

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

La propuesta metodológica que se propone para el desarrollo del presente trabajo consta de las siguientes etapas:

- 1.Revisión bibliográfica y cartográfica del área, acerca de los aspectos físicos naturales y socioeconómicos
- 2.Identificación de impactos, y selección del área crítica.
- 3.Medidas estructurales que contengan el prediseño de las obras.
- 4.Estimación del tiempo de retorno para el diseño de las obras.
- 5.Selección definitiva de la alternativa de la medida estructural.
- 6.Evaluación económica y formulación de las medidas no estructurales.
- 7.Elaboración de un informe final.

#### **Revisión bibliográfica y cartográfica del área, acerca de los aspectos físicos naturales y socioeconómicos**

La revisión bibliográfica y cartográfica se orienta a la obtención de información acerca de los aspectos siguientes:

- De carácter técnico.
- De carácter económico.
- Generalidades del área de estudio.

Debe precisarse que la escala de trabajo que se propone emplear es a nivel semi - detallado (1:10.000) para nivel de prediseño; y para el diseño se sugiere 1:100, o máximo 1:200.

La recolección de la información básica del área de estudio debe contener los aspectos físicos y naturales, tales como: ubicación, área, climatología, hidrología, suelos, uso actual de la tierra entre otros.

También comprende aspectos socioculturales tales como: demográficos, población económicamente activa, servicios básicos como la educación e información sobre la propiedad de la tierra y otra que sea de utilidad para lograr los objetivos del trabajo.

### **Identificación de impactos y selección del área crítica**

Basado en la caracterización física y social, se establece el estado actual de la cuenca torrencial, determinando las acciones que la afectan y que la contaminan, a través de una lista, y posteriormente se elabora una matriz de impactos para establecer una prioridad en su manejo ambiental.

De la prioridad se establece que áreas o unidades hidrográficas (subcuenca o microcuenca) son prioritarias para su tratamiento como cuenca torrencial y determinar qué tipo de obras es necesario para su control, sean de ingeniería civil, o de ingeniería agronómica, o una combinación de ambas soluciones.

La matriz de impactos es un arreglo de doble entrada: subcuencas-problemas; la entrada de problemas, se la subdividió en dos grandes columnas; de acuerdo al resumen de la lista de acciones, esto es, en afectación de los recursos naturales y en la contaminación de los mismos. **APÉNDICE 1.**

### **Medidas estructurales que contengan el prediseño de las obras**

En la realización del prediseño de las obras necesarias para el control de torrentes, se requerirá de datos tales como:

- Características topográficas.
- Características de las partículas del cauce.
- Características hidráulicas: caudal de diseño.

Tiempo de concentración.

Número de curvas.

Lluvia de diseño.

- Características de las obras.
- Ubicación de las obras.
- Diseño de las obras principales y de las obras secundarias.
- Estimación de costos de las obras.

### **Estimación de período de retorno para el diseño de las obras**

El período de retorno de diseño óptimo puede determinarse por un análisis hidroeconómico si se conocen tanto la naturaleza probabilística de un evento hidrológico como el daño que resultaría si éste ocurre sobre un rango posible de eventos hidrológicos.

A medida que el período de retorno de diseño se incrementa, los costos del capital de la estructura aumentan, pero los daños esperados disminuyen debido a que se proporciona una mejor protección.

Sumando los costos de capital y los costos de daños esperados anualmente, puede encontrarse el período de retorno de diseño que tenga los menos costos totales.

### **Selección definitiva de la alternativa de la medida estructural**

Reconocida la necesidad de contrarrestar los efectos que producen el fenómeno de una cuenca torrencial, en especial la de reducir el volumen del agua y del material sólido; y, por otro lado disminuir su concentración, esto es, cortar los picos de las crecidas y del arrastre; se debe seleccionar la medida estructural que sea la más conveniente desde los puntos de vista técnico, económico, social y ambiental.

De esto resulta que la construcción de un dique, complementada con la de dos espolones y un muro es la solución más frecuente para enfrentar el fenómeno; siendo la alternativa que se presentará en esta trabajo. El costo de la construcción del dique contendrá el costo de operación y mantenimiento del mismo.

Si se desea evaluar otras alternativas, como aquella de la construcción de más de un dique y obras adicionales similares a las mencionadas en la alternativa propuesta anteriormente, el procedimiento empleado para su análisis debe ser el mismo.

El cálculo del daño mediante el método de valor esperado se realizará con períodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

Si los cálculos se realizaran por etapas de cada cinco años, hasta un TR de 500 años, se tendría que elaborar una matriz de 100 filas, pero en todo caso, las variaciones de TR dependen de la necesidad e importancia de la obra.

## Procedimiento para calcular el valor de daños anuales esperado

Existen tres formas de uso común para determinar el valor de daño anual esperado: una aproximación empírica, un análisis de riesgo y el análisis hidroeconómico.

La forma que se utilizará en el presente trabajo es el análisis hidroeconómico, que determina el período de retorno del diseño óptimo, si se conoce la naturaleza probabilística de un evento hidrológico así como el daño que resultaría si ocurre sobre un rango de posibilidades del evento.

El procedimiento a emplearse es el siguiente:

- Estimar los caudales picos empleando el programa CAUDAL 3.2, Versión 2 para los diferentes períodos de retorno (TR), para así poder calcular el costo de las obras para cada caso. Este programa también permite calcular los volúmenes de sedimentos generados por cada crecida.
- Se calcula la probabilidad de excedencia anual (P), a partir del período de retorno (TR). Se usa la ecuación siguiente:

$$P = \frac{1}{TR}$$

- Se estima el costo de los daños que se evitarían por la construcción de las obras estructurales para los diferentes períodos de retorno.
- Se calcula el daño incremental esperado, utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta D_x = \left[ D(x_{i-1}) + D(x_i) \right] [P(x > x_{i-1}) - P(x > x_i)]$$

donde

$D_x$  es el daño incremental esperado, en bolívares-año

$i$  es el intervalo entre dos tiempos de retorno

$D_{x_{i-1}}$  son los daños en  $TR = i$ , en bolívares-años

$D_{x_i}$  son los daños en  $TR = i+1$ , en Bs. años

$P_{x_{i-1}}$  es la probabilidad de excedencia anual para  $TR = i$

$P_{x_i}$  es la probabilidad de excedencia anual para  $TR = i+1$

Finalmente se suman todos los valores, obteniéndose el valor de los daños anuales esperado, lo que viene dado por la expresión:

$$DAE = \sum_{i=1}^n \Delta D_i$$

donde

DAE son los daños anuales esperados, en bolívares. Este es el valor que se perdería si no se construyen las obras.

- Se calcula el costo de riego de daños, partiendo de los daños anuales esperados y realizando restas sucesivas, se debe llegar a cero.
- Se calcula el valor de las obras a realizarse para cada TR. Se identifica como inversión.
- Se calcula el costo total, sumando los dos anteriores.
- Selección del tiempo de retorno óptimo.

### **Estimación de los daños esperados para cada período de retorno**

Los daños esperados para los diferentes períodos de retorno se supusieron provendrían de los siguientes componentes:

- Costo del dragado que se tendría que hacer del cauce de la Quebrada Seca;
- Daño a las viviendas;
- Costo de daño a las áreas de servicio sociales;
- Afectación a la carretera que comunica Burbusay con La Concepción;
- El perjuicio al puente de la vía; y,
- El Incremento del costo del viaje que se tendría que hacer entre Burbusay y Boconó, debido al daño a las infraestructuras de comunicación vial (carretera y puente).

### **Cálculo del sedimento y el valor del dragado**

Los pasos seguidos para la estimación del sedimento y el valor del dragado fueron los siguientes:

- Generación de los caudales picos de los diferentes períodos de retorno, usando el programa CAUDAL3. Versión 2.

- Determinación de volumen de sedimentos, dado por el programa CAUDAL3. Versión 2 para cada período de retorno.
- Estimación del valor unitario del metro cúbico por extracción de sedimentos.
- Cálculo del valor anual del dragado para cada período de retorno, multiplicando el volumen total de sedimentos por su valor unitario.

### **Cálculo del valor de las viviendas**

Los pasos planteados para calcular el estimado del valor de las viviendas afectadas por el fenómeno torrencial fueron:

- Recorrido sobre el cauce y ubicación de todas las viviendas y/o propiedades ubicadas en el área de la cuenca torrencial y determinación, según versiones de los moradores del área, del número probable de las viviendas afectadas.
- Determinación del valor unitario de las viviendas, a través de la información obtenida de sus propietarios, de alguna venta realizada recientemente y de los valores catastrales. Se utilizó un valor comercial promedio.
- Se supuso, por información proporcionada por los habitantes de la zona, el número de viviendas que se podrían afectar para cada uno de los diferentes períodos de retorno.
- Cálculo del valor total de las viviendas afectadas, para cada período de retorno; resulta multiplicando el número de viviendas asumidas en el punto anterior por su valor unitario.

### **Cálculo del valor de áreas de servicios sociales**

Las áreas de servicios sociales que pueden afectarse con la presencia del fenómeno de una cuenca torrencial son: escuelas, parques, ambulatorios, canchas multifuncionales entre otros. Para el presente trabajo, de acuerdo a visitas técnicas realizada, se planteó que el área a afectarse era una cancha multifuncional.

El costo del daño se estimó de acuerdo a los siguientes pasos:

- Medición del área de la cancha multifuncional.
- Determinación a través de consulta con expertos, del valor unitario del metro cuadrado de construcción de tal cancha.
- Cálculo del valor total, multiplicando el área por su valor unitario.

- Propuesta de supuesto para estimar, desde qué período de retorno la cancha sea afectada por el fenómeno.

### **Cálculo del valor del daño del sector de la carretera que comunica Burbusay y La Concepción**

Al igual que los casos anteriores, se supuso diferentes longitudes de carretera a ser afectadas para los diferentes períodos de retorno. Dado que no se tenía información precisa sobre la longitud de vía que sería afectada para cada período de retorno, los valores utilizados son totalmente asumidos. Se debe destacar las dificultades de encontrar el valor del precio unitario de un metro lineal de una vía de esta clase que está ubicada en la zona de estudio, en los organismos competentes, ya sean estatales o nacionales. En tal sentido, se utilizaron los precios unitarios de los materiales para este tipo de construcción, ofrecidos por el Ministerio de Obras Públicas(MTC) y actualizados por inflación al año de 1996.

El procedimiento usado para el cálculo del valor del daño por carretera fue similar al de las viviendas, y constó de los siguientes pasos:

- Recorrer la carretera para tener una idea visual de la longitud que se afectaría.
- Determinar el valor unitario por metro lineal de carretera, utilizando los precios unitarios de los rubros entregados por el MTC, a septiembre de 1996.
- Suponer cuantos metros lineales se afectarían para cada uno de los diferentes períodos de retorno.
- Calcular el valor total de carretera afectada para cada período de retorno multiplicando el número de metros lineales por su respectivo valor unitario.

### **Cálculo del valor del puente**

Los daños esperados para los diferentes períodos de retorno se asumieron con el mismo criterio que el utilizado para la cancha multifuncional. Respecto al cálculo del valor del metro lineal de un puente del tipo que existe sobre la Quebrada Seca, no se obtuvo información alguna, ni del MTC ni de ningún otro organismo similar. Se utilizaron los precios unitarios de los materiales para este tipo de construcción, ofrecidos por el MTC, y actualizados por inflación al año de 1996.

Los pasos seguidos fueron:

- Medición del puente en su longitud y su ancho, determinar que clase de material se uso en su construcción y cualquier información que permita calcular su costo.

- Determinación del valor unitario del metro lineal del puente, utilizando los precios unitarios de cada uno de los rubros, entregados por el MTC a septiembre de 1996.
- Cálculo del valor total del puente.
- Se supuso, por información proporcionada por los habitantes de la zona, desde que período de retorno podría afectarse el puente.

### **Cálculo del valor por costo de viaje**

El costo que se producirá al dañarse una carretera o un puente, o ambos a la vez, de tal forma que no permita la circulación de los vehículos de tal forma que se tenga que utilizar una carretera alterna, de mayor recorrido ocasionando otros daños, como el pago de valores mayores por la realización de viajes por esta nueva ruta, ya que a mayor longitud recorrida por un transporte sea público o privado, mayor será el gasto del combustible y mayor el desgaste del vehículo.

