

# EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS DE CONTROL DE TORRENTES CON FINES DE PROTECCIÓN EN EL ESTADO VARGAS. VENEZUELA.

Francisco Rivas Vergara

## RESUMEN

La vaguada que en el mes de diciembre de 1999 afectó a la franja norte costera de Venezuela específicamente en el estado Vargas, provocó muchos daños materiales y una gran cantidad de víctimas, identificándose como una de las peores ocurridas en el siglo XX. Las intensas lluvias provocaron la crecida y el desbordamiento de cincuenta y cinco quebradas y ríos que afectaron en diferentes magnitudes unos 50 Km. de costa. La importancia del estado Vargas radica en que allí se encuentran los principales Puertos del país - aéreo y marítimo - así como una extensa infraestructura turística y de recreación tanto para el turismo nacional como internacional. Este proyecto incluirá la implementación de varias obras hidráulicas de protección contra crecidas y daños por sedimentos en nueve de los catorce torrentes, inicialmente caracterizados, dichas obras abarcan desde presas abiertas o filtrante, de consolidación y de retención, hasta obras de canalización. Los catorce torrentes abarcan una superficie aproximada de 248,32 Km<sup>2</sup> se extiende desde su punto más al este, cuenca de Camuri Grande, hasta el punto más al oeste, en la cuenca del río Mamo. Entre los catorce torrentes, el río Camuri Grande posee mayor área de captación con 41.5 km<sup>2</sup> y la menor es del río Cariaco con 1,3 km<sup>2</sup>. La cota máxima pertenece al río Cerro Grande, de aproximadamente 2.750 m. y la mínima es de 0 m. en el mar Caribe donde llegan todos los torrentes. Se identificaron tres objetivos principales con la implementación de este proyecto; control de los caudales sólidos y retención de los materiales rocosos generados en las cuencas de carácter torrencial, descargar el material sólido filtrado al mar, mejora de las condiciones ambientales. Con la finalidad de estimar la rentabilidad económica que tiene el proyecto propuesto para la recuperación y control del fenómeno torrencial ocurrido en el estado Vargas, se realiza una evaluación a nivel de perfil del proyecto en su conjunto. Para ello se toman en cuenta, los costos totales estimados del proyecto, los beneficios calculados y los resultados de la evaluación. La vida económica del proyecto, se considera a 50 años, los beneficios del proyecto, son calculados para los periodos de retorno de 100, 75, 50, 25 y 10 años promediándolas de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y obtener un valor promedio de beneficios para un plazo medio a la ocurrencia del fenómeno. De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación, el proyecto propuesto puede ser llevado a la fase de construcción, ya que los indicadores económicos estimados, están por encima del valor límite establecido, para cada uno de ellos, en este caso la TIR es del 27%, el VAN es de 62,90 mil millones de Bolívares y la R B/C es de 3,99.

**Palabras Claves:** torrentes, beneficios, costos, evaluación, proyectos.

# ECONOMIC EVALUATION OF TORRENT CONTROL MEASURES WITH PROTECTION OBJECTIVES IN THE STATE OF VARGAS, VENEZUELA.

Francisco Rivas Vergara

## SUMMARY

The flow that in the month of December of 1999 affected the Northern-coastal belt of Venezuela, specifically in the State of Vargas, brought about material damages and a great amount of victims, identified as one of the worst one occurred in the twentieth century. Intense rains brought about flooding and overflowing of fifty-five creeks and rivers that affected in different magnitudes, some 50 kilometers of the coast. The importance of the State of Vargas is that main ports of the country-aerial and maritime- are found there as well as a large touristic and recreational infrastructure for both national and international tourism. This project will include implementation of several hydraulic measures for protection against flooding and damages by sediments in nine of the fourteen torrents, initially characterized, these measures comprise from opened or filtering, consolidation and retention dams until channel construction. The fourteen torrents comprise an approximate harnessing area of 248.32 km<sup>2</sup>, it is extended from his further Eastern point, Camuri Grande watershed until its further Western point in Mamo river basin. Among the fourteen torrents, Camuri Grande river has the biggest harnessing area with 41.5 km<sup>2</sup> and the minor harnessing area is that of Cariaco river with 1.3 km<sup>2</sup>. The maxime altitude belongs to Cerro Grande river of approximately 2,750 m and the minimum is 0 meters at the Caribbean Sea where all the torrents flow into. Three main objectives were identified with the project implementation, solid flow control and rocky material retention generated in the watershed of torrential condition, discharge solid material into the sea, improvement of environmental conditions. With the purpose of estimating economic profitability that the proposed project has for recovering and controlling of torrential phenomenon occurred in the State of Vargas, an evaluation to a total draft project level is made. For that, estimated total costs, calculated benefits and valuation results are taken into account. The economic life of the project is considered of 50 years, projects benefits are calculated for the return periods of 100, 75, 50, 25 and 10 years, taking an average according to phenomenon occurrence probability and to obtain an average value of benefits for a medium term to the phenomenon occurrence. According to evaluation results obtained, the proposed project might be taken the construction phase, since estimated economic indicators are above the limit value established for each of them, in this case IRR is of 27%, the CNV is of 62.90 thousand million bolivars and the B/C rate is of 3.99.

**Key words:** torrents, benefits, costs, valuation, projects.

## INTRODUCCIÓN

Entre los antecedentes de lluvias con características destructivas registradas en Venezuela al fenómeno torrencial, ocurrido en el estado Vargas en Diciembre de 1999, se remontan al mes de febrero del año 1798. Las fuerzas devastadoras de la quebrada Osorio produjo pérdidas de bienes, mientras que en Maiquetía los daños fueron aun mayores y se localizaron un gran número de cadáveres bajo las ruinas de las casas semidestruidas.

El 14 de enero de 1914 se registraron, entre La Guaira y Puerto Cabello, 1200 mm de precipitación y el fenómeno duró entre 5 a 6 horas, originando una crecida descomunal en los ríos de la Cordillera de la Costa, el volumen de agua arrasó con todas las plantaciones de café y cacao que existían. En 1938, Maiquetía estuvo sometida a una fuerte inundación que devastó áreas aledañas al río. En noviembre de 1944 se registro una creciente en el río Mamo al este de la Guaira. Las lluvias torrenciales ocurridas en agosto de 1948, que tuvieron una duración de 3 ½ horas, con un área de influencia que incluyen las quebradas de Piedras Azul, Osorio, Cariaco, San José de Galipan, El Cojo y Camuri Chiquito.

