

DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LOS PROBLEMAS DE EROSIÓN CONCENTRADA. MOVIMIENTOS DE MASA Y EVENTOS TORRENCIALES Y SU IMPACTO SOBRE EL SISTEMA VIAL Y ECONOMÍA DE LA CUENCA DEL RÍO BOCONÓ — ESTADO TRUJILLO

Ma. Auxiliadora Portillo y. y Federico Del Cura.
Consultores Privados del Grupo Del Cura y Manzanilla C. A.

CAPÍTULO I

LA CONSERVACIÓN DE CUENCAS ALTAS. PRIORIDAD NACIONAL

A. INTRODUCCIÓN

Las modificaciones que en el proceso evolutivo de la sociedad venezolana se han operado en los años recientes y que se manifiestan en la forma de ocupación del espacio nacional ha traído como consecuencia, entre otras, la ocupación de áreas consideradas como de alta fragilidad natural y la utilización descontrolada de los recursos presentes; lo que pudiera en el corto a mediano plazo incidir sobre la sustentabilidad de un esfuerzo evidente realizado por el Estado venezolano y el sector privado para dinamizar la economía y mejorar las condiciones de vida de la población.

B. LA INTERACCIÓN AMBIENTE — VIALIDAD — SOCIEDAD. OBJETIVOS

El colapso de las vías por la erosión superficial y concentrada pueden ejercer un fuerte impacto sobre los recursos naturales y ocasionar serios impactos económicos por obstrucción de cauces, degradación de la calidad del agua, pérdidas de productos perecederos, daños a propiedades, destrucción de infraestructura vial, ruina de sitios de desove, disminución de la productividad del suelo en sitios aledaños, etc.

De acuerdo a estas consideraciones el trabajo se ha planteado los siguientes objetivos:

1.- Realizar el diagnóstico y tratamiento de los problemas ambientales generados por los procesos de erosión concentrada, movimientos de masa y eventos torrenciales relaciones con daños a la infraestructura vial.

2.- Identificar y caracterizarlos procesos de erosión, inestabilidad de taludes y torrencialidad en áreas adyacentes a la vialidad.

3.- Seleccionar y diseñar conceptualmente los posibles sistemas de tratamiento a ejecutar para el control de los procesos antes mencionados o para evitar sus impactos en la infraestructura vial en las áreas donde estos procesos se presenten.

4.- Determinar y estimar los efectos económicos que generan las interrupciones viales en el área de estudio.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOCONÓ

A. UBICACIÓN, LÍMITES Y SUPERFICIE

La Cuenca Alta del Río Boconó está conformada por la Subcuenca Alto Boconó y la Subcuenca del Río Burato ubicadas en el sureste del Estado Trujillo, extendiéndose sobre una superficie de 923,35 km². Desde el punto de vista geográfico se encuentra entre los 70°34'50' de Longitud Oeste y 09°31'54 y 08°57'23" de Latitud Norte (ver figura 11.1).



B. CARACTERIZACIÓN FÍSICO- NATURAL

El estudio de las características climáticas se considera de gran importancia en el presente trabajo por la influencia que tiene en la dinámica de los procesos considerados y que pueden incidir sobre la infraestructura vial se analizaron los efectos que ejercen la precipitación y la temperatura sobre el área.

También se analizaron las características geológicas, geomorfológicas, fisiográficas, edafológicas y de vegetación de la zona de estudio.

B. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y SOCIALES

Para el análisis de los aspectos demográficos y sociales del área de estudio se hace necesario realizar su analogía con la división político-territorial existente a nivel Estatal, es decir, el Municipio Autónomo Boconó y 11 de las 12 parroquias que lo conforman, por ocupar la Cuenca Alta del Río Boconó 6 de ellos en su totalidad (San Miguel, San José, Rafael Rangel, General Rivas, El Carmen, Mosquey), gran parte de 2 de ellos (Monseñor Jáuregui y Boconó) y pequeñas porciones de otros 3 (Ayacucho, Campo Elías y Burbusay).

Se procedió a analizar el comportamiento de la población en el tiempo así como también la población económicamente activa, los indicadores sociales referidos a educación, salud, viviendas y servicios básicos, y los aspectos sociales de la población de Boconó.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta una descripción de los distintos aspectos metodológicos que se aplicaron para el diagnóstico y caracterización de los problemas de erosión concentrada, movimientos de masa y torrencialidad en la cuenca alta del río Boconó.

A continuación se describe el esquema metodológico con el fin de alcanzar los objetivos propuestos por el presente estudio.

A. ETAPA PREPARATORIA

1. Localización y adquisición del material cartográfico y fotográfico.
2. Revisión bibliográfica y recopilación de material.

