

## **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL Y DE LA POBLACIÓN ANTE LA PRESENCIA DE UNA AMENAZA TECNOLÓGICA: EL CASO DEL POLIDUCTO DE RECOPE, COSTA RICA**

*Nuria Mónica Chavarría Campos<sup>1</sup>, Carlos Miguel Camacho Garro<sup>2</sup>*

**Resumen.** Este trabajo crea y aplica una metodología acorde con la realidad del país para zonificar la vulnerabilidad estructural y de la población sometida a una amenaza tecnológica, en este caso bajo la influencia de una posible emergencia por derrame de combustibles del poliducto. Una de las finalidades del trabajo es zonificar esta vulnerabilidad como elemento por considerar en la determinación del riesgo, elaboración de planes municipales de contingencia y en las propuestas de ordenamiento territorial.

**Palabras claves.** Poliducto, RECOPE, vulnerabilidad, riesgo, derrame de combustibles, amenaza tecnológica.

**Abstract:** This study develops and applies a methodology in keeping with the reality of the country in order to zone the structural and population vulnerability subject to technological hazard, in this case the influence of a possible emergency due to fuel spill from an oil pipeline. One of the objectives of this study is to zone this vulnerability as an element to consider in determining risk, devising municipal contingency plans and in proposing territorial coding.

**Keywords:** Pipeline, RECOPE, vulnerability, risk, fuel spill, hazard, technological hazard.

---

<sup>1</sup> Proyecto Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica (PRUGAM). nuriamonica@yahoo.es

<sup>2</sup> Proyecto Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica (PRUGAM). carloscamachogarro@yahoo.

## **INTRODUCCIÓN**

El término vulnerabilidad es muy utilizado y, de hecho, se usa indistinta y equivocadamente como sinónimo de riesgo. Debido a la amplitud de este concepto, puede considerarse como compuesto en su totalidad por varios factores o tipos de vulnerabilidad (dependiendo del autor que se consulte); uno de estos factores es la vulnerabilidad estructural, que hace referencia a las técnicas inadecuadas de construcción y la infraestructura básica de las estructuras que se encuentran bajo la influencia de algún tipo de amenaza (Solís, A. 2002). Otra de estas categorizaciones es la que Villagrán (fuente) define como la vulnerabilidad de la población, que forma parte de la vulnerabilidad social y que está integrada por múltiples factores sociales, tales como educación, pobreza, salud y grupos de edades, entre otros.

Climent, A., Salgado, D. y van Westen, C. (2003) mencionan que el grado en que afecta una eventualidad está en función de la vulnerabilidad ante; además se ha demostrado que con una acertada planificación y la aplicación de medidas preventivas y correctivas se puede reducir la vulnerabilidad y minimizar los efectos de dicha eventualidad; por lo tanto, el precisar la vulnerabilidad estructural y de la población en una determinada unidad espacial, permitirá a las instituciones correspondientes mejorar la toma de decisiones en situaciones relacionadas con la organización del uso del suelo, la planificación urbana y, además, incluir dentro de los planes de contingencia, una zonificación de la vulnerabilidad tanto de las personas como de las estructuras ante una emergencia relacionada con el poliducto.

El objetivo general de la investigación fue diseñar una metodología preliminar para determinar y zonificar la vulnerabilidad estructural considerando las viviendas, comercios industrias y otras estructuras, así como la vulnerabilidad de la población en términos de su cantidad y estructura por edades, que se encuentra cerca del poliducto que recorre la ruta N° 1 y N° 106 en sectores de los distritos de Río Segundo de Alajuela, La Ribera y Asunción del cantón de Belén, Llorente de Flores, Ulloa y San Francisco de Heredia y Santa Rosa de Santo Domingo.

## **GENERALIDADES DEL POLIDUCTO EN COSTA RICA**

Por definición, un oleoducto es una tubería para la conducción de petróleo desde los lugares de producción a los de embarque o de refinamiento; o desde el lugar de descarga al de refino (Reglamento a la Ley de Hidrocarburos, Título I, Artículo 2); por lo tanto, en Costa Rica lo que existe es un poliducto y no un oleoducto como aparece en la rotulación oficial de la tubería, pues mediante tal

ducto lo que se trasiega son diversos combustibles derivados del petróleo.

De modo que para el caso de este estudio, el poliducto será considerado como la red de tubería por la que se transportan combustibles tales como gasolinas y diésel; en Costa Rica esta tarea está a cargo de RECOPE, que trasiega combustibles limpios desde Moín en Limón, hasta Barranca en Puntarenas, con un recorrido total de 342 km. El diagrama 1 ilustra el recorrido del poliducto en nuestro país, y se anotan además algunas de sus generalidades y su trazado.

Cuando se construyó el poliducto gran parte de su recorrido era por lugares deshabitados, sin embargo, el cambio de uso de la tierra y el crecimiento urbano se hizo sentir con el paso del tiempo. Así, para 1998 un informe de la Contraloría General de la República reveló que existía una serie de fallas en la seguridad y mantenimiento del poliducto. A partir de ese momento se inicia, por parte de RECOPE, un plan de mejoramiento para el poliducto que actualmente se encuentra altamente tecnificado, pues cuenta con un conjunto de sistemas de monitoreo que, ante el primer indicio de fuga, activa hasta tres tipos de válvulas y señala el punto exacto del derrame. De esta manera, los controles de seguridad se extienden a lo largo del poliducto, pero se concentran en los lugares más poblados.

Actualmente, es frecuente encontrar diversas situaciones que implican uso inadecuado y riesgoso de la tubería del poliducto por parte de la población aledaña, así como el paso de este por sitios de uso público, debido al crecimiento urbano no planificado. En Colorado de Turrialba, hace cinco años, RECOPE debió cambiar la ruta del sistema, pues por un descuido de la Municipalidad se construyeron casas sobre el ducto en una línea de 100



**Diagrama 1: Recorrido del poliducto de Costa Rica.**

Tomado de: Meza, A. (2002)

metros, y aunque RECOPE estaba en su derecho de exigir la demolición de las estructuras, se optó por cambiar la tubería para cruzarla por otro sector. En el distrito de Ulloa, Heredia, es muy común observar la rotulación del poliducto, y adyacente a él muy diversos usos, como por ejemplo gran cantidad de áreas residenciales, industrias químicas, estaciones de gasolina y centros educativos, entre otros. Similar es el caso de los distritos de La Asunción y La Ribera en el cantón de Belén, donde la proximidad a industrias es bastante evidente a lo largo de la Autopista General Cañas.

## **CONCEPTOS BÁSICOS**

### **La vulnerabilidad: diferentes acepciones del término**

Como muchos otros conceptos, la vulnerabilidad carece de una definición que permita hacerla más útil o al menos más aplicable, es por esto que “la sistematización de la vulnerabilidad permitirá a las autoridades modelar en forma integral este concepto, dimensionar el tipo y la magnitud de las distintas vulnerabilidades y definir estrategias para reducirlas” (Villagrán, J.). Bajo este propósito, dicho autor recurre, al igual que muchos otros, a tipificar y segmentar las diferentes “vulnerabilidades” a las que puede estar sometido un mismo objeto o persona. Otros autores (entre ellos Solís, A., 2002) se inclinan por tratar la vulnerabilidad como una misma, pero condicionada por diversos factores, que son precisamente las tipificaciones hechas por Villagrán.

### **Vulnerabilidad estructural y de la población**

La vulnerabilidad estructural y de la población son las acepciones que se utilizan en la presente investigación; se refieren a lo expuesta y propensa que está una construcción a ser dañada por una amenaza, o bien, lo susceptible que está la población.

