ASESORIA PARA LA EVALUACION DE LA HABITABILIDAD DE CARMEN DE URIA

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo, es presentar una visión multi disciplinaria sobre las posibilidades de desarrollo urbano en el tramo bajo de dicha cuenca y los riesgos que, desde los puntos de vista hidráulico y geológico, existen en esa parte de la cuenca.

Para la elaboración de este informe ha sido utilizado el material disponible de estudios previos de la cuenca y las visitas al sitio hechas por el equipo asesor, constituido por las siguientes empresas y organismos:

- PROHIDRA S.C.: Hidráulica y coordinación del trabajo, Ing. José I. Sanabria.
- INGEOTEC C.A.: Geología y suelos, Ing. Daniel Salcedo.
- IMF-UCV: Modelaje matemático, Ing. José Luis López, Ing. María E. Bello.

A continuación presentamos un resumen de los antecedentes de la cuenca del Río Uria, tal cual ha sido reseñado por el IMF-UCV en su informe sobre el Proyecto para Control de Sedimentos y Canalización de Aguas Pluviales del Río Uria, realizado en noviembre de 2001.

Los aludes torrenciales que se produjeron en el Estado Vargas en Diciembre de 1999 causaron la peor tragedia natural que se haya producido en nuestro país. El área de afectación se extendió por cerca de 50 km a lo largo de la costa del Litoral Central, desde Catia La Mar hasta Los Caracas. Unas 20 quebradas crecieron simultáneamente y provocaron flujos y avalanchas de barros y rocas durante los días 15 y 16 de diciembre. Se ha estimado que más de 15.000 personas fallecieron y los daños materiales superan los 2 billones de dólares. Para mitigar y prevenir daños futuros a consecuencia de la ocurrencia de nuevos aludes torrenciales en el Estado Vargas, se requiere de la ejecución de obras hidráulicas para el control de torrentes en las cuencas, así como también obras de canalización de las aguas en los conos de deyección de las quebradas; en su defecto,la mayor parte de las cuencas ofrecen un alto riesgo de ocupación en la zona de la garganta y el área inmediata aguas debajo de ésta.

La población de Carmen de Uria, de aproximadamente 2500 habitantes, fue prácticamente borrada del mapa. En cuestión de horas, aproximadamente el 50% de las casas desaparecieron totalmente al ser barridas por la fuerza del torrente, y el 90% de las construcciones se han dado por perdidas debido a la magnitud de los daños. El río se salió de su curso y abrió un cañón de 30 m de ancho y 7 m de profundidad en donde antes habían viviendas de una, dos y hasta tres plantas. A diferencia de la mayoría de las otras cuencas en el litoral, el daño mayor en esta población fue producido por erosión fluvial en lugar de sedimentación.

El objetivo de este trabajo es evaluar las obras de canalización y control de sedimentos mínimas para el río Uria, a fin de darle una protección adecuada a los requerimientos de drenaje vial al puente y la vía costanera y evaluar los riesgos de ocupación de la zona urbana que existía previo a los deslaves.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

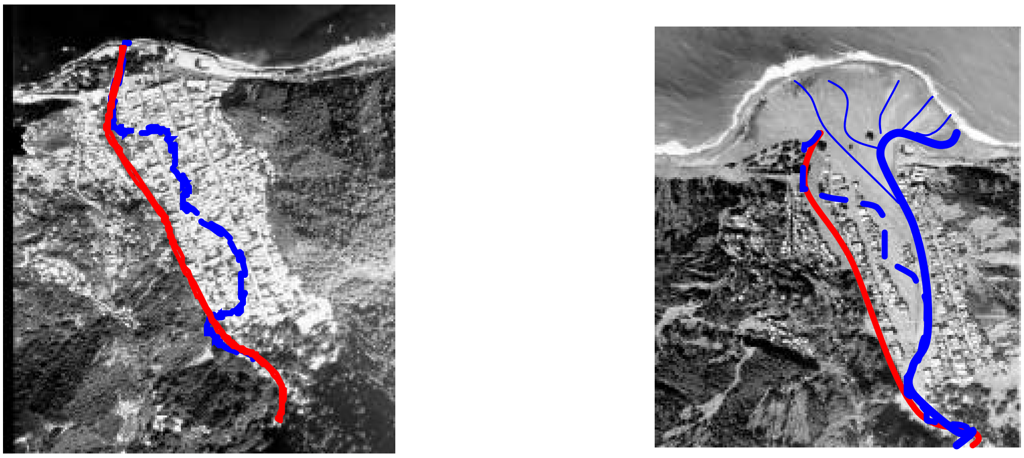
El río Uria se encuentra ubicado en el Sector Carmen de Uria al oeste de Los Caracas. La elevación más alta de su cuenca tributaria es de 2280 m y el curso del río desciende abruptamente hasta el nivel del mar en una distancia horizontal de 6500 m, con una pendiente promedio de 29%. El área de drenaje es de 11.03 km2 y el cauce principal tiene una longitud de 5585 m. En la garganta el río tiene una pendiente promedio de 7 % y en el cono de deyección de 4 %, con un tramo final con pendiente mínima del 1.5%.

Las fotografías aéreas de 1937 muestran que Carmen de Uria era una hacienda donde se cultivaban frutas, hortalizas, café y cacao. La Hacienda es adquirida en 1953 por el Arquitecto italiano Felipe Galliardi quien planeaba construir allí un gran desarrollo urbanístico. En la misión fotográfica de 1962, se observa un intenso movimiento de tierra, cortes espectaculares, terraceo, desarrollo de vías de penetración y remoción de la vegetación del valle, acompañada de rellenos artificiales creando una explanada donde posteriormente se emplazaría Carmen de Uria. El curso natural del río fue desviado mediante un muro de concreto ciclópeo al final de la garganta y canalizado con un curso recto que atravesaba la explanada en el lindero oeste del valle aluvial. Adicionalmente se construyó una presa de control de sedimentos, de 15 m de altura, en un sitio ubicado aproximadamente a 300 m del final de la garganta.

El asentamiento de Carmen de Uria tiene lugar a partir de 1958 a una velocidad asombrosa. Ya para el año de 1975 el valle estaba completamente ocupado por viviendas y existían vías de comunicación en las montañas, así como una vía costanera para la interconexión de los poblados ubicados a lo largo de las costas del Litoral.

