

**MEJORA Y CALIBRACIÓN
MEDIANTE LA
INSPECCIÓN DEL
MODELO DE PRIORIZACIÓN DE
OBRAS DE
INFRAESTRUCTURAS DE
DRENAJE (MPOID)**



ABSTRACT

Investment planning in the area of road is one of the lowest points in the public administration. The main problem in the maintenance is ignorance of the existing structures, conditions of this structures and the relationship between the environment and the road.

This model is about network-level management that aims to be a tool for defining maintenance policies in drainage works, also is important the fact that the model is part of the unbundling of vial structures in its main elements, pavements, slope and restraint systems and drainage infrastructure, this for the purpose of efficient management of the budget, because it defines the elements that really are needed to improve the conditions of the road network.

In this model involves seven subcriteria, which are grouped into three main criteria, socio-economic, environmental and infrastructure.

The weighting is performed using the multicriteria evaluation, which in order to obtain a complete evaluation is simplified user in a simple sorting that for the decision maker is becomes a fairly simple task.

The sources that supply the model come from different institutions, such as Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ministerio Nacional de Planificación y Políticas Económicas, Consejo Nacional de Vialidad, Municipalities, Comisión Nacional de Emergencias, PRUGAM and research projects related to civil engineering graduate and construction.

RESUMEN

La planificación de inversiones en el área de carreteras es uno de los aspectos más desatendidos dentro de la gestión pública costarricense. El principal problema en materia de mantenimiento se presenta porque no se conocen las estructuras existentes, el estado de éstas y la interacción que hay entre el medio y la estructura vial.

Para la generación de este modelo se partió de un sistema gestión a nivel de red que pretende ser una herramienta para definir las políticas de mantenimiento en las obras de drenaje. Además, la disgregación del paquete vial en sus elementos principales, dígase superficie de ruedo, taludes y sistemas de retención y las obras de infraestructura de drenaje, esto con el propósito de lograr un manejo eficiente del presupuesto, ya que se definen los elementos que realmente son necesarios para mejorar las condiciones de la red vial.

En este modelo intervienen siete subcriterios, éstos se agrupan en tres criterios principales, de índole socioeconómica, ambiental y de infraestructura.

La ponderación de los subcriterios se realizó utilizando evaluación multicriterio, mediante el método de la ordenación simple, con lo cual se facilita la tarea del decisor, debido a lo sencillo del método.

Las fuentes que abastecen el modelo provienen de distintas instituciones, como lo son el Instituto Nacional de Estadística y Censos, el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, el Consejo Nacional de Vialidad, las Municipalidades, la Comisión Nacional de Emergencias, PRUGAM e investigaciones relacionadas con proyectos de graduación de ingeniería civil y construcción

Palabras clave: Priorización de Inversiones, Evaluación Multicriterio, Inspección, Sistemas de Información Geográfica, Gestión a nivel de Red, MPOID.

**MEJORA Y CALIBRACIÓN
MEDIANTE LA INSPECCIÓN DEL
MODELO DE PRIORIZACIÓN DE
OBRAS DE
INFRAESTRUCTURAS DE
DRENAJE (MPOID)**

MEJORA Y CALIBRACIÓN MEDIANTE LA INSPECCIÓN DEL MODELO DE PRIORIZACIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURAS DE DRENAJE (MPOID)

Enoc Adolfo Araya Porras

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Enero 2013

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEÓRICO.....	6
ANTECEDENTES	17
METODOLOGÍA	40
RESULTADOS.....	50
ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
LIMITACIONES.....	91
CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	96
ANEXOS.....	99
APÉNDICES	113

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Escala de pesos, método scoring.....	11
Cuadro 2. Principales coeficientes de escorrentía	25
Cuadro 3. Coeficiente de escorrentía y su relación con la pendiente.	25
Cuadro 4. Coeficientes de escorrentía en zonas urbanas.	25
Cuadro 5. Pérdida promedio de suelo bajo diferentes condiciones de longitud e inclinación de la pendiente	35
Cuadro 6. Categorías de pendientes en función del relieve	35
Cuadro 7. Actividades de conservación para drenajes.....	36
Cuadro 8. Actividades de mantenimiento consideradas en la inspección	37
Cuadro 9. Ponderación final de las amenazas de la naturaleza	50
Cuadro 10. Formato utilizado para realizar la consulta a expertos.	52
Cuadro 11. Formato de ponderación de los subcriterios.	52
Cuadro 12. Validación de datos.....	55
Cuadro 13. Características del levantamiento, tramo 1.	56
Cuadro 14. Inventario longitudinal, tramo 1.	56
Cuadro 15. Patologías en drenajes longitudinales, tramo1.	57
Cuadro 16. Actividades requeridas en drenaje longitudinal, tramo 1.....	58
Cuadro 17. Estructuras transversales levantadas, tramo 1	59
Cuadro 18. Patologías en drenaje trasversal, tramo 1	60
Cuadro 19. Actividades requeridas para drenaje trasversal, tramo 1	61
Cuadro 20. Características del levantamiento, tramo 2.....	62
Cuadro 21. Inventario longitudinal, tramo 2.....	62
Cuadro 22. Patologías en drenajes longitudinales, tramo 2.....	63
Cuadro 23. Actividades requeridas en drenajes longitudinales, tramo2	64
Cuadro 24. Estructuras transversales levantadas, tramo 2.....	66
Cuadro 25. Patologías en drenaje trasversal, tramo 2.....	66
Cuadro 26. Actividades requeridas en drenaje trasversal, tramo 2.....	67
Cuadro 27. Importancia de las estructuras de drenaje.....	68
Cuadro 28. Valoración de las estructuras de drenaje según su importancia y severidad de patologías	68
Cuadro 29. Valoración de pendientes	72
Cuadro 30. Valoración de amenazas de la naturaleza	72
Cuadro 31. Valoración de la intensidad de precipitación.....	72
Cuadro 32. Valoración de uso del suelo	72
Cuadro 33. Valoración del índice de desarrollo social	73
Cuadro 34. Valoración de la cercanía a asentamientos humanos	73
Cuadro 35. Valoración de la inspección	73
Cuadro 36. Valoración del Historial de intervención.....	73
Cuadro 37. Niveles de priorización	74
Cuadro 38. Ponderaciones para considerar mayor importancia del criterio socioeconómico.....	74
Cuadro 39. Ponderaciones para considerar mayor importancia del criterio ambiental	74

Cuadro 40. Consideraciones para la condición 1	78
Cuadro 41. Consideraciones para la condición 2	78
Cuadro 42. Consideraciones para la condición 3	78
Cuadro 43. Consideraciones para la condición 4	78

Cuadro 44. Distribución de costos por reparación de estructuras	83
Cuadro 45. Características de las secciones de control	90
Cuadro 46. Características de secciones de control en la zona de conservación 1-7	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Criterios y subcriterios considerados ...	2	Figura 21. Formulario para inventario longitudinal	45
Figura 2. Ponderación promedio	3	Figura 22. Formulario para inventario transversal	46
Figura 3. Proceso de gestión vial.	8	Figura 23. Formulario para realizar la inspección de las estructuras longitudinales y transversales	47
Figura 4. Curva de frecuencias para la distribución normal de probabilidad	12	Figura 24. Área de influencia de las estructuras de drenaje.....	48
Figura 5. Propiedades del área bajo la curva en una distribución normal	12	Figura 25. Corte de las áreas de influencia.....	49
Figura 6. Proceso de aplicación de un S.I.G.....	13	Figura 26. Zona de influencia de las intervenciones realizadas	49
Figura 7. Componentes de un S.I.G	14	Figura 27. Diagrama de flujo del HDM IV.....	18
Figura 8. Poblados de Costa Rica, representación mediante archivo vectorial.....	14	Figura 28. Dimensiones a considerar en el IDS,23	
Figura 9. Imagen de google earth, representación en formato raster.....	15	Figura 29. Mapa de intensidades de lluvia para una tormenta de una hora de duración y con un de retorno de un año.	27
Figura 10. Sistema de coordenadas geográficas	15	Figura 30. Mapa de intensidades de lluvia para una tormenta de 15 minutos de duración un período de retorno de diez años	28
Figura 11. Datum geodesico	15	Figura 31. Mapa intensidad de lluvia para un período de retorno de 25 años y distintos tiempos de concentración.....	29
Figura 12. Red de primer orden.....	16	Figura 32. Inversión en eventos de la naturaleza según tipología.....	30
Figura 13. Esquema del modelo.....	40	Figura 33. Pérdidas globales por actividad económica.....	31
Figura 14. Subcriterios propuestos por Arias Chacón	41		
Figura 15. Jerarquización de criterios.....	42		
Figura 16. Subcriterios socioeconómicos	42		
Figura 17. Subcriterios ambientales	43		
Figura 18. Subcriterios infraestructura.....	43		
Figura 19. Características de la población consultada	43		
Figura 20. Porcentaje por característica de población	43		

Figura 34. Episodios de inundaciones en Costa Rica	32	Figura 50. Estructuras inspeccionadas.....	83
Figura 35. Promedio anual de imprevisibilidades.	33	Figura 51. Distribución de la condición de las estructuras.....	83
Figura 36. Períodos de actividad volcánica.....	34	Figura 52. Costo de reparación de las estructuras	84
Figura 37. Ocurrencia de eventos por rango de magnitudes.	34	Figura 53. Tendencia en la decisión.....	84
Figura 38. Jerarquización de los criterios y subcriterios.....	51	Figura 54. Efecto del cambio de uso del suelo .	85
Figura 39. Ponderación de los subcriterios.	53	Figura 55. Aumento de prioridad por cercanía a asentamientos humanos.....	86
Figura 40. Desviación estándar de las ponderaciones.....	54	Figura 56. Efecto de las UGM.....	86
Figura 41. Representación mediante google earth de las estructuras inspeccionadas	69	Figura 57. Focalización de zonas de alta prioridad cerca de los centros de población	87
Figura 42. Información de la inspección representada mediante google earth	69	Figura 58. Reducción de zonas de alta prioridad debido al aumento en las variables ambientales	87
Figura 43. MPOID con ponderación promedio ..	75	Figura 59. Efecto de las intervenciones en el tramo 1	88
Figura 44. MPOID, variables socioeconómicas con mayor peso.....	76	Figura 60. Efecto de las intervenciones en el tramo 2, estructura de mala a muy buena	88
Figura 45. MPOID, variable ambiental con mayor peso	77	Figura 61. Efecto de las intervenciones en el tramo 1, estructuras de muy mala a muy buena	89
Figura 46. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, escenario 1	79	Figura 62. Efecto de las intervenciones en el tramo 2, estructuras de muy mala a muy buena	89
Figura 47. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, escenario 2.....	80	Figura 63. Efecto de las intervenciones en el tramo 2, estructuras de regular a muy buena ...	89
Figura 48. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, escenario 3.....	81	Figura 64. Longitudes de secciones de control.	90
Figura 49. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, escenario 4.....	82		

Procrastination is the thief of time.

Edward Young

Dedicatoria

A mis padres por todo el apoyo, comprensión y consejos durante tanto tiempo. A mis hermanos por su ayuda, tiempo y tantas alegrías. A mis amigos por ser parte de este triunfo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias infinitas a Dios por permitirme culminar con éxito una etapa tan importante de mi vida, donde he aprendido tanto y me ha alentado a seguir aprendiendo y de esta manera colaborar con el desarrollo Costa Rica.

A mis padres por la confianza y ayuda brindada durante este período, de quienes nunca he dejado de aprender y son mis principales maestros.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, quienes me han guiado en mi formación profesional.

Al profesor Ingeniero Rolando Fournier Zepada, por ser mi profesor tutor, donde me ayudó con sus consejos y tiempo.

Al profesor Ingeniero Maikel Mendez Morales por sus consejos y tiempo durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Ingeniero Sebastián Arias Chacón por darme la oportunidad de realizar este proyecto, además por su colaboración con ideas, consejos, tiempo.

Al Ingeniero Juan Bautista Vieto, por sus consejos durante el semestre en el CONAVI, donde aprendí tanto de su experiencia.

A todos los compañeros del Departamento de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI.

¡A todos infinitas gracias!

PREFACIO

En Costa Rica los problemas para dar mantenimiento a las vías se deben a una insuficiente inversión, problemas de tipo organizativo, además de la falta de una cultura de mantenimiento (Keller & Bauer, 2004). Es por ello necesaria la planificación y la elaboración de herramientas que permitan administrar adecuadamente los recursos para garantizar la integridad de las estructuras viales.

Los sistemas de drenaje forman parte de la estructura que compone la red vial. Para que se dé un adecuado mantenimiento se debe evaluar la vulnerabilidad de estos elementos ante factores sociales y ambientales que afecten la selección o prioridad de intervención. Dentro de éstos se pueden mencionar: inestabilidad de taludes, pérdida de soporte de terrenos adyacentes, inundación de asentamientos humanos, contaminación de cuerpos de agua, erosión y sedimentación excesiva (Keller & Bauer, 2004).

Otro factor muy importante para garantizar una adecuada priorización es determinar el impacto económico que se genere a partir del buen o mal mantenimiento que se dé a los sistemas. Además es importante destacar que un adecuado estado de los obras de drenaje garantiza mayor duración y calidad de los demás elementos que conforman la red vial, taludes pavimentos, entre otros; lo que implica una disminución en los costos de transporte de los usuarios de la carretera. (Keller & Bauer, 2004)

Los planes de gestión existentes manejan la red vial como un todo, sin hacer discriminación entre los diferentes componentes (superficie de ruedo, obras geotécnicas, seguridad vial, drenajes, etc) y darles un trato diferenciado a través de la separación de los elementos antes mencionados. A raíz de lo anterior se vuelve necesario dotar a las instituciones responsables del mantenimiento de la red vial de herramientas de gestión que les permitan discernir las zonas donde se requiere inversión. (Arias Chacón, 2010).

Mediante el mejoramiento y calibración del modelo de priorización de obras de infraestructuras de drenaje (MPOID), que incluye la inspección, se permitirá la visualización integral de los factores ambientales, socioeconómicos y de infraestructura que inciden en el estado de los sistemas de drenaje y su entorno, indicando de manera gráfica los puntos donde es necesaria la intervención, de acuerdo con la escala establecida.

RESUMEN EJECUTIVO

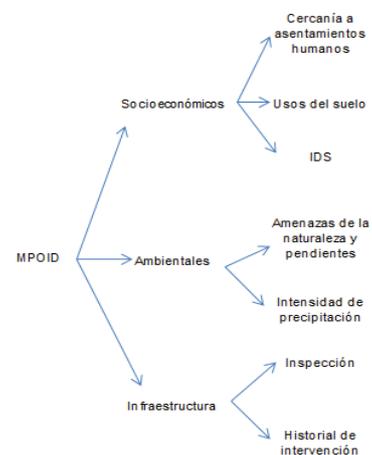
La planificación vial es una de las principales carencias que tiene la administración pública en Costa Rica. Por ello es necesario desarrollar herramientas orientadas a subsanar estas debilidades, que permitan tomar decisiones basadas en criterios técnicos y así lograr dirigir adecuadamente los recursos.

Determinar los factores que se deben considerar para realizar esta adecuada inversión es una labor compleja, por lo que se decidió consultar con profesionales del área de conservación vial y realizar una investigación bibliográfica, para determinar los criterios que tienen mayor influencia en aspectos de conservación.

Mediante la investigación planteada se determinaron 7 subcriterios, tratando de considerar tres ejes principales: criterios socioeconómicos, ambientales y de infraestructura. Con los criterios socioeconómicos se buscó considerar el efecto de las estructuras en los usuarios y las poblaciones vecinas pero también el efecto de estas poblaciones en los sistemas de drenaje. Con los criterios ambientales, se buscó representar el efecto de las condiciones atmosféricas, topográficas y amenazas en zonas más focalizadas. Los criterios de infraestructura permiten considerar las condiciones reales de las estructuras, pero además el efecto de la planificación, el determinar períodos de mantenimiento para garantizar el adecuado estado de los elementos de drenaje

De esta manera el árbol jerárquico que sigue el modelo se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Criterios y subcriterios considerados

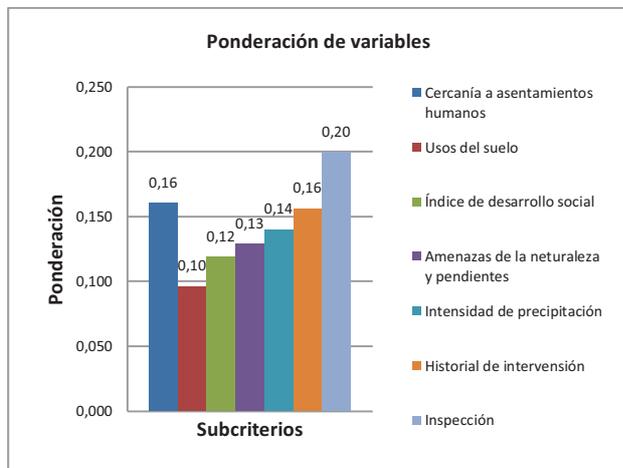


(Fuente: Autor)

Es necesario dar valores específicos a cada uno de subcriterios, ya que se necesita determinar el grado de importancia de cada uno de ellos. Es por esto que se utilizaron métodos de evaluación multicriterio, donde el principal objetivo fue generar un formulario de fácil comprensión. Se utilizó una ordenación simple, donde el entrevistado ordenó cada uno de los subcriterios y se le asignaron valores a cada uno dependiendo de su posición. De esta manera se ponderaron cada una de las entrevistas.

A partir de estas se determinó el valor promedio de las ponderaciones, desviación estándar y coeficientes de variación. La ponderación promedio se observa en la figura 2.

Figura 2. Ponderación promedio de los subcriterios



(Fuente: Autor)

Debido a los altos coeficientes de variación que se obtuvieron como resultado de la consulta a expertos, se plantearon dos escenarios alternos: uno donde la mayor importancia la presentan las variables socioeconómicas y otro donde la mayor ponderación la asumen las variables ambientales.

Para completar la información que exige el modelo, se realizaron inspecciones en dos tramos de la red vial nacional dentro del cantón de Oreamuno de Cartago. Las estructuras fueron caracterizadas, georeferenciadas y se determinaron las patologías que presentan. En estas inspecciones se determinó que el 60% de las estructuras presenta condiciones muy malas, induciendo daños en propiedades cercanas y en la superficie de rueda.

El resto de la información requerida se obtuvo de distintas instituciones y proyectos: el Ministerio de Planificación y Políticas Económicas (MIDEPLAN), el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el Plan Regular Urbano del gran Área Metropolitana (PRUGAM), el Instituto Geográfico Nacional (IGN), la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), proyectos de graduación de ingeniería civil e información específica del área de conservación.

La proyección que se utilizó fue la CRTM05, ya que ésta es la oficial para el país,

por lo cual hubo que convertir información que utilizaba proyecciones Lambert Norte o Sur.

La aplicación del modelo en el cantón de Oreamuno de Cartago se realizó utilizando los tres escenarios antes mencionados (ponderación promedio, criterios socioeconómicos con mayor peso y criterios ambientales con mayor importancia), de esta manera se observaron las variaciones que provocan cada una de las ponderaciones analizadas y así determinar cuál es más aplicable y además más sensible a cambios en el estado de las estructuras.

La ponderación promedio genera zonas de alta prioridad a lo largo de prácticamente toda las secciones inspeccionadas, debido al generalizado deterioro de los drenajes, el escenario donde los factores socioeconómicos son los de mayor importancia provoca que las zonas de mayor prioridad se presenten cerca de los asentamientos humanos, y no responde tan significativamente ante cambios en las variables de infraestructura.

Cuando se consideran las variables ambientales como las más importantes, se presenta una reducción general en el nivel de prioridad, ya que se subestiman las condiciones reales de los elementos de drenaje, además las amenazas de la naturaleza al ser factores de zonas muy específicas, no necesariamente se encuentran en el corredor que representan las rutas nacionales. El factor intensidad de lluvia es el que presenta mayor grado de incertidumbre, asimismo el factor topografía, debido a que en el área de estudio la mayor parte del terreno no presenta cambios de pendientes de más de un 30%, hace que el modelo sea más rígido, además de dar un valor muy alto a subcriterios que arrastran grandes errores.

Se propone utilizar la ponderación promedio, ya que es la más sensible a cambios y refleja mejor las condiciones de los elementos, esto se reflejó realizando cambios hipotéticos en las condiciones de los elementos y observando las variaciones en las zonas de alta prioridad.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica uno de los principales problemas en materia vial es la ausencia de una verdadera cultura de mantenimiento (Keller & Bauer, 2004). La manera de actuar muchas veces es reactiva, ya que no se conoce el estado de los elementos que se tienen, el entorno que les rodea y los trabajos de conservación a los que han sido sometidos.

El MPOID es una herramienta que busca colaborar con el proceso de planificación determinando zonas de necesidad de mantenimiento según una serie de elementos, tanto del entorno, como propios de las obras de drenaje.

El MPOID es dirigido a obras de drenaje superficial, las cuales se puede conceptualizar como: *“el drenaje superficial es el conjunto de obras que sirve para captar, conducir y alejar del camino el agua que puede causar problemas”* (Olivera Bustamante, 1999). La priorización de inversión que se pretende es específicamente en este tipo de estructuras, sean transversales o longitudinales a la carretera.

Las labores que se deben realizarse para mantener en buen estado estas obras se clasifican en mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción (Asamblea Legislativa de La República de Costa Rica, 1998). En la mayoría de casos son labores de mantenimiento rutinario, por ejemplo, la limpieza de cunetas y alcantarillas, chapea, remoción de derrumbes, etc. Éstas deben realizarse de manera sostenida en el tiempo, para garantizar un adecuado nivel de servicio y seguridad de la vía.