Dentro de la vulnerabilidad estructural se incluyen todos los elementos de la construcción que son propensos a sufrir daños derivados de la emergencia: paredes, techos, puertas, ventanas, accesos y pisos (Villagrán, J.), así como las actividades que se desarrollen en cada estructura (uso y almacenaje de materiales peligrosos involucrados en ellas, por ejemplo). La vulnerabilidad de la población puede ser determinada a partir de muy diversos criterios, como por ejemplo su condición social, tipo de empleo, lugares de trabajo, capacidades y

limitantes físicas, cercanía a la amenaza, grupos de edades y cantidad total de población. En esta investigación la vulnerabilidad de la población se determina utilizando los últimos tres criterios antes mencionados, debido a que son los datos a los que se puede acceder con mayor facilidad y que, además, son los que mejor se ajustan para el tipo de trabajo que se realizó.

### **Vulnerabilidad estructural y de la población con respecto a la amenaza tecnológica**

Ahora bien, la vulnerabilidad ha sido descrita ya en términos generales pero hay que considerar el tipo de amenaza a la que se es vulnerable; en este caso, la vulnerabilidad se determinará en función de la amenaza tecnológica, la cual se identifica por la presencia de un agente que pone en peligro al ser humano, sus obras y su medio ambiente (Solís, A., 2002), dada la posibilidad de que se generen accidentes tecnológicos, en este caso se trata de los hidrocarburos que se trasiegan por la propia infraestructura del poliducto.

La evaluación de la amenaza tecnológica no depende solamente de la presencia de un agente determinado, sino que contempla otras variables como: historial de eventos, condiciones de seguridad y grado de interacción. La amenaza en sí no está determinada por el desarrollo tecnológico o el uso de sustancias químicas, sino más bien por la forma en que el ser humano interactúa con los diferentes agentes de amenaza.

### **Relación entre riesgo, emergencia y desastre tecnológico**

Al existir un riesgo puede desencadenarse una emergencia; en este caso el Decreto Ejecutivo No. 26805-S del 31 de marzo de 1998, el Reglamento Sobre Registro y Control de Sustancias Tóxicas y Productos Tóxicos o Peligrosos, en su artículo 3, define Emergencia Tecnológica como:

Situación imprevista que tiene consecuencias negativas o la probabilidad de que estas ocurran; sobre las personas, materiales o el medio ambiente, la cual involucra el derrame, fuga, escape, incendio, explosión o ruptura de cualquier sustancia, objeto o producto tóxico o peligroso. (Ministerio de Salud, 1998).

A partir de una emergencia puede derivarse un desastre; en este caso un desastre tecnológico está determinado por la interacción del uso inapropiado de la tecnología, un desarrollo no sostenible y la existencia de elementos vul-

nerables. “El desastre tecnológico se define como una situación, derivada de un accidente en el que se involucran sustancias químicas peligrosas o equipos peligrosos; que causa daños al ambiente, a la salud, al componente socioeconómico y a la infraestructura productiva de una nación o bien de un sistema, siendo estos daños de tal magnitud que exceden la capacidad de respuesta del componente del afectado.” (Solís, A. 2002).

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

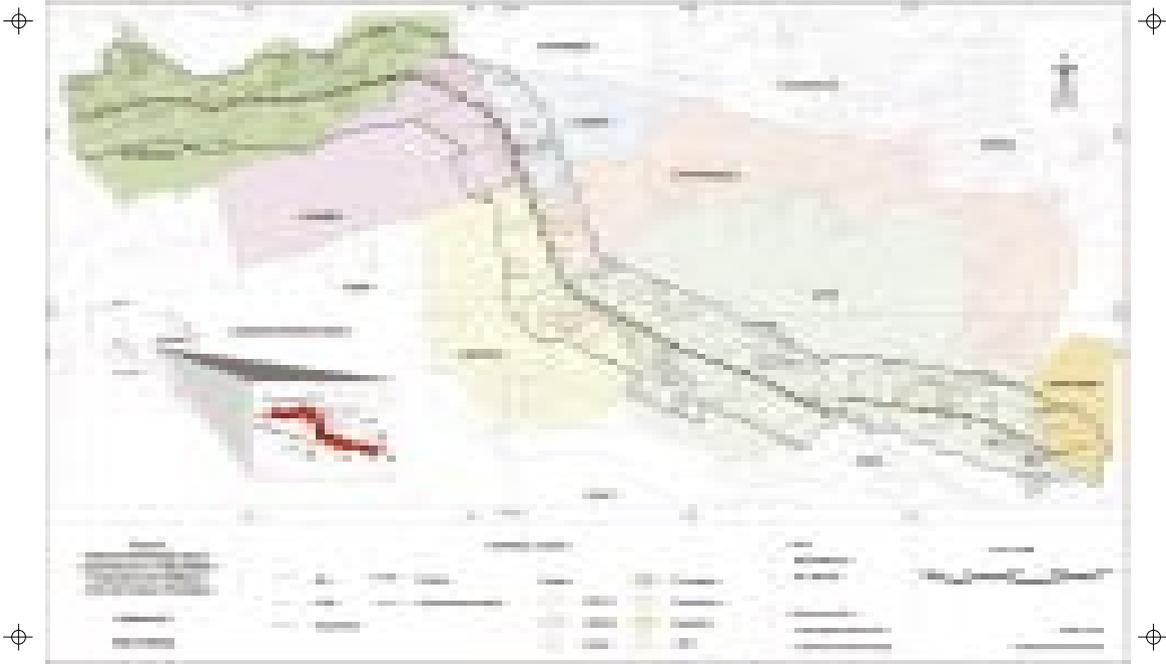
Luego de una revisión cartográfica, de visitas al campo y entrevistas con profesionales de RECOPE, CNE y del Cuerpo de Bomberos, se definió como área concreta de estudio, sectores aledaños al poliducto sobre la ruta N° 1 (autopista General Cañas) y la ruta N° 106 (La Valencia – Barreal) correspondiente a los distritos de Río Segundo de Alajuela, La Ribera y Asunción del cantón de Belén, Llorente de Flores, Ulloa y San Francisco de Heredia y Santa Rosa de Santo Domingo, sector que incluye el área entre tres válvulas del poliducto (la válvula Virilla o Jardines, la válvula Castella y la válvula Aeropuerto).

A partir del área de estudio se definió un corredor (*buffer*) a cada lado del poliducto, cuyas dimensiones se establecieron con ayuda del criterio de diversos expertos, calculando un área de influencia de 500 metros a cada lado de la tubería (mapa 1). Es necesario incluir el criterio de corredor o área de influencia, debido a que no toda el área del cantón o cualquier otra unidad espacial previamente delimitada, responde a los objetivos que se han estipulado para la aplicación de esta metodología.

### El instrumento de recolección de datos

En vista de que la vulnerabilidad difiere notablemente de un espacio geográfico a otro, no se consideró pertinente utilizar metodologías para evaluar la vulnerabilidad estructural y de la población que se han desarrollado en diferentes países. Se decidió realizar un análisis basado en ciertas consideraciones que permitieran determinar niveles de vulnerabilidad estructural para cada espacio geográfico en particular.

De esta manera, surge la necesidad de diseñar un nuevo instrumento de recolección de datos en el campo. Debido a la diversidad de usos de la tierra y a los objetivos perseguidos en esta investigación, se decidió elaborar tres diferentes boletas como instrumento de recolección de datos; la primera boleta está destinada a encuestar el uso residencial, mientras que la segunda y la tercera censarán los usos de servicios y las industrias, comercios, usos de transporte y almacenaje respectivamente.



