

Evaluación del flujo hídrico como componente de un estudio de factibilidad en un proyecto carretero

Víctor Miguel Sánchez Vázquez¹
Pedro Vera Toledo¹
Sergio López Mendoza²
Rodolfo Palacios Silva*

RESUMEN

Se presenta un método cualitativo para identificar limitaciones ambientales a la propuesta de la carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores. El estudio permite identificar zonas potenciales de afectación al proyecto ocasionada por la presencia de una red de drenaje natural en la zona de estudio.

Palabras clave: Estudio de factibilidad ambiental, modelo de flujo hidrológico, Sistemas de Información Geográfica.

ABSTRACT

A qualitative method is showed to identify environmental restrictions to road proposal between Tuxtla Gutiérrez-Villaflores. The study is a tool to identify potential areas of affectation caused by the presence of a natural drainage network.

Keywords: Environmental assessment, run-off model, Geographic Information System

INTRODUCCIÓN

Los estudios de factibilidad son una herramienta útil durante la fase previa a la evaluación de cualquier proyecto que tenga el propósito final de otorgar bienes y servicios. Particularmente en su componente ambiental, el estudio de factibilidad no sólo considera de forma preliminar algunas de las modificaciones del entorno ambiental esperadas tanto en la implementación como en la operación del proyecto sino que además, busca orientar algunas estrategias para alcanzar mayores efectos positivos en el proyecto, con ayuda de la información básica obtenida a partir del análisis ambiental (Solaño-López, 2006).

Al igual que una evaluación de impacto ambiental, procedimiento técnico, administrativo, normativo y analítico destinado a identificar e interpretar, así como a prevenir o recomponer, los efectos de corto, mediano y largo plazo de actividades, proyectos, programas y/o emprendimientos públicos o privados que puedan ocasionar modificaciones significativas del ambiente (Semarnat, 2009); los estudios de factibilidad ambiental pueden ser descriptivos y analíticos (Conesa Fernández, 1993; Coria, 2008). El estudio es descriptivo cuando se caracteriza el medio físico y analítico cuando además, se identifican limitacio-

¹Escuela de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingenierías. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte/Poniente. Col. Lajas Maciel. CP29039. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 052 (961) 1256033

²Escuela de Ingeniería en Geomática. Facultad de Ingenierías. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte/Poniente. Col. Lajas Maciel. CP29039. Tuxtla Gutiérrez, Chapas, México. Tel. 052 (961) 6170440

*Autor para correspondencia rod_palacios@hotmail.com

nes en la ejecución del proyecto. A diferencia de una evaluación de impacto ambiental, las restricciones observadas en el análisis del sistema natural son utilizadas como herramientas de adecuación y no como impedimentos para la ejecución del proyecto.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta básica para realizar un método descriptivo que puede llegar a tener un alcance inferencial dentro de los estudios de factibilidad ambiental, el método de superposición de mapas. Este método tiene como fundamento modelar espacialmente un conjunto de variables cualitativas que describen el entorno físico, sintetizando un paisaje heterogéneo en unidades homogéneas. El poder de esta herramienta radica en su capacidad para relacionar diferentes tipos de datos como imágenes de satélite, fotografías aéreas, además de muchas y diferentes fuentes de datos geográficos, así como su capacidad para la integración de datos con diferentes escalas. También, los SIG son una herramienta que facilita la toma de decisiones ya que permite evaluar cualitativamente diferentes escenarios de manejo y mostrar en forma simple las estrategias de mitigación.

Particularmente, la modelación espacial de la hidrología de un paisaje podría ofrecer información básica que incorpora procesos causales que afectan el nivel operativo de una carretera. La red hídrica de una zona en particular depende de la combinación de cuatro factores del entorno ambiental a escala de paisaje: clima, suelo, vegetación, y topografía. El impacto del clima se relaciona con la cantidad y la intensidad de la lluvia. Si la precipitación es mayor, el flujo hídrico también es mayor y por lo tanto mayor impacto a la infraestructura (Dewberry y Davis, 2008). La contribución de las características del suelo al flujo se relaciona con el tamaño de las partículas del suelo y del contenido de agua del suelo, si las partículas son más pequeñas o el suelo contiene más agua entonces existe un mayor flujo. La vegetación por otro lado, también desempeña un papel determi-

nante, los suelos desnudos producen más flujo superficial. Mientras que la influencia de la topografía a el flujo se asocia básicamente a la pendiente y el tamaño de la ladera, cuanto mayor es la pendiente y mayor la longitud de la ladera (Perrin *et. al*, 2003). El objetivo de este trabajo fue identificar zonas críticas dentro del proyecto carretero Tuxtla Gutiérrez-Villaflores utilizando un modelo de escorrentía. Considerando que la red de drenaje es una condicionante importante en la operación del proyecto.