En el informe del IMF-UCV, antes citado, se presenta una secuencia de fotografías aéreas que muestran el proceso de urbanización y asentamientos no controlados en el cono. La fotografía aérea tomada en marzo de 1999 (Foto A), muestra una situación parecida a la de 1975 con la diferencia que se ha incrementado la ocupación de las laderas de los cerros por construcciones marginales.

La Foto B después de la tragedia, muestra la devastación del valle aluvial como consecuencia del flujo de lodos y escombros producido el 16 de diciembre de 1999. También se señalan los cambios en las posiciones del cauce; línea continua para cauce canalizado, línea punteada para cauce natural en el año 1937, y línea más gruesa indicando la situación actual (Dic. 1999). También se señalan las ramificaciones en el delta por medio de líneas continuas más finas.



a) Marzo de 1999 b) Diciembre de 1999

Figura 1. Comparación de fotografías aéreas en Carmen de Uria antes y después del desastre.

Aguas abajo del punto donde el río se salió de su canalización para buscar su tendencia natural, quedó al descubierto un afloramiento rocoso , el cual se comporta como un control hidráulico. A partir de este sitio, se produjo una fuerte erosión que abrió un cañón de aproximadamente 30 m de ancho por 7 m de profundidad. También puede verse la variación de la línea de costa debido a la ampliación del cono de deyección o abanico fluvial y los deslaves en las laderas de los cerros. Se presume que el colapso de la presa de retención de sedimentos construida en la parte alta de la cuenca contribuyó acentuar de manera importante el flujo de lodos y escombros en este cauce. A diferencia de otros sectores, en el Río Uria el proceso de erosión fluvial fue más importante que los observados en otros canales naturales donde predominó la deposición de sedimentos.

3. HIDROLOGÍA

3.1 Tormenta de Diciembre de 1999

La Figura 2 presenta los registros de precipitación obtenidos en las estaciones de Maiquetía (43 m.s.n.m), y Mamo (81 m.s.n.m) para el mes de Diciembre. Los datos indican un período continuo de lluvias de baja intensidad entre Diciembre 1 y Diciembre 13, acumulándose en Maiquetía casi 300 mm, continuando con altas precipitaciones que alcanzaron un total de 911 mm durante los días 14, 15 y 16, hasta totalizar 1207 mm para el 18 de Diciembre. Los datos anteriores se refieren a valores medidos en estaciones ubicadas cerca del nivel del mar, ya que no se dispone de registros en la parte alta de la montaña. Sin embargo, debido al efecto de la barrera orográfica, la magnitud de las lluvias en las partes altas de las cuencas ha sido estimada en casi el doble que a nivel del mar, como se ha evidenciado en mediciones efectuadas en numerosas estaciones en otros eventos significativos, por lo que se deduce que las lluvias que ocurrieron son realmente extraordinarias.

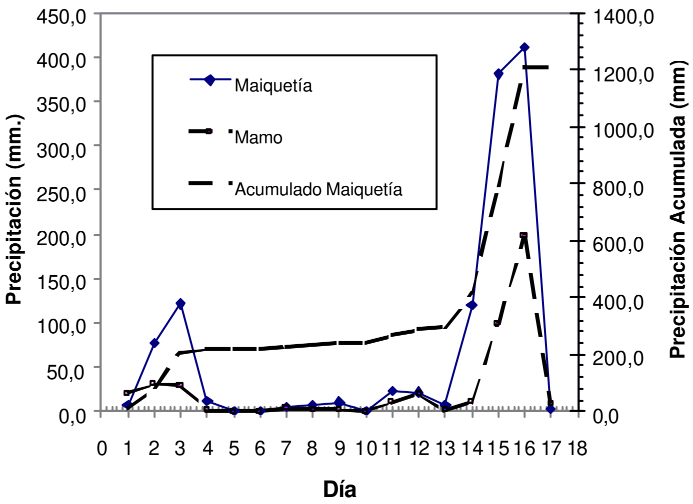


Figura 2. Datos diarios de precipitación en estaciones de Maiquetía y Mamo durante el mes de Diciembre de 1999.

A fin de estimar la magnitud del pico de la creciente generado por la tormenta de Diciembre de 1999, la AUAEV contrató a la empresa CGR Ingeniería, para realizar un estudio de caudales de crecida para todas las cuencas del litoral del Estado Vargas.

3.2 Caudales de Diseño

Los caudales máximos instantáneos calculados por CGR Ingeniería se muestran en la Tabla 1, a continuación. El estudio de CGR utiliza un modelo de lluvia-escorrentía desarrollado por ellos mismos, el cual se basa en el tránsito de crecientes a partir de una formulación tipo onda cinemática. En dicho estudio se presentan dos condiciones de análisis referidas al estado en que se encontraba la cuenca hidrográfica: condición previa a la ocurrencia de los deslaves, y condición posterior a los mismos. El caso más desfavorable es el segundo debido a la presencia de abundantes zonas desprovistas de vegetación en la cuenca, que aumentan la escorrentía y los caudales máximos.

Condición	**Q_{50} (m^3/s)**	**Q_{100} (m^3/s)**
Previa al deslave	165	219
Posterior al deslave	206	260

Tabla 1. Caudales de diseño en Carmen de Uria de acuerdo al estudio de CGR Ingeniería.

A los fines de diseñar las obras hidráulicas en Carmen de Uria, en este trabajo se adoptan los caudales máximos instantáneos determinados por el estudio hidrológico de CGR Ingeniería, de acuerdo con las especificaciones de diseño dadas por Corpovargas.

4.- METODOLOGÍA:

La metodología utilizada para la realización de este trabajo consistió en lo siguiente:

- Recopilación, análisis y evaluación de la información disponible.
- Visitas de campo.
- Modelo matemático.
- Propuesta de obras hidráulicas.
- Estudio geológico – geotécnico.
- Elaboración del Informe final.

4.1.- Recopilación, Análisis y evaluación de la información disponible: En esta etapa se procedió a recopilar la información disponible referente a proyectos, estudios, fotografías aéreas y, en general, cualquier otra información pertinente relativa al estudio.