B. INVENTARIO Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA ZONA

En base a la sectorización realizada tomando como eje central la población de Boconó se definieron tres corredores viales: Boconó - San Rafael . San Miguel Arbol redondo; Boconó - Mosquey - Mesa de Los Cedros; Boconó - Tostos – Niquitao. - Las Mesitas. Considerando como punto de arranque para los recorridos el puente Zumbador (Prog. 0 + 000) desde donde partiendo por tramo se realizó el inventario y diagnóstico de la infraestructura vial ubicándola por progresiva, con sus correspondientes dimensiones y estado actual. Para luego ser ubicada en el respectivo mapa de cada recorrido a escala 1:25.000.

C. COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

1. Análisis Morfométrico.

Esta metodología es aplicada para conocer el comportamiento de las características morfológicas de la cuenca y la problemática torrencial de la misma, la cual dará una visión del problema para sugerir medidas de control, diseño de obras y de esta forma mitigar los efectos y las consecuencias acarreadas a la Infraestructura vial.

La aplicación detallada de la metodología en este estudio, se realizó mediante una sectorización de las subcuencas y a su vez una división de estas subcuencas en micro cuencas utilizando el criterio de la divisoria de aguas, considerando para ello, en primer lugar aquellas micro cuencas señaladas dentro de los términos de referencia del estudio, y en segundo lugar, en conversaciones sostenidas con el personal de la oficina de área, MARNR Boconó, se reseñaron para la inclusión dentro del análisis otras micro cuencas consideradas problemáticas.

La jerarquización de las micro cuencas problemáticas según la aplicación de esta metodología será complementada, con los resultados obtenidos en la fotointerpretación de los procesos y en el chequeo de campo, para llegar a uniformizar criterios con respecto a la proposición y diseño de medidas que mitiguen la problemática.

2. Estimación de crecidas máximas para diferentes frecuencias de las micro cuencas que afectan la infraestructura vial.

Para la determinación de crecidas máximas en los diferentes períodos de retorno, se usó un modelo de simulación el cual calcula la precipitación efectiva basado en el método del número de curva del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (1972) y realiza el tránsito de caudales usando el método cinemático de tránsito hidráulico simplificado.

El modelo requiere como información de entrada la intensidad de la precipitación y las características fisiográficas de las cuencas a estudiar.

A cada una de las micro cuencas se les calculó el tiempo de concentración a través de la ecuación de Kirpich, en las cuales se consideraron tramos por cada curva de nivel que cortara al cauce principal de cada cuenca y no solamente como un desnivel total entre su longitud.

La estación que tuviera mayor influencia sobre la cuenca se escogió como representativa de ella, además se les escogieron los valores máximos de lluvias registradas para 1,3 y 6 horas de duración y a éstos, Valores Extremos de Gumbel, de los cuales se obtuvo el valor necesario para cada período de retorno seleccionado.

3. Análisis de frecuencia de gastos máximos. Método de Gumbel.

El riesgo por inundaciones, se determina mediante la estimación de las magnitudes y daños, que pueden ocasionar las inundaciones en el área, así como las probabilidades de ocurrencia o periodo de retorno (Tr).

Los resultados del análisis de frecuencia en forma general permite conocer el período de recurrencia de crecientes máximas y hacer extrapolaciones de crecidas no registradas ya que la mayoría de las estaciones disponen de series muy cortas de datos que no permiten extrapolación directa de valores extremos.

En cuanto a los eventos asociados al régimen torrencial de los cursos de agua que afecta la vialidad y las obras de ingeniería, se registraron datos sobre:

- a. fecha de ocurrencia.
- b. magnitud.
- c. daños causados.

D. FOTOINTERPRETACIÓN DE PARES ESTEREOSCÓPICOS.

1. Identificación de procesos de erosión concentrada y movimientos de masa en áreas adyacentes a la vialidad.

Para ello se realizó el análisis y fotointerpretación secuencial para diferentes años de toma en el cual se identificaron los procesos de erosión concentrada y movimientos de masa, de acuerdo a la nomenclatura utilizada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

2. Restitución y vaciado de la información obtenida en la foto interpretación.

En los mapas previamente elaborados por sectores, después de haberse realizado la visita de campo en donde se chequearon los sitios de duda y a la vez se corroboró la fotointerpretación general, se ubicaron los procesos identificados por progresiva.

E. DISEÑO CONCEPTUAL DE LAS MEDIDAS Y OBRAS PARA PREVENIR Y CONTROLAR LOS PROCESOS EROSIVOS Y TORRENCIALES QUE AFECTAN LOS TALUDES E INFRAESTRUCTURA VIAL.

Durante la visita de campo se determinaron junto con el chequeo de la fotointerpretación los procesos erosivos y torrenciales. De igual formase planteó la estrategia de control más viable para subsanar o mitigar la acción de estos procesos, todo bajo un consenso general del equipo.

F. ESTIMACIÓN DE COSTOS ASOCIADOS CON PROCESOS DE EROSIÓN CONCENTRADA Y EVENTOS TORRENCIALES Y SU AFECTACIÓN SOBRE LA VIALIDAD.