La priorización de inversiones es difícil, debido a la gran cantidad de variables que se manejan. Además un factor muy importante en lo que concierne a carreteras es el peso político en las decisiones, lo cual hace aún más difícil la ya deficiente planificación.

Para planificar las inversiones en mantenimiento es necesario considerar las diferentes variables que afectan, tanto propias de

los elementos como las referentes al entorno donde éstas se encuentran. Además determinar de qué manera estos distintos elementos influyen y en qué proporción.

El MPOID (Arias Chacón, 2010) inicialmente tenía 12 subcriterios, algunos de estos difíciles de conseguir para todas las zonas del país, sin embargo, éste tenía una visión muy similar, pensando integrar variables tanto ambientales como socioeconómicas, pero no incluía los factores propios de las estructuras. Es por ello que se planteó realizar esta mejora, buscando obtener un resultado más flexible y en cierta manera, genérico respecto a la aplicación en distintas zonas.

Por ello se concluye con un modelo que considera 7 subcriterios, con tres ejes principales: socioeconómico, ambiental e infraestructura, además información que existe para gran parte del país, lo cual facilita la implementación de éste haciendo uso de sistemas de información geográfica.

Objetivos

General: Mejorar y calibrar, mediante la inspección, el modelo de priorización de obras de infraestructura de drenaje, para la optimización de la intervención en obras de infraestructuras de drenaje vial.

Específicos:

- Revisar el modelo actual (MPOID), para conocer su funcionamiento.
- Reducir el número de sub criterios utilizados en el modelo actual, basándose en la opinión de expertos y la comparación con otros modelos utilizados a nivel internacional.
- Definir una metodología de evaluación multicriterio y multiatributo distinta a la del Proceso de Jerarquías Analíticas (PJA)

- Asignar los pesos relativos a cada uno de los sub criterios establecidos.
- Realizar el inventario e inspección en ciertos tramos de la red vial nacional, dentro del cantón de Oreamuno.
- Superponer la información recopilada en Sistemas de Información Geográfica y determinar las zonas de mayor prioridad de inversión.
- Proponer las mejoras necesarias dentro del tramo piloto establecido y verificar cómo varían los índices.

MARCO TEÓRICO

Drenaje superficial

Según Olivera, *“el drenaje superficial es el conjunto de obras que sirve para captar, conducir y alejar del camino el agua que puede causar problemas”* (Olivera Bustamante, 1999)

El objetivo principal de los drenajes en las carreteras es, en primer lugar, reducir al máximo la cantidad de agua que llega a ésta. Además, dar una salida rápida al agua que llegue a la carretera.

Cuando un camino tiene un adecuado sistema de drenaje se evita:

- Que el agua circule en cantidades excesivas, de manera que se destruya el pavimento y se originen baches.
- Que el agua se estanque en las cunetas y debilite las terracerías de la carretera, provocando asentamientos perjudiciales en la superficie de rueda.
- Que los cortes formados por materiales de mala calidad se saturen con agua con peligro de derrumbes o deslizamientos

La experiencia y análisis de diversos casos han demostrado que el mal estado de la los caminos en gran medida se debe al mal estado de los sistemas de drenaje (Crespo Villalaz, 2010).

Drenaje longitudinal

Estas estructuras tienen como finalidad interceptar el agua que escurre y canalizarlo a corrientes naturales u obras transversales y de esta manera alejarla lo más pronto posible de la carretera (Crespo Villalaz, 2010).

Estas estructuras son:

- Cunetas.
 - Cordón y cuneta.
 - Tragantes.
 - Cajas de registro.
 - Contracunetas.
 - Pozos de inspección.
- (Rivera Meneses, 2012)

Drenaje transversal

Son estructuras cuya función es conducir y desalojar, con la mayor rapidez posible el agua de las hondonadas y las partes bajas del terreno que atraviesa el camino.

Estas estructuras de drenaje menor se clasifican en tubos, bóvedas, losas sobre estribos y cajones (Crespo Villalaz, 2010).

Las estructuras que corresponden a esta clasificación de drenaje transversal son las alcantarillas y todos los elementos que le componen (canal de conducción, cabezales, caja o toma, aletones y delantal) (Rivera Meneses, 2012).

Conservación Vial

La conservación vial, según Barquero, *“es el conjunto de actividades destinadas a preservar de forma continua y sostenida el buen estado de las vías, de forma tal que se garantice un óptimo servicio al usuario”* (Barquero, 1998).

Para garantizar un adecuado uso de los recursos empleados para la preservación vial, es necesaria la priorización de inversión, de manera que se salvaguarde:

- La continuidad del servicio ofrecido, de manera que el tránsito no se interrumpa ante fenómenos que dañen las estructuras.
- La infraestructura vial debe de mantener un adecuado nivel de servicio, de manera que se garantice la comodidad y seguridad de los usuarios (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Las estructuras viales se ven afectadas por el medio en el cual existen, lo que provoca su deterioro. Por lo tanto es necesaria la identificación de estos factores, los cuales se pueden agrupar de la siguiente manera:

- a) Características del territorio: se debe considerar la fisiografía, la geología, orografía, la presencia de recursos acuíferos, etc.
- b) Clima: se deben considerar aspectos como la precipitación de lluvias en el lugar. Además de las lluvias, las características del territorio y los suelos generan cursos de agua que van a generar impactos sobre la carretera,
- c) Accesibilidad a otros servicios y facilidades públicas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

En Costa Rica la institución encargada del mantenimiento de la red vial es el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Según la ley 7798, de la creación del Consejo de Vialidad (CONAVI), los tipos de conservación se definen de la siguiente manera:

“Mantenimiento rutinario: Conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de vegetación, reparaciones menores y localizadas del pavimento y la restitución de la demarcación, que deben efectuarse de manera continua y sostenida a través del tiempo, para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías. Incluye también la limpieza y las reparaciones menores y localizadas de las estructuras de puentes.

Mantenimiento periódico: Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de lastre, grava, tratamientos superficiales o recarpeteos asfálticos o de secciones de concreto, según el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente. El mantenimiento periódico de los

puentes incluye la limpieza, pintura y reparación o cambio de elementos estructurales dañados o de protección.

Rehabilitación: Reparación selectiva y refuerzo del pavimento o la calzada, previa demolición parcial de la estructura existente, con el objeto de restablecer la solidez estructural y la calidad de rueda originales. Además, por una sola vez en cada caso, podrá incluir la construcción o reconstrucción del sistema de drenaje que no implique construir puentes o alcantarillas mayores. Antes de cualquier actividad de rehabilitación en la superficie de rueda, deberá verificarse que el sistema de drenaje funcione bien. La rehabilitación de puentes se refiere a reparaciones mayores, tales como el cambio de elementos o componentes estructurales principales o el cambio de la losa del piso.

Reconstrucción: Renovación completa de la estructura del camino, con previa demolición parcial o total de la estructura del pavimento o las estructuras de puente.

Mejoramiento: Mejoras o modificaciones de estándar horizontal o vertical de los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, a fin de incrementar la capacidad de la vía, la velocidad de circulación y aumentar la seguridad de los vehículos. También se incluyen dentro de esta categoría, la ampliación de la calzada, la elevación del estándar del tipo de superficie ("upgrade") de tierra a lastre o de lastre a asfalto, entre otros y la construcción de estructuras tales como alcantarillas grandes, puentes o intersecciones.

Obras nuevas: Construcción de todas las obras viales que se incorporen a la red nacional existente” (Asamblea Legislativa de La República de Costa Rica, 1998).

El acceso a servicios de salud, educación, mercados donde comercializar los productos de cada región, recreación, entre otros, es de gran importancia para el bienestar de la población. El garantizar estos aspectos es el motivo de la importancia de mantener una adecuada red vial, tanto en calidad como cantidad. (Dirección de vialidad, 2012)

Priorización de inversiones

La priorización de las inversiones permite un adecuado uso de los recursos, realizando las intervenciones en las zonas que realmente lo necesitan.

Según Barquero *“La selección de caminos para realizar el mantenimiento vial involucra intereses de índole político y social, lo cual dificulta el importante trabajo técnico, necesario para su planificación, ejecución, control y evaluación”* (Barquero Solano, 1998). Es por este motivo que es necesario proveer a las instituciones encargadas de la conservación vial de herramientas que les permita tomar decisiones de inversión basadas en criterios técnicos.

Debido a la importancia de la infraestructura vial, se puede decir que estas juegan un papel muy importante en la economía de un país, convirtiéndose en fuentes de desarrollo y alivio de pobreza (Barquero Solano, 1998).

Dentro de las ventajas de una adecuada conservación vial se encuentran:

- Disminución de costos de transporte: reduce costos de transporte de los usuarios, un camino en buen estado posibilita un mayor desarrollo socioeconómico.
- Ahorro de materiales: una adecuada conservación disminuye el consumo de materiales producto de la rehabilitación.

Inventario de la condición vial y programación de la conservación

Para poder determinar las acciones de conservación requeridas, resulta indispensable que las actividades se fundamenten en un trabajo permanente de inventario de condición vial.

El inventario de condición vial determina los tipos y magnitudes de deterioros presentes en la carretera. De esta manera se determinan las acciones necesarias para garantizar una adecuada conservación, y así se puede realizar la programación anual de obras e intervenciones

requeridas para el año presupuestal, definiendo la inversión que se requiere realizar en dicho período. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Para garantizar una adecuada planificación y desarrollo de la conservación es necesario tener un conocimiento de la red y su evolución, conociendo su estructura, estado y evolución (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Sistema de gestión

El objetivo de toda gerencia de conservación vial debe ser la aplicación de un sistema de gestión.

El mantenimiento vial se puede esquematizar según el ciclo de Deming, representado en la figura 3.

Figura 3. Proceso de gestión vial.



(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Algunos de los aspectos que incluyen cada uno de los elementos que conforman el sistema de gestión, son:

- Planificación:
 - o Inventario vial.
 - o Estimación de cantidades anuales de conservación.
- Programación:
 - o Necesidades de conservación en el campo.
 - o Guía de prioridades para ejecutar el trabajo.

- Ejecución
 - o El criterio de conservación que indica cuándo y a qué nivel debe ser ejecutada cada actividad.
- Control:
 - o Evaluación de resultados (Planificación versus ejecución en los aspectos de trabajo, producción y calidad).
 - o Mejorar el proceso de conservación.
 - o Retroalimentación, de manera que se corrijan errores en los demás niveles de la conservación.
 - o Reportes de la ejecución de obras.

- Habilidad de evaluar las consecuencias de diferir el mantenimiento.
- Ayuda a entender el comportamiento de la infraestructura.
- Mejor programación de las actividades.
- Programas u presupuestos a largo plazo más lógicos y consistentes.
- Evita interferencia política, ya que las necesidades de inversión se basan en los resultados del sistema establecido.
- Justifica las decisiones de la institución.
- Establecer prioridades para tener los máximos beneficios del dinero disponible.
- Reconocimiento de los costos de los usuarios (Flintsch & Medina, 2010).

Sistema de gestión de infraestructura

Según Flintsch y Medina “*Consiste en un proceso sistemático que provee, analiza y resume información relacionada con la infraestructura de manera de que pueda ser utilizada en la selección e implementación de programas de construcción, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura económicamente efectivos*” (Flintsch & Medina, 2010).

Niveles de toma de decisiones

Según Flintsch y Medina, se divide en:

Gestión a Nivel de proyecto (Project)

- *Decisiones sobre proyectos en particular.*
- *Información mucho más detallada.*
- *Básicamente, diseño del tratamiento.*

Gestión a nivel de red (Network)

- *Decisiones administrativas relacionadas con las políticas y programas a aplicar al sistema de pavimentos.*

Gestión a nivel estratégico (Flintsch & Medina, 2010; Flintsch & Medina, 2010).

Beneficios de un sistema de gestión de infraestructura

- Provee un procedimiento sistemático de buscar, organizar y guardar información referente a infraestructura.
- Disponibilidad en tiempo y forma de la información de la condición de la infraestructura.

Gestión de pavimentos, tipos de datos recolectados

- Inventario del camino.
- Condición del pavimento.
- Volumen de tráfico.
- Historial de mantenimiento.
- Criterios de mantenimiento, criterio de decisiones y políticas de mantenimiento.
- Diseño y análisis.
- Prioridades de mantenimiento y reconstrucción.

Según AASHTO, la información esencial es:

- Inventario.
- Condición del pavimento (estructuras).
- Historial: construcción, mantenimiento y rehabilitación, tránsito y costos.

Información Opcional: Diseño, materiales, accidentes, geometría, además del uso del terreno (Flintsch & Medina, 2010).

Métodos de evaluación multicriterio

Los métodos de evaluación multicriterio permiten tomar decisiones que dependen de una serie de variables independientes. Según Hinojosa “Es una herramienta la cual consta de un conjunto de métodos que sirven de apoyo a la toma de decisiones, frente a diferentes evaluaciones y conflictos, los cuales parten de datos tomados de manera cualitativa y son analizados por herramientas cuantitativas que permiten valorarlas, de esta forma se busca tomar la mejor decisión de un conjunto de ellas” (Hinojosa, 2009).

El proceso de toma de decisión busca crear un consenso por parte del centro decisor, ya sea un individuo o un grupo, de “lo mejor” dentro de “lo posible”, en un determinado contexto decisional. (Romero, 1996)

Este proceso implica necesariamente comparar las alternativas y por lo tanto, la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación de manera que se logren determinar las preferencias de un criterio sobre otro. Los criterios seleccionados para la toma de decisión se miden en diferentes unidades, por lo que se hace necesario transformar estas unidades en una unidad abstracta que sea válida para todas las escalas (Arancibia, Contreras, Mella, Torres, & Villablanca).

Dentro de los métodos de evaluación multicriterio se pueden mencionar:

- Método critic.
- Método de entropía.
- Ordenación simple.
- Métodos de Pugh.
- Métodos ELECTRE.
- Método de jerarquías analíticas.
- Arrow Raynold.
- Método EPI.
- Ziot-Wallenius.

A continuación se presenta una breve explicación de algunos de estos métodos utilizados para la ponderación de variables:

Cuando se necesita decidir entre distintas opciones existen una serie de criterios que deben de tomarse en cuenta para realizar la comparación, sin embargo, es claro que no todos estos criterios tienen la misma importancia.

Método Critic

Critic es el acrónimo de “*Criteria Importance Through Intercriteria*”. Este método pondera cada variable partiendo de los datos disponibles para dicha variable explicativa.

La fórmula que rige este método es:

$$w_j = s_j * \sum (1 - r_{jk}) \text{ (Ecuación 1)}$$

Siendo:

w_j : peso de la variable j

s_j : desviación típica de la variable j

r_{jk} : coeficiente de correlación entre la variables j y k

El resultado de esta configuración es que el peso de una variable será mayor en tanto mayor sea su desviación típica o varianza.

Desviación estándar:

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n}} \text{ (Ecuación 2)}$$

El coeficiente de correlación de variables se determina mediante la fórmula de Pearson de la siguiente manera:

$$r_{jk} = \frac{\frac{\sum x_i * x_j}{N} - \bar{x}_i * \bar{x}_j}{s_i * s_j} \text{ (Ecuación 3)}$$

Método de la Entropía

Es un método para ponderar variables, que parte del supuesto de que un criterio tiene mayor peso cuanto mayor diversidad hay en las evaluaciones de cada alternativa. Los pesos que representa se calculan a partir de los valores que adquieren los distintos criterios por ponderar.

Cálculo de la entropía:

$$E_j = -K * \sum_i (a_{ij} * \log a_{ij}) \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde $K = \frac{1}{\log n}$; siendo n el número de alternativas.

La entropía es mayor en tanto más similares son las a_{ij} consideradas.

Cálculo de la diversidad:

$$D_j = 1 - E_j \text{ (Ecuación 5)}$$

Finalmente el peso buscado se determina:

$$w_j = \frac{D_j}{\sum_j D_j} \text{ (Ecuación 6)}$$

Método de la ordenación simple

Lo que necesita hacer el decisor es ordenar los criterios de mayor a menor importancia, asignándosele el mayor número al primero y el menor número al último. Si se da que dos criterios tienen la misma importancia para el decisor, se les adjudica el promedio de ambas valoraciones. Una vez puntuados los criterios se normalizan y el resultado es la ponderación final.

La aplicación de este método se recomienda en situaciones donde existe escasa información (Aznar & Guijarro).

Métodos de Pugh

Este método y todas sus variables toman en cuenta los pesos de los criterios, salvo en la variable denominada de *convergencia controlada*, donde todos los pesos tienen el mismo peso. El mecanismo para asignar los pesos es una ordenación de 1 a 5, para el *Rating/weighting method*, los métodos modificados de Takai & Ishii, utilizan una ordenación de pesos que van de 0 a 1 (Justel, Pérez, Vidal, Gallo, & Val, 2007)

Método Electre

Se plantean los criterios de evaluación, mutuamente exclusivos y exhaustivos.

Los pesos asociados a cada uno de los criterios y sus escalas de medición ya sean cualitativas o cuantitativas, no siempre tienen el mismo peso específico para el decisor, por lo que se le asigna un valor. Otra hecho importante es que no todos los aspectos pueden ser medidos con una misma escala de medición, por lo que pueden tener diferentes rangos (Sánchez, 2003).

Método Scoring

Este método es una manera rápida y sencilla para identificar la alternativa preferible en un problema de decisión multicriterio.

Para realizar la ponderación de criterios se emplean escalas de puntaje, relacionados con una clasificación de importancia, como el ejemplo mostrado en el cuadro 1:

Cuadro 1. Escala de pesos, método scoring	
1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	Importancia media
4	Algo importante
5	Muy importante

(Roche & Vejo, 2005)

Método de Pahl & Beitz

El mecanismo empleado para la ponderación de los criterios es mediante la ordenación por importancia en una escala que va de 0 a 1 (Justel, Pérez, Vidal, Gallo, & Val, 2007).

Análisis estadístico de los datos

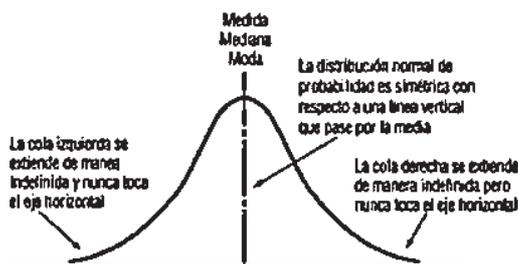
Distribución normal de probabilidad

Dentro de las principales características de este tipo de distribución, según Levin y Rubin se pueden mencionar:

- 1- La curva tiene un solo pico; por tanto es unimodal. Tiene forma de campana.
- 2- La media de una población distribuida normalmente cae en el centro de su curva normal.
- 3- Debido a la simetría de la distribución normal de probabilidad, la mediana y la moda de la distribución se encuentran también en el centro; en consecuencia, para una curva normal, la media, la mediana y la moda tienen el mismo valor.
- 4- Las dos colas de la distribución normal de probabilidad se extienden indefinidamente y nunca tocan el eje horizontal (desde luego, esto es imposible de mostrar de manera gráfica) (Levin & Rubin, 2004).

En la figura 4 se observan las características de una curva de frecuencias con una distribución normal.

Figura 4. Curva de frecuencias para la distribución normal de probabilidad



(Levin & Rubin, 2004)

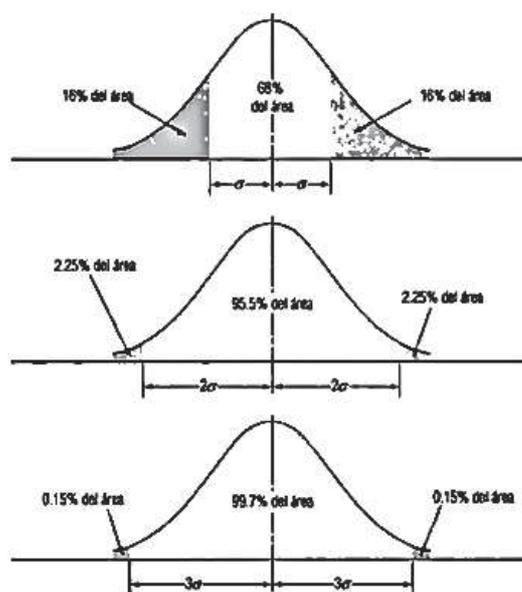
Áreas bajo la curva

Sin importar los valores de media y varianza, para una distribución normal, el área bajo la curva representa la unidad, además se cumple que:

- Aproximadamente el 68% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentran dentro de ± 1 desviación estándar de la media.
- Aproximadamente el 95% de todos los valores de una población que presente una distribución normal, se encuentran dentro de ± 2 desviaciones estándar de la media.

Aproximadamente el 99,7% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentran dentro de ± 3 desviaciones estándar de la media (Levin & Rubin, 2004). Estas propiedades se representan en la figura 5.

Figura 5. Propiedades del área bajo la curva en una distribución normal



(Levin & Rubin, 2004)

Prueba de bondad de ajuste

Kolmogorov-Smirnov

Son test no paramétricos para diferencias, entre dos distribuciones totales o acumulativas. Éste se refiere a la concordancia que puede existir entre una distribución acumulativa observada de valores y una función continua especificada. La prueba unimuestral se trata en comparar la concordancia entre una distribución acumulativa observada de valores y una distribución continua especificada, es decir, es una prueba de bondad de ajuste.

Es aplicable a muestras pequeñas y con distribuciones continuas (Miller & Freud, 2004).

El test de Kolmogorov-Smirnov está basado en la mayor diferencia entre la distribución acumulada de la muestra y la distribución acumulada hipotética. El test da como resultado un estadístico llamado “*D*”, cuando su valor resulta significativamente alto, debe rechazarse la hipótesis de que la muestra proviene de una población con distribución normal. Los valores de probabilidad de que el valor hallado sea excedido, bajo una hipótesis nula cierta, se conoce como valores *p* (*p* – valores) (Soto Holt, 2009).