La información básica fundamentalmente consultada fue la siguiente:

- PROYECTO PARA CONTROL DE SEDIMENTOS Y CANALIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL RÍO URIA, realizado en noviembre de 2001.
- ESTUDIO HIDROLÓGICO DE CRECIDAS PARA LAS CUENCAS DEL LITORAL DEL ESTADO VARGAS, CGR Ingeniería, 2001
- LECCIONES APRENDIDAS DE LA TRAGEDIA DE VARGAS, Ing. José Luis López et al., IMF, UCV, 2000
- EFECTO DE LAS LLUVIAS CAIDAS EN VENEZUELA. Grases, J., Amundaray, J., Malaver, A., Feliziani, P., Franceschi, L., Rodríguez, J.C., Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD, Corporación Andina de Fomento – CAF, Marzo, 2000, Caracas, Venezuela.
- Fotografias aéreas de 1936, 1938, 1962, 1975, 1998, 1999 y 2000

Esta información fue analizada y evaluada y sirvió como base para la elaboración de este informe en cada una de sus partes.

4.2.- Visitas de Campo: Las visitas de campo fueron realizadas independientemente por cada uno de los consultores a lo largo de los años 2000, 2001 y 2002 y en forma conjunta con motivo de la realización de este informe. En dicha visita se pudo apreciar el estado actual de la cuenca e intercambiar opiniones sobre los aspectos geomorfológicos de la misma. Adicionalmente sirvió para constatar y ratificar algunos aspectos técnicos de importancia.

De la visita se pudieron constatar algunos aspectos de gran importancia para el estudio; entre ellos:

- Durante el año 2002 han ocurrido crecidas de importancia que han alcanzado niveles de agua de hasta 1.7 metros sobre el fondo del cauce actual, en secciones de unos 20 metros de ancho.
- En la parte interna de las curvas se han depositado grandes rocas debido a la disminución de la capacidad de arrastre, tal cual se aprecia en las fotos aéreas.
- Hay evidencias de erosión de terrazas aluviales existentes.
- En las confluencias de las quebradas afluentes principales se produce deposición de grandes sólidos como consecuencia del cambio de cantidad de movimiento y disminución de la capacidad de arrastre de sedimentos.
- Se apreciaron afloramientos rocosos, fallas y otros elementos geológicos de importancia.
- Hay evidencias claras de procesos de erosión en la garganta, aún de erosión en roca.

4.3.— Modelo Matemático: Con la finalidad de determinar las condiciones hidráulicas de la cuenca para los casos de caudal líquido para 100 años de período de retorno, caudal de agua con sedimento para las mismas condiciones y variaciones sufridas como consecuencia de la presencia de obras hidráulicas, se utilizó un modelo matemático preparado a tal fin, el cual fue ejecutado por el Instituto de Mecánica de Fluidos de la UCV. De los resultados iniciales se puede determinar la presencia de áreas inundables a lo largo del tramo en estudio y posteriormente se aprecia la influencia de la presencia de las obras hidráulicas mínimas requeridas para garantizar la estabilidad de las obras viales para las condiciones de diseño.

El modelo utilizado para analizar las inundaciones torrenciales en el Valle de Carmen de Uria, y el efecto de las obras de control, es el modelo bidimensional FLO-2D, desarrollado por O'Brien y sus colaboradores en 1993, el cual simula el flujo de fluidos no-newtonianos en abanicos aluviales. El modelo permite determinar los patrones del flujo en topografías complejas, tales como áreas urbanizadas y planicies de inundación de cuerpos de agua, así como el intercambio de fluido entre el canal y la planicie de inundación.

El modelo permite considerar flujo de agua y flujo hiperconcentrados de sedimentos, tales como flujo de barros (aludes torrenciales). Como datos de entrada se requiere la topografía digital del terreno, la geometría del canal, valores estimados de la rugosidad del canal y la planicie de inundación, hidrogramas de entrada y/o lluvia y propiedades reológicas de la mezcla agua-sedimento.

El modelo está basado en la solución por diferencias finitas de las ecuaciones en dos dimensiones de Saint Venant verticalmente integradas para fluidos no-Newtonianos.

En el Anexo 1 se presenta en su totalidad el informe preparado a tal fin por el IMF-UCV.

4.4.- Propuesta de obras hidráulicas: Una vez evaluadas las condiciones iniciales, se propusieron unas obras hidráulicas mínimas para salvaguardar la integridad de la vialidad

Tanaguarena – Naiguatá, las cuales fueron verificadas posteriormente para determinar su impacto como protectoras del área urbana.

A fin de proteger la vialidad del efecto de impacto de grandes bloques que pudieran ser acarreados por crecidas con gran concentración de sedimentos, se propone una solución consistente en:

a) una presa abierta de retención de sedimentos en la garganta, a objeto de retener los sedimentos gruesos y bloquear los aludes torrenciales y;

b) un canal excavado en el terreno natural que se desarrolla desde aguas abajo de la presa hasta la línea de costa, a fin de descargar los flujos de agua y sedimentos hacia el mar y definir la ubicación del puente.

La Figura 3 presenta un esquema de ubicación de las obras hidráulicas propuestas para el control de sedimentos y canalización del río Uria. La presa se ubica en la progresiva 1069 m y tiene una altura de 5 m, medida desde el fondo del cauce hasta el vertedero.

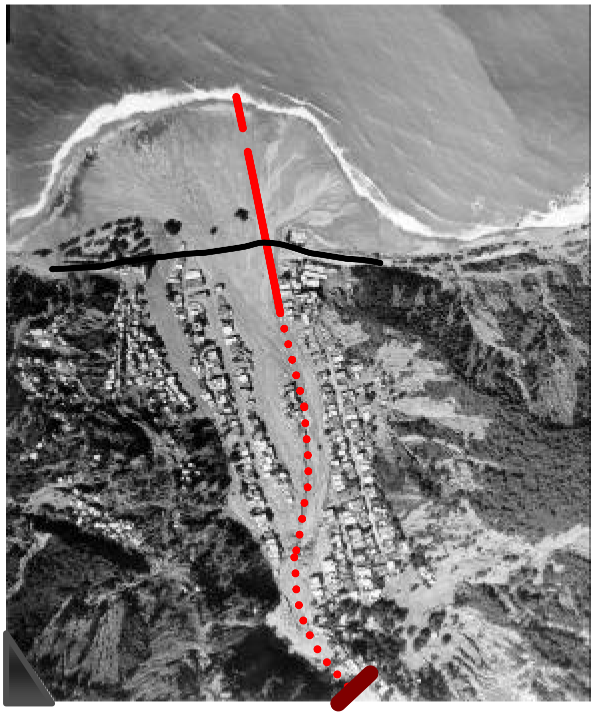


Figura 3. Esquema de ubicación de obras de control en Carmen de Uria.