MÉTODO

Sistema de estudio

El proyecto se encuentra dentro de un sistema hidrológico comprendido en la región Grijalva-Usamacinta, entre los 16°36'00" y 16°42'00" Norte y los 93°36'00" y 93°45'36" Oeste (fig. 1). El estudio de factibilidad se refiere al proyecto carretero que propone comunicar las ciudades de Tuxtla Gutiérrez-Villaflores a través de una vía de dos carriles que recorre 70 km de longitud y tiene un cuerpo de 12 m en su sección transversal, incluyendo un carril por sentido y acotamientos en los extremos, donde se espera un volumen promedio diario de tránsito desde 1500 hasta 3000 vehículos (clasificación técnica oficial del tipo B), cuyo objetivo principal es establecer condiciones favorables para el tránsito comercial, fomentar el desarrollo turístico y ofrecer un trayecto seguro para los usuarios.

Descripción del medio físico

Para describir inicialmente el entorno físico fue considerada el área obtenida por el ensanchamiento de 100 m a cada lado del trazo propuesto, de tal forma que el área de impacto considerada en esta sección es de alrededor de 1572 hectáreas. La descripción inicial del medio físico fue realizada considerando los principales patrones de los tipos clima y suelo, además de la cobertura vegetal a partir de información generada por fuentes oficiales (INEGI, 2004a; INEGI, 2004b; INEGI, 2004c).

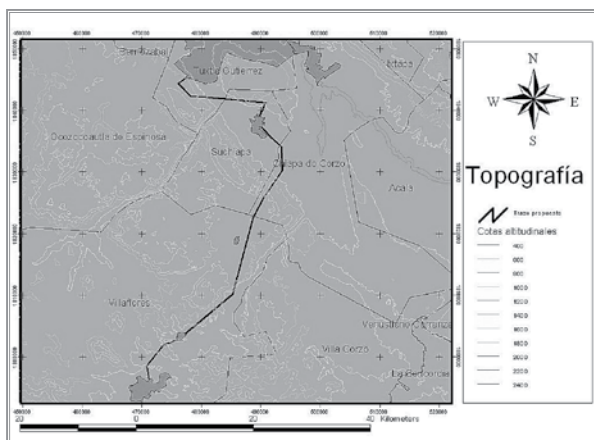


Figura 1 ■ | Mapa topográfico donde se ubica el proyecto de estudio.

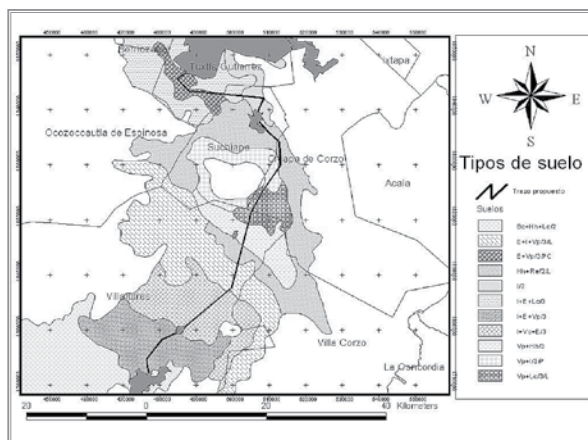


Figura 2 ■ | Mapa de suelos del proyecto de estudio.

Tipo de suelo	Textura	Área (has)
Bc+Hh+Lc/2	Media	7
E+Vp/3/PC	Fina	183
E+I+Vp/3/L	Fina	96
I+E+Vp/3	Fina	195
Hh+Re/2/L	Media	249
I+Vc+E/3	Fina	207
I/2	Media	153
I+E+Lc/3	Fina	202
Vp+Hh/3	Fina	71
Vp+I/3/P	Fina	75
Vp+Lc/3/L	Fina	134
	Total	1572

Tabla 1 ■ Tipos de suelo que abarca el tramo carretero Tuxtla Gutiérrez-Villaflores.