Se determinaron los costos directos e indirectos asociados a la ocurrencia de eventos torrenciales y procesos de erosión concentrada mediante información recabada de las más diversas fuentes.

En el caso de los costos directos, éstos se calcularon tomando como base los daños ocasionados por los eventos torrenciales del 5y6 de abril de 1990 y catalogados bajo tres modalidades; operativos de emergencia. infraestructura vial (inversiones en vialidad, presupuesto 1990 - 1991) y pérdidas de propiedad privada.

Los costos indirectos se calcularon en base a la metodología de las ‘Líneas Vitales’, en lo posible para cada tramo de los considerados, si bien ello resulta de muy difícil cuantificación debido a la inexistencia de información en los organismos relacionados directamente con las interrupciones viales.

CAPÍTULO IV

INFRAESTRUCTURA VIAL

La red vial del área de estudio se estructura en torno a la Troncal 7 (T007), la Local? (L007) y la población de Boconó. La Troncal 7, asfaltada en su totalidad, resulta la de mayor jerarquía y comunica gran parte de los poblados de la región Andina, con la región Llanera.

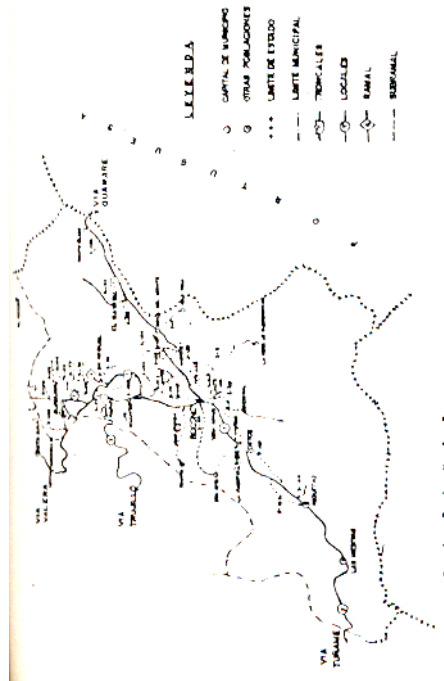
La Troncal 7 (T007) para efectos del trabajo se dividió en dos tramos:
Boconó . Mesa Los Cedros (15,12 km). Boconó . Árbol Redondo (34,95 1cm).
La Sección Boconó - T007 San Rafael (L005).
La Sección Intersección T007 con L005 San Miguel (R006) - Árbol Redondo.
La vía Ramal 6 (R006) que se desprende de la T007 hasta San Miguel.
Tramo Boconó-Las Mesitas (L007).

Tiene su punto de origen en la localidad de Boconó y con una longitud de 101,6 km finaliza en su intersección con la Local 6 en el sitio conocido como Quebrada Duri.

En su recorrido por la Cuenca del Río Boconó se dividió esta vía en las siguientes secciones:

- Boconó— Tostos (11,3 km) Asfaltada.
- Tostos— Niquitao (17,3 km) Asfaltada.
- Niquitao— Las Mesitas (12,9 km) Tierra.

Tramo Boconó - Las Mesitas (L007).



CAPÍTULO V

PROBLEMÁTICA TORRENCIAL DE LAS MICROCUENCAS QUE AFECTAN LA VIALIDAD

A. APLICACIÓN Y RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

Se aplicó la metodología del análisis morfométrico, considerando varios parámetros, obteniendo así una mejor visión acerca de la problemática que se genera a partir del régimen hídrico.

Se tiene que la red hidrográfica de la Cuenca Alta del Río Boconó está conformada por la Subcuenca Alto Boconó y la Subcuenca del Río Burate, el río Boconó nace a 3.400 m.s.n.m. en Río Negro Boconó y el Río Burate nace al Norte del Pico Charote a 3.452 m.s.n.m. Estos ríos y sus afluentes principales siguen por lo general, un patrón de distribución NE - SO.

Se realizó una sectorización del área definiendo las micro cuencas más problemáticas, a continuación se presentan los resultados para un sector destacando que se empleó el mismo procedimiento para los otros sectores de) A re a.

1. Subcuenca Alto Bocead

Esta Subcuenca ocupa una superficie de 548,00 km², desde sus nacientes en el Río Negro hasta su confluencia con el Río Burate y divisoria con la Subcuenca media Boconó, pero para nuestro estudio fue considerada una superficie de 354,29 km², ya que en las nacientes no existe vialidad ni población significativa.

Sector 1 - Sub-sector Boconó - San Miguel.

Este sector sigue el tramo carretero de la vía nacional la Troncal 7, que une a Boconó con Valera y la ciudad de Trujillo. Ocupa una superficie de 218,78 km², representando el 61,75% del área de la Subcuenca Alto Boconó.

Las micro cuencas que componen este subsector son las formadas por las quebradas: San Rafael, San Miguel, La Encomienda, Milla y La Guayabita, que en conjunto ocupan una superficie de 202,77 km² con respecto al área total de este subsector, indicando con ello que el 92,68% de la superficie del subsector Boconó - San Miguel está cubierto por una extensa red de drenaje.