Sistemas de información geográfica (SIG)

Los sistemas de información geográfica son herramientas que se utilizan para representar un sistema. Éstos permiten la generación de modelos.

Con el modelamiento de las situaciones reales se permite:

- Comprender, describir o predecir como los fenómenos funcionan en la realidad.
- Un modelo crea una vista más tratable de la realidad.

- Un mismo fenómeno puede ser interpretado utilizando diferentes modelos (Miranda Salas, 2007).

Se puede definir un sistema de información geográfica, según Burrough (1986), como “*sistemas que sirven para capturar, almacenar, revisar, integrar, analizar y mostrar datos referenciados espacialmente, en otras palabras documentación geográfica*” (Burrough, 1986).

Una de las principales ventajas de estos sistemas es la reducción del tiempo en la preparación y análisis de la información, donde no sólo el tiempo se ha reducido, sino además el número de expertos necesarios.

La implementación de estas herramientas se ha realizado en distintos campos, para nada relacionados, como lo es la medicina, la arqueología, sociología y todas las disciplinas que utilicen alguna variable que requiera o posea alguna expresión en el espacio geográfico. (Peña Llopis, 2006)

La información que constituye el SIG se debe almacenar en una base de datos, en la cual la información se debe organizar de acuerdo con las características de ésta. Estas bases de datos deben de ser constantemente actualizadas, para garantizar que la situación que se trata de modelar represente la realidad. Para que esto sea posible se requiere de equipo y personal adecuado, así puede ser utilizado para consulta diaria o para enlazar con otros proyectos. (Arias Chacón, 2010)

Arias (2010) resume el proceso general de aplicación de un SIG de la siguiente manera (ver figura 6)

Figura 6. Proceso de aplicación de un S.I.G

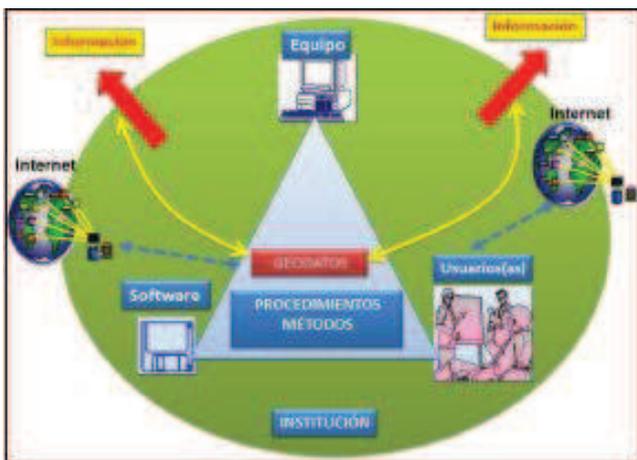


(Arias Chacón, 2010)

Según Fallas (2011), para que un SIG funcione adecuadamente, a nivel institucional se requiere de seis componentes (ver figura 7):

- Equipo de cómputo y sus periféricos.
- Soporte lógico (programas).
- Geodatos.
- Usuarios, incluye operadores del software.
- Técnicas y métodos de análisis.
- El ambiente institucional.

Figura 7. Componentes de un S.I.G



(Fallas, 2011)

Geodatos

Cualquier elemento tangible que exista en la realidad y que posea una ubicación geográfica corresponde a un geodato y el proceso que se sigue para dar a este elemento la ubicación en el espacio se denomina georeferenciación.

Para la representación cartográfica se utilizan distintos elementos, dependiendo de la información que se desee mostrar, éstos son:

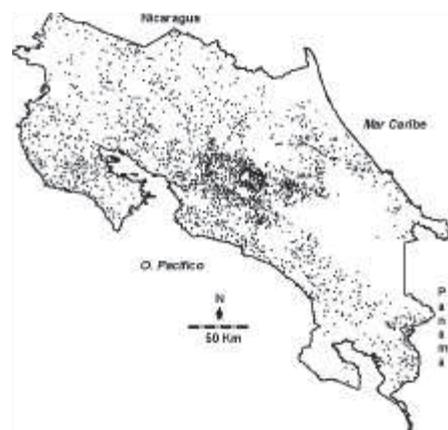
- Puntos: Se utiliza para representar elementos que no poseen longitud, área ni perímetro y que se pueden dibujar con un par de coordenadas (X, Y). Aunque los elementos que se representan, en la realidad sí poseen las propiedades antes mencionadas, la decisión de utilizar un punto depende de la escala que se utilice y del objetivo que se busque con la representación de la información.

- Línea y polilínea: Estos elementos poseen longitud pero no tienen perímetro ni área.
- El polígono: Los polígonos están formados por puntos interconectados entre sí. Estos elementos sí poseen área y perímetro.
- Red triangular de triángulos: Es una representación de una superficie continua derivada de un conjunto de puntos y de un proceso de triangulación. Conecta una serie de puntos con coordenadas en X, Y, Z.
- Vóxel: Es la unidad mínima procesable de una matriz tridimensional y equivale al pixel en la representación 2D.
- (Fallas, 2011)

Formatos

Vectorial: Éste está formado por las representaciones que se realizan mediante puntos, líneas y polígonos. Este formato resulta muy útil cuando se desean representar redes: circuitos de transporte, hidrológicos o de comunicaciones. En la figura 8 se observa un ejemplo de formato vectorial mediante el uso de puntos.

Figura 8. Poblados de Costa Rica, representación mediante archivo vectorial



(Fallas, 2011)

Raster: En este el mapa está compuesto por una matriz de píxeles, cada uno de los cuales tiene un valor que es el que le proporciona el color con el que se representa gráficamente. Este formato de facilidad para realizar el álgebra de mapas. (Carreras Monfort). En la figura 9 se observa un ejemplo de formato *raster*.

Figura 9. Imagen de google earth, representación en formato raster



(Fallas, 2011)

Superposición de capas

Los sistemas de información geográfica se utilizan para realizar una serie de operaciones fundamentales. Las seis operaciones fundamentales son: superposición, generación de corredores, extracción de información, fusión de información, unión y relación.

La superposición crea nuevas capas de información con la combinación de los atributos de las capas de entrada.

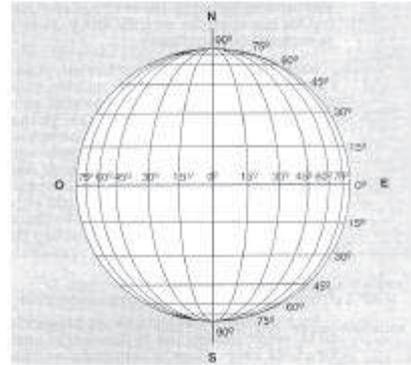
Para realizar la superposición muchas veces es necesaria la combinación de o manipulación de múltiples capas, por lo cual se debe realizar un proceso por etapas, donde dos capas se combinan para formar una capa intermedia y luego ésta se combina con una tercera. (Gutiérrez Palacios)

Sistemas de proyecciones

Coordenadas geográficas: El sistema de coordenadas geodésicas permite la representación geográfica de zonas muy extensas como lo es el globo terrestre (ver figura 10). Sin embargo al no ser rectas ni tener una

separación constante no permiten la reproducción en ningún sistema de proyección, por ello es que se han buscado sistemas diferentes que faculten el uso de líneas rectas que permitan cortarse perpendicularmente.

Figura 10. Sistema de coordenadas geográficas



(Carreras Monfort)

Geoide: Es la superficie de referencia que se utiliza en geodesia. Es un modelo ideal de la superficie terrestre en ausencia de montañas. Técnicamente define la superficie donde la gravedad equivale a la del nivel del mar.

Elipsoide de referencia: Son aproximaciones de la superficie terrestre, con una forma un poco más regular. Sirve para proyectar las coordenadas del geoide mediante aproximaciones matemáticas. Los elipsoides corresponden a zonas locales.

Datum: Define el elipsoide de referencia y la distancia entre el elipsoide y geoide. La mayoría de los datum no intentan describir la superficie total de la tierra, sino más bien una parte local. En la figura 11 se representa el geoide, elipsoide de referencia y datum.

Figura 11. Datum geodésico



(Gutiérrez Palacios)

Proyecciones cartográficas: Son procedimientos que nos permiten representar el esferoide terrestre en el plano del mapa. La superficie de este esferoide no es desplegable en un plano, por lo que es imposible realizar la traslación sin cometer errores: se deforman los contornos de la figura proyectada o se falsea el área de la figura. (Gutiérrez Palacios)

Las proyecciones existentes son:

- Cónicas.
- Cilíndricas.
- Ortográficas.
- Gnómicas.
- Estereográficas.
- Planas.

(Arias Chacón, 2010)

El sistema de referencia CR05 y la proyección CRTM05

Según el Instituto Geográfico Nacional, en el 2007 se creó el sistema de coordenadas horizontales para Costa Rica, denominado CR05, el cual tiene carácter oficial y viene a sustituir al sistema de coordenadas Lambert, datum Ocotepeque.

El datum geodésico está definido por 34 estaciones GPS denominadas de primer orden (ver figura 12), las cuales se encuentran distribuidas en todo el territorio nacional.

Figura 12. Red de primer orden



(Instituto Geográfico Nacional)

Esta proyección consiste en la utilización de un cilindro orientado de este a oeste. Dicha proyección es recomendada para países en que el eje mayor este de este a oeste, ya que la proyección provoca una única distorsión. El elipsoide de referencia utilizado es WGS84.

ANTECEDENTES

Modelos utilizados a nivel internacional para la gestión vial

Basic Accept Approach (BAA)

El objetivo es dar acceso de manera segura a la mayor cantidad de pueblos y con características mayores a los estándares básicos, este modelo reconoce la importancia de las estructuras viales para garantizar el desarrollo económico de una región. La función de las carreteras para aliviar las situaciones de pobreza.

Criterios mínimos para tener un acceso básico

- Transitabilidad.
- Acceso adecuado a carreteras de niveles superiores.
- Acceso adecuado a las facilidades sociales y económicas.
- Acceso adecuado a las actividades domésticas.
- Transitable en el vehículo predominante en la zona.
- Tráfico.
- Seguridad.
- Impacto social y ambiental.

(Sub-Saharan Africa Transport Policy Program, 2008)

Highway Development and Management Model (HDM)

Es un modelo desarrollado por el Banco Mundial y se ha usado para preparar programas de inversión y analizar estrategias de redes de carreteras. En la figura 13 se muestra un diagrama que refleja la operación de este modelo.

Algunos criterios de análisis

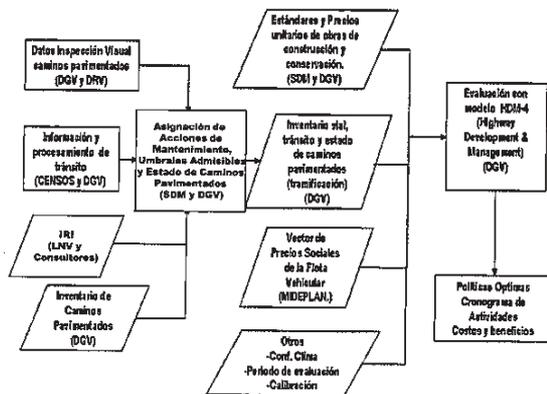
- Proyecciones a largo y mediano plazo de las necesidades de financiamiento para el mantenimiento vial.
- Pronóstico a largo plazo del rendimiento de la red de carreteras a diferentes niveles de financiamiento.
- Asignación óptima de los recursos de acuerdo con el presupuesto existente. Por ejemplo: Mantenimiento, mantenimiento periódico, y mejoras en el presupuesto.
- Asignación adecuada de recursos a las redes secundarias de carreteras.
- Estudios de políticas como el cambio del límite de carga por eje, mantenimiento, tamaño sostenible de la red, etc.
- Deterioro de la carretera.
- Efectos de las obras de reparación.
- Efectos para usuarios de la carretera.
- Efectos socioeconómicos y medioambientales.

Se debe considerar el impacto del estado de las carreteras sobre el usuario, lo cual se mide en términos de costes para los usuarios y otros efectos sociales y medioambientales. Los costes que se incluyen son:

- Costes de operación de vehículos.
- Coste del tiempo de viaje.
- Coste para la economía de los accidentes de tráfico.

(Kerali, 2001)

Figura 13. Diagrama de flujo del HDM IV



(Dirección de Vialidad, 2010)

Integrated Rural Accessibility planning (IRAP)

Las características de este modelo y la manera de aplicarlo son las siguientes:

- Se entrevista a los habitantes de los pueblos para definir accesibilidad a los siguientes rubros: agua potable, mercados para la agricultura, salud, educación, etc.
- La priorización se realiza mediante la consulta a los pobladores.
- Considera el tiempo que una persona tarda en llegar a un lugar donde pueda acceder a determinados servicios.
- Es un modelo aplicable a zonas rurales donde se busca garantizar la accesibilidad de la población a servicios básicos.
- Incorpora criterios de sustentabilidad, sociales y económicos.
- Considera el desarrollo en infraestructura vial como un elemento crítico para aliviar la pobreza en las poblaciones rurales.

(Sub-Saharan Africa Transport Policy Program, 2008)

New Approach to Transport Appraisal (NATA)

Los criterios considerados son:

Medio ambiente:

- Ruido.
- Calidad del aire local.
- Gases efecto invernadero.
- Zonas verdes.
- Zonas urbanizadas.
- Patrimonio histórico.
- Biodiversidad.
- Recursos hídricos.

Seguridad:

- Accidentes.
- Nivel de seguridad.

Economía:

- Eficiencia económica del transporte.
- Confiabilidad.
- Impacto económico.

Accesibilidad:

- Acceso al sistema de transporte.
- Conectividad.
- Valor agregado.

Integración:

- Uso del suelo.
- Intercambio en transporte.
- Otras políticas gubernamentales.

(Sub-Saharan Africa Transport Policy Program, 2008)

Performance Assessment Model (PAM)

El modelo muestra como resultado la relación entre el déficit de mantenimiento y el costo de operación vehicular, el ahorro que representa para los usuarios el dinero invertido por mantenimiento.

La información que requiere o criterios que considera son:

- Datos de condición de la carretera: de acuerdo con los datos disponibles en el país.
- Período de diseño de las vías: de esta manera se determinan las acciones de mantenimiento requeridas para lograr el período de diseño y las inversiones requeridas. No depende de los niveles de tráfico.

- Costos de mantenimiento rutinario: Los costos de mantenimiento dependen del tipo de carretera y las condiciones de ésta. Los costos totales son producto del mantenimiento unitario por la longitud de las carreteras en cada caso.
- Costo por mantenimiento periódico: Está definido dependiendo del tipo de carretera y sus condiciones antes y después del mantenimiento.
- Costos por operación vehicular: Costo por kilómetro y la composición del tráfico, en relación con el acceso de los usuarios por kilómetro de camino considerando los cambios en el camino.
- Niveles de tráfico, demanda: El volumen de tráfico por los diferentes tipos de carreteras, resultado del recuento de tráfico, cuando el dato se encuentra disponible y si no por estimación. Con este dato se evalúa el impacto de los usuarios de la carretera en el deterioro o mejoras de las condiciones viales.

(Sub-Saharan Africa Transport Policy Program, 2008)

Participatory Rural Appraisal (PRA)

Permite la participación de la población, facilitando el compartir información y expresando las necesidades de la población.

Principios del PRA

- La población local participa en la planeación.
- Equipo de trabajo: debe de existir un grupo de trabajo constituido principalmente por personas que conozcan el área en estudio. Este grupo de personas deben de representar grupos económicos, sociales, culturales y de género.
- Flexibilidad: la aplicación de esta metodología no es un modelo, pues éste varía de acuerdo con el tamaño, habilidades del equipo de trabajo, el contexto particular en que se desarrolla el trabajo, tiempo disponible, localización, etc.
- Busca la eficiencia en términos de tiempo y dinero. Tener suficiente información

como para hacer las recomendaciones necesarias y tomar las decisiones.

- Para garantizar la calidad de los datos, la información debe ser consultada al menos en tres distintas fuentes.

Factores que afectan la aplicación

- Manejo de recursos naturales.
- Derechos sobre las tierras de los pueblos indígenas.
- Desarrollo de barrios marginales.
- Enfermedades existentes (Se habla del VIH)
- Programas para erradicar la pobreza.
- Manejo de desastres.
- Negociación y resolución de conflictos.
- Alfabetismo.

(Sub-Saharan Africa Transport Policy Program, 2008)

Road Economic Decision Model (RED)

Aplicado a carreteras de bajo volumen de tráfico. Fue desarrollado en los 90 para facilitar el análisis económico, tanto a nivel de proyecto como a nivel de red vial.

Los beneficios determinados mediante este modelo se presentan en función de costo operativo de vehículos, tiempo de viaje y seguridad. Además se pueden agregar otros factores no relacionados con tráfico motorizado, como lo son factores sociales y medioambientales.

- Por tratarse de carreteras de bajo tránsito, el modelo reduce la cantidad de datos necesarios.
- Toma en cuenta la alta incertidumbre de los datos.
- Establece las hipótesis consideradas para pronosticar la condición de las carreteras y el desarrollo económico.
- Se calcula el tráfico generado producto de la reducción en el costo del transporte.
- Cuantifica los costos económicos producto de los días por año que el tránsito es detenido producto del alto deterioro.
- Utiliza parámetros de rugosidad para definir el nivel de servicio de las carreteras de bajo volumen.

- Considera en el análisis las mejoras en la seguridad de la carretera.
- Considera variables debidas a factores sociales, servicios sociales y el medio ambiente.

Resultados obtenidos

- Reporte de factibilidad económica para cada opción de proyecto.
- Impacto de la inversión en los usuarios, determinado por el costo por vehículo.
- Análisis de sensibilidad de los datos de entrada.
- Análisis de riesgo (Archondo, Roads Economic Decision Model, Software User Guide and Case Studies, 2004).

Road Network Evaluation Tools (RONET)

Este modelo presenta en sus resultados:

- Costo total de la red vial por parte de la agencia.
- Costo para los usuarios de la red vial.
- Costos para la sociedad.
- Beneficios de la red.
- Rugosidad ponderada por kilómetro, obtenido a partir del estándar óptimo para la clase de carretera.
- Evalúa los ingresos de los usuarios y los compara con las necesidades de fondos para mantenimiento y rehabilitación de la red vial.

Clasifica la carretera en:

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Pobre
- Muy pobre

Datos de ingresos requeridos:

- Área total, total de población, población rural, producto interno bruto, flota vehicular, inflación.
- Tasa de crecimiento de la flota vehicular en un periodo de 20 años.
- Capital disponible para las obras viales (mantenimiento, rehabilitación y construcción).
- Costos unitarios de mantenimiento por kilómetro.
- Características del tráfico existente.

- Costos de la flota vehicular relacionada con la rugosidad de la red vial, de acuerdo con el nivel de tránsito.
- Accidentes y costos.
- Longitud de la red, tipo, categoría del tránsito y categoría de la carretera.
- Promedio de los gastos por concepto de trabajos realizados durante los últimos 5 años.
- Promedio de los trabajos realizados durante los últimos 5 años por kilómetro por año.
- Consumo de combustible, gastos en los vehículos, distancias de viaje, peajes, etc.
- Requerimientos de fondos para mantenimiento y rehabilitación.
- Fondos requeridos para inversiones.
- Fondos requeridos para la administración.

(Sub-Saharan Africa Transport Policy Program, 2008)

Road User Charges Model (RUC)

Este modelo determina:

- Costo anual de mantenimiento.
- Necesidades anuales de inversión y recursos para financiamiento.
- Gastos anuales de los usuarios, producto del uso de la red vial.
- Analiza la distribución de ingresos de los usuarios, para así cobrar equitativamente los impuestos.

Este modelo analiza el monto que debe ser cobrado a los usuarios para garantizar que las carreteras se encuentren completamente financiadas y así mantenerlas en buen estado.

Objetivo específico del RUC

- Asegurarse de que los montos cobrados a los usuarios cubren los costos de mantenimiento y operación de las vías inter-urbanas y urbanas.
- Asegurarse de que todas las clases de vehículos cubren los costos por uso de la red vial.
- Comparar las necesidades de fondos del país para la red vial.

- Evaluar la distribución de ingresos de los usuarios con los impuestos que cobra la administración.
- Definir impuestos a los combustibles necesarios para el financiamiento de las carreteras.
- Calcular indicadores de financiamiento e ingresos.
- Estimar la magnitud de las emisiones por combustibles.

Sustainable Livelihood Approach (SLA)

Las características de este modelo son:

Objetivos:

- Mayor seguridad y mejor manejo de los recursos naturales.
- Mejorar el acceso a educación, información, tecnologías, nutrición y salud.
- Un entorno social más solidario y cohesivo.
- Mejor acceso a infraestructura básica.
- Mayor acceso a recursos financieros.
- Políticas y ambiente institucional que plantee estrategias de bienestar y promueva el acceso equitativo a mercados competitivos.

Criterios:

- Vulnerabilidad social.
- Políticas y procesos institucionales: Gubernamentales y del sector privado. Leyes, cultura, políticas e instituciones.
- Resultados buscados: Mayores ingresos, aumento del bienestar, reducir la vulnerabilidad, mejorar la seguridad alimentaria, uso sostenible de los recursos naturales.

(Archondo & Heggie, Road User Charges Model, 1999)

Mecanismo para la priorización de obras en algunos países.

MOP-Chile

Utiliza el modelo HDM IV, donde las decisiones de intervención se basan en aspectos meramente técnicos, sin embargo, no consideran aspectos sociales y referentes a aspectos ambientales únicamente se hace mención a las características del clima.

