduación.

Resumen ejecutivo

El contenido del informe que se presenta a continuación se puede considerar de utilidad para varias instituciones estatales. Entre estas se encuentran las siguientes:

Comisión Nacional de Emergencias. Le facilitaría establecer parámetros en el momento de llevar a cabo nuevas contrataciones o asignaciones de recursos en este tipo de actividad.

Escuela de Ingeniería en Construcción. Podría servirle de criterio para la asignación de nuevos temas de proyectos de graduación, en los cuales se establezcan las magnitudes de soluciones alternativas o complementarias a la construcción de diques. Además, incentivaría la investigación y recopilación de datos meteorológicos con la finalidad de ser aplicados a los diseños de infraestructuras y demás obras civiles.

Municipalidades. Les apoyaría en la construcción de obras de protección para los diversos poblados de diferentes cantones que suelen verse afectados por recurrentes inundaciones originadas por el desbordamiento de los ríos, además de que les ayudaría a calcular el recurso y magnitudes requeridas para resguardar a las poblaciones afectadas.

Como ejemplo de esta necesidad de las municipalidades está que el cantón de Parrita sufrió recientemente los embates de una nueva inundación la cual tuvo impacto considerable en los sectores económicos, agrícolas, turísticos, políticos y sociales, debido a su magnitud. Anteriormente, en el mes de octubre del año 2007, el mismo cantón se vio afectado por un período intenso de lluvias en el cual, además de inundaciones, se evidenció la necesidad de realizar obras de reparación del dique existente a esa fecha, así como la construcción de un nuevo tramo que a partir de ese momento brinda resguardo a la comunidad de Pueblo Nuevo. Tramo que ya había sido propuesto en años anteriores por el Departamento de Obras Pluviales del MOPT, pero que por diversas razones no se llevó a cabo.

Eventos como los señalados tuvieron como consecuencia el colapso de ciertas secciones de las estructuras existentes debido a los niveles alcanzados por la última avenida, lo cual originó que se debieran replantear las labores por realizar para brindar la seguridad del caso a las comunidades más afectadas.

Por lo tanto, este informe se ha orientado a evaluar el proceso de construcción del dique en ambas márgenes de la cuenca baja del Río Parrita, involucrando una revisión de la bibliografía existente donde se revelen aspectos hidrológicos, históricos sobre eventos anteriores, características geomecánicas de suelos del sitio de construcción, proyecciones del posible sitio a ser construida la infraestructura. Esto ha implicado el replanteo y revisión de las condiciones mostradas con posterioridad al paso de los eventos meteorológicos, la priorización de cada actividad dentro de las diferentes etapas involucradas, el cálculo de la duración de las diferentes actividades por realizar en cada una de las etapas y, para finalizar, el esbozo de un plan de mantenimiento una vez finalizada la obra civil.

Con lo señalado se consideró haber abarcado las principales etapas de este tipo de obra de infraestructura, sobre la cual es muy poca la información que existe en el país, y a nivel de Internet.

El advenimiento del fenómeno meteorológico denominado tormenta tropical *Alma* implicó modificar el plan de trabajo que se planteó inicialmente por parte de la empresa ejecutora, ya que los daños sufridos en los elementos existentes a ese momento, así lo exigían y no podían esperar que los levantamientos topográficos que se llevaban a cabo para comparar datos con la información brindada por el Departamento de Obras Pluviales del MOPT, estuvieran concluidos. Tampoco se consideró necesario el visto bueno para dar inicio a las labores de reparación y reconstrucción de las secciones defectuosas presentes antes del paso de los eventos meteorológicos.

Una vez replanteado el programa inicial de trabajo se procede a la recuperación y reconstrucción de las estaciones dañadas por el paso de los últimos eventos naturales. Entre las obras emprendidas destacan el asentamiento sufrido durante los años de servicio, especialmente los provocados por los seísmos, además de los problemas generados por el desbordamiento del cauce sobre la estructura debido a los niveles de agua alcanzados.

Estas actividades de reparación eran urgentes ya que se requería, al menos, volver a contar con las dimensiones de las secciones existentes, esto con la finalidad de evitar mayores daños sobre las comunidades afectadas en el caso de presentarse otro fenómeno ambiental en los días siguientes al paso de *Alma* y, por tanto, de tener que realizar una inversión mayor.

De no haberse realizado estas actividades de forma casi inmediata, posiblemente los costos de las actividades para proteger a las comunidades afectadas y reconstruir las secciones hubieran quedado fuera del alcance de las entidades gubernamentales, fueran estas la misma Municipalidad de Parrita, la Comisión Nacional de Emergencias, Ministerio de Obras Públicas.

Entre tanto se realizaban las labores de recuperación y limpieza, se analizaba la información correspondiente a las obras por desarrollar para determinar las dimensiones de las secciones nuevas por construir y se brindaba el tiempo necesario para que los niveles de agua del cauce se redujeran lo suficiente como para localizar las fuentes de material más apto e iniciar con la extracción de este. Eso fue así por cuanto la propuesta inicial para la obtención de materias primas era el mismo cauce a fin de disminuir los costos finales de obra.

Simultáneamente se realizaba una revisión de la bibliografía y de los estudios existentes en el país para determinar algunos parámetros de construcción. No obstante, dicha bibliografía y documentación resultó bastante escasa, motivo por el cual hasta cierto punto se

hizo necesario aplicar la normativa correspondiente a vialidad o construcción de carreteras utilizadas en el país.

Otro de los puntos difíciles de resolver fue la cantidad y calidad de los datos de información meteorológica para ser utilizados en el diseño de obras de infraestructura vial o de protección, ya que las instituciones encargadas lo realizan con una finalidad más agrícola que de otra índole.

La evaluación y análisis de los estudios consultados evidenció que el trabajo de construcción de los diques requiere de una serie de obras conexas, las cuales extienden la vida útil de estas instalaciones y las ayudan en su funcionamiento. Se trata de elementos que permitan disipar y controlar la energía con la cual el flujo de agua llega a actuar sobre la sección realizada.

Las primeras propuestas de obras conexas que se realizan son la construcción de espigones a lo largo de las estructuras aguas arriba, con la finalidad de tratar de centrar el cauce y la construcción de un canal de alivio el cual debe funcionar como rebosadero una vez que el cauce o cantidad de agua almacenada dentro de la cuenca alcance determinada altura. La función de este canal es mantener un caudal constante en la garganta de las obras (puente), para lo cual también se deben considerar sectores de la cuenca como zonas inundables, las cuales involucren un radio considerable y no afecten en mayor grado a las plantaciones agrícolas existentes.

Otra de las actividades que se consideraron fue la recava del cauce principal, de manera que el material obtenido fuera utilizado en el mantenimiento de las vías del Cantón. Además se planteó una propuesta de mantenimiento para cada una de las obras que se realizara, lo cual implicaba una asignación de recursos de manera segura y constante.

Introducción

El presente proyecto tiene como principal interés analizar las obras de protección de la cuenca baja del río Parrita con el objeto de determinar la inversión de recursos necesarios para el desarrollo de este tipo de infraestructura. Además, se busca realizar recomendaciones para realizar la recuperación de las secciones propuestas en el diseño, y señalar el posible desarrollo de otras alternativas que operarán como obras conexas a este tipo de estructura.

En este informe se reseñarán aspectos relacionados con estudios previos, inventario de condiciones, replanteo y evaluación de las estructuras, priorización de actividades de reparación, construcción, mantenimiento. Además, se presentará la propuesta de un plan de mantenimiento para cada una de las secciones de conformidad al daño sufrido durante su vida útil. Este plan de mantenimiento, por su parte involucra la creación de otras obras que funcionen como soluciones alternativas para los problemas de inundación que sufren los centros de población de Parrita.

Como se sabe, el cantón de Parrita es uno de los tantos cantones del país que se ve afectado, casi de manera anual, por inundaciones, las cuales son causadas por el desbordamiento de los ríos que recorren su territorio, principalmente el Río Parrita. Aunque en el cantón se registran problemas similares con cuencas de menor área y concentración de caudales a la estudiada en este documento, se les debe estudiar específicamente a fin de brindar la respectiva solución.

En el caso que nos concierne para el desarrollo de la presente evaluación, resaltaremos los problemas presentados y la información generada por los fenómenos ocurridos en octubre del año 2007 y en mayo del año 2008 respectivamente, los cuales se consideran por ser fenómenos de diferente tipo u origen pero ambos provocaron el desbordamiento del cauce del Río Parrita en su cuenca baja. Como se ha dicho anteriormente, este fenómeno

se considera importante por las grandes pérdidas para el gobierno central y en especial para el cantón de Parrita.

El primer evento mencionado consistió en que el nivel del río Parrita superara el nivel de terreno de la ribera durante un período prolongado de unos quince días de lluvia, lo cual dio como consecuencia que la capacidad de absorción de los suelos se viera disminuida, aumentarían notablemente los niveles de escorrentía y, por ende, los caudales sobre el cauce con grandes problemas de erosión y arrastre de material.

Como consecuencia de los daños generados por este evento atmosférico, se plantea la posibilidad de realizar la reconstrucción de las obras existentes, las cuales presentaban varios daños visibles, algunos atribuibles al último evento y otros a eventos anteriores, todo sumado a la falta de control y mantenimiento por parte de las entidades correspondientes.

En los momentos en que el personal y equipo especializado realiza labores de reconocimiento para establecer el mecanismo de trabajo de recuperación de las estructuras existentes, se origina un segundo evento, que tiene como referencia un fenómeno atmosférico con origen en las costas del Pacífico, cuyo comportamiento con respecto a los fenómenos naturales formados o desarrollados en el sector del Caribe o del Atlántico anteriormente es muy diferente. Esta suma de fenómenos se juzga muy inconveniente a nivel de la región y del país.

La razón para considerar los efectos y comportamientos generados por ambos fenómenos se debe a que estos son de importancia en la selección de la sección de dique construida, eso por cuanto en ambos casos se ve sobrepasada la capacidad hidráulica de la cuenca y de las obras de protección existentes lo que origina los inconvenientes en la parte central del cantón.

Para atender la problemática descrita y cumplir con los objetivos planteados se requirieron una serie de aspectos que no solo se refieren a la parte técnica de la evaluación del proceso como tal, sino que tienen que ver con asuntos como las dimensiones adecuadas del dique para que logre mitigar los problemas que se sufren en las principales comunidades del cantón de Parrita.

La evaluación de las obras se puede agrupar en tres etapas bien definidas si bien es cierto no todas se tratan con profundidad en este trabajo, se citan con la finalidad de que si alguna persona se interesa en tratar de realizar labores similares o reproducir este trabajo las tome en cuenta. Estas etapas corresponden a la revisión de estudios previos o información relacionada al tema, descripción del desarrollo o proceso de las secciones o tramos y, por último, la etapa de recomendaciones y propuestas de mantenimiento de las obras construidas. Las mencionadas etapas se plantearon para desarrollar los siguientes objetivos:

- 1) Llevar a cabo una revisión bibliográfica de los estudios previos sobre la cuenca baja del Río Parrita, especialmente los aspectos hidrológicos, la cronología y comportamiento de los eventos y los estudios de suelos, de ser posible sobre el sitio donde se desarrollará la estructura.

- 2) Realizar un inventario de las obras actuales particularmente sobre la ubicación existente, las principales secciones dañadas así como la proyección sobre el sitio de los nuevos tramos por construirse.

- 3) Identificar las actividades prioritarias correspondientes a cada una de las etapas previamente establecidas como reparación, construcción y mantenimiento de las obras.

- 4) Programar y ejecutar las obras necesarias para la reparación y construcción de cada una de las secciones acatando las recomendaciones brindadas por parte de cada una de las entidades involucradas en el proyecto.

Como en todo estudio, y en especial del presente tipo, se pueden encontrar limitantes, las cuales pueden atribuirse a diversos factores. Este caso no es la excepción, ya que topamos con escasa o nula información y registro del tipo de fenómeno que origina el desbordamiento del Río Parrita. También notamos la ausencia de

una red de medición de la precipitación y caudal en tiempo real, así como de archivos con estadísticas de precipitación por lo menos de los últimos cincuenta años.

La limitación señalada se debe a que en el país no se cuenta con estaciones meteorológicas que registren información en cada una de las cuencas de mayor importancia. En general, dicha información se genera a gran escala y con otro tipo de finalidad que no es precisamente la realización de obras civiles.

Para el caso del periodo de lluvias del mes de octubre del 2007 se pudo rescatar información de dos estaciones pluviométricas ubicadas cerca de la intersección de los ríos Candelaria y Pirris. No obstante, para el mes de mayo se tuvo el inconveniente que estas estaciones, administradas por el ICE, fueran arrastradas por el aumento en el caudal dado en ambos cauces. Este percance provocó la pérdida de información actualizada y precisa y los datos necesarios se debieron estimar con las estaciones más próximas al punto de intersección de las subcuencas citadas anteriormente.

Para esta reposición de la información sirvieron estudios hidrológicos anteriores realizados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes para la construcción del puente que se ubica sobre la ruta 34, la preparada por el Departamento de Obras Pluviales para las secciones existentes, la utilizada por parte del Instituto Costarricense de Electricidad para el desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico Pirris. Trabajar con estas estimaciones tiene como consecuencia altos porcentajes de error y menor precisión de la deseada.

Uno de los casos específicos de limitaciones de tipo hidrológico es el hecho de no contarse con estaciones meteorológicas o pluviométricas sobre la cuenca del río Candelaria durante la ocurrencia de los fenómenos naturales estudiado. Por tanto, al carecer de datos precisos del caudal aportado por esta cuenca se deben utilizar métodos teóricos para estimar y obtener valores numéricos de los caudales aguas abajo de la zona de confluencia del Río Candelaria y Río Pirris, lo que implica que la sección hidráulica y capacidad de caudal que puede tener paso a través de la estructura del puente que se desarrolla en el cantón debe considerarse una limitante del diseño.

Otro de los factores que adquieren importancia de manera anual y que pueden

resultar limitantes en el funcionamiento de las obras a cabalidad, o de que estas no tengan la capacidad de soportar los embates de un próximo fenómeno son las condiciones presentadas por el cambio climático que está sufriendo el planeta. Este factor genera que año a año los fenómenos naturales presenten períodos de retorno con valores mayores al valor analizado para el

diseño. Por otra parte, existe relación entre el calentamiento del planeta y el aumento de los niveles de agua del mar y del ciclo hidrológico, lo que se manifiesta directamente en la altura de la desembocadura del Río Parrita e indirectamente en la tasa de sedimentación de toda la cuenca pero en especial de la parte baja de esta.

Marco Teórico

Para poder dar inicio a la presente evaluación y brindar un reporte y justificación de la sección seleccionada, primeramente será necesario contemplar el comportamiento de la cuenca del río Parrita, para así poder precisar y aclarar las condiciones bajo las cuales deberán trabajar las secciones. Específicamente, interesa determinar si se consideran periodos de retorno definidos o bajo las condiciones registradas y con las características de una avenida, como la presentada por la tormenta tropical *Alma*, el 29 de mayo del 2008, de la cual se lograron obtener valores significativos.

Al hacer una aplicación de lo señalado en el párrafo anterior, se estaría contemplando lo que se pretende realizar como la primera etapa, el cual es referido a estudios previos, comportamiento del cauce, características de la cuenca en estudio. Esta información se considera prioritaria para poder determinar la sección mínima de diseño que garantice seguridad a las comunidades que se ven con mayor riesgo de inundación en forma periódica. Por tanto, es necesario empezar por el dimensionamiento y la programación de las primeras labores por realizar en el campo y en la oficina.

Características de una cuenca

Antes de hacer referencia directamente a la problemática de las inundaciones que en forma casi anual afectan al cantón, y de las obras de mitigación por construir, se ha considerado necesario definir algunas de las características de la cuenca que se deben estudiar y analizar para determinar la sección u obra requerida por construir.

Por lo anterior se hace necesario destacar el comportamiento de la cuenca en estudio, ya que cada cuenca y subcuenca tienen un comportamiento diferente. Es por ello

recomendable hacer una descripción de la cuenca específica a intervenir, centrada en puntos clave: área tributaria, pendiente promedio, longitud y ancho promedio del cauce, vegetación a lo largo de sus riberas, tipo de obras o labores que se realizan cerca de las márgenes, entre otros detalles.

Pero antes de proceder a dar una descripción de la específica cuenca del río Parrita, mediante la Figura 1 pueden ilustrarse los principales componentes que forman una cuenca y el proceso que ocurre a nivel de los diferentes cauces que la conforman. De igual forma la misma figura contempla una serie de componentes que de una u otra forma son parte importante de la cuenca aunque no sean componentes físicos y que tienen como fin controlar los excesos de volúmenes o problemas que se originen dentro del cauce en estudio.

La mencionada figura nos muestra datos cuyo valor en el momento de realizar un análisis acerca del comportamiento de la cuenca en estudio son de significado casi nulo y no crearían mayor diferencia a la hora de plantear una idea del comportamiento de la cuenca en el momento de ser afectada de manera directa o indirecta por un evento climático. Esto es así debido a que la naturaleza se puede comportar de diversa forma ante la misma magnitud del fenómeno natural, debido especialmente al sitio de afectación o epicentro.

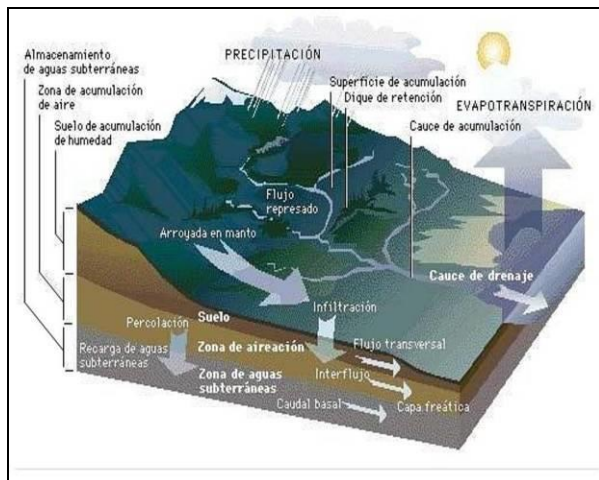


Fig.1. Relación cuenca y ciclo hidrológico¹

En la figura en análisis sobresalen datos o características a considerar como son: tipo de cuenca, forma de la cuenca, tipo de suelo, y su capacidad de infiltración principalmente. Estos datos resultan de enorme interés en el momento de llevar a cabo un análisis sobre la cuenca en estudio, especialmente para los momentos de realizar estudios como el presente.

De igual manera se deben considerar una serie de factores que interfieren a nivel micro y los cuales tienen un nivel de influencia considerable, como para llegar a alterar en diversos niveles el comportamiento de estos sistemas y por ende los resultados dentro del cauce en estudio.

Estos elementos no necesariamente son apreciados en la Fig. 1 pero, de conformidad con lo que se señala en el desarrollo del contexto teórico, deben ser contemplados para poder llegar a precisar los resultados y detalles de los estudios, que al final de cuentas son los que determinan el dimensionamiento de las obras por construir o de la medida a tomar para solventar el problema de inundación.

Por su parte, en la figura 2 se hace una breve descripción de la conformación de una determinada cuenca, donde se describe otra serie de factores que no fueron considerados en la figura 1, pero cuyo principal objetivo es hacer referencia a aspectos del orden físico, como lo son las microcuencas, subcuencas, quebradas y demás tipo de afluentes que alimentan al cauce

principal en estudio. Se mencionan además aspectos de índole política que pueden interferir en la toma de decisiones y en la programación de los trabajos, como son los límites cantonales, provinciales o, inclusive, el límite entre países, todo esto en razón de la dimensión, inicio, fin o extensión total de la cuenca que se estudie.

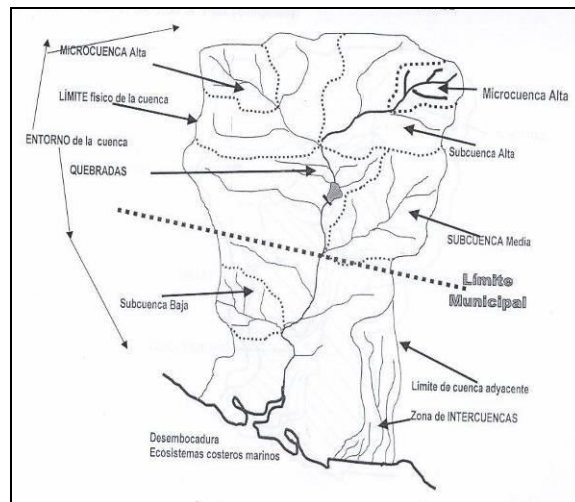


Fig. 2. División de la Cuenca Hidrográfica de acuerdo al drenaje²

Según se indica en el documento de Faustino, Jorge. Manejo de Cuencas Hidrográficas CATIE, Departamento de Recursos Humanos y ambientales. Turrialba, C.R. 2004 existen varias formas de clasificar las cuencas. Entre las principales características de agrupamiento se resaltan las relacionadas con su tamaño, mediante la cual se clasifican en dos grupos: las cuencas grandes que son todas aquellas cuyas dimensiones sean superiores a los 250 km²; las cuencas pequeñas, las cuales se logran describir o determinar como aquellas que posean un área inferior a la descrita anteriormente.

Otra forma de clasificar las cuencas es por su forma o por la forma de la red de drenaje que estas desarrollan. Se agrupan en las siguientes categorías: cuenca circular, cuenca alargada o irregular y dendrítica; cuenca paralela o circular respectivamente. De acuerdo a estas características de forma se pueden llegar a definir las consecuencias que las cuencas puedan generar a lo largo y ancho de la zona aluvial,

¹ Gestión y Manejo de Cuencas Hidrográficas CATIE

² Gestión y Manejo de Cuencas Hidrográficas CATIE

puesto que es extraño encontrar una cuenca que no posea este sector.

Lo anterior se señala con fundamento en que no en toda cuenca se cuenta con zonas o llanuras de inundación debido a las condiciones de relieve. Esto se debe a que las cuencas son directamente dependientes de la geomorfología por la cual están formadas o constituidas.

Ahora que ya se han resaltado los principales componentes que se deben analizar en el comportamiento de una cuenca, especialmente aquellos que son determinantes en el momento de realizar los estudios pertinentes y obtener resultados precisos para el diseño de obras de infraestructura en la parte baja de la cuenca, procederemos a resaltar las características presentes dentro de la cuenca del río Parrita, así como su comportamiento.

La figura 3 nos hace referencia, de manera macro, a las características y condiciones existentes en la cuenca del Río Parrita. Entre dichas características resaltan principalmente datos como la forma, dimensiones, tipos de redes de drenaje principales, ubicación de la llanura aluvial, y de la parte alta de la cuenca. Además, en dicha imagen no se logran apreciar detalles como los mencionados en los párrafos anteriores y que se pueden citar nuevamente, ya que son relativos a la administración y protección de los afluentes, como los límites de los gobiernos locales, los cambios de relieve, y los diversos cambios de forma que sufre desde su parte alta u origen hasta la desembocadura en el Pacífico Central, la forma de las microcuenas y subcuenas contribuyentes, descripción detallada de los cambios de pendientes. Lo anterior deben considerarse porque la mayor distribución de la cuenca geográficamente hablando pertenece a la provincia de San José dejando parte del sector montañoso a la provincia de Cartago y prácticamente toda la zona aluvial a la provincia de Puntarenas, y directamente al cantón de Parrita.

Como se mencionó anteriormente, la Fig. 3 ilustra su contorno con una línea verde. Su sector blanco es la parte que pertenece a la llanura aluvial y principal zona propensa a inundaciones. Finalmente con un color morado se indica la parte de la cuenca que se encuentra en el sector de lomas o montañas, cuyas pendientes no permiten el desbordamiento del cauce. Por otra parte, dentro de la zona de demarcación definida en verde se realiza una separación de la

desembocadura de la cuenca del río Parrita con respecto a otras cuencas de menor dimensión que colindan con ella, pero que de igual manera afectan a otras comunidades del cantón ya que presentan comportamientos muy similares al desarrollado por la cuenca en estudio, y cuyos efectos son muy similares a los señalados en la caracterización del presente estudio y el de las cuencas descritas en los primeros párrafos. Estos cambios de relieve o geomorfología tan abruptos son los que generan mayores problemas a las comunidades que se localizan cerca de las zonas aluviales o planicies de inundación.



Fig. 3. Representación gráfica de la Cuenca Hidrográfica del Río Parrita a nivel macro.³

Características de la cuenca del Río Parrita

La cuenca del río Parrita tiene una serie de características que hacen que sus efectos sean muy particulares en las zonas bajas del cantón de Parrita, especialmente en las comunidades de Sitradique, La Julieta, El Invu., Pueblo Nuevo y Parrita. Entre estas particularidades destacan el predominio de una serie de fallas geológicas que, en la mayoría de los casos, controlan el cauce de los ríos. El ejemplo más claro de lo señalado ocurre en el caso de la subcuenca del Río Grande de Candelaria, la totalidad de cuyo cauce

³ Gestión y Manejo de Cuencas Hidrográficas CATIE.

es dirigido por una falla de gran importancia a nivel nacional. Otro punto por resaltar de la cuenca es que la parte montañosa del cantón es atravesada por la falla denominada longitudinal, la cual es la principal falla que afecta al territorio nacional, de ahí que se haya considerado la importancia de los efectos que estas puedan causar sobre el sector, y en especial sobre el cauce y sus consecuencias en la parte baja del cantón.

Al revisar la información anterior y hacer la debida inspección ocular de las partes altas de la cuenca, se denota que estas tierras se encuentran constituidas en su mayoría por zonas rocosas orientadas hacia el noroeste del cantón, las cuales en algunos sectores se encuentran muy fracturadas debido a la presencia de las fallas geológicas antes descritas. En sectores intermedios, donde se aprecian desprendimientos de material se observan formaciones de roca sedimentaria con altos componentes de arenisca, lo que hace del sector intermontano de la cuenca un lugar factible para la existencia de deslizamientos con grandes volúmenes de material. Este fenómeno es notorio en las riberas del río en días posteriores al aumento de nivel en el cauce, además de que el tipo de suelo presente en la zona aluvial es el sedimentario debido a los constantes desbordamientos del cauce del río Parrita.

Es por el efecto de estos deslizamientos, la sedimentación y el arrastre de material que, a la fecha, es normal detectar sobre el barco bancos de material. Los hay de muy diversas granulometrías según el sitio de análisis, pero, como es lógico, conforme se acercan a la boca del río o al nivel de mar van reduciendo notablemente su tamaño. Este hecho, aunado a la pérdida de capacidad de arrastre del torrente de agua, tiene como consecuencia el depósito y asentamiento de materiales sobre el lecho del río, lo que afecta notablemente la pérdida de altura del cauce principal. Por ello se generan explanadas dentro del cauce, las cuales a su vez provocan pérdida y arrastre de material de las márgenes.

El fenómeno de arrastre de material se ha incrementado con el paso de los años. Es resultado del cambio en el uso de suelo ejercido a lo largo de toda la cuenca ya que al disminuir el fondo del lecho se ha producido el efecto señalado en el párrafo anterior de que la velocidad del agua en los márgenes genera un

desprendimiento de material y el depósito posterior en sitios no muy lejanos a esta zona. Este fenómeno reduce enormemente la capacidad de la cuenca para hacer un traslado máximo de agua en una sección reducida, al menos en altura, por lo que se amplía la luz del cauce y se reduce su profundidad.

Otra de las características que resultan interesantes en el caso de la cuenca del río Parrita es su rápido cambio de relación de pendiente y elevación dentro del área que la conforma, ya que se pasa de una altura mínima promedio de 2 msnm en la cuenca baja a una altura final de 2506 msnm en el sector intermontano. Esto se ha calculado tomando como referencia el Cerro Caraigres, de acuerdo con la revisión de la hoja cartográfica y a datos suministrados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, los cuales se registran en el documento Plan de Manejo de la Llanura Aluvial del Río Parrita.

Los señalados cambios de elevación no indican que la pendiente debe mantener un comportamiento constante, lo que se puede ver a gran escala en la figura 3, donde se resalta el cambio de la llanura aluvial con respecto a la zona de lomas o montañas. Por ese cambio se generan erosión, sedimentación, altos niveles de infiltración, pérdida en la capacidad de escorrentía, propensión a deslizamientos, y problemas de inundación o desbordamiento del cauce entre otros de menor efecto.

Los datos de cambio de pendiente sufridos por la cuenca se resaltan y resumen en el siguiente cuadro. De esta forma se puede obtener una mejor idea de la relación directa existente entre las diversas alturas con respecto al área abarcada por cada una de ellas, lo que además hace suponer que no se justifica el hecho de contabilizar una sola pendiente para toda la cuenca ya que los cambios señalados en la tabla ayudan a determinar el comportamiento de avenidas máximas de conformidad a su origen y sitio de afectación. Esto permitiría implementar soluciones puntuales de conformidad a los daños observados según el sector. Por ejemplo, estos perjuicios son menores en la cuenca baja del río.

CUADRO 1. Superficie de la cuenca según elevación sobre nivel del mar ⁴	
Altura (msnm)	Área abarcada (Km ²)
Menores de 100	120
De 100 a 600	316
De 600 a 1000	236
De 1000 a 1600	310
De 1600 a 2400	337
Más de 2400	35
TOTAL	1354

De conformidad con los datos que se pueden observar en el cuadro 1, es posible elaborar un gráfico que permita ilustrar en cuál sector sería razonable buscar o realizar una solución alterna. Mediante la representación de los porcentajes correspondientes para cada elevación hallada dentro del territorio de la cuenca, se denota que el mayor porcentaje de este territorio no posee problemas de inundación pero si los puede generar debido a su poca capacidad de retención o a sus altos volúmenes de escorrentía. Esta propensión se aumenta debido a que se encuentran en sitios proclives a deslizamientos, lo que conlleva al arrastre de sólidos hacia las partes más bajas.

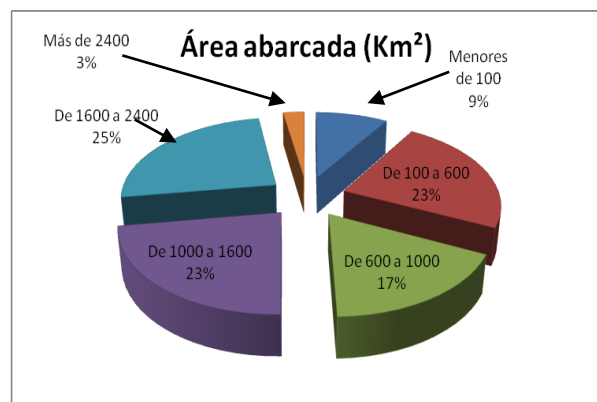


Gráfico 1. Distribución de altura de la cuenca y su relación en porcentaje abarcado.

Si se revisa y analiza con detalle lo representado en el gráfico 1, se determina que más del 60% del área de la cuenca se encuentra ubicada en una zona con altas elevaciones y, por ende, con altos valores de pendiente. La altitud

⁴ Datos tomados de folleto Plan de manejo de la Llanura Aluvial del Río Parrita.

repercute en forma directa en el clima del territorio que conforma la cuenca, provocando cambios muy marcados, los cuales se perciben con gran facilidad ya que varían las características de la precipitación que afecta a esta zona en particular, o a todo el Pacífico Central.

Como se conoce, en las partes altas de una cuenca, debido a la barrera que forman, se presentan lluvias con mayor intensidad y periodicidad que en la parte baja. Al suceder este tipo de precipitaciones y, considerando el uso del suelo dado a la zona alta, es que se demarcan con mayor claridad los periodos de concentración, poca infiltración, aumento de erosión y, por ende, el aumento en la velocidad de escorrentía, lo cual se convierte en un problema para la zona aluvial.

Si se realizara un nuevo estudio basado en el relieve de la cuenca o se utilizara la cartografía de la cuenca en una escala mayor o mejor a la utilizada a finales de los noventa (MOPT. Plan de Manejo de la Llanura Aluvial del Río Parrita), y se calcula el área promedio de cada sección de conformidad a un intervalo bien definido de variación de porcentaje de pendiente, sería posible obtener mayor precisión en las relaciones de pendientes y de esta forma verificar que las pendientes que afectan el relieve de la cuenca superan fácilmente los 30° de manera general.

Para efectos de este trabajo hubiera sido muy deseable dibujar en tercera dimensión lo que consignan las hojas cartográficas que describen la cuenca, o aplicar el programa *Google Earth*, No obstante, este programa no siempre posee la resolución deseada, ya que hay sitios o sectores que poseen muy buena calidad y otros donde resulta casi imposible divisar los mismos relieves del terreno.

Ahora bien, de conformidad con los cambios de pendiente señalados en el Cuadro 1, y revisando el relieve de la cuenca, se puede observar que la unión de las principales subcuencas que lo conforman se da prácticamente al inicio de la llanura aluvial. Por ello este punto se convierte en un lugar idóneo para la recolección de información, como pueden ser los caudales generados, ya que aguas abajo de este punto los afluentes que se suman son relativamente de poca importancia, como para generar variaciones en el caudal en caso de realizarse un estudio en la parte donde se ubica

el puente. Este último sitio se puede denominar como la sección o punto crítico ya que es la garganta o punto donde se reduce el ancho del río.

El tramo que comprende al río Parrita se puede establecer como una sección con características muy constantes, mientras que las subcuencas que lo conforman tienen características muy variables entre sí. De ahí que también varíen los comportamientos de los cauces al momento de realizar el aporte de caudal a la cuenca baja del río Parrita.

Lo anterior se puede lograr analizando cada una de las subcuencas por su parte, estudiándolas de manera más detallada. Es visible notar así que la cantidad de afluentes presentados por la cuenca del río Candelaria supera con suma facilidad a los aportados por la cuenca del río Pirris. Esta cantidad de subcuencas o microcuencas dentro de cada una de las subcuencas principales tienen su función y afectan el comportamiento de la cuenca del Pirris y el Candelaria en diferentes aspectos. Dos de los aspectos principales que se ven afectados son los tiempos de concentración en relación al área tributaria y la variación de la longitud de los cauces de cada una de estas microcuencas.

Por su parte en el Cuadro 2 se pueden observar características relacionadas con las subcuencas principales. Entre estas está la variación de la relación de pendientes de cada una de ellas, la mayor de las cuales es la presentada por el río Pirris, lo que es justificable si se revisan de manera más profunda sus formaciones geológicas. Sumado al factor pendientes, encontramos lo que es la escasa vegetación y el uso agrícola brindado en la zona, por lo que no es de extrañar que dentro de la subcuenca se presenten deslizamientos de gran magnitud, los cuales tienen sus repercusiones al momento de hacer contacto con el cauce principal, y ser trasladados hasta la llanura aluvial, donde son depositados debido a la pérdida de arrastre del cauce.