La caracterización del paisaje abiótico fue basada principalmente a partir de un modelo hídrico obtenido a partir del cálculo de la dirección de flujo y posteriormente por la estimación del flujo acumulado. La dirección de flujo fue simulada numéricamente en un mapa raster en función de variables topográficas como la elevación, la orientación de la ladera y la pendiente, obtenidas del modelo digital de elevación

(1:250,000). La acumulación de flujo fue estimada también en un mapa raster obtenido a partir del producto de la dirección del flujo por la precipitación esperada según el tipo de clima encontrado en la zona donde se distribuye el proyecto. Para los subtipos de clima encontrados en la zona de estudio, templado húmedo, templado subhúmedo, semicálido, cálido-húmedo y clima húmedo-tropical-lluvioso fueron consideradas estimaciones de precipitación de 2,000, 1,000, 3,500, 1,500 y 4,000 mm anuales respectivamente. Finalmente, con los resultados obtenidos del modelo de escorrentías se combinaron con la delimitación de las microcuencas encontradas en la zona para generar un gradiente de baja, media y alta afectación al entorno.

RESULTADOS

En términos generales el trazo carretero abarca regiones con diferentes tipos de suelo, resultando predominantes el Litosol y Vertisol (ver fig. 2; tabla 1). El área que incluye el tramo carretero presenta un clima: tropical, donde predomina el tipo de clima cálido (ver fig. 3 y tabla 2). El 51% del trazo carretero se distribuye en vegetación secundaria de selva baja

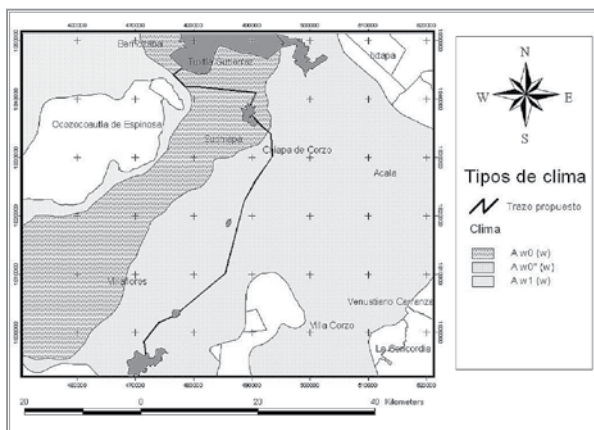


Figura 3 ■ Mapa de climas del proyecto de estudio.

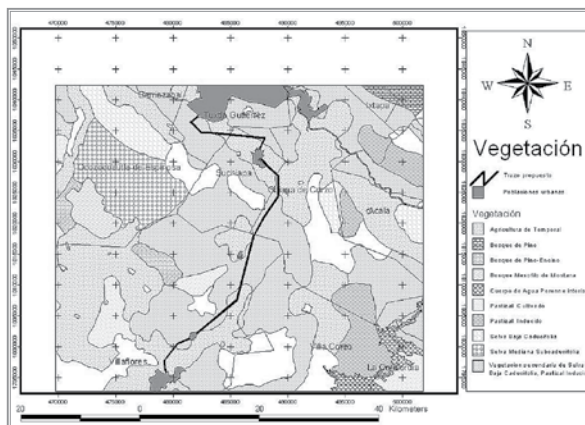


Figura 4 ■ Mapa de vegetación del proyecto de estudio.

Tipo de clima	Clave	Área (has)
Cálido subhúmedo	Aw0(w)	598
Cálido subhúmedo	Aw0''(w)	24
Cálido subhúmedo	Aw1 (w)	950
	Total	1572

Tabla 2 ■ Tipos de clima encontrados en el área que ocupa el tramo carretero Tuxtla Gutiérrez-Villafloraes.