El procedimiento que se utilizó para el cálculo del valor de viaje, contiene los siguientes pasos:

- Determinar el número de vehículos por lo menos en una hora diaria, en las llamadas "horas pico" (07H00, 13H00 y 18H00) y durante tres días consecutivos, utilizando una hora diferente en cada día; de tal forma obteniéndose un número promedio diario de vehículos que circulan por esa carretera. Pero no todos los vehículos que utilizaban la carretera afectada por el fenómeno usarán la carretera alterna, se supone un porcentaje del promedio diario lo harán (se admite valores entre el 60 y 80%).
- Calcular la distancia entre el punto o ciudad de partida hasta el o los centros más comunes de viaje, o por lo menos a la intersección con una gran carretera. Para este cálculo se realizó viajes de comprobación de las distancias incrementadas por la utilización de la nueva carretera.
- Calcular la distancia entre el punto de partida hasta el punto de llegada elegido, a través de la carretera alterna, realizando recorridos de la carretera alterna.
- Establecer la diferencia de distancia adicional que debe recorrer cada vehículo al no poder usar la carretera interrumpida.
- Determinar el pago del kilómetro por vehículo. Para tal fin se buscó información en distintas instituciones, seleccionándose un valor promedio razonable.
- Suponer el período de tiempo que estará interrumpida, la carretera y/o el puente, período que debe asumirse en días.

El valor total por viaje vendría dado por la expresión:

$$Vv = p. d. u. n$$

donde

Vv es el valor del viaje, en bolívares.

p es el porcentaje de vehículos que usan la carretera alternativa.

d es la diferencia de distancia.

u es el valor del precio unitario.

n es el número de días de interrupción.

### **Suma de los valores de los daños anuales esperado**

Se ha establecido el procedimiento para el cálculo del valor de cada uno de los daños esperados que fueron considerados para el presente estudio y para los diferentes períodos de retorno.

La suma de todos los valores de los daños anuales esperados, se utiliza en el proceso del valor anual esperado como la columna de daños.

### **Cálculo del valor de la inversión**

La inversión es el valor de las obras a realizarse para cada TR. La información que se tiene hasta el momento son los valores de las obras de ingeniería para un TR = 50 años obtenidos del prediseño de la obra y el supuesto de que la obra con un TR = 1 año tiene una inversión igual a cero.

Si se desea aplicar algún método estadístico como el de correlación para determinar las inversiones faltantes para los otros TR, es necesario calcular a través del prediseño de las obras por lo menos dos valores adicionales, si el número es mayor el factor de correlación será mejor.

El procedimiento para el cálculo del valor de la inversión se lo explica en el siguiente acápite del presente trabajo.

### **Cálculo de la inversión para diferentes períodos de retorno (TR)**

Se calcula el valor total de las obras para diferentes TR, tales como 20, 100, 200 y 500 años, utilizando todos los pasos del prediseño; esto es, todo el proceso seguido para calcular el valor de las obras para un TR de 50 años, con ellos se

elabora una tabla, cuyo valor inicial es para un TR de 1 año y el valor de la inversión es cero.

### **Cálculo de los valores faltantes de la inversión**

El método estadístico aplicado para calcular los valores de inversión faltantes es el de correlación, determinándose la relación entre los valores anotados en la tabla, que se menciona en el acápite anterior. La bondad del ajuste se determinará a través del coeficiente de correlación, del diagrama de dispersión de puntos y del análisis de las características de las obras. En esta correlación debidamente analizada, se calcula las inversiones para cada uno de los restantes tiempos de retorno.

### **Selección definitiva de la alternativa de medida estructural**

Encontrado el período de retorno óptimo, se realiza el diseño definitivo de la obra, tomando en cuenta planos topográficos en detalle y todo lo que se requiera para la selección definitiva del dique.

### **Evaluación económica y formulación de medidas no estructurales**

La evaluación económica se realiza con el fin de decidir si es o no conveniente acometer estas obras, para lo cual se deben identificar, cuantificar y valorar sus costos y beneficios.

Como se trata de un proyecto de inversión pública, se debe tener muy en cuenta la protección de la vida y bienes de los ciudadanos, residentes en la cuenca torrencial, cuando se trate del análisis.

Para la evaluación económica se utilizará indicadores como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el costo anual equivalente (CAE).

Las medidas no estructurales tales como la asistencia técnica, la extensión agrícola, programa de educación ambiental, programa de prevención y control de incendios forestales, análisis institucional entre otros, son las medidas que deben aplicarse en la rehabilitación de una cuenca torrencial.

### **Evaluación Económica**

#### **Valor presente neto**

Es el valor actualizado de los beneficios futuros menos el valor actualizado de los costos. En los proyectos de inversión pública estos valores se

descuentan a una tasa que refleja el costo oportunidad de la inversión pública. En este trabajo se utiliza la tasa de descuento aceptada por la banca internacional, que es el 12%.

El criterio para decidir entre las distintas alternativas utilizando este indicador se basa en el principio general de que un proyecto es conveniente siempre y cuando los ingresos y los beneficios asociados al mismo sean iguales o mayores que sus costos.

En síntesis, el VPN será igual a:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

donde

**VPN** es el valor presente neto, en bolívares.

**B<sub>t</sub>** son los ingresos (o beneficios) en cada período, en bolívares.

**C<sub>t</sub>** son los costos en cada período, en bolívares.

**r** es la tasa de interés.

**t** es el número de años.

Por lo tanto se puede llegar a las siguientes conclusiones utilizando el valor obtenido del VPN:

- Si  $VPN > 0$ , el proyecto debe ser aceptado.
- Si  $VPN = 0$ , es indiferente entre realizar el proyecto o escoger otras alternativas de inversión, ya que arrojan el mismo beneficio.
- Si  $VPN < 0$ , no vale la pena invertir en el proyecto, ya que existen otras alternativas que arrojan mayor beneficio.

Las ventajas de utilizar el VPN son:

1. Considera el monto total de la inversión.
2. Considera el tiempo de vida del proyecto.

Una desventaja que se tiene al utilizar el VPN como criterio de decisión, es que se debe partir de una tasa de interés de oportunidad; y, otra desventaja en la interpretación es que muchas veces una cantidad expresada en términos absolutos dice menos que una expresada en términos relativos.

## Tasa interna de retorno

Es la tasa de descuento que hace que el valor presente neto (VPN) del proyecto sea igual a cero.

Debe anotarse que la tasa interna de retorno (TIR) es independiente de la tasa de descuento del inversionista y depende exclusivamente del proyecto.

El TIR puede ser estimado por la expresión:

$$TIR = R_1 + \left[ \frac{VPN_1}{VPN_1 + VPN_2} (R_2 - R_1) \right]$$

donde

**TIR** es la tasa interna de retorno, en %

**R<sub>1</sub>** es la tasa de descuento que da un VPN positivo, en %

**R<sub>2</sub>** es la tasa de descuento que da un VPN negativo, en %

**VPN<sub>1</sub>** es el valor presente neto positivo

**VPN<sub>2</sub>** es el valor absoluto del valor presente neto negativo.

Se puede llegar a las siguientes conclusiones utilizando el valor obtenido de la TIR:

- Si la TIR > tasa de interés de oportunidad, el proyecto es viable.
- Si la TIR = tasa de interés de oportunidad, es indiferente invertir en el proyecto.
- Si la TIR < tasa de interés de oportunidad, no debe invertir en el proyecto.

La TIR tiene la ventaja de no necesitar ningún valor específico de la tasa de interés de oportunidad.

Una desventaja en la utilización de este indicador es que el comportamiento de la TIR depende de la forma de los fondos del proyecto. Hay casos en los cuales no hay ninguna solución para la TIR o en otros casos hay proyectos que tienen muchas soluciones. Teóricamente el número de TIR existente depende del cambio de signos de los flujos.

Otra desventaja tiene relación con el supuesto que asume, por un lado, que los beneficios netos positivos se revierten a una tasa de interés de oportunidad igual a la TIR y por otro, que los recursos faltantes se consideran a una tasa de interés de oportunidad también igual a la TIR. Tampoco considera el monto de la inversión inicial.

### **Costo anual equivalente**

Cuando uno se enfrenta a varias alternativas que solucionarán una necesidad, generando idénticos beneficios, se puede estimar el costo anual equivalente (CAE) para usarlo como criterio de decisión. Matemáticamente, la relación entre el VPC(Valor Presente de los Costos) y el CAE puede expresarse como:

$$CAE = VPC \cdot \left[ \frac{(1 + r)^n \cdot r}{(1 + r)^n - 1} \right]$$

Donde "n" es la vida útil de la alternativa.

Según este criterio, debe escogerse la alternativa que tenga un menor CAE.

### **Proceso para realizar la evaluación económica**

Los pasos que se siguieron para realizar la evaluación económica fueron los siguientes:

- Se eligen los valores de los daños evitados (o beneficios) y de la inversión de cada uno de los TR. Se toman los valores utilizados en el análisis hidroeconómico.
- Se actualiza el beneficio para el primer tiempo de retorno y con su respectivo valor de inversión se aplica primero el indicador del valor presente neto y después la tasa interna de retorno. Si el VPN es negativo y la TIR menor que 12% (tasa de descuento) se procede con los valores del siguiente TR.
- Se repiten todos los cálculos del paso anterior, hasta determinar un VPN positivo y un TIR mayor al 12%. Cuando esto sucede, se asume que el proyecto es rentable a partir de este TR.

### **Formulación preliminar de las medidas no estructurales**

#### **Programa de asistencia técnica**

La asistencia técnica es un proceso mediante el cual la comunidad, en especial los agricultores reciben información sobre técnicas de lo que debe hacerse y como hacerlo.

Este proceso debe tener los siguientes objetivos:

- Incremento de la producción agropecuaria a través de introducción de nueva tecnología o mejoramiento de la utilizada.
- Propiciar la organización y capacitación de los productores agropecuarios con miras a obtener un mejor desarrollo socioeconómico del sector. Entre los aspectos más importantes que debe comprender un Plan de Asistencia Técnica, se cuentan:
  1. Organizar a los productores.
  2. Iniciar prácticas agronómicas y culturales, dirigidos a los suelos, al control de malezas y fitosanitarios y al control biológico.
  3. Planificar la agroeconomía y el crédito.

### **Programa de extensión agrícola**

Los objetivos que debe cumplir este programa dirigido a los productores, son los siguientes:

- Extender la tecnología que logre aumentar y mejorar la producción agropecuaria del sector.
- Promover y fortalecer la organización de los productores.
- Mejorar el aprovechamiento y la conservación de los recursos naturales.

El plan de extensión agrícola debe incluir los siguientes aspectos.

1. Socio organizativo
2. Capacitación agrotécnica
3. Capacitación agroeconómica
4. Educación ambiental
5. Visitas
6. Charlas y demostración de métodos
7. Días de campo.

## **Programa de Educación Ambiental**

La educación ambiental deberá contribuir no sólo a la conservación y explotación racional de los suelos, de los recursos forestales, hidráulicos y de otros recursos, sino también al mejoramiento de las condiciones de vida en el campo: salubridad, vivienda, alimentación, entre otros; potenciando los recursos humanos, sus prácticas culturales y su capacidad de organización.

Un programa de educación ambiental se debe desarrollar en tres fases:

- Fase de motivación (corto plazo) dirigido a las comunidades organizadas.
- Fase de capacitación (mediano y largo plazo) dirigida al productor.
- Asistencia técnica (mediano y largo plazo) dirigida a las organizaciones de base, instituciones y personal técnico.

El enfoque metodológico se desarrollará sobre la base de acciones específicas al productor mediante la relación directa con los extencionistas a través de reuniones, charlas, visitas, giras vivenciales entre otros, para la adopción de programas estratégicos orientados a crear conciencia ambiental y conservacionista mediante el desarrollo del trabajo continuo, y el uso de métodos sencillos y prácticos.

## **Programa de Prevención y Control de Incendios Forestales**

El objetivo de este programa es el de prevenir, detectar y suprimir los incendios de vegetación mediante la acción mancomunada de personal de instituciones afines y sobre todo con la comunidad, organizada en brigadas de voluntarios.