Otro de los detalles que se logran analizar con base en el cuadro obtenido del

aludido Plan de Manejo de la Llanura Aluvial del Río Parrita, es la relación de área tributaria correspondiente a cada uno de los principales afluentes. El área señalada para la subcuenca del río Candelaria es la mayor y supera por casi el doble la cuenca del río Pirris. Si se analizaran estos aspectos con mayor detalle nos podríamos dar cuenta de que la subcuenca del Candelaria tiene una mayor capacidad para brindar caudal que la subcuenca del Pirris, pero al poseer esta forma también causa que existan mayores tiempos de concentración de lluvia antes de generar problemas de escorrentía.

Si lo anterior se analiza desde el punto de vista hidroeléctrico la subcuenca del Candelaria sería un sitio con caudales suficientes y condiciones aptas para la generación de energía eléctrica; pero es el cambio de pendiente que presenta la subcuenca del Pirris lo que generó que el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) desarrollara primero un mega proyecto en esa subcuenca.

Al corroborar, detallar y respaldar este tipo de información de la cuenca en estudio y al aplicársele un modelo de esta a diferentes comportamientos climáticos, se podrían predecir o estimar la magnitud de las consecuencias ocurridas principalmente a lo largo de las zonas de llanura aluvial. Eso, a su vez, permitiría que se pudieran plantear posibles soluciones alternas de menor costo económico y con mayor eficacia a las que son planteadas para la cuenca baja. Inclusive estas soluciones podrían resultar de alguna forma más efectivas y a un menor plazo.

Dentro del mismo cuadro se logra detallar gran variedad de información que tiene como principal función resaltar los principales puntos por considerar dentro de las cuencas o subcuencas que se analicen para la construcción de obras en las partes bajas de estas.

CUADRO 2. Parámetros morfométricos de la subcuencas del río Parrita según Rodríguez (1983) y Calvo (1983)

Descripción	Unidad	Subcuenca Río Candelaria	Subcuenca Río Pirris
Área	Km ²	661,4	386
Perímetro	Km	143	121
Elevación máxima	msnm	2450	3156
Elevación media del área	msnm	1060	1690
Pendiente media	%	37	40
Cauces que conforman la subcuenca	Número	5005	3253
Longitud total de cauces	Km	2374,4	1491
Densidad de cauces	Núm./km ²	7,58	8,43
Elevación máxima del cauce principal	msnm	2300	3000
Longitud del cauce principal	Km	66,1	60,4
Pendiente media del cauce principal	m/km	33,37	47,86

Comportamiento de las subcuencas a eventos climáticos

Como se mencionó anteriormente y se observa en el Cuadro 2, existen una serie de diferencias entre las dos principales subcuencas que conforman al río Parrita, lo cual hace que se deban revisar las características de cada una por separado para entender su comportamiento tanto en la parte baja como en los principales centros de población.

Basándose en las características de las subcuencas mencionadas en párrafos anteriores y retomando la caracterización de las mismas de manera conjunta, se puede decir que la cuenca del río Parrita tiene una forma que oscila de irregular a circular y describe una forma de red dendrítica. No obstante, al separar los principales afluentes o subcuencas se tiene como detalle que la subcuenca del Río Grande de Candelaria tiene una mayor área, y una menor pendiente manteniendo la forma irregular. Esto tiene como consecuencia que el tiempo de concentración durante periodos largos o intensos de lluvia genere un mayor valor con respecto a su contraparte, con lo que se puede dar razón del porqué esta subcuenca presenta un mayor traslado de caudal.

La cuenca del río Pirris, por su parte, se describe o interpreta como una cuenca de forma irregular cuya relación área, longitud es menor

con respecto a la del Candelaria, pero cuya relación pendiente es mayor, motivo que resalta los problemas de infiltración y escorrentía, generando a su vez mayores problemas de deslizamiento y, por consiguiente, de erosión y deposito de materiales sobre el cauce de la cuenca baja.

De conformidad con las investigaciones realizadas por entidades de gobierno, específicamente por el Instituto Meteorológico Nacional, la posición de ambas subcuencas dentro de la geología del país las vuelve más críticas en el momento de que se presenta un fenómeno atmosférico en el sector Pacífico que si se presentara en el sector Atlántico, y que la afectación de los mismos no necesariamente debe ocurrir a lo largo de toda la cuenca del río Parrita. Basta con que afecte a un sector de este, en especial las zonas altas de las subcuencas, para generar problemas en las partes bajas de esta.

De ahí que para un futuro análisis deberían considerarse actividades que mejoren los comportamientos de las subcuencas en la parte alta, e irlos trasladando hacia la cuenca baja, por cuanto son las partes altas de las cuencas las que tienen por lo general mayores cantidades de lluvia, con lo cual las condiciones de los terrenos varían a una mayor velocidad, especialmente si nos referimos a valores de saturación, cohesión, infiltración, escorrentía, erosión entre otros, situaciones que cambian las

características de los suelos, especialmente las físicas.

Principales obras de protección

Selección de alternativas

Para intentar resolver los problemas de inundación que se sufren en las llanuras aluviales de nuestro país, se pueden seleccionar una serie de obras, o al menos se han realizado propuestas para la construcción de diferentes alternativas, entre las que se pueden resaltar las siguientes: construcción de diques, construcción de canales de alivio, construcción de lagunas de retención, recavas de cauce y reubicación de la población.

Cada una de estas propuestas tiene una serie de implicaciones y factores que al final de los análisis que se realicen se vinculan al presupuesto y la vida útil de la obra; pero de igual forma cada una de las actividades citadas en la mayoría de los casos al trabajar de forma independiente no resultan tan eficaces como trabajar de manera conjunta con las demás alternativas citadas.

De conformidad con los análisis previos y recomendaciones de los pobladores, una de las alternativas más funcionales para resolver el inconveniente de las inundaciones en las cuencas bajas de diversos ríos, es la recava del cauce ya que con esta alternativa se mantendría el perímetro mojado de años atrás cuando no se presentaban problemas. Además, el material que se extrae puede ser utilizado en la reparación de caminos o en la preparación de agregados para la construcción.

Entre los inconvenientes que presenta la recava está que la normativa ambiental vigente hoy día determina un daño ecológico por alterar un ambiente natural. Los costos de operación de dichas labores resultarían muy altos ya que la legislación vigente permite la limpieza del cauce pero no la explotación del material. Por otra parte, para una actividad como es el caso de la cuenca del río Parrita se ha considerado necesario un terreno de unas 100 hectáreas para el depósito de la limpieza de tan solo 10

kilómetros, depositando el material a una altura no mayor de tres metros y excavando a una profundidad no mayor de dos metros. Al respecto se ha estimado que el periodo de recuperación de la cuenca en cuanto al depósito de material sobre el cauce es de un par de años, tras los cuales volverían a darse las condiciones iniciales y previas a esta labor.

Otra de las propuestas que se han realizado dentro del contexto de dar una solución permanente a las comunidades que se ven afectadas por las inundaciones de los ríos, se refiere a la reubicación de la comunidad como tal de la zona de inundación. Esta estrategia, si bien es cierto sería la más conveniente para todo gobierno, implica una serie de factores y recursos difíciles de cumplir. Por ejemplo, se requeriría un terreno con condiciones de urbanización, (costos y tiempos altos), construcción de las viviendas, y erradicación de tugurios, lo que sugiere una aplicación extrema de la normativa por parte de la municipalidad encargada para evitar nuevamente la construcción en estos sectores.

Para el caso de Parrita, esta estrategia ya se intentó en una ocasión pero no tuvo buen efecto ya que no se dió el proceso de vigilancia para evitar la reconstrucción de obras en los puntos de evacuación. Sucedió que tanto familiares como personas ajenas se reubicaran nuevamente en el sitio, trayéndose abajo el esfuerzo realizado para la creación de un nuevo asentamiento que mejorara significativamente las condiciones de vida de los habitantes.

Una tercera propuesta, la cual fue analizada con base en estudios realizados en otras cuencas del país, se refiere a la construcción de un canal de alivio. Esta opción se sugiere por experiencias similares con respecto a los problemas de inundación del río Parrita. No obstante, es necesario ajustar una serie de condiciones de relieve, de espacio y recursos para que la solución no se convierta en un problema para otros sectores del cantón.

Entre los principales criterios a estudiar para la construcción del canal y darle las condiciones adecuadas para su funcionalidad están la longitud, el ancho de este, los sitios de inundación disponibles, las pendientes, el tipo de suelo y los puntos de descarga final.

Dicho estudio dió como resultado la necesidad de crear un canal, que sirviera de rebosadero para que en el momento en que los niveles del agua sobre el cauce principal

sobrepasaran la altura de la ribera éste entre a funcionar, haciendo traslado de parte del caudal que se genera en exceso en el cauce principal. Con ello se estaría reduciendo el riesgo de desbordamiento aguas abajo de este punto. Las secciones estimadas para ese caso en particular señalaron la necesidad de un canal trapezoidal con un ancho de corona que oscilara entre 75 y 100 metros, cuya pendiente de talud variara de conformidad al tipo de suelo. La longitud estaría relacionada directamente con las pendientes del terreno y con los sitios de desfogue final.

Si bien es cierto la propuesta tiene sus partes o factores buenos, como lo es evitar que las comunidades más afectadas sigan sufriendo efectos de las inundaciones, nos encontramos con una serie de inconvenientes que se refieren principalmente a la parte legal y económica. Entre ellos están que se debe pasar a través de propiedades privadas a las cuales deberán de pagarse los costos de expropiación fuera de los costos de construcción, en cuyo caso de no ser aceptada la propuesta económica realizada se deberá recurrir a la vía legal para que se realice el proceso de valuación y se logre finiquitar dicho proyecto.

En el caso de realizarse esta obra se tiene que considerar que el volumen de agua que debe pasar a través de ella es considerable y que no deberá generar o trasladar los problemas que se intentan resolver de una comunidad a otra. Por eso es importante que la geografía del terreno donde se plantee la ubicación presente las condiciones idóneas.

La última propuesta que se mencionará y que será revisada en el presente estudio es la construcción de diques, los cuales se denominan como elementos o estructuras de retención por gravedad. Su principal función es, en este caso, centrar y mantener en un área establecida un volumen de agua, ya que se diseñan para ser capaces de soportar diferentes condiciones o elementos.

Estas estructuras son construidas con diferentes materiales, los cuales dependen en forma directa de la función por desempeñar en el sitio. Su principal constitución se da con un núcleo impermeable (lugar donde se coloca material de granulometría fina a muy fina) y se recubre con material que va aumentando su tamaño hasta adecuarse a las condiciones finales para la cual fueron creados.

Si bien es cierto esta obra no es la mejor solución, resulta ser una de las más económicas ya que de, conformidad con el proceso constructivo, se logran involucrar algunas de las actividades anteriores pero en un menor grado o a menor escala. Además se mezcla con la participación de otro tipo de obras necesarias para mejorar su función final y evitar un deterioro prematuro.

Este tipo de obra también tiene inconvenientes los cuales se pueden presentar antes, durante o con posterioridad a la construcción de este. Entre los principales problemas a citar, sin importar su orden, tenemos, la ubicación de estructuras como viviendas en la línea de construcción de la infraestructura de conformidad al diseño en este caso o a la modelación hidráulica bajo la cual se originó. Este último es uno de los primeros puntos que se deban resolver, debido a la lentitud de los procesos legales para la reubicación y aplicación de alternativas de una posible solución definitiva, entendiéndose construcción de nuevas viviendas o expropiaciones.

Otros de los problemas que se pueden presentar durante el proceso de construcción son los relacionados con la maquinaria y equipo que labora en dicho proceso, los fenómenos ambientales y las condiciones de la superficie de ubicación de la infraestructura. Los problemas denominados posteriores se refieren a falta de mantenimiento, eventos ambientales (sismos, periodos de retorno superiores a los utilizados en el diseño) y omisión del desarrollo de obras nuevas que mejoren la función de los elementos como tal. Esto último involucra una serie de actividades externas o ajenas a la obra como son, por ejemplo, la siembra de vegetación en las márgenes o sobre la cubierta de la obra, la construcción de espigones, muros de retención. Se trata de problemas que, aunque en apariencia no son grandes, pueden llegar a acarrear la reducción en la vida útil de los elementos, así como la destrucción total de la obra.

Estudios previos

Para poder brindar una solución adecuada a un problema planteado, se debe realizar un estudio de los eventos que alteran el comportamiento

normal del objeto en análisis. En el caso del presente documento se pretende determinar el comportamiento del cauce del río Parrita en la cuenca baja ante la presencia de diferentes fenómenos, y hallar una solución al problema de desbordamiento causado por el paso de los mismos eventos en parte o a lo largo de toda la cuenca en estudio.

Los estudios previos pueden ser agrupados de acuerdo al origen, importancia, magnitud, cercanía del evento. No obstante, todos dependen de los registros de información almacenados para la realización de análisis posteriores, en los cuales se busca brindar una solución al problema presentado, cada vez que el país o en forma directa la cuenca en estudio se vean afectados por un fenómeno natural.

Dicho registro de información dará como resultado una mayor precisión en los resultados buscados. En el caso en particular se encuentra el inconveniente de que no se encontraron instituciones, o equipos que hayan recolectado y almacenado información del comportamiento de la cuenca en los últimos 50 años de manera constante, por lo cual se hace necesario conseguir la mayor cantidad de información posible e investigar en diferentes lugares o instituciones que se correlacionen con la información y el sitio en estudio.

Toda aquella información que no se pueda obtener de manera directa deberá buscarse por diferentes medios de cálculo y, de no ser posible, se deberán suponer ciertos procedimientos para la obtención de posibles datos en los resultados buscados.

Estudios meteorológicos

Para el caso del presente proyecto y en el caso de futuras propuestas que se generen a partir de éste, los estudios meteorológicos son de gran importancia para lograr obtener valores o datos más precisos y de manera más inmediata, ya que en la mayoría de las situaciones lo que interesa para la parte de diseño son los caudales acumulados en las cuencas bajas del río en estudio, además de información relativa al relieve existente a lo largo de esta o al perfil de la rivera de manera directa.

Durante el desarrollo de este proyecto se analizaron los resultados y, en especial los datos proporcionados por dos eventos atmosféricos de manera específica, pero de igual forma se revisó información anterior a la ocurrencia de estos. Específicamente se realizó una revisión de un estudio realizado en el año de 1998, donde se registra un análisis y el comportamiento a esa fecha de la cuenca describiendo sus debidas características. Se registraba también alguna información esporádica de los eventos meteorológicos ocurridos previamente a esa fecha, como lo fueron el huracán César y el huracán Mitch, aunque sin dar un valor numérico de la cantidad de agua que viajó por el cauce.

Estos eventos llegaron a generar daños considerables en las comunidades de Sitradique, Parrita, Pueblo Nuevo, La Julieta y el Inyu principalmente, principalmente por el volumen de líquido trasladado en la cuenca y desbordamiento del mismo tras encontrar puntos bajos en las riberas del cauce principal.

Para la construcción de este tipo de elementos se recomienda también realizar una revisión de la bibliografía y normativa correspondiente al desarrollo de obras de viabilidad, ya que el comportamiento de las estructuras del dique pueden resultar fácilmente comparables con una carretera, y de igual manera una sección de carretera puede cumplir la función de dique según su ubicación dentro del recorrido de la cuenca.

La similitud de ambas estructuras es la conformación que se le debe de brindar para soportar las respectivas cargas a las que serán sometidas durante su vida útil. Debido a que los criterios de compactación utilizados son similares por cuanto a que la corona de dique será utilizada como superficie de ruedo durante su vida útil.

Motivo por el cual la corona del dique debe de recibir un mantenimiento igual al que se le brinda a las carpetas de rodadura.

Metodología

Revisión bibliográfica de estudios previos

Información básica de la cuenca

Con este punto se pretende ubicar geográficamente al lector con la finalidad de que tenga una idea del relieve y condiciones por las cuales se dan los problemas en la cuenca del río en estudio. Además, se busca señalar las características y problemas más relevantes de la misma. Por supuesto no debe olvidarse que cada una de las cuencas tiene un comportamiento muy diferente de conformidad a factores de forma, dimensiones, uso del suelo y ubicación geográfica entre otros aspectos que se han citado con anterioridad.

La cuenca del Río Parrita se localiza en la parte central del país. Abarca una extensión de aproximadamente 1354 km²,⁵ de los cuales 1116 km² se localizan al sur de la provincia de San José, específicamente abarcando partes o la totalidad de las comunidades de Puriscal, San Marcos de Tarrazú, San Pablo de León Cortes, Santa María de Dota, San Ignacio de Acosta. Cuarenta y cinco km² de esta cuenca son pertenecientes a la provincia de Cartago, sector de Tejar del Guarco, que es el origen de la subcuenca del río Pirris. Finalmente, el área restante de 193 km² le pertenecen a la provincia de Puntarenas, en la cual se destaca la comunidad de Parrita, ubicada casi en su totalidad en la llanura aluvial.

Con base en lo señalado anteriormente es posible hacer un pequeño resumen que describa de manera más simplificada el aporte de cada provincia en relación con el área de la cuenca que se abarca. A partir de este punto es

⁵ Plan de manejo de la llanura Aluvial del Río Parrita

posible hacerse una idea de las condiciones bajo las cuales se conforma el relieve. Dicho resumen se indica en el siguiente cuadro, que indica el porcentaje de la cuenca dentro de cada una de las provincias por las cuales discurre.

Provincia	Área (km ²)	% abarcado
San José	1116	82,4
Cartago	45	3,3
Puntarenas	193	14,3
TOTAL	1354	100

El cuadro anterior puede resaltar la necesidad de involucrar a diferentes comunidades para hallar soluciones diversas y reducir sus consecuencias en las parte bajas. Conocer las características de la cuenca se considera de importancia debido a que generan una idea de cómo se puede comportar la cuenca ante la presencia de un evento atmosférico determinado, y que no necesariamente se dé en la llanura aluvial o en Parrita sino en alguna de las comunidades que pertenecen a las partes altas del cauce de las subcuencas.

Aspectos hidrológicos y morfológicos

Considerando la morfología de la cuenca, podemos decir que, debido a su ubicación, es una zona de levantamiento y que de conformidad a su edad geológica no ha logrado alcanzar la estabilidad adecuada. De ahí que se presenten los problemas de deslizamientos de las partes

altas, en las cuales se presentan pendientes superiores al 50%, generando arrastres de material a la zona aluvial de manera muy directa. Además, sumado a esto se tiene la serie de fallas presentes a lo largo de toda la cuenca.

Si se revisa la geología de la cuenca, nos podemos encontrar con rocas pertenecientes al periodo Cretácico y al Terciario, con rastros de sedimentos del Cuaternario, a lo cual se suma el gran conjunto de fallas geológicas activas e inactivas que afectan toda la cuenca y que en su mayor parte controlan los cauces de los afluentes que la conforman. Por su lado la zona aluvial se constituye por grandes zonas de sedimentación las cuales varían su constitución de homogéneas a heterogéneas y de consolidadas a no consolidadas, de manera que es posible localizar una granulometría variada de conformidad a su formación y a la forma de depositarse sobre las riveras del cauce por causa de la baja permeabilidad de los suelos.

Los factores hidrológicos que más se deben revisar en esta clase de estudios tienen que ver principalmente con las características de la cuenca, y que se resaltaron en el presente marco teórico. Entre ellos cabe resaltar nuevamente los de más interés, como son la caracterización de uso de suelos y su debido estudio de capacidad de absorción o infiltración, la evapotranspiración y demás componentes que completan el ciclo, descritos en la figura uno.

En caso de querer revisar el comportamiento hidrológico de la cuenca del Río Parrita se recomienda ver los estudios del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Rodríguez, 1983; Calvo, 1983), referencia señalado por el plan de manejo de la llanura aluvial del río Parrita, documento en el cual se registran los eventos ocurridos hasta el año de 1982, situación que ha podido variar un poco considerando los cambios ambientales ocurridos a nivel mundial, por consecuencia del calentamiento global.

Cronología de los eventos

De conformidad con los estudios realizados y revisados en la bibliografía se logró determinar que desde el año de 1955 se han venido presentando inundaciones en el cantón de Parrita, cuyos efectos han variado de acuerdo al origen del fenómeno natural que afecte la

cuenca. Dichos eventos se han considerado como avenidas máximas o cuyas consecuencias han sido significativas, las cuales fueron registradas por su comportamiento hidráulico hasta el año de 1982. A partir de esa fecha se registran dos fenómenos de importancia como son el Huracán César en 1996 y el Huracán Mitch en el año de 1998. Estos últimos son analizados con base en el impacto ocasionado al cantón de Parrita y en especial a las comunidades ya resaltadas.

En caso de querer ahondar un poco más en el proceso e intensidad de los eventos se recomienda buscar la actualización de los medios ya que el registro de datos de dichos fenómenos hasta la fecha no es muy preciso. Para el caso del presente estudio se revisó la información generada por los eventos ocurridos durante los meses de octubre del año 2007 y mayo del año 2008. Se escogieron esos eventos porque fueron los que limitaron la vida útil de la estructura construida en el año de 1999 y, a su vez, generaron una información más actualizada de los caudales en el cauce. No obstante, parte de esta información se debió presumir por la pérdida de pluviómetros y por ende de información capturada por estos instrumentos.

Lluvias del mes de octubre

Como primer paso se procedió a revisar el origen, el tipo de fenómeno, y lo sucedido con los fenómenos naturales ocurridos en el mes de octubre del año 2007 y posteriormente en el mes de mayo del 2008, los cuales en menor o mayor grado provocaron problemas de inundación en varias de las comunidades del cantón de Parrita.

En primera instancia se hizo necesario conocer los niveles de agua y valores registrados o alcanzados por el fenómeno del mes de octubre del año 2007, el cual tiene como características principales un período largo e intenso de lluvias que se origina como consecuencia de una baja presión atmosférica considerada fuera de lo normal en el sector Caribe. Este fenómeno estuvo aunado a cambios de temperatura en el Mar Caribe, el cual aumentó con respecto al promedio que se mantiene normalmente, mientras que al contrario se sufrió de un descenso en el promedio habitual de las temperaturas presentes en el Océano Pacífico.

Aunado a lo anterior se debe considerar el aumento en la velocidad de los vientos, que presentan en el país dos condiciones extremas: mientras que en las regiones del Pacífico Central y el Pacífico Norte se presentaban intensos períodos de lluvia, en la Zona Norte se daba un período de sequía extrema que originó una serie de problemas adicionales para este sector del país.

De conformidad con lo señalado por el Instituto Meteorológico Nacional, las lluvias de este mes sobrepasaron todos los datos registrados y almacenados a la fecha presentando cantidades sumamente importantes en algunas de las estaciones instaladas a lo largo del territorio nacional. Tal es el caso de Nicoya, que registra 800 mm, Liberia que en el mismo período registra 721 mm, lo cual de conformidad a lo analizado y a la información registrada solo es superado por las lluvias presentadas en el año de 1959. Entre tanto una de las estaciones más reveladoras o de mayor importancia para el estudio se refiere a la ubicada en Damas, la cual señala que es el octubre más lluvioso a la fecha con un registro de 1010 mm.

De conformidad con la información adquirida se denota que la capacidad de infiltración de los suelos se vio agotada debido a la confinación, específicamente por los altos niveles de precipitación caídos durante la presencia de ese evento. Visualmente se percibe la acumulación de agua sobre la superficie.

Mediante el siguiente gráfico se hace un resumen de los datos obtenidos en diversas estaciones pluviométricas especialmente de las ubicadas en el Pacífico Central. Si bien es cierto que estos datos proporcionan una idea de la cantidad de lluvia que se originó en la cuenca del Río Parrita durante el mes de octubre del 2007, no todos los datos de las estaciones son lo suficientemente representativos para el estudio que se realiza. Esto debido a las características propias del evento meteorológico y que no todas las estaciones se encuentran dentro de la zona de estudio que nos interesa, además de que los datos ofrecidos no determinan si el origen de los problemas es en la parte alta, media o baja de la cuenca, o bien si se debe a una mezcla de los anteriores.

Es debido a la falta de un mayor número de estaciones o puntos de registro que se localicen sobre la cuenca en estudio, que se deben tomar en consideración las estaciones

más cercanas y presumir de esta forma datos similares para el estudio realizado. Puede decirse concretamente que a lo largo de la cuenca solamente se contaba con información de al menos 3 estaciones y de las cuales no se determinó el registro al momento de transcribir la información.

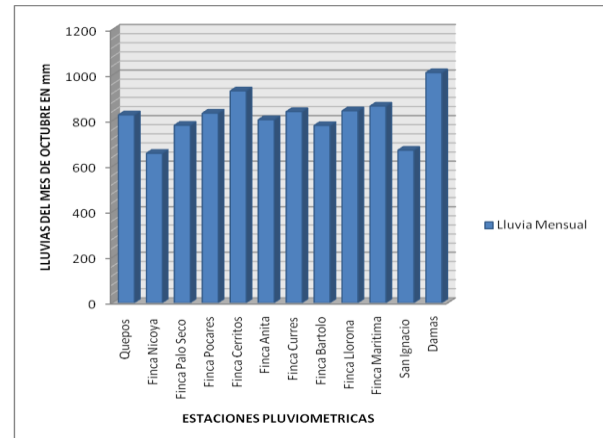


Gráfico 2: Cantidad de lluvia acumulada en el mes de octubre en las Llanuras del Pacífico Central, según datos de estaciones pluviométricas.⁶

Como se mencionó anteriormente, por lo general el registro de esta información sería más oportuno si existiera la posibilidad de obtener datos sobre puntos más cercanos a la cuenca. También hubiera resultado conveniente que se contara con instrumentos que determinaran de manera directa los valores de los volúmenes trasladados sobre la cuenca baja del río Parrita, o sea de manera directa sobre la estructura del puente existente, el cual es la parte más angosta del sector del cauce.

Tormenta tropical Alma

La tormenta tropical *Alma* se puede considerar como un evento natural con características muy especiales y efectos muy diferentes a los fenómenos que ocurren y afectan con mayor periodicidad al país.

Entre las principales características que presentó este evento en particular, se determinaron su formación, la cual se realizó en el Océano Pacífico, y su cercanía con las costas nacionales. Esto es notable primeramente por

⁶ Datos del Instituto Meteorológico y diseño del autor.

cuanto no es muy común la formación de tormentas o huracanes sobre el Océano Pacífico y, en especial, que en este sector del país, y a la fecha no se había registrado un evento con tanta cercanía al territorio nacional como este.

Según información obtenida por medio del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), *Alma* es el sexto fenómeno en originarse desde que se cuenta con un registro histórico sobre este tipo de fenómenos. Dicho registro data del año 1949, y el centro de la tormenta se registró a tan solo una distancia de 75 Km. de Cabo Velas en Guanacaste, superando de esta manera por un poco más de tres veces la cercanía del huracán Francesa en 1970. Inclusive *Alma* superó la cercanía de la tormenta tropical Bret, ocurrida en el Mar Caribe⁷, tal y como se logra observar en lo señalado por la figura 4 de este estudio.



Figura 4: Ciclones tropicales más cercanos a Costa Rica desde el año 1949.⁸

Alma tiene como origen un sistema de baja presión y un aumento en la velocidad de los vientos en un periodo de tiempo muy corto. Como efecto adicional a sus características tiene la creación de un ciclón tropical en el Caribe, fenómeno que se presentó y afectó al territorio nacional por última vez en el año de 1989.

Debido a las características de la formación de *Alma* se le ha podido considerar como uno de los ciclones tropicales que mayor impacto ha originado al país. Afectó alrededor de 75000 habitantes de forma muy variada, y generó pérdidas para el país que fácilmente superaron

⁷ Fuente: Gestión de Desarrollo del IMN

⁸ Fuente: Gestión de Desarrollo del IMN

los 20 000 millones de colones. Impacto en sectores como el agrícola, el industrial, el turístico. Generó pérdidas de cultivos alimenticios como arroz, papaya e industriales como madera, dañó obras de infraestructura como puentes y red vial en general afectando rutas nacionales y cantonales, lo que creó inconvenientes en el traslado de los turistas por medio del cantón.

De igual manera se realizaron estudios de las condiciones climáticas por las cuales pasaba el país, las cuales son bien descritas en la figura 5. Esta gráfica genera una idea de las condiciones bajo las cuales se encontraba el país durante el paso de la tormenta tropical y del porqué de la presencia o concentración de tanta lluvia en tan corto periodo de tiempo, ya que, de acuerdo con la información recabada, en tan solo dos días se obtuvo la precipitación de la mitad del mes de mayo, con un periodo de lluvias normal.

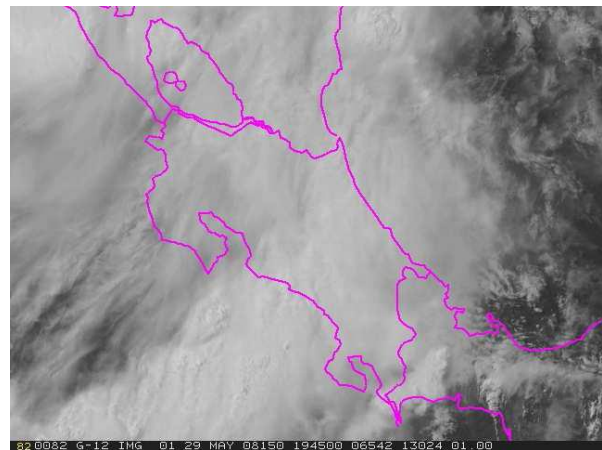


Figura 5. Imagen satelital de las condiciones que afectaban al país el 29 de mayo al ser la 1:45 de la tarde.⁹

La imagen resalta de manera muy específica una fuerte concentración de nubes con una mayor densidad ubicada precisamente en la parte central del Pacífico Central, sin dejar de afectar a otros sectores y a todo el territorio nacional.

Se procedió con base en la información que se logró obtener por medio de las diferentes estaciones meteorológicas, especialmente de aquellas que se localizan dentro del radio de la cuenca o al menos en las cercanías de esta, y en las cuales se registraron los niveles de precipitación ocurridos específicamente durante

⁹ Informe de Tormenta Tropical Alma y sus efectos en Costa Rica.

los días 28 y 29 de mayo. Esto se hizo porque dicha información genera los datos de la cantidad de lluvia acumulada por metro cuadrado de terreno y esto permite inferir los efectos y consecuencias en la cuenca en estudio.

Inventario de las obras de protección existentes

El inventario del estado de las obras surge como la necesidad de reparar la estructura existente a mayo del año 2008, una vez que se han presentado los problemas de inundación originados por el fenómeno ambiental del mes de octubre del año 2007. Esto se hizo por medio de la Comisión Nacional de Emergencias y por el decreto donde se señala estado de emergencia nacional, por lo que se asignaron recursos económicos para realizar y construir obras que protejan a las comunidades que se vieron afectadas y ayudarles a recuperar su estado normal de vida o por lo menos reduciendo sus efectos. En la justificación para asignar estos recursos se involucran la construcción de obras de infraestructura y todo tipo de instalación que mitigue los efectos generados por el paso del fenómeno atmosférico.

Primera inspección

Con anterioridad a la fecha del jueves 29 de mayo del año 2008 se había realizado un breve reconocimiento por medio de una inspección visual de las secciones existentes de manera de pre oferta para la respectiva licitación. En dicho recorrido se estimó que las estructuras presentaban un deterioro mínimo con respecto a los problemas causados por los niveles de agua alcanzados durante las intensas lluvias del mes de octubre del 2007. Además, la inspección evidenció la existencia de puntos considerados frágiles, los cuales eran de fácil reparación, ya que la mayoría de los daños presentes se debían al mal mantenimiento que habían recibido las estructuras desde su construcción en el año de 1999.

La inspección también permitió concluir que en algunas estaciones de las secciones presentes se daban indicios de problemas de

infiltración, los cuales repercuten nuevamente como consecuencia de la falta de mantenimiento adecuado, puesto que en el sitio era fácil observar el crecimiento de todo tipo de vegetación sobre los bordes y la corona. Dicho tipo de vegetación se consideraba inadecuado para la estructura principalmente por su tipo de raíz ya que no brindaban la función de amarre deseado. Además se halló la construcción de ranchos sobre la corona de la estructura (consecuencia de la falta de vigilancia por parte de las autoridades municipales), cuyos ocupantes aparte de depositar las aguas residuales y demás desechos comunes sin ningún tipo de control sobre la sección, permitían la extracción del material de la estructura. Se estimó también que con su actividad diaria provocaban, aparte del arrastre de los finos por lavado, la reducción de las dimensiones de la sección por sustracción del material para otros fines. Por ejemplo, se lograron establecer y definir estaciones en las que se presentaban asentamientos diferenciales provocados principalmente por el terremoto del año 2004, y el mismo peso de la estructura sobre el suelo, ya que la mayoría de los sitios no presentan capacidad de carga por estar constituidos por sedimentos dejados por los mismos desbordamientos del cauce. Todos estos efectos repercuten en una pérdida de altura de la sección convirtiendo a esas estaciones en puntos de rebosadero.

Este seísmo originó que la estructura existente a esa fecha, especialmente el tramo localizado en la margen izquierda y que protege a la Comunidad de Parrita Centro, sufriera mayores daños, con respecto a la estructura paralela. Esto se debía a su asentamiento diferencial, sumado a la falta de capacidad de carga por parte del elemento soportante, en este caso el suelo, a la falta de compactación durante su construcción. Tal situación, se sumó a la inexistencia de un plan de mantenimiento adecuado y la falta de presupuesto para reparaciones mínimas o mayores que permitieran devolver la sección existente en caso de emergencia.

Por otra parte, la estructura de la margen derecha (entiéndase en todo momento aguas abajo) en esa primera inspección no presentaba daños visibles o mayores que pudieran ocasionar inconvenientes ante la presencia de nuevos eventos. Sólo se registró la pérdida de material en algunas de las estaciones debido principalmente al deslizamiento o arrastre de

material, causados precisamente por el poco mantenimiento brindado y la falta de vigilancia desde su creación a la fecha de este primer análisis. Por supuesto que tal situación se aúna a la nula asignación de recursos para reparación dentro de su vida útil.