Presas de control de sedimentos

El objeto de la presa es el de disminuir el impacto de ocurrencia de un flujo extraordinario de barros y escombros mediante la retención de los sedimentos gruesos y almacenamiento de parte de los sedimentos finos. El diseño de las estructuras ha sido hecho para protegerse contra un evento con un periodo de recurrencia de 100 años.

La presa sería de elementos aislados (presa abierta), formada por tubos o elementos similares, con una altura total de 5 metros sobre el nivel del fondo.

Canalización de aguas pluviales

La canalización propuesta para el río Uria consiste en un canal excavado en el material rocoso natural, desde el pié de la presa hasta la caída donde se inicia la socavación en roca (cañón). Desde allí, el cauce seguirá en las condiciones actuales hasta que la sección se haga insuficiente, a partir de donde se ha previsto un canal trapecial excavado en tierra con taludes 1,5H:1V, de 18 m de ancho base y profundidad de 2,5 m desde la descarga al mar hasta el afloramiento rocoso, y 3 m de profundidad hasta el sitio de presa, pendiente de 1,6% en el cono de deyección y pendiente variable entre 4% y 5,5% en la garganta.

Puente y vialidad:

Dadas las características del canal y cono de deyección, y con la finalidad de minimizar los riesgos por deposición de sedimento y el exceso de labores de mantenimiento, se ha previsto la reubicación de la vía ligeramente al sur del alineamiento actual, lo cual permite la ubicación del puente en la zona rocosa del canal, aguas arriba del inicio del cono de deposición.

El puente tendrá una longitud total de 30 m y una altura al borde inferior de las vigas de 3.5 metros medidos desde el fondo del cauce, lo cual posiblemente requiera de la ejecución de un pequeño terraplén vial, a ser determinado a nivel de proyecto.

Adicionalmente se requerirá de un drenaje local para las aguas provenientes del sector noroeste de la cuenca baja.

Verificación de la capacidad de conducción del Canal

A fines de verificar el comportamiento hidráulico de la canalización se utilizaron dos procedimientos de cálculo. En primer lugar se estimaron las profundidades y velocidades mediante la utilización de la ecuación de Manning para flujo uniforme, con lo cual se definieron las dimensiones preliminares del cauce y posteriormente se verificaron los resultados mediante el modelo matemático ejecutado por el IMF-UCV. Tal como se observa en los planos a continuación, las obras hidráulicas controlan adecuadamente el flujo para las condiciones requeridas por el puente y la vialidad, tanto para flujo de agua y 100 años de período de retorno, como para el caso de alud torrencial con un 20% de concentración de sedimentos.

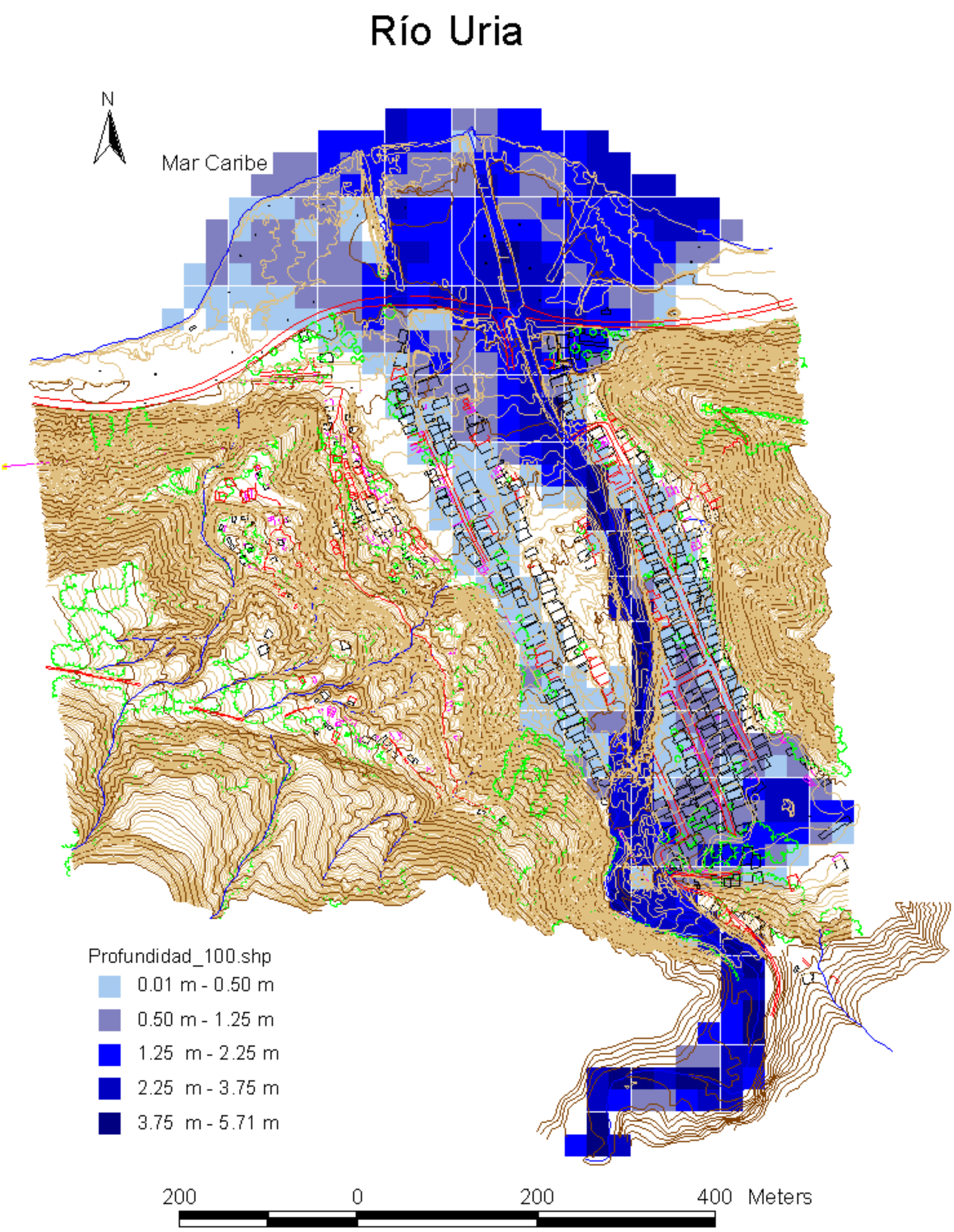


Figura 4: Condición actual sin obras.
Mapa de profundidades máximas de flujo calculadas por el modelo.