Del 15 al 17 de febrero de 1951 ocurrió una tormenta, 60 horas de lluvias continuas, que azotó la zona central del Norte del país, las principales poblaciones afectadas fueron Caracas, La Guaira, Choroni, Ocumare de la Costa, Arrecife, Catia La Mar, Maiquetía, Punta de Mulatos, Macuto, El Cojo, Caraballeda, Tanaguarena, Naiguatá, Anare, Los Caracas. Las quebradas que aumentaron su caudal fueron: Choroni, Chuao, Limón, Chichiriviche, Mamo, Tacagua, Piedra Azul, Osorio, El Cojo, Camuri Chiquito, San Julián, Cerro Grande, La Zorra, Tacagua entre otras. La mayoría de estas quebradas arrastraron un gran volumen de arenas, piedras y árboles.

La quebrada La Zorra, y Tacagua rebasaron los puentes destrozando puentes, carreteras y casas en las urbanizaciones Soublette y La Atlántida. La quebrada Piedra Azul con un ancho no mayor de 20 m aumentó 4 o 5 veces (80 a 100 m), su afluente la Quebrada Seca, destrozó unas 120 casas y ranchos. La quebrada Osorio tuvo una gran creciente: en puente de Jesús perecieron ahogadas 3 personas, se destruyeron locales públicos, la oficina de identificación, el Mercado Principal, la Compañía de Teléfonos, se interrumpieron las comunicaciones con el exterior. Por el aumento del ancho del cauce (más de 20 m de ancho) destruyó los puentes de El Polvorín, El Pachano y el de la desembocadura - sobre la avenida Soublette - se calculó en

80 el número de casas destruidas. La quebrada Guanape (Punta de Mulato) arrasó viviendas, tapió el cementerio en por lo menos dos (2) m, el ancho de la desembocadura era mayor de 100 m.

En Camuri Chiquito, San Julián, Cerro Grande, se destruyeron los puentes y carreteras quedando incomunicadas las poblaciones. La Quebrada Naiguatá destruyó la mitad de la población, producto del aumento del cauce que de aproximadamente 6 m de ancho alcanzó los 20 m.

El balance de daños del año 51 reporta la muerte de más de 30 persona, varios centenares de heridos y sin hogares. Los daños materiales se podrían evaluar en varios millones de bolívares, solamente en el ferrocarril Caracas la Guaira los daños alcanzaron los 2,500.000 bolívares, y el MOP invirtió más de 2.000.000 de bolívares semanales en la limpieza de los cauces.

### **Antecedentes a la propuesta del proyecto de control de torrentes.**

La vaguada que en el mes de diciembre de 1999 afectó a la franja norte – costera de Venezuela (estado Vargas) provocó muchos daños materiales y una gran cantidad de víctimas, identificándose como una de las peores ocurridas en el siglo XX.

Las intensas lluvias ocurridas en diciembre de 1999 en la Cordillera de la Costa del estado Vargas provocaron la crecida y el desbordamiento de cincuenta y cinco quebradas y ríos (55) que afectaron en diferentes magnitudes unos 50 Km. de costa. Las áreas marino costeras donde ocurrió el fenómeno con intensidad alta o intermedia corresponden de oeste a este a las desembocaduras de los torrentes Piedra Azul, Osorio, Cariaco, San José de Galipan, El Cojo, Camuri Chiquito, San Julián, Cerro Grande, Quebrada Seca, Uria, Naiguatá y Camuri Grande. El fenómeno climático ocasionó la ampliación de los conos de deyección. La socavación ocurrida en el valle que expuso los depósitos antiguos es una evidencia que explica la geodinámica de los mismos en circunstancias similares, debido a que los perfiles de suelos expresan una disposición caótica producto de crecidas torrenciales, probablemente de menor intensidad.

Los movimientos en masa ocurridos en el Litoral Central en diciembre de 1999, consistieron principalmente en flujo de lodo en las zonas bajas, caídas y deslizamientos de rocas, flujo de detritus y bloques de rocas en las zonas altas.

El material fue conducido hasta los cauces de las quebradas donde se unieron con las corrientes de agua y formaron los flujos torrenciales.

Las reseñas de eventos anteriores, al año 1999, que han causado daños severos en diferentes épocas (años 1798, 1914, 1938, 1944, 1948 y 1951), hacen resaltar la necesidad de elaborar un plan de manejo de las cuencas torrenciales evaluadas, el cual debe orientar las estrategias, principalmente a las medidas de retención y protección en cauces, vertientes y conos, medidas estas que deben ser consideradas como un sistema integrado.

El sistema de corrección planteado, se caracteriza por la construcción de una secuencia de presas abiertas y cerradas ubicadas en la garganta de los cauces, que tienen por objeto la retención del material, además de disminuir la pendiente promedio del cauce, reduciendo considerablemente la capacidad del torrente de transportar sedimentos y piedras de gran tamaño, igualmente se diseñan muros de contención y canales de desvío para dirigir el flujo a las orillas de la costa.

## **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO**

### **Localización del Proyecto**

El área del proyecto esta localizada en la región norte central de la República Bolivariana de Venezuela, Estado Vargas - parte media- distante a escasos 30 Km. de la capital del país, Caracas. El área del proyecto comprende el tratamiento a nueve de los catorce torrentes que drenan hacia el Mar Caribe, localizadas en la vertiente norte de la Cordillera de la Costa o del Litoral Central (Figura 1).