Debido a la consideración de los criterios del HDM IV, en este país suramericano, la información requerida es:

- Características del tipo de carpeta de rodadura.
- Geometría del camino (pendiente, N° subidas, N° bajadas).
- Características estructurales de las capas del pavimento y capas granulares.
- Estado actual del camino (niveles de deterioros).
- Magnitud y composición del tránsito.
- Características del clima (humedad, lluvias).

Para obtener la información antes mencionada se realizan labores de recolección de datos, a mencionar:

- Campaña de Inspección Visual (cada 2 años).
- Asignación de Tránsito Nodal a Arcos, Plan Nacional de Censos (cada 2 años).
- Inventario de Caminos Pavimentados, diciembre (cada 2 años).
- IRI (anual).
- Proposición de Acciones de Mantenimiento y Estado de la Calzada. (cada 2 años).
- Precios de Acciones de Conservación (cada 2 años).
- Políticas de Mantenimiento (Revisión cada 2 años).

- Vector de Precios Sociales (Revisión cada 2 años).
- Flota Vehicular (Revisión cada 2 años).
- Antecedentes Climáticos (Revisión cada 2 años).

(Dirección de Vialidad, 2010)

Provias descentralizado- Perú (Caminos rurales)

Modelo de priorización participativo, mediante talleres de priorización provinciales y planes viales provinciales participativos.

Utiliza Mapas de pobreza.

- Dimensión espacial: uso del camino a nivel intra o interprovincial.
- Dimensión Económica: flujo de excedente relativo que va al mercado intra e interprovincial.
- Dimensión social: Pobreza, población y acceso a servicios públicos.
- Dimensión Recursos naturales: N° de recursos naturales que permite integrar y conectar.
- Dimensión técnica: grado de implementación del proyecto (preinversión, expediente técnico o es parte del plan de desarrollo)

Planes viales participativos

- Medio físico y recursos naturales
 - o Clima
 - Riesgos físicos y contaminación: geodinámica externa e interna.
 - o Espacio físico (geología y geografía).
 - o Cuencas y subcuencas
 - Hydrográficas: las inundaciones no sólo deterioran las vías, sino además provocan erosión que conlleva el arrastre del suelo fértil y posterior empobrecimiento de éstos.

- o Los recursos
 - Usos del suelo: Agrícola, forestal, minero, etc.
- Dinámica poblacional
 - o Tamaño de la población, distribución demográfica y proyección de crecimiento.
- Aspectos sociales
 - o Zonas de pobreza.
 - o Atención de la red vial a los servicios de salud y educación: Además se incluye el posible aporte al desarrollo de la región debido a la interconexión con otras zonas.
- Aspectos económicos
 - o Población Económicamente Activa, actividades económicas (agrícola, pecuaria, turística, y otras), infraestructura productiva, ingresos económicos, circuitos económicos de mercados, cadenas productivas, volúmenes de comercialización.
- Análisis del espacio
 - o Define zonas marginales, zonas de mayor o menor importancia debido a su tamaño de población, acceso a servicios e importancia económica para la región.
- Análisis de la vialidad
 - o Caracterización de la red vial.
 - o Estado de la red vial.
 - o Estado de la red vial y su incidencia en el desarrollo Provincial / Niveles de Intervención.
 - o Servicios de transporte, pasajeros y carga.
 - o Capacidad de la institucional local para asumir la gestión vial.
- Limitaciones al desarrollo y potencialidades de la provincia.

(Provias Descentralizado, 2006)

Definición de subcriterios considerados

Índice de desarrollo social

El desarrollo social, según Mideplan se puede definir como “el proceso mediante el cual se procura alcanzar una sociedad más igualitaria, participativa e inclusiva, que garantice una reducción de la brecha que existe en los niveles de bienestar que presentan los diversos grupos sociales y áreas geográficas, para lograr una integración de toda la población a la vida económica, social, política y cultural del país, en un marco de respeto y promoción de los derechos humanos” (MIDEPLAN, 2007).

De esta manera, el índice de desarrollo social (IDS), es una herramienta útil para la inversión de fondos públicos, ya que demuestra los distritos que presentan menor crecimiento, los cuales requieren de una mayor atención gubernamental.

Dimensiones

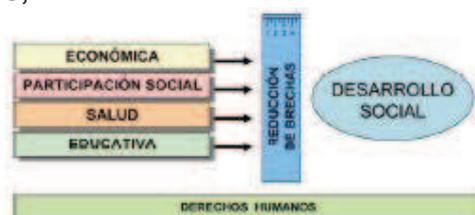
El índice de desarrollo social se agrupa en cuatro dimensiones (ver figura 14) que obedecen a consideraciones éticas y políticas, estas dimensiones se explican según MIDEPLAN, a continuación:

- Económica: Participar en la actividad económica y gozar de condiciones adecuadas de inserción laboral que permitan un ingreso suficiente para lograr un nivel de vida digno.
- Participación Social: Reflejado en el desarrollo de procesos cívicos nacionales y locales, para que se desarrolle en la población el sentido de pertenencia y de cohesión social y con ello el sentimiento de participación activa, responsable que implica el deber y el derecho de los ciudadanos a participar en éste.
- Salud: Orientado a gozar de una vida sana y saludable, lo que implica contar y

tener acceso a redes formales de servicios de salud y seguridad social así como a una nutrición apropiada, que garantice una adecuada calidad de vida de la población.

- Educativa: Relacionado con la disponibilidad y el adecuado acceso de la población a los servicios de educación y capacitación que favorezcan un adecuado desarrollo del capital humano. (MIDEPLAN, 2007)

Figura 14. Dimensiones por considerar en el IDS,



(MIDEPLAN, 2007)

Esta dimensión a su vez se subdivide en 4 índices:

- Educación:
 - o Infraestructura educativa.
 - o Programas educativos especiales.
 - o Escuelas unidocentes.
 - o Reprobación escolar.
- Participación:
 - o Participación escolar.
- Salud:
 - o Bajo peso de niños (as).
 - o Mortalidad en menores de 5 años.
 - o Nacimientos de niños (as) hijos de madres solteras menores de 19 años.
 - o Agua potable residencial.
- Económica:
 - o Consumo residencial de electricidad.
 - o Viviendas con acceso a internet.

Fuentes

Una de las mayores ventajas en la utilización de este criterio es el nivel de desagregación que presenta, siendo éste distrital, lo cual logra mejorar el nivel de detalle.

El distrito es la menor unidad política del país, por lo cual es la opción más adecuada para la creación de un índice sintético que mida el nivel de vida de los habitantes. (MIDEPLAN, 2007)

Las fuentes de información para cada una de las dimensiones que forman este índice son:

- Económico:
 - o Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).
 - o Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).
 - o Cooperativa de Electrificación Rural de los Santos R.L. (Coope Santos).
 - o Cooperativa de Electrificación Rural de San Carlos R.L. (Coopelesca).
 - o Cooperativa de Electrificación Rural de Guanacaste R.L.(Coope Guanacaste).
 - o Cooperativa de Electrificación Rural de Alfaro Ruiz R. L. (Coope Alfaro Ruiz).
 - o Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH).
 - o Junta Administradora del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC).
- Participación social:
 - o Tribunal Supremo de Elecciones: Procesos electorales años 2002 y 2006.
- Salud:
 - o Estadística de Vitales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
 - o Ministerio de Educación Pública, períodos 2004-2006.
 - o Censo vivienda 2000.
 - o Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (A y A).
- Educativa:

Departamento de Estadística del Ministerio de Educación Pública (MEP).

Cercanía de asentamientos humanos

La cercanía de las estructuras respecto a un centro poblacional crea un impacto directo sobre la población, inicialmente este impacto se determinó con la densidad poblacional, la cual representa el número de habitantes por hectárea, sin embargo, este subcriterio resulta un tanto confuso, ya que su dimensión es distrital que aunque es un dato bastante preciso, pueden determinar zonas con altas densidades debido a la influencia de una población cercana, o por el contrario, no considerar zonas donde existen estructuras civiles que es necesario proteger aunque no exista alta densidad de población.

La información utilizada en este subcriterio será brindada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en esta se maneja la información a nivel de unidad geoestadística mínima y los datos que se manejan son de:

- Viviendas individuales: casa independiente, casa independiente en condominio, edificio de apartamentos, edificio de apartamentos en condominio, vivienda tradicional indígena, cuarto en cuartería, tugurio, otros.
- Vivienda colectiva: bache o barraca para trabajadores, albergue infantil, hogares de personas adultas mayores, cárcel, otros.

Al utilizar la información de las UGM se obtiene información muy detallada, de los aspectos antes mencionados y definiendo la distancia existente entre los asentamientos humanos existentes y las estructuras de drenaje se define el nivel de priorización referente a este subcriterio.

Otro detalle importante de la utilización de este subcriterio es que considera el nivel de tránsito existente, puesto que las vías ubicadas en zonas cercanas a centros de población serán las más transitadas.

Debe quedar claro que este trabajo busca desagregar los distintos elementos que conforman la red vial, de tal manera que se priorice la inversión de manera paralela en drenajes, pavimentos, taludes, etc. Factores como lo son la cantidad de tránsito diario, los tipos de cargas, la importancia de la vía, no se consideran de manera directa, puesto que éstos

deberían tomarse en cuenta en la priorización de inversiones en pavimentos.

Uso del suelo

Este subcriterio considerará las características de la zona respecto al uso de suelo establecido en el plan regulador existente, los factores que se consideran son:

Zonas Urbanizadas: densidad, industria, áreas verdes de las zonas urbanas, tajos importantes.

Cultivos: anuales, permanentes, fincas de café anuales/permanentes, uso mixto (anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos), invernaderos, plantaciones de coníferas.

Ganadería: Pastos, pastos con árboles dispersos, pastos mezclados con árboles dispersos, pastos mezclados con árboles.

Cobertura boscosa; primarios, secundarios, fragmentados/degenerados, charrales. (Arias Chacón, 2010)

Según León, *“La cubierta vegetal se desempeña como agente regulador en los fenómenos erosivos, controlando los excesos de agua en el perfil del suelo, disminuyendo las velocidades de flujo de escurrimiento e integrando el suelo como masa unitaria, entre otros beneficios”* (León Peláez, 2001)

Según el uso del suelo existente se generarán distintos coeficientes de escorrentía, donde los terrenos más permeables poseen coeficientes de escorrentía mayores.

A continuación, en los cuadros 2, 3 y 4 se mencionan algunos de los principales coeficientes de escorrentía, según el uso del suelo y topografía:

Tipos de superficie	C
Techos.	0,70-0,95
Pavimentos de concreto y asfalto.	0,85-0,90
Pavimentos de piedra y ladrillo.	0,40-0,85
Calles y aceras de grava.	0,15-0,30

Calles sin pavimentos, lotes desocupados.	0,10-0,30
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0,05-0,25
Bosques y tierras cultivadas	0,01-0,2

(Quijada Barrera, 2007)

Tipo de superficie	C
Bosque de relieve ondulado.	0,18
Bosque de relieve quebrado.	0,21
Pasto, relieve ondulado.	0,36
Pasto, relieve quebrado.	0,42
Cultivos, relieve ondulado.	0,60
Cultivos, relieve quebrado.	0,72

(Hudson, 2006)

Tipo de superficie	C mínimo	C máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80

Tipo de superficie	C mínimo	C máximo
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructura viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95

(Aparicio Mijares, 1999)

Intensidad de Lluvias

Los sistemas de drenaje son sumamente importantes para garantizar la vida de las carreteras. Producto de las lluvias se pueden producir fallas en taludes que pueden obstruir cunetas, los escombros que son arrastrados en los cauces naturales pueden bloquear las estructuras de drenaje, provocando que el agua se desborde sobre la carretera. (Keller & Sherar, 2005)

La intensidad de lluvia es un parámetro sumamente importante para el análisis hidrológico, ya que permite el cálculo de caudales en cuencas pequeñas, además permite conocer el tiempo de duración de una determinada lluvia extrema. (Orozco Orozco, 2007)

Actualmente existen tres modelos de intensidad de precipitación, cada uno presenta

características particulares y éstos han sido creados en épocas distintas.

El primero fue creado por Ramiro Gamboa y el Servicio Meteorológico Nacional en el año 1967 (ver figura 15), donde según Orozco, tiene las siguientes características: *“presenta isoyetas para lluvias con una duración de una hora y un período de retorno de un año. Además posee gráficos que permiten pasar las curvas a diferentes períodos de retorno y distintas duraciones de lluvia”*. (Orozco Orozco, 2007)

Este modelo, debido a la época en que fue desarrollado presenta limitaciones, entre las que se mencionan:

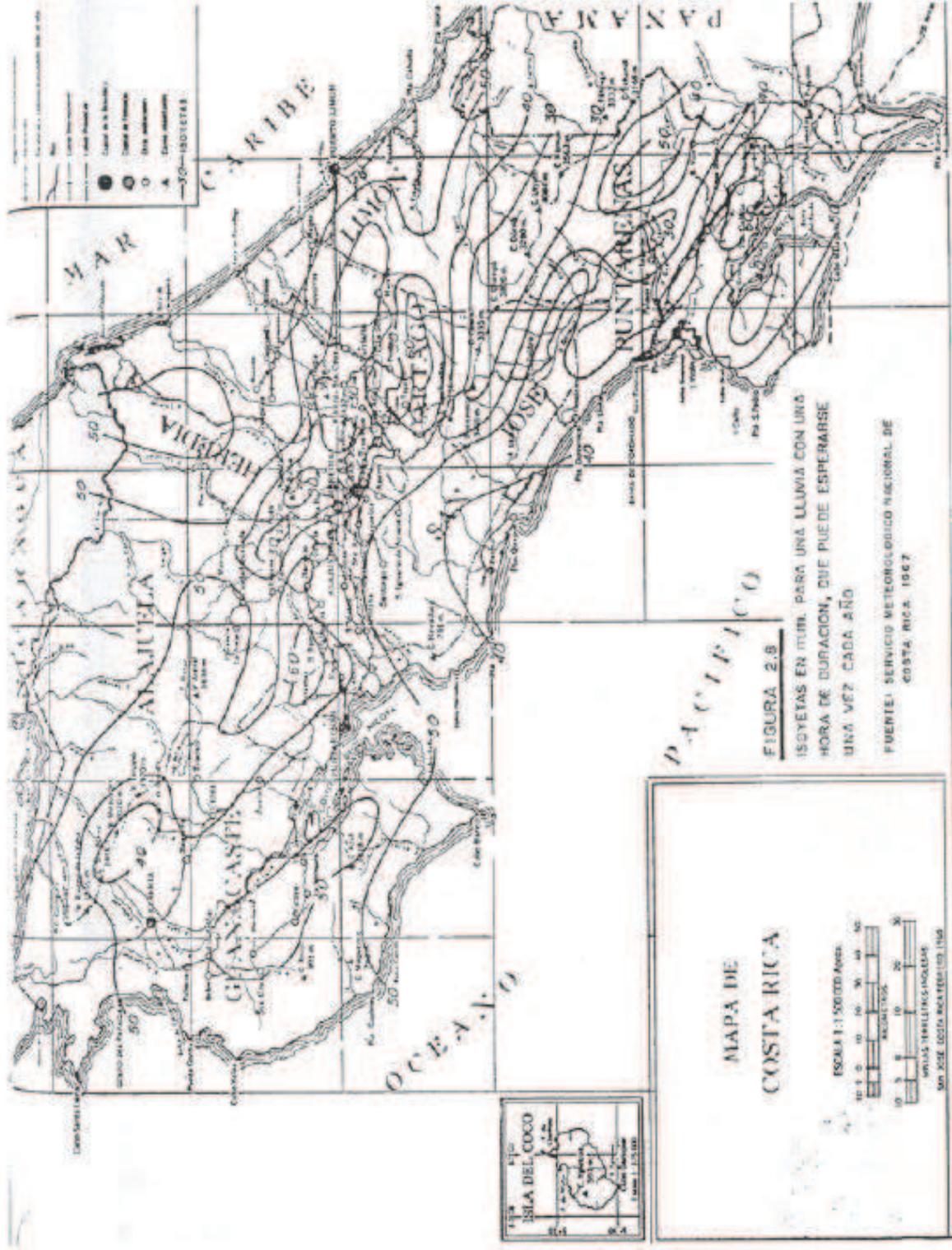
- Espaciamiento de isoyetas (poca información en algunas zonas).
- Períodos de retorno y tiempo de duración que no son muy representativos de eventos externos.

El segundo modelo existente es el de Wilhem Gunther Vahrson, del año 1991 (ver figura 16), éste según Orozco presenta las siguientes características: *“Éste involucra lluvias con períodos de retorno de 10 años y con una duración de 15 minutos. Posee una mejor definición y las herramientas técnicas con las que se realizó permiten un mejor análisis, se ve influenciado por nodos de atracción que representan las estaciones que dieron origen al estudio”*. (Orozco Orozco, 2007)

El tercer modelo y más reciente es el realizado por Orozco, 2007 (ver figura 17), el cual se basa en los estudios realizados por Gamboa 1967 y Vahrson 1991, el cual creó las ecuaciones necesarias para la digitalización de la información existente creada por Gamboa y la combinó con Vahrson.

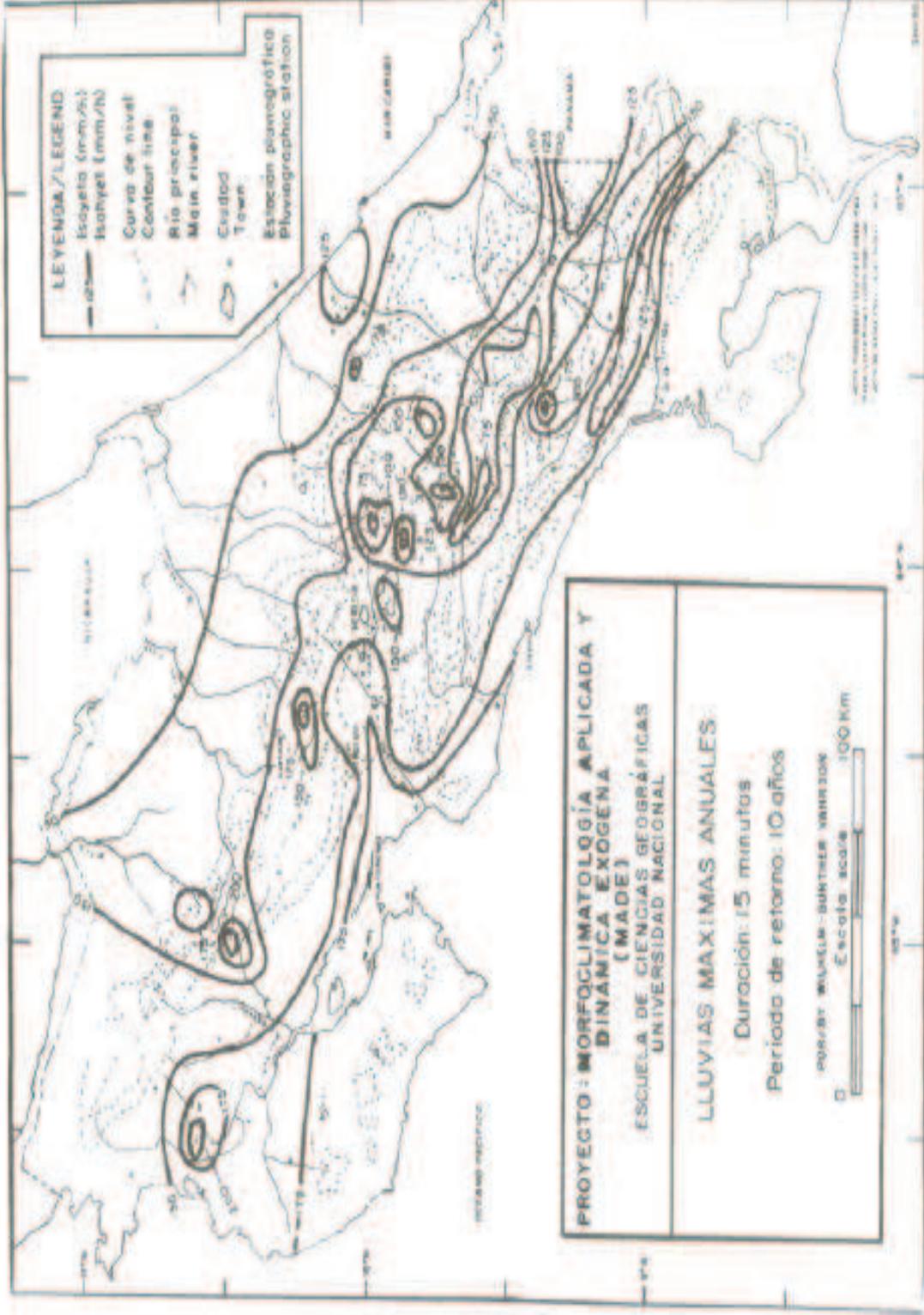
Este autor, previendo el tema del cambio climático, plateó un período de retorno de 25 años, de esta manera se garantiza una mayor capacidad en las estructuras hidráulicas (Orozco Orozco, 2007)

Figura 15. Mapa de intensidades de lluvia para una tormenta de una hora de duración y con un de retorno de un año.