En este subsector Boconó - San Miguel, las micro cuencas que inciden directamente en la vialidad o en obras de infraestructura (puentes, alcantarillas, etc.) son las micro cuencas de las quebradas: Milla, La Encomienda y San Rafael, las dos micro cuencas restantes inciden en forma indirecta sobre la vialidad, ya que éstas contribuyen con su aporte del caudal y de arrastre de sedimentos directamente al Río Bocones incrementando así su caudal en caso de un evento excepcional.

En este subsector Boconó - San Miguel; se considera como micro cuenca problemática y prioritaria, según los resultados obtenidas, a la micro cuenca Qda. Milla, por ello se le deben aplicar medidas de control que mitiguen los efectos de los eventos excepcionales que sobre la misma se concentren; una segunda micro cuenca problemática y prioritaria es la Qda. San Rafael que por el gran aporte que recibe de sus afluentes, incrementa el volumen de su caudal así como también la velocidad de escurrimiento, por lo que se le debe aplicar medidas de control aguas arriba de los afluentes aportantes.

B. ESTIMACIÓN DE CRECIDAS MÁXIMAS PARA DIFERENTES FRECUENCIAS.

En esta parte se determinan las crecidas máximas correspondientes a 10, 20, 25, 50 y 100 años de período de retorno en las cuencas de interés. Para ello se usó un modelo de simulación de eventos que requiere como información de entrada, la intensidad de la precipitación y las características físicas e hidráulicas de la cuenca.

1. Modelo de Simulación de Eventos.

El modelo conceptualiza una cuenca como un conjunto de segmentos de flujo cada uno con un conjunto de parámetros uniformes, tales como: rugosidad, pendiente, impermeabilidad y sección.

La cuenca se ha dividido en tres subcuencas, y cada una de éstas en tres segmentos: dos de escurrimiento y uno de escorrentía, para la aplicación del modelo.

Con el resultado de valores extremos se construyeron las curvas de Profundidad-Duración-Frecuencia para cada una de las estaciones consideradas.

2. Precipitación de Diseño.

Debido al pequeño tamaño de las cuencas estudiadas no se realizó un análisis de torrente propiamente dicho, sino que se consideraron estaciones representativas de las precipitaciones que ocurren en cada una de las cuencas. Para determinar cual era la estación representativa de cada cuenca se recurrió a los polígonos de Thiessen.

Para determinar las intensidades máximas de precipitación, para cada una de las frecuencias consideradas, fue necesario realizar análisis de valores extremos, a través de la Distribución de Gumbel, en cada una de las estaciones seleccionadas.

3. Aplicación del Modelo de Simulación de Eventos.

Una vez conocida la intensidad de precipitación para cada período de retorno y para cada micro cuenca estudiada se procedió a discretizar en segmentos cada una de las cuencas.

C. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDALES MÁXIMOS

1. Subcuenca Alto Boconó

Para el análisis de frecuencia se tomó en cuenta una serie hidrológica anual de caudales máximos registrados por la estación Río Boconó en Puente Zumbador, localizada frente a la ciudad de Boconó contándose con un período de registro de 20 años (1962- 1981), con un gasto medio de 16 n13/seg, para un área de drenaje de 448 km. El período de retorno de un caudal de 600 m/seg o superior a éste es de aproximadamente 40 años. Esto se pudo constatar pasado 5 y 6 de Abril de 1990 cuando se propusieron lluvias torrenciales y sus correspondientes crecientes en ríos y quebradas, el cual sorprendió, no sólo su magnitud y la ocurrencia de 2 eventos extremos en menos de 24 horas, sino por el poco tiempo desde la creciente de 1981.

CAPÍTULO VI

PROBLEMÁTICA DE LA VIALIDAD Y SELECCIÓN, DISEÑO CONCEPTUAL DE OBRAS PARA PREVENIR Y CONTROLAR LOS PROCESOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE TALUDES –

A. TIPOS DE EROSIÓN.

- 1.- Erosión superficial.
- 2.- Erosión subsuperficial.
 - a.- Movimientos de masa.
 - a.- Clasificación de los movimientos en masa.
 - b.- Estabilidad de las Laderas. Causas de los deslizamientos.

B- CAUSAS ASOCIADAS A LA INESTABILIDAD DE TALUDES ADYACENTES A LA VIALIDAD

Se analizaron las posibles causas que influyen sobre la inestabilidad de los taludes, para poder implementar las medidas que contribuyan a disminuir los efectos de la erosión en taludes y de esta forma fijar la estrategia de control de torrentes que afecta la vialidad, lo cual implica un tratamiento integral en los sitios más críticos del torrente mediante el:

- a. Control y reducción de las fuentes productoras de sedimentos en el cauce y en las vertientes.
- b. Estabilización del fondo del cauce y de los márgenes por medio de obras de consolidación.
- c. Encauzamiento de las aguas hacia sitio más seguro.