La *prevención* se ejecutará a través de las siguientes actividades:

- Selección e identificación de líderes comunales para que sirvan de futuros multiplicadores de prácticas tanto preventivas en materia de incendios como conservación en materia ambiental. Se recomienda realizar esta actividad durante 1 semana cada 2 años.
- Realización de cursos de capacitación y entrenamiento sobre prevención y control de incendios de vegetación dirigidos al medio rural, coordinados por líderes comunales y las instituciones involucradas sea MARNR e INPARQUES. Se recomienda 10 cursos cada 2 años, de 3 días de duración, para 15 participantes.

Para la *detección y extinción* se requiere de las siguientes acciones:

- Diseño y ubicación del centro de operaciones que sirva de base para las acciones, de almacén para los equipos del programa y alojamiento para las brigadas especiales de combate de incendios de vegetación.
- Construcción de helipuertos que tendrán como función la prestación de apoyo en la vigilancia, abastecimiento, operaciones de combate y extinción de incendios forestales. El número se determinará según el análisis de áreas críticas y de acuerdo a las características topográficas del área.
- Apertura y mantenimiento de corta fuegos en áreas críticas a ser reforestadas.

### **Análisis Institucional**

Este análisis debe presentar las relaciones entre la unidad ejecutora del proyecto con los organismos que pueden estar involucrados, la función que deberá cumplir en el desarrollo del proyecto, y el posible aporte de recursos económicos y humanos.

Un aspecto importante que hay que resaltar es la falta de coordinación que existe en los diferentes organismos que están involucrados en el desarrollo de la zona, lo que hace que los escasos recursos humanos y financieros disponibles en el sector se utilicen en forma aislada. Esta falla de coordinación institucional ha determinado el fracaso de otros programas de desarrollo.

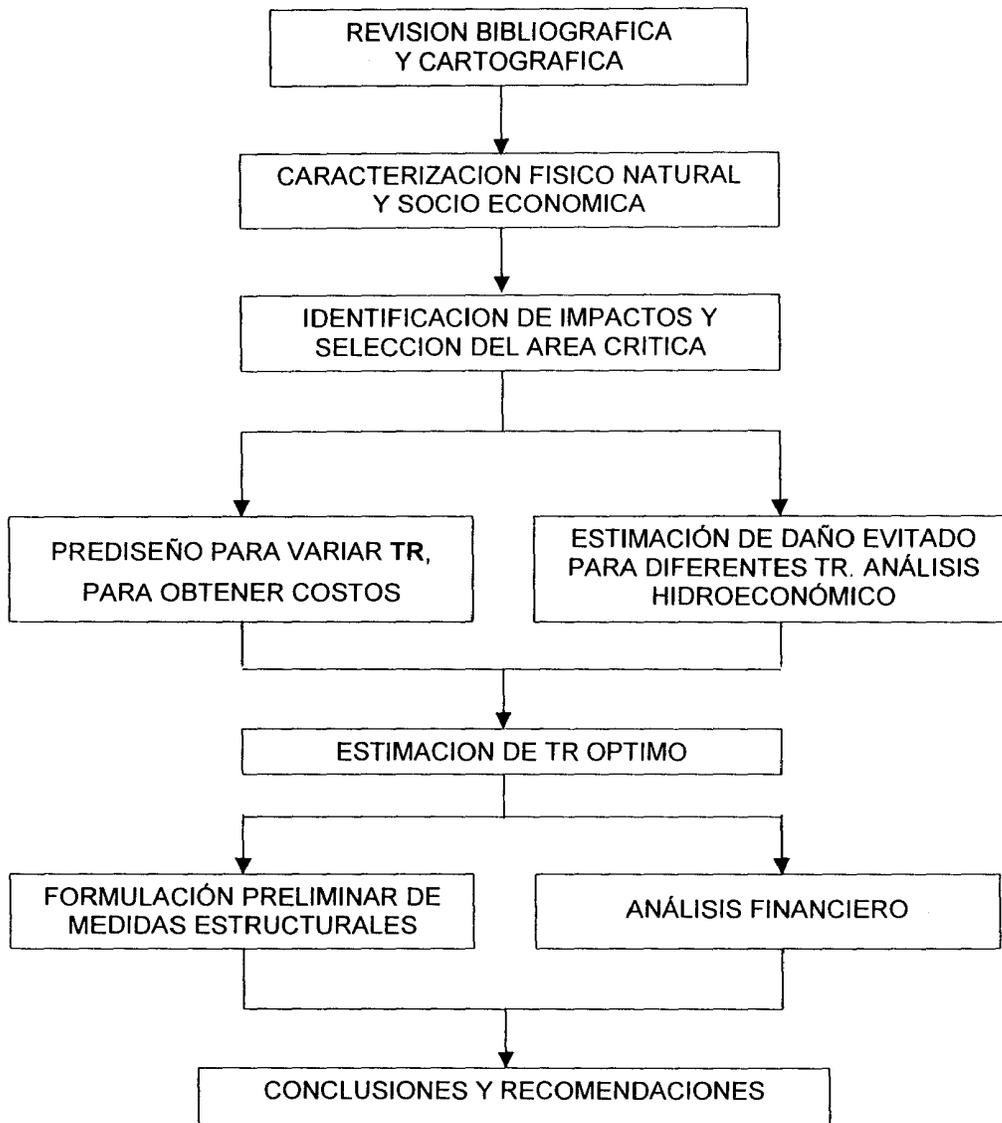
Se debe proponer a mediano plazo que la unidad ejecutora tenga el carácter de Autoridad de Area, para que pueda cumplir con las siguientes acciones claves:

- Coordinación institucional permanente, que permitirá estabilidad funcional entre los cambios políticos y administrativos.
- Descentralización y desconcentración de la planificación de los recursos naturales.
- Ampliación de las fuentes de financiamiento y una contribución de recursos humanos más amplia.
- Facilitar relaciones con organismos de investigación y universidades, con miras a acordar convenios de cooperación en materia de manejo de cuencas, para la realización de investigaciones en áreas específicas.
- Activación de mecanismos de comunicación formales e informales entre los técnicos de los distintos organismos e instituciones que trabajan en áreas específicas, para propiciar la mayor utilización de la información básica, de los planes y proyectos existentes y de los que se encuentren en elaboración.

### Elaboración del informe final

Una vez realizados todos los pasos, se debe presentar el proyecto con sus respectivos planos a un nivel de detalle y con los respectivos costos.

Establecida la propuesta metodológica para el proyecto de rehabilitación de una cuenca torrencial, se la puede sintetizar en el siguiente diagrama de flujo. **Figura 2.**



**Figura 2: Diagrama de Flujo de la Propuesta Metodológica**

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

La Quebrada Seca, contribuyente del río Burbusay, corre junto a la población de Burbusay, donde ha producido daños materiales de consideración tanto en el sector público, en el puente de la carretera Burbusay- La Concepción, como en el privado en las viviendas.

Cabe destacar, que el cauce de la Quebrada Seca está siendo utilizado como parte de la carretera Burbusay – La Concepción.

El presente estudio corresponde a la sección comprendida entre la intersección de la Quebrada Seca y el río Burbusay, a 250 m aguas abajo del puente de la carretera antes anotada, con un recorrido hacia aguas arriba sobre el eje de la quebrada, en una longitud de 850 m.

#### **Revisión bibliográfica y cartográfica del área de estudio**

Respecto a la información básica del área, parte de ella está resumida en el Capítulo II del presente estudio, y otra en el Capítulo III, con base en la cual se identificó los impactos y se seleccionó el área.

Con la finalidad de evaluar la información básica obtenida, se llevó a cabo varias visitas técnicas a la zona de estudio, con las respectivas consultadas al grupo asesor. La última visita técnica realizada contó con la participación del Ing. Raúl Vidal, perteneciente al grupo asesor del estudio.

Con el asesor, se pudo confirmar la localización geográfica de la microcuenca Quebrada Seca, de la subcuenca: Burbusay, de la cuenca Carache, pertenecientes al sistema fluvial del río Motatán, siendo las coordenadas: Latitud: 9° 30' 38'' y de Longitud: 70° 15' 08''. Gráfico 1.

Se realizaron las medidas sobre el cauce de la Quebrada Seca en cuatro secciones diferentes para obtener la información topográfica pertinente, que será utilizada en el programa de HYSEC, para el cálculo de caudal.

Se confirmó las características geológicas y geomorfológicas de la zona; siendo su formación la Mucúchachi, de alta inestabilidad en sus laderas; donde se producen procesos geomorfológicos muy concentrados. Su valle contiene un aluvión conformado por material de granulometría variada.

Respecto a la cobertura vegetal se puede observar que en sus laderas predomina la espinar y en su valle existen explotaciones con cultivos de ciclo corto, y en el resto del área se encuentra vegetación herbazal.

El estado de conservación de las laderas es muy malo, con exceso de suelo o sin él. En el valle existen áreas aptas para la agricultura, que de acuerdo a las observaciones realizadas y por información obtenida de los moradores de la zona, se realizan sin prácticas conservacionistas.

Finalmente se realizó la verificación de la calificación y de la cuantificación adecuada de la afectación a los recursos agua, suelo y vegetación, y su contaminación.

### **Identificación de impactos y selección del área crítica**

El Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), puede definirse como el instrumento que identifica y valoriza los impactos (efectos) potenciales de la zona, relativos a los componentes físicos, químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos.

El propósito principal del Estudio de Impacto Ambiental es el de apoyar a la toma de decisiones que sea más compatible con la zona del proyecto; por lo tanto, se aplicará a este proyecto para identificar si es o no una zona torrencial, y prevenir los impactos significativos.

Teniendo una visión global de la situación actual del área, resultante de la información obtenidas y de las visitas técnicas realizadas por el grupo asesor, se detectaron los problemas que han afectado los recursos naturales en las subcuencas.

Se dividió en dos grupos todas las componentes ambientales planteadas para el análisis y se les dio una puntuación de 100 puntos a cada una. A su vez, cada grupo se subdividió en acciones o actividades: para el primer grupo existe 5 y para el segundo 4, determinándose una ponderación de acuerdo a su magnitud y sobre todo la afectación para cada acción o actividad. La puntuación asignada es la siguiente:

#### **Afectación de los recursos agua, suelo y vegetación**

- Actividades agrícolas: 35 puntos
- Actividades urbanas: 5 puntos
- Apertura de vías: 25 puntos
- Incendios: 30 puntos
- Actividades turísticas: 5 puntos

## Contaminación de suelos y aguas

- Descarga cloacales: 15 puntos
- Uso de agroquímicos: 35 puntos
- Producción de sedimentos y pérdida de suelo: 30 puntos
- Uso inadecuado de agua para riego: 20 puntos

Con todos estos considerandos se asignó valores, donde se establecieron rangos para cada uno de los criterios. Apéndice 1.

Con la superposición de la información obtenida y de los recorridos de campo realizados, se establecieron los parámetros de priorización de la microcuenca Burbusay y en especial de la cuenca perteneciente a la Quebrada Seca; sobre la base de la cuantificación de daños y problemas a puentes y vías de comunicación, aportes sedimentos; daños a estructuras tales como las viviendas y canchas, entre otros. **Tabla 5.**

**Tabla 5.** Matriz de cuantificación de impactos

ACTIVIDAD	PUNTUACIÓN
Agrícolas(35)	30
Urbanas(5)	4
Apertura de vías(25)	25
Incendios(20)	14
Turismo(5)	0
<b>SUBTOTAL</b>	<b>73</b>
2.1 Descargas cloacales(15)	12
2.2 Uso de agroquímicos(35)	30
2.3 Pérdida de suelo(30)	27
2.4 Uso inadecuado de agua(20)	18
<b>SUBTOTAL</b>	<b>87</b>
<b>TOTAL(sobre 100)</b>	<b>80</b>

De la priorización realizada se estableció que la Quebrada Seca es de tipo torrencial. Para que el torrente sea tratado a mediano y a corto plazo, se deberán definir medidas de mitigación y de conservación respectivas.