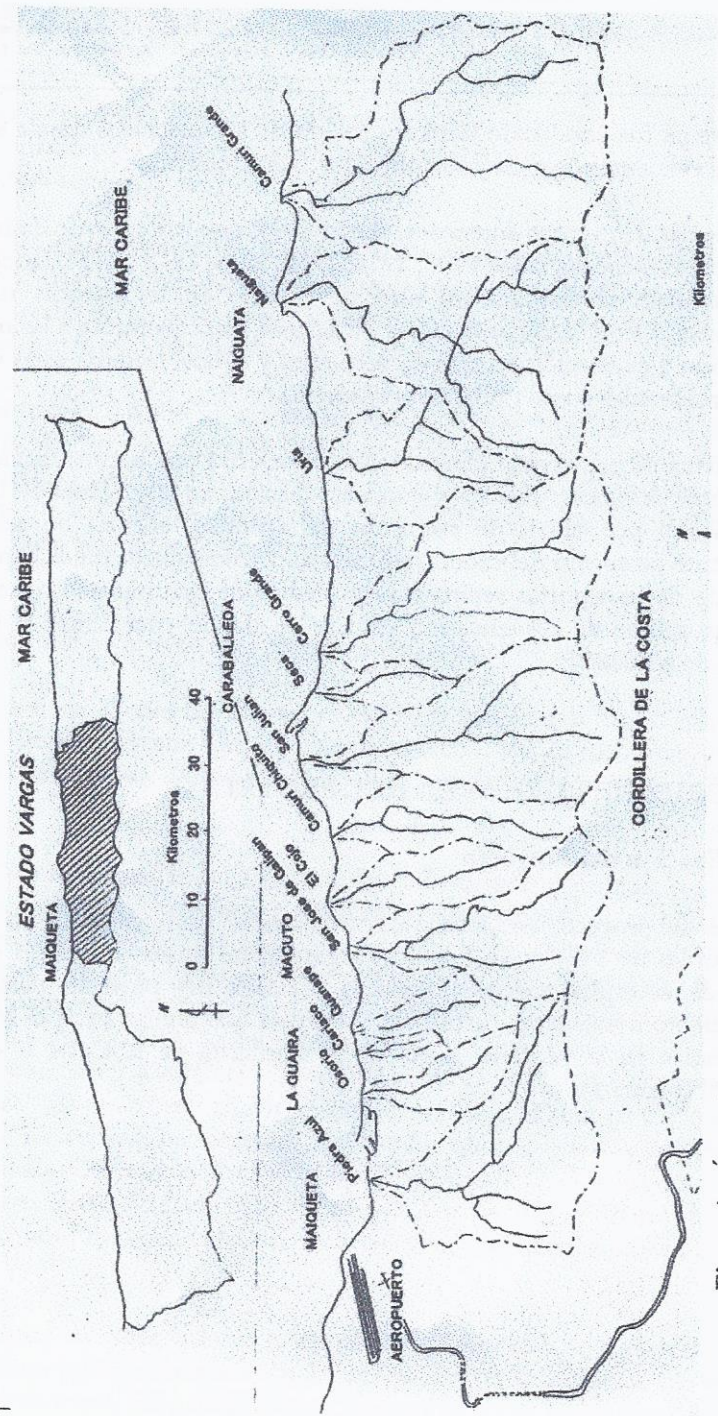


Figura 1. Área del Proyecto. Control de Torrentes con fines de protección del Estado Vargas, Venezuela.

Este proyecto incluirá la implementación de varias obras hidráulicas de protección contra crecidas y daños por sedimentos en los nueve torrentes. Dichas obras abarcan desde presas de diferentes tipos hasta obras de canalización.

La importancia del Estado Vargas radica en que allí se encuentran los principales Puertos del país - aéreo y marítimo - así como una extensa infraestructura turística y de recreación tanto para el turismo nacional como internacional.

Los catorce torrentes abarcan una superficie aproximada de 248,32 Km<sup>2</sup> se extiende desde su punto más al este, cuenca de Camuri Grande, hasta el punto más al oeste, en la cuenca del río Mamo.

Entre los catorce torrentes el río Camuri Grande posee mayor área de captación con 41.5 km<sup>2</sup> y la menor es del río Cariaco con 1,3 km<sup>2</sup>. La cota máxima pertenece al río Cerro Grande, de aproximadamente 2.750 m. y la mínima es de 0 m. en el mar Caribe donde llegan todos los torrentes.

En promedio la máxima pendiente del cauce, pertenece al río Guanape con 38% (21°) y la mínima es la del río Naiguatá y Camuri Grande con 19% (11°). Generalmente la pendiente calculada aguas arriba y hacia el cauce medio y bajo del cono de deyección tiende a ser más suave, sin embargo Osorio, Cariaco, Guanape, el Cojo, Camuri Chiquito, San Julián, Quebrada Seca y Uria poseen altas pendientes aguas abajo del cono de deyección, entre 5 a 11% (3 a 6°). Estos conos de deyección se formaron supuestamente por desbordamiento de flujo de lodo y piedras. La pendiente de las vertientes está entre 30° y 50°.

## Condiciones Naturales

### *Topografía, Geología y Geomorfología*

El área se enmarca en los paisajes de montaña, en una superficie de 201,83 Km<sup>2</sup> que representa el 82,81%, colinas con 29,52 Km<sup>2</sup> equivalente al 12,11% piedemonte con 10,08 Km<sup>2</sup> en un 4,13%, valle en 1,48 Km<sup>2</sup> en 0,61 % y el paisaje de planicie litoral en 0,8 Km<sup>2</sup> en 0,32%.

En el paisaje de montaña se puede delinear un sistema de relieve masivo del paleozoico y jurásico, en el cual predominan las vertientes alargadas y de pendiente pronunciadas características de las formaciones geológicas Peña de Mora y Las Brisas, constituidas por materiales litológicos ígneo metamórficos; que genera un sistema de drenaje controlado de tipo dendrítico paralelo y subparalelo; los principales movimientos en masa son del tipo deslizamiento y derrumbes que se ubican en áreas de moderadamente escarpada a escarpada.

Paisaje colinar esta representado por colinas y lomas del cretáceo de la formación Tacagua, donde predominan las vertientes con diferentes grados de disección, que desarrollan un patrón de drenaje dendrítico muy denso; los principales movimiento en masa son los derrumbes de vertientes en pendiente moderadamente escarpada de 20 a 50%.

Paisaje de piedemonte constituido por pequeños conos de explayamientos, que conforma en conjunto los glaciais coluvio aluviales de edad antigua, subreciente y reciente, que se desarrollan en la desembocadura de los torrentes generando un patrón de drenaje anastomosado entrelazado, con gran aporte de material rocoso, procedente de los conos más antiguos que domina al reciente; los principales procesos que se manifiestan son la acumulación de los materiales en las márgenes de la red de drenajes, que al solaparse forma un abanico abultado en la parte inicial y de bordes redondeado, con pendientes alrededor del 10%.