C. CRONOLOGÍA DE LOS PROCESOS

Los procesos evaluados en el área de Boconó fueron los producidos por movimientos de masa y por eventos torrenciales excepcionales, siguiendo un orden cronológico de ocurrencia, mediante la información obtenida de diversas fuentes.

1. Eventos Torrenciales

En cuanto a los eventos torrenciales ocurridos sobre la cuenca, se contó con una serie de informes elaborados por los técnicos de la oficina de hidrología del MARNR en Boconé, pero este registro se lleva desde hace 12 años, en ellos se reflejan los eventos más significativos ocurridos, teniéndose los siguientes eventos:

Para el año de 1972 se produjeron varios eventos entre los que se destacan, el 29 de febrero el Río Boconó creció a un nivel de 2,61 m, y en el mes de marzo volvió a ocurrir una crecida afectando el sector La Sabanita, terrenos ribereños al cauce,

además afectó el tramo vial Boconó -Tostos interrumpiendo el tráfico por varios meses.

En 1978, se sucedió una crecida en algunas quebradas de la cuenca siendo la más significativa la crecida ocurrida sobre la quebrada Segovia, ocasionando serios daños sobre las bases del puente La Sabanita.

En el mes de Octubre de 1981, ocurrió un evento excepcional sobre la cuenca del Río Boconó afectando áreas de la Subcuenca Alta Boconó y de la Subcuenca del Burate así como también varias quebradas cuyo aporte es significativo. Esta crecida ocasionó graves daños sobre obras de infraestructura existentes, como es el caso del arrastre del puente Zumbador el cual dejó incomunicada la población por más de un mes, así como también la socavación de las bases del puente sobre el río Burate.

El último evento excepcional registrado sobre la cuenca fue el ocurrido el 5 y 6 de Abril de 1990, cuando se produjo la crecida del Río Boconó y del Río Burate así como de algunos de sus afluentes, registrándose un nivel de 4,08 m además se produjeron varios derrumbes y deslizamientos sobre la vía, obstaculizando el tráfico por varios días.

Tomando en consideración la ocurrencia de este tipo de eventos y sus efectos sobre la cuenca, se debe de formular una serie de proyectos de control de torrentes para tratar de mitigar los daños.

2. Procesos Erosivos.

En lo que se refiere a los procesos erosivos ocurridos en el área, se procedió a identificarlos mediante la fotointerpretación de las misiones existentes sobre el área, siendo ellas la de 1952 y la de 1972.

En el tramo Boconó - Mesa los Cedros se diagnosticaron 21 procesos.

En el tramo Boconó – Árbol Redondo, en sus dos secciones analizadas se diagnosticaron 53 procesos.

En el tramo Boconó . Las Mesitas, se identificaron 46 procesos, divididos en tres secciones, en la **sección Boconó - Tostos** se diagnostican 11 procesos, en la sección **Tastos - Niquitao**, existen 32 procesos. En la sección **Niquitao'Las Mesitas**, por ser una sección que actualmente se encuentra en construcción los procesos diagnosticados sobre la vía fueron los mismos que estaban potenciales, actualmente ya están activos repercutiendo con cierto grado de peligrosidad.

CAPÍTULO VII

IMPACTO GENERADOS POR INTERRUPCIONES VIALES

Las consecuencias o “retorno” del medio sobre las obras de infraestructura son en la mayoría de los casos costosas experiencias. La Cuenca del Río Boconó patentiza esta afirmación, en varias ocasiones ha sido noticia por hechos catalogados como “catástrofes naturales” que se han hecho sentir especialmente sobre la infraestructura vial y que han significado no sólo una tragedia por sus consecuencias en cuanto a pérdida de vidas humanas sino una pesada carga de inversión, ejemplo de ello son las crecidas ocurridas el 5 y 6 de abril de 1990.

A. COSTOS DIRECTOS ASOCIADOS AL EVENTO EXCEPCIONAL DEL 5 Y 6 DE ABRIL DE 1990.

Estos están representados en primer lugar por las pérdidas materiales ocasionadas directamente por los eventos torrenciales y movimientos de masa, asumido en el caso de la infraestructura vial que su costo es el de reposición o restablecimiento de la situación “normal”, si bien pudiera agregársele a éstos los costos ocasionados directamente con la interrupción como es el caso de los “costos de operativos de emergencia”.

1. Operativos de Emergencia. Gastos por el orden de Bs- 21.410.000 en los días relacionados con los hechos del 5 y 6 de abril de 1990.

2. Pérdidas de Infraestructura Vial. Los daños ocasionados por los eventos del 5 y 6 de abril de 1990 alcanzan los 400.000.000 Bs.

3. Pérdidas de Propiedad Privada. Las pérdidas de productos agrícolas inundaciones alcanzaron Bs. 6.500.000 mientras los daños a Infraestructura se situaron alrededor de Bs. 11.006.000.