(Gamboa, 1967, tomado de Orozco 2007)

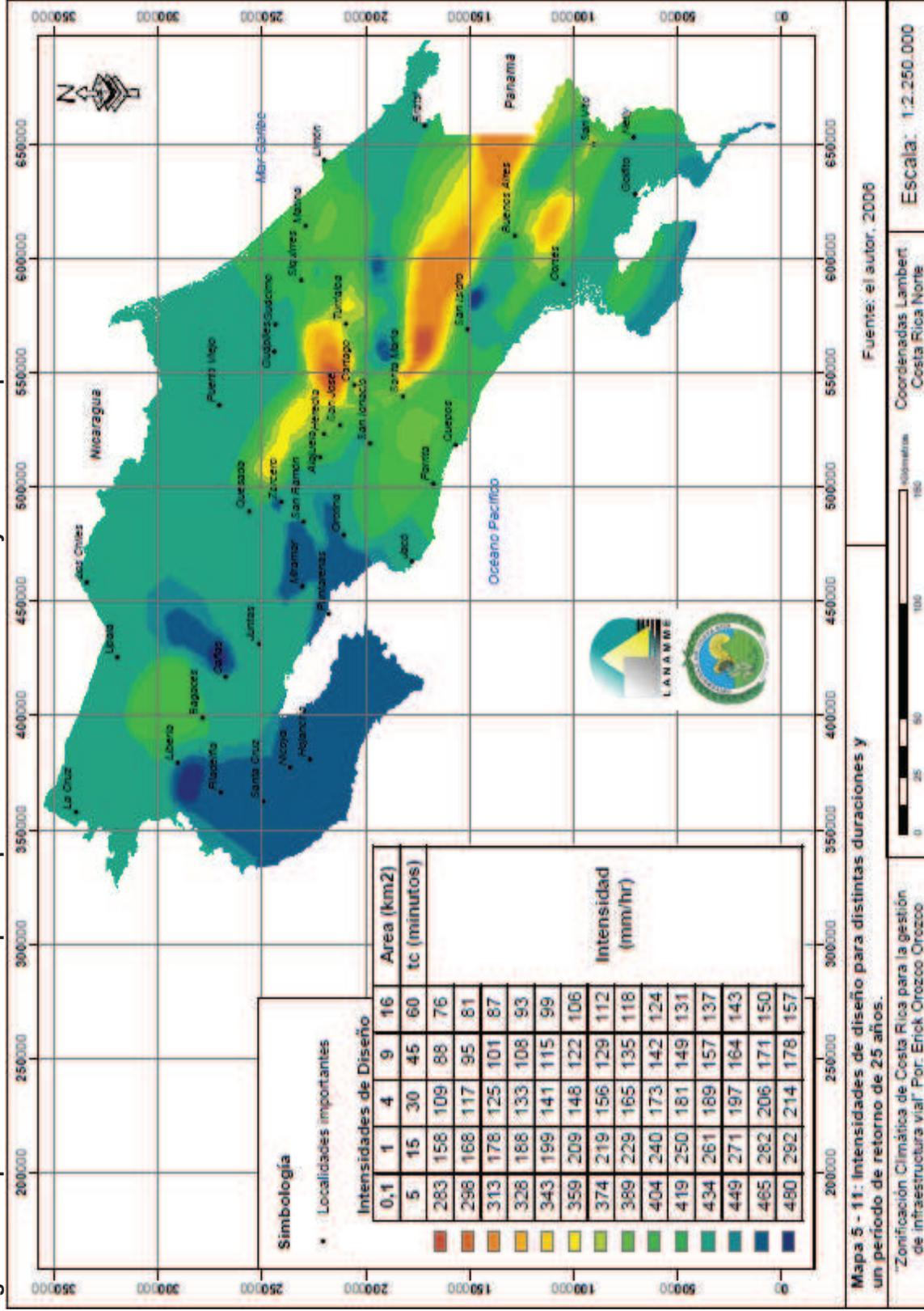
Figura 16. Mapa de intensidades de lluvia para una tormenta de duración de 15 minutos de retorno de diez años



Mapa 24 Intensidades máximas de lluvias con duraciones de 15 minutos y períodos de retorno de 10 años en Costa Rica. de VAHRSON & LERIKSEN 1991.

(Vahrson, 1991, tomado de Orozco 2007)

Figura 17. Mapa intensidad de lluvia para un periodo de retorno de 25 años y distintos tiempos de concentración



Amenazas provenientes de la naturaleza

La amenaza se puede definir según Murillo como *“la presencia de un factor físico de origen natural o antrópico, que podría manifestarse en un tiempo y espacio determinado y pone en peligro al ser humano sus obras y su ambiente”*. (Murillo Miranda & Romero Vargas)

Las amenazas que se consideran en el presente trabajo se refieren únicamente a las de origen natural, y son:

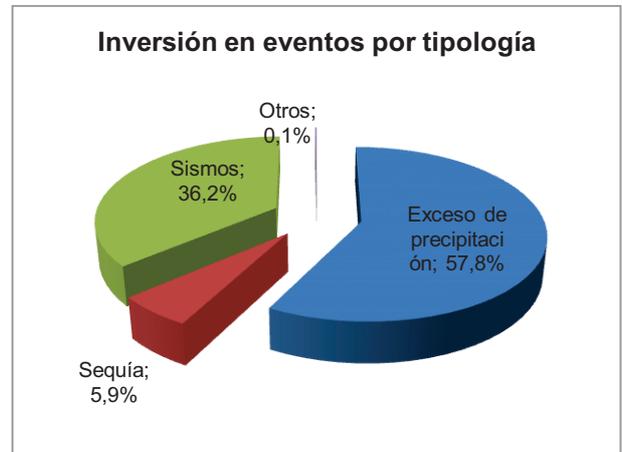
- Inundaciones.
- Deslizamientos.
- Erupciones volcánicas.
- Sismicidad.
- Avalanchas.

Para definir la importancia que cada una representa se realizó una revisión del impacto que cada una de éstas ha representado a la economía del país, así como la recurrencia que éstas representan.

Según MIDEPLAN, Costa Rica presentó pérdidas por un total de 1823,3 millones de dólares constantes de 2006, en el período que va del año 1988 al 2009, lo que corresponde a un 99,85% de los daños provocados por fenómenos declarados emergencia nacional o regional.

De lo anterior, los fenómenos de la naturaleza se pueden clasificar de acuerdo con su origen, en la figura 18 se muestran los porcentajes del monto total de los daños, producto de los eventos de la naturaleza en el período entre 1988 y 2009:

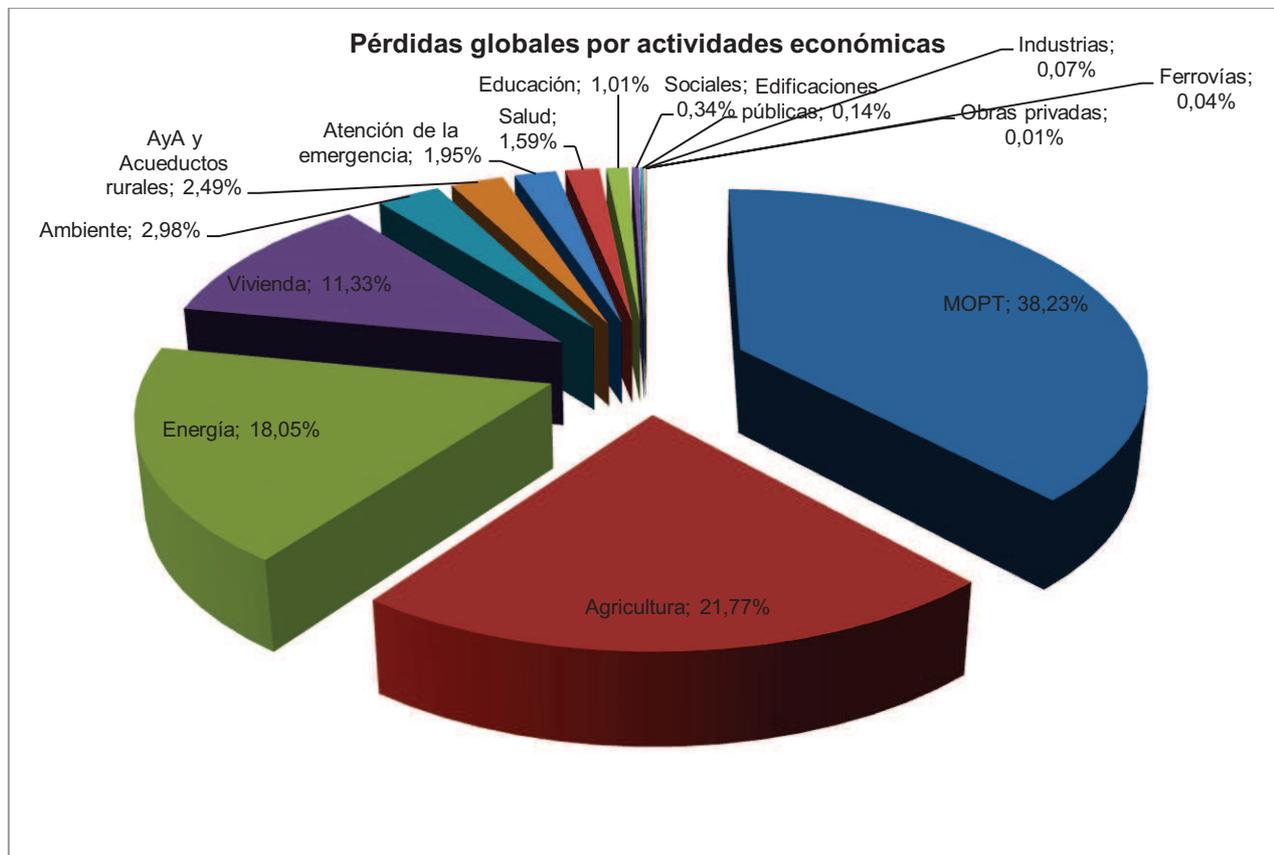
Figura 18. Inversión en eventos de la naturaleza según tipología



(Flores Verdejo, Salas Jiménez, Astorga Molina, & Rivera Ugarte, 2010)

Del total de los daños provocados, éstos se pueden dividir según las actividades económicas, distribuyéndose según se muestra en la figura 19:

Figura 19. Pérdidas globales por actividad económica



(Flores Verdejo, Salas Jiménez, Astorga Molina, & Rivera Ugarte, 2010)

Con esto se puede apreciar que los eventos productos de amenazas de la naturaleza provocan pérdidas muy importantes en las estructuras viales, siendo el Ministerio de Obras Públicas y Transportes el que presenta las mayores pérdidas. A partir de esto se puede apreciar la importancia de incluir este subcriterio como uno de vital importancia para lograr una adecuada inversión.

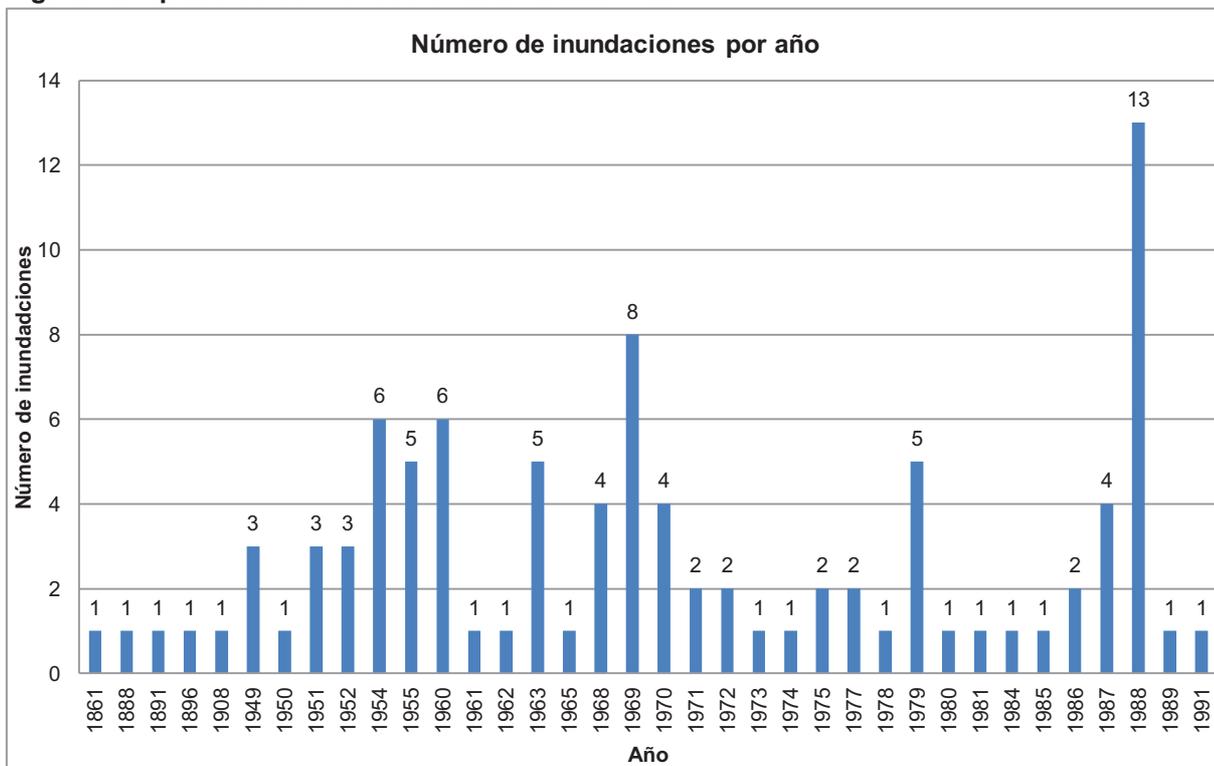
Inundaciones

Costa Rica es un país constantemente golpeado por los fenómenos atmosféricos, esto debido a su posición dentro del trópico.

Estos fenómenos afectan a prácticamente todas las zonas del país, es por ello que un estado adecuado de los sistemas de drenaje colabora a aminorar los efectos de estos hechos.

En la figura 20 se presenta un récord histórico de episodios de inundaciones que han ocasionado daños y pérdidas tanto económicas como humanas.

Figura 20. Episodios de inundaciones en Costa Rica



(Salazar Vindas & Montero Sánchez, 1992)

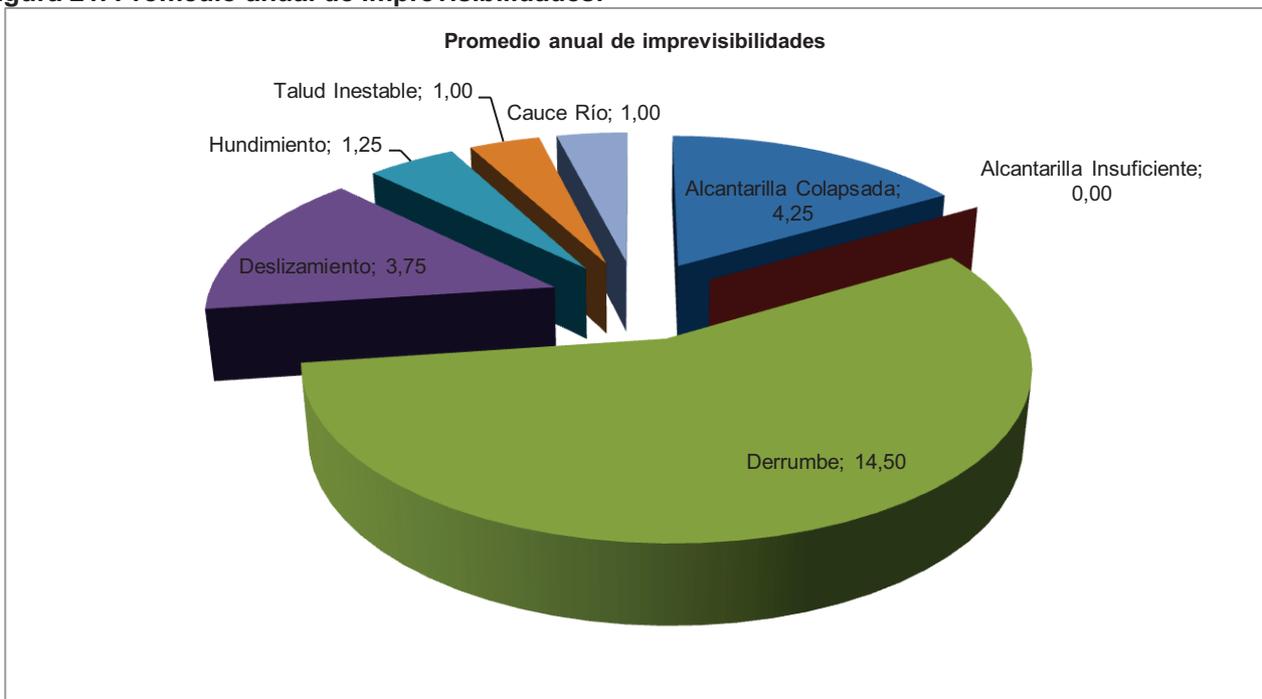
Deslizamientos

Las zonas de deslizamientos se encuentran definidas dentro de los mapas de amenazas de la Comisión Nacional de Emergencias. Éstos generan pérdidas elevadas dentro del mantenimiento vial, ya que presentan una recurrencia elevada, además de que se deben gestionar por concepto de imprevisibilidades.

El costo promedio anual, producto de los deslizamientos que maneja el Consejo Nacional de Vialidad es de ¢ 702.870.302. (entre el 2009 y 2012)

Un buen mantenimiento de los sistemas de drenaje puede evitar que zonas de inestabilidad colapsen cuando se presenten lluvias. Aunque los derrumbes o acontecimientos de talud inestable pueden relacionarse con zonas de deslizamiento, no se consideran para efectos de ponderar la variable "Deslizamientos", ya que el considerarlos elevaría el peso de éste en perjuicio de las demás variables. En la figura 21 se muestra la distribución de los eventos que generaron imprevisibilidades entre el 2009 y 2012

Figura 21. Promedio anual de imprevisibilidades.



(Consejo Nacional de Vialidad, 2011)

Erupciones volcánicas

Costa Rica es un país netamente volcánico, aunque existen 120 focos volcánicos plenamente identificados, los que se encuentran activos son únicamente 5:

- Rincón de la Vieja.
- Arenal.
- Poás.
- Irazú.
- Turrialba.

(Red Sismológica Nacional, 2005)

Cada uno de éstos tienen su historial de actividades, sin embargo para el presente trabajo se considerará la actividad de los primeros cuatro volcanes, puesto que éstos poseen un historial con mayor número de episodios de actividad (ver figura 22).

Figura 22. Períodos de actividad volcánica.



(Red Sismológica Nacional)

Un período de actividad volcánica puede presentar distintos tipos de amenazas:

- Flujo de lava.
- Caída de cenizas.
- Nubes ardientes.
- Impactos directos.
- Lahares.
- Gases volcánicos.
- Sismos volcánicos.
- Tsunami.
- Nubes de ceniza que afectan navegación aérea.

(Ramírez Escribano, 2011)

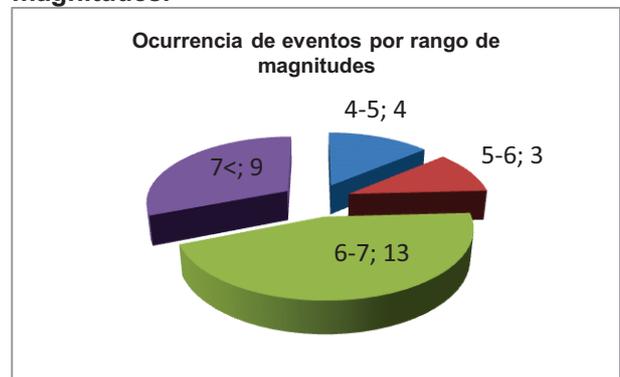
De todas estas amenazas la que se considera es la caída de cenizas, pues producto de éstas, sumado con lluvias se presentaría obstrucción de las estructuras de drenaje, debido al potencial de expansión de estas.

Sismicidad

Costa Rica se ubica en una zona tectónicamente activa, donde convergen las placas del Coco, Caribe y Nazca. Históricamente, en Costa Rica se han registrado gran cantidad de sismos con importantes pérdidas económicas y humanas. (Red Sismológica Nacional)

En estos eventos existe gran variedad respecto a sus magnitudes dentro de la escala de Richter, en la figura 23 se presenta la ocurrencia de sismos dentro de ciertos rangos de magnitud, donde se indica a la izquierda el rango de magnitud y a la derecha la cantidad de eventos.

Figura 23. Ocurrencia de eventos por rango de magnitudes.



(Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica)

Durante un evento sísmico se presentan derrumbes, obstrucción de cauces de ríos que podrían generar flujos de lodos, entre otras situaciones, que de poseer sistemas de drenaje ineficientes podrían aumentar el daño ocasionado.

Avalanchas

Éstas están relacionadas con eventos como terremotos, lluvias fuertes, erupciones volcánicas, es por ello que su ponderación depende de la ocurrencia de estos eventos, generando un valor promedio.