De esto resulta, que para evitar los daños causados por estos procesos, o sea por fenómenos torrenciales, muchas veces no es suficiente emplear solamente medidas agronómicas o prácticas conservacionistas en las laderas. Es necesario usar obras técnicas como la construcción de un dique, complementada con la de dos espolones y un muro, siendo, ésta la solución más apropiada para enfrentar este fenómeno torrencial de la cuenca en estudio.

Si se precisa evaluar otras alternativas, como la de emplear dos o más diques en la construcción, el procedimiento para el análisis que se plantea sería el mismo, en términos generales.

## **Memoria del Prediseño de las obras**

### **Información topográfica**

Con los planos topográficos del proyecto SAMBURBO (1990), de escala 1:10.000, se elaboró a través del Sistema de Información Geográfica(SIG) un plano de la cuenca, a escala 1: 5.000. Figura 1.

Por mediciones realizadas en la Quebrada Seca, se tomaron datos en cuatro secciones, consideradas importantes:

- Sección 1: ubicación del dique, a 550m. aguas arriba del puente sobre la carretera Burbusay – La Concepción.
- Sección 2: calle atravesada por la Quebrada Seca, a 313m. aguas arriba del puente.
- Sección 3: cancha multifuncional, a 270m. aguas arriba del puente.
- Sección 4: lugar ubicado bajo el puente de la carretera anotada.

De los datos obtenidos en el campo, respecto a las cuatro secciones, se resumen en la Tabla 6.

Con los datos tomados de las visitas de campo realizadas, se aplicó el programa HYSEC, versión 2.0, el cual permite calcular las características hidráulicas de cada una de las secciones determinadas del cauce natural de la Quebrada Seca. **Tabla 7.**

### **Característica particular del cauce**

Según observaciones realizadas en el sitio de la Quebrada se estableció que el diámetro representativo del material es de 90 mm.

### **Características hidráulicas**

#### **Caudal de diseño**

Para la determinación del caudal de diseño se utiliza el programa de CAUDAL3, versión 2.0 el cual requiere de los siguientes datos:

**Tiempo de concentración.** Para la utilización de la ecuación (2.1) del APENDICE 2 hay que calcular la longitud del cauce de la quebrada (L) desde su inicio hasta el punto de ubicación del dique; y la diferencia de nivel (H).

Si  $L = 2400$  m y  $H = 320$  m, resulta que el tiempo de concentración es 17 min.

**Número de curvas.** En el caso específico de la Quebrada Seca, se inició el análisis para la Condición II, resultando el número de curvas en  $CN = 82$  y buscando la condición más crítica, se utilizó la condición III dando como resultado un  $CN = 92$ .

Para poder determinar el número de curvas (CN) para la Condición II se utilizó los siguientes criterios:

- Uso de tierras: cultivos en las hileras estrechas.
- Práctica de conservación: curvas de nivel.
- Condición hidrológica: mala.
- Grupo de suelo: C (moderadamente alto potencial de escorrentía).

**Lluvia de diseño.** Utilizando los mapas del "Atlas de profundidad - duración - frecuencia de Venezuela", del MOP (1963), citado por Rojas (1986) se obtiene para un  $TR = 2$  años con duración de 1 y 6 horas, y para  $TR = 100$  años con duración también de 1 y 6 horas se elaboró un gráfico que permite calcular la lluvia puntual para la duración de 1 hora en períodos diferentes. Figura 3.

Para  $TR = 50$ , la precipitación de una hora es de 160 mm, de acuerdo al dato tomado de la Figura 3. Pero como la duración es menor a una hora, se utilizará la **ecuación (2.2) del Apéndice 2**, resultando que la precipitación para un  $TR = 50$  años es de 90 mm.

En la **Tabla 8** se calcula la precipitación de 1 hora para los diferentes TR asumidos, y luego se obtienen la precipitación para el  $t_c$  de 17 minutos.

**Tabla 6.** Datos que se introducen en el Programa HYSEC

```

4
5 0 2 .25 0.020 0 .035
0.00 2.00
2.00 1.75
2.00 0.00
16.00 0.00
16.00 2.00
4 0 2 .25 0.020 0 .035
0.00 2.00
3.00 0.00
16.00 0.00
18.00 2.00
5 0 3 .25 0.020 0 .035
0.00 3.00
1.00 1.50
6.00 1.50
15.00 0.00
15.00 3.00
4 0 2 .25 0.020 0 .035
0.00 2.00
1.00 0.00
11.00 0.00
12.00 2.00
    
```

**Tabla 7.** Resultados del Programa HYSEC

Sección N° 1 de 4							
Prof. (m)	Radio (m)	Area (m2)	Perim. (m)	Per- qv (m)	Anch (m)	n-eqv	Caudal (m3/s)
0,25	0,24	3,50	14,50	14,50	14,00	0,035	5,48
0,50	0,47	7,00	15,00	15,00	14,00	0,035	17,02
0,75	0,68	10,50	15,50	15,50	14,00	0,035	32,72
1,00	0,88	14,00	16,00	16,00	14,00	0,035	51,75
1,25	1,06	17,50	16,50	16,50	14,00	0,035	73,54
1,50	1,24	21,00	17,00	17,00	14,00	0,035	97,69
1,75	1,40	24,50	17,50	17,50	14,00	0,035	123,89
2,00	1,43	28,25	19,77	19,77	16,00	0,035	144,83
Sección N° 2 de 4							
0,25	0,24	3,33	13,80	13,80	13,63	0,035	5,21
0,50	0,47	6,81	14,61	14,61	14,25	0,035	16,55
0,75	0,68	10,45	15,41	15,41	14,88	0,035	32,60
1,00	0,88	14,25	16,22	16,22	15,50	0,035	52,82
1,25	1,07	18,20	17,02	17,02	16,13	0,035	76,92
1,50	1,25	22,31	17,83	17,83	16,75	0,035	104,71
1,75	1,43	26,58	18,63	18,63	17,38	0,035	136,10
2,00	1,60	31,00	19,43	19,43	18,00	0,035	171,00
Sección N° 3 de 4							
0,25	0,11	0,19	1,77	1,77	1,50	0,035	0,17
0,50	0,21	0,75	3,54	3,54	3,00	0,035	1,08
0,75	0,32	1,69	5,31	5,31	4,50	0,035	3,17
1,00	0,42	3,00	7,08	7,08	6,00	0,035	6,84
1,25	0,53	4,69	8,85	8,85	7,50	0,035	12,40
1,50	0,64	6,75	10,62	10,62	9,00	0,035	20,16
1,75	0,63	10,27	16,17	16,17	14,17	0,035	30,66
2,00	0,83	13,83	16,72	16,72	14,33	0,035	49,25
2,25	1,01	17,44	17,28	17,28	14,50	0,035	70,90
2,50	1,18	21,08	17,83	17,83	14,67	0,035	95,28
2,75	1,35	24,77	18,38	18,38	14,83	0,035	122,13
3,00	1,51	28,50	18,93	18,93	15,00	0,035	151,29
Sección N° 4 de 4							
0,25	0,24	2,53	10,56	10,56	10,125	0,035	3,95
0,50	0,46	5,13	11,12	11,12	10,50	0,035	12,36
0,75	0,67	7,78	11,68	11,68	10,75	0,035	23,99
1,00	0,86	10,50	12,24	12,24	11,00	0,035	38,31
1,25	1,04	13,28	12,80	12,80	11,25	0,035	55,02
1,50	1,21	16,13	13,35	13,35	11,50	0,035	73,88
1,75	1,37	19,03	13,91	13,91	11,75	0,035	94,76
2,00	1,52	22,00	14,47	14,47	12,00	0,035	117,52

**Tabla 8.** Precipitación de 1 hora y de 17 minutos

TR	Precipitación de 1 hora, en mm.	Precipitación de 17 min., en mm.
2	105	60
5	115	65
10	125	70
15	140	78
20	150	84
25	156	88
50	160	90
100	170	95
200	176	99
500	190	108

Una vez calculado los valores de tiempo de concentración( $t_c$ ), el número de curvas(CN) y la lluvia de diseño, se aplica el programa de CAUDAL3, determinándose un caudal de diseño ( $Q_1$ ) para TR = 50 años de 93,66 m<sup>3</sup>/s. **Figura 4.**

Utilizando el mismo programa se calcula el caudal para los diferentes períodos de retorno propuestos. Además permite calcular la emisión de sedimentos, también para los diferentes períodos de retorno, los mismos que se transforman en volumen; y, finalmente se calcula su costo, con un precio unitario de 168 Bs/m<sup>3</sup>(valor referencial, tomado del Estudio del CIDIAT, 1992). **Tabla 9.**

**Tabla 9.** Cálculo de caudales y de volúmenes de sedimentos y sus costos

TR	Precipitación	Q (m3/s)	Emisión (ton)	Volumen (m3)	Costos (Bs)
2	60	63.97	49523	38095	6399895
5	65	69.23	64225	49404	8299846
10	70	73.83	84345	64881	10899969
15	78	78.01	92308	71006	11929034
20	84	85.82	102745	79035	13277815
25	88	89.93	107425	82635	13882615
50	90	93.66	113354	87195	14648825
100	95	100.22	122315	94088	15806862
200	99	105.48	129555	99658	16742492
500	108	117.35	146062	112355	18875705