**Mapa 1. Ubicación del área de estudio.**

### **La cartografía básica y temática**

Para este proyecto se trabajó básicamente a escala de segmento censal; el banco de datos de información espacial se constituyó de la siguiente manera:

- Cortes realizados a la cartografía existente a escala 1:200.000, 1:50.000 y 1:10.000.
- Digitalización de nueva información a escala 1:10.000 (curvas de nivel, ríos e hitos), y a escala de segmento censal 1:5.000 (estructuras), también se digitalizó, luego del trabajo de campo, la ubicación de los hidrantes y las tomas alternas de agua.
- Información sin procesar; consiste básicamente en las fotografías aéreas del proyecto TERRA y del proyecto CARTA, de donde se obtuvo la cobertura de la tierra.
- Introducción de nueva información cartográfica temática proveniente del trabajo de campo, de interpolaciones espaciales, álgebra de mapas<sup>3</sup> y análisis espacial.

<sup>3</sup> El concepto del álgebra de mapas o modelado cartográfico fue propuesto por Dana Tomlin en 1983. Un modelo cartográfico o análisis espacial como una colección de mapas en una base cartográfica común, donde cada mapa manera secuencial para enriquecer la resolución de problema espaciales. En síntesis, el álgebra de mapas es la ope-

Cuando la información de los segmentos censales estaba ya en formato digital, se optó por realizar una actualización rápida y bastante general de las estructuras correspondientes a usos que no fueran residenciales, ya que estos últimos eran gran cantidad de polígonos (aproximadamente unos 4 832). Es de esta manera que se decidió encuestar los usos residenciales y censar todos los demás usos que implicaran el establecimiento de una estructura.

## **La determinación del tamaño de la muestra para residencias**

Como se mencionó anteriormente, la cantidad de viviendas resultaba una cifra elevada para censar, por lo que se decidió encuestar al diez por ciento del total de residencias; es así como se redujo la cantidad, de estructuras residenciales por visitar para 483. Para evitar el sesgo de la muestra, quizá no en cantidad pero sí en selectividad de las estructuras por encuestar, y aprovechando que cada residencia se encontraba debidamente ubicada en el espacio mediante el SIG, se enumeraron las 4 832 viviendas de forma consecutiva, de tal manera que, a la vez, fuera posible ubicarlas con su correspondiente base de datos relacional confeccionada en el SIG.

Una vez que las viviendas estaban enumeradas de manera consecutiva, se procedió a obtener números al azar mediante la función “aleatorio” del programa Microsoft Excel, donde cada número entre 1 y 4 832 que resultara de esa operación se asignaba a una estructura residencial en particular; cuando las 483 viviendas estaban ya seleccionadas aleatoriamente, se verificaron en el mapa para validar el procedimiento, puesto que interesaba que ellas estuvieran dispersas en toda el área de estudio, y no concentradas en un solo residencial. Al desplegar y visualizar la cobertura con las viviendas seleccionadas, se comprobó que efectivamente estaban distribuidas en toda el área de estudio; de modo que la selección de la muestra era válida.

## **Selección de variables para el álgebra de mapas**

### *Asignación de pesos para las variables*

Al seleccionar las variables que se incluyen como parte del álgebra de mapas, es necesario asignar a cada una de ellas un peso específico que deter-

---

minación en la que diversas capas temáticas se interrelacionan mediante operaciones matemáticas y análisis espacial, para generar un producto final. Tiene una variable vinculada a operaciones matemáticas tradicionales que se procesan de manera secuencial para enriquecer la resolución de problema espaciales. En síntesis, el álgebra de mapas es la operación en la que diversas capas temáticas se interrelacionan mediante operaciones matemáticas y análisis espacial, para generar un producto final.

minará su importancia o participación dentro de la metodología propuesta.

En esta investigación el uso de pesos responde a “una evaluación referida a criterio, la cual puede ser tan arbitraria como se desee, ya que el objetivo es poder identificar patrones de respuesta. Aunque el peso no tiene significado en la confiabilidad global del instrumento, lo que se busca es una alta confiabilidad en la estimación de la medida...” (*Asignación de pesos a temas y reactivos*, 1996).

Se han utilizado diez diferentes aspectos a los que también se denominan variables para el álgebra de mapas; a cada uno de ellos se les asignan diferentes valores, de tal manera que entre todos sumen cien (100). Los pesos han sido asignados de tal modo que los valores mayores representan lugares o situaciones más vulnerables para las estructuras y la población, mientras que los valores menores se refieren a condiciones menos vulnerables en caso de presentarse una emergencia relacionada con el poliducto; cabe aclarar que el peso asignado a cada uno de los diez aspectos difiere según la importancia que a criterio de los investigadores este tenga dentro de la metodología planteada. Seguidamente se detalla cada uno de estos aspectos y los pesos asignados.

#### *Aspecto N° 1: proximidad al poliducto*

Este aspecto consiste en la determinación de áreas homogéneas de proximidad al poliducto, las cuales se delimitaron bajo el supuesto de que entre más cerca esté esta tubería de las estructuras y de la población, mayor es el grado de vulnerabilidad. Para la elaboración del mapa de proximidad se establecieron cinco áreas homogéneas de cien metros cada una, a las cuales se les asigna un peso entre dos y diez, de acuerdo con la cercanía al poliducto, de la siguiente manera:

- |    |                        |         |
|----|------------------------|---------|
| a) | Menor a 100 metros     | Peso 10 |
| b) | Entre 100 y 200 metros | Peso 8  |
| c) | Entre 200 y 300 metros | Peso 6  |
| d) | Entre 300 y 400 metros | Peso 4  |
| e) | Mayor a 400 metros     | Peso 2  |

#### *Aspecto N° 2: rotulación del poliducto*

En un principio se pretendía incluir como criterio para asignación de pesos, la condición de exposición del poliducto, es decir si la tubería está enterrada o va sobre la superficie, y con ello intentar definir niveles de mayor exposición a situaciones tales como sabotaje, choque de vehículos e impacto de maqui-

naria pesada contra la tubería y sismos; sin embargo, “tanto bajo tierra como en superficie, el poliducto es vulnerable”<sup>4</sup>, ya que si la tubería está subterránea se disminuyen las posibilidades de sabotaje y choque de vehículos contra el ducto; sin embargo, puede resultar más susceptible al impacto involuntario de maquinaria pesada que trabaje en el lugar, además de que pierde flexibilidad ante los sismos.

Se decide, entonces, incluir como aspecto por considerar, la rotulación del recorrido de la tubería, en el sentido de que si está bien ubicada, hay bastante amojonamiento (no está muy disperso) y la información que esa rotulación contiene es verídica y actualizada (sobre el dato de profundidad), se podrían disminuir los incidentes relacionados con maquinaria pesada que impacte la tubería; se consideró que la distancia a la que podría visualizarse apropiadamente un rótulo es de 75 metros, y saber que es un mensaje de advertencia; en este caso, puede presentarse una de las siguientes situaciones:

- a) Sectores rotulados: donde el peso asignado es de 4, debido a que se consideró que a pesar de la rotulación, el poliducto sigue siendo vulnerable y, a la vez, aumenta la vulnerabilidad de la población y las estructuras adyacentes.
- b) Sectores sin rotulación, a los que se les asigna el valor de 5.

Se generó el corredor del poliducto a una distancia de 75 metros (por cuestiones de visibilidad, como se indicó anteriormente); es a este espacio al que se le asignarán los pesos antes mencionados, ya que si no fuera de esta manera gran parte del área de estudio quedaría “sin rotulación”, inclusive aquellos sectores donde el poliducto pasa a más de 400 metros.