Pendientes

La erosión se incrementará de acuerdo con el grado y longitud de la pendiente, esto como consecuencia de los incrementos en velocidad y volumen de la escorrentía superficial. Otro punto es que con el golpeteo de las gotas en una superficie inclinada el suelo es salpicado hacia abajo, incrementándose la proporción conforme lo hace el grado de inclinación. (León Peláez, 2001)

Según León Peláez *“En teoría -ley de caída de los cuerpos- la velocidad del agua varía con la raíz cuadrada de la distancia vertical que ella recorre; y su capacidad erosiva con el cuadrado de la velocidad; esto es, si la pendiente del terreno se aumenta cuatro veces, la velocidad del agua que fluye sobre él se duplica, y su capacidad erosiva se cuadruplica... El grado de la pendiente regula la velocidad del agua sobre la superficie de forma casi exclusiva”*. (León Peláez, 2001)

Cabe destacar que en los trópicos húmedos, como es el caso de Costa Rica, el efecto que tiene la pendiente en combinación con las condiciones de lluvia constante provocan pérdidas considerables de suelos producto de la erosión, como se muestra en el cuadro 5. (Zingg, 1940)

Cuadro 5. Pérdida promedio de suelo bajo diferentes condiciones de longitud e inclinación de la pendiente

Longitud parcelas (pies)	Pendiente parcelas (%)	Pérdida promedio de suelo (lb)
8	4	5,83
8	4	5,32
8	8	12,5
8	8	13,12
8	12	25,13
8	12	21,73
16	8	41,35
16	8	37,44

(Suárez, 1980)

La clasificación de pendientes por utilizar según MAG-MIRENEH se observa a continuación, en el cuadro 6:

Cuadro 6. Categorías de pendientes en función del relieve	
Plano o casi plano	0 a 3%
Ligeramente ondulado	3 a 8%
Moderadamente ondulado	8 a 15%
Ondulado	15 a 30%
Fuertemente ondulado	30 a 60%
Escarpado	60 a 75%
Fuertemente escarpado	Más de 75%

(MAG-MIRENEH, 1994)

Relación de las pendientes con distintas amenazas de la naturaleza

Deslizamientos

Estos se producen en laderas que poseen características favorables para su desarrollo como relieves fuertes y/o rocas de baja resistencia, estructuras adversas (inclinaciones de los materiales, fracturas a favor de pendiente)

Generalmente los deslizamientos ocurren en terrenos de pendiente pronunciada. (Esquivel, Segura, Chacón, & Salazar, 1993)

Sismos

Además de los inconvenientes que generan durante la atención de los desastres, la destrucción de las vías de comunicación terrestre causa un impacto importante en la economía al impedir el transporte eficiente de productos así como el intercambio de bienes y servicios con la región afectada. Dado el alto costo de reparación de esta infraestructura, y la complejidad de este proceso se generan problemas que permanecen por años después de producido el evento. (Esquivel, Segura, Chacón, & Salazar, 1993)

Inundaciones

Según Aparicio (2003):

“Los efectos de las pendientes como factor generador de inundaciones dependen del nivel de inclinación del terreno. Si éste es muy elevado, aumenta rápidamente el flujo de las escorrentías, tanto su cauce como la velocidad de las aguas transportadas. Esto produce entre otros resultados la reducción del tiempo de concentración en los colectores así como la erosión del suelo, arrastrando a su paso elementos sólidos que se depositan en sus lechos y provocando consecuentemente la disminución de la sección de los ríos y arroyos o su total o parcial obstrucción. En determinados casos ni siquiera objetos pesados son capaces de ofrecer resistencia a la fuerza de las escorrentías.

Cuando el grado de la pendiente es muy reducido, casi llano, se produce el efecto contrario pero igualmente pernicioso. Aquí el agua tiende a estancarse y a formar lagunas que son incapaces de evacuarlas o lo hacen muy lentamente, fenómeno aumentado en muchas ocasiones por la escasa permeabilidad o la saturación del subsuelo.” (Aparicio Florido, 2003)

Amenaza volcánica

Según Walker (1982): “Los volcanes de pendientes moderadas presentan el riesgo más elevado porque sus productos son ampliamente dispersados durante sus erupciones”. (Walker, 1882)

Avalanchas

Existe una relación directa entre la pendientes y la posibilidad de una avalancha, ésta es directamente proporcional, es decir, a mayor pendiente mayor riesgo de avalancha, presentándose el mayor riesgo con pendientes iguales o mayores a 30% (Günther Vahrson, Cartín Herrera, & Patterson Casanova, 1992)

De esta manera se observa que las pendientes pueden ser detonantes de eventos que generan peligro sobre la población, o actuar en conjunto con otros eventos, provocando situaciones perjudiciales para la población,

motivo por el cual considerar el mismo peso tanto para la capa de amenazas de la naturaleza como para la capa de pendientes resulta razonable, ya que así se consideraría la pendiente del terreno como posible detonante de distintos eventos.

Historial de intervenciones

Según Flintsch, “*uno de los objetivos de aplicar una determinada estrategia debe ser el reducir los costos de mantenimiento a largo plazo*” (Flintsch & Medina, 2010).

El conocer el historial de mantenimiento permite determinar la efectividad de la intervención, conocer las secciones donde se han realizado con mayor o menor periodicidad los trabajos de mantenimiento y de esta manera conocer los sitios con mayor desatención.

Las labores que se consideran en este apartado se extraen de la licitación pública N° 2009LN-000003-CV, las cuales deben ser vinculadas con las consideradas en el proceso de inspección, es por ello que se definen las actividades para drenaje en el cuadro 7:

Cuadro 7. Actividades de conservación para drenajes.	
Ítem	Descripción
M21(F)	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas
M21(E)	Limpieza de cunetas revestidas
M20(A)	Chapea derecho de vía
M20(D)	Descuaje de árboles por hora
M21(G)	Conformación de cunetas y espaldones
M609(2A)	Cuneta de hormigón cemento Portland
206(1)	Excavación para estructuras
603(21)3B	Tubería de hormigón III C76 de 0,76m

Ítem	Descripción
603(21)3C	Tubería de hormigón clase III C76 de ,90 m en carreteras
603(21)3D	Tubería de hormigón clase III C76 de 1,00 m en carreteras
603(21)3E	Tubería de hormigón clase III C76 de 1,22 m en carreteras
609(2)	Cauce revestido con hormigón de cemento Portland
M22(A)	Remoción de derrumbes
622A(5)	Cauce revestido con toba cemento plástico
609(1)	Construcción de cordón y caño
206(1)A	Limpieza y conformación de cauces y ríos
202(1)A	Remoción de estructuras tipo cabezal o similares
706(2)A	Tubería de hormigón clase III C76 de 1,5 m para carreteras
706(2)B	Tubería de hormigón clase III C76 de 2,13 m para carreteras
707(2)	Tubería corrugada de acero de 3,00 m para carreteras
703(1)B	Suministro y colocación de piedra bola
620 (3)	Suministro y colocación de piedra bruta
	Enrocamiento cauce de río
602A(1)	Hormigón estructural clase A
602A(5)	Hormigón estructural clase X
203(2)	Excavación Común
609(1)	Construcción de cordón y caño

Ítem	Descripción
M43(C)	Ruteo y sellado de grietas

(Consejo Nacional de Vialidad)

Las labores realizadas en subdrenajes no se incluyen, pues la inspección que se realiza es únicamente para drenajes superficiales y no se podrían vincular.

Inspección

Un elemento muy importante a la hora de priorizar la intervención de estructuras es conocer el estado de éstas, para así determinar el monto de necesario para garantizar su adecuado funcionamiento.

Para realizar una inspección adecuada se requiere conocer las propiedades de los drenajes, como lo son: materiales, dimensiones, ubicación, entre otros, este procedimiento es el inventario. (Rivera Meneses, 2012)

Los elementos que se consideran dentro del proceso de inspección son:

- *Drenaje longitudinal:*
 - o Cunetas.
 - o Cordón y cuneta.
 - o Tragantes.
 - o Cajas de registro.
 - o Pozos de inspección.
- *Drenajes transversal:*
 - o Alcantarillas.

(Rivera Meneses, 2012)

Las actividades consideradas para subsanar las patologías presentes en las estructuras se mencionan a continuación en el cuadro 8

Cuadro 8. Actividades de mantenimiento consideradas en la inspección	
Ítem	Descripción
M21(F)	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas
M21(E)	Limpieza de cunetas revestidas

Ítem	Descripción
M20(A)	Chapea derecho de vía
M20(D)	Descuaje de árboles por hora
M21(G)	Conformación de cunetas y espaldones
M609(2A)	Cuneta de hormigón cemento Portland
206(1)	Excavación para estructuras
603(21)3B	Tubería de hormigón III C76 de 0,76m
603(21)3C	Tubería de hormigón clase III C76 de ,90 m en carreteras
603(21)3D	Tubería de hormigón clase III C76 de 1,00 m en carreteras
603(21)3E	Tubería de hormigón clase III C76 de 1,22 m en carreteras
609(2)	Cauce revestido con hormigón de cemento Portland
M22(A)	Remoción de derrumbes
622A(5)	Cauce revestido con toba cemento plástico
609(1)	Construcción de cordón y caño
206(1)A	Limpieza y conformación de cauces y ríos
202(1)A	Remoción de estructuras tipo cabezal o similares
706(2)A	Tubería de hormigón clase III C76 de 1,5 m para carreteras
706(2)B	Tubería de hormigón clase III C76 de 2,13 m para carreteras
707(2)	Tubería corrugada de acero de 3,00 m para carreteras
703(1)B	Suministro y colocación de piedra bola

Ítem	Descripción
620 (3)	Suministro y colocación de piedra bruta
-	Enrocamiento cauce de río
602A(1)	Hormigón estructural clase A
602A(5)	Hormigón estructural clase X
203(2)	Excavación Común
609(1)	Construcción de cordón y caño
M43(C)	Ruteo y sellado de grietas

(Consejo Nacional de Vialidad)

Como resultado de la inspección se definen las patologías existentes en las estructuras y a partir de éstas se determina la intervención requerida, donde dicha intervención estará compuesta por actividades pertenecientes a la anterior lista.

Las intervenciones que propone Rivera son:

- Limpieza longitudinal.
- Limpieza transversal.
- Sustitución.
- Reparación de grietas.
- Daños por socavación.
- Recubrimiento de concreto.

(Rivera Meneses, 2012)

Como producto último del proceso de inspección se determinan las tareas necesarias para subsanar las deficiencias y el costo que se requiere para realizarlas (cuadro 8).

Las siguientes son las estructuras que se consideran en la inspección:

- Cuneta.
- Bordillo.
- Cordón y caño.
- Contra-cuneta.
- Tragante vertical.
- Tragante horizontal.
- Tragante V y H.
- Caja de registro.

- Pozo de inspección.
- Alcantarilla.
- Cabezal.
- Toma.
- Delantal.
- Canal de conducción.
- Otra.

Para considerar la importancia de la ruta y de esta manera priorizar las carreteras que poseen mayor tránsito o representan mayor movimiento de mercancías, importancia turística o agrícola, se debe realizar el inventario e inspección inicialmente en rutas primarias, seguidas de las secundarias y por último las terciarias, de esta manera el modelo se aplicará inicialmente en las rutas que representen un mayor efecto en la economía del país.

METODOLOGÍA

Conceptualización

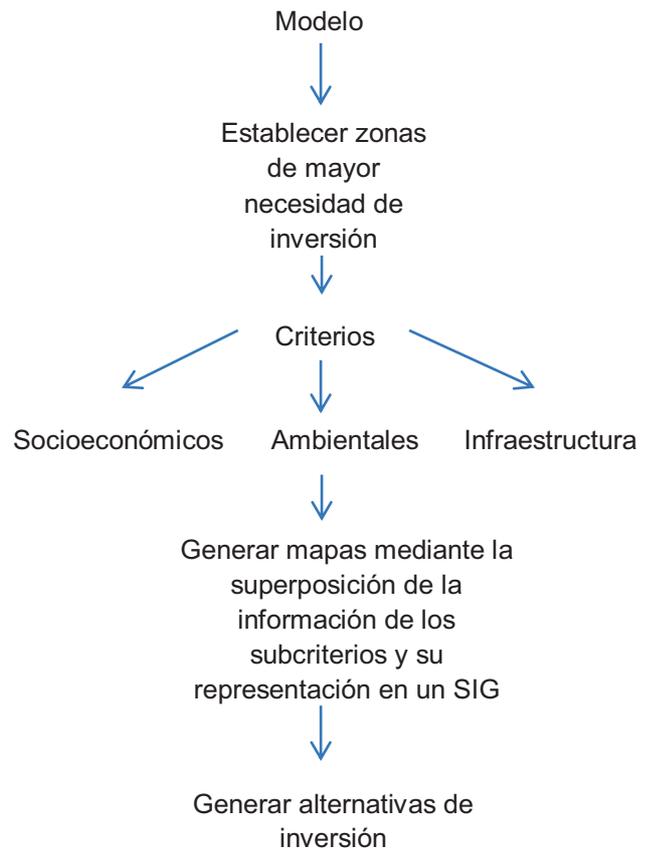
Se puede definir un modelo como la simulación de un proceso del mundo real, lo cual facilita comprender mejor el fenómeno en cuestión, lo que permite predecir resultados en función de la información que se posee. (Arias Chacón, 2010)

El concepto del modelo es el mismo concebido por el Ingeniero Sebastián Arias Chacón, en su proyecto de graduación para optar por el grado de Ingeniero en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, denominado *“Recomendación hidrológico – hidráulica para controlar el agua de escorrentía sobre tramos críticos de la carretera del cantón de Oreamuno”* razón por la cual el primer paso es conocer el funcionamiento del mismo ya que la finalidad del trabajo es realizarle cambios a éste para que su puesta en práctica sea más sencilla y los subcriterios considerados sean menos y la forma en que se consiga su ponderación resulte más fácil de implementar.

La búsqueda de criterios para definir el modelo sigue la misma línea del modelo existente, considerando factores socioeconómicos y ambientales, pero se incluyen los elementos de infraestructura que no se consideraban anteriormente, de esta manera se logran relacionar los aspectos del medio en que se encuentra inmersa la estructura, con los elementos propios de las estructuras de drenaje, esto mediante la inspección y el registro de inversiones, estos dos criterios que se suman se explicarán más adelante.

El objetivo del modelo es definir las zonas de mayor necesidad de inversión, mediante información gráfica que considera distintos criterios. En la figura 24 se observa el esquema general del MPOID.

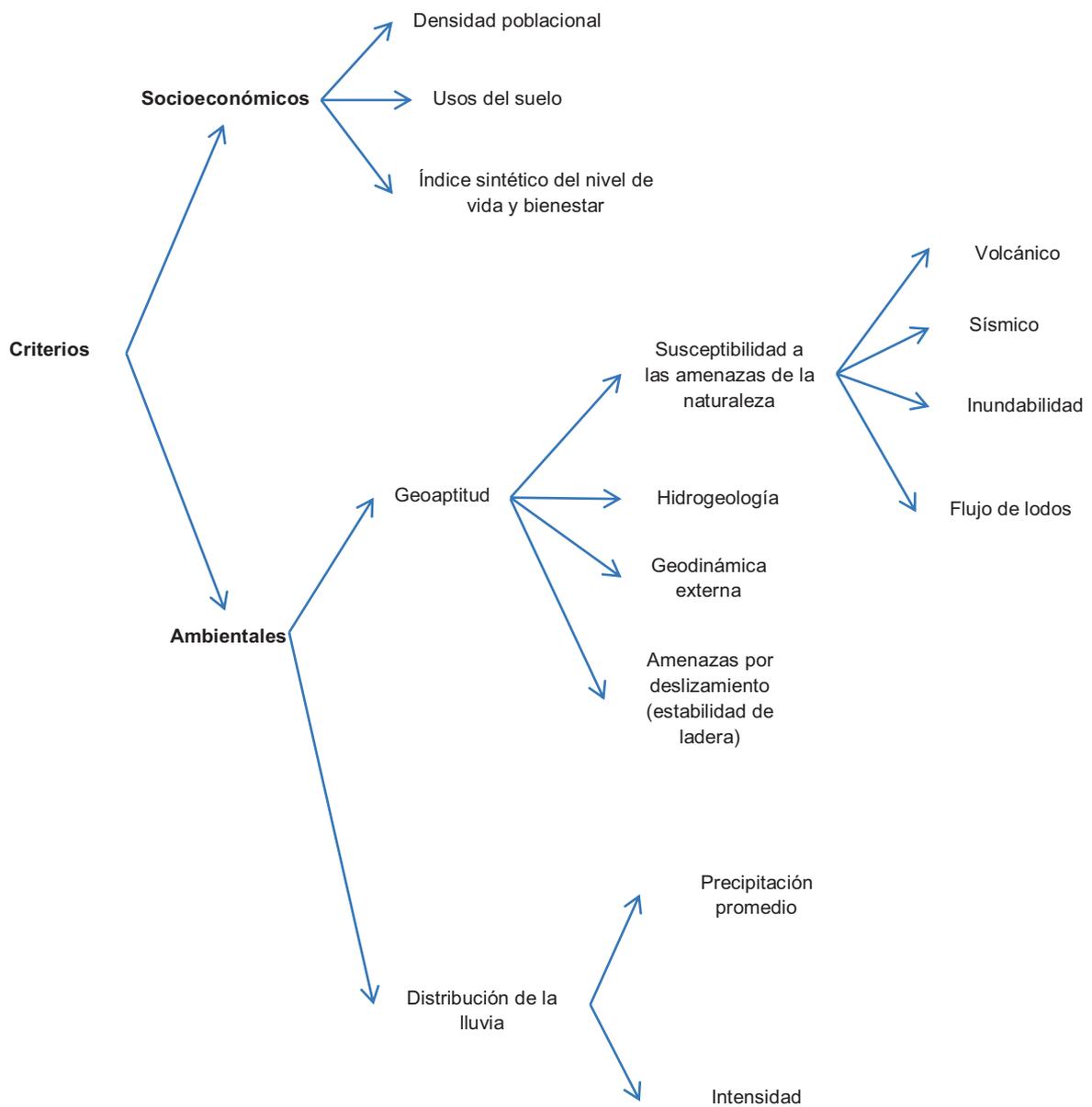
Figura 24. Esquema del modelo



(Fuente: Autor)

El modelo inicial desarrollado por Arias presentaba el esquema jerárquico mostrado en la figura 25.

Figura 25. Subcriterios propuestos por Arias Chacón



(Arias Chacón, 2010)

Subcriterios

La determinación de los subcriterios por utilizar se basa en investigación bibliográfica, donde se buscaron modelos, utilizados a nivel internacional. Para conseguir esto se analizaron diez modelos de gestión vial, obtenidos del Banco Mundial, algunos son de aplicación en países en vías de desarrollo y otros son de uso general. Sin embargo la aplicación de estos conllevaría a realizar ajustes a éste, para que considere las particularidades del país.

Además de la revisión de estos modelos, se estudiaron los medios utilizados en distintos países de América Latina, sin embargo, se determinó que las características más destacables se presentan en los mecanismos de gestión vial que utilizan Chile y Perú, por tal motivo son los únicos que se mencionan.

La razón para considerar a países de la región es por las similitudes que existen con Costa Rica, tanto en condiciones económicas como políticas.

Los subcriterios definidos son tales que permiten conseguir información de casi cualquier parte del país. Las fuentes de información son variadas y de confianza (Instituto de Estadística y Censos, Ministerio de Planificación y Política Económica, Consejo Nacional de Vialidad, Centro Científico Tropical, Proyecto PRUGAM, Informes de proyectos de graduación de ingeniería en construcción y civil, Comisión Nacional de Emergencias, Instituto Geográfico Nacional)

Una vez considerados todos estos aspectos se definen finalmente los subcriterios por utilizar:

- Índice de desarrollo social.
- Cercanía de los asentamientos humanos.
- Usos del suelo.
- Intensidad de precipitación.
- Amenazas de la naturaleza y pendientes.
- Inspección.
- Historial de inversiones.

Ponderación

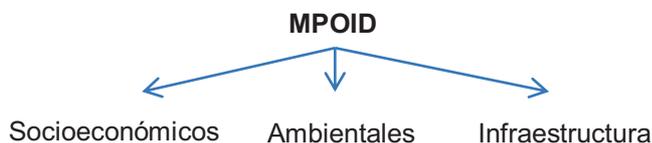
Método de evaluación

Mediante una revisión bibliográfica se determinó la metodología de evaluación multicriterio por utilizarse.

Para definir el método de evaluación se buscó un mecanismo de ponderación de variables, donde de manera rápida el decisor definiera el orden de importancia de los subcriterios, sin caer en confusiones respecto del significado de cada uno, además que su aplicación sea tan sencilla que pudiera ser enviada la consulta vía correo electrónico para de esta manera conseguir la opinión de más profesionales.

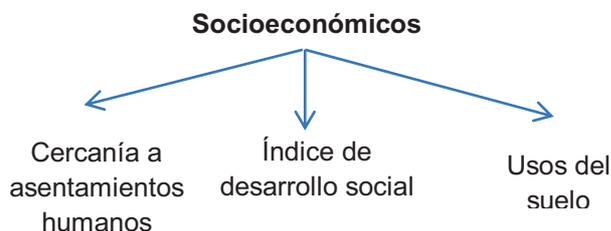
Para facilitar la ponderación, se propuso una jerarquización de los subcriterios, de manera que la evaluación de éstos fuera aún más sencilla, pues supone la comparación de un máximo de tres elementos, facilitando la ponderación por parte del decisor. Dicha jerarquización se representa en las figuras 26, 27, 28 y 29.

Figura 26. Jerarquización de criterios



(Fuente: Autor)

Figura 27. Subcriterios socioeconómicos



(Fuente: Autor)

Figura 28. Subcriterios ambientales

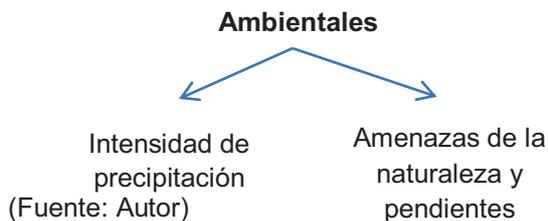
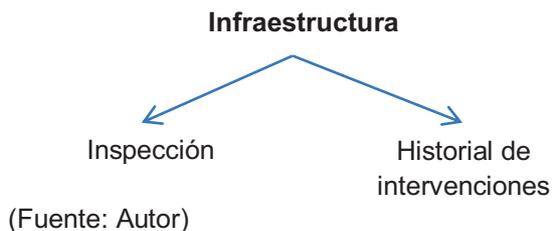


Figura 29. Subcriterios infraestructura



De esta manera para realizar la ponderación se compararon primero los criterios y luego los subcriterios.