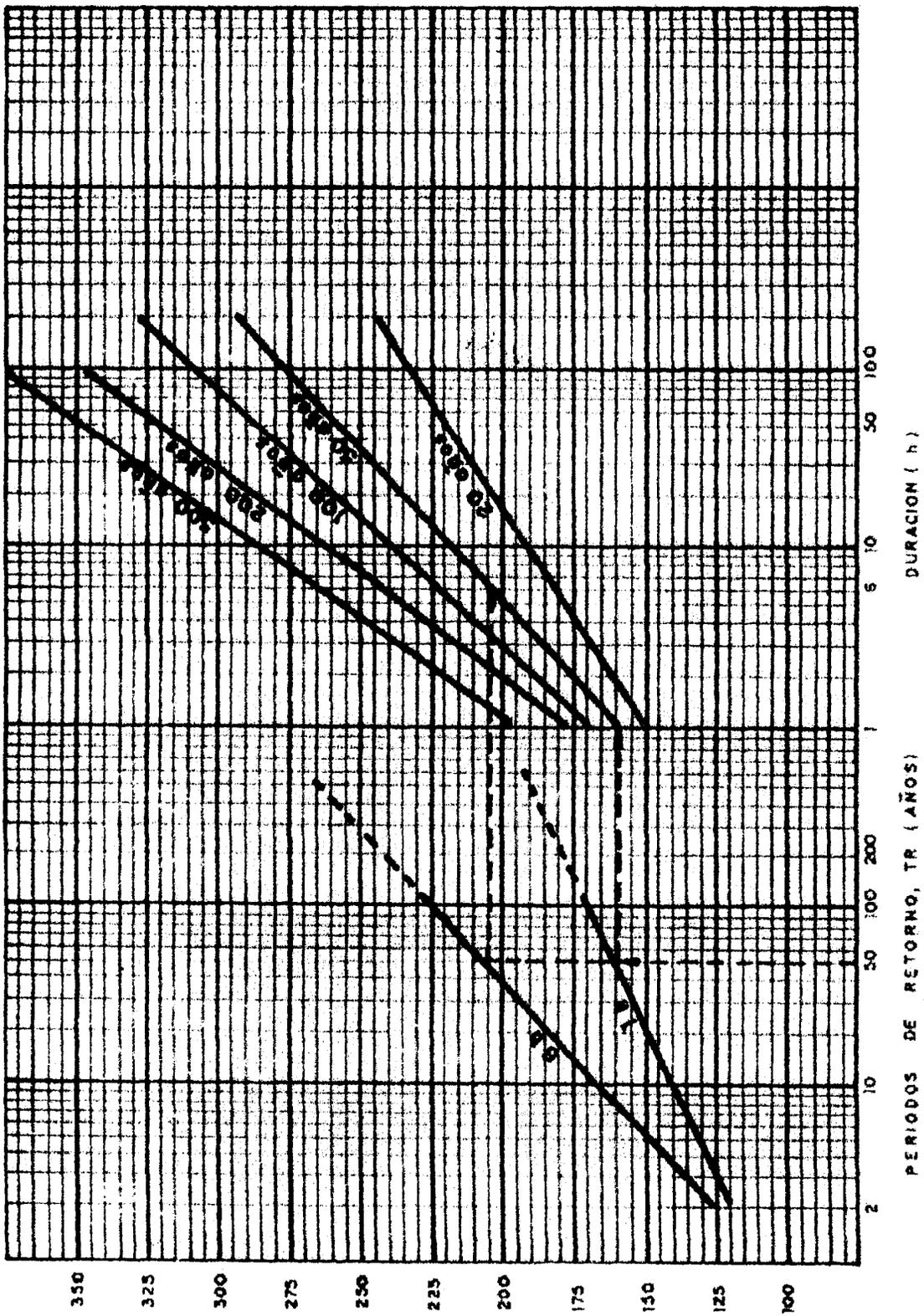


Figura 3. Estimación de la lluvia de diseño de la Quebrada Seca

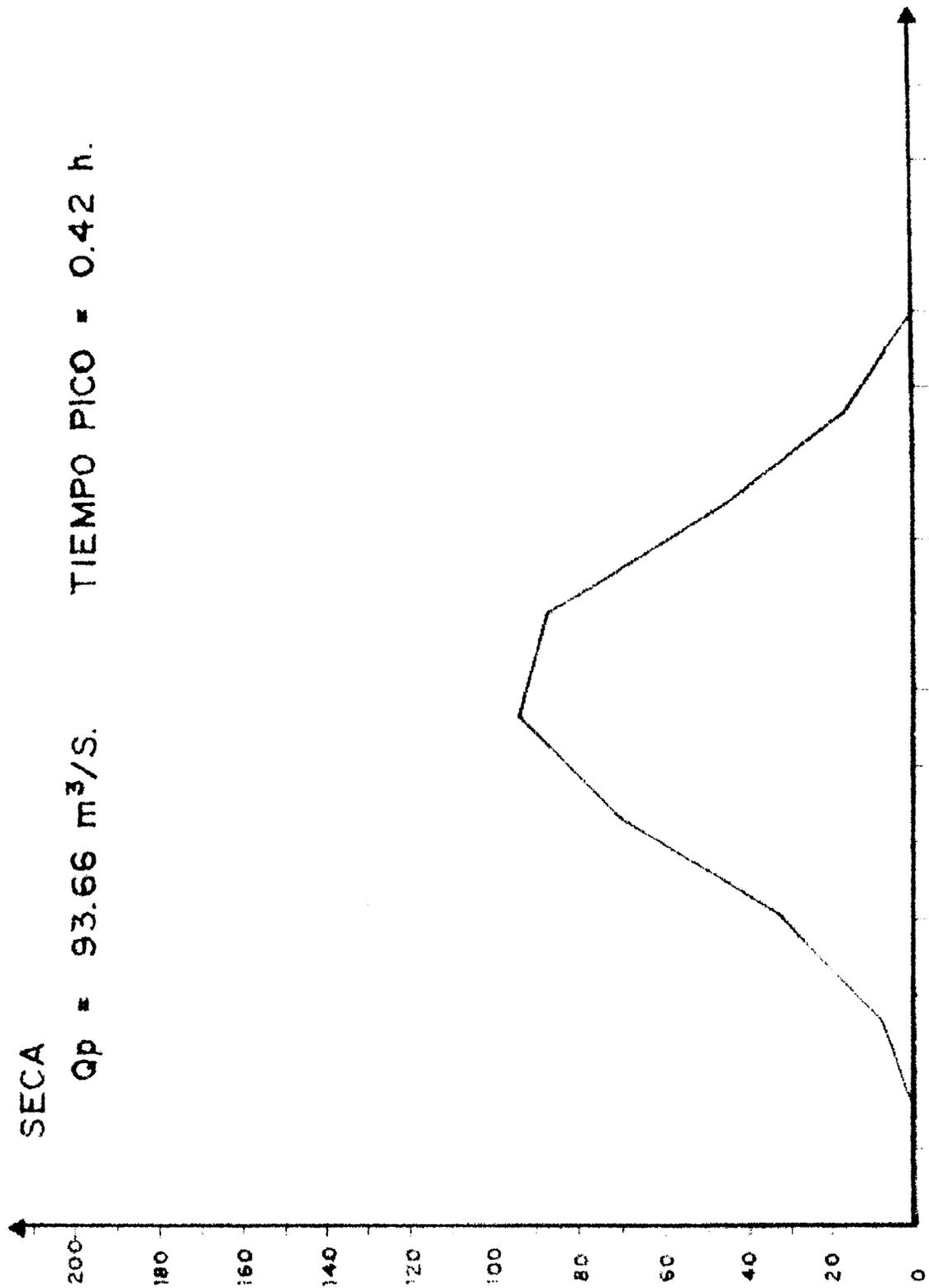


Figura 4. Caudal Pico para un TR de 50 años

### Diseño del dique

El diseño del dique se efectuó mediante el programa Cálculo de un Dique de Sección Trapezoidal. El programa se divide en tres grupos de datos de entrada, arrojando igual número de grupos de datos de salida.

Primer grupo.

Esta información previa al diseño considera las características del cauce natural. Los datos de entrada son:

$Q_1$  : caudal de diseño; para este caso  $93,66 \text{ m}^3/\text{s}$

$A$  : área de la sección de cauce =  $28,61 \text{ m}^2$

$U$  : coeficiente de contracción del vertedero = se considera  $0,63$

$B_1$  : base mayor del vertedero =  $15 \text{ m}$

$B_2$  : base mayor del vertedero =  $13 \text{ m}$

$T_1$  : base del vertedero =  $2,4 \text{ m}$ .

Los tres últimos datos de entrada de este grupo, son asumidos y deben ser un poco menor que las dimensiones del cauce natural.

Los datos de salida de este grupo son:

$h$  : carga de velocidad =  $0,54 \text{ m}$

$v$  : velocidad de llegada =  $3,27 \text{ m/s}$

$Q_2$  : caudal calculado para el vertedero =  $111 \text{ m}^3/\text{s}$

Aquí se debe comprobar que  $Q_2 = 1,2 Q_1$ .

El programa para el Cálculo de un Dique de sección Trapezoidal utiliza, para generar los datos de salida de este primer grupo, las **fórmulas(2-4) hasta la (2-7) del Apéndice 2.**

Segundo grupo.

Estos datos tienen que ver con las dimensiones del dique y del tamaño de las partículas del lecho del cauce. Los datos de entrada son:

$d$  : diámetro del material  $90$ , se colocó un valor de  $90 \text{ mm}$ .

$H_1$  : altura efectiva del dique =  $5 \text{ m}$ .

$S_1$  : suplemento del fundamento =  $0,5 \text{ m}$ .

Los datos de salida que arroja en este segundo grupo son:

$q$  : gasto unitario =  $6,69 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$

$T_2$  : profundidad de socavación = 4,58 m.

$T_3$  : profundidad efectiva = 2,18 m.

$T_4$  : profundidad de fundamento = 2,68 m.

$T_5$  : altura total del dique = 10,08 m.

Para esta sección, **se utiliza las fórmulas (2-8) hasta la (2-13) del Apéndice 2.**

Tercer grupo.

Este grupo contiene datos sobre los parámetros referidos del diseño del dique incluyendo un valor para el ala y los datos de entrada son:

$K$  : espesor del ala = 2 m.

$M$  : factor que corta la resultante a la base = 0,6 m.

$S_2$  : peso específico del material de construcción =  $2,4 \text{ ton}/\text{m}^3$

$W_1$  : densidad del agua =  $1 \text{ tn}/\text{m}^3$

$S_3$  : carga admisible del suelo =  $60 \text{ ton}/\text{m}^3$

$S_4$  : factor de seguridad contra el deslizamiento = 1,5.

$V_1$  : factor de seguridad contra el volcamiento = 1,5.

$F$  : factor friccional = 0,75.

Como datos de salida se tienen:

$P_1$  : peso del rectángulo = 48,42 ton.

$P_2$  : peso del triángulo = 56,67 ton.

$P_3$  : peso total del dique = 105,09 ton.

$E$  : empuje del agua = 30,88 ton.

$M_2$  : momento de estabilidad = 277,48 ton x m

$M_1$  : momento de volteo = 171,13 ton. x m

$e$  : excentricidad = 0,98 m

$A_1$  : asentamiento exterior =  $29,57 \text{ ton.}/\text{m}^2$

$A_2$  : asentamiento interior = 1,88 ton./m<sup>2</sup>

También entrega datos de salida, respecto a la pendiente de base (%) y a la profundidad de pendiente, si estos son cero, no hay problema, si son diferentes de cero hay que construir un dentellón.

El desarrollo y finalización de este programa continúa utilizando las fórmulas del Apéndice 2.

Con los datos de salida del programa, se procede a dibujar la sección transversal y lateral del dique. **Figuras 2-3, 2-4, 2-5 y 2-6, del Apéndice 2.**

### **Construcción de un muro y de dos espolones**

Para proteger las viviendas y el puente de la carretera Burbusay - La Concepción, se estableció la necesidad de la construcción de un muro de protección de 2 m. de altura, por 100m. de longitud.

Para el diseño del muro se utiliza la misma metodología que para el diseño del dique utilizando la fuerza del peso del dique y del empuje de tierra.

Respecto a los espolones se planteó la necesidad de la construcción de dos espolones, uno de 5 m y otro de 4 m. de largo.

### **Cálculo de volúmenes**

Los volúmenes de concreto, excavación y de relleno de las obras de ingeniería civil: dique, muro y espolones, se encuentran contenidos en la **Tabla 10.**

**Tabla 10.** Volúmenes de obras

OBRA	VOLÚMENES (m <sup>3</sup> )		
	CONCRETO	EXCAVACIÓN	RELLENO
Dique	782.00	684.00	260.00
Muro	195.00	200.00	75.00
Espolón 1	24.00	12.00	4.00
Espolón 2	28.00	30.00	8.00

### **Estimación de costos de las obras**

En este acápite se calcula el costo total de las obras de ingeniería civil, de acuerdo a los precios unitarios dados por MARNR (1996) y que constan en la **Tabla 11.**

Por lo tanto, en la Tabla 10 se establecerá el costo total de las obras de ingeniería civil, basados en los rubros de excavación, relleno y concreto, tanto del dique, del muro y de los dos espolones que se proponen como obras

básicas, para un TR de 50 años y el caudal máximo de 93,66 m<sup>3</sup>/s. El costo total aproximado es de 47'500.000 Bs.

**Tabla 11.** Presupuesto estimado de los costos de las obras

Obra	Concreto			Excavación			Relleno			Barbacanas			Total
	Vol.	PU	Costo*	Vol.	PU	Costo*	Vol.	PU	Costo*	L	PU	Costo*	
Dique	782	44,1	34,50	684	1,6	1,09	260	0,7	0,18	62,5	2,2	0,14	35,91
Muro	195	44,1	8,60	200	1,6	0,32	75	0,7	0,06	67,5	2,2	0,15	9,13
Esp. 1	24	44,1	1,10	12	1,6	0,02	4	0,7	0,01	--	--	--	1,13
Esp. 2	28	44,1	1,23	30	1,6	0,05	8	0,7	0,03	--	--	--	1,31
<b>Total</b>			<b>45,43</b>			<b>1,48</b>			<b>0,28</b>			<b>0,29</b>	<b>47,48</b>

Vol: volumen (en m<sup>3</sup>)

L. : longitud (en m.)

PU: precio unitario(en 10<sup>3</sup> Bs.)

\*Costo en 10<sup>6</sup> Bs.

Basados en el proceso del prediseño de la obra para un TR de 50 años y del cálculo de costos indicados en la Tabla 10, se determina el costo de las obras de ingeniería civil para TR de 20, 100, 200 y 500 años, lo que da como resultado la **Tabla 12**. Es lo que en el método de valor esperado por daños anuales se conoce y se utiliza como inversión.