### *Aspecto N° 3: dirección y almacenamiento de flujos en caso de derrame*

Se busca conocer áreas donde en caso de un derrame de combustible, el líquido drenaría y se almacenaría. La pendiente, la altitud del terreno y el sistema de drenaje natural, resultan básicos para determinar la dirección de estos flujos; para este trabajo se ha calculado en el programa ArcView 3.3 sin tomar en cuenta los volúmenes que podrían derramarse, debido a que no se encontró una aplicación en este programa que permitiera modelar esta situación.

De esta manera, se generan dos coberturas para obtener la ponderación de este aspecto; la primera de ellas corresponde a las áreas por las que discurriría el líquido en caso de un derrame, para lo cual únicamente fue posible determinar estas áreas en función de la pendiente del terreno. Sin embargo,

<sup>4</sup> Según comentó el señor Lesmes Ballesteros Calderón, personero de RECOPE.

lo ideal es incluir otros criterios, tales como el sistema de alcantarillado; no obstante, no fue posible acceder a estas coberturas para toda el área de estudio; la cobertura obtenida finalmente se denomina drenaje, y se generó mediante la aplicación de la extensión *Hydrologic Modeling* de ArcView versión 3.3., al igual que la cobertura de almacenamiento. La segunda cobertura generada corresponde a las áreas donde se almacenaría el líquido luego de drenar; ellas se determinaron a partir de la pendiente del terreno, seleccionando aquellas áreas al pie de los drenajes donde la pendiente es igual o menor a un grado; se ha nombrado esta cobertura como almacenamiento, comparándola simultáneamente con la orientación de la pendiente que se generó también en ArcView con la extensión de *3D Analyst*.

Los pesos asignados oscilan entre 0 y 8, correspondiendo los valores más altos a las áreas por las que discurriría y se almacenaría el combustible y que, por lo tanto, aumenta la vulnerabilidad de sectores aledaños.

#### *Aspecto N° 4: flujo vehicular*

Se introduce el aspecto del flujo vehicular porque gran parte del recorrido del poliducto en el área de estudio, ocupa el derecho de vía de importantes carreteras; la idea básica es que en caso de una emergencia no solo se verían afectadas las estructuras adyacentes, sino que también los vehículos que podrían encontrarse de paso en ese momento.

Los datos de flujo provienen del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y corresponden a conteos realizados en 1998, en diversos puntos de conteo dentro del área de estudio. Los pesos asignados oscilan entre 0 y 7, correspondiendo el valor máximo de siete a aquellos sectores donde el flujo vehicular es mayor, mientras que cero se otorgaría a lugares donde el paso de vehículos es menor e incluso esporádico, lo que corresponde a gran parte de las vías del área de estudio, puesto que no están disponibles conteos vehiculares para todas las calles del área. Para poder integrar esta información con las demás coberturas, se generó un corredor o área de influencia de dos, tres y seis metros a cada lado de las vías (el ancho varía dependiendo de la categoría de las vías); a estas áreas se les asignaron los valores correspondientes entre 0 y 7.

#### *Aspecto N° 5: uso y cobertura del suelo*

Durante el trabajo de campo se actualizó y clasificó la información referente a los usos del suelo para cada una de las estructuras de servicios, seguridad, comercio, industria, transporte y almacenaje. Estos datos se agruparon junto con las áreas residenciales, además de la cobertura del suelo que se digitalizó a partir de las fotografías aéreas CARTA 2003.

### *Aspecto N° 6: población que ocupa las estructuras*

Se busca conocer la cantidad aproximada de personas que se encuentra en el área de estudio, en un momento determinado. Se presentan tres casos en particular:

- La población residente, que ocupa las viviendas del área de estudio. Como las viviendas fueron encuestadas, se definieron sectores homogéneos<sup>5</sup> para generalizar los datos de la muestra a todas las residencias. El peso máximo asignado corresponde a veinte, el cual representa los sectores donde la cantidad de niños, adultos mayores y discapacitados es mayor.
- La población laboral y usuarios corresponde a quienes trabajan en servicios, o que utilizan los servicios brindados en las estructuras ubicadas en el área de estudio, donde a cada una de ellas se le asignó el dato del total de personal obtenido mediante censo en trabajo de campo. También, el peso máximo asignado corresponde a veinte, que es justamente en lugares donde la población que ocupa las estructuras es mayor.
- La población laboral es precisamente la que trabaja en industrias y comercios ubicados en el área de estudio; donde a cada una de ellas se le asignó el dato del total de personal obtenido mediante censo en trabajo de campo. El peso máximo asignado corresponde a veinte, que es justamente en lugares donde la población que labora en las estructuras es mayor.

El objetivo de incluir este aspecto es para generar, además, información valiosa para los encargados de la atención de emergencias, puesto que ello indicará áreas donde la concentración de personas es mayor en las cuales se ubican grupos más vulnerables, tales como niños y adultos mayores. La ponderación para asignar los pesos a este aspecto está entre 0 y 20, donde las estructuras con mayor cantidad de población tendrán mayor peso asignado puesto que su vulnerabilidad es mayor si se considera que la cantidad de personas expuestas a la amenaza es también mayor

### *Aspecto N° 7: estructuras*

Para determinar la vulnerabilidad de las estructuras se incluyeron los datos obtenidos en trabajo de campo para cada una de las boletas utilizadas, ~~es decir este aspecto está conformado por tres coberturas; ellas son: la resi-~~  
<sup>5</sup> Se han definido para generalizar los datos obtenidos mediante encuesta en trabajo de campo; ellas corresponden a sectores residenciales cuyas características estructurales y de población son similares.

**Cuadro 1.**  
**Criterios para la asignación de pesos al aspecto «estructuras»**

<i>Criterio / Estructura</i>		<i>Pesos (Peso Máximo 30)</i>		
		<i>Resi- dencias</i>	<i>Servicios y segu- ridad</i>	<i>ICTA*</i>
Materiales constructivos	Block o concreto y ladrillo	0	0	0
	Láminas de zinc o fibrolit	4	3	3
	Madera, mixto y otros	8	6	5
Estado (paredes y techo por aparte)	Bueno	0	0	0
	Regular y malo	4	3	2
Cocinan con	No cocinan	0	0	0
	Electricidad	4	3	3
	Gas, electricidad y gas, leña	10	9	3
Materiales inflamables y combustibles utilizados y almacenados	No	0	-	0
	Gas	4 <sup>6</sup>	-	8
	Gasolina, diesel, búnker	-	-	10
	Químicos inflamables	-	-	8
	Calderas a presión	-	-	10
	Todos los anteriores	-	-	10
Existencia de plan de emergencia	Otros	-	-	8
	No	-	9	8
	Ante amenazas naturales	-	6	5
	Ante amenazas tecnológicas	-	6	5
	Ante ambas amenazas	-	0	0

\* ICTA significa Industria, Comercio, Transporte y Almacenaje.

dencial; servicios y seguridad; e industria, comercio, transporte y almacenaje (ICTA).

En este aspecto se ponderan condiciones tales como materiales constructivos, estado de las estructuras, actividades que se realizan en ellas, si se cocina con gas o electricidad, si existe un plan de emergencia, si se utilizan y almacenan materiales inflamables; con el fin de determinar las características que podrían disminuir o incrementar la vulnerabilidad de una estructura. La asignación de pesos se realizó tal como muestra el cuadro 1. A este aspecto se le asigna un peso mayor al de las anteriores variables, y oscilan entre 0 y 30,

<sup>6</sup> En este caso, se asigna valor uno a todas las estructuras que sí almacenan estos materiales, sea gas, gasolina, diésel u otros.

donde el valor máximo (treinta) representa estructuras muy expuestas.