Los conos de explayamientos que se presentan a partir del quiebre de pendiente de los ríos, y quebradas de mayor caudal, a partir de la desembocadura de los valles intermontanos, generan una red de drenaje característicos de los conos de explayamientos, pero de mayor longitud y caudal, que han transportado materiales de diferentes tamaños, de origen variado.

Paisaje planicie litoral, del cuaternario de litología sedimentaria no consolidados, esta representado por los cordones litorales y playas con pendiente plana a moderadamente plana (0-5%).

La Cadena Litoral paralela a la costa, es alargada con una topografía alta y un relieve accidentado, con un drenaje controlado por la tectónica local. Por el relieve descrito se diferencian los siguientes rangos de pendientes: 0 -1% plano; 1 - 5% moderadamente plano; 5 - 20% inclinado; 20 -50%

moderadamente escarpado; > 50 escarpado. Las alturas están comprendidas entre el nivel del mar y los 2.765 m, en el pico Naiguatá.

En lo referente a los aspectos geológicos, en la Serranía del Avila, aflora un conjunto de rocas metamórficas, cuyos litotipos principales son esquistos, filitas, mármoles y gneises o metareniscas. Todos ellos caracterizan tres formaciones conocidas con el nombre de Formación Tacagua, Formación Las Brisas y Formación Peña de Mora. La edad oscila entre el paleozoico (formación Peña de Mora) y Mesozoico inferior-intermedio, concretamente edad jurásica para la formación las Brisas y cretácica para la formación Tacagua.

El área está comprendida entre los sistemas de falla del Caribe-San Sebastián (Maiquetía)- El Pilar, de dirección general este-oeste y la falla de La Victoria con un arco más local delineado por el sistema de fallas Avila-Tacagua, un sistema de fallas menores del noroeste y del noreste y un corrimiento con ligera inclinación hacia el norte, completan el cuadro tectónico regional de Vargas. Por ello estructuralmente, las tres secuencias litoestratigráficas están intensamente tectonizadas y fragmentadas por estas fallas que la cruzan transversal y longitudinalmente. Adicionalmente están presentes numerosos sistemas de diaclasas que fragmentan, a veces menudamente, la asociación litológica distintiva de cada formación antes mencionadas.

### *Uso de la Tierra*

En las cuencas de los catorce torrentes en estudio se pueden diferenciar las áreas con vegetación natural, urbanas y las agrícolas, localizadas de acuerdo a los pisos altitudinales.

En la parte alta predomina la vegetación natural - bosques, matorrales -, una alta proporción de la superficie pertenece al Parque Nacional El Avila, en este sector existen pequeñas áreas agrícolas reguladas por el plan del Parque El Avila.

El sector comprendido entre las cuencas de los ríos Camuri Grande hasta El Cojo, en los pisos montano bajo y premontano, predominan los bosques, en tanto que en la cuenca del río San José de Galipan existe una extensa área agrícola asociada a bosques. Las cuencas entre Osorio y Guanape

predominan los bosques pero se presentan áreas agrícolas en pequeñas proporciones.

Hacia el piedemonte y en el cono se concentra el uso urbano: Mamo, Maiquetía, La Guaira, Macuto, Caraballeda, Naiguatá, Camuri Grande entre otras, estas áreas urbanas representan un 5% aproximadamente de la superficie del área de estudio.

La vegetación natural del área de estudio se caracteriza por exhibir una notable variedad de tipos de vegetación en una extensión territorial relativamente reducida.

El factor ambiental inductor de esa variedad lo determina la presencia de un fuerte gradiente altitudinal impuesto por el relieve extremadamente abrupto de la Serranía del Litoral. Tal gradiente se inicia a nivel de mar y supera la cota 2700m; el mismo se manifiesta en dos variables climáticas importantes: primero, una reducción de la temperatura media anual de 0.1°C por cada cien metros de ascenso; segundo, un aumento en los niveles de precipitación media anual, en razón a los grandes aportes de humedad de los vientos alisios, que son forzados a ascender por la barrera montañosa. La condensación resultante del enfriamiento adiabático de las masas de aire crea a su vez un gradiente lluvioso paralelo al térmico, donde se cumple que a mayor altitud, mayor precipitación.

La vegetación predominante es el bosque que cubre aproximadamente un 75 % de la superficie y abarcan los tres pisos altitudinales, Tropical, Premontano, Montano Bajo. Las formaciones arbustivas conformadas por los matorrales y espinares, se localizan en los tres pisos, representada por especies xerófilas de fisonomía achaparrada, frecuentemente armadas, la altura esta entre los 3 a 8 m, se encuentran asociadas con cactáceas suculentas y ocupan la faja costera entre los 0 a 500 m.

### *Clima*

Durante los primeros 17 días del mes de diciembre, se generó una acumulación extraordinaria de precipitaciones (1207mm registrados en la estación Maiquetía - FAV), particularmente en la franja norte costera del país. Este fenómeno, calificado como de "baja frecuencia", produjo la activación de cuencas con características torrenciales que generó grandes

movimientos en masa en la Cordillera de la Costa, constituyendo el mayor desastre de origen natural ocurrido en Venezuela.

La causa de estas elevadas precipitaciones fue la presencia, muy persistente, de una vaguada sobre el Mar Caribe durante casi 20 días, aunado a la ocurrencia de un frente frío ubicado al norte de dicha vaguada.

Las cantidades de lluvias diarias por si solas no representan valores extraordinarios a excepción de los días 14, 15 y 16 cuando cayeron 120, 181 y 410 mm respectivamente, pero el largo período de ocurrencia coadyuvo a definir un patrón isoyético de extensa distribución espacial que logró saturar totalmente los suelos de la región central, convirtiéndolos prácticamente en un fluido que se comenzó a mover en un lapso de tiempo corto (unas 36 horas), en casi todos los torrentes de la región, arrastrando a su paso masa de suelos que se convirtieron en aludes torrenciales (debris flow) donde fueron removidos árboles, grandes rocas y sedimentos gruesos y finos.

## JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Dadas las condiciones de catástrofe natural ocurrida en el estado Vargas, queda claro que no es posible intervenir sobre las causas naturales del fenómeno, pero si se puede intervenir para reducir los efectos destructivos que pueden tener estos eventos catastróficos.

Las condiciones en las que quedaron las cuencas afectadas por el fenómeno ameritan acciones específicas que permitan en un futuro reducir los daños potenciales que se puedan generar por estos eventos naturales de carácter destructivo. A continuación se indican cuatro razones que justifican la construcción de las obras diseñadas:

- La protección y el mantenimiento en buenas condiciones del puerto marítimo (Puerto de la Guaira) y el terminal aéreo (Aeropuerto Internacional Simón Bolívar) - principales medios de comunicación de Venezuela con el mundo - ubicados en la zona, justifican en primer lugar el tratar de corregir y consolidar los ríos de carácter torrencial que existen en esta zona y que en un futuro puedan ocasionar nuevamente

grandes pérdidas, de no implementarse las medidas estructurales civiles a tiempo.

- La protección a gran parte de las edificaciones urbanas que quedaron y que en el futuro puedan desarrollarse en el estado Vargas, cercanos a estos ríos torrenciales requiere igualmente de la ubicación de estructuras civiles especiales en los ríos torrenciales identificados, de tal manera que los daños que puedan generarse a la infraestructura urbana: escuelas, hospitales, viviendas familiares, hoteles e infraestructura hotelera, que estén asentadas en las áreas pueden si no disminuirse en su totalidad si disminuirlas en un gran porcentaje.
- La mejora de las condiciones ambientales y socioeconómicas del estado Vargas, se verán ampliamente favorecidas con la construcción de las obras identificadas en este proyecto, ya que permitirán en un corto plazo recuperar aquellos espacios naturales asociados con la morfología y dinámica de los ríos, atenuando en parte los efectos ocasionados por los picos de crecidas las cuales en caso de no realizar ninguna intervención sobre estas áreas, se podría generar un deterioro aun mayor para las condiciones ambientales que actualmente existen en la zona.
- Desde el punto de vista socioeconómico el proyecto se justifica, ya que el futuro ordenamiento del espacio territorial que se realizará sobre las áreas afectadas, se consolidará, en función de la protección que le brindarían a las diferentes áreas, las estructuras civiles ubicadas en cada uno de los torrentes corregidos que abarca este proyecto, definiendo un crecimiento espacial más ordenado y seguro y que más adelante consolidarán los posibles inversores privados, tanto en el sector turístico como en el mercado inmobiliario que se pueda generar en la zona.

## OBJETIVOS DEL PROYECTO

Se identificaron tres objetivos principales con la implementación de este proyecto.

### **1. Control de los caudales sólidos y retención de los materiales rocosos generados en las cuencas de carácter torrencial.**

Para cumplir con este objetivo se diseña un conjunto de estructuras civiles sobre el grupo de torrentes seleccionados. Principalmente estas estructuras corresponden a diques transversales cerrado y abiertos, ubicados a lo largo de cada uno de los torrentes seleccionados.

### **2. Descargar el material sólido filtrado al mar.**

Las descargas del material sólido se llevará al mar a través de canales, de diferente ancho y longitudes, lo que permitirá tener un control sobre los fluidos sólidos que puedan desplazarse por la zona urbanizada.

### **3. Mejora de las condiciones ambientales.**

Las mejoras de las condiciones ambientales a pesar de ser un efecto indirecto en este proyecto se convierte en un objetivo del proyecto en su totalidad, ya que al corregir y controlar los diferentes torrentes seleccionados permite en un futuro inmediato mejorar las condiciones ambientales presentes en el área afectada por esta catástrofe.

## **EL PROYECTO. OBRAS PROPUESTAS PARA EL CONTROL DE LOS TORRENTES**

Para las nueve cuencas, definidas con prioridad de tratamiento, se diseñaron un conjunto de estructuras sobre el cauce. A continuación para cada uno de los torrentes se indican las obras.

## Cuenca de la Quebrada El Cojo (6,4 Km<sup>2</sup>):

**Cuadro 1.** Obras estructurales para el Torrente Quebrada El Cojo.

Estructura	Objetivo de la Obra	Tipología	Costo Estimado
<p>3 Diques Filtrantes</p> <p>Estructuras de concreto armado, incluye vigas de acero en la sección filtrante</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de lava torrencial</li> <li>• Retención de material grueso</li> <li>• Retención de material leñoso</li> </ul>	<p><b>Dique N° 1</b>                      Altura total: 11,30 m                      Ancho total: 31,90 m</p> <p><b>Dique N° 2</b>                      (incluye contrafuerte)                      Altura total: 10,70 m                      Ancho total: 24,80 m</p>	<p>Monto total: 1,57 Millardos</p>
<p>Canal Estructura en mampostería en piedra formada por bloques (mínimo 0,50 m<sup>3</sup>) con intersticios llenos de concreto, Rcc 200 Kg/cm<sup>2</sup></p>	<p>Descargar el caudal filtrado, a través de la zona urbanizada</p>	<p>Sección: altura 4,50 m                      ancho 16 m                      Longitud aproximada: 700 m                      Traviesas de 1 m, distanciadas cada 50 m.</p>	

### Cuenca de la Quebrada San José de Galipán (14,98 Km<sup>2</sup>):

**Cuadro 2.** Obras Estructurales para el Torrente Quebrada San José de Galipán.

Estructura	Objetivo de la obra	Tipología	Costo Estimado
Dique Abierto, con deflectores de flujo (separado del dique) Estructura en concreto armado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de la lava torrencial</li> <li>• Selección de material grueso</li> </ul>	Altura: 10,35 m Ancho: 22 m	Monto Total: 1,24 Millardos
Dique Abierto, con deflectores de flujo Estructura en concreto armado con vigas de acero en la sección filtrante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención de material fino</li> <li>• Retención de material leñoso</li> </ul>	Altura: 10,88 m Ancho: 50,40 m Borde del vertedero de mampostería de 30 cm de espesor. Deflectores en piedra con guayas, longitud entre 20 y 25 m.	
Canal Estructura principal construida en concreto, la parte superior en mampostería en bloque de piedras cementadas	Descargar el caudal filtrado a través de la zona urbanizada	Altura: 5 m Ancho: 10 m Longitud: 1.200 m	

### Cuenca de la Quebrada Piedra Azul (20,6 Km2):

Cuadro 3. Obras estructurales para el Torrente Quebrada Piedra Azul.