**Tabla 12.** Costos para algunos valores de TR

TR. (años)	COSTO (Bs.)
20	41'700.000,00
50	47'500.000,00
100	52'400.000,00
200	56'100.000,00
500	60'800.000,00

Utilizando los valores de la Tabla 11 y aplicando el método estadístico de correlación resulta una función logarítmica que relaciona al costo(C), en función de los diferentes TR y está dada por la expresión:

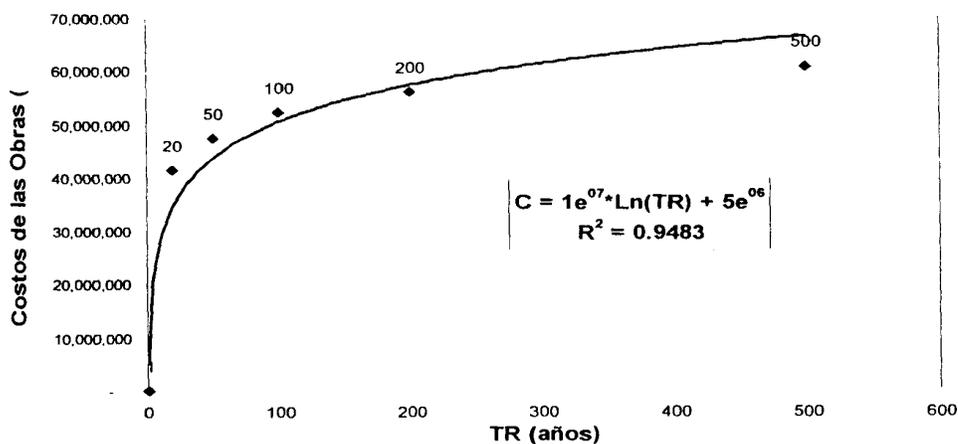
$$C = 10^7 \times \ln TR + 5 \times 10^6$$

donde

**C** es el costo de las obras

**TR** es el tiempo de retorno; con una relación de **r = 0,9483**, lo que indica una buena aproximación.

La función logarítmica que se estableció para determinar el valor de C, en función de los valores de TR, consta en la **Figura 5**.



**Figura 5.** TR vs. Costo de las obras

Con la función logarítmica determinada, se calcula el costo de las inversiones para todos los TR planteados, valores que están contenidos en la **Tabla 13**.

**Tabla 13.** Costos para los nuevos valores de TR

TR (años)	COSTO (Bs.)
1	0
2	11'931.472,00
5	21'094.379,00
10	28'025.751,00
15	32'080.502,00
20	34'957.323,00
25	37'188.758,00
50	44'120.230,00
100	51'051.702,00
200	57'983.174,00
500	67'146.081,00

### Costo total de los beneficios considerados para un TR de 50 años

El criterio básico para estimar los beneficios o costos evitados totales para la Quebrada Seca es del caudal máximo, esto es, a medida que el nivel de aguas del caudal sube, mayor cantidad de infraestructura se verá afectada por el fenómeno de la cuenca torrencial.

Se inicia el proceso calculando el valor de los beneficios o costos evitados para toda la infraestructura afectada para un TR de 50 años.

Para el cálculo de valores de los beneficios, que con las obras de ingeniería civil se evitan debido al control del torrente, el análisis se realiza con los precios unitarios entregados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) como es caso del cálculo del costo del puente de hormigón armado de la carretera Burbusay - La Concepción y de un tramo de la misma carretera.

De ahí resulta que el costo estimado de estas dos obras es:

- Puente: Bs. 35'000.000
- Carretera: Bs. 24'000.000

También se considera como el beneficio, la protección de una cancha funcional, cuyo costo estimado es de: Bs. 7'000.000.

Otro beneficio es la protección de las casas, 10 en total, para el TR de 50 años cuyo valor promedio unitario es de Bs. 5.000.000, lo que da un total de 50.000.000. El cálculo del valor del dragado se encuentra en la Tabla 8.

Respecto al cálculo del valor del viaje por incremento en la distancia que realizan los habitantes de la población de Burbusay, viene dado por el producto los factores anotados en la expresión Vv. (valor del viaje), del Capítulo III; siendo los valores asumidos para los factores los siguientes:

$$45\text{km.} \times 60 \text{ vehiculos} \times 45 \text{ Bs./}(\text{vehículo} \times \text{km.})$$

Lo que da como resultado 121.500 Bs./día. Considerando el supuesto que la interrupción de la carretera por daño de la misma y por caída del puente, será de 6 meses (= 180 días) se tuviere un valor total de:

$$121.500 \text{ Bs./día} \times 180 \text{ días} = 21'870.000,00 \text{ Bs.}$$

En la **Tabla 14** se presenta un resumen de los costos estimados de los beneficios producidos por la construcción de las obras para el control de torrentes.

**Tabla 14.** Resumen de los beneficios para TR de 50 años

BENEFICIO	COSTO (Bs.)
Puente de hormigón armado	35' 000.000
Tramo de carretera de 210 m	24' 000.000
Cancha multifuncional	7' 000.000
10 viviendas familiares	50' 000.000
Dragado	14' 648.825
Costo de viaje por interrupción	21' 870.000
<b>Total</b>	<b>152' 218.825</b>

### **Costo total de los beneficios considerados para diferentes TR**

Con los valores de referencia analizados en el acápite anterior y asumiendo el proceso de afectación de la acción torrencial en diferentes intensidades, esto es, con diferentes TR, se hizo algunos supuestos explicados en el Capítulo III. **Tabla 15.**

Entre los supuestos asumidos está que a diferentes TR, habrá diferentes números de viviendas afectadas, a mayor TR habrá mayor afectación a las viviendas. Igual criterio pasa con la longitud de la carretera y con el dragado de la Quebrada.

Otro supuesto es que el valor de afectación de la cancha multifuncional es único y se inicia desde el primer TR asumido; igual criterio con el valor de viaje supuesto.

El último criterio asumido para elaborar la Tabla 15, es que los valores unitarios de vivienda, de la cancha, de la carretera, del puente, del dragado y del viaje, son valores constantes.

**Tabla 15.** Valores estimados de los beneficios para diferentes TR

TR	VIVIENDAS	CANCHA	CARRETERA	PUENTE	DRAGADO	VIAJE	TOTAL
1							
2	15000000	7000000	9000000		6399895	21870000	59269895
5	20000000	7000000	11000000		8299846	21870000	68169846
10	25000000	7000000	13000000		10899969	21870000	77769969
15	30000000	7000000	15000000		11929034	21870000	85799034
20	35000000	7000000	19000000		13277815	21870000	96147815
25	40000000	7000000	21500000	35000000	13882615	21870000	139252615
50	50000000	7000000	24000000	35000000	14648825	21870000	152518825
100	60000000	7000000	39000000	35000000	15806862	21870000	178676862
200	75000000	7000000	47000000	35000000	16742492	21870000	202612492
500	85000000	7000000	63000000	50000000	18875705	21870000	245745705

### **Cálculo del Valor de Daños Anuales esperados(Análisis hidroeconómico)**

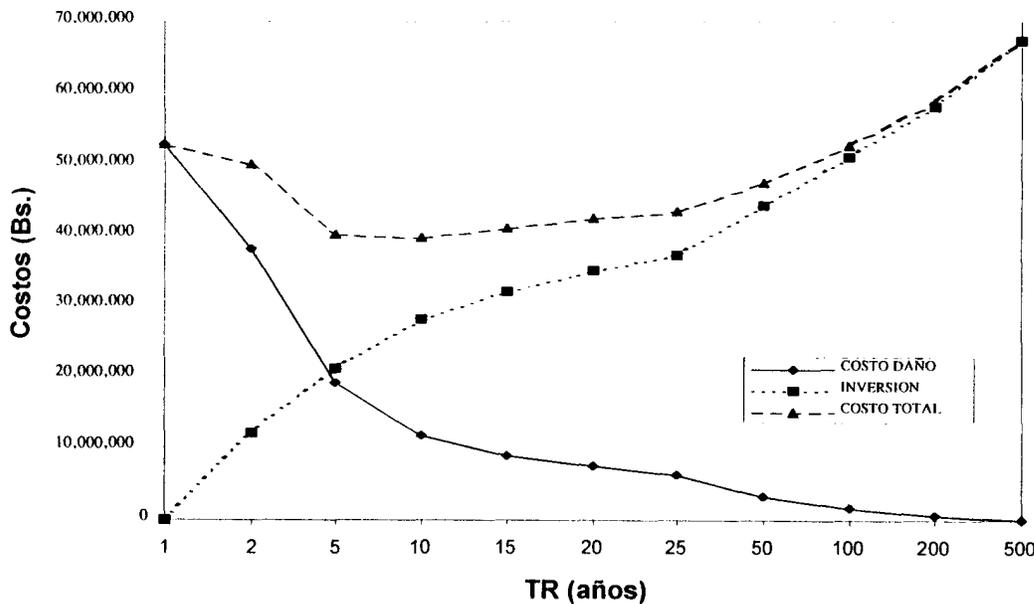
Para hallar el valor de los daños esperados, se elabora una tabla, donde se inicia calculando la probabilidad de excedencia en función inversa del TR; a continuación se colocan los valores estimados de los beneficios(o gastos evitados), los mismos que son tomados de la última columna, de la Tabla 15.

A partir de estos valores calculados durante todo el proceso, es que se aplica el procedimiento para calcular el valor de los daños esperados, en mismo que consta en el Capítulo III, de la Metodología. **Tabla 16.**

**Tabla 16. Análisis del Costo Anual Esperado (Análisis Hidroeconómico)**

i	TR	P	DAÑOS	DAÑO INC.	COSTO DAÑO	INVERSION	COSTO TOTAL
	1	1.000	0	0	<b>52,849,255</b>	0	52,849,255
1	2	0.500	59,269,895	14,817,474	38,031,781	11,931,472	49,963,253
2	5	0.200	68,169,846	19,115,961	18,915,820	21,094,379	40,010,199
3	10	0.100	77,769,969	7,296,991	11,618,829	28,025,851	39,644,680
4	15	0.067	85,799,034	2,726,150	8,892,679	32,080,502	40,973,181
5	20	0.050	96,147,815	1,516,224	7,376,456	34,957,323	42,333,778
6	25	0.040	139,252,615	1,177,002	6,199,454	37,188,758	43,388,212
7	50	0.020	152,518,825	2,917,714	3,281,739	44,120,230	47,401,969
8	100	0.010	178,676,862	1,655,978	1,625,761	51,051,702	52,677,463
9	200	0.005	202,612,492	953,223	672,537	57,983,174	58,655,711
10	500	0.002	245,745,705	672,537	0	67,146,081	67,146,081
				<b>52,849,255</b>			

Con los datos generados por el análisis Hidroeconómico, que constan en la Tabla 15, utilizando los valores de las tres últimas columnas: costos de daños, de inversión y del costo total, se elabora una figura que nos indicará el tiempo de retorno óptimo, de acuerdo al valor mínimo del costo total. **Figura 6.**



**Figura 6.** Tiempo de Retorno(TR) vs. Costos de Daños, de inversión y totales

El período de retorno óptimo se ha determinado a través del análisis hidroeconómico contenido en la Tabla 15 y graficado en la Figura 6; a medida que el período de retorno de diseño se incrementa los costos de inversión aumentan, pero los daños evitados o esperados disminuyen debido a que se proporciona mejor protección. Finalmente se determina que el costo total mínimo se presenta en el TR de 10 años, guardando una mínima diferencia con el valor de TR de 5 años.

## Evaluación económica y medidas no estructurales para la zona en estudio (Quebrada Seca)

### Evaluación económica

Se inicia esta evaluación con el análisis financiero que busca sistematizar la información relevante y útil, mediante unos indicadores de rentabilidad, para la toma de decisiones. Para el caso de la Quebrada Seca describe la viabilidad del proyecto a la luz de unos criterios particulares y plantea las recomendaciones correspondientes.

Este análisis mide la rentabilidad de la inversión a través de los indicadores(VPN y TIR), para determinar si el proyecto es viable o no desde el punto de vista privado. Trabaja con los flujos de efectivos(ingresos y egresos), de acuerdo con los precios vigentes en los mercados, y con base en el valor resultante de los dos indicadores financieros, antes anotados, se toma la decisión que permita obtener el mayor beneficio neto posible.