### *Aspecto N° 8: cobertura de cuadrillas de RECOPE*

En el apartado “Atención de emergencias relacionadas con el poliducto” se anota que en estas situaciones, las cuadrillas de mantenimiento del poliducto son quienes se encargan de reparación del mismo, mientras que el equipo de primera respuesta es el encargado de atender el derrame; en caso de presentarse un incendio o explosión, los bomberos se encargan de la situación con la población civil. Las cuadrillas de mantenimiento casi siempre se encuentran en el campo, precisamente realizando labores de mantenimiento en la servidumbre, mientras que el más cercano equipo de primera respuesta ante emergencias se ubica en el plantel de La Garita, en Alajuela. Al ponderar este aspecto se consideran los siguientes argumentos:

- Cercanía de las cuadrillas y del equipo de primera respuesta ante emergencias al área de estudio, con lo que se busca calcular un tiempo de llegada de las brigadas hasta el sector de la emergencia; se asigna un peso máximo de tres distribuido de la siguiente manera:
  - Menor a 16 km      Peso asignado 1
  - Mayor a 16 km      Peso asignado 3
- Equipamiento de las cuadrillas y equipos de primera respuesta, como criterio complementario al anterior; el equipo del que disponen para atender una emergencia relacionada con el poliducto será determinante en el momento de atenderla (peso específico de 2); sin embargo, como se trata de una sola ubicación y un mismo equipamiento, el peso asignado resulta relativamente bajo y más aún si se considera que el equipo existente es el necesario. Se consideran los siguientes criterios:
  - a) Cantidad de máquinas o vehículos para el transporte del personal y equipo especializado y así mismo por la cantidad de personal: peso asignado 1, siendo cero el caso en que a criterio de los especialistas, sí se disponga satisfactoriamente de estos recursos.
  - b) Equipo especializado en emergencias relacionadas con el poliducto: peso asignado 1. En este caso, el equipo del que se dispone son barreras y paños absorbentes, bombas para extracción de combustible, polímeros para fijar, palas, plantas eléctricas, bombillos, recipientes, bolsas especiales para disponer el material contaminado, recolectores de mecha y recipientes para disponer el combustible, guantes, mascarillas, trajes especiales desechables y detector de

<sup>7</sup> Información suministrada por la señora Julieta Flores Naranjo, personera de RECOPE.



- b) Equipo especializado en emergencias relacionadas con el poliducto: peso asignado 1. Si a criterio del jefe de la estación de bomberos sí poseen el equipo especializado adecuado para atender una emergencia relacionada con el poliducto, se asignará un valor de 0; en caso contrario el valor asignado será de 1.

Los valores asignados finalmente oscilan entre 1 y 5, siendo 1 los lugares donde encargados de bomberos llegarían más rápidamente y estarían mejor equipados para atender la emergencia, mientras que sectores donde los bomberos tardarían más en llegar y tendrían equipos menos apropiados, tendrán un valor asignado de 5.

#### *Aspecto N° 10: cobertura hidrantes y tomas alternas de agua*

En esta cobertura se ubican los hidrantes y eventuales tomas alternas de agua que podrían ser utilizados por bomberos en caso de una emergencia. El objetivo de utilizar esta cobertura es para asignar un valor que disminuya la vulnerabilidad de diferentes áreas; de esta manera cuanto más cercana se encuentre una estructura a un hidrante o toma alterna, menor sería su vulnerabilidad si se considera el hecho de que, en caso de un incendio asociado a una emergencia relacionada con el poliducto, al menos se tendría acceso a agua para aminorar la situación.

Según reuniones con encargados de bomberos, se han definido radios de acción para cada hidrante y toma alterna; cada anillo corresponde a la longitud de las mangueras utilizadas que es 200 metros aproximadamente; los pesos asignados están entre 0 y 5, correspondiendo el valor de 0 a aquellas áreas donde al menos tendrían acceso a un hidrante, mientras que las áreas que no tendrían acceso a ningún hidrante se les asignará un valor de cinco.

Es importante aclarar que todos los elementos que se incluyen en este mapa fueron observados desde la calle, es decir no se incluyen aquellos que se encuentran dentro de propiedad privada de comercios e industrias debido a la dificultad de acceder a estas áreas. Esta cobertura se actualizó mediante trabajo de campo, y fue validada y complementada por personeros del cuerpo de bomberos.

Muchos otros aspectos pueden ser tomados en cuenta para complementar y mejorar los resultados de la metodología propuesta. Algunos de estos aspectos pueden ser, por ejemplo: dirección del viento, distancia de la “pluma de humo” originada por un posterior incendio, caudales de los ríos, estudios de accesibilidad de los equipos para atención de emergencias al lugar del incidente y la intervención de otros encargados de la atención de emergencias (Cruz Roja y

Policía, entre otros).

Sin embargo, el tiempo requerido para realizar este tipo de análisis puede prolongarse y significar meses adicionales de trabajo que, quizá, no sean pertinentes para concretar los objetivos planteados en este proyecto, además de que el área de estudio que se definió para la aplicación de la metodología variaría en su forma y en el tamaño de la muestra, así como en la información recolectada con trabajo de campo.

### **Estructura o esquema del álgebra de mapas**

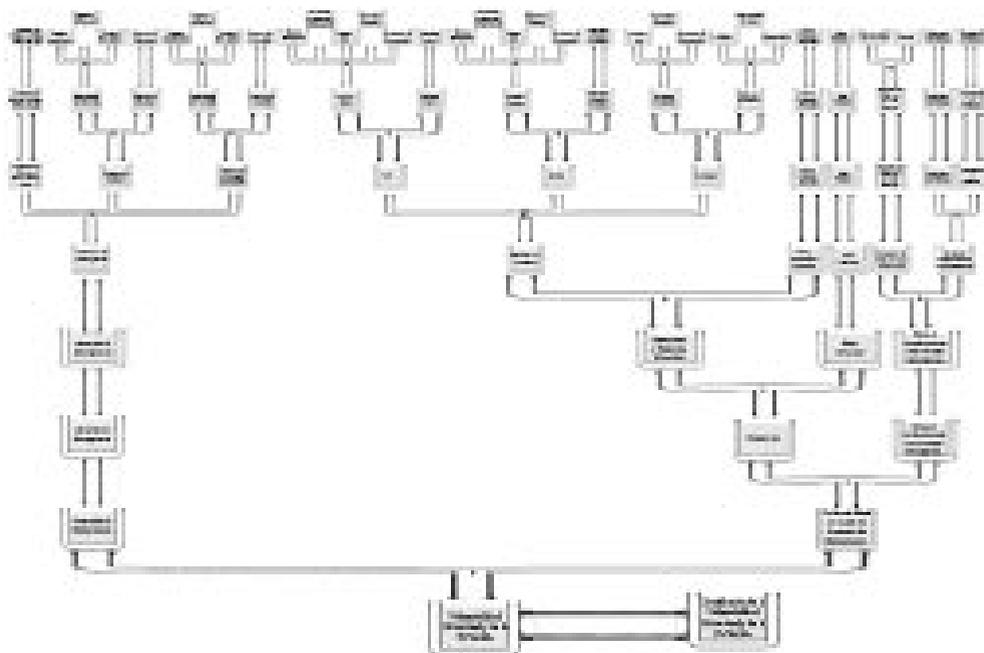
Se utiliza un modelo bastante sencillo, donde la única operación algebraica que se usa es la suma, realizada mediante la sobreposición y análisis espacial de las coberturas. Se establecen diez aspectos o mapas básicos para lograr concretar el mapa final de vulnerabilidad estructural y de la población, ellos son:

- Proximidad al poliducto, con un peso máximo de 10
- Rotulación del poliducto, con un peso máximo de 5
- Dirección y almacenamiento de flujos en caso de derrame, con peso máximo de 8
- Flujo vehicular, con un peso máximo de 7
- Uso y cobertura del suelo, con un peso máximo de 5
- Población que ocupa las estructuras, con un peso máximo de 20
- Estructuras, con un peso máximo de 30
- Cuadrillas de RECOPE, con un peso máximo de 5
- Cobertura de bomberos, con un peso máximo de 5
- Cobertura de hidrantes y tomas alternas de agua, con un peso máximo de 5

A algunos de estos mapas solamente fue necesario generarles un área de influencia y unirles el contorno del área de estudio, mientras que otros requirieron la unión de varios mapas adicionales, tal como se explicó en el apartado anterior y, como se muestra en la estructura gráfica del álgebra de mapas, que se adjunta en el diagrama N° 2.