Inspección posterior a Alma

Como se citó en párrafos anteriores, a mitad de mayo se realizaba una inspección de pre-oferta para la reconstrucción de las estructuras existentes, momento para el cual se origina la tormenta tropical *Alma*, la cual es causa de grandes daños en la cuenca baja del río Parrita, reactivando y aumentando los daños causados en el mes de octubre del 2007.

Una vez que pasa la emergencia provocada por la tormenta tropical *Alma* se da inicio al recuento de los daños provocados en todo el cantón. Este recuento era necesario debido a que los niveles alcanzados en otras cuencas de menor dimensión y por el cauce del río Parrita, no habían sido registrados y presentados desde el evento del año 1955, el cual muy pocos habitantes del cantón pueden recordar y dar fe de lo sucedido entonces.

Los niveles de agua alcanzados por el evento afectaron en gran magnitud a los elementos existentes así como a otras estructuras y poblaciones. Durante el primer recorrido posterior al fenómeno meteorológico se observó que la sección de la margen izquierda había sido sobrepasada en varias estaciones, principalmente en las cercanías detrás del sitio denominado Bomba de Agua y en las partes donde la estructura había sufrido el asentamiento diferencial originados por el paso de los seísmos del 2004 principalmente y del peso propio. En la primera inspección estos puntos se habían detectado y citado como secciones frágiles y propensas al colapso en caso de presentarse otro fenómeno.

En cuanto a la sección o estructura que se encargaba de salvaguardar a la comunidad de Sitradique se localizaron puntos muy específicos en los cuales el elemento se ve afectado por la infiltración, lo que generó la pérdida de los finos y el posterior arrastre de material del tramo o estación correspondiente. A partir de esta reducción de capacidad, por el reacomodo de los

elementos gruesos, los tramos se ven rebasados por los niveles de agua alcanzados.

Una vez realizada esta inspección, se verifica y determina que las estructuras han cumplido con su vida útil, ya que además de los daños sufridos y la pérdida de dimensiones de diseño observados inicialmente se consigue información por parte de personeros del Departamento de Obras Fluviales del MOPT. Informan estos funcionarios que los elementos fueron diseñados para un periodo de 10 años, siempre y cuando se les brindara el mantenimiento y se construyeran otras alternativas.

De conformidad con la información brindada y los registros existentes en el Departamento de Obras Fluviales se logró determinar que para el año de 1998 se presentó la propuesta de la construcción de tres elementos o secciones. Dos de ellas se ubicarían aguas arriba y una aguas abajo de la estructura del puente existente. No obstante, por razones aun desconocidas solo se llevó a cabo la construcción de los elementos aguas arriba, con lo cual se dejó desprotegida a la comunidad de Pueblo Nuevo. La inspección de campo determinó que en la margen izquierda aguas abajo se llevó a cabo la construcción de elementos como espigones u otro tipo de protección, ya que se observan apilamientos de roca en ciertas estaciones, a las cuales tampoco se les brindó el adecuado mantenimiento. Los elementos mencionados se ubicaron en puntos específicos, que muy probablemente fueron determinados anteriormente como puntos frágiles y propensos a haber sufrido daños; no obstante, a la fecha el cauce ha variado un poco su recorrido, debido a la deposición de material.

Ubicación de las secciones existentes

La ubicación inicial de las secciones existentes se realizó por medio de levantamiento con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) por sus siglas en inglés. La ubicación definitiva y más precisa de estas se trabajaba por medio de la interacción de topografía y GPS ya que era necesario determinar secciones de cauce aguas arriba y aguas abajo del puente, para determinar

la capacidad máxima de caudal a ser percibida y almacenada en la garganta o parte más estrecha de los elementos, además de señalar la ubicación de la sección por construir.

Para la ubicación de la sección se utiliza como base la cartografía 1:25000 formato Shape de CENIGA/MINAE misión TERRA 1996-2000, la cual se encuentra más actualizada en relación con la cartografía 1:50000 del IGNCR de 1974 que es la información más factible a ser consultada.

Dicha proyección se realiza sobre sistemas de información geográfica (SIG) a los cuales se les denomina comúnmente como registros GIS debido a sus iniciales en inglés, los cuales son capaces de dictaminar con mayor precisión la ubicación de todo el levantamiento realizado con el GPS.

Evaluación de las estructuras existentes

Dimensiones de las secciones existentes

Para el año de 1998, según los estudios realizados por el MOPT, se propuso la realización de al menos dos tipos de actividades las cuales tenían como finalidad ayudar a reducir los efectos acaecidos en los principales centros de población y de aquellos sitios afectados en los eventos presentados hasta esa fecha. La primera acción recomendada era la creación de tres secciones de dique, las cuales se establecían como lo señala el cuadro siguiente:

CUADRO 4. Longitud de Dique a realizar en el año 1998	
Descripción	Longitud (m)
Dique Sitradique	1800
Dique Parrita Centro	1100
Dique Pueblo Nuevo	1200
TOTAL	4100

Dichos estudios establecían secciones que debían mantener una corona que oscilara entre los 6 y los 8 metros con la finalidad de permitir el tránsito sobre estos, a fin de permitir la compactación y el asentamiento controlado. La pendiente en talud seco debía ser de 1V:1H, y en el sector húmedo 1V:2H, con una altura de 4 metros. Basaban la altura de corona con respecto a un caudal de diseño de 1800 m³/s¹⁰, valores o dimensiones de sección que, de conformidad con las inspecciones realizadas recientemente al sitio, no se adecuaban y que se verificarían posteriormente con los primeros resultados de topografía. Esa modelación propuesta representaba un promedio de 42m³ de material por metro lineal de sección debido a las condiciones del relieve natural del terreno.

De conformidad con lo señalado por las primeras inspecciones, se determinó que las secciones no habían alcanzado las dimensiones inicialmente propuestas en dicho plan, o que, debido a la falta de un adecuado mantenimiento, la sección construida había cambiado su forma y no poseía las dimensiones establecidas.

Durante dicha investigación se determinó que, además de no contarse con las dimensiones de las secciones correspondientes, tampoco se llevó a cabo la construcción de tramos completos. Dicha omisión se desconoce por el autor ya que no existe razón o registro de por qué no se concluyeron las actividades y tramos de manera completa y correcta.

En el presente estudio el autor supone que se presentaron una serie de inconvenientes para los participantes o ejecutores de dicho proyecto, los cuales se conjugaron de manera tal que se dejó la construcción de elementos en un porcentaje de avance superior al 50%, de acuerdo a lo que se observó en campo y a las dimensiones de los elementos existentes.

Como se ha mencionado con anterioridad y se reitera en este momento, una vez pasado el fenómeno del mes de octubre se realizó un recorrido sobre las estructuras existentes con el fin de verificar los daños sufridos en cada una de las estructuras. La mencionada evaluación se llevó a cabo junto con el personal de La Comisión Nacional de Emergencias, del Departamento de Obras Pluviales del Ministerio de Obras Públicas y Transportes y de miembros del SENARA.

¹⁰ Plan de manejo de la llanura Aluvial de río Parrita, MOPT; Unidad de Obras Fluviales

Al finalizar la evaluación se determinó que dichas estructuras ya habían sido afectadas no solo por el periodo de lluvia de octubre sino por los fenómenos y demás inconvenientes ocurridos años atrás. Los daños se registraban en diferentes puntos o estaciones y eran consecuencia de diferentes fenómenos naturales. Uno de los principales era el terremoto del año 2004, el cual provocó un asentamiento de las estructuras construidas entre el año de 1998 y el año de 1999.

Posteriormente, las constantes crecidas del Río Parrita lograron sobrepasar con mayor facilidad la corona de la estructura en diferentes estaciones, provocando el arrastre de material y convirtiéndolo en puntos aún más frágiles para las crecidas presentadas posteriores a ese momento. También se presentan problemas de infiltraciones en diversos puntos.

Verificando las condiciones en que se encontraban las estructuras, y considerando la necesidad de proteger principalmente a las comunidades de Parrita, Sitradique y Pueblo Nuevo, que son las más afectadas en el momento del desbordamiento del Río Parrita, sin excluir a el Invu, se toma la decisión de que se deben reconstruir las secciones existentes.

Es a partir de este momento que inicia la coordinación para poder asignar la creación de las nuevas estructuras y, por medio de La Comisión Nacional de Emergencias es que se logra agilizar el procedimiento y se emite la licitación de Contratación por Emergencia **N° 34 2008**. En ese documento se señalan las condiciones que se deben cumplir, para la creación de las nuevas secciones, además de que se debe verificar lo señalado durante el proceso constructivo. Dichos extractos de mayor importancia se colocan en los anexos

Ya para finales del mes de mayo del año 2008 es que se tiene a la empresa ganadora del contrato por decreto de emergencia **N° 34 2008**, y de manera conjunta entre las instituciones participantes, y personeros de la empresa se procede a una nueva inspección sobre los tramos existentes para verificar si las condiciones con respecto a la última inspección no han variado significativamente en los últimos meses. Este recorrido arrojó como resultado que era necesario realizar un nuevo levantamiento topográfico, por cuanto la información que fue suministrada por el Departamento de Obras Fluviales en su momento

no se ajustaba a lo observado una vez adjudicado el proyecto a la empresa constructora.

El paso de *Alma* generó varios efectos fuera de lo común, debido a que se alcanzaron niveles de cauce (casi un metro sobre las riberas) nunca antes registrados. Además, este fenómeno causó una serie de daños a lo largo de la cuenca baja sin comparación con lo visto en periodos anteriores. Esto, además de variar las condiciones del cauce, originó la necesidad de realizar algunas modificaciones a las secciones propuestas en la contratación por emergencia.

En esta ocasión los diques existentes se vieron prácticamente arrastrados en varios puntos provocando daños no previstos. Se afectaron nuevas comunidades o puntos que no se habían afectado con los fenómenos anteriores, principalmente a aquellos ubicados dentro de la llanura aluvial de la cuenca. Esto aumentó considerablemente los costos de los daños sucedidos durante las lluvias de octubre.

Una vez finalizado el paso de *Alma* y reducidos los niveles de agua del cauce, se verifica el estado de las secciones y es en este momento que se toma la decisión de que es urgente reparar y redimensionar a la mayor brevedad las partes destruidas junto a los puntos más frágiles de las estructuras existentes. Esto era necesario porque si se presentaba un nuevo evento las comunidades de Sitradique, Parrita Centro y Pueblo Nuevo estarían totalmente desprotegidas y se podrían originar mayores pérdidas y destrozos a los ya ocurridos en estos centros de población.

Al haber descendido los niveles de agua notablemente se procede a realizar el inventario de los daños en las secciones, así como de los sitios o poblaciones más afectados por el desbordamiento del río. El descenso en las aguas permite iniciar con los procedimientos de levantamiento topográfico de las secciones de río y de los perfiles de cada tramo, necesarios para determinar las cantidades de material y los costos de obra final.

Identificación de las actividades a realizar

Una vez culminada la inspección y evaluación de los daños sufridos en las secciones, el conjunto de instituciones que la conformaron deciden establecer un plan de trabajo para devolver de manera inicial la sección perdida, y posteriormente llevar a cabo los procedimientos para la sección final, obtenida de la proyección y análisis hechos según los volúmenes generados en el cauce principal.

Dichas actividades son separadas de conformidad a la etapa en que se localicen. Se establecieron tres de esas secciones las cuales se señalan a continuación:

Actividades en etapa de reparación de secciones

En esta etapa se consideró agrupar toda aquella actividad que se refiera no solo a las acciones de reconstrucción, sino a todas aquellas que se ha previsto actúan de manera previa para la determinación del diseño y procedimientos a seguir, o por lo menos que se deben tomar en cuenta para la aplicación en otros sitios de interés con proyectos similares.

Las primeras acciones a tomar en esta situación era realizar un levantamiento topográfico para establecer las secciones o tramos dañados. Con dicho levantamiento la empresa encargada de la construcción se da cuenta de la cantidad y tipo de material que se requiere para devolver la sección previa. De igual forma obtiene información de la cantidad de recursos que se deben asignar para recuperar la sección que a esa fecha era existente.

La creación de estos perfiles va a brindar información para determinar el procedimiento a seguir durante los trabajos temporales y durante los trabajos definitivos. Por medio de los perfiles se logra determinar las dimensiones de sección a reponer, cantidad de material requerido, espacio físico para la colocación de las secciones, ubicación en planta de las secciones, y de esta forma prever si se presentaran inconvenientes dentro del proceso constructivo.

Los problemas previsibles tienen que ver principalmente con la ubicación de la obra, por cuanto el aumento de los niveles de agua generalmente deteriora los márgenes del río, con lo cual se ve reducido el espacio disponible entre estos y la sección existente. Cuando esto se da es necesario reubicar ciertos tramos o la sección completa, de conformidad a los primeros resultados, lo que a su vez puede involucrar el paso por construcciones existentes o por propiedades tituladas, para lo cual se requeriría una serie de trámites y permisos.

Una vez establecidos los sitios de ubicación, resueltos los permisos de paso por propiedades privadas y la demolición de las estructuras existentes, se inicia con las labores de limpieza y recolección del material desplazado por el arrastre, el cual será utilizado para establecer la base de la estructura a reconstruir tal y como lo señala las imágenes correspondientes¹¹.

A la vez que se realiza la actividad de conformación de la estructura existente con el fin de devolver las dimensiones previas al evento meteorológico, el personal se concentra en la ubicación de los posibles bancos de préstamo, los cuales se ha considerado que deben estar dentro del mismo cauce. Estos bancos de préstamo deberán suplir las necesidades granulométricas del material perdido durante el arrastre por los niveles de agua alcanzados como para desarrollar la nueva sección propuesta y cumplir con lo señalado en el respectivo cartel.

La etapa de reparación deberá adecuarse a lo señalado en las especificaciones de construcción indicadas por la Comisión Nacional de Emergencias, esto por cuanto si se diera la presencia de un nuevo evento en los días próximos a inicio de las labores existía la gran posibilidad de perder el avance realizado a la fecha. De ahí que la topografía se convierta en un elemento indispensable durante toda la construcción y no solo durante el periodo inicial.

Actividades en etapa de construcción de nueva sección

Dentro de este grupo de actividades se señalarán las más representativas para dar la forma a la

¹¹ Ver imágenes en la parte de anexos

sección final de la obra propuesta, ya que sin ellas el proyecto podría culminar en las mismas condiciones en las que concluyó su fase de los años noventa.

Estas etapas han sido acomodadas de manera tal que permiten a cualquier persona seguir los procedimientos para poder realizar obras similares en otros sectores, o bien para poder continuar con la ampliación de las actuales estructuras.

Localización de los bancos de préstamo

El procedimiento para este punto se basó inicialmente en la propuesta de que el material arrastrado por el cauce sería el mismo que se utilizaría para la conformación de las estructuras, de ahí que se hiciera necesario hallar los puntos óptimos para realizar la extracción, ya que los mismos se deben adecuar a las condiciones señaladas en el cartel de licitación, y resumidas en el siguiente cuadro.¹²

CUADRO 5. Volúmenes de Material a Colocar en cada tramo				
Sección de Dique	Longitud (m)	V bloque > 300	V grava	V Total
	M	m³	m³	m³
Palma Tica	426,00	6714,0	17892,0	24606,0
Pueblo Nuevo	1.400,00	22064,0	63000,0	85064,0
Parrita Centro	1.065,00	16784,4	29820,0	46604,4
Sitradique	1.790,00	28210,4	38225,5	66435,9
TOTAL	4.681,00	73772,8	148937,5	222710,3

Dichos puntos de extracción se deben adecuar a lo señalado en el cartel, especialmente en lo referido a la granulometría, ya que de esta dependerá la consistencia de la obra. Además, las fuentes de material deberán contar con un acceso adecuado tanto para carga como para el transporte, ya que en situaciones como las presentadas por el río Parrita es muy fácil

¹² Tomado del contrato por emergencia 34-2008, Comisión Nacional de Emergencias

determinar grandes bancos de material, pero no todos cumplen con la granulometría o con la facilidad de acceso deseado.

En lo relativo de los accesos no en todo sitio se cuenta con una vía pública, y el paso por lo general se debe realizar por propiedades tituladas, por lo que hay que llegar a acuerdos con el propietario para el uso respectivo. A la vez, se debe invertir en las obras de acceso, ya que en la mayoría de los casos las riberas del río fueron destruidas de manera abrupta o se encuentran cubiertas por los mismos limos depositados.

Una vez realizado el recorrido y determinados los bancos más adecuados para obtener el material de préstamo era necesario verificar si la distancia de acarreo estaba dentro de lo estipulado en el cartel de contratación suministrado por La Comisión Nacional de Emergencias, ya que si estos no estaban contemplados dentro del radio previsto alteraría considerablemente los costos y avances del proyecto.

Al momento de realizar la extracción de un banco de material, se volvía necesario verificar la granulometría de manera constante ya que se debe cumplir estrictamente con lo que se estipula en el cartel de contratación y debe ajustarse de igual forma a la necesidad de la sección o tramo en que se esté trabajando, así como de la etapa de trabajo realizada, mismo que no fue proporcionado. Por ejemplo, el material requerido para la coraza, el que se debe colocar al lado húmedo, el de núcleo y el del lado seco de la sección no necesariamente pueden ser del mismo tipo, debido a que se ven sometidos a circunstancias o fuerzas de trabajo muy diferentes. Dicha granulometría nunca fue suministrada de manera escrita por parte de la Unidad Ejecutora.

Ubicación de los primeros puntos de trabajo

Simultáneamente a la localización de los bancos de préstamo se realizaba la priorización de los puntos a intervenir, en primera instancia considerando la posibilidad de que lo sucedido el 29 de mayo se volviera a repetir en los días siguientes afectando en mayor proporción a las

diversas comunidades, debido a que no se contaba con la protección de ninguna estructura. Por ello el personal de SENARA, ente encargado de la construcción, le realiza la indicación a la empresa, Constructora Técnica Industrial Especializada de Atlántico SRL, ganadora de la licitación, la ubicación de los frentes de trabajo y la priorización de las obras por realizar.

Las labores establecidas contemplaban el devolver las secciones correspondientes en aquellas estaciones en las que se hubiesen perdido o, al menos, que la sección que se reconstruye alcanzara una altura adecuada para evitar ser rebasada en caso de una nueva avenida.

Para este momento el nivel de aguas en el cauce del río había descendido notablemente, con lo cual ya era factible la visualización de nuevas fuentes de extracción, por ejemplo que el primer punto se hallaba a una distancia que oscilaba entre los 12 y 15 kilómetros del primer frente de ataque. La disminución de caudal permitió a la vez realizar labores de extracción, carga y acarreo de material, para reparar la sección que se encuentra protegiendo a la comunidad de Sitradique, debido a que es el sector que alberga más habitantes.

Entre tanto se trataba de localizar una fuente con acceso al lado izquierdo del cauce. Si no se hacía de esta forma el acarreo desde el primer punto de extracción y el paso del puente para intervenir la sección que protege a la comunidad de Parrita Centro empezaría a elevar los costos totales del proyecto, afectaría los tiempos de acarreo y, por ende, el rendimiento diario esperado y estimado para cada tramo de la estructura, además de sumar problemas de tránsito en la ruta principal. Recordando a lector que el puente es solo de una vía, motivo que haría variar lo anteriormente citado.

Mantenimiento de las vías de acceso y rutas de acarreo

Una de las funciones primordiales con que se debía contar dentro de la administración del proyecto era la conformación y mantenimiento de las vías, las cuales son de lastre o tierra, especialmente las de acceso a las fuentes de extracción. En la mayoría de los casos los sitios de ubicación de estas habían sido abarcados por los sedimentos del río o destruidos totalmente,

con lo que se generaba un problema de contaminación de la base y no se registraba una capacidad soportante deseable por parte del suelo, lo que a la vez produce una reducción en la velocidad de circulación deseada.¹³

Una vez que se lograba ingresar a una fuente de material que cumpliera con las características de granulometría requeridas para la formación de la estructura, era necesario, a la vez, contar con material fino, el cual se debe de ajustar lo más posible a la normativa para carreteras, con el fin de conformar el acceso desde la vía pública, así como para relastreo de la ruta de acarreo. Este proceso se debía repetir cada vez que se necesitaba cambiar de banco de préstamo, así como cada vez que la ruta de acarreo presentase daños sobre la capa de rodadura debido al exceso de uso y poca capacidad soportante presente en algunos tramos.

Las vías de acarreo utilizadas para la construcción de las nuevas estructuras requerían de un mantenimiento rutinario con periodos de tiempo más cortos entre las actividades a realizar, debido a que la relación de ejes equivalentes producidos por los camiones cargados de material se convertía en uno de los principales causantes de reducir considerablemente las condiciones de ruedo de la superficie.

Además del peso de los camiones cargados, se debe considerar la pérdida de capacidad de la superficie de acarreo debido principalmente al tipo de suelo en las capas adyacentes a la superficie de ruedo. En el caso tratado, estas superficies demuestran poseer características de suelo que varían entre la combinación de limos arenosos y limos arcillosos, por ser suelos sedimentarios, arrastrados por los mismos desbordamientos de cauce lo cual significa niveles bajos de soporte a cargas y propensión a la licuefacción por su origen.

Otro de los factores que hacen que la rugosidad de la superficie de ruedo sea muy alta, (IRI) es el hecho de no contar con material debidamente cribado o clasificado para estructuras de camino. El material de préstamo para el dique se traslada en condición húmeda, lo que sumado al peso del equipo hace que se dé una mayor pérdida de material de la superficie del camino. Tal estado conlleva que los granos finos

¹³ Ver apéndice de fotografías

se vean movilizados con mayor facilidad de la superficie de ruedo y que el material sobre el camión aumente su peso volumétrico y, por ende, el de toda la carga variando de esta manera la relación de los ejes equivalentes presentados por cada máquina.

En ambos casos, refiriéndose al mantenimiento de los accesos y de las rutas de acarreo se requería de un plan de mantenimiento rutinario y de bacheo con material de reposición. Para algunas estaciones de camino la pérdida de material era verdaderamente considerable, especialmente por efectos de la pérdida de capacidad soportante, lo que se veía agravado por el poco desnivel existente en el terreno, que aumentaba las concentraciones de humedad por la baja capacidad de desagüe o drenaje.

En la mayoría de los casos se trató de realizar la conformación de la superficie de ruedo para mejorar los tiempos de traslado. Para ese propósito, en lo que respecta a los caminos cantonales, la Municipalidad de Parrita facilitaba la compactadora SD 100 INGEESOLLARAND y la motoniveladora FIAT ALLIS FG 85. Se utilizaban los camiones de la compañía constructora para la colocación del material respectivo, no obstante persistía el problema de la granulometría debido a razones de tiempo y que no se contaba con un sistema de tamizaje para dar la dimensión establecida por la normativa vigente.

Para las rutas nacionales era necesario solicitarle al Consejo Nacional de Viabilidad (CONAVI) que realizara las intervenciones del caso, esto debido a la restricción desde el punto de vista legal, y de las sanciones para la municipalidad en el caso de intervenir caminos no correspondientes a su jurisdicción. Todo este proceso se hace necesario con el fin de mejorar los tiempos de acarreo y los rendimientos de colocación sobre cada una de las estructuras de dique.

Levantamiento topográfico durante el proceso constructivo

Como parte de las primeras labores, y casi de manera paralela a cada una de las etapas de la reparación y construcción de las secciones dañadas por el paso de los dos últimos

fenómenos y la localización de los bancos de préstamo, era necesario realizar un levantamiento de la topografía sobre los tramos de dique construidos por el MOPT a finales de los años noventa.

Este levantamiento era necesario para determinar con mayor precisión la cantidad de material que se debía colocar en cada estación para obtener las dimensiones propuestas, además de la cantidad de este necesario para devolver por lo menos la sección construida en la década de los noventa. Dicho trabajo topográfico debía establecer estaciones y secciones a cada 100 metros, con lo cual se estaría obteniendo una modelación adecuada de la sección por construir, y del relieve existente en la cuenca baja del río Parrita.

Este proceso se realizó primeramente en el tramo que corresponde a Sitradique ya que por el acceso a la fuente de material convenía que fuera el primero en intervenir. Además debía considerarse la situación de impacto psicológico, social y político que involucraba haber perdido estaciones en esta sección de dique. En ese punto, la destrucción y los efectos causados por el fenómeno atmosférico determinaron la necesidad de realizar una extensión en por lo menos 200 metros de obra nueva con referencia a la estación final de la estructura existente.

Una vez finalizado este sector, la función sería repetida en el tramo correspondiente a Parrita centro. Se procedió así debido a que las estaciones que presentaban daños en este tramo no estaban tan cerca de la parte poblada de las comunidades afectadas, como ocurría en el caso anterior, a pesar de que la estructura como tal presentaba menor capacidad en cuanto a nivel de embalse y no generaba el efecto de inseguridad que emitía el tramo de la margen derecha o sea en Sitradique.

Al acabar con las secciones ubicadas aguas arriba del puente y tener establecidos los parámetros para el inicio de la estructura, se le indica a la empresa que se debe continuar realizando un control periódico con respecto al avance de obra para no sobrepasar los niveles señalados. También debe continuarse con la topografía sobre otra sección que inicia justo antes de terminar la estructura existente en la margen izquierda aguas arriba del puente. Esta sección se ubica detrás del lugar conocido como la "Bomba de agua", sitio donde se localiza la estación de agua potable de Acueductos y

Alcantarillados, que brinda abastecimiento a la principales comunidades afectadas por el desbordamiento del río y que, por ende, requiere de protección ante la eventualidad de un nuevo evento meteorológico.

Por su parte, la sección a la que se le debe realizar el levantamiento topográfico se refiere a un apilamiento de tierra realizado por la compañía Palma Tica con la finalidad de evitar que las plantaciones de palma africana sean afectadas por los desbordamientos del río Parrita. La idea de considerar este tramo dentro del levantamiento es determinar la cantidad de material que se necesitará para la construcción de la sección típica. La finalidad es aumentar la capacidad de embalse y crear un mayor rango de protección tanto para las poblaciones de la cuenca baja como a la ruta nacional 34 (Costanera Sur), sector por el cual pasan grandes cantidades de agua impidiendo el paso hacia los cantones del sur, principalmente el de Aguirre, lo que repercute en el turismo del sector.

Colocación y compactación de material en obra

Este proceso está referido para seguir los lineamientos previamente dictaminados en la respectiva licitación, y adecuarse de igual forma a la normativa de caminos vigente en la parte final de la sección. Para ese fin, el primer aspecto a resaltar es que se debe tratar de constituir el andén de trabajo, el cual tendrá una base de 16 a 18 metros según la estación a intervenir, y no se deben colocar capas mayores a 40 centímetros sin brindar la compactación requerida por dicha estructura, la cual debe ajustarse a lo señalado en el cartel de licitación, o bien a la normativa de tratamiento de bases y sub-bases de caminos, dado a su uso final.

Se estableció este espesor considerando las especificaciones técnicas, relacionadas con la materia y es a partir de ahí donde se dictamina que el material por colocar especialmente hacia el lado húmedo requiere diámetros iguales y/o mayores a 30 centímetros, especialmente para los sitios que se señalen en la sección como corazas o donde se considere necesario por parte de la Unidad Ejecutora, y Supervisora.

Una vez iniciadas las labores de construcción se analizan y estudian las posibilidades de ajuste y reubicación de la sección. Un primer ajuste fue variar la ubicación inicial de la sección de dique que se localiza detrás de la comunidad de Sitradique y, por ende, iniciar con colocación de material sobre el lado húmedo, situación no prevista en diseño. El propósito de esta decisión fue no afectar alrededor de 15 familias, las cuales poseen sus viviendas en la base del lado seco de la sección existente a la fecha, porque hubiese ocasionado un retraso en el avance de la obra, la reubicación de estos pobladores.

Este proceso involucra la colocación de material sobre un sitio con características desconocidas en lo referido a la capacidad soportante del suelo. Basta decir que el sector es denominado como la laguna, sitio en el cual y por razones muy obvias, se debía medir el desplante de material que se perdería durante la creación del andén, el cual funge como la base de la sección a desarrollar y cuyos datos eran muy imprecisos debido a la topografía del fondo.

Por la razón señalada, mientras se realizaba la colocación de este material, se requería de un control estricto de la cantidad de volumen colocado. Esto implicó que al desconocerse el nivel de piso de la laguna con precisión, se debieran realizar fosas de inspección para determinar la altura real colocada sobre este tramo y, por ende, el volumen requerido fuera del estimado inicial para alcanzar el nivel de corona establecido. Por ello fue necesario mantener un continuo proceso de inspección por parte del equipo topográfico, mientras el resto del equipo de trabajo continuaba con la definición de los sitios por donde sería más conveniente trazar las secciones nuevas y que ampliarían a las existentes. Mientras se obtenían los primeros datos topográficos e hidráulicos para definir la altura inicial de la corona en la cota 9 m.s.n.m. señalada por la Unidad Ejecutora, entre tanto se revisa la información de caudales (no muy confiable, debido a pérdida de algunas estaciones pluviométricas sobre el cauce) y se modela para diferentes velocidades y cantidades de agua bajo la estructura del puente.

Además, es durante esta etapa donde corresponde estar verificando muy atenta y constantemente la granulometría del material que se esté extrayendo y utilizando en la colocación

sobre la sección correspondiente, debido a que si el material es muy fino puede presentar poca resistencia al arrastre y si es muy grueso puede generar problemas de compactación y, por ende de infiltración. Por estas razones se debe proceder a la paralización de la extracción, acarreo y su respectiva colocación, a fin de identificar varias fuentes o puntos de extracción alternos.

En todos los casos se busca que el acceso a las fuentes de material se mantenga sobre la margen a intervenir. También se estableció la necesidad de informar al geólogo responsable, en caso de extraer el material de una zona de concesión, o a la Comisión Nacional de Emergencias, como ente supervisor, con el fin de obtener los debidos permisos de extracción de este nuevo punto y que a la vez se instruya al operador del equipo correspondiente para que las labores se realicen correctamente y no se altere significativamente el cauce del río, generando un problema en vez de brindar una solución.

Topografía durante el proceso de construcción

Este proceso o etapa se ha considerado como una de las más importantes durante el desarrollo del proyecto y, por lo tanto, es una de las labores que se debe realizar periódicamente y sobre cada una de las secciones que se estén desarrollando, o trazando. El personal de topografía es el encargado de ir marcando los niveles a alcanzar con la colocación de cada capa, para ir cumpliendo con las dimensiones adecuadas que deberán tener los diques al final.

El proceso de topografía se convierte en una de las herramientas más importantes en la parte de control debido a que es el principal medio para la verificación de la cantidad de material que se coloca diariamente en cada una de las secciones y en cada una de las fases considerada. A partir de los datos resultantes ayuda a establecer o determinar la necesidad de presentar alguna modificación a la programación y, por tanto, delimitar y controlar los atrasos sufridos en el avance de la construcción.

Un ejemplo de lo anterior es lo sucedido entre las estaciones 1+000 y 1+300¹⁴ del dique

localizado detrás de Sitradique donde se presentó un problema con la capacidad soportante del suelo en el sector de la laguna. Se determinó la existencia de un asentamiento diferencial, cuya variable de altura era oscilante, lo que obligó volver a realizar un nuevo levantamiento de la sección una vez finalizada la colocación del andén, para verificar el exceso en volumen de material colocado. Para cumplir esto se requirió realizar las perforaciones o registros en diversos sitios de la base de la estructura cuya finalidad era estandarizar y medir el asentamiento producido sobre dicho estacionamiento, y con lo cual se estaría estableciendo si el proyecto se encontraba dentro de lo contemplado inicialmente, o si por el contrario era momento de presentarse una modificación.

Conformación de las dimensiones finales

Una vez que la topografía defina que los niveles finales están próximos a ser alcanzados, el equipo encargado de la conformación final, en este caso una excavadora de 20 toneladas específicamente una Komatsu 200 o una 220 de Caterpillar, procederá a dar la inclinación adecuada a cada uno de los taludes y el acabado correspondiente, con lo cual se deberá de recolectar el material que esté en exceso sobre estos sitios y ser colocado en la corona para que alcance la altura final de diseño correspondiente.¹⁵

Al alcanzarse la altura de la corona, se requerirá colocar una pequeña capa de material con granulometría fina y que se ajuste a la norma de materiales para bases y sub-bases de superficies de ruedo, con la finalidad de dar a las secciones las características de una superficie de ruedo o carretera de lastre.

Los detalles de esta etapa interactúan en forma muy directa con los resultados finales de la topografía, y de las estaciones intervenidas, por cuanto es en este punto donde se debe definir el tipo de obra de protección adicional necesario para salvaguardar la estructura y que no se consideró en los estudios previos y obras por realizar.

¹⁴ Ver estacionamiento de la sección, en anexo 13

¹⁵ Ver apéndice de fotografías

Lo anterior es necesario debido a que por las condiciones de los comportamientos atmosféricos y de los cambios que se presentan sobre la cuenca y sus consecuencias en la zona aluvial, pueden variar significativamente las condiciones analizadas inicialmente y planteadas en el cartel. Esto implicaría que los sitios y obras propuestas así como sus complementos puedan no resultar tan efectivos como se estimó.

Actividades en etapa de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento tienen como principal finalidad extender la vida útil de las estructuras creadas, así como de mejorar el funcionamiento aislado o de conjunto de las obras de infraestructura, lo que conlleva a una reducción en los costos de construcción al momento de ampliar y reparar las secciones existentes, con lo que se garantiza su buen funcionamiento y, a la vez, se mantiene la seguridad de las comunidades que se protegen en la cuenca baja.

Dichas actividades de mantenimiento y protección implican, a la vez, la construcción de nuevas propuestas y el desarrollo de las demás alternativas planteadas o señaladas en el presente documento y que vendrían a trabajar de manera conjunta a estas obras de infraestructura. Por supuesto, el plan de mantenimiento involucra la asignación de recursos de manera anual para la implementación y realización de dichas actividades.

Las principales acciones a realizar para mejorar las capacidades de las secciones recién construidas y que vendrán a complementar las estructuras construidas son las que se detallan a continuación.

Construcción de espigones

Se debe realizar una construcción de espigones a lo largo de las secciones que se localizan aguas arriba, tanto en la sección que se encarga de proteger a la comunidad de Sitradique como a Parrita centro, con lo cual se estaría obligando a centrar la velocidad del flujo, y se evitaría la erosión de las márgenes del río, fenómeno que

genera un mayor arrastre de material en la sección central del cauce, aumentando su perfil o sección hidráulica en cuanto altura.