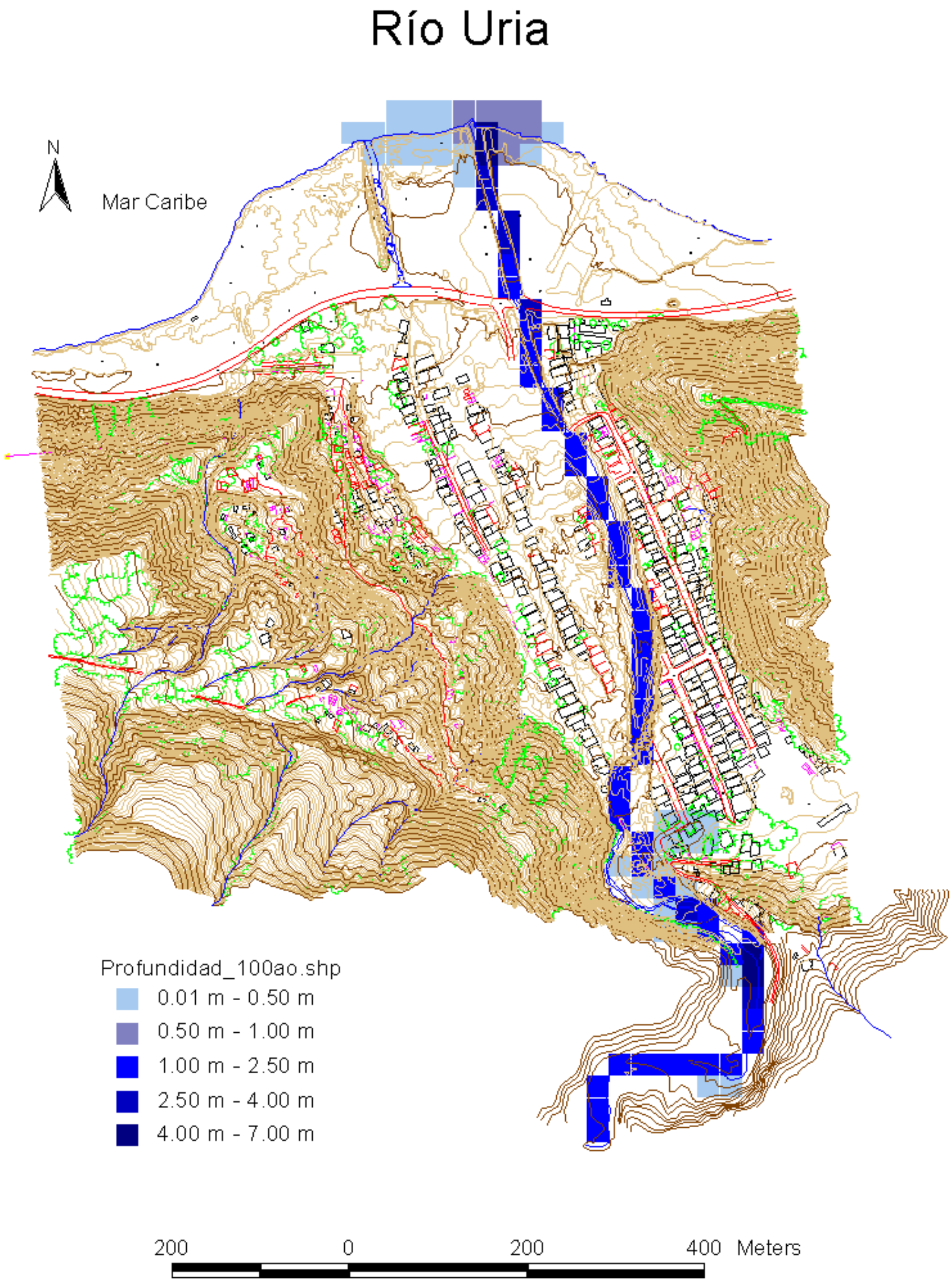


Figura 5: Mapa de profundidades máximas de flujo de agua para 100 años de período de retorno y las obras propuestas, según los resultados calculados por el modelo.