Una vez que todas las diez coberturas están debidamente diseñadas en la estructura del SIG que se utiliza (ArcView, versión 3.3), se realizan las siguientes operaciones espaciales:

- a) La cobertura de proximidad al poliducto (*PP*) se suma con la de rotulación del poliducto (*RP*), generando la cobertura de áreas de influencia



**Diagrama N° 2. Estructura gráfica del álgebra de mapa.**

- (AI) ante una emergencia, que representa los sectores donde la amenaza podría ser mayor; de esta manera:  $AI=PP+RP$
- b) Uso y cobertura del suelo (UCS), población que ocupa las estructuras (PE) y estructuras (E) se suman, originando la cobertura de estructuras y población expuestas (EPE), donde se muestran aquellos sectores donde hay más exposición de las estructuras y la población ante una eventual emergencia. Esto puede resumirse mediante la fórmula:  $EPE=UCS+PE+E$
- c) Las coberturas de cuadrillas de RECOPE (CR), cobertura de bomberos (CB) y cobertura de hidrantes y tomas alternas de agua (CHTA) se suman, originando un nuevo mapa denominado atención de emergencias (AE). A pesar de que las entidades de atención de emergencias son muchas más (CNE, Cruz Roja, Policía y Comisiones Locales de Emergencia, entre otras) únicamente se toman en cuenta para este proyecto bomberos y cuadrillas de RECOPE, porque son quienes tienen injerencia más directa desde el primer momento en que se presente la emergencia. Este paso puede representarse con la fórmula:  $AE=CR+CB+CHTA$

De esta manera, los mapas o aspectos con los que se trabajará desde ahora y hasta la próxima sobreposición espacial cartográfica son:

- Áreas de influencia ante una emergencia
- Dirección y almacenamiento de flujos en caso de derrame
- Flujo vehicular
- Estructuras y población expuestas
- Atención de emergencias

Posteriormente, a estas coberturas se les realizan las siguientes operaciones espaciales:

- a) La cobertura de dirección y almacenamiento de flujos en caso de derrame, podría actuar como agente de disparo e incrementar la peligrosidad de las áreas de influencia ante una emergencia, si se considera que ya las áreas en sí resultan bastante peligrosas, y si a esto se le adiciona el hecho de que muy posiblemente los flujos que se derramarían podría llegar hasta estos lugares, ello podría aumentar la magnitud de la emergencia. Este aspecto de dirección y almacenamiento de flujos se toma como un criterio de disparo, ya que en realidad no siempre afectará todas las áreas de influencia ante una emergencia por igual, puesto que no se puede predecir el sitio exacto del derrame. De esta manera, la cobertura de dirección y almacenamiento de flujos en caso de derrames (*DAF*), se suma con la cobertura de áreas de influencia ante una emergencia (*AI*), resultando como nueva cobertura áreas de incidencia ante una eventual emergencia (*AIEE*). La siguiente fórmula muestra esta operación espacial:  $AIEE=DAF+AI$
- b) De manera similar al caso anterior, la cobertura de flujo vehicular actúa como un agente que puede incrementar ocasionalmente la cantidad de personas y estructuras expuestas ante una eventual emergencia, por este motivo la cobertura de estructuras y población expuestas (*EPE*) se suma a la cobertura de flujo vehicular (*FV*), originando un nuevo mapa denominado exposición (*E*), que reúne elementos tales como población, estructuras y flujos ocasionales de personas y estructuras (en este caso vehículos). Seguidamente se anota una fórmula que resume cómo obtener la cobertura de exposición:  $E=EPE+FV$

Ya para este momento, únicamente quedan tres coberturas principales con las que se trabajará, ellas son:

- Áreas de incidencia ante una eventual amenaza
- Exposición

## – Atención de Emergencias

Con estas tres nuevas coberturas, se realiza el siguiente cálculo. La cobertura de áreas de incidencia ante una eventual emergencia (*AIEE*) se suma con la de exposición (*E*), originando la cobertura de vulnerabilidad sumar aún la atención de emergencias (*VsA*), operación representada mediante la fórmula:  
 $VsA = AIEE + E$

Para el cálculo siguiente se utilizan las dos coberturas resultantes del procedimiento anterior:

- Vulnerabilidad sin sumar la atención de emergencias
- Atención de emergencias

Ambas coberturas se superponen mediante una suma, generando el mapa que corresponde al de vulnerabilidad estructural y de la población (*VEP*), posteriormente este se generalizará para determinar zonas homogéneas de esta vulnerabilidad, con lo cual se completa el ejercicio metodológico propuesto. La siguiente fórmula resume la última superposición espacial para obtener la vulnerabilidad estructural y de la población:  $VEP = VsA + AE$

## El mapa final de vulnerabilidad

Una vez concretado el procedimiento descrito en los apartados anteriores, se obtendrá un mapa de zonificación de la vulnerabilidad estructural y de la población (V.E.P.), en el que se muestran las zonas homogéneas en las que es posible determinar diferentes niveles de vulnerabilidad en caso de presentarse una eventual emergencia relacionada con el poliducto; los niveles definidos son:

1. Alta V.E.P. que agrupa valores mayores a 80.1
2. Media – Alta V.E.P. que agrupa valores entre 60.1 y 80
3. Media V.E.P. que agrupa valores entre 40.1 y 60
4. Media – Baja V.E.P. que agrupa valores entre 20.1 y 40
5. Baja V.E.P. que agrupa valores menores a 20

## ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL Y DE LA POBLACIÓN

Ante los resultados obtenidos en la cobertura anterior, se procedió a zonificar el área de estudio utilizando como criterio de tipificación cinco niveles

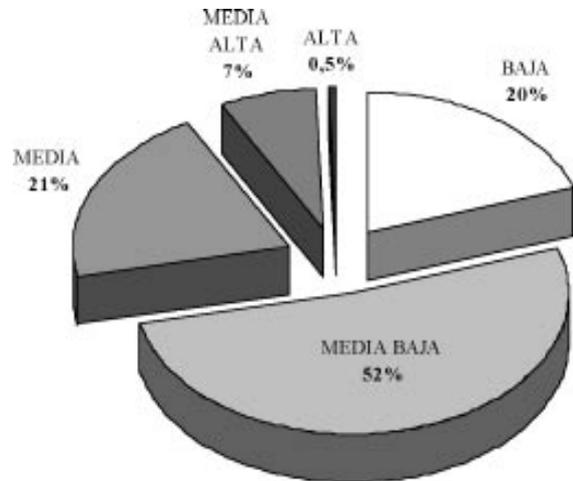
**Cuadro 2**  
**Zonas de vulnerabilidad estructural y de la población**