Esta actividad constructiva involucra la localización de fuentes de material de grandes dimensiones en su granulometría, peso específico u otras características. Se trata de materiales que sean capaces de soportar altas velocidades de flujo. Debe considerarse el acarreo del material desde la fuente de extracción, la cual no necesariamente está dentro del mismo cauce o terreno del río que afecta, la colocación y dimensionamiento de las mismas obras para que funcionen adecuadamente y, finalmente, la supervisión de estas, puesto que si son colocadas de forma incorrecta no se cumpliría con la función para lo que se planearon.

Construcción de muros de gaviones

De conformidad con el comportamiento demostrado por el cauce del río Parrita, se ha considerado necesario que varias de las estaciones de la sección que protegerá a la comunidad de Pueblo Nuevo deberán contemplar la construcción de muros de gaviones. Esto tiene la finalidad de evitar la socavación del tramo y ampliar el área de sección de la cuenca (entiéndase línea de margen del cauce a la línea de pared húmeda de la estructura).

Dichas obras se contemplaron en una estación definida durante el proceso de construcción debido a las condiciones presentadas por el terreno, en especial al espacio habido entre la sección húmeda y el margen del río. Pero, como se citó en el párrafo anterior, el flujo principal ha variado su recorrido recargándose a la margen izquierda aguas abajo del puente, especialmente debido a la sedimentación presentada a lo largo del cauce, lo que lo ha provocado que se dé una mayor erosión en ese sector.

Ampliación de la sección de dique de Sitradique

De acuerdo con los levantamientos topográficos, la estación final de la sección de Sitradique se encuentra en las coordenadas geográficas norte 9.52998, oeste 84.32989. Por la dificultad en la obtención de permisos de propietarios y la limitación en los recursos asignados, dentro de la proyección se ha señalado la necesidad de continuar la estructura en al menos una longitud de 400 metros, lo que estaría reflejándose en la capacidad de embalse del proyecto global y, por ende, en un aumento de velocidad en la sección del puente, el cual es el punto de menor dimensión y sobre el que se determinaron las restricciones de construcción de infraestructuras.

Debe reiterarse que para la construcción de dicha ampliación será necesaria la obtención de los permisos para atravesar los campos de palma africana o, de manera alternativa, la estructura se deberá desarrollar a través de la ubicación actual de la vía pública, ya que se ha considerado que si por alguna razón el periodo de retorno no coincide con el calculado este sería el punto más frágil, viéndose afectada la comunidad del Inyu de Parrita.

Revisión de obras o actividades privadas

Se deberá plantear un sistema de control y supervisión sobre toda aquella actividad de interés privado que se realice dentro o fuera del cauce del río. Esto incluye procedimientos de extracción de material por parte de concesionarios existentes, extracción de material de manera ilegal, construcción de tomas de agua de manera inadecuada (sin concesión o sin la estructura u obra correcta) o construcción de diques de tierra en las zonas consideradas como puntos de inundación. Esta última condición tiene como propósito no recargar la capacidad de almacenaje de agua generado por las secciones construidas, y mantener las mismas condiciones en ambos márgenes de la cuenca baja.

Sobra decir que si no se brinda el adecuado control, las condiciones hidráulicas de diseño de todas las secciones se van a ver afectadas incluyendo la estructura del nuevo puente, en donde se ubica el punto crítico de diseño.

Programación y ejecución de actividades

La programación de las actividades se realizó inicialmente con base en la necesidad de solventar los problemas presentados en las estructuras por los fenómenos ambientales de octubre del 2007. No obstante, debieron modificarse cada vez que eran obtenidas las correcciones de datos topográficos con los debidos perfiles de la cuenca baja, los cuales estarían funcionando de conformidad con la modelación hidráulica generada con base en los caudales revisados a esa fecha sobre toda la cuenca. Otro factor que alteró la programación, fueron una serie de variaciones durante la etapa de ejecución ya que la presencia de la tormenta tropical *Alma* alteró las condiciones iniciales de estudio.

Se inició realizando un recorrido de los sectores para definir distancias y reubicación de los elementos, a causa de los cambios realizados por los niveles de agua alcanzados, además de la erosión de las márgenes en la cuenca baja ya que el cauce había variado considerablemente la dirección del flujo de agua.

Se realiza el levantamiento topográfico de las estaciones a una distancia de 100 metros, de manera que se logre definir la posición inicial de las obras a nivel de planimetría y conseguir los perfiles para la modelación en el caso de la altimetría. Dicho levantamiento topográfico determinaría de manera más adecuada los volúmenes requeridos para completar la sección requerida por la estructura para soportar lo señalado en la modelación realizada por el personal de SENARA.

Una vez identificados los sectores para la ubicación se procedió con la etapa de limpieza del frente de trabajo. Esta etapa implicaba la demolición de estructuras existentes como viviendas, ranchos, bodegas entre otros elementos. De igual forma se requería eliminar la capa vegetal para la construcción y colocación del andén, el cual sería además del sitio sobre el cual se transitaría para la colocación final de material, la base de la misma obra.

De conformidad con el comportamiento del cauce y a los daños de las riberas del río presentados posteriores a *Alma*, es que se

selecciona un sitio óptimo para realizar la construcción de algunas de las alternativas propuestas para reencauzar el río ya que, según lo planeado y representado en las figuras correspondientes, la obra por construir se refería a un pequeño dique, con el cual se pretendía reubicar el cauce principal y evitar que tomara un viejo cauce, con lo cual podría afectar en su recorrido a las comunidades de El Tigre, La Julieta y el Invu. Dichos cambios fundamentan la definición de detalles por realizar durante el levantamiento de las secciones de ambas márgenes.

De manera inmediata a la emergencia, la empresa encargada debió iniciar labores de recuperación de antiguas secciones. Por ello el 8 de junio del 2008 se gira la orden de inicio de manera oficial, con un plazo de entrega de obra, según cartel, no mayor de 67 días naturales a partir de ese momento. Fue esta una programación que, debido a los factores externos, como el estado del tiempo en la zona, no se cumplió.

Ya iniciadas las obras se requería de un constante control de las actividades, especialmente de las más participativas, como ocurre con el caso de la parte de topografía ya que tiene tanto la función de control como de facturación de obra realizada, debido a que los pagos se realizan conforme al avance de obra. Otra de las actividades que debe ser monitoreada se refiere al estado de la infraestructura vial, en especial aquellos tramos donde existe un puente o un paso de alcantarilla, debido a que estos se ven colapsados en su estructura o en su base por la carga transportada en el acarreo de material, lo cual genera atrasos en el avance del proyecto.

Además, se debe controlar constantemente la granulometría del material por usar, ya que este debe ajustarse a lo señalado en el respectivo cartel y la norma seleccionada en el mismo. En otras palabras, el material no puede ser ni muy fino ni muy grueso debido a que en ambos casos originaría problemas de soporte, compactación y filtración, debido a las características propias del agregado.

Al ocurrir inconvenientes con la granulometría de la fuente autorizada, se debe proceder con la solicitud ante los profesionales en geología de la Comisión Nacional de Emergencias, para realizar los cambios de fuentes. Estos, a su vez, le deben comunicar al Departamento de Geología y Minas del MINAET,

con el fin de que no se retrase el avance por falta de estas autorizaciones debido a que las labores de extracción son primordialmente dentro del cauce.

Se realizan las reparaciones de los tramos más dañados con lo cual se realiza una extensión del material dejado en sitio, con la finalidad de que cumplan la función de andén, y se amplía hasta alcanzar las nuevas dimensiones de la base. A partir de este punto se inicia la colocación del material para alcanzar la altura correspondiente que sirva de protección.

La revisión de las dimensiones de la estructura y el control de avances se realizará por medio de la topografía y de la asignación de personal para determinar el volumen transportado y colocado en sitio día a día. Esto, a su vez, define los tiempos perdidos y la asignación de nuevos recursos para alcanzar el rendimiento requerido.

En secciones consideradas como puntos críticos será necesario realizar un constante control de los niveles y dimensiones de la sección, ya que dichos tramos pueden absorber más tiempo del considerado en la respectiva programación. Este replanteo define muy bien la solicitud de prórrogas en los tiempos de ejecución y las respectivas modificaciones en el cartel de contratación.

Además, el control realizado tanto en sitio como en la programación nos definirá el tiempo más adecuado para realizar las debidas obras de demolición o de construcción de obras conexas a la estructura, como es el caso de la demolición de la compuerta de desagüe en el tramo de Sitradique, y de las bodegas existentes en el Plantel del MOPT en el tramo de Parrita Centro. De la misma forma se logra incluir la construcción de los muros de gaviones detrás del plantel ya citado y en la sección de Pueblo Nuevo. El respectivo control y su programación requieren, a la vez, contemplar la obtención de permisos y construcción de obras, como mejoras en los accesos, selección de materiales y en especial el tiempo requerido para la obtención de derechos a circular por propiedades privadas durante los tiempos que correspondan a la extracción.

Por su parte la definición de alturas se realiza de nuevo mediante el equipo de topografía, por la cual se realizarán las indicaciones necesarias al operador de la maquinaria correspondiente para que inicie con las labores de conformación y definición final de

la sección correspondiente. Una vez alcanzada la cota de diseño se procede con la conformación final de los lados secos y húmedos según condiciones de la estación.

El pago de facturas será realizado por medio de porcentaje de avance de obra. De ahí que se reitere la necesidad de mantener un control preciso de la cantidad de material colocado, así como de las dimensiones de obra alcanzadas al momento de realizar el corte. Por lo general el pago de las facturas se supone y establece en el cartel de licitación respectiva. Conforme se elevan las alturas se deben ir creando rampas de acceso a los frentes de trabajo con la finalidad de que los camiones cargados transiten sobre el material colocado y le den cierto nivel de compactación, adicional al brindado con la compactadora.

Otra de las actividades por considerar es la construcción de otras alternativas anexas y la ampliación en las longitudes finales de la sección, lo cual estará estrechamente ligado al resultado del análisis hidráulico realizado. De igual forma, el avance y ampliación se ven ligados con la coordinación que se tenga con empresas o instituciones privadas o públicas y las funciones de estos dentro del desarrollo de la obra.

Un ejemplo de lo anterior es que para el desarrollo y finiquito de las actividades sobre los tramos de Parrita Centro y Pueblo Nuevo se hizo necesario coordinar la realización de actividades como la remoción de postes y tendido eléctrico por parte del Instituto Costarricense de Electricidad. También fue necesaria la eliminación de plantas de palma africana por parte de Palma Tica, funciones que de no ser coordinadas representarían un enorme atraso en la realización del programa propuesto inicialmente.

En caso de ser necesario, y de considerarlo pertinente el ente ejecutor, podrá solicitar a la parte constructora que se realicen pruebas de laboratorio en aquellas estaciones o tramos de sección en los cuales se estime que no se ha realizado la compactación adecuada, ya que se debe cumplir con un 85% de compactación según el proctor estándar modificado. Lo anterior de conformidad con lo que establece la contratación.

Una vez que las obras hayan sido concluidas se deberá realizar nueva verificación de las respectivas dimensiones con la finalidad de constatar que las estructuras no hayan sufrido

alguna deformación por asentamiento, conformación o arrastre de material entre otras acciones no consideradas. Finalmente se establecerán las obras requeridas para salvaguardar tanto a las poblaciones afectadas como a las estructuras terminadas, entre las cuales se pueden citar la construcción de compuertas del tipo guillotina o canales de alivio para evacuar las aguas pluviales de los puntos más bajos de cada población, puntos de rebosadero dentro de las estructuras creadas, construcción de espigones para centrar el cauce y evitar la erosión de las márgenes, la extracción de material sedimentado dentro del cauce por medio de recavas y cualquier otro tipo de actividad que logre mejorar el funcionamiento de los diques.

De igual forma, mientras se espera la asignación de recursos para la realización de estas actividades es necesaria la implementación de un plan de mantenimiento y supervisión continua, con la finalidad de conservar y mejorar día a día las condiciones de las estructuras creadas recientemente. Dichas actividades deberán ajustarse a lo recomendado por las instituciones correspondientes.

Plan de monitoreo y mantenimiento

Esta etapa tiene como finalidad mantener las condiciones señaladas en el proceso constructivo y extender la vida útil del proyecto, con lo cual se pueda garantizar, además, que la inversión futura sobre las secciones construidas sea mínima. Esto, a su vez, permitirá asignar más recursos para realizar las obras complementarias que se requieren.

Por lo cual lo señalado, lo primero que se debe ejercer es un control estricto donde se determine que las secciones poseen las dimensiones establecidas, que no se realicen actividades constructivas sobre ellas, que no se está extrayendo material de la secciones. Además, debe monitorearse el comportamiento del cauce sobre la cuenca baja, punto que resulta prioritario ya que define la actividad requerida para eliminar el problema.

Entre las actividades de mantenimiento consideradas se definieron las siguientes:

- Construcción de espigones a lo largo de las secciones de Sitradique especialmente en el trecho que comprende del entronque con la ruta nacional 34 a la ubicación de la antigua compuerta en la esquina sureste de la comunidad de Sitradique, sitio considerado como el punto más bajo, debido a que es el tramo que corre mayor riesgo de ser dañado en la margen derecha y que se encuentra más cerca del cauce. Además, en la margen izquierda se recomienda realizar la construcción de estos a lo largo de toda la sección, debido al comportamiento presentado por el cauce en las últimas avenidas.
- Construcción de muros de gaviones en el tramo de Pueblo Nuevo, debido a la reducción del terreno sobre la cara húmeda del dique, lo cual afectaría por medio de socavación la estructura. De igual forma podrán ser construidos algunos espigones en sitios muy puntuales.
- Ampliación de la longitud del dique de margen derecha aguas arriba del puente en al menos unos 400 metros, con el fin de evitar que el desbordamiento del río afecte a comunidades como La Julieta y el Invu.
- Constante revisión de todas las actividades realizadas por entidades privadas, que puedan afectar el comportamiento de las secciones recién construidas. Este control involucra

análisis desde los puntos de vista legal e hidráulico.

- Creación de un plan regulador en el cual se involucre a todos los cantones que forman parte de la cuenca para que se le brinde la debida protección y que se realice una programación para la recuperación de vegetación dentro de la misma.
- Chequeo visual y topográfico anual de taludes y alturas con la finalidad de mantener condiciones típicas de la sección construida y de dar el mantenimiento que corresponda sobre las secciones que lo hayan perdido.
- Y finalmente la creación de un plan de contingencia en el caso de que la estructura sea afectada por la existencia de sismos. Dicho plan debe contemplar las recomendaciones de las instituciones y profesionales involucrados en el desarrollo de este tipo de actividades, ya que garantizarían el funcionamiento de las estructuras una vez afectadas por el fenómeno natural.

Las distintas actividades citadas se encuentran debidamente ligadas y dependen directamente de la asignación de recursos por parte del gobierno o instituciones interesadas.

Resultados

Los resultados fueron establecidos de conformidad con los objetivos planteados por el autor. En estos se trata de ejemplificar y aclarar lo más posible el cumplimiento de los propósitos de la investigación.

Como se mencionó en el capítulo de la metodología realizada, y según lo demuestra el Atlas Tectónico de Costa Rica, la cuenca es recorrida por una serie de fallas, que en su mayoría están activas, y que logran controlar el cauce de los principales afluentes, como lo demuestran las siguientes imágenes.

Aspectos hidrológicos y morfológicos

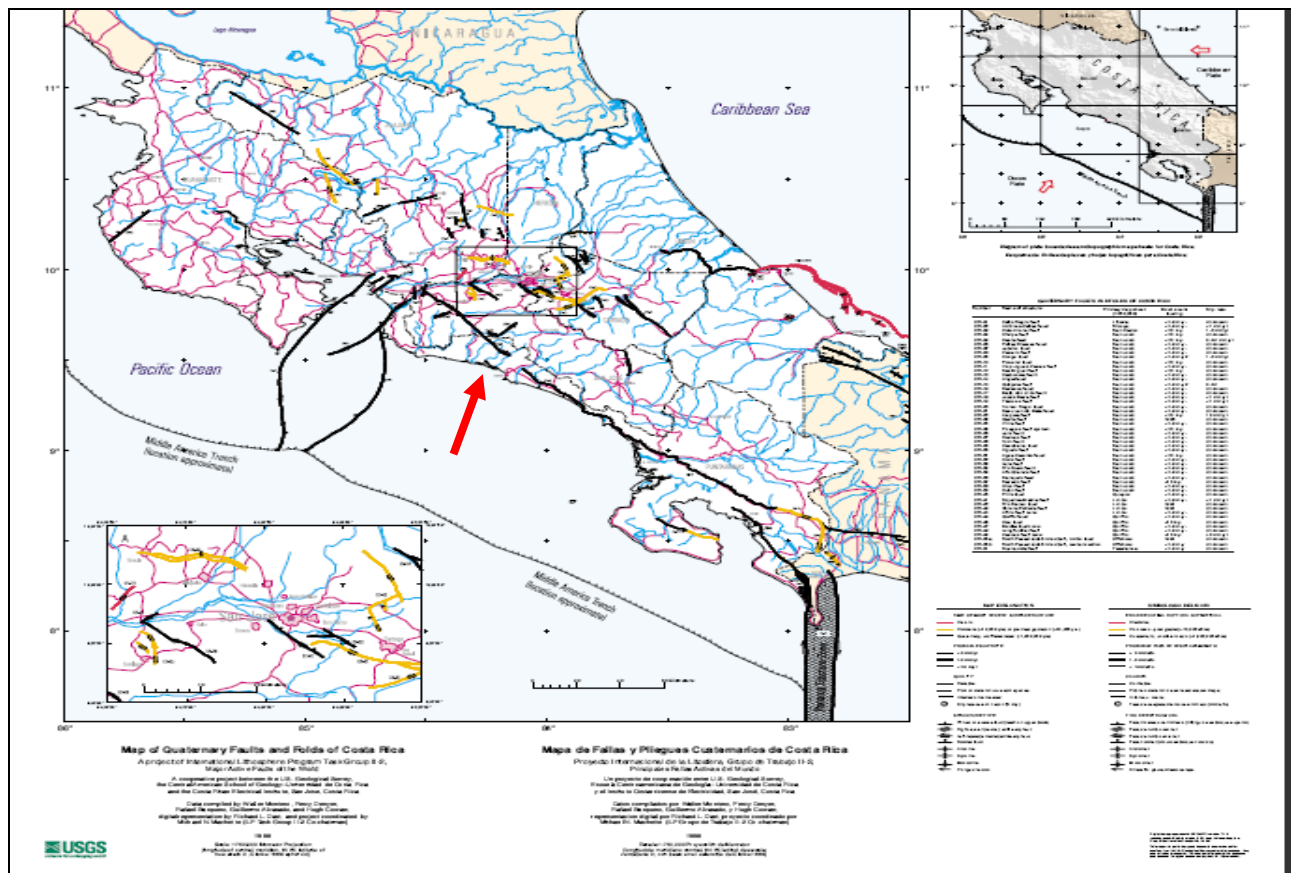


Figura 6. Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarios de Costa Rica.

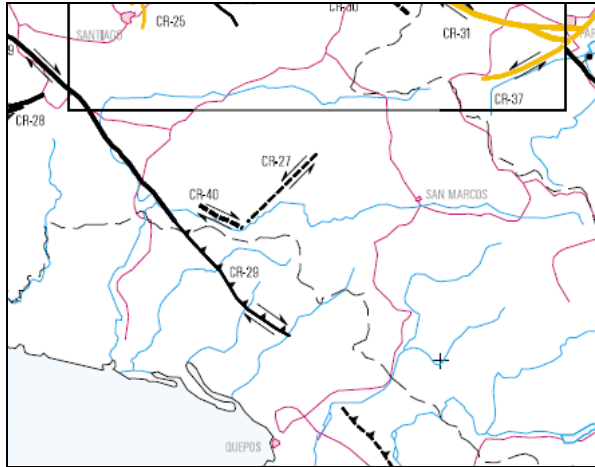


Figura 7. Ampliación de imagen para resaltar la afectación de las fallas en las subcuencas.

La figura número 7 se refiere a una ampliación de lo que se señala con la flecha en la imagen número 6, donde se logra observar como gran parte del Río Grande de Candelaria es controlado por la traza de la falla CR-29, así como dos secciones de la cuenca de Río Pirris son controlados por la traza de las fallas con la nomenclatura CR-27 y CR-40. Este hecho es resaltado en la figura número 7 la cual representa una ampliación del Mapa de fallas geológicas de Costa Rica, suministrado por la Comisión Nacional de Emergencias.

En dicha imagen se puede resaltar la existencia de más fallas dentro del territorio cubierto por la cuenca y, si bien es cierto, estas no son ubicadas con facilidad dentro de la topografía o relieve de la zona, se presume que la mayoría de estas controlan de una u otra forma el cauce de las micro cuencas y sub-cuencas que la conforman.



Figura 8. Ubicación de las fallas en la cuenca del Río Parrita, según ampliación de mapa de fallas geológicas.¹⁶

De conformidad con la figura o imagen tomada de Google Earth, se realiza la demarcación con el fin de señalar la delimitación de la zona intermontana con respecto a la llanura aluvial. Esto tiene la intención de hacer observables las condiciones bajo las cuales se encuentra la cuenca baja, así como para resaltar lo señalado por la formación geológica existente en la zona donde la cuenca presenta materiales y rocas formados en los periodos terciario, cretácico y parte del cuaternario.

De ahí que sea muy factible demostrar la existencia de rocas correspondientes a los siguientes tipos: lutitas de gris a negra, en parte con pirita, limolitas, areniscas tobáceas, conglomerados brechosos y areniscas conglomeráticas, las cuales son localizadas a lo largo de toda la cuenca. Esto implica la presencia de variaciones de estas y rocas de origen sedimentario, volcánico e intrusivo.

Esta composición significa que la formación de los suelos de la llanura aluvial pertenece al grupo de rocas sedimentarias. Puede observarse que en las partes altas en su mayoría poseen una composición alta de areniscas y rocas fracturadas, las cuales debidas a cambios en el uso de suelo y a eventos naturales son arrastradas por los cauces de los principales ríos o microcuencas que se localizan a lo largo del terreno que la conforma.

¹⁶ Tomado de Mapa de Fallas Geológicas de Costa Rica según CNE.

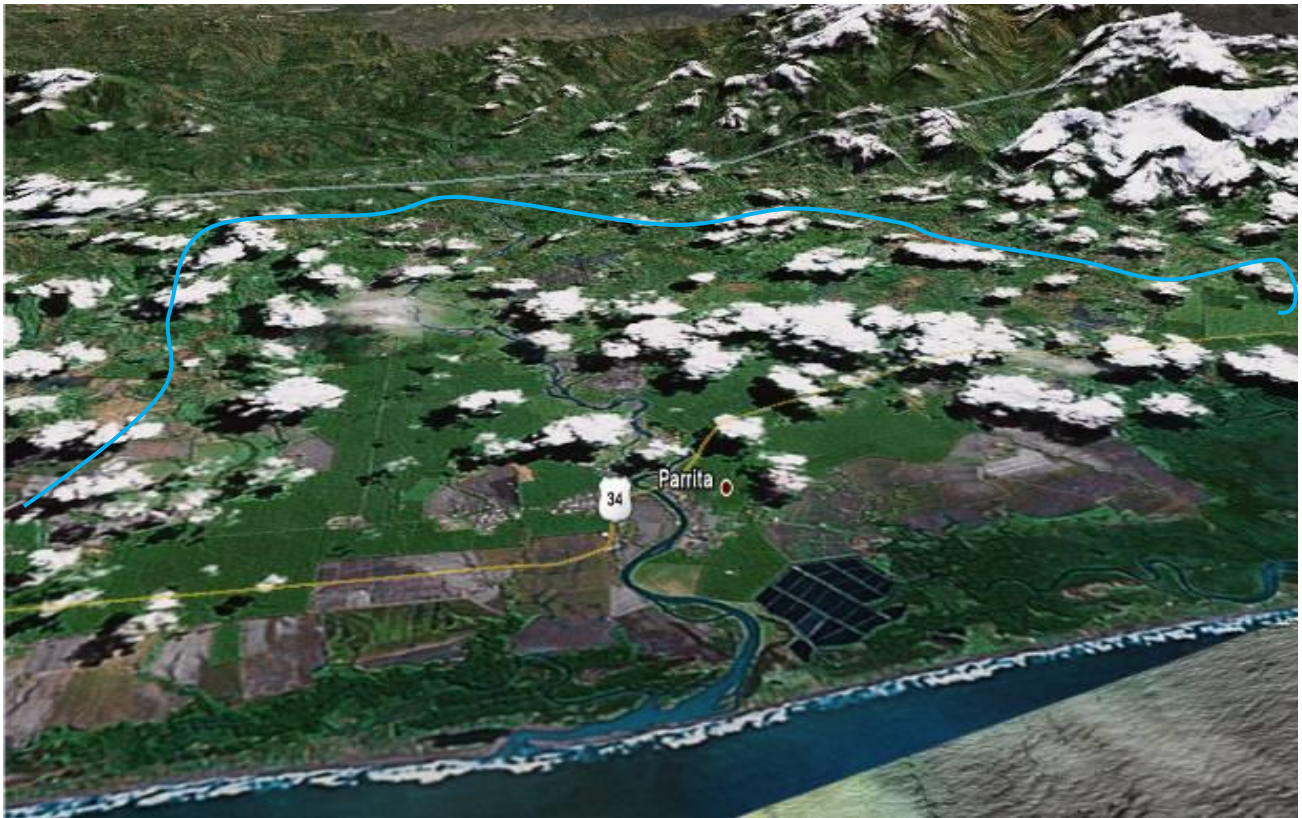


Figura 9 Delimitación de la Llanura aluvial con relación a la zona intermontana de la cuenca del Río Parrita. Fuente *Google Earth*, modificada por el autor.

En cuanto a la parte hidrológica, podemos citar que los principales afluentes que conforman a la cuenca del Río Parrita son el Río Pirris y el Río Grande de Candelaria, los cuales son formados a su vez con el aporte de las microcuencas que delimitan o señalan a cada una de las principales quebradas o ríos que tienen como principal finalidad la delimitación política de cada uno de los gobiernos locales que conforman la cuenca, así como de la subdivisión interna, a nivel de distritos y poblados.

En la figura número 10 se realiza una delimitación de la cuenca, para lo cual se contó con la ayuda de la fotografía aérea obtenida del programa Google Earth, donde se resalta el relieve que la conforma. La misma no es apreciable de manera idónea debido a los problemas de resolución de la fotografía sobre el sector. Situación que es muy común en muchos sectores de nuestro país.



Figura 10. Delimitación de la cuenca del Río Parrita en imagen satelital. Fuente *Google Earth*, modificada por el autor.

Con dicha imagen se pretende dar una noción de las dimensiones y el territorio acaparado por la cuenca del río Parrita, denotándose que el área cubierta en la zona montañosa o partes altas es proporcionalmente grande comparada con el área de la cuenca baja y su desembocadura.

De conformidad con lo señalado en el Código de Cimentaciones de Costa Rica,¹⁷ la cuenca baja del río Parrita está formada por suelos aluviales, mientras que las partes altas se conforman principalmente de suelos residuales de color rojizo y amarillento presentándose reptación, deslizamientos y suelos blandos respectivamente.

¹⁷ Código de Cimentaciones de Costa Rica Segunda Edición

Revisión y registro de información existente

La mayor cantidad de información para la realización de las estructuras en campo se obtuvo del estudio realizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, el cual se registra bajo el título plan de Manejo de la Llanura Aluvial del Río Parrita. Este documento señala las diversas características con que cuenta la cuenca en su debido momento, condiciones que a la fecha no se han considerado como muy cambiantes a excepción de los niveles de sedimentación, los cuales año a año han aumentado considerablemente.

Sumado a lo anterior se puede señalar que el registro de información actual por parte de diversas instituciones ha sido considerado como deplorable, de difícil acceso o insuficiente para ser aplicable en la toma de decisiones. Por ejemplo, si se revisan los informes brindados por

el Instituto Meteorológico Nacional se obtiene el siguiente gráfico. Como es de notar muchas de las estaciones señaladas no se localizan dentro de la zona demarcada por la cuenca, situación que genera el hecho de suponer datos con características muy similares para la sección abarcada por la cuenca.

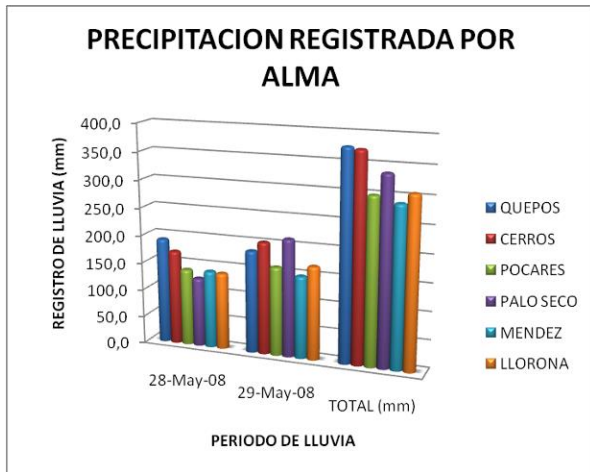


Gráfico 3. Registro de precipitación en estaciones meteorológicas del Pacífico Central durante la TT Alma.¹⁸

Otra fuente de acceso de información de este tipo es el Instituto Costarricense de Electricidad, el cual maneja diversas estaciones pluviométricas a lo largo de diferentes cuencas, registrando la variación en los caudales existentes de acuerdo con las condiciones climáticas, información que vigilan sigilosamente ya que les permite definir la factibilidad para la creación de nuevos proyectos hidroeléctricos. Para el presente informe fue posible obtener los promedios de caudal para las lluvias del mes de octubre del 2007; pero no para *Alma* debido a que esas mismas estaciones fueron arrastradas por una cabeza de agua.

La información que se logró obtener por parte del ICE corresponde al registro promedio de caudales diarios al final de cada subcuenca, como lo señala el siguiente cuadro, de dicha información se puede suponer el realizar una interpolación con respecto a los datos generados en otras estaciones aun existentes.

Cuadro 6 Registro de caudales en la parte final de las subcuencas del Parrita¹⁹

Fecha	Estación 26-1 Río Candelaria	Estación 26-3 Río Pirris	Promedio en Río Parrita
10-10-07	1740 m ³ /s	320 m ³ /s	2060 m ³ /s
12-10-07	1080 m ³ /s	460 m ³ /s	1540 m ³ /s
13-10-07	1525 m ³ /s	841 m ³ /s	2366 m ³ /s
14-10-07	1250 m ³ /s	365 m ³ /s	1615 m ³ /s

Proyección y ubicación de las estructuras

De acuerdo con el levantamiento realizado con el GPS Garmin 76CSx, las estructuras de dique existentes se localizaban de manera tal que rodean a las comunidades de Sitradique y Parrita centro, tal y como lo deja ver el levantamiento realizado in situ y resaltado en la imagen satelital de Google Earth. Esta imagen por otra parte es referenciada por medio de las hojas terra, con la finalidad de que se pueda detectar la ubicación por medio de coordenadas geográficas de cada uno de los puntos de mayor interés para el lector.

¹⁸ Información obtenida de boletín informativo del Instituto Meteorológico Nacional.

¹⁹ Información brindada por personal del ICE



Figura 11. Ubicación de la sección 1 de dique el cual abarca una distancia de 1800 metros (azul) aproximadamente rojo delimitación de la cuenca. Fuente *Google Earth*, modificada por el autor.

La longitud de la primera sección era de aproximadamente 1800 metros y tenía como característica que su perfil de construcción

iniciaba en una cota de 7.30 msnm., aproximadamente, y finalizaba con la altura del terreno natural en la parte posterior a Sitradique. Las figuras son poco visibles debido a la calidad de la imagen satelital.



Figura 12. Ubicación de la sección 2 de dique, el cual abarca una distancia de 1100 metros aproximadamente. Fuente *Google Earth*, modificada por el autor.

En la figura 12 se resalta la ubicación de la sección existente, la cual se denominó como la sección de la margen izquierda. Dicho tramo presentaba problemas de asentamientos diferenciales en ciertas estaciones, presentando dimensiones similares a las existentes en el tramo de la margen derecha, ya que la cota de inicio de este tramo corresponde a una altura de aproximadamente 6.5 msnm y va oscilando en más o menos un metro de altura con su sección en la parte final de la estructura.

Las imágenes 13 y 14 respectivamente señalan las condiciones de la estructura posterior al paso de la tormenta tropical Alma, donde se demuestra que la sección previa existente dejó de tener las dimensiones adecuadas al ser sobrepasado, situación que ocasionó daños a las propiedades ubicadas cerca de la margen del río, arrastrando materiales a las demás propiedades del sector, situación que se venía presentando de manera reiterativa en los últimos 10 años, especialmente para el sector de Parrita centro.



Imagen 13 Trabajos de reconstrucción tras el paso de la Tormenta Tropical Alma en el Sector de la Bomba de Agua o sección 2.



Imagen 14 Inspección realizada al sector ubicado detrás del plantel del MOPT un día después del paso del fenómeno atmosférico.

Evaluación y replanteo de las estructuras existentes

De conformidad con las inspecciones realizadas al sitio se determinaron problemas con las dimensiones de las secciones, los cuales se confirmaron en el momento de realizar la topografía de las secciones para la reubicación de las estructuras, con base en los datos generados por el modelo hidráulico.

Los primeros resultados de topografía junto a la respectiva modelación, determinaron que las secciones de dique no eran capaces de soportar el efecto de próximos fenómenos debido a que ya no contaban con las dimensiones planteadas en su construcción. Dicho dimensionamiento, posterior a los fenómenos, puede ser observado en la figura 15.

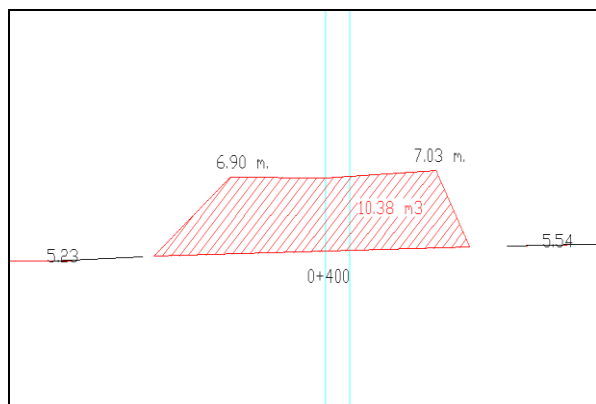


Figura 15. Sección de la estación 0+400 de la estructura ubicada en la margen derecha. (AUTOCAD 2010)

Con base en dicha figura se puede determinar que las cantidades de material requerido para dar sección de diseño deben ser ajustadas hasta en 500% de conformidad con los datos del levantamiento. Esto era visible en ambas estructuras existentes, demostrando un mayor daño en la sección de la margen izquierda.