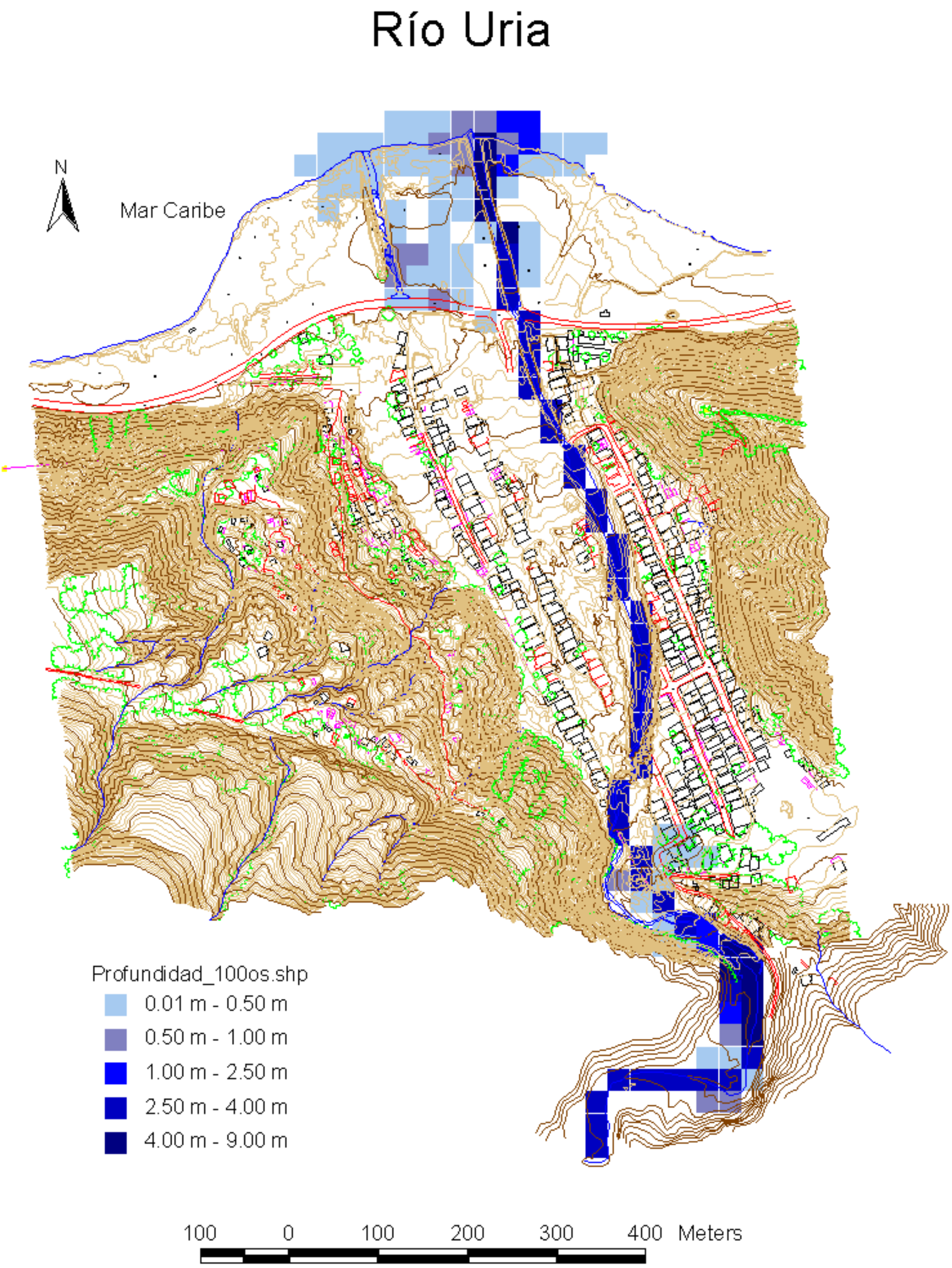


Figura 6: Mapa de profundidades máximas de flujo con alud torrencial y las obras propuestas, según los resultados calculados por el modelo.

Comentarios finales sobre las obras hidráulicas: Es de hacer notar que las dimensiones, tipo y ubicación de las obras que se presentan en este informe son dadas a nivel de factibilidad. Sin embargo, de las verificaciones efectuadas, se puede concluir que con obras sencillas y de bajo costo se puede dar una protección adecuada a la vialidad. Estas obras, en su totalidad, deberán ser diseñadas a nivel de proyecto de ingeniería de detalle, con base en planos topográficos actuales de la zona y la ubicación definitiva de la vialidad.

4.5.- Estudio geológico – geotécnico: Con la finalidad de evaluar las condiciones geológico-geotécnicas de la zona correspondiente a la población de Carmen de Uria con el fin de opinar respecto a su posible uso urbano, se realizó un estudio basado en análisis de fotos aéreas, visitas de campo y consultas con especialistas.

Las actividades desarrolladas como parte del estudio fueron:

1. Evaluación y análisis de pares fotográficos aéreos. En esta etapa se realizó la interpretación fotogeológica de misiones aerofotográficas de diferentes épocas con el fin de identificar los procesos geodinámicos que pudieran haber afectado el área de estudio. Fundamentalmente el trabajo de fotogeología permitió la identificación de procesos tales como deslizamientos profundos, deslizamientos superficiales, flujos, escarpas de deslizamientos antiguos, conos de deyección, y zonas de erosión concentrada y dispersa. Igualmente el estudio de las fotografías aéreas sirvió de base para los aspectos geo-estructurales del área, y para evaluar las modificaciones que se realizaron en el sector para implantar el urbanismo.
2. Inspección geológico-geotécnica de superficie. Durante esta etapa se realizaron recorridos de campo, algunos de ellos con el grupo multidisciplinario seleccionado como grupo consultor, con el fin de recopilar, en los afloramientos más accesibles, datos de tipos de suelos, litología, orientación y características de discontinuidades en la masa rocosa, y tipo y propiedades de estructuras geológicas. Los recorridos a lo largo de las diferentes quebradas permitió recopilar datos para el conocimiento de las características de los flujos torrenciales ocurridos en Diciembre 1999.
3. Consultas externas a especialistas

   Con el fin de tener otras opiniones independientes del grupo consultor, se realizaron consultas puntuales a especialistas en geología y geotecnia que de alguna u otra forma conocían la zona de estudio y estuvieron vinculados a diferentes estudios asociados a los flujos torrenciales que afectaron el Estado Vargas en Diciembre 1999.
4. Elaboración del Informe final

   Con conclusiones y recomendaciones, el cual incluye los resultados de las fotografías aéreas, de las observaciones de campo, y una evaluación de los datos recopilados desde el punto de vista geológico-geotécnico.

En el Anexo 2 se presenta en detalle el informe geológico – geotécnico elaborado para la evaluación de esta cuenca.

4.6.- Informe Final: Como resumen de las actividades realizadas se ha preparado este Informe Final , el cual consta de un enfoque general del problema, la presentación de las conclusiones y recomendaciones más importantes del estudio y dos anexos: uno relativo al modelaje matemático y sus conclusiones y otro del informe geológico – geotécnico.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presenta un resumen de las conclusiones y recomendaciones más importantes, algunas de las cuales pueden ser ampliadas en los anexos a este informe, donde se presentan los informes completos de geología y geotécnia y de modelaje matemático.