ZONAS	Área	
	Km <sup>2</sup>	Porcenta-
<i>je</i>		
Baja V.E.P.	2,688	19,8
Media – baja V.E.P.	7,030	51,8
Media V.E.P.	2,807	20,7
Media – alta V.E.P.	0,990	7,3
Alta V.E.P.	0,065	0,5
Total	13,580	100,0

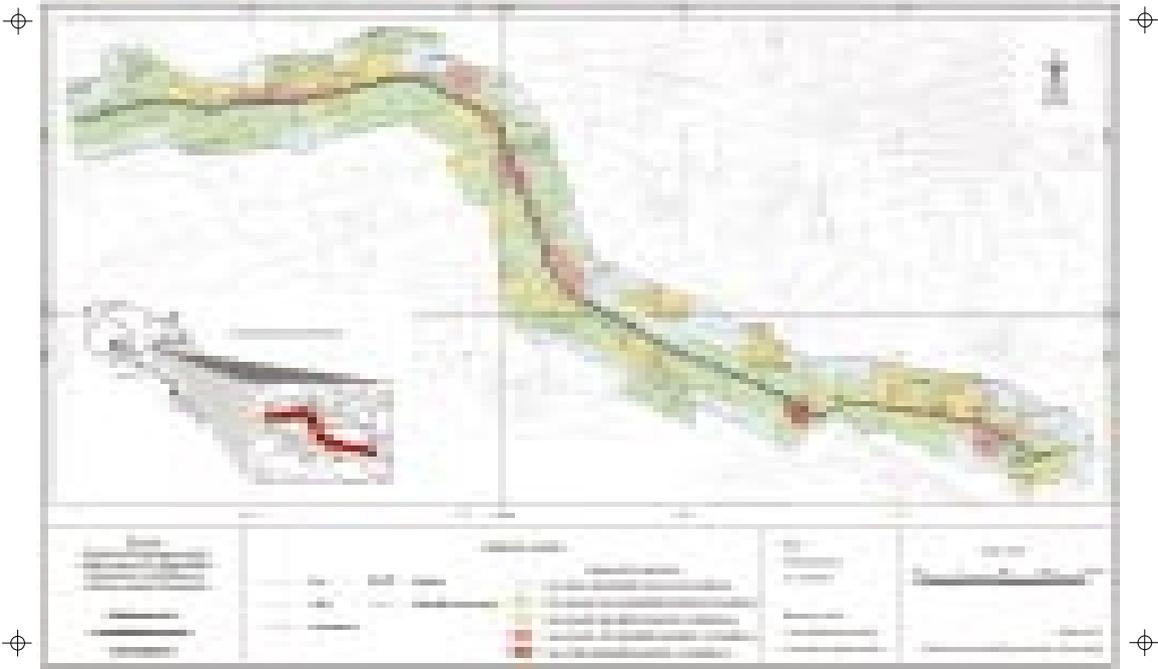
de vulnerabilidad estructural y de la población; ellos son los que se anotan en el cuadro 2, donde se muestra, además, el área ocupada por cada una de las categorías.

Estas categorías están distribuidas a lo largo del área de estudio de la siguiente manera: las zonas de baja vulnerabilidad por lo general se caracterizan por ser lugares donde la presencia de estructuras es escasa, además la principal actividad que se realiza en ellas es sector agropecuario y está más lejana del trazo del poliducto. Esta zona abarca solo el 20% de la superficie total; mientras que las zonas con nivel de vulnerabilidad media - baja abarcan más del 52% del área total (Gráfico 1) y representan sectores donde el número de estructuras es mayor pero que por el estado de sus construcciones, cercanía con los equipos de atención de emergencias y, en el caso de las industrias, por poseer planes de emergencia, el nivel de vulnerabilidad es tan reducido.

La vulnerabilidad estructural y de la población catalo-



**Gráfico 1. Zonificación de la vulnerabilidad estructural y de la población, porcentaje del área ocupada por cada categoría.** Elaborado a partir del cuadro 2



**Mapa 2. Zonificación de la vulnerabilidad estructural y de la población.**

gada como media, es la que incluye la mayor cantidad de estructuras, muchas de ellas son residenciales y corresponden a las ubicadas en Río Segundo de Alajuela, Barreal y Lagunilla de Heredia, tal como puede visualizarse en el mapa N° 2; los sectores industriales y comerciales incluidos en esta categoría son los ubicados en las cercanías de El Bajo del Virilla, CENADA, Hotel Herradura, Conducen, Plásticos Modernos, INTEL, Tabacalera Costarricense y la fábrica Olympic Fibers. En total, el 20% del área de estudio se tipificó dentro de la media vulnerabilidad.

La categoría “media – alta” se delimita en cuatro diferentes áreas: la primera de ellas corresponde al residencial Las Flores y sectores de Lagunilla aledaños al poliducto; la segunda se extiende casi de manera lineal adyacente al trazo de esta tubería, entre el centro comercial Real Cariari y las instalaciones de Sea Board Marine. La tercer área incluye parte del área residencial homogénea Guayabo y toda la Cervecería Costa Rica de la Distribuidora Florida; por último, la cuarta área se localiza hacia el oeste de la constructora Frex, hasta el restaurante Rostipollos cercano al aeropuerto.

Se catalogó como de alta vulnerabilidad estructural y de la población el sector comprendido por el Conservatorio Castilla y el Colegio Técnico Profesional de Ulloa, aunque ocupa solo un 0,5% del área total. Los aspectos que más influyen para que este sector se tipifique en esta categoría son su proximidad al poliducto, el estado de la estructura y la cantidad de personas

que laboran y estudian en ambos centros educativos. Además, en el caso del Conservatorio Castilla, la falta de un plan de emergencias incrementó el peso final de vulnerabilidad asignado.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

El hecho de que en Costa Rica no exista una metodología oficial para llevar a cabo un estudio de vulnerabilidad estructural y de la población, no significa que sea obstáculo para realizar estudios de este tipo sino, más bien, esto permite crear nuevas metodologías que se adapten a las necesidades del país y del problema por investigar.

Comúnmente, en muchos aspectos del quehacer nacional, se han implementado modelos y metodologías elaboradas en otros países en donde funcionan bien al momento de aplicarlos; sin embargo, y como es de esperar, al ejecutarlos en el país no siempre tienen los resultados esperados. En este sentido, fue necesario elaborar una metodología que permitiera concretar los objetivos planteados y que, además, respondiera a la realidad nacional y no únicamente a unas cuantas instituciones y profesionales.

La metodología diseñada propone un instrumento de recolección de datos de fácil aplicación, con la utilización de una base cartográfica entre las escalas 1:10000 y 1:3000, que permitirán llevar a cabo un estudio detallado, de tal manera que se pueda visualizar particularidades de diversas estructuras, sin perder la perspectiva integral del territorio. Una vez propuesta dicha metodología se procedió a implementarla en el área de estudio, con el fin de comprobar lo contenido en ella y verificar su funcionalidad en la práctica, es decir para validar la metodología propuesta.