Para el caso presente, se toma los valores de los beneficios o daños evitados de la columna (4) de la Tabla 16, considerados como los ingresos del proyecto y de la inversión de la columna (7) de la misma tabla, siendo los egresos, para diferentes TR. **Tabla 17.**

**Tabla 17.** Cálculo del VPN y del TIR para algunos TR

TR	BENEFICIO	ACTUALIZADO	NVERSION	VPN	TIR (%)
2	59269895	7934976	11931472	-16600000	1
5	68169846	9130506	21094379	8200000	16
20	96147815	12872152	34957323	39500000	28
50	152518825	20419034	44120230	82500000	40

Para el caso de TR de 2 años, resulta el VPN negativo y la TIR menor que la tasa de descuento, por lo tanto el proyecto no es factible.

Es a partir de TR de 5 años en adelante, que los VPN son positivos, y los TIR son mayores del 12%, por lo tanto el proyecto ya es rentable, lo que coincide con el análisis hidroeconómico.

La evaluación económica se la ha diseñado para medir la contribución del proyecto al bienestar de la ciudad o población de Burbusay, ya que el objetivo de la evaluación económica es medir el beneficio neto del proyecto en toda la colectividad, lo cual está claramente determinado en los valores resultantes de la Tabla 13.

Utilizando el criterio de Pareto, para determinar si el proyecto mejora o no el bienestar de la colectividad sin ocasionar pérdida en ningún otro componente, el proyecto es viable.

**Los beneficios económicos del presente proyecto**, los podemos clasificar en directos, indirectos e intangibles. Los beneficios *directos* serían:

- Protección efectiva de la carretera.
- Protección efectiva del puente
- Eliminación de gastos por reposición de alcantarillas y de movimiento de tierra por derrumbes de tierra.

Los *indirectos* son:

- No - interrupción de la comercialización de productos agrícolas de la zona.
- Reducción de riesgos en las propiedades de las habitantes de Burbusay.
- Suministro de los servicios básicos a los habitantes.

Los *intangibles* serían:

- La presencia de este fenómeno destructor, logra en los vecinos del lugar una conciencia conservacionista de la cuenca de la Quebrada Seca.
- Se restauran algunos aspectos del escenario natural, creando atractivos a la vista del turista.

### **Formulación preliminar de las medidas no estructurales**

El presente trabajo tiene la intención de plantear, además de las medidas estructurales o técnicas, las no estructurales, que involucran a instituciones y organismos que les corresponda afrontar la grave problemática del fenómeno torrencial.

Es de carácter prioritario dar la atención necesaria para evitar la profundidad y magnitud de los procesos torrenciales, evitando así grandes erogaciones de corte económico e incluso la pérdidas de vidas humanas; para lo cual se proponen las siguientes medidas no estructurales:

**Asistencia técnica.** En Burbusay existen 240 fincas lo que totaliza 2.880 visitas y considerando que en un año, con 6 meses de labor extensionista en el campo, un técnico puede hacer 480 visitas, se estima que se necesitan 6 técnicos.

**Programa de Educación Ambiental.** Como el número de habitantes del sector de Burbusay es de 1.524 habitantes, y que el área de influencia del proyecto para el control de torrentes es de 156 ha podría plantearse un programa que se desarrolle en cinco años en sus tres fases.

**Análisis Institucional.** Para el presente caso, de la rehabilitación ambiental de la cuenca torrencial de la Quebrada Seca, se advierte que el orden en que se indican las instituciones a continuación, no establece relación entre ellos.

- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR)

- Corporación de Los Andes (CORPOANDES).

- Ministerio de Agricultura y Cría (MAC)

- Instituto Agrario Nacional (IAN)

- Instituto de Capacitación Agropecuaria

- Empresa Regional del Sistema Hidráulico Trujillano(SHT).

Un aspecto importante que hay que resaltar es la falta de coordinación que existe entre los diferentes organismos que están involucrados en el desarrollo de la zona, lo que hace que los escasos recursos humanos y financieros en el sector se utilicen en forma aislada. Esta falta de coordinación institucional ha determinado el fracaso de otros programas de desarrollo.

La Empresa SHT, que actúa como ente coordinador de las instituciones las cuales antes mencionadas, ha establecido zonas prioritarias a ser tratadas a corto plazo entre consta la Quebrada Seca de la microcuenca Burbusay, según el Plan Maestro de Desarrollo(1996).

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

La metodología desarrollada ofrece una herramienta para la rápida estimación del prediseño y de los costos de las obras de ingeniería civil para el tratamiento de una cuenca torrencial.

Permite hacer ajustes y modificaciones a medida que se realiza la estimación del tiempo de retorno óptimo y el análisis económico, este último tiene que estar siempre presente.

La hidráulica general y la hidráulica torrencial ofrecen todos los elementos de cálculo que permiten cuantificar las variables fundamentales del fenómeno torrencial.

A partir del conocimiento e identificación de estas variables hay que buscar la solución ingenieril, sea civil o agronómica, más adecuada para el control de torrentes.

El enfoque utilizado en la presente metodología debe ser mejorado para obtener uno más integral y general, donde se considere el mayor número de alternativas posibles: estructurales, no estructurales y de energía.

Los resultados que se obtienen de las evaluaciones hidroeconómicas y análisis económico no deben tomarse como definitiva para la toma de decisiones, pues sufrirán cambios, si se aplicara la metodología con nuevos supuestos.

#### **Recomendaciones**

Es conveniente desarrollar metodologías de este tipo a partir de una mayor cantidad de datos básicos, lo que evidencia la necesidad de una adecuada organización y centralización de la información con respecto a los diseños y costos de las obras de ingeniería civil sobre control del fenómeno torrencial. Las universidades y centros de investigación, como el CIDIAT son entes idóneos para este tipo de metodología.

Es conveniente extender la presente metodología incorporando otros tipos de medidas estructurales como las de ingeniería agronómicas, incluyendo estudios agroeconómicos, a fin de establecer criterios que sirvan de base para comparaciones o planteamientos de nuevas soluciones.

Formular y evaluar el mayor número de beneficios o daños evitados y de desastres por las acciones de un torrente, a fin de que los análisis hidroeconómicos y económico respondan a un proyecto de rehabilitación global.

De la caracterización físico - natural de la Quebrada Seca, la plantación registrada no ha reunido las características favorables de desarrollo por lo que se sugiere un plan inmediato de recuperación y/o renovación de material forestal con otras especies más resistentes o adaptables al riguroso contorno.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AIDI. 1983. Manual para el diseño de diques de corrección de torrentes. II LA. Roma, Italia.
- Araque, V., Duque, R., Bandes, T. 1983. Estimación de la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Motatán hasta Agua Viva. CIDIAT-MARNR. Mérida, Venezuela.
- Azqueta, D. 1994. Valorización económica de la calidad ambiental. Madrid, España.
- Bandes, T.A. 1980. Estudio de la planicie inundable del río Acarigua. Tesis M.Sci. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Barrios, A. 1985. Metodología de evaluación integral de alternativas para el control de inundaciones y su ilustración en la cuenca del río Escalante. Tesis M.Sci. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- BID. 1996. Gestión de Proyectos: Programa de Desarrollo Municipal. Quito, Ecuador.
- Chow, V.T. 1988. Applied Hydrology. New York. USA.
- CIDIAT-CORPOANDES. 1973. Anteproyecto del desarrollo agrícola del Valle de Burbusay, Trujillo, Venezuela.
- CIDIAT-CORPOANDES. 1990. Proyecto SANBURBO. Trujillo, Venezuela.
- CIDIAT-MARNR. 1992. Estudio del Embalse Agua Viva, Estado Trujillo. Mérida, Venezuela.
- Conesa, V. 1993. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Madrid, España.
- Duek, J. 1994. Métodos de evaluación de impactos ambientales. Guayaquil, Ecuador.
- FAO. 1966. Ordenación y desarrollo de las cuencas hidrográficas de los ríos Cojedes y Motatán. Proyecto Venezuela. Informe Final. Volumen 1-9. Caracas, Venezuela.
- FAO-ULA-MARNR. 1994. Ponencias del II Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Mérida, Venezuela.
- García, J., Ayerve, A. 1962. Principios de la hidráulica torrencial. Aplicación a la corrección de torrentes. Madrid, España.
- Hattinger, H. 1991. Corrección de torrentes. ULA. Mérida, Venezuela.

- Hattinger, H. 1973. Algunos aspectos sobre la corrección de torrentes con fines de conservación. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela.
- Internacional Bank for Reconstruccion and Development. 1991. Environmental assessment sources book. V 2. Sectorial guide lines. Washington.USA.
- MARNR. 1994. Estudio de vegetación cuenca del río Motatán y sistema fluvial La Vichui, Edo. Trujillo. Tomo I. Dirección General Sectorial de Información Ambiental. Dirección de Vegetación. Caracas, Venezuela.
- MARNR. 1991. Síntesis de los perfiles de proyectos de conservación de cuencas de los ríos Guárico, Motatán, Peñero, San Carlos y Tuy. DGS de conservación de cuencas. Caracas, Venezuela.
- MARNR. 1988. Zonificación agrodinámica del Estado Trujillo. Caracas, Venezuela.
- OEA-CIDIAT. 1992. Economía Ambiental. Mérida, Venezuela.
- OEA-CIDIAT. 1993. Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Mérida, Venezuela.
- Pérez, J.A. 1996. Economía ambiental. Apuntes de clase. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Rázuri, L. 1989. Estructuras de conservación de suelos y agua. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Rojas, R. 1986. Hidrología de tierras agrícolas. CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- SHT-CANAGRO. 1996. Documento principal del plan maestro desarrollado hidráulico, agrícola, agroindustrial y manejo de la cuenca del río Motatán. Trujillo, Venezuela.
- SHT-CANAGRO. 1995a Estudio de la fauna silvestre en la cuenca del río Motatán (Estado Trujillo). ASO MUSEO UNELLEZ, Guanare, Venezuela.
- SHT-CANAGRO. 1995b. Caracterización de la vegetación y uso actual de la tierra en la subcuenca Carache (cuenca del río Motatán, Edo. Trujillo). ASO MUSEO UNELLEZ. Guanare, Venezuela.
- Suárez, L. 1993. Presas de corrección de torrentes y retención de sedimentos. Caracas, Venezuela.
- Strauss, E. 1969. Metodología para la evaluación de los recursos naturales. ILPES, Santiago de Chile.
- Tricart, J. 1972. Una metodología para estudios de conservación y ordenamiento de cuencas. Informe y notas técnicas. COPLANARH. Caracas, Venezuela.

ULA-CEPAL. 1994. Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La Gestión Integrada de Cuencas. CIDIAT. Mérida, Venezuela.

Vidal, R. 1995. Inundaciones fluviales y control de torrentes. Apuntes de clase. CIDIAT- ULA. Mérida, Venezuela.