B. COSTOS DE INTERRUPCIONES VIALES

COSTOS DIRECTOS

Para entender los diferentes sistemas y subsistemas afectados por las interrupciones viales es necesario analizar las relaciones funcionales que se desarrollan entre los diversos centros poblados del Estado y su área de influencia más próxima.

Utilizando la metodología de “líneas vitales” puede esquematizarse el área de estudio en diversos “nodos” unidos a través de las diversas vías (tramo) analizados, tomando las intersecciones de las vías con los límites de cuenca como “nodos terminales” sin importar para la cuantificación del efecto interrupción el “nodo destino final”.

Los nodos pueden clasificarse como principales, es el caso de los centros poblados; terminales, los relativos al límite del área de estudio y todos de bifurcación o desvío posible.

A continuación presentamos como ejemplo los resultados obtenidos en uno de los tramos del área, procedimiento que se siguió para los otros tramos.

Tramo Boconó -Mesa Los Cedros

Este tramo fue analizado en su conjunto tomando como nodo principal a la población de Botoné, y terminal el sitio denominado Mesa Los Cedros siendo su nodo principal en este sentido la población de Guanare en el Estado Portuguesa y desde allí todo el centro del país. La población de Mosquey si bien es un nodo en sentido metodológico, funcionalmente es de menor importancia.

Los posibles sitios de interrupciones en este tramo son cinco (5); tres de ellos definidos por puentes (Qda. Cahote, Qda. La Montaña y Qda. El Toro) un deslizamiento activo y una cárcava activa puede pensarse en base a estas características que las interrupciones serian de lento restablecimiento, con tiempos que pudieran variar entre varias horas en el caso del deslizamiento, o varios días si se trata de los puentes.

a. Efectos sobre el Sistema Social.

Aún cuando es difícil realizar estimaciones para los diversos subsistemas (Transporte de pasajeros, educacional, médico-asistencial), éstos se analizan, por cuanto todos ellos se ven afectados por las interrupciones viales y en la mayoría de los casos estas afectaciones son subestimadas o simplemente no son tomadas en cuenta.

a. 1 Subsistema Transporte de Personas.

De interrumpirse el tránsito en esta vía el flujo de pasajeros hacia el centro del país se vería afectado, los vehículos deberían tomar como vía alterna la ruta hacia Valera (T007), si se dirigen a Barquisimeto o a Caracas pueden tomar la L002 (Tabor) o la L003 (Agua Viva), si lo hacen hacia Guanare pueden tomar la vía a Barquisimeto o normalmente realizar trasbordo en el sitio de interrupción. En ambos casos los tiempos adicionales de viaje son considerables al igual que los costos que ello ocasiona.

Estos costos pueden calcularse, de manera conservadora, de la siguiente manera:

— Costos ocasionados a las Líneas de Transporte por aumento en la longitud de los recorridos.

— Costos ocasionados a los pasajeros por aumento en los tiempos de recorrido.

Adicionalmente habría que agregar el desplazamiento mediante vehículo los particulares que se produce por este tramo vial. Estimaciones realizadas sitúan en 1.800 vehículos / día el promedio de circulación en ambos sentidos (MTC, 1990).

De estos un 25% aproximadamente se trata de vehículos de carga y un 75% vehículos pequeños, estimar costos relativos a estos últimos es prácticamente imposible por cuanto se desconoce su lugar de destino y el motivo del desplazamiento y el número de pasajeros por vehículo.

a.2 Subsistema Educativo

La mayoría de los centros educativos se ubican en Boconó, incluido el único centro a nivel de educación técnica, 5 de los 9 ciclos combinados, dos de los seis únicos de educación especial existentes en el Municipio Autónomo Boconó. Es de esperar por tanto que de ocurrir interrupciones viales el sistema educativo en los niveles primarios no sufran mayor interrupción por existir en cada centro poblado una escuela, no así la población escolar de ciclos más avanzados residentes en la zona de Mosquey y Batatal que tendría que trasladarse a Boconó.

a.3 Subsistema Médico-Asistencial.

Este subsistema resulta particularmente afectado de sucede una interrupción vial en este tramo ya que los centros asistenciales de la ciudad de Boconó no sólo prestan servicios a la población del Municipio sino a comunidades vecinas de los Estados Barinas y Portuguesa.

b. Efectos sobre el Sistema Económico

Siendo la base económica del municipio Boconó la actividad agropecuaria, es sin duda sobre este sector donde se hacen sentir los efectos de las interrupciones viales con mayor intensidad.

b.1 Subsistema Producción Agrícola.

Según estimaciones realizadas por CORPOANDES la superficie agrícola en el área de Boconó es aproximadamente de 2.900 ha para una producción cercana a las 37.350 tn- Pero más importante aún es la función que cumple la vía como arteria principal de salida de los productos agrícolas que se generan en el municipio Boconó y algunos alrededores.