Estructura	Objetivo de la obra	Tipología	Costo Estimado
Dique Abierto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura de la lava torrencial</li> <li>Selección granulométrica de material grueso y leñoso</li> </ul>	Altura: 13,5 m Ancho: 52 m	Monto Total 15,4 Millardos
Contradique Estribos en hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar la socavación del dique abierto.</li> </ul>	Altura: 7 m	
Dique Longitudinal (aguas arriba del dique abierto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dirigir el caudal en dirección del lado rocoso (margen derecha)</li> </ul>	Altura: 16 m Longitud: 67 m Aproximada Forma trapezoidal	
Dique Rastrillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retención de material sólido</li> </ul>	Altura: 8,35m Vigas horizontales separadas entre 0,30 y 0,50 m, en la sección del vertedero. Ancho de la estructura 50 m Aproximada.	
Canal Principal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descargar caudal total</li> </ul>	Canal Semihexagonal Ancho de fondo 8 m, en la cresta 16 m. Longitud 1910 m, Profundidad 7 m	
Canal tributario en Quebrada Seca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descargar el caudal filtrado</li> </ul>	Forma de canal semihexagonal, con ancho de fondo de 3 m y ancho de cresta de 3,40 m Profundidad: 3 m Longitud: 512 m	
Dique Filtrante y rompe lavas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir la energía</li> <li>Depositar lavas</li> </ul>	Sección filtrante con vigas de acero	
Canal tributario en Quebrada de Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descargar el caudal filtrado</li> </ul>	Forma de canal semihexagonal, con ancho de fondo de 2,10 m Profundidad: 3 m Longitud: 216m	

### Cuenca del Río San Julián (21,29 Km<sup>2</sup>):

**Cuadro 4.** Obras estructurales para el Torrente San Julián.

Estructura	Objetivo de la obra	Tipología	Costo Estimado
Dos (2) Diques Abiertos Estructura de concreto ciclópeo	• Retención de material grueso.	Altura: 17 m	Monto Total 12,07 Millardos
Dos (2) Contradiques Estructura de concreto ciclópeo	• Evitar la socavación del dique principal.	Altura: 6,5 m Distancia con el dique 30 m	
Muro de contención lateral	• Evitar la erosión de la margen derecha del río	Altura 8,5 m	
Tres (3) Diques de consolidación	• Consolidar pendientes y laderas	Altura: 8 m Ancho de cresta: 3 m	
Tres (3) Contradiques Estructura de concreto ciclópeo	• Evitar socavación de fondo aguas abajo de los diques de consolidación	Altura: 2 m	
Canal Estructura en mampostería	• Descargar caudal total	Tipo trapezoidal. Longitud: 2130 m Base menor: 60 m. Base mayor: 69 m Profundidad: 3 m. Fondo acorazado con piedras de diámetro de 50 cm.	

### Cuenca de la Quebrada Camuri Chiquito (10,21 Km<sup>2</sup>):

**Cuadro 5.** Obras estructurales para el Torrente Quebrada Camuri Chiquito.

Estructura	Objetivo de la obra	Tipología	Costo Estimado
Dique Abierto Estructura de concreto ciclópeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Romper energía de lava</li> <li>• Retención granulométrica de material grueso y leñoso</li> </ul>	Altura: 20 m	Monto Total 4,07 Millardos
Contradique Estructura de concreto ciclópeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la socavación del dique principal.</li> </ul>	Altura: 11,6 m Espesor de la cresta: 3 m	
Dique de consolidación Estructura de concreto ciclópeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidar pendientes y laderas</li> </ul>	Altura: 8 m Ancho de cresta: 4 m	
Contradique Estructura en concreto ciclópeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar la socavación de fondo</li> </ul>	Altura: 5,3 m	
Dique Abierto con Galería, con autopista en corona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención de caudal sólido (material rocoso y leñoso)</li> </ul>	Altura: 9 m Cinco (5) galerías distanciadas cada 4 m	
Contradique Estructura de concreto ciclópeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar socavación de fondo aguas abajo del dique</li> </ul>	Altura: 8 m Espesor de cresta 2 m	
Muros de contención lateral Estructura de concreto ciclópeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar la erosión en la margen derecha del dique galería</li> </ul>	Altura 8,6 m	
Canal Estructura en mampostería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargar caudal total</li> </ul>	Tipo Trapezoidal. Base menor: 32 m Base mayor: 40m Longitud: 420 m. Profundidad: 2,80 Fondo acorazado con piedras de diámetro de 50 cm	

**Cuenca de la Quebrada Osorio (4,7 Km<sup>2</sup>):**

**Cuadro 6. Obras estructurales para el Torrente Quebrada Osorio.**

Estructura	Objetivo de la obra	Tipología	Costo Estimado
Dique Abierto Estructura de concreto ciclópeo Rcc 250 Kg/cm <sup>2</sup> , con barandas horizontales Cada 1,90 m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de la lava torrencial</li> <li>• Selección granulométrica de material grueso (<math>\phi &gt; 2m</math>)</li> <li>• Retención de material leñoso</li> </ul>	Altura: 14,20 m	Monto Total 4,81 Millardos
Dos (2) traviesas Estructuras de concreto ciclópeo Rcc 250 Kg/cm <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar socavación de fondo del dique</li> </ul>	Altura: 3 m Espesor: 0,80 m	
Canal Fondo móvil, Estructura de concreto ciclópeo, Rcc 180 Kg/cm <sup>2</sup> con paramento exterior en piedra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargar caudal total</li> </ul>	Longitud 565 m Sección: ancho 13 m, altura 5. Traviesas cada 30 m	