Entidad	Áreas (has)
Agricultura de Temporal	746
Área Urbana	29
Selva-área pastizal	797
Total	1572

Tabla 3 ■ Tipos de clima encontrados en el área que ocupa el tramo carretero Tuxtla Gutiérrez-Villafloraes.

caducifolia, el 47% zonas de producción agrícola y el 2% atravesará por área urbana (ver fig. 4 y tabla 3). Debido a que los tipos de suelo encontrados sobre el trazo propuesto estuvieron constituidos de material no consolidado, el modelo de acumulación de flujo fue ponderado por el tipo de textura (media y fina) para obtener así el modelo que permite registrar puntos clave de zonas de afectación del proyecto a variables microclimáticas.

En la figura 5 se identifican cuatro segmentos, uno de baja afectación, uno de afectación media y los dos restantes de alta afectación, los segmentos de baja afectación ocupan el 11.4 %, mientras que el impacto medio y el alto ocupan el 14.8 y 73.8%

respectivamente del trazo propuesto (tabla 4). Los segmentos de baja afectación se encuentran en el municipio de Chiapa de Corzo, los de afectación media se encuentran en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, mientras que los de alta afectación se encuentran en los municipios de Suchiapa y Villafloraes.

Discusión

Los modelos de escorrentía son una herramienta útil para predecir y simular el flujo superficial (Perrin *et. al*, 2003). Los métodos de evaluación del flujo superficial pueden constituir una parte importante en el diagnóstico de la factibilidad de un proyecto, la delimitación de este factor físico permite reconocer las

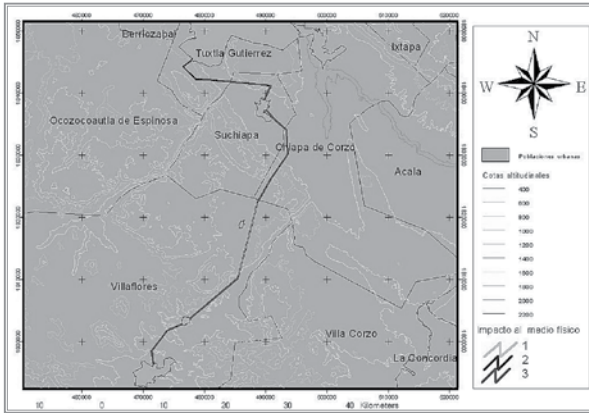


Figura 5 ■ Mapa de impacto al medio físico del proyecto de estudio.

afectaciones potenciales negativas para la operación y los alcances benéficos de la implementación de una carretera.

La aplicación de los SIG permitió obtener información útil de relativa fácil interpretación, la clasificación de afectación utilizada permitió identificar áreas críticas debido al impacto esperado por la red hídrica a un proyecto carretero. Particularmente, con la información obtenida no sólo se identifican áreas que requieren de la realización de obras civiles de captación y/o conducción de escorrentías pluviales, arroyos y ríos, sino que además requieren de un manejo del paisaje (restauración ecológica) para disminuir el impacto de la red hídrica en la operación del proyecto, particularmente, en las áreas identificadas bajo una alta y media afectación debido a las escorrentías.

Tramo	Longitud (Km)	Impacto
1	12.0	Medio
2	15.2	Alto
3	13	Bajo
4	29.8	Alto
Total	70	

Tabla 4 ■ Nivel de impacto de la hidrología al proyecto carretero Tuxtla Gutiérrez-Villaflora.

LITERATURA CITADA

CONESA FERNÁNDEZ, V. 1995. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España.

DEWBERRY, S. Y L. DAVIS. 2008. *Land development handbook*. McGraw-Hill.

INEGI. 2004a. *Cartografía digital, 1:250000 E1511*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

INEGI. 2004b. *Modelo digital de elevación, 1:250000 E1511*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

INEGI. 2004c. *Ortofotos digitales, 1:50000 E1511*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

INEGI. 2005. *II Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Distrito Federal.

PERRIN, C., MICHEL, C. Y V. ANDREASSIAN. 2003. Improvement of a parsimonious model for streamflow simulaci3n. *Journal of Hydrology* 27:275-289.

SOLANO-L3PEZ M. 2006. *Evaluaci3n Ambiental.* Estudios de Factibilidad y Capital Natural. Negotium.

SEMARNAT. 2002. *NOM-059-SEMARNAT-2001.* Protecci3n ambiental-especies nativas de M3xico de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusi3n, exclusi3n o cambio-lista de especies en riesgo.

CORIA, I. 2008. El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio* 11:125-135.