Según estimaciones realizadas por el MTC un 24% de los 1.800 veh/día que transitan por este tramo vial son vehículos de carga, es decir, 432 veh/día, que si se multiplican por un valor conservador de 3,5 tn/vch, significan 1.512 tn/día. Si esta cifra se multiplica por un valor promedio de flete de 550 Bs/ tn se tiene que una interrupción de un (1) día de duración puede ocasionar una pérdida de Bs. 831.600,00 sólo por este concepto.

Es importante destacar que no se han considerado interrupciones de duración mayor a 1 día y que ocasionarían pérdida de productos agrícolas con lo cual los costos aumentarían considerablemente.

b.2 Subsistema Turismo.

La ciudad de Boconó concentra prácticamente el 100% de la infraestructura de recepción turística existente en el Municipio, de las 219 habitaciones existentes, 201 están ubicadas en ella.

Realizando una estimación moderada de ocupación del 40% de la capacidad hotelera de la ciudad de Boconó y un precio promedio por habitación de 600 Bs/día, se tiene que una interrupción vial pudiera ocasionar pérdidas por el orden de los Es. 48.240. Si la interrupción vial ocurriera en época alta de turismo (Navidad, Carnaval, Semana Santa y Agosto), las pérdidas se incrementarán, a título de ejemplo considerando un porcentaje de ocupación del 95% el monto alcanzaría Bs. 114.570. Además de los costos acarreados a los turistas que se quedaran varados.

e. Estimación de Costos.

Con todas las limitaciones del caso, el cuadro VII.1 presenta el resumen de los costos ocasionados por una interrupción hipotética de 1 día de duración en el tramo vial Boconó-Mesa Los Cedros.

CUADRO VII.1 ESTIMACIÓN DE COSTOS. INTERRUPCIONES VIALES TRAMO BOCONÓ - MESA LOS CEDROS

Subsistencia Afectado	Costo (Be)
Transporte de Pasajeros	640 043.00
Fletes de Transporte de Carga	831 600.00
Turismo	48 240.00
Total	1 519 883.00

Fuente: Cálculos Propios.

C. COSTOS INDIRECTOS TOTALES PARA LA CUENCA

Analizando el caso hipotético de interrupciones múltiples en cada uno de los tres tramos considerados (similar a lo sucedido el 5 y 6 de Abril de 1990) se tiene que los costos indirectos son verdaderamente significativos si se considera que se han realizado los cálculos para un sólo día de interrupción y los costos están ajustados para el segundo trimestre del presente año.

El análisis histórico realizado (Anexo B) del trabajo indica que han sucedido interrupciones de hasta 15 días, por otra parte, un gran porcentaje de los posibles sitios de interrupción están constituidos por puentes, estructura de difícil reposición y que en caso de colapsar pudiera estimarse lapsos superiores de los 4 días para un reemplazo por estructuras provisionales de emergencia.

Puede estimarse que los costos indirectos son aproximadamente el 1% de los costos directos para interrupciones día un (1) de duración, si se realiza el análisis en base a las pérdidas directas causadas por las lluvias torrenciales del 5 y 6 de Abril de 1990.

Lo más interesante es observar que una interrupción de 10 días genera pérdidas indirectas superiores al costo total de las medidas estructurales propuestas en el capítulo VIII.

Igualmente pueden realizarse estimaciones para años futuros asumiendo varias hipótesis de trabajo.

D. COSTOS DIRECTOS

Estos se calcularon en base a un análisis pormenorizado de las actividades más comunes involucradas en el mantenimiento vial y obras de emergencia necesarias para su restablecimiento del flujo normal del tránsito.

Conservadoramente se ha estimado en base a conversaciones con personal técnico residente en la zona tanto a nivel público como privado (Contratistas) que anualmente se incurre en partidas extraordinarias de emergencia para remoción de escombros y restablecimiento de flujo vehicular montos cercanos a los Es. 3.000.000, no lo que corresponde aproximadamente al 10% a 12% del presupuesto ordinario de inversión.

Sin embargo, la cifra antes señalada se corresponde con los cálculos realizados en este estudio sobre volumen potencial de escombros a ser removidos y otras obras adicionales de urgencia.

CAPÍTULO VIII

MEDIDAS ESTRUCTURALES

En este capítulo se presenta la relación de obras estructurales a fin de atenuar o controlar los impactos de los procesos de erosión concentrada sobre la infraestructura vial en la cuenca alta del río Boconó.

El diseño conceptual de dichas obras se presenta en el anexo E del trabajo donde se describen cada una de ellas en detalle. Los tipos de obras van desde muros longitudinales y transversales (diques) de concreto ciclópeo y mampostería gavionada; cunetas de coronamiento, bateas, torrenteras, construcción de variantes, enfajinados, tramavial, limpieza de cauces y sección hidráulica de puente.

Para cada una de las obras propuestas se les procedió a realizar el cálculo de la obra, el volumen y se estimaron los costos totales de cada uno de ellos.