Los resultados más sobresalientes que se obtuvieron, en función de los objetivos propuestos, son:

1. No siempre las áreas más cercanas al poliducto (a la amenaza) son las más vulnerables en términos de estructuras y población; esto se debe a que fueron considerados aspectos muy diversos para determinar esta vulnerabilidad; por ejemplo, la existencia e implementación de planes de emergencia y evacuación de las estructuras resultan determinantes en el momento de presentarse un incidente, esto puede disminuir la posibilidad de que las personas que se encuentren en una estructura resulten afectadas por la emergencia. Otro aspecto que influye de manera determinante es el uso del suelo, en especial la existencia de estructuras en ciertos lugares y la permanencia de personas en estas áreas; de esta manera, adyacente al poliducto, la vulnerabilidad resulta mayor hacia el sector residencial

- de río Segundo que en áreas cafetaleras de Barreal de Heredia.
2. La vulnerabilidad estructural y de la población tiende a incrementarse en lugares donde el crecimiento urbano ha alcanzado, e incluso invadido, los límites de la servidumbre de mantenimiento del poliducto, lo que reafirma la conclusión anotada en el párrafo anterior, respecto a la existencia de estructuras en lugares adyacentes a la tubería.
  3. Respecto a la rotulación del poliducto no se consideró el estado de esta señalización, aspecto que podría ser incluido a futuro en la metodología, sobre todo a raíz del incidente presentado el 3 de noviembre de 2004 en Alto de los Money, en Turrialba, donde una retroexcavadora rompió la tubería por accidente pues el dato de profundidad anotado en el rótulo respectivo no coincidía con la realidad.
  4. La dirección y el almacenamiento de flujos, analizada simultáneamente con la orientación de la pendiente, resulta importante de considerar para la identificación de áreas por las que discurriría el derrame en caso de no ser contenido a tiempo, para sectores que no necesariamente se encuentran adyacentes al poliducto. En posteriores aplicaciones de la metodología, se recomienda trabajar paralelamente con el sistema de alcantarillado y drenaje de aguas fluviales y pluviales, ya que ello complementaría de muy buena manera esta cobertura, sobre todo al tratarse de sectores urbanos.
  5. El flujo vehicular puede aportar un dato bastante representativo referente a la cantidad de vehículos y población que atraviesa el área de estudio en ciertos momentos; se recomienda complementar la información suministrada por el MOPT con conteos en puntos claves del área de interés.
  6. Los datos referentes a la población y estructuras, dan una idea bastante acertada de lo que se encuentra en el área de estudio; sin embargo, se considera necesario censar tanto las residencias, como los usos de ICTA y de servicios y seguridad.
  7. Otro aspecto que debe mencionarse referente a las estructuras es el de almacenamiento de materiales combustibles, así como la cantidad que utilizan en el proceso productivo; en este caso no fue posible obtener cantidades exactas pero en el futuro podría incluirse como parte de los aspectos por evaluar. Además, en las estructuras de ICTA y servicios y seguridad puede evaluarse no solamente la existencia de un plan de emergencias, sino también si este es aplicado.
  8. El equipo especializado para la atención de emergencias relacionadas con el poliducto que posean los bomberos, debería ser mayor, ya que se trata de uno de los equipos de primera respuesta en llegar al lugar de una emergencia de este tipo que involucre población civil.

9. Al evaluar la cobertura de hidrantes y tomas alternas de agua, podrían incluirse otros aspectos tales como el estado y la accesibilidad a ellos, esto facilitaría la validación posterior que se realice de los mismos junto con encargados del Cuerpo de Bomberos.
10. La cobertura de atención de emergencias puede incluir otros equipos de primera respuesta, tales como la Cruz Roja, CNE, policía de tránsito, comités locales de emergencias y policía civil, entre otros, ya que en caso de presentarse una emergencia relacionada con el poliducto, las acciones deberían ser coordinadas por estas entidades para que en conjunto se busque el bienestar de la población afectada.
11. El mapa final de zonificación de la vulnerabilidad estructural y de la población, agrupa lugares con condiciones similares en este aspecto; este mapa puede considerarse un instrumento para la atención de la emergencia y para la prevención de la misma. En el primero de los casos puede identificarse las áreas que requieren mayor y más rápida atención respecto de otras que no sean tan vulnerables; la prevención de la emergencia puede coordinarse desde los comités locales de emergencias, personeros de RECOPE y las municipalidades, que trabajarían junto a la población civil para afrontar una emergencia de este tipo; además establecer mejores regulaciones de uso del suelo en las diferentes zonas.
12. Es necesario reevaluar la asignación de pesos para corregir situaciones como la siguiente: el área de “alta” vulnerabilidad que corresponde al sector donde se ubica el Conservatorio Castilla y el Colegio Técnico Profesional de Ulloa, resultó con esta categorización debido principalmente a la cantidad de personas que alberga, por su cercanía al poliducto (y específicamente a la Válvula Castilla) y además por la ausencia de un plan de emergencias (en el caso del Conservatorio Castilla); sin embargo, en caso de ocurrir un derrame, la Autopista General Cañas actúa como una barrera y el derrame no llegaría directamente a estas instalaciones educativas debido a la orientación de la pendiente. En contraparte, los Laboratorios Griffith sí podrían verse directamente afectados por el drenaje de combustible hacia sus instalaciones; empero, la vulnerabilidad estructural y de la población resultante para esta compañía fue de “media”, debido a la existencia de un plan de emergencias y a que la cantidad del personal es menor que la de los citados centros educativos. Estos ajustes a la asignación de pesos fueron evidentes al finalizar la aplicación de la metodología.

Por los resultados obtenidos, se considera que la metodología es válida, y que además el aporte en términos de prevención de emergencias relacionadas

con el poliducto es provechoso, y podría ser mayor si se aplicara a un tramo más grande del poliducto, o bien a la totalidad. Por otra parte, es evidente cómo evaluar la vulnerabilidad de manera independiente a la amenaza en la elaboración de mapas de riesgo, puede cambiar el resultado final de estos últimos, principalmente si se considera que por lo general se confeccionan solo mapas de amenaza, ya que para realizar mapas de riesgo debe efectuarse un estudio de vulnerabilidad y, en la mayoría de los casos, este no se concreta.

Por último, la aplicación de metodologías de este tipo, permite no sólo identificar el nivel de vulnerabilidad estructural y de la población, sino que también puede interpretarse como un aporte para la reducción de este tipo de vulnerabilidad antes de ocurrida una emergencia. Además se considera de importancia no únicamente para las instituciones encargadas de la protección de la población, sino también para aquellas empresas encargadas del desarrollo de productos y servicios que pudieran representar una amenaza tecnológica para las comunidades aledañas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asignación de pesos a temas y reactivos*, en **Noticias I.C.I.** Boletín E-28 del 24 de febrero de 1996.
- Climont, A., Salgado, D. y van Westen, C. (2003). **Amenaza sísmica y vulnerabilidad física en la ciudad de Cañas, Guanacaste, Costa Rica**. CBNDR, RAPCA. CNE. **Módulo de Capacitación - Desastres y Emergencias Tecnológicas**. San José, Costa Rica, 1997.
- Emergencias Tecnológicas Costa Rica 2003** (2004). Oficina de Gestión del Riesgo, Dirección General De Salud, Ministerio De Salud – Costa Rica. Consultado a través de [www.ministeriodesalud.go.cr/oficinariesgos/dosmiltre.DOC](http://www.ministeriodesalud.go.cr/oficinariesgos/dosmiltre.DOC).
- Ley N° 7 914 **Ley Nacional de Emergencias**, publicada en el alcance N° 78 de LA GACETA N° 199, del 13 de octubre de 1999.
- Meza, A. (2002). **Riesgos externos acechan tubería de 400 kilómetros de extensión. Amenazada seguridad del oleoducto**; en La Nación, sección Nacionales.
- Reglamento a la Ley de Hidrocarburos*, Título 1, Artículo 2. Publicado en La Gaceta el 4 de diciembre de 1995 y consultado a través de <http://www.natlaw.com/cr/topical/eg/rgcreg/rgcreg1.htm>
- Solís, A. (2002). **Desastres y emergencias tecnológicas**. Dirección de Gestión en Desastres, C.N.E. San José, Costa Rica.