Consulta a profesionales

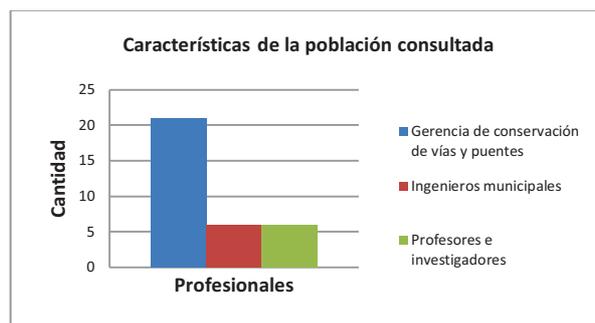
Para realizar este paso se busca obtener el criterio de profesionales que se desenvuelvan en el ámbito de la conservación vial, por ello el grupo por consultar está formado por:

- Ingenieros de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad.
- Ingenieros de las Unidades Técnicas Municipales.
- Ingenieros del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.
- Profesores del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Profesores de la Universidad de Costa Rica.

La mayoría de la población entrevistada correspondió a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, esto debido a que la implementación de la herramienta estaría a su cargo, con esto se busca generar aceptación por parte de los posibles usuarios, además que su trabajo es la conservación de las vías nacionales, donde la implementación de una herramienta de esta índole es muy necesaria.

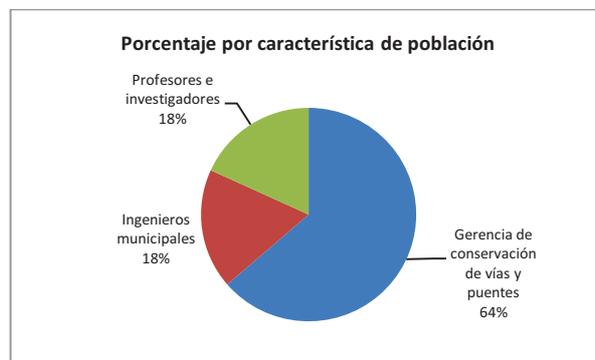
Además de la ponderación de las variables, con la consulta a expertos se busca la retroalimentación, de manera que se realicen ajustes al modelo para que los elementos considerados sean suficientemente representativos. Las características de la población entrevistada se ven representadas en las figuras 30 y 31.

Figura 30. Características de la población consultada



(Fuente: Autor)

Figura 31. Porcentaje por característica de población



(Fuente: Autor)

Inspección

La inspección se realizó en dos tramos diferentes dentro del cantón de Oreamuno de Cartago. Esto debido a las diferencias que se presentan entre estos tramos, ya que se ubican en distritos distintos, se ven influenciados por diferentes amenazas de la naturaleza, la cantidad de población y densidad es distinta, las condiciones

de la infraestructura son diferentes, las condiciones de pendientes distintas y el mantenimiento que se le ha brindado a las rutas también difiere. Con esto se busca observar el contraste que se genera al tener dos sitios distintos con la información requerida completa.

Los tramos se seleccionaron debido a la importancia de las rutas y factores externos que le afectan. La longitud de los tramos para lograr determinar diferencias entre secciones aledañas, también es distinta.

Para llevar a cabo esta etapa se utilizará el *“Modelo para vincular las actividades de inventario, inspección y costo de mantenimiento del drenaje superficial de carreteras”*, desarrollado por el Ingeniero Daniel Rivera Meneses como parte de su proyecto de graduación para optar por el título de Ingeniero en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En esta etapa se utilizan los formularios F1 para el inventario longitudinal el cual se observa en la

figura 32. Para realizar la inspección de las estructuras transversales (alcantarillas y todos sus elementos), se hizo uso del formulario F2, también desarrollado por Rivera el cual se encuentra en la figura 33. Para realizar la inspección y determinar el estado de las estructuras se hizo uso de la herramienta creada para tal fin por parte de Rivera, en la cual se determinan las patologías que sufren las estructuras y éstas son evaluadas según los niveles de severidad que se han definido, éste es el formulario F3. Ver figura 34.

Figura 32. Formulario para inventario longitudinal

 MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES/ CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD INVENTARIO PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE LONGITUDINAL DE CARRETERAS											
REGION		HOJA CARTOGRAFICA		TIPO DE SUPERFICIE DEL PAVIMENTO		SECCION DE LA CARRETERA		DIA		MES	
COD	NOMBRE	COD	NOMBRE	1. Asfalto	2. Concreto	3. Lastre o Tierra	1. Triangulo	ANO	HOJA	DE	DE
PROVINCIA	CANTON	ESCALA:	SIST. PROYECCION	Otro:			2. Corte				
COD	NOMBRE	COD	NOMBRE	1. Llano	2. Algo Ondulado	ZONA ALEDAÑA	3. Miha	ING. ZONA:	RESPONSABLE DEL	FIRMA:	
				3. Muy Ondulado	4. Montanoso	1. Rural					
RUTA	SECCION DE CONTROL	CAMINO	DE:	HASTA:	La. de:						
			km Inicial:	km Final:							
Ubicación	km final (COD)	Estructura	Sección cunetas. Tipo	Material	Dimensiones (cm)	Esquema	Código y Fotos				
km final (COD)	1. Cuneta <input type="checkbox"/> 2. Bordillo <input type="checkbox"/>	1. Triangular <input type="checkbox"/>	1. Concreto <input type="checkbox"/>	A							
Calle:	3. Cordón y Caño <input type="checkbox"/>	2. Trapezoidal <input type="checkbox"/>	2. Tierra <input type="checkbox"/>	B							
GPS:	4. Contra-Cuneta <input type="checkbox"/>	3. En "L" <input type="checkbox"/>	3. Prefabricado <input type="checkbox"/>	C							
Longitud (m)	5. Tragante <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	4. Rectangular <input type="checkbox"/>	4. Asfalto <input type="checkbox"/>	E							
	6. Caja de Registro <input type="checkbox"/>	5. Semi/circular <input type="checkbox"/>	5. Otro: <input type="checkbox"/>	G							
	7. Otro: <input type="checkbox"/>	6. Otra <input type="checkbox"/>	# De módulos: <input type="checkbox"/>	H							
Ubicación	km final (COD)	Estructura	Sección cunetas. Tipo	Material	Dimensiones (cm)	Esquema	Código y Fotos				
km final (COD)	1. Cuneta <input type="checkbox"/> 2. Bordillo <input type="checkbox"/>	1. Triangular <input type="checkbox"/>	1. Concreto <input type="checkbox"/>	A							
Calle:	3. Cordón y Caño <input type="checkbox"/>	2. Trapezoidal <input type="checkbox"/>	2. Tierra <input type="checkbox"/>	B							
GPS:	4. Contra-Cuneta <input type="checkbox"/>	3. En "L" <input type="checkbox"/>	3. Prefabricado <input type="checkbox"/>	C							
Longitud (m)	5. Tragante <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	4. Rectangular <input type="checkbox"/>	4. Asfalto <input type="checkbox"/>	E							
	6. Caja de Registro <input type="checkbox"/>	5. Semi/circular <input type="checkbox"/>	5. Otro: <input type="checkbox"/>	G							
	7. Otro: <input type="checkbox"/>	6. Otra <input type="checkbox"/>	# De módulos: <input type="checkbox"/>	H							
Ubicación	km final (COD)	Estructura	Sección cunetas. Tipo	Material	Dimensiones (cm)	Esquema	Código y Fotos				
km final (COD)	1. Cuneta <input type="checkbox"/> 2. Bordillo <input type="checkbox"/>	1. Triangular <input type="checkbox"/>	1. Concreto <input type="checkbox"/>	A							
Calle:	3. Cordón y Caño <input type="checkbox"/>	2. Trapezoidal <input type="checkbox"/>	2. Tierra <input type="checkbox"/>	B							
GPS:	4. Contra-Cuneta <input type="checkbox"/>	3. En "L" <input type="checkbox"/>	3. Prefabricado <input type="checkbox"/>	C							
Longitud (m)	5. Tragante <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	4. Rectangular <input type="checkbox"/>	4. Asfalto <input type="checkbox"/>	E							
	6. Caja de Registro <input type="checkbox"/>	5. Semi/circular <input type="checkbox"/>	5. Otro: <input type="checkbox"/>	G							
	7. Otro: <input type="checkbox"/>	6. Otra <input type="checkbox"/>	# De módulos: <input type="checkbox"/>	H							

Figura 33. Formulario para inventario transversal

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES/ CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD					
INVENTARIO PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE TRANSVERSAL DE CARRETERAS		SECCIÓN DE LA CARRETERA			
REGIÓN <input type="text"/> COD <input type="text"/>	ZONA <input type="text"/> COD <input type="text"/>	TIPO DE SUPERFICIE DERIVADO <input type="checkbox"/> 1. Asfalto <input type="checkbox"/> 2. Concreto <input type="checkbox"/> 3. Leñero Tierra <input type="checkbox"/> Otro	SECCIÓN DE LA CARRETERA <input type="checkbox"/> 1. Terraplén <input type="checkbox"/> 2. Corte <input type="checkbox"/> 3. Mixta ZONA ALEDAÑA <input type="checkbox"/> 1. Rural <input type="checkbox"/> 2. Urbana		
HOJA CARTOGRAFICA NOMBRE: <input type="text"/> NUMERO: <input type="text"/> ESCALA: <input type="text"/> SIST. PROYECCION: <input type="text"/>	HOJA DE DRENAJE NOMBRE: <input type="text"/> NUMERO: <input type="text"/> ESCALA: <input type="text"/> SIST. PROYECCION: <input type="text"/>	EMPRESA/INSTIT. RESPONSABLE DEL FIRMA: <input type="text"/>	DIA <input type="text"/> MES <input type="text"/> AÑO <input type="text"/> HOJA DE <input type="text"/>		
PROVINCIA <input type="text"/> COD <input type="text"/>	CANTÓN <input type="text"/> COD <input type="text"/>	TIPO DE TERRENO <input type="checkbox"/> 1. Llano <input type="checkbox"/> 2. Algo Ondulado <input type="checkbox"/> 3. Muy Ondulado <input type="checkbox"/> 4. Montñoso	SENTIDO Lado: <input type="text"/>		
RUTA <input type="text"/>	SECCIÓN DE CONTROL <input type="text"/>	CAMINO <input type="text"/>	DE: <input type="text"/>		
MUNICIPAL: <input type="text"/>	FIN: <input type="text"/>	DE: <input type="text"/>	HASTA: <input type="text"/>		
Características <input type="checkbox"/> 1. Alcantarilla km (COD): <input type="text"/> GPS: <input type="text"/> Pendiente: <input type="text"/> Longitud (m): <input type="text"/> A. Esquema (m): <input type="text"/>	Sección <input type="checkbox"/> 1. Cajón <input type="checkbox"/> 2. Circular <input type="checkbox"/> 3. Bóveda <input type="checkbox"/> 4. Otro: Numero de Ductos: <input type="checkbox"/> 1. Simple <input type="checkbox"/> 2. Multiple: <input type="text"/>	Elementos <input type="checkbox"/> 1. Tora <input type="checkbox"/> 2. Tubería <input type="checkbox"/> 3. Cabozal <input type="checkbox"/> 4. Delantal <input type="checkbox"/> 5. Aljón <input type="checkbox"/> 6. Otra	Entrada (cm) Tipo Alto Ancho Largo Material Tipo Alto Ancho Largo Material	Salida (cm) Tipo Alto Ancho Largo Material Tipo Alto Ancho Largo Material	Código y Esquema. Código: Estructura Rúa km Inf. Lado # Foto Esquema.
Características <input type="checkbox"/> 1. Alcantarilla km (COD): <input type="text"/> GPS: <input type="text"/> Pendiente: <input type="text"/> Longitud (m): <input type="text"/> A. Esquema (m): <input type="text"/>	Sección <input type="checkbox"/> 1. Cajón <input type="checkbox"/> 2. Circular <input type="checkbox"/> 3. Bóveda <input type="checkbox"/> 4. Otro: Numero de Ductos: <input type="checkbox"/> 1. Simple <input type="checkbox"/> 2. Multiple: <input type="text"/>	Elementos <input type="checkbox"/> 1. Tora <input type="checkbox"/> 2. Tubería <input type="checkbox"/> 3. Cabozal <input type="checkbox"/> 4. Delantal <input type="checkbox"/> 5. Aljón <input type="checkbox"/> 6. Otra	Entrada (cm) Tipo Alto Ancho Largo Material Tipo Alto Ancho Largo Material	Salida (cm) Tipo Alto Ancho Largo Material Tipo Alto Ancho Largo Material	Código y Esquema. Código: Estructura Rúa km Inf. Lado # Foto Esquema.
Características <input type="checkbox"/> 1. Alcantarilla km (COD): <input type="text"/> GPS: <input type="text"/> Pendiente: <input type="text"/> Longitud (m): <input type="text"/> A. Esquema (m): <input type="text"/>	Sección <input type="checkbox"/> 1. Cajón <input type="checkbox"/> 2. Circular <input type="checkbox"/> 3. Bóveda <input type="checkbox"/> 4. Otro: Numero de Ductos: <input type="checkbox"/> 1. Simple <input type="checkbox"/> 2. Multiple: <input type="text"/>	Elementos <input type="checkbox"/> 1. Tora <input type="checkbox"/> 2. Tubería <input type="checkbox"/> 3. Cabozal <input type="checkbox"/> 4. Delantal <input type="checkbox"/> 5. Aljón <input type="checkbox"/> 6. Otra	Entrada (cm) Tipo Alto Ancho Largo Material Tipo Alto Ancho Largo Material	Salida (cm) Tipo Alto Ancho Largo Material Tipo Alto Ancho Largo Material	Código y Esquema. Código: Estructura Rúa km Inf. Lado # Foto Esquema.

(Rivera Meneses, 2012)

Implementación

La información requerida para la implementación del modelo se obtiene de distintas fuentes, buscando que ésta exista para la totalidad o al menos la mayoría del país. Posteriormente se procede a filtrarla, de manera que únicamente se maneja la correspondiente al cantón de Oreamuno de Cartago.

Las hojas cartográficas (IGN) y de emergencias de la naturaleza (CNE) utilizadas son las correspondientes a Istarú y Carrillo, ambas a escala 1:50000. La valoración que se da a las amenazas de la naturaleza depende de la recurrencia de los fenómenos, además del impacto económico que éstos generan. De esta manera dicha valoración disminuye conforme la recurrencia del fenómeno sea menor. Para considerar el efecto de las amenazas de la naturaleza y disminuir el error producto de la escala existente, se determinó un área de afectación de éstas, la cual es de tamaño de la menor unidad medible en el mapa de mayor escala de representación, el cual es 1:75000, por lo que se decidió hacer un *buffer* de 75 m.

Las pendientes se valoran de manera que conforme el terreno presente una superficie menos escarpada, la valoración disminuye.

La ponderación de los parámetros de amenazas de la naturaleza y pendientes se integran, de manera que cada uno tenga un peso del 50% en la capa. Este hecho se justifica y analiza en los resultados.

Para los usos del suelo se utiliza la información obtenida del plan PRUGAM, utilizando las hojas: Chicué, Cot, Llano Grande, Ochomogo, Pacayas, Paraíso, Retes, Tejar, Tiribí, todas estas a escala 1:10000.

La valoración que se le da a cada uno de los usos del suelo depende del coeficiente de escorrentía de la superficie relacionado. Dicha valoración es mayor conforme la permeabilidad disminuye.

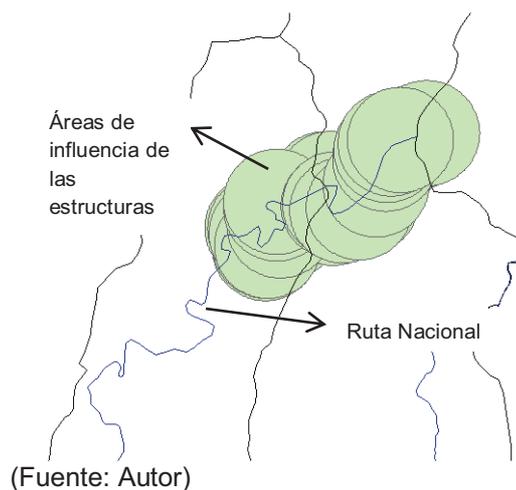
La información sobre cercanía a asentamientos humanos se obtiene de las unidades geoestadísticas mínimas (UGM), utilizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos. La valoración de este subcriterio se hizo de manera que el mayor peso correspondiera a las UGM que posean mayor densidad de viviendas.

El índice de desarrollo social se obtuvo del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), de manera que los distritos con mayor índice posean una menor valoración.

La valoración para el subcriterio de intensidad de lluvia considera de mayor prioridad las zonas donde existan tormentas con mayores intensidades y dicha prioridad disminuye conforme las intensidades lo hacen.

En los resultados obtenidos de la inspección, de acuerdo con la evaluación obtenida del elemento se le asigna un valor, el cual conforme aumenta lo hace su prioridad de intervención. El área en que la estructura influye se determinó igual al área que ocupa un círculo de radio de 725m, de manera que se considera el área máxima en que se puede utilizar el método racional, tal como lo muestra la figura 35.

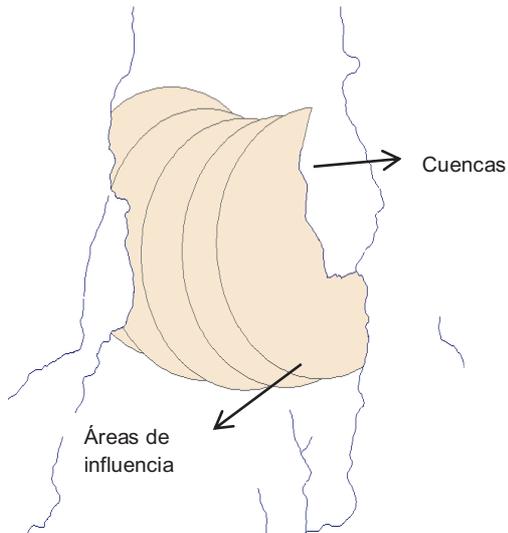
Figura 35. Área de influencia de las estructuras de drenaje



(Fuente: Autor)

Estas zonas de afectación consideran el efecto de las estructuras tanto aguas arriba como aguas abajo. Además se cortan según la cuenca en que se encuentren, ya que no pueden tener ninguna incidencia en áreas fuera de su cuenca (ver figura 36). Al convertir a formato *raster* fue necesario hacer que los polígonos que se encontraban traslapados se consideraran los de mayor prioridad, es decir, la estructura que posea una evaluación más alta.

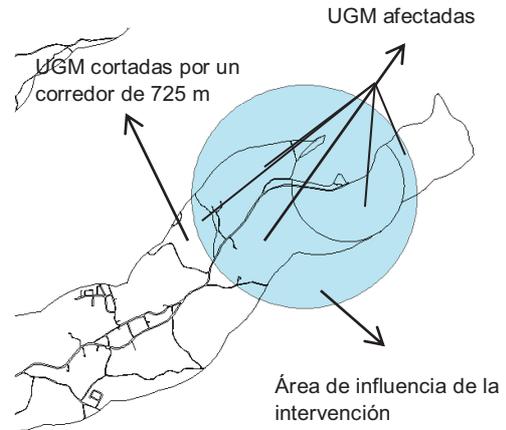
Figura 36. Corte de las áreas de influencia



(Fuente: Autor)

El historial de intervenciones se procesó y se separaron las labores realizadas dentro de la zona de conservación 1-7, a la cual pertenece el cantón de Oreamuno, se georeferenciaron las intervenciones realizadas dentro del cantón en la red vial nacional. El área de influencia de estas intervenciones está definida por las UGM que están en contacto con un círculo de radio de 725 m cuyo centro es el punto donde se realizaron los trabajos de conservación. Estas UGM fueron cortadas por un *buffer* de 362,5 metros que se le realizó a la red vial, por lo tanto las zonas de influencia corresponden a un corredor de 725 m de ancho. Ver figura 37.

Figura 37. Zona de influencia de las intervenciones realizadas



(Fuente: Autor)

Se realizó la recopilación de la información requerida para completar el modelo, con su respectiva ponderación. Una vez realizado esto se utilizó el software *ArcGIS*, para la representación en sistemas de información de todas las variables o subcriterios considerados, de esta manera se generó el producto final del modelo. Información de manera gráfica, donde se muestran las zonas de mayor necesidad de inversión en materia de conservación de drenajes, además de los costos que se requieren para mejorar la condición de dichos sistemas.

RESULTADOS

Ponderación de las amenazas de la naturaleza

Según lo planteado en el capítulo de antecedentes, respecto a las amenazas de la naturaleza, se planteó una ponderación para éstas. Dicha ponderación sintetiza tanto la ocurrencia de los fenómenos como la inversión que demandan, además los datos consultados provienen de distintas fuentes, con lo que se hace

posible la comparación de la información y la posible mitigación del riesgo con un adecuado mantenimiento de los sistemas de drenaje.