Se presentó por tramo, sección de recorrido y progresiva la cantidad de obra y monto de inversión requerido a fin de solventar la problemática ocasionada por los procesos de erosión con entrada y fenómeno torrencial sobre la infraestructura vial.

Monto Total de Inversión a Realizar en la Cuenca Alta del Río Boconó para Atenuar Daños sobre la Infraestructura Vial.

En el cuadro VIII. 1 se presenta un resumen por tramo y sección de recorrido del monto de inversión a realizar para atenuar o controlar la acción de los procesos de erosión concentrada y fenómeno torrencial sobre la infraestructura vial de acuerdo a la problemática detectada en este estudio. Todo ello englobado bajo la óptica de la implementación del proyecto de manejo de la cuenca alta del río Boconó con la integración de los demás estudios.

CUADRO VIII. 1

Resumen del Monto de la Inversión (Bolívares) a Realizar por Tramo y Sección de Recorrido en la Cuenca Alta del Río Boconó

Tramo	Sección	Monto Inversión (Bs)
Boconó – Mesa de Los Cedros		4 389 705.76
Boconó – Árbol Redondo	Boconó – Rafael	4 391 678.52
	San Rafael- San Miguel	2 228 067.92
Boconó – Las Mesitas	Boconó – Tostos	8 133 833.45
	Tostos – Niquitao	3 370 027.95
	Niquitao – Las Mesitas	2 886 400.00
Sub Total		25 399 713.60
10% Imprevistos		2 539 971.36
Total		27 939 684.96

Fuente: Cálculos Propios.

CAPÍTULO IX

SITUACIÓN CON PROYECTO Y ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS

A continuación se presenta la situación con proyecto, es decir, al realizar la inversión y ejecución de obras para atenuar la acción de los procesos de erosión concentrada que afectan la vialidad de la cuenca Alta del río Boconó. Para ello se deben invertir Bs. 29.616.065 en el año 1992, así como los costos directos de mantenimiento y reposición desde 1992. 2000. Todo ello enmarcado bajo supuestos conservadores de reducción en los gastos de mantenimiento por la efectividad de las medidas estructurales, a pesar de estar afectadas por la inflación (cuadro IX.1).

Al comparar la situación con y sin proyecto se obtiene una visión global de la misma permitiendo así afinar la decisión de inversión o no. En este caso los beneficios a obtener en la situación con proyecto vienen dados por daños evitados a la vialidad, ahorro en costos de emergencia y costos indirectos evitados los cuales pueden ser utilizados en otras inversiones productivas a corto y mediano plazo o de mayor impacto social.

En el cuadro IX.2 se presenta la comparación de la situación con y sin proyecto.

Como puede observarse, ya al os cine años de realizada la inversión inicial los beneficios superan los mismos por lo que desde el punto de vista de costo evitados la inversión resulta altamente significativa.

Cuadro IX. 1

CRONOGRAMA DE INVERSION DE ESTIMACION DE COSTOS TOTALES EN SITUACIÓN CON PROYECTO (EJECUCIÓN DE OBRAS PROPUESTA DISMINUCIÓN EN UN 25% DE LOS GASTOS DE REMOCIÓN DE ESCOMBROS Y REESTABLECIMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Inversiones	(1) 29 616 065								
Costos Directos mantenimiento y Reposición	3 710 000	(2) 5 043 291	5 270 244	5 507 405	5 755 238	6 014 223	6 284 364	6 657 682	3 963 228
Sub Total	33 326 065	5 043 291	5 270 244	5 507 405	5 755 228	8 014 223	6 284 864	6 567 682	6 863 228
Costos Indirectos	2 576 563	2 759 979	2 945 666	3 144 988	3 358 865	3 588 393	3 874 753	4 099 217	4 383 153
TOTAL	35 902 628	7 803 170	8 215 910	8 652 393	9 114 103	3 602 617	10 119 617	10 666 900	11 246 381

(1) Incluye el monto correspondiente a Trama vial y limpieza de Cauces y Sección Hidráulica para este año.

(2) Incluyen gastos de Trama vial y Limpieza de cauces y Sección Hidráulica para cada año y un 75% de los costos de remoción de escombros y restablecimiento del flujo vehicular.

(3) Disminución en un 50% de los Costos Indirectos.

Cuadro IX. 2

COMPARACION DE LA SITUACION Y CON Y SIN PROYECCION (ESCENARIO 1)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Sin Proyecto	11 557 311	12 244 153	12 918 324	13 533 183	14 391 381	15 195 751	15 195 751	16 955 345	17 917 277
Con Proyecto	35 902 628	7 803 103	8 215 910	8 652 393	9 114 103	9 602 617	10 119 617	10 666 900	11 246 381
Beneficios	24 345 317	4 440 978	4 702 414	4 980 790	5 277 277	5 593 134	5 929 708	6 288 445	6 670 995