5.1.- Conclusiones Generales:

- La cuenca de Carmen de Uria es una de las más vulnerables en el litoral central del Estado Vargas, debido a sus grandes pendientes, la presencia de terrazas fluviales erosionables y la ausencia de rutas de escape del área habitable.
- Los eventos de diciembre de 1999 dejaron la cuenca alta del río Uria en un estado muy frágil, con un gran potencia de producción de sedimentos.
- La no existencia de rutas de escape y evacuación ante un posible llamado de alerta, originó que en el evento de 1999 muchos habitantes de Carmen de Uria quedaran atrapados entre el flujo torrencial que transitó por el Río Uria y los deslizamientos de las laderas adyacentes.

5.2.- Conclusiones de Geología y Geotécnia:

- El tramo del río donde se encuentra la terraza ocupada por el urbanismo actual, aun cuando tiene un ancho importante, debe ser considerado como un tramo de garganta y no como perteneciente a un cono de deyección o abanico aluvial. En tal sentido, es un tramo donde predomina la erosión en lugar de la sedimentación como es el caso de los abanicos aluviales.
- La experiencia obtenida del comportamiento y dinámica fluvial de ríos, ha demostrado que las terrazas aluviales depositadas en sus márgenes, pueden ser nuevamente erosionadas durante lluvias que generen caudales importantes. Esa característica clasifica la zona seleccionada para el urbanismo de Carmen de Uria como de alta vulnerabilidad ante la amenaza de flujos torrenciales.
- Las laderas que circundan a Carmen de Uria son muy susceptibles a deslizamientos superficiales de suelo y roca muy meteorizada, al saturarse durante períodos de lluvias intensas. Esta condición implica que hay un importante aporte de material de suelo y roca hacia la zona al pie de las laderas, lo cual es otro factor de alto riesgo para las viviendas allí construidas.

- La presencia de signos evidentes de erosión en Carmen de Uria hace pensar que soluciones que tiendan a controlar sólo el arrastre de sedimentos, como sería el caso de presas abiertas o presas cerradas bajas, no controlarían totalmente la principal causa de daños en la cuenca baja; es decir, la erosión del flujo.
- En la década del '50, la zona plana en donde se asienta el pueblo de Carmen de Uria fue ampliada artificialmente mediante movimientos de tierra, dando como resultado un potencial incremento de la inestabilidad en los taludes de corte y laderas que la rodean.

5.3.- Conclusiones de Hidráulica:

- Las obras hidráulicas requeridas para la protección adecuada de la vialidad troncal, son obras relativamente modestas y de fácil ejecución.
- Las obras propuestas para conducción de crecidas son capaces de transportar los caudales de 100 años de período de retorno y caudales con gran concentración de sedimento, hasta la parte baja de la garganta. Al inicio del cono de deyección se observan desbordes no controlados y deposición de material.
- Una pequeña presa abierta ayuda considerablemente al control de grandes bloques y, por consiguiente, aumenta la protección de la vía y el puente. Es necesario destacar que, debido a los grandes aportes de sedimento que se esperan en la cuenca del río Uria, la presa se sedimentará en poco tiempo, requiriendo de un mantenimiento adecuado.
- La existencia de un canal excavado en roca no garantiza la integridad de las áreas adyacentes para eventos extraordinarios con flujo de lodo, ya que, como ha sido demostrado, en estos eventos predomina la erosión y podrían ser socavadas las terrazas aluviales, presentándose cambios en el alineamiento del canal.

5.4.- Conclusiones de Vialidad:

- La ubicación actual de la vialidad troncal de Carmen de Uria no es la más conveniente, pues está ubicada en el área de deposición y desbordes, lo cual dificulta el control hidráulico de la vía y la ubicación eficiente del puente.
- Las obras hidráulicas sugeridas proporcionan una protección adecuada a la vía y el puente, dentro de los parámetros de riesgo permitido para obras de este tipo.

5.5.- Conclusiones de Urbanismo:

- Es conveniente destacar que a diferencia de otros desarrollos urbanos afectados por el evento de Diciembre de 1999 donde prevaleció fundamentalmente la sedimentación, la zona de Carmen de Uria fue sometida principalmente a fenómenos erosivos de gran magnitud, que no solo afectaron las terrazas aluviales sino la masa rocosa in situ. La construcción de sistemas de presas abiertas para retención de sedimentos, aguas arriba del urbanismo, podría mitigar el aporte de sedimentos hacia la zona urbanizada, sin embargo, no resolvería todos los problemas de erosión que fueron responsables de la mayor parte de los daños ocurridos los días 15 y 16 de Diciembre de 1999. En tal sentido, también habría que proyectar sistemas de presas cerradas que controlaran los caudales. Adicionalmente el canal que sería necesario en la parte baja de la cuenca por la zona central del urbanismo, eliminaría una zona de dimensiones importantes para viviendas. Todas estas obras de carácter hidráulico más las requeridas para protección y estabilización de las laderas adyacentes al urbanismo, representarían costos anormalmente altos, que a este nivel de estudio, no aparentan justificarse para la cantidad de viviendas que podrían reconstruirse en las áreas menos vulnerables. En nuestra opinión reconstruir el urbanismo en la misma zona, bajo las condiciones actuales, sería reconstruir la vulnerabilidad, lo cual es inaceptable.