**Cuenca de la Quebrada Cariaco (1,25 Km<sup>2</sup>):**

**Cuadro 7. Obras estructurales para el Torrente Quebrada Cariaco.**

Estructura	Objetivo de la obra	Tipología	Costo Estimado
Dique Abierto N° 2 Estructura de concreto ciclópeo Rcc 250 Kg/cm <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruptura de la lava torrencial</li> <li>• Selección granulométrica de material grueso (<math>\phi &gt; 1,5\text{m}</math>)</li> <li>• Retención de material leñoso</li> </ul>	Altura: 8,05 m	Monto Total 2,1 Millardos
Contradique Estructura de concreto ciclópeo Rcc 250 Kg/cm <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar socavación de fondo del dique</li> </ul>	Altura: 5,30 m	
Dique Abierto N° 1 Estructura de concreto ciclópeo Rcc 250 Kg/cm <sup>2</sup> , con barandas horizontales cada 0,5 m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención del material sólido de menor diámetro</li> <li>• Dirigir el caudal hacia el canal</li> </ul>	Altura: 6 m	
Canal, fondo móvil, Estructura de concreto ciclópeo, Rcc 180 Kg/cm <sup>2</sup> , con paramento exterior en piedra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargar caudal total</li> </ul>	Longitud 540,5 m. Sección: ancho 9 m altura 4 m, con traviesas cada 28 m	

## Cuencas del río Mamo y Quebrada Seca:

Cuadro 8. Obras estructurales para el Torrente Mamo y Quebrada Seca.

Estructura	Objetivo de la obra	Tipología	Costo Estimado
<p><b>Torrente Mamo:</b>                      Dos Diques de retención y cuatro de consolidación                      Estructura de concreto ciclópeo                      Rcc 250 Kg/cm<sup>2</sup>.                      Canal, fondo móvil,                      Estructura de concreto ciclópeo, Rcc 180 Kg/cm<sup>2</sup>,                      con paramento exterior en piedra (3.000 m).</p> <p><b>Torrente Qda. Seca:</b>                      Canal, fondo móvil,                      Estructura de concreto ciclópeo, Rcc 180 Kg/cm<sup>2</sup>,                      con paramento exterior en piedra (830 m).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención del material sólido de menor diámetro</li> <li>• Dirigir el caudal hacia el canal.</li> <li>• Descargar caudal total.</li> <li>• Consolidar pendientes y laderas</li> </ul>	Sin especificaciones	Monto Total 16,24 Millardos

## EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO. ASPECTOS ECONOMICOS.

Con la finalidad de estimar la rentabilidad económica que tiene el proyecto propuesto para la recuperación y control del fenómeno torrencial ocurrido en el estado Vargas, a continuación se realiza una evaluación a nivel de perfil del proyecto en su conjunto. Para ello se toman en cuenta un conjunto de condiciones iniciales de evaluación, los costos totales estimados del proyecto, los beneficios calculados y los resultados de la evaluación.

## **CONDICIONES DE LA EVALUACIÓN.**

### **Fecha de cálculo de los precios.**

La fecha de referencia para el cálculo, tanto de los costos como de los beneficios, fue para Mayo del año 2.002. Los precios se tomaron de la información suministrada por el Ministerios del Ambiente y de los Recursos Naturales, y existentes en el mercado.

### **Precios económicos.**

Para el cálculo de los precios económicos, en esta evaluación se tomo el 85% de los precios de mercado, según recomendación suministrada por los expertos de la misión de Japón en Venezuela, incluyendo entre otros elementos el descuento por pago de impuestos y otras transferencias.

### **Vida del proyecto.**

La vida útil del proyecto se estima en 50 años

### **Período de evaluación.**

La vida económica del proyecto, se considera a 50 años, este período de evaluación es sustentado principalmente debido a que en proyectos de esta naturaleza, los períodos de retorno o de ocurrencia de estos fenómenos son considerablemente largos (100 años), de esta manera al calcular los beneficios del proyecto, para los periodos de retorno de 100, 75, 50, 25 y 10 años se puedan promediar de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y obtener un valor promedio de beneficios para un plazo medio a la ocurrencia del fenómeno (50 años).

### **Costos por servicios de ingeniería.**

Se estima un valor del 10% del costo económico total.

### **Costos de contingencia**

Se estima un valor del 5 % del costo económico total, como gastos de imprevistos.

### **Tasa de oportunidad.**

Para efecto de la evaluación, se toma el 12% como tasa de comparación para medir la rentabilidad de la inversión propuesta.

### **Tasa de cambio.**

Se tomo una referencia de 1000 BS/US\$.

## **COSTOS ECONÓMICOS.**

Los costos económicos son calculados a partir de los costos financieros, tomando como referencia un 85% de los mismos, efectos de descontar las transferencias internas por conceptos de impuestos y otros aspectos que distorsionan el mercado. Se toman los costos por construcción, por servicios de ingeniería, costos de contingencia y los costos por compensación de este grupo solo se toman los costos por relocalización.

De los cálculos efectuados en el proyecto para las nueve cuencas y sus torrentes a ser corregidos se tiene un costo total de construcción a precios financieros de mercado de: 74,841 Millardos de Bolívares En el cuadro 9, se presenta la distribución de estos costos a partir del año 2002 hasta el 2005 a precios económicos ya corregidos, incluyendo los costos por servicios de ingeniería, contingencia y costos de relocalización.

**Cuadro 9.** Distribución de los costos a precios económicos. En millardos de Bolívares.

	TOTAL	2.002	2.003	2.004	2.005
1. Costos de construcción	49,481		16,494	16,494	16,494
2. Servicios de Ingeniería (10%)	4,948	1,237	1,237	1,237	1,237
3. Contingencia (5%)	2,474	0,619	1,619	0,619	1,619
2. Costos de compensación (Relocalización)	6,712		2,237	2,237	2,237
<b>Total</b>	<b>63,615</b>	<b>1,856</b>	<b>20,586</b>	<b>20,586</b>	<b>20,586</b>

Unidad monetaria. El Bolívar. (1 Millardo de Bolívares = 1.000 Millones de Bolívares).

## BENEFICIOS ECONÓMICOS.

Para la estimación de estos beneficios se consideró el valor calculado en pérdidas y daños directos, reportado por PNUD para diciembre de 1999 en el estado Vargas de 1.520 millones de Dólares (80% de las pérdidas y daños estimados para el país), lo que da como resultado un valor directo en daños y pérdidas de 1.064 millardos de Bolívares, a esta cifra se le agrega un 20% por concepto de daños y pérdidas indirectas, obteniendo un valor total de 1.276,80 Millardos de Bolívares.