Al no tener la constitución adecuada, debido a la pérdida de vida útil, en cuanto a las diversas capacidades para las cuales se originaron las estructuras ya requerían de un mantenimiento más adecuado así como de una reconstrucción total en diversas estaciones.

Continuando con la revisión o evaluación de las estructuras existentes, se determinó que estas, según levantamientos con GPS y topografía, eran apenas ajustables en su longitud a lo propuesto en la década de los 90, tal como lo señala el cuadro siguiente.

CUADRO 7. Longitud de Dique construido en el año 1998	
Descripción	Longitud (m)
Dique Sitradique	1850
Dique Parrita Centro	1150
Dique Pueblo Nuevo	Sin construir
TOTAL	3000

Dicho cuadro y el levantamiento de las obras indican que no todas las propuestas de sección por desarrollar durante los años noventa fueron ejecutadas en el total del porcentaje. Se presume que el incumplimiento en las

dimensiones pudo deberse principalmente a factores como, renuncia de la empresa constructora, falta de planificación por el ente supervisor o ejecutor, problemas de financiamiento o de pago de parte del gobierno a la empresa ejecutora, problemas políticos o sociales dentro de las comunidades afectadas.

Como parte de la evaluación en campo, otro de los resultados visualizados es el levantamiento o ubicación de las secciones existentes antes de la ocurrencia de los eventos atmosféricos citados en el presente documento, posición que se representa en la siguiente figura. Estas estructuras existentes, tal como se mencionó en párrafos anteriores, habrían perdido las dimensiones por el efecto de diversos factores.

De manera inicial las secciones señaladas y resaltadas estaban como lo señalan los tramos de color amarillo. Dichas longitudes se mantuvieron para el paso de las inundaciones del año 2007, pero para las provocadas en el año 2008 varios tramos o estaciones fueron eliminados de manera completa. De manera directa, la sección de la margen izquierda, otras estaciones de la sección de la margen derecha se vieron afectadas por infiltraciones, lo que en ambos casos generó una pérdida de capacidad para soportar próximas avenidas.

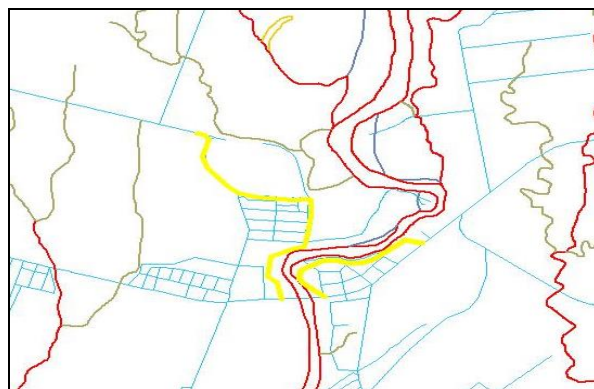


Figura 16. Ubicación de las estructuras existentes, cuyas dimensiones no se ajustan a la sección propuesta en los 90.

El estado de las secciones posterior a las lluvias causadas por Alma, fue la muestra más clara de que las estructuras habían concluido su vida útil y que era necesario el planteamiento de un nuevo modelo que se adaptara a las condiciones demostradas por dicho fenómeno atmosférico.

La fotografía aérea tomada un día después del evento señala las condiciones bajo las cuales quedaban las comunidades afectadas y que la sección de dique era prácticamente irreconocible, las calles estaban totalmente destruidas y había daños en las viviendas.



Imagen 17 Fotografía aérea de la comunidad de Sitradique un día después de Alma

En dicha imagen el dique o sección existente se encuentra ubicado al borde de las viviendas y la zona más boscosa o verde. Este tramo sufrió principalmente daños a causa de la infiltración y del arrastre de material que lo conformaba. Las estaciones más dañadas presentaban consecuencias como las mostradas en la imagen 18. Al fondo puede ser observarse un tramo o estación donde se muestra de manera completa la sección existente.



Imagen 18 Fotografía de daños en la sección de dique de Sitradique, al fondo de la imagen se resalta las dimensiones existentes posteriores a los eventos.

Con lo anterior quedan señaladas las condiciones previas y posteriores al paso de

ambos fenómenos ambientales, así como parte de los daños causados a las estructuras existentes. Queda por fuera el efecto del impacto socioeconómico de la población que conforma la cuenca baja del río Parrita.

Identificación de las actividades a realizar

Etapa de reparación

Una vez determinados los daños sobre los tramos existentes y visto el estado de las secciones en la imagen anterior, se estableció como actividad primaria realizar la recolección de todo el material que fue arrastrado por el paso del agua sobre la estructura como se aprecia a continuación.



Imagen 19. Fotografía de las labores de recolección del material arrastrado en la vieja sección.

Ubicación de las estructuras.

Para la ubicación de la estructura, según condiciones señaladas en inspección de campo las mismas, no se adecuaban a lo señalado por el levantamiento inicial ya que el aumento en los niveles de agua varió las condiciones de las márgenes y acercó la rivera de la margen izquierda a las construcciones existentes. Por esto en estas estaciones se debieron variar las dimensiones y la construcción de la sección tipo.

Eso obliga a la realización de un nuevo levantamiento para determinar las variaciones existentes en el campo, y es a partir de aquí donde la topografía se vuelve parte fundamental del proyecto.

De dicho levantamiento se obtuvieron diversos resultados, entre los que destaca la vista en planta de la ubicación más posible de la sección a construir, la cual debería mantener en lo máximo posible la trayectoria de la antigua sección existente. Además, se lograron definir las dimensiones de las secciones presentes posteriores al paso del fenómeno ambiental.

Dicha información será útil para concluir las modelaciones²⁰ con las condiciones actuales, y para determinar las cantidades de material requerido para devolver el dimensionamiento que brindará seguridad a las poblaciones afectadas.

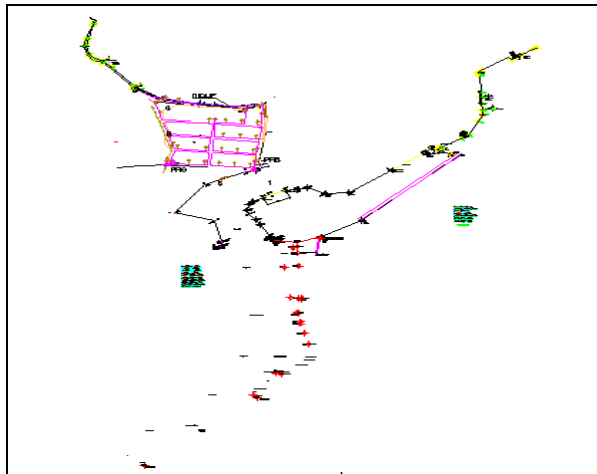


Imagen 20 Levantamiento en planta de secciones a construir tanto aguas arriba como aguas abajo del puente. (AUTOCAD 2010)

El levantamiento topográfico resaltado en la imagen anterior podrá ser visto de manera adecuada en el anexo 13 el mismo requirió el realizar un estacionamiento como máximo a cada 100 metros, y, en caso de existir sitios con mayor problemática se recomienda realizar estaciones que varíen entre 20 y 50 metros de distancia una de la otra. Además, con el presente trabajo se tuvo como finalidad obtener los niveles de terreno posteriores al paso de los diversos fenómenos sufridos en los últimos 10 años.

²⁰ Ver anexos de la modelación según HEC-RAS

De igual forma se logra obtener un modelo de la sección típica existente en cada uno de los estacionamientos y de esta forma compararla con la sección típica recomendada a construir, por parte del personal de SENARA con base a los datos suministrados por el Departamento de Obras Pluviales del MOPT, de la cual se presentan las secciones más representativas en la parte de los anexos: Estas serán acompañadas de sus debidos estacionamientos, como lo representa la siguiente imagen.

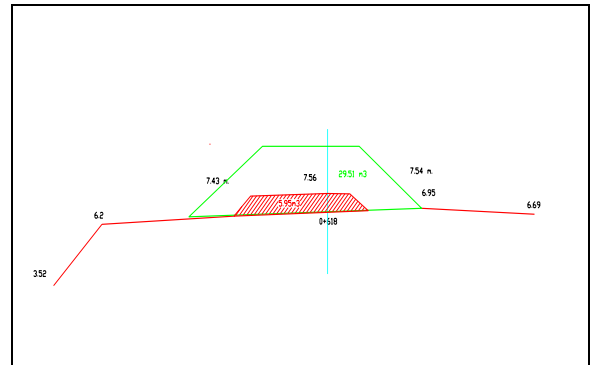


Figura 21: Detalle de sección existente después de Alma (rojo), y de sección propuesta (verde) a construir de conformidad a información de Obras Fluviales del MOPT.

De la misma manera que se realizó el levantamiento de las secciones existentes, se preparó el levantamiento geo referenciado de la posición de los tramos por construir y reparar.

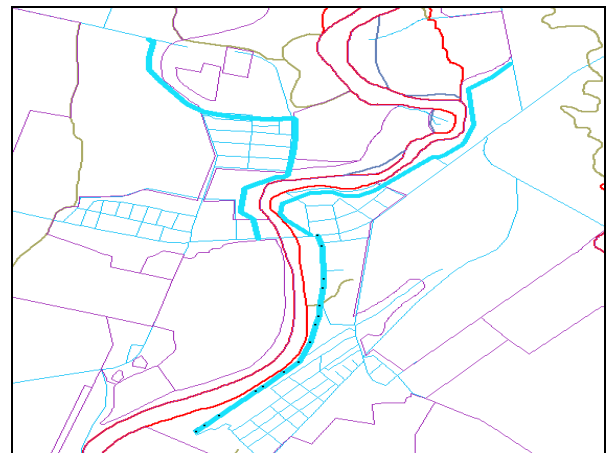


Figura 22. Ubicación de las secciones a construir utilizando un sistema GIS (debido a sus siglas en inglés). La misma señala la posición de las tres estructuras.

Una vez definida la posición de los diferentes elementos en el campo, y contando con la información proporcionada por el equipo de topografía se determina la conformación requerida para cada una de las secciones, así como los volúmenes que deberían ser acarreados inicialmente, tanto para completar las viejas secciones como para la construcción de los nuevos tramos, hasta alcanzar lo señalado tanto por el levantamiento topográfico como por el GPS.

Con ese fin se crea el siguiente cuadro donde se detalla la cantidad de material que inicialmente deberá ser colocado en cada una de las tres secciones propuestas en el presente proyecto. De igual manera se hace posible la determinación de las cantidades de acuerdo con su granulometría y la posición que estas llegaran a tener dentro de la estructura.

Cuadro 8. Volúmenes estimados por sección de Dique				
Dique	Longitud	Volumen >300 mm	Volumen grava	Volumen total
	m	m³	m³	m³
Palma Tica	426	6714	17892	24606
Pueblo Nuevo	1400	22064	63000	85064
Parrita	1065	16785	29820	46605
Sitradique	1970	28210	38226	66436
Totales	4681	73773	148938	222711

Localización de bancos de préstamo

En el cuadro anterior se establece como el volumen inicial de obra el monto de 222 711 metros cúbicos de material, los cuales serán proporcionados para el caso en particular de este proyecto por el cauce principal del río Parrita.

Al ser necesario tanto volumen de material, y requiriéndose características específicas, se requirió de la localización de diferentes puntos de extracción que se ajustaran a lo señalado en la normativa constructiva y que contarán con un acceso adecuado desde la vía pública. Para ello se realizó un recorrido por las riveras del río, determinándose como posibles fuentes de extracción aquellas que se ajustan a la granulometría exigida por la unidad ejecutora, las cuales son señaladas en la siguiente figura, dichas fuentes son resaltadas con los cuadros o puntos verdes.

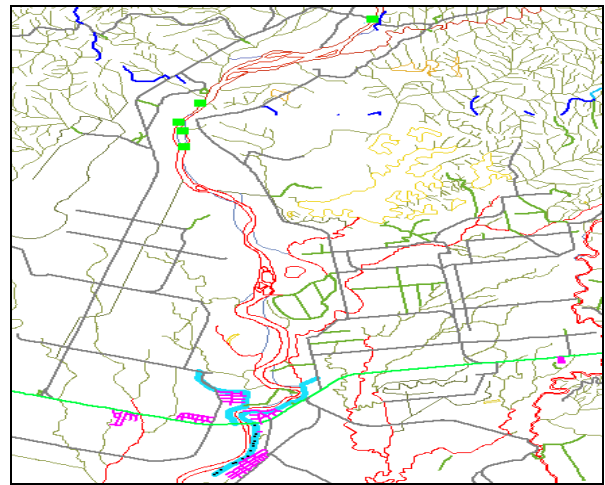


Imagen 23. Localización de las fuentes de extracción (puntos verdes) con respecto a la ubicación de las secciones por construir.

Las fuentes de material se determinaron de conformidad con la granulometría requerida por la sección de dique que se construyera, y es a partir de este punto de donde dependen las distancias de acarreo las cuales se procuró que estuvieran dentro de los 15 kilómetros que demarcaba el cartel como distancia máxima.

Con la finalidad de reducir en el mayor rango posible el ítem de acarreo. Es que se

establece dar inicio a la recolección y acomodo del material arrastrado en la vieja estructura, buscando crear un piso o andén de acceso en primera instancia para la colocación del material acarreado y, en segundo lugar, mezclar material granular con los limos dejados en el sitio por deposición con la idea de generar un núcleo lo suficientemente impermeable en la estructura a desarrollar convirtiéndose en una actividad previa o de reparación para el caso en particular.

Dicha actividad se refleja en la práctica debido a que, de conformidad con las condiciones de acceso a los sitios de obra, no se encuentran bajo las condiciones adecuadas posteriores a la inundación o desbordamiento del cauce.

Etapa de construcción

En el inicio de esta etapa ya deben estar identificados todos los sitios que fungirán como bancos de préstamo, y de manera adecuada habilitados los accesos o al menos bien identificados. Esto sirve para evitar los inconvenientes que genera la solicitud de autorizaciones puesto que para el caso en particular las fuentes de material solo contaban con un acceso público y los demás son de índole privada.

Delimitación de distancias de acarreo

Afortunadamente, todos los puntos para la extracción de material se encontraban a una distancia menor de los 15 km, como se resalta en la figura 22 y que se determinan por medio de los puntos verdes, la cual es la distancia promedio para cada metro cubico de material contratado, según se establece en la normativa vial vigente, con la finalidad de que este rubro no represente un inconveniente económico dentro de la solución a brindar, ya que si las fuentes hubiesen estado fuera de este rango los montos finales de obra se verían muy afectados a causa del aumento en los costos de la actividad descrita.

En caso de que la longitud hubiese sido mayor, los montos finales se incrementan, con lo

cual se vería afectada directamente la longitud de las obras finales.

Ubicación de los puntos de trabajo

Los primeros puntos por intervenir se refirieron a la reparación de las secciones existentes a esa fecha, cuyo fin era garantizar la capacidad de los elementos en caso de darse la presencia de otro evento en los días próximos al inicio de las actividades de reconstrucción. Para ese momento los datos de topografía, en cuanto a la ubicación final de las obras, ya se encontraban listos. Estos se adaptaron a una imagen de *Google Earth* con la finalidad de dar un mejor criterio al lector de su localización. Dicha ajuste puede ser observado en el apéndice 1, imagen que señala la posición definitiva de cada una de las secciones que se construyeron.

Verificación de la granulometría del material colocado

En el caso de la verificación de la granulometría de los agregados por utilizarse en el proceso constructivo, esta se realizó de manera visual, considerando que el material variaría considerablemente debido a las condiciones de extracción, etapa constructiva de la obra, y condiciones climáticas, ya que estas últimas eran responsables del control de niveles del cauce en el sitio de extracción de los agregados. Dicho material no se podía ir a los extremos de los diámetros permitidos por problemas en su capacidad soportante.

Debido a los inconvenientes señalados y al incremento de los costos de construcción, con relación al costo inicial (¢971.900.000,00) en caso de requerirse el cribado, es que se procede con la acción de analizar la granulometría de manera empírica, y es por lo mismo que en cada una de las imágenes observadas hasta el momento es que señalan la presencia de los diversos grosores involucrados. Como ejemplo, la imagen 23 nos señala parte del tramo ubicado entre las estaciones 1+000 y 1+300 de la sección ubicada detrás de Sitradique, donde se realizaba la construcción del andén de la estructura y donde son notorias las diferentes granulometrías

colocadas. Para dicho tramo se contabilizó con una granulometría más gruesa debido a que dicho material debía ser colocado como relleno de un sitio con capacidad de soporte casi nula, rangos menores del 10%. El relleno realizado contemplaba un grosor variable entre los 80 y 100 centímetros de grosor.



Imagen 24. Sustitución de piso y ampliación de andén en sitio conocido como la laguna.

En la imagen anterior son comparables visualmente las condiciones previas y posteriores de uno de los sitios de trabajo una vez iniciadas las labores de colocación sustitución y relleno.

En este sitio en particular, en caso de que el material por colocar tuviera una consistencia muy fina, se colocaba en estaciones que ya tuvieran conformado debidamente su andén y se le solicitaba acarrear material más grueso para finiquitar la conformación del terreno que soportaría la estructura de dique por realizar. Lo anterior con la finalidad de no desperdiciar el material trasladado por el contratista.

Verificación de las dimensiones de sección construidas

Los levantamientos topográficos son exigidos de manera muy periódica, ya que cumplen con diversas responsabilidades, entre las que se señalan las siguientes:

- Verificación de volúmenes colocados. Se determinan las dimensiones de la obra con relación a lo planteado en diseño.

- Control de avance de obra, por medio de la medición de campo, de conformidad a lo permitido por el estado del tiempo.
- Pago de facturas por obra realizada. Nuevamente los datos suministrados por la topografía son trascendentales.
- Cumplimiento y señalización de cotas máximas permitidas según diseño.

Pero no siempre es posible hacer que la topografía nos brinde toda la información respecto a volumen colocado y se deberán analizar otras alternativas para obtenerlo, y esto es aplicable a lo ocurrido entre las estaciones 1+000 y 1+300 mencionado anteriormente, y ubicados en la margen derecha en comparación con lo que sucede en la margen izquierda, donde se contaba con un suelo firme para la colocación del andén como se ve en la imagen siguiente.



Imagen 25. Fotografía de la sección dos al inicio de las labores. Situación que resalta las condiciones de la estructura anterior.

Pero una vez delimitado el andén, la topografía se encargaba de brindar todas las directrices a seguir, tanto en la altura máxima de relleno a colocar en cada capa, como en la definición final de cada una de las secciones de acuerdo con lo señalado por los resultados de la modelación.

Mantenimiento de vías de acceso y rutas de acarreo

Las vías utilizadas por los equipos de trabajo para la construcción de las secciones

continuamente sufrían daños en su superficie de ruedo. Los más afectados en este caso eran los puntos de acceso a las fuentes de extracción, esto a causa de que el material era cargado directamente desde el cauce, por lo cual el contenido de agua en los agregados de igual manera es considerable.

Este factor, sumado a la contaminación sufrida en el terreno natural por la deposición de materiales muy finos (limos), provocaba que la capacidad soportante de la ruta de acceso sufriera colapsos tanto en el firme de la carretera como en las estructuras menores. Eso ocasionaba serios retrasos a la maquinaria que transportaba el material, tal y como es apreciable en el capítulo de anexos, lo que generaba la colocación de capas de material granular para mejorar la condiciones de ruedo.

En el caso de las vías principales de acarreo se señala el problema del arrastre de los finos, lo que provoca la formación de asentamientos o huecos en la superficie de ruedo, lo que conducía a un aumento en los tiempos de traslado del material causados por las irregularidades de la carpeta de rodadura. Como consecuencia de estas situaciones, es necesario brindar un mayor mantenimiento de las rutas ya sea con actividades de conformación, bacheo o hasta un relastre de la vía en uso tal y como lo señalan las imágenes del anexo.

Colocación y compactación del material en obra

Para esta etapa de la construcción se hizo necesaria la preparación del terreno, para que se ajustara a las medidas de la base de la sección, lo que requirió en algunos casos la eliminación de algunas de las hileras de palma africana o de la demolición de algunas de las estructuras de concreto existentes (caso bodegas del MOPT).

Y al contar con la sección de la base lista para construir, se inició con la colocación de material en capas no mayores de cuarenta centímetros de espesor, considerando las dimensiones del agregado más grueso a ser colocado. Para este proceso se contó con el equipo de acarreo, el cual cumplía a su vez una función de colocación y compactación; un tractor de oruga Caterpillar D6, que se encargaba de la distribución o esparcimiento, al igual que la retro

excavadora Caterpillar 220 o Komatsu 200 (pala); y finalmente, una compactadora SD 100 INGEESOLLARAND, que daba el acabado para obtener la compactación final, tal y como se muestra en las figuras del capítulo de anexos.

Para este caso, los resultados proporcionados por el software HEC-RAS y la información topográfica definieron que la dimensión de la sección por construir sería la que se señala en la figura 26 y que, como se mencionó anteriormente, se debería desarrollar en la conformación de capas superpuestas, con la finalidad de que los camiones de acarreo brindaran una compactación previa al tener que trasladarse sobre cada capa de material, lo que tendría como consecuencia generar una mayor presión sobre la sección que se levantaba.

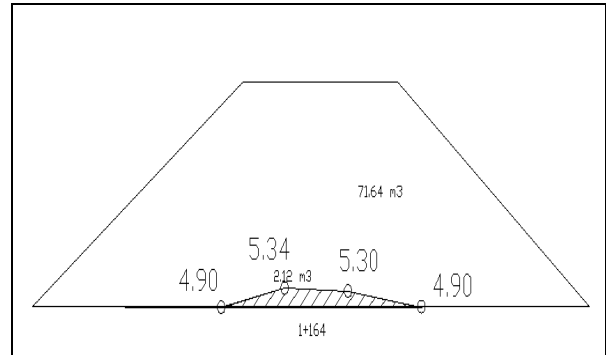


Imagen 26. Sección típica a ser construida. En esta se indican las condiciones de la estación 1+164 (AUTOCAD 2010)

Conformación de dimensiones finales

Los estudios previos realizados por las diversas entidades, principalmente el MOPT y los análisis posteriormente hechos por SENARA confirman que la sección propuesta de dique, cuya altura es la cota 9 msnm, es capaz de soportar una avenida con caudales que superen ligeramente los 1500 m³/s., motivo por el cual el equipo topográfico debe velar por que la sección haya alcanzado las debidas dimensiones y que cumplan a cabalidad el modelo previsto.

Para dar las dimensiones e inclinaciones finales correspondientes, se utilizó una retroexcavadora, la cual tomaría los excesos en los bordes y los colocaría en las estaciones de la

corona que estuvieran incompletas según los resultados de topografía. Esta labor puede ser apreciada en la imagen 27.



Imagen 27. Fotografía de la conformación final del talud del lado húmedo en la estructura de Parrita Centro.

Programación y ejecución de obras

Para poder llevar a cabo las presentes labores se requiere de la realización de una serie de estudios previos, en las cuales se indaguen diversas condiciones que puedan afectar a la cuenca para que se produzca el desbordamiento del cauce en su parte baja.

Entre los datos por indagar se consignan los siguientes, y que para el presente proyecto se tomaron de los estudios planteados por el MOPT a finales de los años noventa.

Cuadro 9 Detalles de actividades previas a la construcción de obras.

Ítem	Detalle	Fuente
1	Uso de suelo de la cuenca.	MAG ²¹
2	Factores ambientales de la cuenca	IMN ²² o ICE
3	Estudios de caudales normales	IMN o ICE
4	Estudios de sedimentación	Estudios de topografía
5	Estudios de caudales máximos	IMN o ICE
6	Información topográfica del relieve	Estudios de topografía

Las obras fueron realizadas como lo señala el siguiente cuadro, en el cual además se indican los costos de cada una de las actividades principales planteadas, mientras que la ejecución de estas se integran a actividades no señaladas o que forman parte de la misma actividad descrita.

La programación final de cada una de estas obras debe de incluir los pormenores que involucran el periodo de tiempo en que se realicen así como ola época del año en que serán ejecutadas las obras.

²¹ Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

²² Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

Cuadro 10. Actividades propuestas a realizar y su costo unitario					
Ítem	Detalle	Unidad	Contratado		
			Cantidad	Precio Unitario	Monto colones
1	Limpieza y conformación	Horas.	300	25000	7.500.000
2	Acarreo material núcleo	m³.	149000	1600	238.400.000
3	Acarreo material coraza	m³.	74000	1400	103.600.000
4	Colocación material núcleo	m³.	149000	2550	379.950.000
5	Colocación material coraza	m³.	74000	2400	177.600.000
6	Construcción de Gaviones	m³.	1400	42000	58.800.000
7	Topografía	Global	12000000	12000000	12.000.000
8	Conformación de secciones	Horas.	300	42000	12.600.000
9	Aplicación plan de mantenimiento	Varias			
10	Construcción de otras obras	Varias			
					990.450.000

Plan de mantenimiento y monitoreo de secciones

Para llegar a este punto se revisaron diferentes propuestas a alternar con las obras recién terminadas, las cuales son las siguientes:

- Construcción de espigones en las secciones de Sitradique, y Parrita.
- Construcción de muros de gaviones en la sección de Pueblo Nuevo.
- Ampliación de la sección de Sitradique.
- Revisión e inspección de obras y actividades de orden privado, en cuanto a trámites legales y estudios hidráulicos.
- Creación de un plan en el cual se norme la protección del cauce y su zona de protección.
- Chequeo de las dimensiones y taludes de las secciones periódicamente.

- Plan de contingencia en caso de la ocurrencia de un seísmo de magnitud considerable.
- Colocación de vegetación adecuada sobre las pendientes de los diques para protegerlos de la erosión y del arrastre de material en caso de ser sobrepasados por el nivel de agua.

Algunas de estas actividades podrán o deberán ser aplicadas una vez finalizadas las actividades de conformación de las estructuras, y se refieren a actividades del orden de mantenimiento rutinario. Otras se definen como actividades a largo plazo y a ejercer durante toda la vida útil de las estructuras y, finalmente, otras actividades se conjugan en la creación de una normativa que obligue a los habitantes de la cuenca a generar una zona de protección más amplia y una mayor conciencia ambiental.

Análisis de los resultados

Aspectos hidrológicos y morfológicos

En el país se ha venido invirtiendo en la recolección y actualización de la información geomorfológica, debido a que la mayor cantidad de datos existentes a la fecha se encuentran muy desactualizados, lo que altera o produce altos grados de incertidumbre al momento de realizar los debidos estudios de una zona determinada.

Dichas actualizaciones se han generado debido a la política de desarrollo que lleva el país, según la cual se pretende evitar la creación de elementos en zonas que se consideren de alto riesgo, reduciendo de esta manera las pérdidas económicas que surgen a partir de los daños sufridos, entre los que se puede contemplar la vida de seres humanos.

Revisando los antecedentes geológicos de este país, de acuerdo al libro *Geología de Costa Rica*, se sabe que es un territorio geológicamente muy joven, razón por la cual es fácil localizar elementos o bloques de materiales y rocas que se llegaron a formar entre los periodos terciario, cretácico y cuaternario. Son tierras en las que se ha logrado determinar que la mayoría de las rocas son pertenecientes al grupo de rocas sedimentarias, sin dejar por fuera algunos bloques o grupos donde se encuentran elementos pertenecientes a grupos de origen volcánico e intrusivo.

Dicha formación de los suelos del país, y en especial de la cuenca en estudio, son los responsables de generar una serie de inconvenientes en las partes bajas principalmente, porque los suelos de las partes altas son deteriorados muy rápidamente debido su cambio de uso. Esta situación genera que el material que se desprende por las diversas razones una vez iniciada la época lluviosa, se vea arrastrado hacia las microcuencas, las cuales van trasladando el problema a las subcuencas hasta

llegar a su deposición final, ya sea en las llanuras aluviales o en el océano.

Además del uso brindado al suelo, las secciones de la parte alta se pueden ver afectadas considerablemente por la ocurrencia de un seísmo o por los altos niveles freáticos en el suelo a causa de periodos de intensa lluvia. De igual manera, las pendientes de las zonas altas son determinantes en la generación de derrumbes y deposición de materiales en los cauces que conforman la cuenca.

En cuanto a las fotografías aéreas, se tienen como fundamento para que toda aquella persona que pueda revisar el presente documento genere una idea básica de las condiciones bajo las cuales trabajaran las estructuras a realizar. La imagen 9 delimita la zona donde acaba el sector montañoso de la cuenca y a partir de donde se le considera como llanura aluvial, la cual se extiende hasta la desembocadura en el Océano Pacífico.

Mientras tanto, la imagen 10 hace una pequeña referencia de lo que es la magnitud de la cuenca en estudio, de la cual se pueden tomar diferentes conclusiones o análisis. Su forma no está definida ni como circular ni como alargada, el área cubierta en la parte montañoso es considerablemente más grande con respecto a área abarcada por la delimitación de la llanura aluvial. Debido a las pendientes de las partes altas y a la cobertura vegetal existente, los niveles de escorrentía suelen ser muy altos y toda esta agua será acumulada en cada depresión, la cual se suma a cada una de las subcuencas mayoritarias que finalmente conforman la cuenca de estudio.

Por su parte, la llanura aluvial junto con las características de los suelos que posee, se mezclan para generar problemas de infiltración y de salida de aguas debido a la pendiente presente en el sector final, las cuales al no contenerse por el relieve natural buscan la manera de invadir otros terrenos.

Revisión y registro de información pluvial

Para esta sección es muy difícil determinar un análisis de la situación actual debido a que la información que se registra y que se ofrece al público es muy escasa, muy antigua o del todo nula para el uso en general. Esto es así por cuanto para el desarrollo del presente informe se indagaron en diferentes instituciones y por diferentes medios, los históricos de información pluvial e información hidrológica obteniéndose como información básica la recabada en el estudio realizado por el Departamento de Obras Fluviales del MOPT.

Dicha información era la más explícita y precisa del momento, sin dejar de contemplar el inconveniente de que tiene más de una década de antigüedad, y se basa en algunos datos de situaciones de máximo caudal, ocurridos desde el año de mil novecientos cincuenta y cinco (1955), situación que es comparable con lo ocurrido en mayo de 2008.

A pesar de que tanto el país como el cantón de Parrita en particular se han visto afectados por el paso de diversos fenómenos ambientales, no ha existido una institución que se encargue de registrar dicha información, la cual puede resultar de mucha utilidad en el momento de planificar la construcción de determinadas obras, tal y como lo hace el Instituto Costarricense de Electricidad para definir el mejor sitio para la instalación de una nueva planta de energía hidroeléctrica.

Pero para este caso la información no siempre se encontró a disposición debido a su importancia interna, razón por lo cual los datos de mayor acceso suelen ser los que proporcionan las estaciones meteorológicas y que no siempre resultan ser las más indicadas. Tal es el caso del gráfico 3, donde se señala el registro de milímetros de lluvia caídos durante los días 28 y 29 de mayo de 2008, cuyos datos resultaron únicamente como información ilustrativa y no como información representativa en el presente estudio, por cuanto la mayoría de las estaciones se encuentran fuera de la cuenca del río Parrita, y la gran mayoría se localiza en sectores cercanos a la costa, mientras se desconocen registros de las partes altas e intermedias de la cuenca.

Esta información básica fue obtenida en el Instituto Meteorológico de Costa Rica, el cual a fin de cuentas ha venido siendo un ente que se encarga de colaborar principalmente con la parte agrícola del país. Por su parte la información suministrada por el ICE, se restringe y delimita únicamente al evento de lluvias ocurrido en el mes de octubre del año 2007, ya que por razones internas de la institución los registros normales tienen un nivel de confidencialidad. La información señalada en el cuadro 6 hace indicación de los máximos caudales registrados en la parte previa de la intersección de las cuencas del Río Candelaria y el Río Pirris.

Tomando en cuenta las condiciones y afluentes adicionales en la llanura aluvial de esta cuenca en particular esta información se puede estimar como valores reales y finales. De dicho cuadro se deduce cómo es la subcuenca del Candelaria, la cual aporta el mayor promedio de agua, esto debido principalmente a su ubicación y a la forma que posee. De esta manera se ha considerado y asumido que el caudal máximo registrado a la fecha para un evento meteorológico en la llanura aluvial puede andar cercano a los 2400 m³/s, caudal que según lo experimentado en el campo durante el mes de mayo del 2008 puede ser superado fácilmente, estos valores no se registraron en las estaciones 26-1 y 26-3 del ICE porque fueron arrastrados por la corriente de agua presente sobre el cauce durante la presencia del fenómeno atmosférico.

Condiciones que aumentan el grado de incertidumbre de los datos recolectados, y establecen la necesidad de colocar y establecer más estaciones a lo largo de toda la cuenca. Situación que se debe de mejorar a futuro dado que la inversión que se debe de realizar en las poblaciones afectadas, por este fenómeno no es un monto que se pueda asignar con gran facilidad.

Proyección y ubicación de las estructuras

La ubicación de las estructuras depende de manera muy directa de las condiciones topográficas, de los niveles de agua alcanzados durante el paso de fenómenos de gran magnitud

y de la disposición de los propietarios y aéreas de los terrenos por los cuales será construida la estructura principal. Para el caso en estudio se considero como posición inicial el sitio donde existía un viejo apilamiento de material, el cual hacia de la función de dique; pero en caso de no contarse con una guía como esta se deben considerar diversos factores, los cuales se relacionan con la topografía y cercanía de las poblaciones a las márgenes del río en estudio.

Pero para proyectos donde no se cuente con secciones antiguas, será necesario el analizar muchos factores, de forma tal que la construcción de dicha obra no eleve sus costos por actividades o puntos fuera de la construcción como tal. En este caso se deben analizar los puntos más estrechos, e iniciar con los cálculos de la capacidad máxima de esa sección según el historial hidrogeológico de la cuenca. Dado que los puntos más estrechos, son los limitantes de diseño, esto por cuanto de conformidad a los datos de caudales y al área de la sección establecen la altura de la sección. La que a su vez depende de las condiciones del relieve.