- Como se dijo, hay que destacar que las laderas que circundan a Carmen de Uria son muy susceptibles a deslizamientos superficiales,condición que implica que hay un importante aporte de material de suelo y roca hacia la zona al pie de las laderas, lo cual es otro factor de alto riesgo para las viviendas allí construidas.
- Se reitera que la experiencia obtenida del comportamiento y dinámica fluvial de ríos, ha demostrado que las terrazas aluviales depositadas en sus márgenes, pueden ser nuevamente erosionadas, lo que clasifica la zona seleccionada para el urbanismo de Carmen de Uria como de alta vulnerabilidad ante la amenaza de flujos torrenciales.
- De acuerdo con la opinión del experto en geología, Dr. Enrique Navarro, el permitir, si así fuese el caso, la reconstrucción de vivienda en la misma zona, dejando la situación como está, podría ponernos en la situación de revivir las escenas de horror entre la población y la perdida de vidas humanas que protagonizaron el desastre natural de diciembre de 1999.
- De acuerdo con las opiniones del experto en geología Geo. Piero Feliziani, el sector debe ser declarado de alto riesgo y por lo tanto reservarlo para actividades exclusivamente recreacionales. En consecuencia las acciones a tomar deben prever un plan de saneamiento entre las cuales pueden destacar una mejora del cauce del río para que las aguas corran de manera lo más natural posible hacia el mar, eliminación de todas las viviendas seriamente afectadas por el evento extremo y un plan de reforestación con especies autóctonas no solamente en la parte baja, sino también en las laderas que la rodean las cuales fueron seriamente afectadas por los innumerables movimientos de masas allí registrados.
- En caso que sea requerido el desarrollo de un área urbana en condiciones de riesgo similares a las de otras cuencas del Estado Vargas, sólo será posible el desarrollo de unas tres manzanas en la zona noroeste de la cuenca baja de Carmen de Uria y la terraza donde actualmente existe el antiguo hotel.
- Aun en el caso en que fuesen construidas todas las obras requeridas para el desarrollo de una zona urbana, los requerimientos de presas, canalizaciones, canales recolectores de aludes de las montañas vecinas y vialidad de acceso propia del urbanismo, dejarían disponible un área muy limitada, de unas tres manzanas, a un costo extraordinariamente elevado. Además, será necesario tener un estricto control permanente para evitar que nuevos desarrollos no controlados ocupen las mismas áreas de peligro que eran ocupadas antes de los eventos de diciembre de 1999.

- En opinión del experto Ing. Eduardo Martínez, no debe ser reconstruida la zona urbana que resultó dañada en diciembre de 1999 y, en todo caso, utilizar sólo las terrazas altas de la margen izquierda donde se encuentra actualmente el antiguo hotel.
- En la fotografía anexa se presenta un esquema del área que podría ser desarrollada, dentro de parámetros de riesgo similares a los de otras cuencas del Estado Vargas, la cual está limitada a las tres manzanas destacadas en color amarillo.

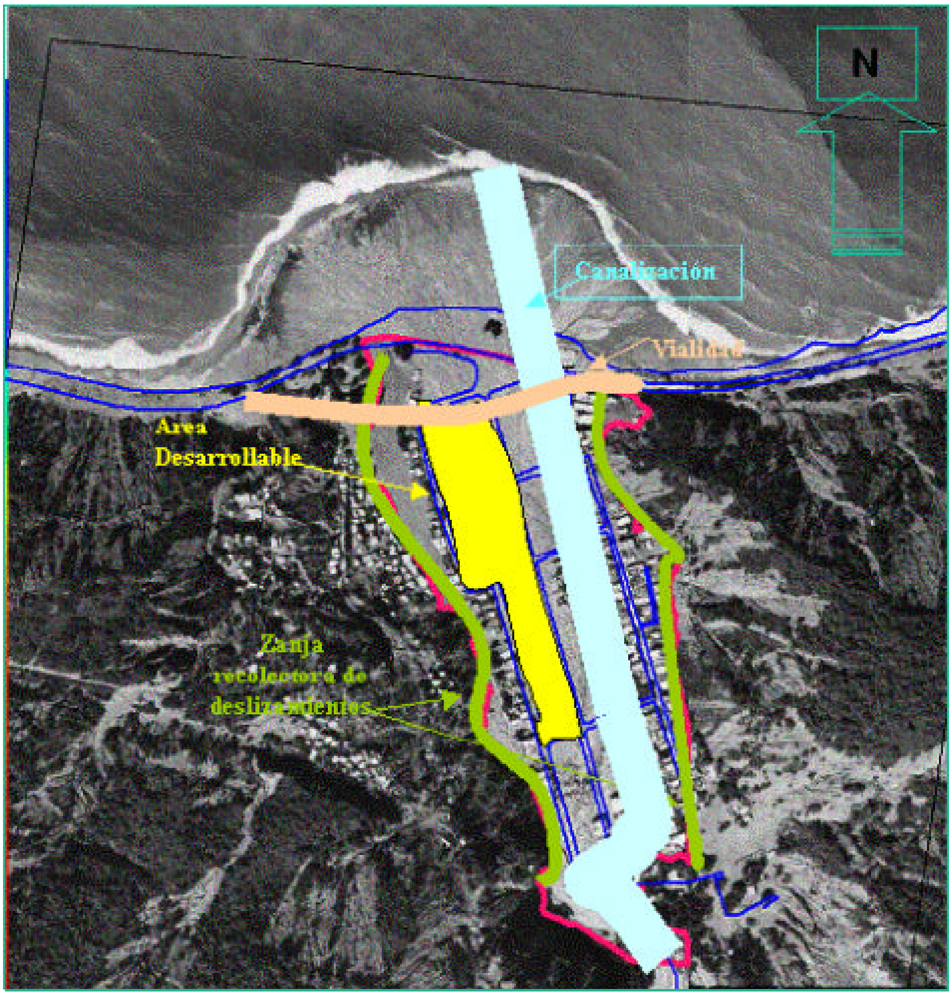


Figura 7: Area factible de ser desarrollada en condiciones similares de riesgo a las de otras cuencas del Estado Vargas

5.6.- Recomendaciones: Como recomendaciones finales sobre el desarrollo de la cuenca de Carmen de Uria y su uso futuro, podemos establecer las siguientes:

- Considerando ciertos criterios y limitaciones, la zona de Carmen de Uria podría eventualmente utilizarse como zona de parques, recreación o cualquier actividad que no implique peligro para vidas humanas. Hay que destacar que al no existir vías de evacuación y escape así como sitios de refugio, aún implementando un sistema de alerta temprana, la probabilidad de pérdida de vidas es alta.
- Se recomienda la realización de los proyectos de ingeniería de detalle para la vialidad, puente y obras hidráulicas recomendadas es este informe, las cuales son: una presa abierta de 5 metros de altura, un canal excavado en roca de unos 18 m de ancho de base, un puente de 30 m de luz y los drenajes adicionales de las áreas al noroeste de la cuenca.
- Se recomienda reubicar la vía hacia el sur a fin de darle una mayor protección y permitir una ubicación del puente fuera del área de sedimentación, para lo cual es requerido dicho proyecto de ingeniería de detalle.

Ing. José I. Sanabria | Ing. Daniel Salcedo

Ing. José L. López | Ing. María E. Bello

Caracas, junio de 2002