Al tomar estos daños y pérdidas como beneficios generales, se puede realizar un cálculo de los beneficios que reportaría el proyecto propuesto para la recuperación y control del fenómeno torrencial a ser implementado en el estado Vargas. En este caso se relaciona la capacidad de mitigación que tendrían las diferentes estructuras diseñadas reflejado en cuanto a la capacidad de retención de sedimentos que tienen estas estructuras y se calcula el beneficios en Bolívares que tendría el proyecto para los periodos de retorno analizados: 100, 75, 50, 25 y 10 años.

En el cuadro 10 se presentan los beneficios obtenidos por efecto de la mitigación de daños para cada período de retorno y el valor promedio anual de las diferentes estructuras de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia del fenómeno-

**Cuadro 10.** Beneficios por concepto de la mitigación de daños y su promedio anual de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia.

Período de retorno (Años)	Beneficios por daños evitados (*10 <sup>9</sup> Bs.)	Promedio anual por daños evitados (*10 <sup>9</sup> Bs.)
100	294,2	-
75	282,6	0,961
50	272,1	1,849
25	248,8	5,210
10	220,0	14,065

En resumen el beneficio económico promedio anua del proyecto sería, por efecto de mitigación: Bs. 22,085\*10<sup>9</sup>

## EVALUACIÓN ECONÓMICA.

La evaluación económica del proyecto se realiza para un horizonte de 50 años, en el cuadro 11 se presenta la estructura de costos y los resultados obtenidos de la evaluación.

**Cuadro 11.** Evaluación económica del proyecto propuesto para la recuperación y control del fenómeno torrencial ocurrido en el estado Vargas. (\*10<sup>9</sup> BS).

Años	Costos de Construcción	Costos por servicios de ingeniería	Costos de Contingencia	Costos de Compensación	Costos Totales	Beneficios	Flujo Neto de Caja	Indicadores Económicos:	
								TIR=	27%
2002		1,237	0,619		1,856		-1,856	VPN (*10 <sup>9</sup> BS) al 12%/ anual=	Bs. 62,90
2003	16,494	1,237	0,619	2,237	20,586		-20,586	B/C al 12%/ anual=	3,99
2004	16,494	1,237	0,619	2,237	20,586		-20,586		
2005	16,494	1,237	0,619	2,237	20,586		-20,586		
2006						22,085	22,085		
2007						22,085	22,085		
2008						22,085	22,085		
2009						22,085	22,085		
2010						22,085	22,085		
2011						22,085	22,085		
2012						22,085	22,085		
2013						22,085	22,085		
2014						22,085	22,085		
.						.	.		
.						.	.		
.						.	.		
.						.	.		
.						.	.		
2050						22,085	22,085		

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación, el proyecto propuesto puede ser llevado a la fase de construcción, ya que los indicadores económicos estimados para el período de análisis de 50 años, están por encima del valor límite establecido, para cada uno de ellos, en este caso la TIR es mayor del 12%, el VAN es mayor de cero (0) y la R B/C es mayor que uno (1).
- Los beneficios estimados para un periodo de retorno de 50 años, se considera un valor estimado promedio de los posibles beneficios obtenidos, derivados principalmente del conjunto de daños que se evitarían en caso de producirse nuevos eventos torrenciales.
- La estimación de 85% como factor de corrección para llevar de precios financieros a económicos es un valor estimado dado la carencia de factores de corrección actualizados para el sector de construcción y la observación que existe de los últimos factores existentes en torno a que la mayoría de estos factores están por debajo de la unidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Banco Interamericano de Desarrollo. 1982. *Proyectos de Desarrollo, planificación, implementación y control*. México: Editorial Limusa.
2. Bruce, H.M. y otros. 1982. *Nota de Curso. El Ciclo del Proyecto. Introducción a la Etapa de Planificación y Ejecución del Proyecto. Materiales de Capacitación del IDE*. Banco Mundial.
3. Córdova S., Karenia. 1999. *Los Eventos del 15 – 16 de Diciembre en el Litoral Norte de Venezuela y su Relación con los Efectos del Cambio Climático* Instituto de Geografía y Desarrollo Regional. FHE. UCV. *Exposición Mesas de Trabajo*. Caracas.
4. Gittinger J., Price. 1989. *Análisis Económico de Proyectos Agrícolas*. Tercera Edición. Madrid: Editorial Tecnos, S.A.
5. ILPES. 1974. *Guía Para Presentación de Proyectos*. México: Editorial Siglo XXI.
6. JICA-MARN. 2000. *Proyecto de Control de Torrentes de las Cuencas de los ríos San Julián y Camuri Chiquito*. Estado Vargas, Venezuela.
7. MARN. 1999. *Desastre Ocurrido en las Cuencas Torrenciales del Estado Vargas. Diciembre de 1999*. Comisión Ambiental para la Evaluación y Tratamiento Integral de las Cuencas Torrenciales del Estado Vargas. *Exposición en mesas de Trabajo*. Caracas.
8. MARN. 2000. *Proyectos de Control de Torrentes*. Estado Vargas. *Exposición en mesas de Trabajo*. Caracas.
9. Miranda M. Juan J. 2001. *Gestión de proyectos. Identificación - Formulación. Evaluación. Financiera - Económica - Social - Ambiental*. Cuarta Edición. Bogotá. MM Editores.
10. Rivas V., Francisco. 1997. *Evaluación Económico - Ambiental del Proyecto Yacambú - Quibor* Tesis Magister Scientiae. CIDIAT Mérida, Venezuela.

11. Takahashi, T., Chigira M., y otros. 2001. Flood and Sediment Disasters Caused by the 1999 Heavy Rainfall in Venezuela. Research Report on Natural Disasters, Supported by the Japanese Ministry of Education, Science, Sport and Culture.
12. Villegas, Rodrigo V. 1997. Evaluación Económica de Proyectos de Inversión. Sexta Edición. Santafé de Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica de Colombia S. A.
13. Zuleta, Ibariën G. 1998. Evaluación de Proyectos de Desarrollo Sustentable. Caracas: Centro Interamericano de Enseñanza de Estadística. Centro de Estudios del Desarrollo.