Para la cuenca del Parrita se determina que las secciones por construir deberán mantener la posición que a la fecha tenían las secciones anteriores, las cuales fueron creadas por el MOPT, en el año de 1999 aproximadamente, basado en las siguientes razones:

- De conformidad a lo señalado en los estudios previos de la cuenca.
- Aprovechamiento del material existente, lo que reduce al rubro de acarreo.
- Condiciones de diseño, limitadas por la garganta o estrechamiento del cauce, en una determinada estación.
- Pago por expropiaciones, o condiciones de las propiedades.
- Tiempos de ejecución de la obra, plazos de entrega, condiciones climáticas.

Basado en lo anterior es que se realiza la proyección y la ubicación de las estructuras existentes como los puntos de elaboración de la nueva sección. De conformidad a la ubicación de los tramos existentes se puede determinar que algunas estaciones ya habían sido afectadas por los niveles de agua alcanzados en años anteriores.

Evaluación y replanteo de las estructuras existentes

Como parte de las gestiones para realizar el presente documento se realizó una inspección a los tramos existentes a esa fecha, con lo cual se logró determinar que, de conformidad con la información existente en el departamento de Obras Fluviales del MOPT, las secciones de campo no se ajustaban a la propuesta realizada.

Las variaciones de diseño con respecto a lo encontrado en campo eran considerablemente grandes, especialmente en la sección de la margen izquierda aguas arriba, ya que la sección típica podía presentar reducciones de volumen hasta en un 500% con respecto a la sección de diseño, tal como lo deja ver la figura 15. Dichas variaciones en volumen generaron la pérdida de capacidad de la estructura para soportar eventos con magnitudes considerables.

Continuando con la inspección y realizando las comparaciones con la propuesta de las obras por crear, se determinó que aparte de no contar con las dimensiones más adecuadas las estructuras eran incompletas debido a que tramos propuestos no habrían sido concluidos, tal como lo señala el cuadro 4, el cual resume las longitudes de las estructuras de aguas arriba según el resultado del levantamiento realizado y deja entrever como el tramo correspondiente a Pueblo Nuevo no se localiza dentro del levantamiento y ubicación señalado en la imagen 16, puesto que es inexistente.

Con base en la investigación realizada a manera de consulta entre los pobladores y los personeros del MOPT, no se logró hallar justificación de por qué el tramo correspondiente a la margen izquierda aguas abajo no se construyó ni tampoco por qué las secciones aguas arriba no contaban con las dimensiones adecuadas. De lo observado se dedujo y asume que las variaciones en el proyecto se pudieron derivar de razones como la falta de pago a la empresa constructora, reducción de recursos para la ejecución de obra, falta de políticas de fiscalización o simple abandono por parte de la constructora. Lo anterior se contempla a causa de que muchas obras asignadas por el gobierno no se ejecutan dejando el problema siempre presente, en la comunidad afectada.

Debido a esta serie de inconsistencias, se determinó que la capacidad de las estructuras para soportar los embates de la naturaleza habían sido totalmente reducidos, especialmente por el paso de los fenómenos de octubre de 2007 y mayo de 2008 tal y como se resaltó en las figuras 17 y 18, la primera de las cuales es una muestra de la ineficiencia de la estructura para retener los fluidos del lado húmedo y proteger a la población de la comunidad de Sitradique. En dicha imagen se observan condiciones muy homogéneas a ambos lados de donde se ubica la estructura existente hasta el año 2008.

Por su parte, la figura 18 es el retrato más claro de por qué las condiciones señaladas en la figura 17. Es también el mayor fundamento para señalar que la capacidad de la sección existente hasta esa fecha había concluido y era necesaria la restitución de la estructura total, ya que eran muy visibles los problemas de infiltración a lo largo de las secciones y, en casos de mayor gravedad y a causa de la misma situación, se presentaban arrastres de material generando la pérdida de tramos con distancias superiores a los 3 metros.

Por tanto las inspecciones que se realizaron posteriores a la tormenta *Alma* establecieron que era urgente la reconstrucción de todos los elementos, incluyendo aquellos que en el plan inicial del MOPT habían sido ignorados, esto por cuanto la presencia de un nuevo evento sin la reparación o el mejoramiento de las secciones ocasionaría enormes daños en el casco urbano de la comunidad de Parrita, daños que podrían involucrar la pérdida de vidas humanas, sin dejar de citar las pérdidas económicas por los daños generados a todas las obras civiles existentes en el sector.

Identificación de las actividades a realizar

Para la elaboración de esta sección del documento se tomará únicamente la parte correspondiente a los tres grandes grupos, entendiéndose estudios previos, descripción del proceso constructivo y recomendaciones tal como se asignó el respectivo objetivo, puesto que de igual forma se podría citar una serie de actividades que forman parte de la información

básica para determinar las condiciones de la cuenca que se pretende controlar. Esta información es tan variada que muchas veces existen puntos que no corresponden a aspectos de la construcción de diques, pero que resultan parte básica para el dimensionamiento de las obras por construirse.

Entre estos aspectos cabe resaltar el uso del suelo brindado a lo largo y ancho de toda la cuenca, densidad, actividades económicas, registro de lluvias, como las principales actividades previas, así como todas aquellas situaciones citadas en el marco teórico y que se relacionan con las características de la cuenca por intervenir.

Etapa de reparación

Para el desarrollo del presente documento se debieron realizar algunos trabajos, que en caso de ser una obra nueva no se contemplarían. Estas labores son necesarias para devolver las secciones a los tramos existentes a esa fecha.

Se debe realizar el levantamiento de la ubicación de las secciones anteriores, con la finalidad de verificar las condiciones bajo las cuales se encuentran las estructuras una vez que han soportado las cargas de agua de los últimos fenómenos ambientales. Esta información ayuda a determinar aspectos como las dimensiones de las estructuras, niveles de sedimentación en el cauce, el cual es muy notable visualmente en ciertos sectores a lo largo del cauce.

La intención del levantamiento es, además, determinar la posición final a ser tomada por los tramos nuevos, contabilizar la cantidad de material existente en las viejas estructuras y de esta manera delimitar el volumen de material nuevo a ser colocado como lo señala el cuadro 5. Con esa situación se estarían reduciendo notablemente los montos por acarreo, al menos en los tramos aguas arriba del puente.

Como es visible en la figura 21, las viejas secciones o tramos requerían la reposición de material en promedios que fácilmente superaban los 35 metros cúbicos por metro lineal de sección, esto en los tramos o estaciones que menos daño sufrieron. Por su parte, lo resaltado en las figuras 20 y 22 se refiere a una misma situación pero realizado de manera distinta. En el caso de la

figura 20, es la ubicación de las secciones por construir utilizando como herramienta una estación total y por metodología un levantamiento topográfico de las condiciones de campo, caso para el cual se requirió de un estacionamiento anteriormente señalado. La figura 22 se refiere a la posición que deberán tener las secciones finales, levantamiento que se hizo con ayuda de un GPS, para poder geo- referenciar la ubicación de dichas estructuras dentro de las hojas terra.

Con ayuda de ambos procedimientos se logró obtener la información que señala el cuadro 8, sitio en el cual se realiza la indicación de los volúmenes que serán requeridos en cada una de las secciones a levantarse. Allí se logra ver cómo el tramo de Sitradique es el que requiere mas volumen de material con una granulometría superior a los 300 mm., y que el tramo que requiere más material tanto a nivel de volúmenes de grava como un volumen total es el tramo correspondiente a la comunidad de Pueblo Nuevo, sección que no se había logrado construir en el proyecto inicial de 1999.

En el mismo cuadro se resalta información como las longitudes de cada tramo. Para el caso de los tramos de Parrita centro y Sitradique se contemplaron como tramos existentes y con un volumen de sección inferior al propuesto, razón por la cual los volúmenes por colocar no resultaron tan altos como si se tratase de tramos totalmente nuevos.

En su lugar, los tramos de sección que se ubican en Pueblo Nuevo, y el que se denomina en dicho cuadro como dique de Palma Tica (el cual es un anexo en la longitud de la sección de Parrita centro) se calculan como secciones totalmente nuevas, razón por la cual es notable la relación de volúmenes si se compara a este tramo con la sección de Sitradique.

Localización de los bancos de préstamo

Esta actividad se ha ubicado en la sección de actividades de reparación, para el presente trabajo, sin embargo de manera lógica y congruente con el tipo de labor, se debería ubicar dentro de un título que lo defina como parte de los estudios previos, ya que el cumplimiento de esta etapa o actividad viene a definir detalles que

se pueden establecer como condiciones de participación en el cartel, de igual manera son muy determinantes en los costos finales de la obra.

Es importante definir los posibles puntos de extracción con prioridad de conformidad a las especificaciones técnicas solicitadas por las condiciones de diseño, los cuales serán determinados en algunos casos por los resultados de estudios de laboratorio y en otros por la simple función. Estos puntos incurren en el cumplimiento de características como granulometría, densidad, peso específico, pruebas de compresión y triaxiales, y esperar a que se ubiquen dentro de las distancias máximas de acarreo establecidas por la normativa vial vigente.

Con la finalidad de disminuir los costos de obra, se estableció que las fuentes de extracción, en la medida de lo posible, deberían estar dentro del mismo cauce, y ser parte de la solución de una de las alternativas propuestas para proteger a los centros de población que conforman el casco urbano del cantón de Parrita. Esta situación, que se resalta en la figura 23, donde se tiene cada sitio de extracción debidamente geo referenciado, con una variación de desplazamiento, misma que podría oscilar en un kilometro, sin necesidad de requerir la renovación de autorizaciones para extracción por parte del Departamento de Geología y Minas del MINAET.

Del mismo modo las fuentes por explotar debían de contar con una serie de condiciones físicas que facilitarían su explotación. Dentro de las condiciones, los accesos se señalan como el principal inconveniente, por cuanto sobre la parte alta de la llanura aluvial se demostró la presencia de material con las características adecuadas, pero con el inconveniente de que la mayoría de los sitios no tenían acceso adecuado desde la vía pública, como se cito con anterioridad.

Situación que considerando las condiciones climáticas, el periodo de explotación de dichas fuentes y la ubicación de las mismas dentro del cauce, siempre es adecuado contemplar la existencia de varios puntos adicionales donde se pueda obtener material con las características deseadas, puesto que hay situaciones como las generadas y presentadas por el río Parrita, donde los bancos identificados no todo el tiempo alcanzan a cubrir las

necesidades físicas o los volúmenes requeridos para completar la estructura por crear.

En caso de que las fuentes sean explotadas durante el periodo de lluvias, se genera el inconveniente de que las mismas no pueden ser alcanzadas, como consecuencia de los niveles del cauce.

En otros casos, y de acuerdo a las características del material extraído, se hace necesario un proceso de mezclado o contaminación del mismo con agregados o suelos más finos, con la finalidad de mejorar capacidades como el amarre de los elementos (cohesión) y la infiltración por ausencia de suelos arcillosos.

Etapa de construcción

Para dar inicio con esta parte del proyecto como tal, se asume que todo lo planeado en la parte de diseño como en las actividades previas ha sido contemplado y realizado de manera completa. Para ello se considera que las fuentes de extracción deben contar con los permisos correspondientes, tanto para su acceso como para su explotación, considerándose que es la principal preocupación de la empresa ejecutora de las obras, por cuanto esta actividad representa el principal rubro en la ejecución del proyecto.

Para la etapa constructiva se consideraron factores que se deben tener claros para iniciar con la ejecución, dentro de los que cabe resaltar los frentes de trabajo o sitios a intervenir y la delimitación de la distancia máxima de acarreo, la cual ha tenido como fundamento lo señalado por la normativa vial existente y aplicable en el país, distancias que no deberían de exceder los 15 kilómetros para no encarecer esta actividad y por ende el proyecto como un todo, de ahí la importancia de hallar fuentes de extracción con características adecuadas dentro de un radio de acción previamente establecido dentro del cartel.

La etapa constructiva desde una perspectiva del autor no debe de sufrir retrasos, por la falta de estudios o por condiciones que no se contemplan, se entiende que la misma no se realice por las condiciones climáticas.

Ubicación de los puntos de trabajo

Para esta sección los puntos en que se deben iniciar labores debieron ser determinados previamente por los resultados planteados en la etapa del levantamiento topográfico y relacionado directamente con lo definido en la parte de autorizaciones o expropiaciones según corresponda a las condiciones previamente analizadas.

Para el caso de la realización de cualquier proyecto y, en el caso del presente para poder dar inicio a las actividades de construcción, es necesario que se cuente con toda la información topográfica posible, la cual debe incluir datos como debida ubicación de las secciones, estacionamientos de conformidad a las condiciones del relieve del terreno natural y del mismo ancho de cauce, ya que las labores están estrechamente relacionadas con los datos de topografía y en casos de mayor avance con los datos de software como el HEC RAS que permiten las debidas modelaciones de las condiciones bajo las cuales puede trabajar la estructura a crear. Estas modelaciones, vienen a condicionar la ubicación de las estructuras y su altura, y de conformidad a esos datos y a las cargas proporcionadas se selecciona, las demás dimensiones de la estructura.

La ubicación de los puntos de trabajo está debidamente ligado a los análisis e interpretaciones que se les brinden a los datos de topografía, especialmente en aquellos aspectos donde se relacione el relieve o condiciones del sitio donde se vaya a establecer cada una de las estructuras. En el caso de este documento se pudieron aprovechar las imágenes que brinda el software de *Google Earth*, para resaltar la ubicación final que tendrían cada una de las estructuras y con la finalidad de que el lector del documento se hiciera una idea de las condiciones bajo las cuales se realizó el proyecto. Por cuanto en la mayoría de las ocasiones, el lector no logra asumir las condiciones que enfrentan, los pobladores de comunidades como Parrita, donde se debe de soportar niveles de agua superiores al metro de altura, en cada avenida máxima.

Verificación de la granulometría del material colocado

De conformidad con lo que se señala en las condiciones de diseño y lo que establezcan las debidas pruebas de laboratorio, los materiales por ser empleados deben ajustarse a una serie de requisitos para que la estructura trabaje de manera adecuada según los estudios previamente establecidos. Es a partir de estos datos que la granulometría es uno de los criterios básicos a cumplir, pero de igual manera es necesario que se ajuste a una serie de condiciones de campo, que para el caso del presente proyecto no se daban, debido a una serie de razones.

Entre las razones se han considerado las siguientes: no existía establecida una fuente de material fijo, razón por la cual no se podía contar con el uso de una criba para la selección del material requerido en cada etapa o proceso constructivo. En caso de poderse utilizar, material debidamente seleccionado, implicaría un aumento en los costos y, por ende, una mejora en las condiciones del sitio de extracción, el cual no aplica para esta situación debido a la legislación ambiental vigente, ya que como el material es proporcionado por el mismo cauce dicha normativa no permite el hecho de almacenar material en las fuentes de extracción.

En ese caso se debía de trasladar el material hasta otro sitio para la selección de la granulometría y de ahí al sitio de colocación, lo que genera un aumento considerable en los costos del material a utilizar en la obra.

Es por razones económicas principalmente que la selección del material por colocar sea revisado de manera visual y de conformidad con la experiencia del ente supervisor, caso de no realizarse de esta forma las longitudes o dimensionamientos de la estructura se verían afectados. Situación donde la granulometría de las especificaciones técnicas es fácil de manipular, o controlar. Con lo cual el mayor porcentaje del material por colocarse en obra se mantiene dentro de las condiciones granulométricas establecidas en el diseño.

Del mismo modo se presume que, de conformidad con el tipo o detalle de obra y las condiciones de trabajo, se requiere de un control mas preciso del material, haciendo cumplir de

manera efectiva lo señalado por los datos de laboratorio.

En condiciones de trabajo como en las que se desarrollan las presentes obras no es posible especificar datos de laboratorio, o estudios de capacidades de carga reales. Pero de acorde al comportamiento del cauce, se requiere que la mayor cantidad de material grueso sea colocado del lado húmedo, esto con la finalidad de evitar la erosión por velocidad de flujo de agua y al centro de la estructura un material mas fino con la finalidad de evitar los problemas de infiltración de los fluidos, así como de la erosión o arrastre de estos.

Para el caso de la sección de la corona se consideró que el material debe ajustarse a lo señalado en la normativa vial y cuyo agregado trate de ser inferior en lo posible a los 7,5 cm de grosor.

Verificación de las dimensiones de secciones construidas

De conformidad con la forma de contratación realizada para el desarrollo del proyecto, así será estimada la valoración de las dimensiones de las estructuras, razón por la cual se debería contabilizar con al menos dos cuadrillas de topografía, una perteneciente a la empresa constructora para que delimite la etapa constructiva específicamente emitiendo directrices como la cantidad máxima de material por colocarse, con la finalidad de permitir la debida compactación posterior.

Este equipo guiará al personal que se encarga de la etapa constructiva a cumplir con lo establecido en el diseño de la estructura, y funcionará, además, como ente de información importante para la empresa constructora en cuanto a datos de programación y duración de cada una de las actividades.

El segundo, equipo de topografía, debe ser parte de la unidad fiscalizadora de la obra y, por ende, se encargará de corroborar y avalar la información presentada por la empresa constructora, lo que involucra controles de avance, volúmenes colocados y, finalmente, si los datos son muy similares entre ambos equipos permitir el pago del trabajo realizado. Además este equipo puede hacer las correcciones necesarias a la empresa constructora, para que

las modificaciones de diseño sean aplicables en el campo de trabajo.

De acuerdo con las condiciones del terreno y los cambios de ubicación planteados durante la construcción, se pueden hallar variaciones en las cantidades de material colocado, como en el caso de la sección de Sitradique, donde la ubicación se varió durante el desarrollo de la obra, con la intención de no afectar a una serie de familias que se hallaban establecidas cerca de las estructuras viejas, lo que produjo que la base del andén se colocara en el lado de la laguna, situación que dificulta verificar las cantidades de material colocado, debido al asentamiento y la poca capacidad soportante del terreno natural.

Situación que puede ser estimada por ambos equipos, y de esta forma poder adecuar las modificaciones correspondientes al contrato inicial.

Mantenimiento de vías de acceso y rutas de acarreo

En el desarrollo del tema se involucra esta parte debido a que por tratarse de una zona rural donde más del 90% de las rutas se encuentran en lastre, se sabe que sufren de un deterioro más rápido en comparación con las vías de asfalto o concreto debido al arrastre de material, a la capacidad soportante y a las pendientes del terreno que no permiten un adecuado escurrimiento de las aguas.

Por otra parte, las condiciones de las rutas de acceso y de acarreo influyen directamente en los costos finales de la obra, afectando los tiempos de ejecución, además de generar daños al equipo, Por ello es necesario implementar un plan de mantenimiento para todas la vías por donde deba transitar el equipo de trabajo, debido a que en el desarrollo de proyectos con dimensiones como el presente los daños en las vías por cargas son considerados altos.

Para solventar esto se debe consultar al personal de la Unidad Técnica Vial del municipio correspondiente, en caso de ser una ruta de la red vial cantonal, o al CONAVI en caso de ser una ruta nacional, en cuanto a cuál es el plan de mantenimiento que se tiene asignado para estas

rutas, y cuál es la periodicidad con la que se le brinda el mismo. Esto se debe a que por las cargas y las condiciones de acarreo y del material, el deterioro de dichos caminos será de una manera más acelerada.

En el caso de no contarse con un plan de acción, se recomienda que al menos se brinde el mantenimiento señalado en la normativa vial para el tratamiento de caminos de lastre, o lo que se señale en los convenios de gobiernos locales con la KFW, donde se proporcionen conformaciones de la superficie de ruedo utilizando el equipo básico de nivelación y compactación y, en casos de mayor necesidad, bacheos mecanizados o relastre de toda la ruta.

Colocación y compactación del material en obra

A diferencia de muchos otros proyectos, el presente no maneja muchas tablas o cuadros como manera de reportar resultados, sino que se dedica a señalar los procedimientos seguidos por el equipo de trabajo para obtener cada una de las etapas constructivas, ya que el fundamento de estas obras se realiza con base en estudios anteriores, donde ya se han establecido dimensiones de secciones y se actualizan las modelaciones para datos más actuales.

Es por esta razón que para analizar el procedimiento de esta etapa se debe tener un conocimiento básico en el tema relacionado con materia vial, puesto que las condiciones bajo las cuales se pretenden realizar las labores, se relacionan directamente con la creación de sub-bases y bases para caminos. Específicamente en la conformación de capas, y la compactación de las mismas.

Debido a las magnitudes de la obra, la colocación del material se realizó colocando capas que superaran ligeramente el tamaño de agregado máximo permitido, y que a su vez permitiera alcanzar los niveles de compactación señalados en la parte de diseño.

El proceso a seguir, según las indicaciones del equipo de trabajo involucrado en el proyecto, era realizar la colocación de capas que no superaran los 40 centímetros, para lo cual el espesor y altura a alcanzar en cada bloque lo define el equipo de topografía que se encuentra

en campo. Una vez colocado el material por el equipo de acarreo, este es debidamente distribuido por un tractor de oruga, el cual tiene como finalidad dar un nivel adecuado y acondicionar el acceso para la siguiente colocación, la cual se deberá realizar por la superficie de material recién colocado con la finalidad de que el mismo equipo de acarreo brinde una compactación inicial a la estructura.

Una vez que se tiene por este sistema una longitud considerable, entra en función la labor del equipo de compactación para dar a la sección las condiciones señaladas en su fase de diseño. Este proceso es repetido continuamente hasta alcanzar la altura máxima establecida, la cual debe ser debidamente controlada por la topografía. Este proceso es repetido a lo largo de cada una de las secciones, prácticamente igualando las condiciones de la creación de una vía. De conformidad al diseño de la obra, se considera conveniente que, la cantidad y altura de material sean los adecuados a la necesidad de capacidad.

Puesto que en el caso de ser requeridos materiales más finos, o mayores capacidades de compactación, las capas a colocar deben de poseer un menor espesor, ajustándose a lo que se recomiende en una debida prueba de suelos para determinar la compactación máxima permitida por el agregado.

Conformación de dimensiones finales

La conformación final de cada estructura depende directamente de su función y de la sección por tratar, puesto que la relación o condiciones de los lados seco y húmedo no siempre serán las mismas, esto debido tanto a su relación de pendientes como a la granulometría del material por utilizar en cada una de estas partes.

Con base en esto se determina el tipo de equipo que se encargará de brindar el acabado final. Para el caso de las secciones construidas en las márgenes del río Parrita, el equipo encargado de estas funciones es una retroexcavadora (pala) la cual en este caso variaba entre una Caterpillar 220, y una Komatsu 200, esto para la conformación de los taludes y una niveladora FIAT-ALLIS y compactadora SD

100 INGEESOLLARAND para la corona de las mismas. El rendimiento se encuentra principalmente determinado por la experiencia del operador, ya que el equipo influye en el caso de ser antiguo, situación que no se da en el desarrollo de la presente obra.

Programación y ejecución de obras

Para poder definir esta parte, aquella persona que se interese deberá analizar a partir de qué punto iniciará la investigación del proyecto, ya que un análisis más adecuado conduce a adquirir información más actualizada sobre usos de suelo de la cuenca, factores a nivel de cambios ambientales, entre otros señalados en el cuadro 9. Algunos de estos estudios dependerán de la información recabada por parte de otras instituciones privadas o gubernamentales o de estudios de campo muy detallados. Tal es el caso de la determinación de los niveles de sedimentación que se generan en la cuenca año a año, especialmente por los problemas que se originan en las partes altas.

Dependiendo de las condiciones e información o estudios previos realizados en la cuenca es que se debe determinar la programación de las labores a realizar, puesto que si hay que iniciar con todos los estudios este proceso retrasaría considerablemente la ejecución de las actividades propias de la construcción.

Otra opción para agilizar la parte de diseño y de ahí la parte constructiva, es recurrir a las diferentes instituciones que se encargan de almacenar datos, con diferentes intenciones. Tal es el caso del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Instituto Meteorológico Nacional, el cual debe de mejorar el mecanismos de recolección de información, el Instituto Costarricense de Electricidad o algún otro ente institucional donde se logren encontrar registros de situaciones similares en años anteriores. Debe tomarse en cuenta que alguna información no tiene un acceso tan fácil como se piensa, debido a los intereses particulares de las diferentes organizaciones del Estado o privadas. Esto a pesar de que en la mayor parte de los casos es información pública.

Propiamente hablando de la parte constructiva de las estructuras se han considerado solamente las actividades que se señalan en el cuadro 10. Estas están dispuestas de manera general permitiéndose algunas variaciones dentro de cada una de las etapas, especialmente debido a que, de acuerdo a la época del año en que se realicen las funciones y a la ubicación de fuentes de extracción, se puede contar con una gran serie de inconvenientes, como es el retraso de la obtención de la materia prima.

Estas condiciones si no son consideradas al momento de determinar la duración de cada una de las actividades puede conducir nuevamente a inconvenientes como abandono de labores, costos de obra muy elevados, estructuras con secciones inadecuadas, longitudes menores.

Según la programación realizada por el autor, las actividades a ejecutar deben estar realizadas en su totalidad, pero aun hay tramos que no son concluidos debidos a problemas de planificación y a aspectos legales.

Plan de mantenimiento y monitoreo de secciones

Si bien es cierto que todas las obras son diseñadas para cumplir con una vida útil promedio, esta puede ser extendida si se logra brindar un mantenimiento continuo y adecuado a cada una de las secciones. Por ejemplo si habláramos del caso de un camino, al cual encontramos en un estado determinado, supongamos lastre, podríamos tener en un futuro tres opciones. La primera sería no darle un mantenimiento ni tratamiento a la estructura de camino por el resto de la vida, lo cual generaría que el trabajo hecho hasta esa fecha se perdiera y el camino se volviera de tierra o desaparezca, consecuentemente reduciendo la calidad de vida de los habitantes que lo utilizan.

Una segunda opción sería brindar reparaciones en aquellos puntos frágiles donde la estructura comience a dar muestras de falla. Con estas labores se asegura que al menos el camino soportará un tiempo mas antes de necesitar una reparación mayor, generando que las condiciones

de los habitantes no sean variables con respecto al inicio de las obras.

Y, finalmente, la tercera opción sería brindar un plan de mejoramiento donde la calle que es de lastre, pase a ser una calle con un tratamiento superficial, una superficie de asfalto, o de concreto en el mejor de los casos, a criterio del autor, por la durabilidad de la estructura, por el menor mantenimiento, por la reducción de costos de reparación a largo plazo. Con lo cual la calidad de vida y servicios de los vecinos del sector pueden mejorar.

De igual manera se comporta la estructura del dique y, por lo tanto requiere de una serie de actividades que garanticen tanto la vida útil como el funcionamiento correcto de la estructura. También necesita una serie de obras adicionales que le ayuden en su función y que a la vez le protejan de consecuencias adicionales. Es por eso que se han recomendado labores que van desde la simple vigilancia y mantenimiento hasta la inversión en la construcción de las alternativas que se mencionaron al inicio del estudio.

Con estas actividades se pretende garantizar al menos que las estructuras logran soportar embates de naturaleza similares y mejorar las condiciones de la cuenca baja para evitar problemas a futuro. En el caso de la vigilancia y mantenimiento es para asegurar que la estructura no ha sufrido pérdidas de sección en ningún sector, lo que garantiza al menos que su estructura se mantiene completa.

Otra actividad que se mencionó en los resultados es la parte de la siembra de algún tipo de follaje sobre las estructuras, la cual permita que se brinde una adecuada protección de los taludes, ayudando a evitar el proceso de erosión. Este tipo de cubierta debe tener como característica un crecimiento rápido, raíces de crecimiento medio y que el mismo se logre extender sobre las riberas del río de manera acelerada. Si se escoge este tipo de solución también se propone la idea de brindar un adecuado manejo forestal para la recuperación de las zonas de protección de toda la cuenca. Para lo cual se debe de involucrar a las personas y gobiernos locales que forman parte de la cuenca. Dicho plan pretende evitar que se generen altos niveles de escorrentía en las partes altas de la cuenca, lo que implica una reducción en el arrastre de sedimentos.

En cuanto a la extensión de las estructuras, estas se planean realizar con la finalidad de aumentar la zona de protección y de embalse. No obstante, esta extensión queda limitada a la capacidad de salida existente en el puente, sitio que es el punto más estrecho y el cual funge como condición de diseño. Se recomienda realizar una actualización de los estudios hidráulicos y condiciones del cauce para de esta manera poder compararlas con situaciones ocurridas en años anteriores.

El comportamiento del cauce a futuro define otras de las actividades, debido a que si este se acerca a las estructuras o se dirige más hacia una de las riberas, se deberá pensar en la construcción de obras como muros de gaviones, los cuales tienen como finalidad mantener la sección en puntos críticos, o la construcción de espigones los cuales tratan de evitar la erosión de las márgenes y de centrar las velocidades del agua del cauce, tratando de generar una deposición de material en la parte posterior de estos elementos.

Otro aspecto que se debe considerar como protección de las estructuras, sin que necesariamente implique labores sobre las mismas, son los trabajos que se realicen sobre las riveras del cauce aguas arriba. Esto incluye tomas de agua para riego, trabajos de extracción de material, acorazado de las márgenes, ya que estas labores pueden fácilmente alterar el comportamiento de las corrientes y hacer que el cauce principal sufra variaciones de consideración.

Como ejemplo de la función que desempeñan las secciones recién construidas, ante la presencia de un nuevo evento cuyo comportamiento generó valores de caudal inferiores a los datos de la modelación de diseño, es tal como lo muestran las fotografías aéreas señaladas en la sección de anexos.

Conclusiones

Toda obra constructiva, en especial este tipo de estructura, para su diseño requiere información de diferentes áreas, las cuales abarcan hidrología, geología, meteorología, y morfología.

Con ayuda de los elementos tecnológicos es posible brindar una idea al lector de las condiciones bajo las cuales deben laborar las secciones, tanto en sectores críticos aguas arriba de la sección delimitante como en la sección aguas abajo, igualmente se logra visualizar tridimensionalmente la cuenca en estudio.

Los análisis de condiciones extremas, al igual que los eventos extraordinarios, pueden generar una variedad de problemas en las capacidades de la estructura, así como información básica para el mejoramiento y obras nuevas.

En caso de contarse con elementos existentes, en sitio, es necesario realizar las valoraciones correspondientes en las capacidades de las estructuras para definir el tipo de labor a realizar, y determinar las cantidades de material a utilizar.

Se debe contar con un sistema de información histórica en los diferentes ámbitos de la ingeniería que se relacionaron en el presente estudio para analizar el comportamiento de las estructuras ante diversas situaciones y su reacción de respuesta. Este histórico ayudara significativamente a definir la obra o actividad a desarrollar.

En el caso de este tipo de obras se debe contar con fuentes de material adecuado como en el presente caso, donde los volúmenes requeridos no hagan variar los sitios de explotación, de manera significativa.

El agregado debe adecuarse a cada una de las etapas constructivas con la finalidad de que se cumpla con lo señalado en el plan de diseño, de ser posible el material a utilizar no debería de variar en más de un 5% de lo estipulado en su granulometría.

En el proceso constructivo hay elementos que definen muy claramente los tiempos de

ejecución de las obras, entre los cuales se pueden señalar: el acceso a las fuentes y su posibilidad de extracción, granulometría adecuada del material por colocar y, como el de mayor peso, el control de topografía sobre todo el proceso constructivo, ya que define ubicación, desarrollo y dimensión final de la estructura. De igual forma los sitios de explotación deben de contar con la autorización adecuada, en caso de que el acceso no sea por medio de vía pública.

Es imprescindible crear una conciencia ambiental y de protección en los pobladores de las comunidades que conforman la cuenca, para que se desarrolle un plan de control sobre los principales inconvenientes, así como para que se genere un programa de recuperación de la cuenca.

Debe considerarse un requisito asignar recursos al desarrollo de actividades que mejoren de manera significativa la calidad de las secciones creadas, así como la posibilidad de construir obra nueva que minimice el impacto que puedan sufrir estos elementos.

Las secciones actuales durante el proceso constructivo, fueron sometidas a prueba, durante el mes de octubre del año 2008 por la tormenta 16. Situación que resalta el buen funcionamiento y la capacidad de las obras, dado que se determinó una altura libre de 1,5 metros, entre nivel de agua máximo y la corona de la estructura, en estaciones cercanas a la sección del puente.

Estas nuevas secciones son determinadas, de acorde a la capacidad hidráulica de la sección del nuevo puente sobre la ruta nacional 34 ó Costanera Sur.

Las estructuras desarrolladas en el año de 1999 no poseían el dimensionamiento de diseño, y en algunos tramos las secciones eran inexistentes, por causas como: acomodo de partículas, tanto por sismos como por asentamientos por peso propio, y finalmente por la sustracción de material.

Las estructuras existentes al año 2008 agotaron la vida útil al presentarse la existencia de varios eventos atmosféricos, con periodos de retorno altos, en un lapso de tiempo inferior a un año.

De conformidad a los datos históricos *Alma* no es un evento común, dado que no siempre se cumplen con las características o condiciones para que se genere dicho evento. Los datos de caudal generados por este evento, y comparados con los datos presentados y registrados por los huracanes *Mitch* y *Cesar* son los que generan el caudal de diseño máximo, limitado a las condiciones del puente.

La información existente de la cuenca del Río Parrita es muy limitada, razón por la cual fue necesario indagar en diversas instituciones para actualizar algunos de los datos encontrados. Tal es el caso de los datos suministrados por el Departamento de Obras Pluviales del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Los estudios previos realizados por dicha institución así como la modelación de la cuenca por medio del software HEC-RAS son determinantes en la decisión para la ubicación de las nuevas secciones, ya que se aprovecha la materia prima de las antiguas estructuras. Los datos de diseño en dimensiones siguen relacionados a la capacidad de salida del caudal en la estructura del puente.

De haberse variado la ubicación de dichos elementos, con respecto a la posición anterior, habría implicado el proceso de expropiación, situación que posiblemente habría postergado la conclusión de las obras tal y como ocurre a la fecha con el tramo de Pueblo Nuevo.

A criterio del autor no necesariamente el material utilizado se ajusta a las condiciones señaladas en el cartel de licitación o a lo indicado en el diseño de la sección típica recomendada. Por cuanto en algunos tramos se requería realizar el mezclado de materias primas para alcanzar empíricamente, niveles de cohesión adecuados de la estructura.

El incumplimiento de características básicas en la construcción de las secciones se encuentra estrechamente ligada a puntos como fuente y proceso de extracción del material requerido en las diferentes etapas constructivas, la restricción y selección de material idóneo, a la falta de equipo adecuado, principalmente en la clasificación de la granulometría de la materia prima, y a la improvisación por parte de las

autoridades e instituciones involucradas en el proceso.