***APENDICE 1***

***MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.***

**Tabla 1.1 Matriz de de Identificación de Impactos**  
Problemas y Puntuación

Subcuenca	100										100			Total 100
	Afectación de los Recursos Agua, suelo y vegetación					Contaminación de Suelos y Aguas					Productos Sedimentos y Pérdida de Suelo	Uso inadecuado de agua para riego		
	Act. Agrícolas	act. Urbanas	Apertura Vías	Incendios	Act. Turísticas	Descargas de Cloacales	Agroquímicos							
Alto Motatán	35	5	25	30	5	15	35	30	20	65.5				
Duri-Tuñame	29	3	10	15	3	10	32	12	17	74.5				
Mombay	33	1	13	20	2	4	32	25	19	58				
La Quebrada - El cumbe	20	3	6	12	4	11	30	15	15	67.5				
Escuque - El Baño	25	1	15	25	1	4	25	22	17	40.5				
Jiménez	8	4	10	15	0	14	5	20	5	75.5				
Castán	33	1	22	20	0	5	25	26	19	76				
Monalcito	32	3	20	15	2	12	25	24	19	56.5				
Carache	20	2	23	14	0	6	13	28	7	81				
Boley	30	1	24	20	0	6	32	30	19	38.5				
Bonilla	8	3	9	26	0	2	5	24	0	18				
Jirajara	5	0	5	11	0	2	5	5	3	20				
La Vichú	8	0	10	10	0	2	6	4	0	30.5				
Caús	6	1	7	10	0	6	3	28	0	20				
Buena Vista	20	0	4	8	0	1	2	5	0	25				
Pocó	18	0	5	6	0	2	3	8	8	12.5				
	8	0	2	6	0	0	2	7	0					

**Criterios**  
1. Afectación de los Recursos Actividades agrícolas (35 Puntos)

**Rangos**  
0 - 12 Baja  
13 - 25 Moderadas  
26 - 35 Alta

Actividades urbanas (5 Puntos)

0 - 2 Baja  
3 Moderada  
4 - 5 Alta

Apertura de vías (25 Puntos)

0 - 8 Baja  
9 - 18 Moderada  
19 - 25 Alta

Incendios (30 Puntos)

0 - 10 Baja  
11 - 20 Moderada  
21 - 30 Alta

Actividades turísticas (5 Puntos)

0 - 2 Baja  
3 Moderada  
4 - 5 Alta

**Criterios**  
2. Contaminación de suelos y agua Contaminación por descargas cloacales (15 Puntos)

**Rangos**  
0 - 5 Baja  
6 - 10 Moderadas  
11 - 15 Alta

Contaminación por Agroquímicos (35 Puntos)

0 - 12 Baja  
13 - 25 Moderada  
26 - 35 Alta

3. Producción de Sedimentos y pérdida de suelo (30 Puntos)

0 - 10 Baja  
11 - 20 Moderada  
21 - 30 Alta

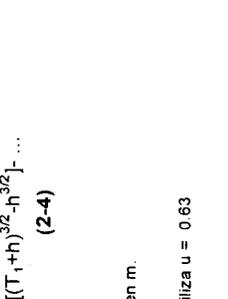
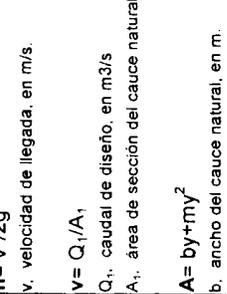
4. Uso inadecuado de agua para riego (20 Puntos)

0 - 6 Baja  
7 - 13 Moderada  
14 - 20 Alta

Fuente: Servicio hidráulico Trujillano (1996)

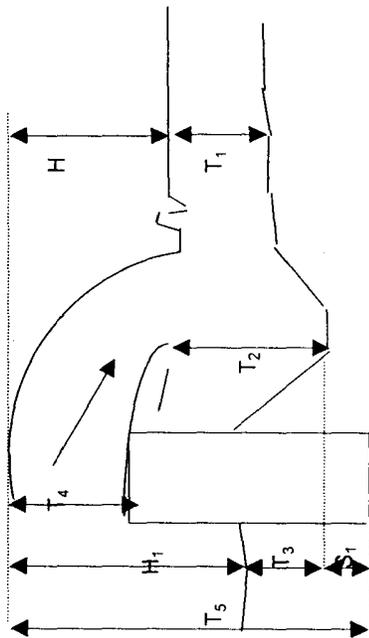
**APENDICE 2**  
**RESUMEN DE FORMULAS**

**TABLA 2.1 Fórmulas para el Cálculo de Caudales(Programa: CAUDAL 3, VERSION 2)**

TITULOS	FORMULAS	GRAFICOS Y REFERENCIAS
<b>Caudal de Diseño (Q<sub>1</sub>)</b>	$tc = 0.0195 \cdot L^{1.155} \cdot H^{-0.385} \quad (2.1)$ <p>tc, tiempo de concentración en minutos                      L, longitud del cauce principal, desde su inicio hasta la ubicación del dique, en m.                      H, diferencia de nivel, desde el inicio del cauce hasta la ubicación del dique en m.</p> <p><b>CN</b>, número de curvas</p> $LL_p = 0.14 D^{0.49} LL_{60} \quad (2.2)$ <p>LLp, lluvia de duración menor de una hora, en minutos                      D, duración de la lluvia en minutos                      LL60, lluvia de una hora de duración, en minutos.</p> <p><b>Q<sub>1</sub></b>,</p> $T_p = D/2 + 0.6 \cdot tc \quad (2.3)$ <p>Tp, tiempo pico, en horas                      D, duración de la lluvia, en horas                      tc, tiempo de concentración, en horas</p>	<p>* El CN se toma de los cuadros del Servicio de Conservación de Suelos de los EE. UU.</p> <p>* Empleo del programa Caudal 3, versión 2.</p>
<b>Caudal del vertedero (Q<sub>2</sub>)</b>	$Q_2 = \frac{2}{3} u (2g)^{1/2} [B_1 + (B_1 - B_2) / T_1 (T_1 + h)] [(T_1 + h)^{3/2} - h^{3/2}] - \dots \quad (2.4)$ $- \frac{2}{5} u (2g)^{1/2} (B_1 - B_2) / T_1 [(T_1 + h)^{5/2} - h^{5/2}]$ <p>B<sub>1</sub>, base superior de la sección de flujo, en m.                      B<sub>2</sub>, base inferior de la sección de flujo, en m.                      T<sub>1</sub>, profundidad del agua en la sección de flujo, en m.                      h, carga de velocidad en m.                      u, coeficiente de contracción (0.6 - 0.63). Se utiliza u = 0.63                      g, aceleración de gravedad, en 858m/s<sup>2</sup></p>	 <p><b>Figura 2.1 Sección de Flujo Transversal</b></p>
	$h = \sqrt{2g} \quad (2.5)$ <p>v, velocidad de llegada, en m/s.</p> $V = Q_1 / A_1 \quad (2.6)$ <p>Q<sub>1</sub>, caudal de diseño, en m<sup>3</sup>/s                      A<sub>1</sub>, área de sección del cauce natural, en m<sup>2</sup></p> $A = by + m^2 \quad (2.7)$ <p>b, ancho del cauce natural, en m.                      y, trante del cauce, en m.                      m, pendiente del talud</p>	 <p><b>Figura 2.2 Sección del cauce natural</b></p>

**TABLA 2.2 Características del Dique(Sección: Trapezoidal)**

TITULO		GRAFICOS Y REFERENCIAS	
FORMULAS		REFERENCIAS	
Peso específico del dique, $S_2$	Se asume 2.4 ton/m <sup>3</sup>	Vidal, R (1995) Tabla 2, Capitulo II	
Fricción con el suelo, $F$	Se asume 0.75	Vidal, R (1995) Tabla 3, Capitulo II	
Altura efectiva del dique, ( $H_1$ )	$H_1 = H$ [por ser el tirante $T_1$ de aguas arriba igual al de aguas abajo]		
Altura total del dique, ( $T_s$ )	$T_s = T_1 + H_1 + T_3 + S_1$ (2.8)		
	$T_s$ , altura total del dique, en m.		
	$T_1$ , profundidad del agua dentro de la sección del flujo, en m.		
	$H_1$ , altura efectiva del dique, en m.		
	$T_3$ , profundidad efectiva del fundamento del dique, en m.		
	$S_1$ , suplemento de seguridad, en m.		
	$T_3 + S_1 = T_4$ (2.9)		
	$T_4$ , profundidad total del dique, en m.		
	$T_4 = T_2 - T_1 + S_1$ (2.10)		
	$T_2$ , profundidad de socavación, en m.		
	$T_2 = (4.75/d_{90}^{0.32}) * H_1^{0.2} * [Q_1 * T_0 / A_2]^{0.37}$ (2.11)		
	$d_{90}$ , diámetro de las piedras en que se divide el material sólido del lecho		
	$A_2$ , área del vertero, en m <sup>2</sup>		



**Figura 2.3.- Ubicación de las alturas del dique**

TABLA 2.3 Diseño del Dique.

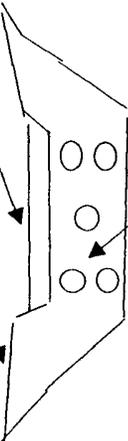
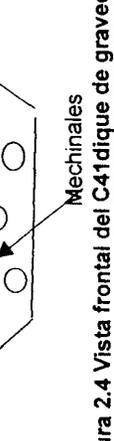
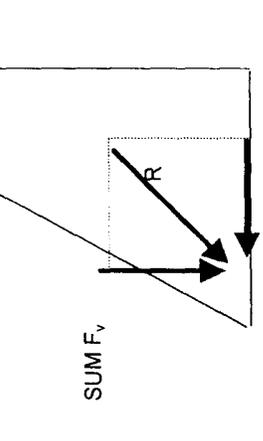
TITULO	FORMULAS Y CRITERIO DE DISEÑO	GRAFICOS
Elección del tipo de diques	Dique de gravedad y planta recta	
Sección del flujo vertedero	Trapezoidal, cuya base inferior es $B_2$ Inclinación de 1:1	
Ancho de cresta de coronación	Igual ancho que las alas	
<b>CALCULO ESTATICO DE UN DIQUE DE GRAVEDAD</b> <b>Selección tentativa de las dimensiones</b>	$B_3 = -K/2 + \{ [3K^2 (M+1) / 4 (3M-1)] + [T_5 W_1 / S_2 (3M-1)] \}^{1/2} \quad (2.12)$ <p> <math>B_3</math>, espesor de fundamento (v espesor de la base), en m.  <math>K</math>, espesor de la corona (ala), en m.  <math>M</math>, factor que indica la distancia donde la resultante total cruza la base del dique  <math>W_1</math>, peso específico del agua, en ton/m<sup>3</sup>  <math>S_2</math>, peso específico del material de construcción, en ton/m<sup>3</sup>                      Con <math>M=2/3</math>, tenemos:  <math display="block">B_3 = -K/2 + [ 5/4 K^2 + (W_1/S_2) * T_5 ]^{1/2} \quad (2.13)</math> </p>	

Figura 2.5 Espesor de la base y fuerzas actuantes

TABLA 2.4 Fuerzas que actúan en el Dique de Gravedad.

TITULO	FORMULAS	GRAFICOS Y REFERENCIAS
<b>Cálculo de las fuerzas que actúan sobre un dique de gravedad.</b>	$P = V \cdot S_2 \quad (2.14)$ <p>P, peso del dique, en ton. V, volumen del dique, en m<sup>3</sup> S<sub>2</sub>, peso específico del material, en ton/m<sup>3</sup></p> $A_1 = k \cdot T_5 \quad (2.15)$ $A_2 = 0.5 \cdot T_5 \cdot (B_3 - K) \quad (2.16)$ $P_1 = K \cdot T_5 \cdot S_2 \quad (2.17)$ $P_2 = 0.5 \cdot (B_2 - K) \cdot T_5 \cdot S_2 \quad (2.18)$ $P_3 = P_1 + P_2 \quad (2.19)$ $E = 0.5 \cdot T_5^2 \cdot W_1 \quad (2.20)$ <p>Se asume S<sub>3</sub> = 60 ton/m<sup>3</sup></p>	<p>Volumen es el área multiplicada por 1</p> <p>Vidal 1995, Tabla 4, Capítulo II</p>
<b>Análisis de estabilidad de un dique de gravedad.</b>	<p>Brazos dealanca:</p> <p>Fuerza P1 <math>X_1 = K/2 + (B_3 - K) \quad (2.21)</math></p> <p>Fuerza P2 <math>X_2 = 2/3 \cdot (B_3 - K) \quad (2.22)</math></p> <p>Fuerza E <math>y = 1/3 \cdot T_5 \quad (2.23)</math></p>	<p>Figura 2.6 Fuerzas actuantes en el Plano Horizontal.</p>
<b>Análisis de seguridad contra el volcamiento</b>	$M_2/M_1 \geq 1.5 \quad (2.24)$ <p>M<sub>1</sub>, momentos horizontales M<sub>2</sub>, momentos verticales</p>	
<b>Análisis de seguridad contra el asentamiento.</b>	$A_3 < S_3 \quad (2.25)$ $A_4 \geq 0 \quad (2.26)$ $e \leq B_3/6 \quad (2.27)$ <p>e, excentricidad, en m.</p> $e = 0.5B_3 - (M_2 - M_1)/P_3 \quad (2.28)$	
<b>Análisis de seguridad contra el deslizamiento horizontal.</b>	$S_4 = F \cdot P_3 / E \quad (2.29)$ <p>S<sub>4</sub>, factor de seguridad contra el deslizamiento, <math>\geq 1.5</math> F, factor de resistencia friccional</p>	