Cada etapa constructiva requiere de una estricta supervisión, para verificar la calidad de las obras finales y su función.

La programación de las obras debe de estar acorde con las condiciones del sector de la obra, por cuanto la duración del proyecto se encuentra debidamente ligada a las condiciones de caminos, fuentes de extracción, permisos de paso por propiedades privadas, e inclusive al proceso de expropiación de tierras para la ubicación final de los elementos.

Los diques no son una solución definitiva, para los problemas de inundación de Parrita, dado que es necesaria la implementación de otros elementos y obras, junto a una aplicación estricta de la normativa existente. Por tanto las secciones levantadas se encuentran limitadas a condiciones específicas en cuanto a capacidad de almacenaje y volumen máximo de diseño.

Elementos que pueden ser superados en caso de existencia en un evento extraordinario que supere el periodo de retorno de diseño, debido especialmente al cambio climático, lo cual puede generar daños a otras comunidades o alterando las condiciones de la estructura recién construida.

Es necesario evitar el asentamiento humano a toda costa en zonas de alto riesgo, función que es totalmente de administración y control del gobierno local.

La falta de registro, así como la poca información existente de los problemas que generan las cuencas en nuestro país, hacen que en estudios como este se generen altos niveles de incertidumbre y por ende variaciones significativas en los resultados esperados.

Los depósitos de sedimentos posteriores al paso de eventos máximos generan variaciones en la ubicación del cauce principal, situación que se afecta de manera directa la función y comportamiento de los diques y sus obras complementarias.

En obras de gran envergadura e inversión como las señaladas en este trabajo no debe ser permisible tanta improvisación, y por ende es requerida la verificación de la granulometría de manera técnica, y no basada en la experiencia del ente supervisor o constructor.

Recomendaciones

Las siguientes son recomendaciones derivadas de la experiencia de desarrollar el presente proyecto:

1) Mantener un mejor registro de los niveles y caudales máximos alcanzados durante el paso de eventos extremos o con características especiales. Esto podría implicar la instalación y mantenimiento de estaciones en puntos estratégicos dentro de las cuencas de mayor problemática o de mayor interés.

2) Brindar un adecuado plan de control e inversión sobre las estructuras existentes, así como ejecutar alternativas que mejoren las condiciones de los elementos presentes. Esto puede lograrse generando planes de inversión de mantenimiento rutinario para las partes que funcionen como vías.

3) Velar porque las zonas de protección se mantengan como tales y se evite el desarrollo urbano sin control alguno o la construcción ilegal en zonas de riesgo. Esta puede ser una tarea que la municipalidad respectiva tome para sí.

4) Realizar estudios de sedimentación sobre la cuenca del río Parrita para determinar las variaciones en los niveles de piso del cauce y de esta manera poder estimar las condiciones bajo las cuales deben trabajar las secciones en años futuros.

5) Asignar el desarrollo de proyectos relacionados con este campo, estableciendo como necesidad la protección de los centros urbanos. También deben realizarse estudios de obras o actividades que mejoren el desempeño de las labores.

6) Facilitar o adaptar la normativa vigente en materia ambiental, de manera tal que las instituciones públicas, específicamente los municipios, puedan explotar los materiales transportados por el cauce para el mantenimiento de vías de lastre, o para crear nuevas obras que protejan y mejoren la calidad de vida de los habitantes. Lo anterior acatando las disposiciones que las instituciones responsables de la parte ambiental establezcan.

7) Generar una política de recuperación de las partes altas de las cuencas que generalmente presentan este tipo de problemática, e irlo trasladando aguas abajo, para finalmente contar con una cuenca reforestada, lo cual reduciría los problemas de escorrentía y por ende el arrastre de material.

8) Gastar más recurso en procesos de investigación y análisis, que realizar o ejecutar labores sin las condiciones adecuadas en la etapa constructiva y por ende tener que improvisar soluciones no permanentes.

9) Actualizar a nivel nacional los estudios hidráulicos de la cuenca del Río Parrita, así como de las demás cuencas del país que generan la misma problemática en otros sectores.

10) Aplicar la normativa ambiental así como la ley de construcciones a lo largo y ancho de toda la cuenca, con el fin de ir minimizando los efectos en la llanura aluvial.

11) Generar un plan de mantenimiento específico a cada uno de los elementos construidos, así como asignar recursos para realizar dichas actividades.

Apéndices

1. Ubicación de las secciones con imagen de Google Earth.
2. Fotografía del mantenimiento de vías de acarreo.
3. Fotografía de Estado de Rutas de Acarreo.
4. Fotografía Levantamiento de sección típica caso margen derecha.
5. Fotografía de equipo de trabajo en fuente de material.
6. Fotografía de las condiciones de las rutas de acceso a fuentes de extracción, después de unas horas de uso.
7. Fotografía aérea de Sitradique con las secciones anteriores, mayo 2008.
8. Fotografía aérea de Sitradique con las secciones anteriores, mayo 2008.²³
9. Fotografía aérea de Parrita Centro con sección actual, octubre del 2008.
10. Programación de las actividades a ejecutar.

²³ Algunas de las imágenes son cortesía de Diario Extra, otras son tomadas por el Autor.

Anexos

1. Planos de levantamiento topográfico realizado por el MOPT para ubicación de secciones.
2. Secciones topográficas existentes vrs. Sección propuesta en margen derecha.
3. Secciones topográficas existentes vrs. Sección propuesta en margen izquierda.
4. Modelación de parte de la cuenca baja del Río Parrita con software HEC-RAS.
5. Fotografía aérea del centro urbano de Parrita.
6. Estacionamientos y ubicación de las secciones recién desarrolladas.
7. Resumen del cartel de licitación para la construcción de los diques.
8. Especificaciones técnicas del equipo recomendado a utilizar.

Referencias

- Asociación Costarricense de Geotecnia, **Código de Cimentaciones de Costa Rica**. 2 ed. Costa Rica: Editorial Tecnológica. 171p.
- Faustino, Jorge. **Gestión y Manejo de Cuencas Hidrográficas CATIE**, Departamento de Recursos Humanos y ambientales. Turrialba, C.R. 2004.
- Bergoing Jean Pierre (1998). **Geomorfología de Costa Rica**. Costa Rica: Instituto Geográfico Nacional.
- Chow, Ven Te (2000). **Hidrología Aplicada**. Mc Graw Hill.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2002). **Código Sísmico de Costa Rica**. Costa Rica: Editorial Tecnológica.
- Cortés Abdón L. Y Malagón Dimas, 1984. **Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples**. Colombia: Universidad de Bogotá.
- Craig, F. Robert (1976). **Mecánica de Suelos**, México: Editorial Van Nostrand S. A.
- Denyer Percy y Kussmaul Siegfried, 2000. **Geología de Costa Rica**. Costa Rica: Editorial Tecnológica.
- Especificaciones Generales para Caminos Carreteras y Puentes**, CR 2002
- Instituto Meteorológico Nacional. 2008 **Boletín Meteorológico**. Mario Sánchez. 17p.
- Instituto Meteorológico Nacional. 2007 **Boletín Meteorológico**. Mario Sánchez. 20p.
- Martín, Juan (2003). **Ingeniería de Ríos**. Mc Graw Hill.
- MOPT. Unidad de Obras Fluviales **Plan de Manejo de la Llanura Aluvial del Río Parrita**.
- Novak, P. y otros, (2001)- **Estructuras Hidráulicas**. Mc Graw Hill
- Piedra, Alonso (2006). **Estudio de factibilidad para el diseño de un canal de alivio en el río Matina**. Tesis Universidad de Costa Rica 124p.
- Pizarro, F. (1985) **Drenaje Agrícola**. España: Editorial Agrícola Española.
- Rodríguez L.E, 1983 **Estudio Hidrológico, Cuenca del Río Candelaria**, Informe de Práctica de Especialidad. ITCR.
- Resource Consultans (1999). **Estabilidad de Cauces y Socavación en Puentes**. LANAMME.
- Villón, Máximo (2001). **Hidrología Estadística**. Costa Rica: Editorial Tecnológica.
- Villón, Máximo (2002). **Hidrología**. Costa Rica: Editorial Tecnológica.
- Villón, Máximo (2003). **Diseño de Estructuras Hidráulicas**. Editorial Tecnológica, C. R.
- Denyer, P., Montero, W. y Alvarado, G. (2003). **Atlas Tectónico de Costa Rica**. Ed. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Lobo, Edwin. **Modelación de la cuenca baja del Río Parrita**. Programa Hec Ras, Parrita SENARA. Comunicación personal.

APÉNDICE 1

Ubicación de las secciones con imagen de Google Earth.

APÉNDICE 1



APÉNDICE 2



Fotografía del mantenimiento de vías o rutas de acarreo.

APÉNDICE 3



Fotografía de Estado de Rutas de Acarreo.

APÉNDICE 4



Fotografía Levantamiento de sección típica caso margen derecha.

APÉNDICE 5



Fotografía de equipo de trabajo en fuente de material.

APÉNDICE 6



Fotografía de las condiciones de las rutas de acceso a fuentes de extracción, después de unas horas de uso.

APÉNDICE 7



Fotografía aérea de Sitradique con las secciones anteriores, mayo 2008.

APÉNDICE 8



Fotografía aérea de Sitradique con las secciones anteriores, mayo 2008.

APÉNDICE 9



Fotografía aérea de Parrita Centro con sección actual, octubre del 2008.

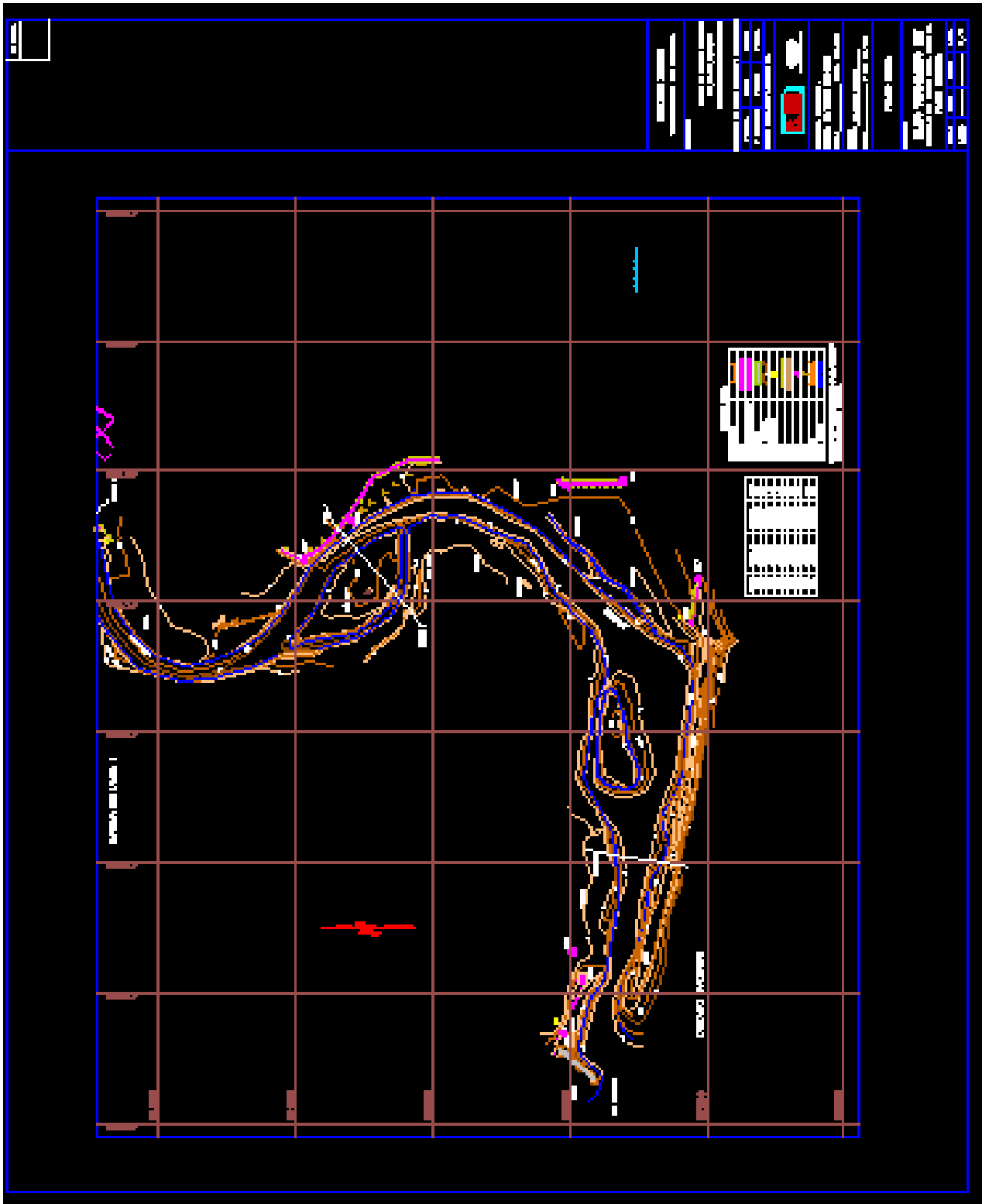
APÉNDICE 10

Programación de las actividades a ejecutar.

[APENDICE 10 DIQUE PROGRAMACION.mpp](#)

ANEXO 1

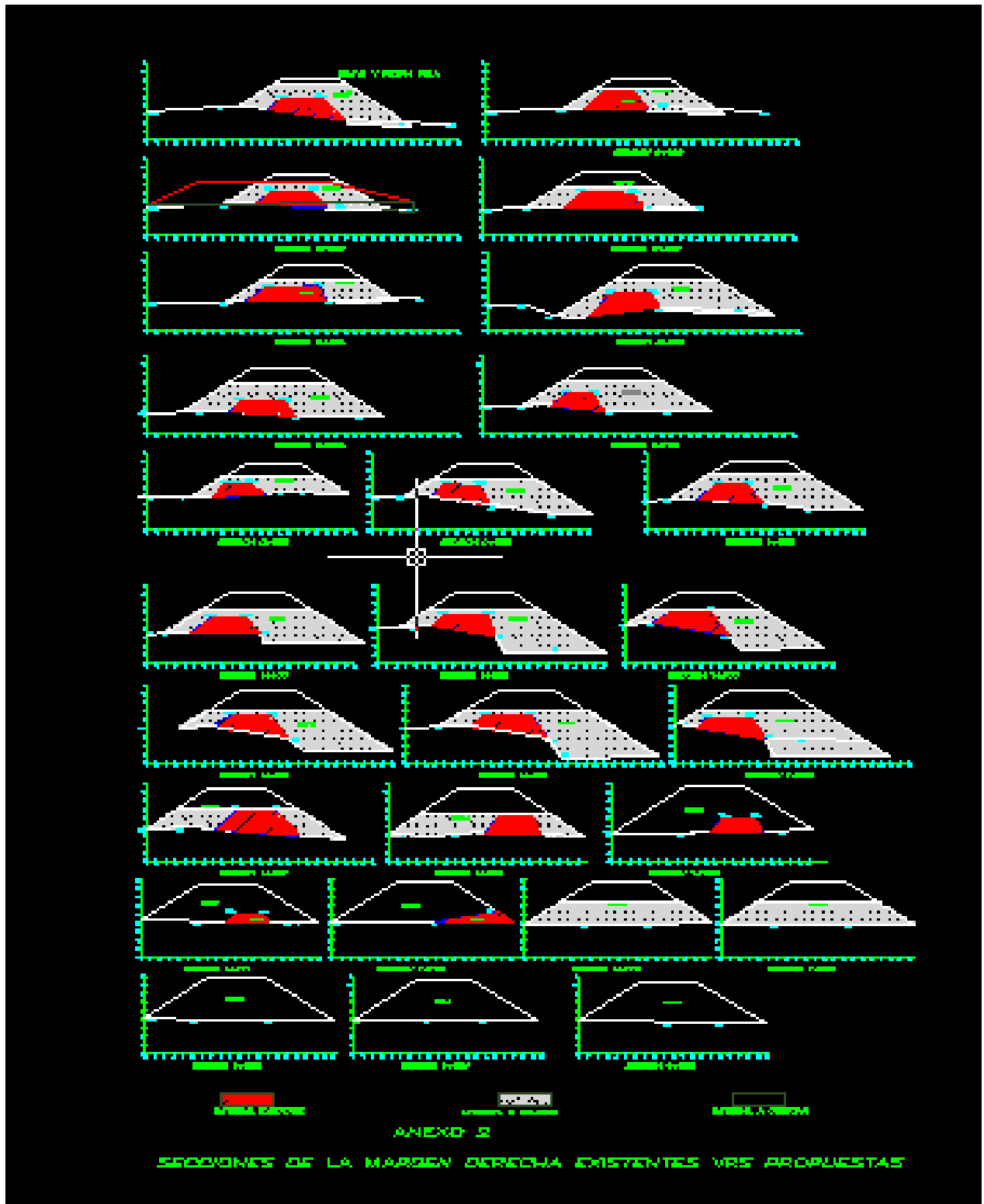
Planos del levantamiento topográfico realizado por el MOPT para ubicación de secciones.



[anexo 1b.dwg](#)

ANEXO 2

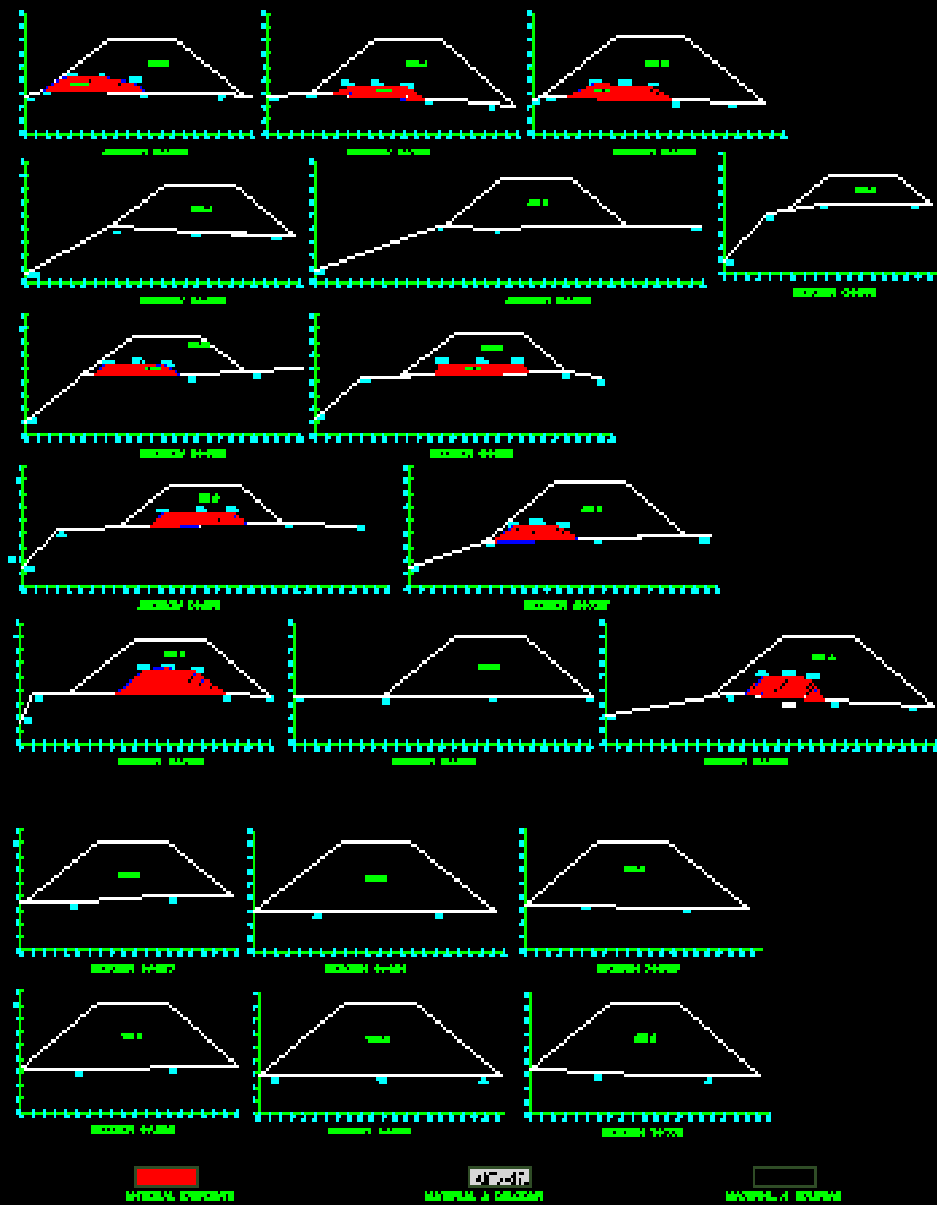
Secciones topográficas existentes vrs sección propuesta en margen derecha.



[anexo 2.dwg](#)

ANEXO 3

Secciones topográficas existentes vrs sección propuesta en margen izquierda.



ANEXO 3

SECCIONES DE LA MARGEN DERECHA EXISTENTES VRS PROPUESTAS

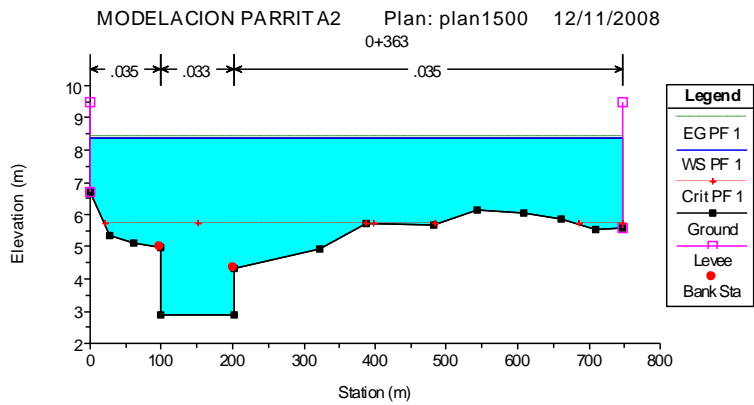
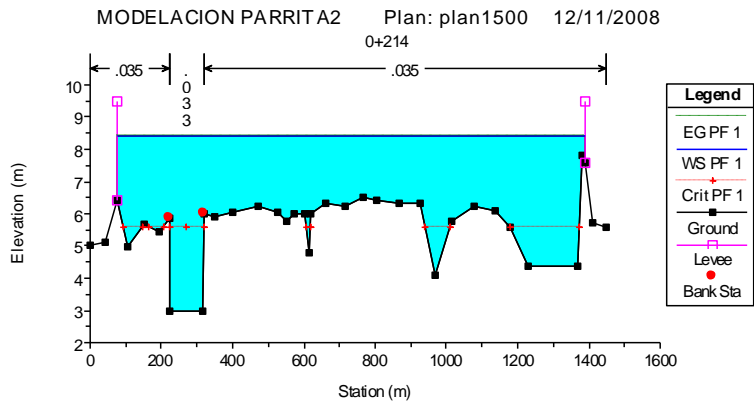
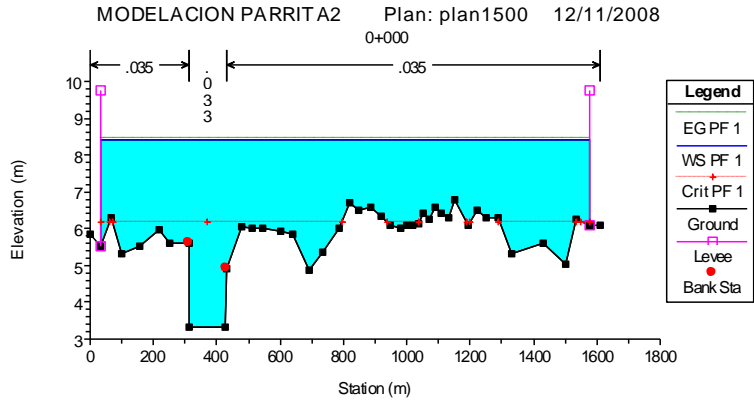
NOTA:
 1) SE TRABAJA EN METROS, LAS DISTANCIAS SON DECIMALES DEL METRO EN FORMA
 DE PUNTO EN LA DERECHA PORQUE SE TRATA DE UN MATERIAL A QUITAR
 2) SE USA UN TIPO DE MATERIAL A QUITAR PARA DIFERENCIAR EL MATERIAL EXISTENTE
 3) SE USA OTRO TIPO DE MATERIAL A PONER PARA DIFERENCIAR EL MATERIAL A PONER

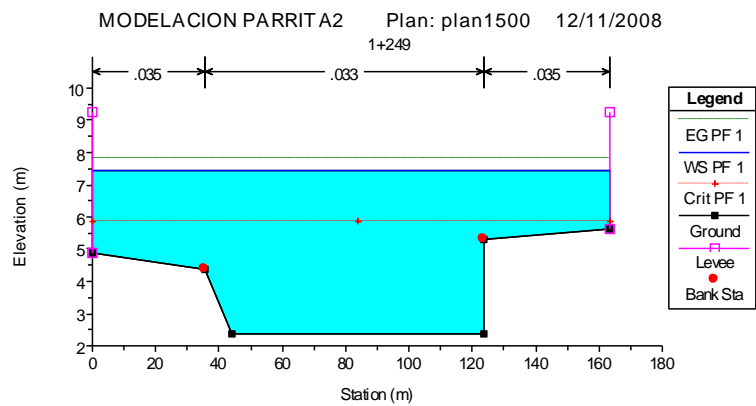
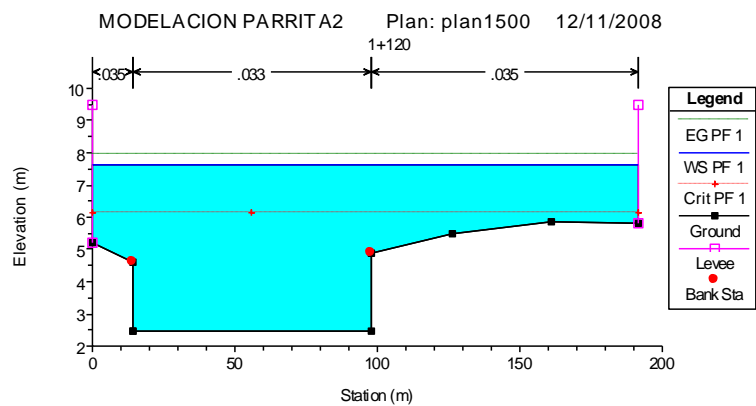
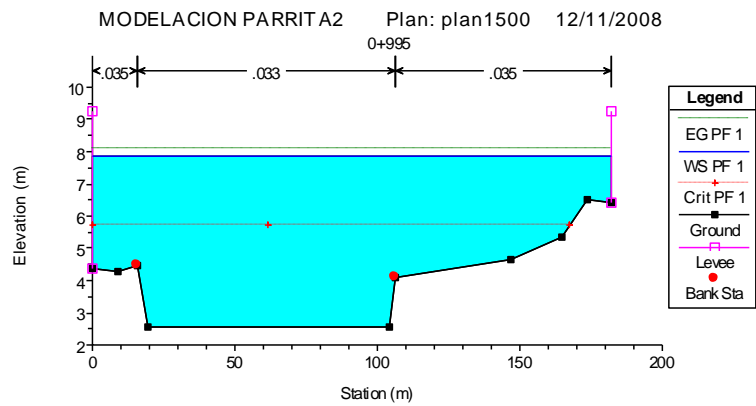
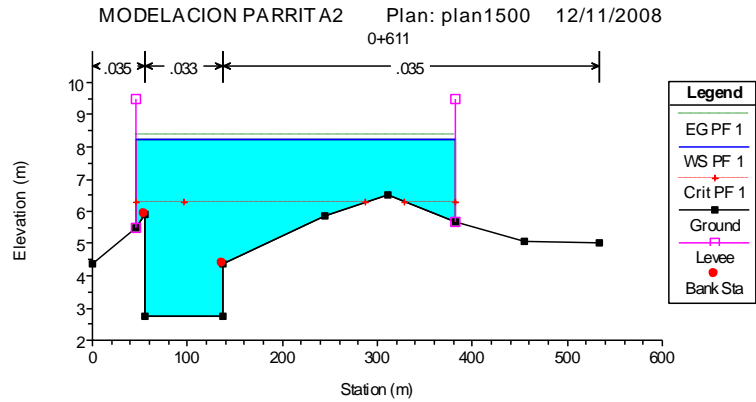
ANEXO 4

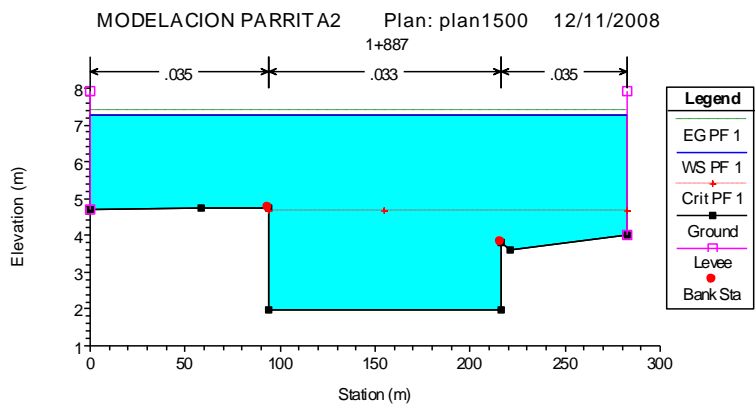
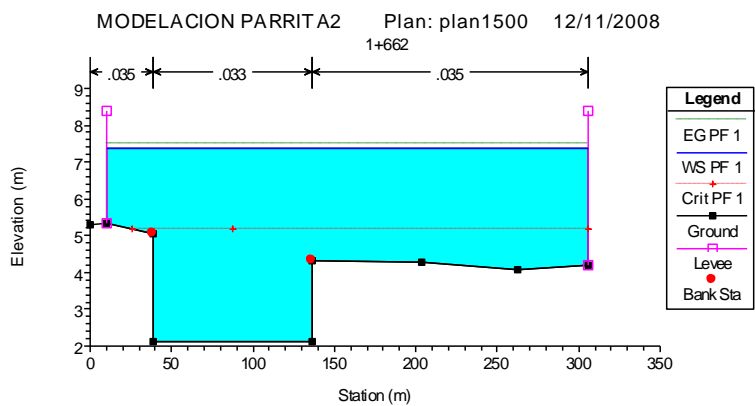
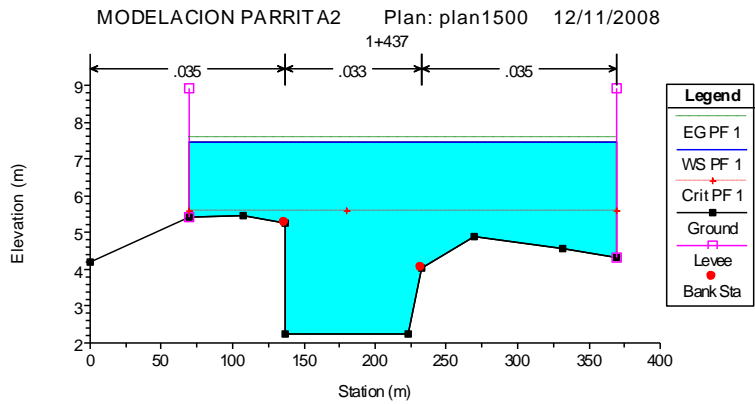
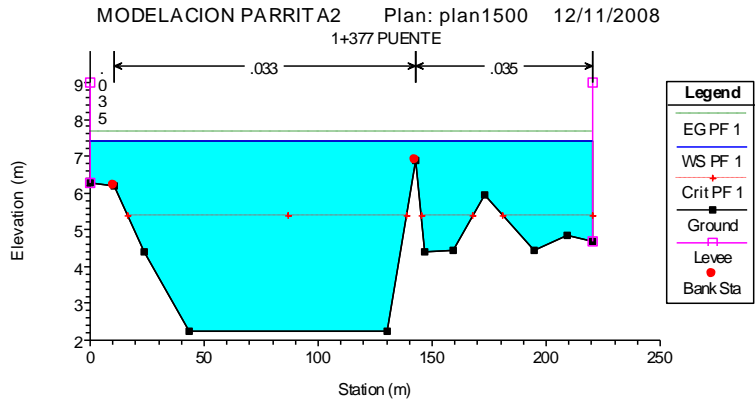
Modelación de parte de la cuenca baja del Río Parrita con software HEC-RAS.

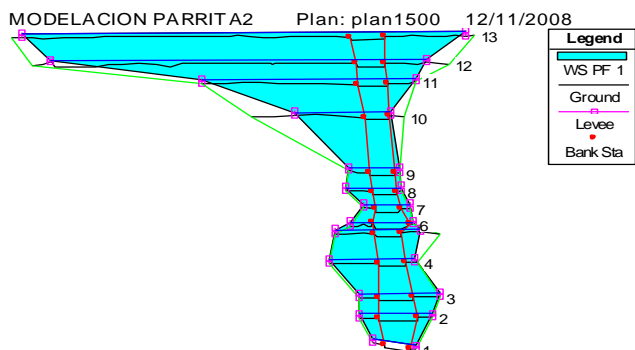
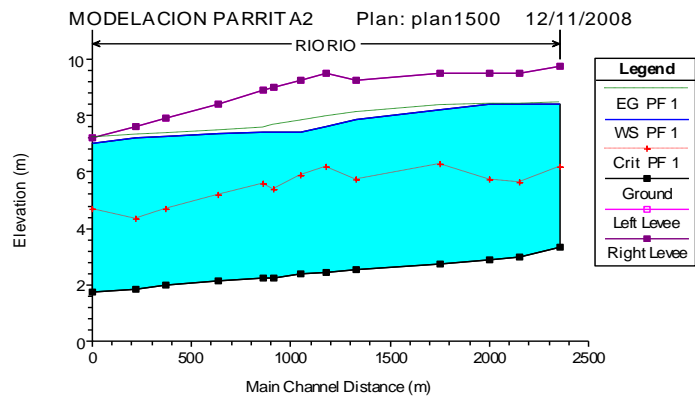
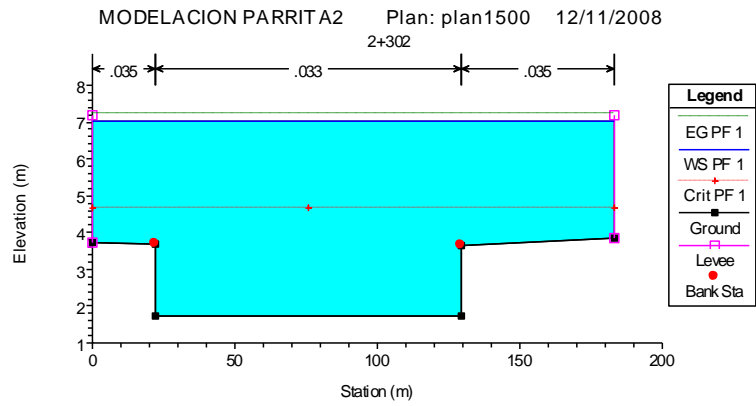
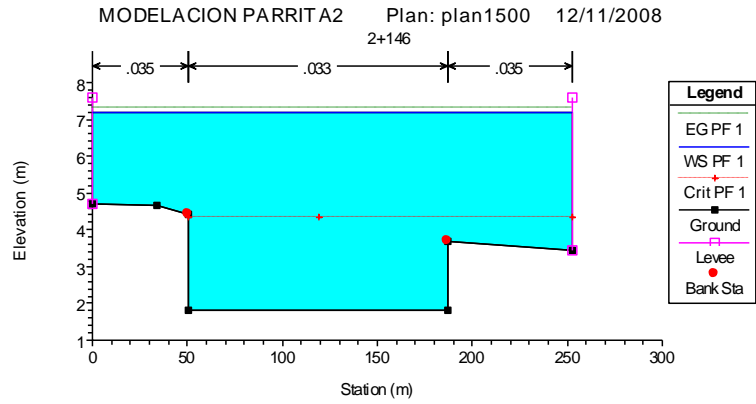
ANEXO 4

Modelación de parte de la cuenca baja del Río Parrita con software HEC-RAS. Realizada por el Ing. Edwin Lobo de SENARA.









ANEXO 5

Fotografía aérea del centro urbano de Parrita

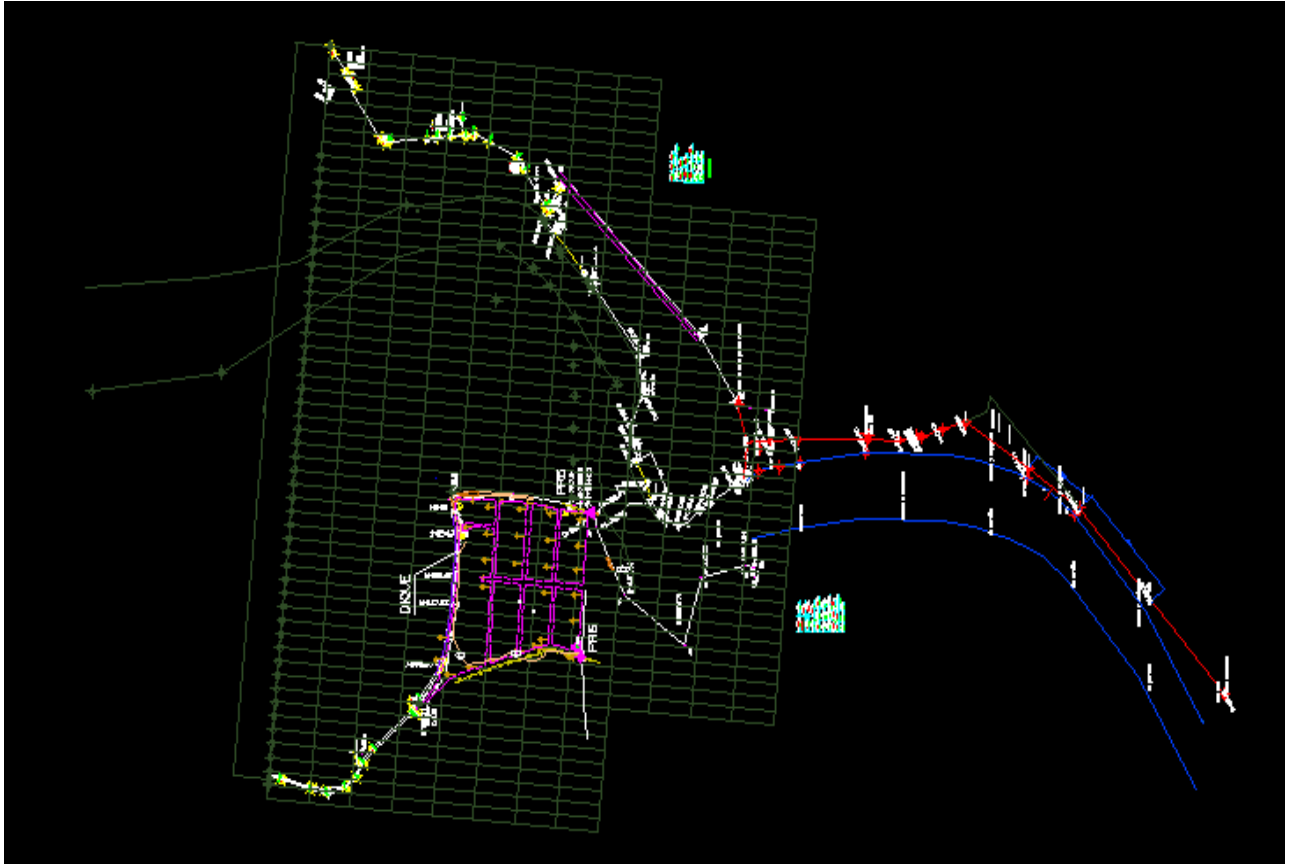
ANEXO 5



Fotografía aérea del centro Urbano de Parrita, tomada del programa cosmos

ANEXO 6

Estacionamientos y ubicación de las secciones recién desarrolladas.



[ANEXO 6.dwg](#)

ANEXO 7

Resumen del cartel de licitación para la construcción de los diques



**COMISIÓN NACIONAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y ATENCIÓN DE
EMERGENCIAS
(C.N.E.)**

**PRESENTAN LOS SIGUIENTES
TÉRMINOS DE REFERENCIA**

**CONTRATACION POR EMERGENCIA No 34-2008
DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE
PROTECCIÓN EN LAS MÁRGENES
DERECHA E IZQUIERDA DEL RÍO PARRITA.**

**Provincia de Puntarenas
Cantón de Parrita
Distrito Parrita
Comunidades de Parrita, la Julieta y Pueblo Nuevo**

INVITACIÓN

DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN EN LAS MÁRGENES DERECHA E IZQUIERDA DEL RÍO PARRITA.

La Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (C.N.E.) invita a los oferentes inscritos como tales en el Registro de Proveedores de la C.N.E. a participar en esta contratación Por Emergencia N°34-2008.

Los oferentes podrán obtener información adicional, revisar los documentos y adquirirlos en la Proveeduría de la C.N.E., a partir del 14 de marzo del 2008. La adquisición de los documentos tiene un valor de mil colones, no reembolsables, que se depositarán en la Tesorería de la C.N.E., previo al retiro del cartel.

Las ofertas deberán presentarse en sobre cerrado en original y tres copias, indicándose claramente el nombre del proyecto, fecha y hora de apertura y nombre del oferente, el 31 de marzo a las trece horas, en la siguiente dirección:

Pavas, San José, 200 Norte del Edificio Terminal del Aeropuerto Tobías Bolaños, Departamento de Proveeduría.

Luego de la hora fijada se procederá a la apertura de las mismas en presencia de los interesados que tengan a bien concurrir a este acto.

JUSTIFICACIÓN :

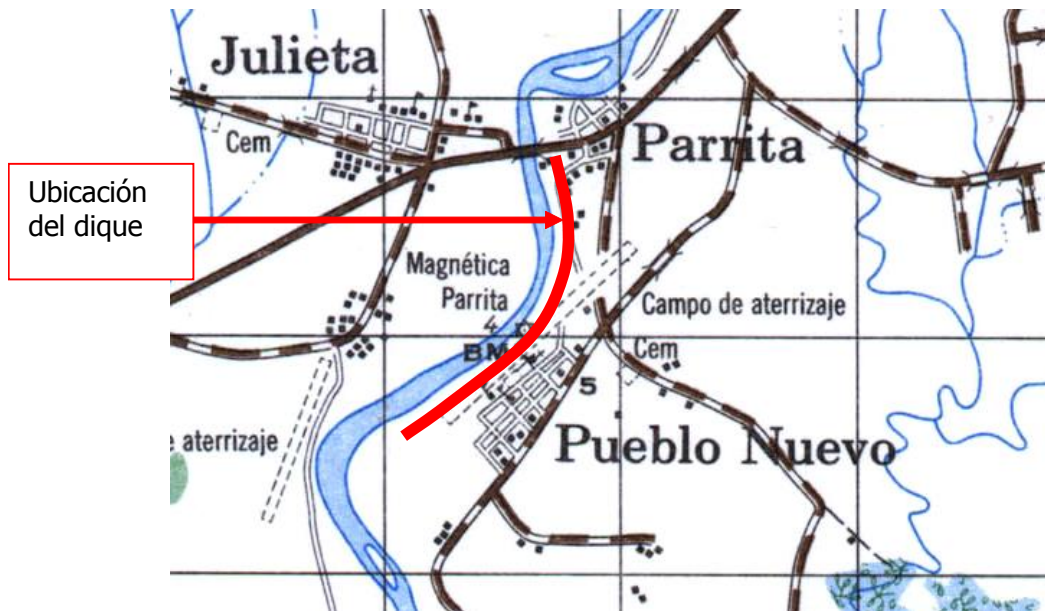
A raíz de los efectos causados por las lluvias provocadas por las tormentas tropicales acaecidas durante el año 2007, las obras de protección existentes en las comunidades de Parrita, La Julieta y Pueblo Nuevo han sufrido serios daños que las han sacado de operación y además ha quedado en evidencia su carácter insuficiente para proteger a las poblaciones mencionadas de las crecidas del río Parrita.

Estas acciones evitarán las recurrentes inundaciones que han sufrido estas comunidades.

DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA OBRA A CONTRATAR:

Dique de Pueblo Nuevo:

Diseño y construcción de un dique perimetral en margen derecha en el río parrita desde el puente en construcción sobre el mismo río hasta un punto aguas abajo situado a aproximadamente 1420 m.



Dique de parrita

Se trata de un dique antiguo muy dañado tanto por la erosión como por el terremoto de Damas de 2004, con altura insuficiente, corona insuficiente y filtraciones importantes a todo lo largo de dique.

En esta oportunidad se trata de reconstruirlo con una sección transversal mucho más competente y unas calidades geotécnicas mucho mayores.



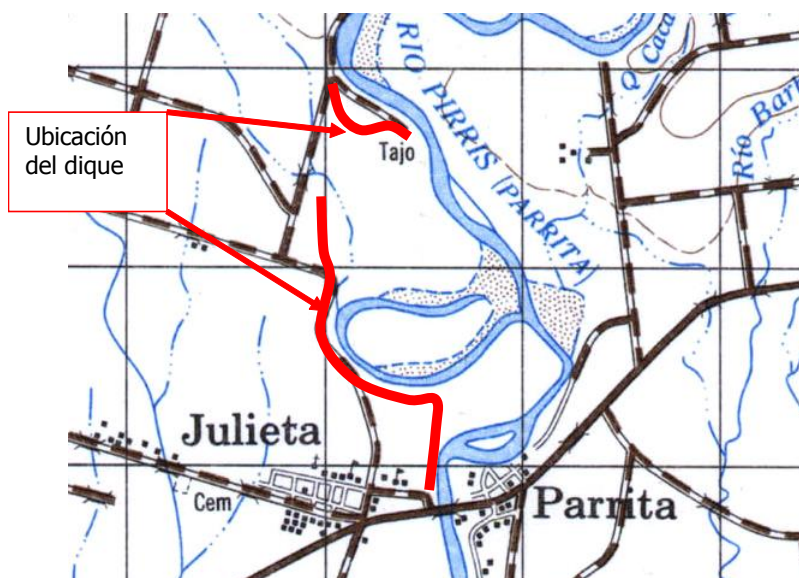
Ampliación dique de Parrita:

El dique de Parrita además de ser insuficiente en su constitución lo es en su dimensión, en días recientes ha sido construido un apilamiento de material a modo de dique, este apilamiento vale la pena complementarlo, ya que el espacio abierto ha permitido tradicionalmente el flujo de una importante masa de agua que interrumpe el paso por la Ruta Nacional N° 34 y pone en peligro la bomba de agua del acueducto de Parrita.



Mejoras dique de Sitradique:

Se trata del dique de Sitradique, dique muy antiguo con deficiencias estructurales y geométricas que además fue muy afectado por el terremoto de Damas de 2004, presenta importantes diferencias de nivel y filtraciones.



3. CONDICIONES GENERALES

CONTRATACION POR EMERGENCIA No.34-2008 “DISEÑO GEOMÉTRICO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN EN LAS MÁRGENES DERECHA E IZQUIERDA DEL RÍO PARRITA.

El precio debe incluir el suministro de todos los materiales necesarios, así como el equipo, mano de obra, servicios de transporte, prestaciones sociales y cualquier otro rubro que sea necesario para entregar la obra en forma completa, correcta y de acuerdo con las especificaciones técnicas e instrucciones del Ingeniero Inspector asignado y demás documentos contractuales.

Los precios que contenga la oferta pueden cotizarse en cualquier moneda, pero el pago se hará en colones de conformidad con lo dispuesto por la legislación vigente. Cualquier nota de descuento deberá estar debidamente incorporada en la oferta en forma impresa, de lo contrario no será tomada en cuenta para efectos de calificación, pero si de precio en caso de resultar adjudicatario.

Los precios ofrecidos serán obligatorios, por cada trabajo específico solicitado, con precios unitarios y totales, debiéndose indicar a la vez el monto total de la oferta. Los precios se entenderán firmes, definitivos e invariables.

La forma de pago se hará de acuerdo al procedimiento utilizado por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. La C.N.E. cancelará únicamente el trabajo efectivamente realizado.

La C.N.E.. podrá autorizar a la sociedad civil organizada por medio de asociaciones o agrupaciones de vecinos, así como los comités municipales y comunales de emergencia, a fiscalizar el buen uso de los recursos asignados a la contratación; para ello designará oficialmente a la organización que podrá realizar esta labor. Por lo tanto el oferente debe manifestar expresamente en su oferta que conoce esta situación y acepta que esta fiscalización se lleve a cabo.

La Unidad Ejecutora y la Contraloría de Unidades Ejecutoras de la C.N.E. podrán verificar, mediante los medios y pruebas que consideren idóneos y en el momento que estimen necesario, el cumplimiento de los requisitos de calidad de la obra, establecidos en el cartel, así como la verificación de que los trabajadores que laboran estén inscritos en la C.C.S.S. y estén cubiertos por la póliza del I.N.S.

El oferente debe presentar un certificado de que está inscrita en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, así como el ingeniero constructor responsable de la obra, así como del ingeniero topógrafo.

Cuando por condiciones imprevisibles se requiera tramitar Ordenes de Modificación al contrato original, las mismas no deberán exceder el 3% del monto de la Orden de

Compra. Salvo los casos excepcionales que deberán ser debidamente justificados y aprobados por la Presidencia de la C.N.E.

4. CONDICIONES TÉCNICAS

Se hará una visita de pre-oferta saliendo de la Municipalidad de Parrita el día martes 25 de Marzo de 2008, a las 11:00.horas a los sitios de trabajo para que los oferentes comprendan el alcance, la naturaleza y condiciones del trabajo, esta visita de preoferta es de carácter obligatorio y la ausencia a ella inválida la oferta.

En caso de requerirse caminos de accesos a los bancos de préstamo o a las obras, estos deben de ser considerados por el oferente en el precio unitario ofertado, de tal forma que la CNE no reconocerá ningún pago por este fin.

No se reconocerá remuneración por causa de mal tiempo (tiempo perdido), fallas mecánicas u otra condición ajena al contratista. Para ello se podrá ampliar el plazo de ejecución, siempre y cuando se justifique adecuadamente y existan las autorizaciones respectivas por parte del ingeniero de proyecto con justificación detallada de cada día perdido.

El personal que el contratista destine al proyecto, en calidad de operarios deberá ser de mucha experiencia, de forma tal que permitan la optimización de los trabajos que se ejecutan.

La obra estará bajo la supervisión y dirección técnica del Ingeniero Inspector asignado por la Unidad Ejecutora y bajo la fiscalización de los ingenieros de la Contraloría de Unidades Ejecutoras de la C.N.E., quienes en forma conjunta dirigirán y definirán el procedimiento de trabajo y los controles respectivos.

Las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes, CR-1977 del MOPT, forman parte de este cartel.

El encargado de la obra por parte de la empresa adjudicataria deberá acatar las órdenes brindadas por el Ingeniero Inspector asignado por la Unidad Ejecutora y por el Ingeniero Fiscalizador de la C.N.E. La falta de cumplimiento de las órdenes, las especificaciones y recomendaciones técnicas podrán hacer que se solicite el inmediato retiro del encargado de la obra, o bien iniciar el proceso de resolver el contrato.

El equipo a utilizar en el proyecto deberá estar en excelentes condiciones de funcionamiento y será responsabilidad del contratista velar por el buen funcionamiento del equipo puesto para la ejecución del proyecto.

En caso de requerirse maquinaria, la C.N.E. pagará, para aquellos suministros de maquinaria claramente establecidos, únicamente las horas efectivas. Para ello el control

del tiempo de la maquinaria se llevará mediante el uso de odómetros mecánicos. En caso de que la maquinaria cuente con odómetro de tipo eléctrico o si no cuenta con este dispositivo o si se encuentra en mal estado, al total de horas trabajadas se le aplicará el factor 0.83 para obtener las horas efectivas

El plazo de entrega máximo del proyecto será de 120 días calendario, contados a partir de la fecha de la orden de inicio.

En caso de que el adjudicatario no ejecute los trabajos en el plazo señalado, se aplicará una sanción pecuniaria de un tres por mil (3/1000) del monto del contrato por cada día natural de atraso, hasta un 250 % del valor contratado. Estas multas se descontarán de las estimaciones pendientes de pago.

La CNE podrá aumentar o disminuir las cantidades establecidas en este cartel de acuerdo a los mejores intereses del proyecto, de forma tal que las cantidades finales serán aquellas que arroje el diseño geométrico, prevaleciendo siempre el interés público.

La CNE no cancelará horas máquina que no hayan sido previamente autorizadas por el ingeniero fiscalizador acreditado al proyecto.

En el equipo técnico de la empresa oferente se deberá incluir un ingeniero civil o en construcción colegiado quien será el director del proyecto por parte del contratista y un ingeniero Topógrafo debidamente colegiado el cual deberá estar al servicio del proyecto y ejecutará aquellas tareas que, como parte de las acciones necesarias para la buena marcha del proyecto, le asignará la Unidad Ejecutora por su propio criterio o por solicitud de la Contraloría de Unidades Ejecutoras.

Las estimaciones de obra para efectos de pago se realizarán cada dos semanas o a plazos mayores según acuerden el Adjudicatario, la Unidad Ejecutora y el Ingeniero fiscalizador de la CUE. El ingeniero civil o en construcción designado por el contratista certificará en cada estimación la calidad de Los materiales y los procesos constructivos.

El adjudicatario presentará a la Unidad Ejecutora los sustentos técnicos necesarios para tal efecto, quienes una vez revisados los soportes técnicos del cobro y aprobado el pago remitirán su informe a la CNE.

La CNE no atenderá reclamos por volúmenes extra colocados por el contratista por ninguna razón, ya sea por hundimiento de las capas iniciales del cuerpo del dique o por la construcción de caminos de acceso o por la causa que fuere; en caso de que situaciones hipotéticas como las dadas de ejemplo se presentaren ellas serán responsabilidad únicamente del contratista, quien estará obligado a conocerlas de antemano e incluir las erogaciones producto de tales situaciones en sus estructuras de costos.

Queda claro y entendido que las cantidades contratadas son aproximadas, que estas pueden ser aumentadas o disminuidas unilateralmente por la CNE sin que esto signifique renegociación alguna en el precio unitario, prevaleciendo siempre el interés público.

La etapa de diseño contará con reuniones semanales de seguimiento con la participación de la Unidad Ejecutora, el ingeniero Fiscalizador de la CUE y la ingeniería del contratista.

5. CONDICIONES LEGALES

Todos los participantes deberán presentar declaración jurada, que indique que no se encuentran en ninguno de los casos de imposibilidad para contratar con la Administración, según se indica en la Ley y Reglamento de la Contratación Administrativa.

El oferente debe de indicar claramente en su oferta, que la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias y la Unidad Ejecutora, quedan libres de toda responsabilidad civil directa o indirecta o laboral, como consecuencia de la contratación. Para lo cual, deberá tomar aquellos seguros ante la entidad correspondiente que lo proteja contra cualquier accidente a su equipo, personal, daños a terceros y/o cualquier otro tipo de seguros vigente en el mercado, lo que debe comprobar antes de iniciar la obra.

Para lo no estipulado en este documento, se utilizará como documento supletorio el Reglamento de la Proveeduría Institucional, la Ley de Contratación Administrativa, su Reglamento u otras normativas aplicables a la Institución.

PROGRAMA DE TRABAJO Y PROCEDIMIENTOS

El oferente deberá presentar en su oferta un Programa de Trabajo (Diagrama de Gantt), donde se indiquen las actividades secuencias y recursos asignados a los distintos Ítemes que componen la totalidad del proyecto así como para las obras complementarias, de conformidad con los planos, croquis, diseños y ubicaciones suministrados por la Unidad Ejecutora. Este Programa de Trabajo no excederá en ningún caso el plazo indicado en la oferta o consignado en el contrato.

El oferente incluirá en su oferta una explicación de los procedimientos constructivos (metodología de trabajo) y la estructura de costos para cada ítem de la obra, indicando el personal y equipos que utilizará.

Se deberán incluir certificaciones de la experiencia del ingeniero responsable y del encargado de la obra.

En reunión de preconstrucción, el oferente aportará a la ingeniería de proyecto el Programa de Trabajo que se presentó en la oferta, a fin de llevar el control de avance de la obra, el mismo será la base de los pagos de la obra

9. PROTECCIÓN DE LA OBRA Y DEL PERSONAL

Durante el proceso de construcción el contratista deberá tomar las medidas apropiadas para proteger las secciones de la obra ya concluidas con el objeto de evitar daños y atrasos en la finalización del proyecto.

Las medidas necesarias para la seguridad del personal de construcción y del personal de inspección, deben ser tomadas por el contratista. Cualquier otra medida de seguridad que se considere necesaria puede ser solicitada por la inspección.

El contratista deberá prever cualquier riesgo que pueda ocasionar las crecidas de los ríos durante el proceso constructivo.

10. SELECCIÓN Y ADJUDICACIÓN

Los estudios legal y técnico de las ofertas serán realizados por los departamentos respectivos de la C.N.E. y posteriormente se enviará al Comité de Licitaciones de la C.N.E., quien hará una recomendación a la Presidencia, quien en definitivo realizará el acto de Adjudicación y la Proveduría interna notificará al adjudicatario dentro de un plazo razonablemente breve.

Las ofertas consideradas admisibles se calificarán según el siguiente procedimiento:

OFERTA ECONÓMICA.....	50%
PLAZO DE ENTREGA.....	30%
EXPERIENCIA DE LA EMPRESA.....	20%

Por lo tanto el oferente que obtenga mayor puntuación será designado como adjudicatario.

Para la evaluación y asignación de puntos se seguirán los siguientes procedimientos:

OFERTA ECONÓMICA

Obtendrá 50% aquella oferta económica más baja. Ofertas mayores se les asignará puntos obtenidos de multiplicar 50 por la razón de dividir la mejor oferta ofrecida entre el monto de la oferta a calificar, según la siguiente fórmula:

$$P_m = 50 * M_b / M_c$$

Donde:

P_m : número de puntos obtenidos por precio unitario de metro cúbico colocado y compactado.

M_b: precio total de la oferta más baja.

M_c : precio total de la oferta a calificar.

PLAZO DE ENTREGA

Obtendrá 30% aquella oferta que ofrezca el menor plazo para ejecutar las obras. Ofertas con plazos mayores se les asignará puntos obtenidos de multiplicar 30 por la razón de dividir el menor plazo ofrecido entre el plazo del oferente a calificar, según la siguiente fórmula:

$$P_p = 30 * P_b / P_c$$

Donde:

P_p : número de puntos obtenidos por plazo de entrega.

P_b: Plazo más bajo ofertado.

P_c : Plazo de la oferta a calificar.

El plazo máximo será de 120 días naturales, ofertas con plazos mayores no serán tomadas en cuenta.

EXPERIENCIA DE LA EMPRESA

El porcentaje obtenido se asignará de acuerdo a la siguiente tabla, todo documento probatorio debe estar autorizado por el cliente, a la vez se aceptan certificaciones del CFIA como documento probatorio de la experiencia. Cada documento debe de incluir la ubicación del proyecto, la descripción de la obra, nombre del cliente, números telefónicos del cliente para corroborar la información.

Se considera experiencia: obras en cauces de ríos, obras de contención u obras similares siempre y cuando estas obras se hayan realizado en ríos de una magnitud similar o mayor a la del río Parrita, con caudales instantáneos superiores a 1500 m³/seg. y velocidades superiores a 3 m/seg.

CANTIDADES.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE PAGO	PRECIO UNITARIO	TOTAL COLONES
	Suministro y colocación de material de coraza	112.000,00	m ³		
	Suministro y colocación de material de núcleo de dique	441.200,00	m ³		
	Topografía de construcción	8	c.u.		
	Horas pala 20 toneladas	300	hora		
	Rótulo metálico	4	cu		
	TOTAL				

ESPECIFICACIONES ESPECIALES.

Suministro y colocación de material de coraza

El préstamo consistirá en material pétreo grueso con peso volumétrico mayor o igual a 2,4 ton/m³ y con una granulometría que definirá la Unidad ejecutora y la CUE, pero que preliminarmente se tomará como superiores a 0,30 m de diámetro.

En la fuente se cargará el material grueso tal y como se describe en la granulometría tratando de cumplir al máximo las proporciones establecidas, en la coraza el material se acomodará tratando de que las partículas mayores queden acomodadas externamente y las menores internamente, para efectos de cómputo de sobre acarreo el acarreo típico se tomará como 30 km pudiéndose cobrar sobre acarreo en distancias mayores a esta.

La fundación de cada coraza quedará a una profundidad definida a juicio de la Unidad Ejecutora. Los taludes serán de acuerdo a las indicaciones de la unidad Ejecutora, pero preliminarmente se tomarán como seco 2*1 y húmedo 2,5*1.

Topografía de construcción para el proyecto.

La topografía será aportada por el contratista y será la responsable de:

Colocar el eje preliminar del proyecto de acuerdo a las indicaciones la Unidad Ejecutora y del Ingeniero Contralor de la CNE.

Colocar las referencias horizontales que el proyecto requiera

Colocar los niveles y los bancos de nivel necesarios para realizar todos aquellos controles que solicite la ingeniería del proyecto, tanto de la unidad Ejecutora como de la CNE y además todos aquellos controles que se requieran en forma cotidiana.

Calcular la línea de rasante de acuerdo a la información suministrada por este cartel y por la Contraloría de Unidades Ejecutoras.

Colocar las estacas de talud de acuerdo al cálculo de rasante.

Calcular lo volúmenes de coraza a colocar.

Presentar a la Unidad Ejecutora, todos los datos necesarios a fin de corroborar la veracidad de las cantidades producto de la estimación.

Realizar todas aquellas tareas que tienen relación con la buena marcha del proyecto, organizadas u ordenadas tanto por la Unidad Ejecutora como por el Ingeniero Contralor.

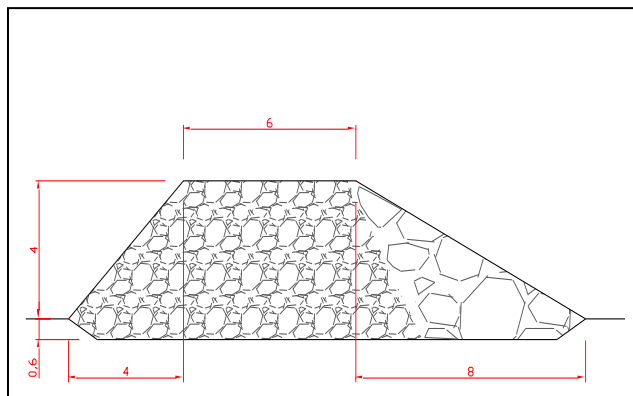
La precisión horizontal será mínimo de 1/5000 y el error vertical máximo permisible será de $(1 \text{ mm/km}) * (N \text{ estaciones})^{0.5}$.

El Ingeniero responsable de la topografía no puede ser sustituido por el contratista sin el visto bueno del Ingeniero Contralor nombrado por la CNE; debe residir en el proyecto y estar disponible en todo momento, además estará bajo la supervisión de la Unidad Ejecutora y el ingeniero Fiscalizador de la CUE.

Horas pala excavadora:

Este ítem será utilizado para resolver situaciones imprevistas que surjan en la construcción, en caso que la máquina para realizar el trabajo no fuera una pala como la descrita el ingeniero tendrá la potestad de solicitar una máquina diferente al precio normal de contratación.

Geometría aproximada de los diques:



Corona 6 m
 Talud seco 2*1
 Talud húmedo 2,5 *1
 Altura aproximada 3,5 m
 Área aproximada 49 m2

Dique	Longitud m	V bloque>300 m3	V grava m3	V total m3
PARRITA	426.00	6,713.76	17,892.00	24,605.76
PUEBLO NUEVO	1,400.00	22,064.00	63,000.00	85,064.00
PALMA TICA	1,065.00	16,784.40	29,820.00	46,604.40
SITRADIQUE	1,790.00	28,210.40	38,225.45	66,435.85
TOTALES	4,681.00	73,772.56	148,937.45	222,710.01

ANEXO 8

Especificaciones técnicas del equipo recomendado a utilizar

--- Select a Model ---



320D L Hydraulic Excavator
» [Download Product Brochure](#)

320D

L

HYDRAULIC EXCAVATOR



Resumen	Especificaciones	Ventajas y características	Work Tool Attachments
---------	------------------	----------------------------	-----------------------

ESPECIFICACIONES

Unidades: [EE.UU.](#) | [métricas](#)

Modelo de motor

Potencia neta al volante

140 hp

Potencia neta - ISO 9249

140 hp

VENTAJAS

Y

CARACTERÍSTICAS



C6.4 Engine with ACERT™ Technology

ACERT™ Technology works at the point of combustion to optimize engine performance and provide low exhaust emissions to meet EU Stage IIIA emission regulations, with exceptional performance capabilities and proven reliability.

» [Conozca más](#)



Hydraulics

The hydraulic system has been designed to provide reliability and outstanding controllability.

» [Conozca más](#)



Operator Comfort

Provides maximum space, wider visibility and easy access to switches. The monitor is a full-color graphical display that allows the operator to understand the machine information easily. Overall, the new cab provides a comfortable environment for the operator.

» [Conozca más](#)



Unidades: **EE.UU.** | [métricas](#)

Motor

Modelo de motor

C6.4 ACERT

Potencia neta al volante

140 hp

Potencia neta - ISO 9249

140 hp

Calibre

4.02 in

Carrera

5.12 in

Cilindrada

389 in3

Masas

Masa en orden de trabajo

48281 lb

Masa en orden de trabajo - Mínima

45415 lb

Masa en orden de trabajo - Máxima

48281 lb

Capacidades

Capacidad del depósito de combustible

108 gal

Sistema de refrigeración

6.6 gal

Aceite de motor

8 gal

Mando del giro (cada uno)

2.1 gal

Mando final (cada uno)

2.1 gal

Sistema hidráulico (incluido el depósito)

69 gal

Tanque Hidráulico (incluyendo tubo de succión)

36 gal

Mecanismo de giro

Velocidad de giro

11.5 RPM

Par de giro

45612 lb ft

Transmisión

Tracción máxima en la barra de tiro

46311 lb

Velocidad de desplazamiento máxima

3.4 mph

Sistema hidráulico

Sistema de implementos principal: máximo caudal (2x)

54 gal/min

Máxima presión: equipo

5076 psi

Máxima presión: elevación pesada

5076 psi

Máxima presión: desplazamiento

5076 psi

Máxima Presión: giro

3553 psi

Sistema piloto: caudal máximo

9 gal/min

Sistema piloto: presión máxima

566 psi

Cilindro de la pluma - Calibre

4.7 in

Cilindro de la pluma - Carrera

49.6 in

Cilindro del balancín gran masa: calibre

5.5 in

Cilindro del balancín gran masa: carrera

59.2 in

Cilindro del cucharón tipo B1

43.5 in

Cilindro del cucharón tipo CB2

45.5 in

Insonorización

Prestaciones

ANSI/SAE J1166 APR 90

Estándares

Frenos

SAE J1026 APR90

Cabina/FOGS

SAE J1356 FEB88

Dimensiones

Anchura de transporte

125.2 in



C6.4 Engine with ACERT™ Technology

ACERT™ Technology works at the point of combustion to optimize engine performance and provide low exhaust emissions to meet EU Stage IIIA emission regulations, with exceptional performance capabilities and proven reliability.

» [Conozca más](#)



Hydraulics

The hydraulic system has been designed to provide reliability and outstanding controllability.

» [Conozca más](#)



Operator Comfort

Provides maximum space, wider visibility and easy access to switches. The monitor is a full-color graphical display that allows the operator to understand the machine information easily. Overall, the new cab provides a comfortable environment for the operator.

» [Conozca más](#)



Versatility

Caterpillar offers a wide variety of factory-installed attachments that enhance performance and job site management.

» [Conozca más](#)



Structures

Caterpillar® design and manufacturing techniques assure outstanding durability and service life from these important components.

» [Conozca más](#)



Boom, Sticks and Linkage

One boom and two reach sticks are available to suit a variety of application conditions.

» [Conozca más](#)



Work Tools

Caterpillar buckets, multi-processors, sorting and demolition grapples, hammers and quick couplers provide a total solution package to the end-user.

» [Conozca más](#)



Service and Maintenance

Fast, easy service has been designed in with extended service intervals, advanced filtration, convenient filter access and user-friendly electronic diagnostics for increased productivity and reduced maintenance costs.

» [Conozca más](#)



Complete Customer Support

Your Cat® dealer offers a wide range of services that can be set up under a customer support agreement when you purchase your equipment. The dealer will help you choose a plan that can cover everything from machine configuration to eventual replacement.

» [Conozca más](#)