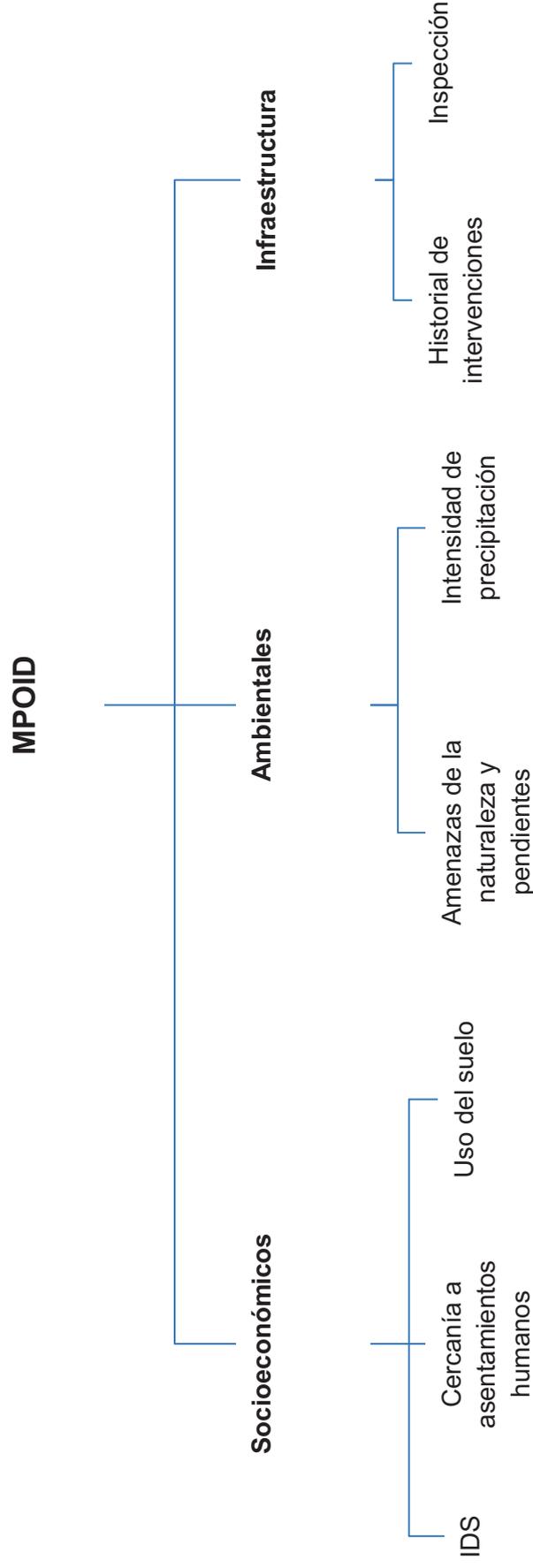
Considerando los promedios de ocurrencia anual, además de las pérdidas económicas que estos fenómenos ocasionan se presenta en el cuadro 9 la siguiente ponderación de las amenazas de la naturaleza:

Cuadro 9. Ponderación final de las amenazas de la naturaleza				
Amenaza de origen natural	Ocurrencia anual	Promedio anual	Ponderación	Fuentes
Inundaciones.	0,66	1,52	20,6%	MIDEPLAN
Avalanchas.	2,44	0,41	5,5%	CNE-MIDEPLAN
Deslizamientos.	0,27	3,75	50,7%	CONAVI
Erupciones volcánicas.	0,68	1,48	20,0%	CNE
Sismicidad.	4,20	0,24	3,2%	MIDEPLAN

(Fuente: Autor)

A partir de la investigación bibliográfica de los modelos de gestión vial utilizados internacionalmente y la consulta a expertos se determinó la siguiente jerarquización de subcriterios, tal como se muestra en la figura 38:

Figura 38. Jerarquización de los criterios y subcriterios



(Fuente: Autor)

El método considerado para la ponderación de las variables es la ordenación simple, puesto que presenta gran facilidad de aplicación, lo que permite que la consulta a expertos sea rápida y ágil, evitando confusiones que les hagan incurrir en errores, otra de las facilidades es que permite enviar la consulta vía correo electrónico, con lo cual se logra acceder a más profesionales.

La consulta se realizó mediante el formato mostrado en el cuadro 10:

Cuadro 10. Formato utilizado para realizar la consulta a expertos.			
Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia			
Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,33
Ambientales	1	3	0,33
Infraestructura	1	3	0,33
Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,33
Usos del suelo	1	3	0,33
Índice de desarrollo social	1	3	0,33
Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

(Fuente: Autor)

A partir de este formato se obtienen los ponderados relativos, y a partir de éstos, siguiendo la jerarquía de los subcriterios, se determinan los ponderados finales, obteniéndose el resultado como se muestra en el cuadro 11.

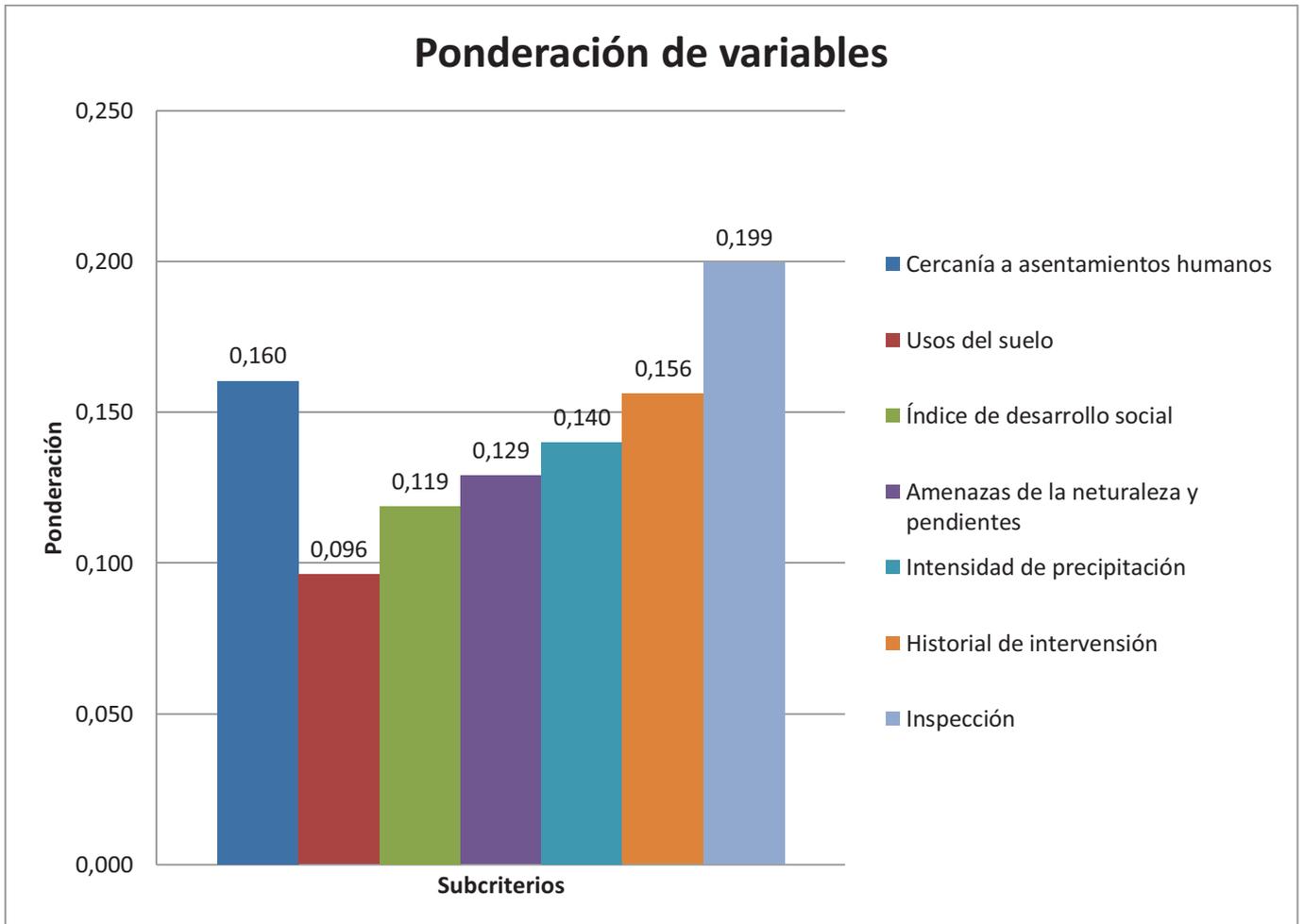
Cuadro 11. Formato de ponderación de los subcriterios.	
Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,14
Usos del suelo	0,14
Índice de desarrollo social	0,14
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,14
Intensidad de precipitación	0,14
Infraestructura	
Historial de intervención	0,14
Inspección	0,14

(Fuente: Autor)

A partir de las entrevistas realizadas a profesionales en el área de carreteras y transportes se obtuvo la ponderación promedio de

los subcriterios considerados, tal como se muestra en la figura 39:

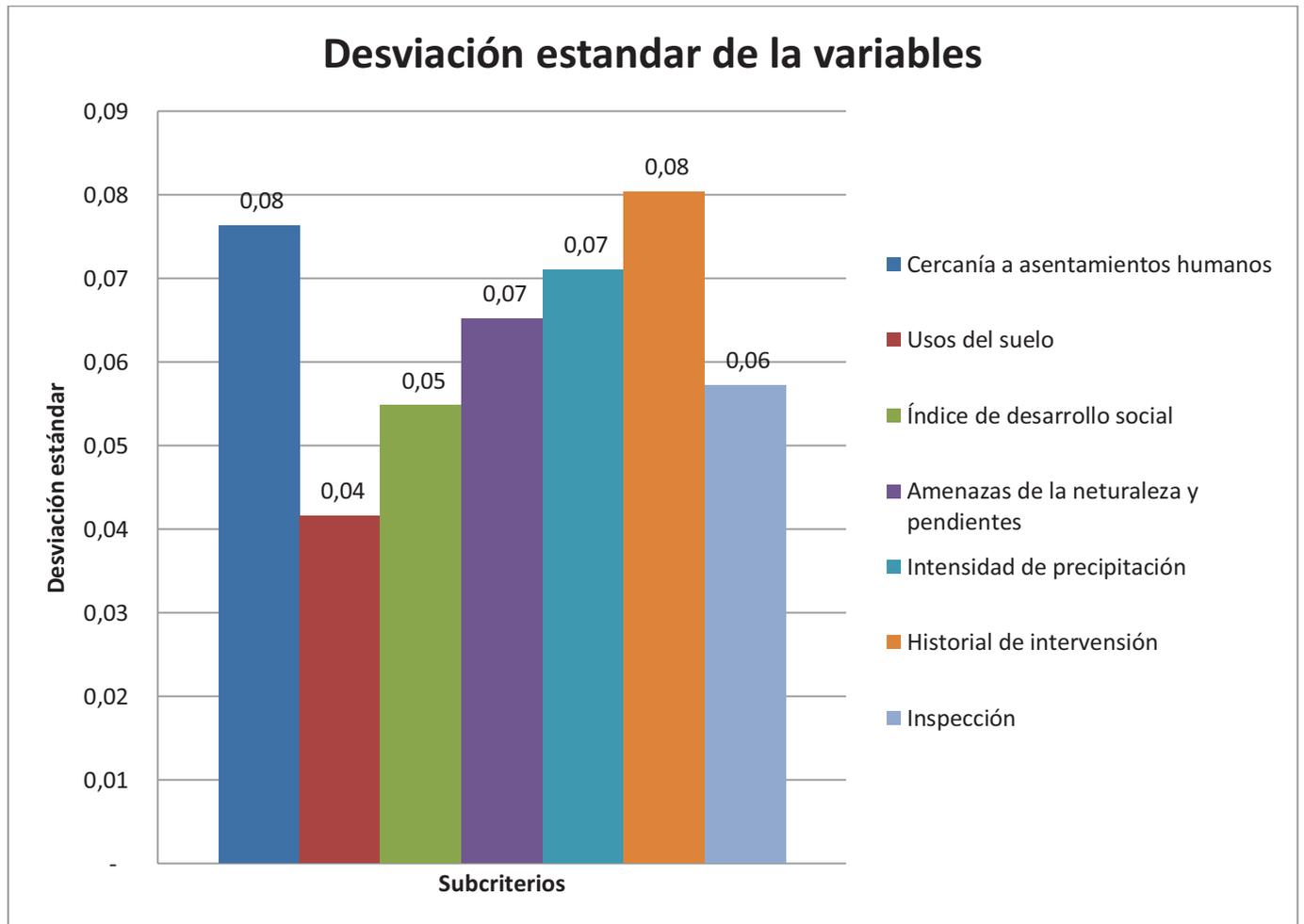
Figura 39. Ponderación de los subcriterios.



(Fuente: Autor)

Las valoraciones obtenidas presentaron las desviaciones estándar mostradas en la figura 40.

Figura 40. Desviación estándar de las ponderaciones.



(Fuente: Autor)

Para garantizar que los datos poseen distribución normal es necesario realizar la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov, con esto se dice que la mayor parte de las ponderaciones se ubican cerca de la media aritmética, sin embargo, cabe destacar que el coeficiente de variación es bastante alto, por lo que suponer que el promedio de las ponderaciones es el valor más acertado es errado, por lo tanto es necesario analizar distintos escenarios para verificar el que más se ajuste a la realidad. Los datos obtenidos mediante las consultas a expertos presentaron las características mostradas en el cuadro 12.

Cuadro 12. Validación de datos

Subcriterios	Distribución normal (K-S)	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Min	Max
Cercanía a asentamientos humanos.	OK	0,1659	0,0714	0,4857	0,0556	0,2571
Usos del suelo.	OK	0,0974	0,0421	0,4324	0,0278	0,1875
Índice de desarrollo social.	OK	0,1212	0,0539	0,4612	0,0278	0,2500
Amenazas de la naturaleza y pendiente.	OK	0,1250	0,0625	0,5001	0,0556	0,3333
Intensidad de precipitación	OK	0,1432	0,0722	0,5071	0,0556	0,3333
Historial de intervención.	OK	0,1513	0,0781	0,5142	0,0556	0,3333
Inspección.	OK	0,1959	0,0566	0,2888	0,1111	0,3333

(Fuente: Autor)

La ponderación de los datos resulta , primero de la ponderación parcial de los criterios, luego con ponderación parcial de los subcriterios, por último se multiplican de manera respectiva los valores parciales obtenido..

Ponderaciones de los subcriterios:

SE: Socioeconómicos (parcial).
 AM: Ambientales (parcial).
 IF: Infraestructura (parcial).
 IDS: Índice de desarrollo social (parcial)
 US: Usos del suelo (parcial)

CAH: Cercanía a asentamientos humanos (parcial).

ANP: Amenazas de la naturaleza y pendientes (parcial).

IP: Intensidad de precipitación (parcial).

IN: Inspección (parcial).

HI: Historial de intervenciones (parcial).

IDS_F: Índice de desarrollo social final

US_F: Usos del suelo final

CAH_F: Cercanía a asentamientos humanos final.

ANP_F: Amenazas de la naturaleza y pendientes finales.

IP_F: Intensidad de precipitaciones final.

IN_F : Inspección final.

HI_F : Historial de intervenciones final.

Con las anteriores variables se realiza la ponderación final haciendo uso de las siguientes fórmulas, donde se pueden observar las jerarquías existentes:

$$IDS_F = SE * IDS$$

$$US_F = SE * US$$

$$CAH_F = SE * CAH$$

$$ANP_F = ANP * AM$$

$$IP_F = IP * AM$$

$$IN_F = IN * IF$$

$$HI_F = HI * IF$$

Inventario e Inspección

Se realizaron dos tramos, el primero en la ruta 219 de la zona 1-7, Cartago. El primer levantamiento se realizó entre La Pastora y San Juan de Chicué, en el cantón de Oremuno, y las características de éste se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Características del levantamiento, tramo 1.	
Inventario longitudinal y transversal	
Ruta	219
Sección de control	30250
Sentido de levantamiento	2-1
Longitud inspeccionada (m)	5000
Cantidad de cunetas	22
Longitud de cuneta derecha (m)	1212,1
Longitud de cuneta izquierda (m)	1091,3
Longitud sin cuneta derecha (m)	3787,9
Longitud sin cuneta izquierda (m)	3908,7
Cantidad de alcantarillas (u)	17
Separación promedio de alcantarillas (m)	294,12

(Fuente: Autor)

Las estructuras longitudinales inventariadas, mediante su respectivo código y posición mediante proyección UTM se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Inventario longitudinal, tramo 1.					
X	Y	Estructuras longitudinales levantadas			
186218	1100711	CU	219	20553	D
186221	1100747	CU	219	20580	D
186431	1101016	CU	219	21001	D
186521	1101020	U	219	21225	D
186378	1101258	CU	219	21511	I
186377	1101349	CU	219	21739	I
186479	1101273	CU	219	21873	I
186487	1101275	CU	219	21873	D
187031	1101583	CU	219	22478	I
187111	1101587	CU	219	22498	D
187143	1101190	CU	219	23063	D
187596	1101345	CU	219	23592	I
187873	1101900	CU	219	24378	D
187872	1101930	CU	219	24413	D
187872	1101930	CU	219	24413	I
187890	1102052	CU	219	24539	D
187949	1102139	CU	219	24607	D
188039	1102085	CU	219	24703	D
188170	1102190	CU	219	24824	D
188170	1102190	CU	219	24824	I
188293	1102227	CU	219	24924	D
188293	1102227	CU	219	24924	I
188436	1102276	CU	219	25000	I
188436	1102276	CU	219	25000	D

(Fuente: Autor)

En el cuadro 15 se muestran las patologías encontradas en las estructuras longitudinales de este primer tramo, además de las intervenciones requeridas. En el cuadro 16 se presentan las actividades requeridas para subsanar los daños existentes en las estructuras longitudinales, con los precios unitarios para la zona de conservación 1-7, según la licitación pública No. 2009LN-000003-CV.

Cuadro 15. Patologías en drenajes longitudinales, tramo1.

Estructura				Patología	Severidad	Intervención
CU	219	20+553	D	DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	20+580	D	FRACTURAMIENTO	BAJO	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	21+001	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	21+225	D	DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	21+511	I	DESTRUCCIÓN	ALTA	Sustitución
				DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	21+739	I	DESTRUCCIÓN	ALTA	Sustitución
				DESGASTE	ALTA	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	21+873	I	DESTRUCCIÓN	ALTA	Sustitución
				DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	MEDIO	Limpieza Longitudinal
CU	219	21+873	D	DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal
CU	219	22+478	I	DESPORTILLAMIENTO	ALTA	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal
CU	219	22+498	D	FRACTURAMIENTO	MEDIO	Reparación de grietas
				OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	23+063	D	FRACTURAMIENTO	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	23+592	I	SOCAVACION	MEDIA	Daños por Socavación
				OBSTRUCCIÓN	MEDIA	Limpieza Transversal
CU	219	24+378	D	DESGASTE	MEDIA	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal
CU	219	24+539	D	OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal
CU	219	24+607	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	24+703	D	OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal
CU	219	24+824	D	OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal
CU	219	24+824	I	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	24+924	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	24+924	I	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	25+000	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	25+000	I	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal

(Fuente: Autor)

Cuadro 16. Actividades requeridas en drenaje longitudinal, tramo 1

Estructura				Tarea Requerida	Unidad	C/U	Cant.	Costo
CU	219	20+553	D	Hormigón ciclópeo	m3	₡ 135.020,47	11,8	₡ 1.593.241,55
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	26,65	₡ 155.351,64
CU	219	20+580	D	Hormigón ciclópeo	m3	₡ 135.020,47	0,1	₡ 13.502,05
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	4	₡ 23.317,32
CU	219	21+001	D	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	10,45	₡ 60.916,50
CU	219	21+225	D	Hormigón ciclópeo	m3	₡ 135.020,47	5,83	₡ 787.169,34
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	14,5	₡ 84.525,29
CU	219	21+511	I	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	6	₡ 110.239,44
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	1,1	₡ 11.733,51
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	1	₡ 55.586,80
				Hormigón ciclópeo	m3	₡ 135.020,47	21,74	₡ 2.935.345,02
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	51,5	₡ 300.210,50
CU	219	21+739	I	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m2	₡ 18.373,24	6	₡ 110.239,44
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	1,1	₡ 11.733,51
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	1	₡ 55.586,80
				Hormigón ciclópeo	m3	₡ 135.020,47	14,6	₡ 1.971.298,86
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	39	₡ 227.343,87
CU	219	21+873	I	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m2	₡ 18.373,24	66	₡ 1.212.633,84
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	12	₡ 128.001,96
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	11	₡ 611.454,80
				Hormigón ciclópeo	m3	₡ 135.020,47	7,7	₡ 1.039.657,62
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	10,85	₡ 63.248,23
CU	219	21+873	D	Hormigón ciclópeo	m3	₡ 135.020,47	11,36	₡ 1.533.832,54
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	3,9	₡ 22.734,39
CU	219	22+478	I	Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	₡ 159.076,30	0,1	₡ 15.907,63
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	0,1	₡ 582,93
CU	219	22+498	D	Hormigón estructural clase X de 180 kg/cm2	m3	₡ 149.339,42	0,42	₡ 62.722,56
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	2,16	₡ 12.591,35

Estructura				Tarea Requerida	Unidad	C/U	Cant.	Costo
CU	219	23+063	D	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	13,46	₡ 78.462,78
CU	219	23+592	I	Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	3,85	₡ 41.067,30
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.338,59	15,55	₡ 83.015,07
CU	219	24+378	D	Hormigón ciclopeo	m3	₡ 135.020,47	13,7	₡ 1.849.780,44
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.338,59	26,5	₡ 141.472,64
CU	219	24+539	D	Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	252	₡ 8.610,84
CU	219	24+607	D	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	5,91	₡ 34.451,34
CU	219	24+703	D	Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	144	₡ 4.920,48
CU	219	24+824	D	Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	168,36	₡ 5.752,86
CU	219	24+824	I	Conformación de cunetas y espaldones	m2	₡ 119,35	193,98	₡ 23.151,51
				Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	193,98	₡ 6.628,30
CU	219	24+924	D	Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	184	₡ 6.287,28
				Conformación de cunetas y espaldones	m2	₡ 119,35	184	₡ 21.960,40
CU	219	24+924	I	Conformación de cunetas y espaldones	m2	₡ 119,35	212	₡ 25.302,20
				Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	212	₡ 7.244,04
CU	219	25+000	D	Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	155,04	₡ 5.297,72
				Conformación de cunetas y espaldones	m2	₡ 119,35	155,04	₡ 18.504,02
CU	219	25+000	I	Conformación de cunetas y espaldones	m2	₡ 119,35	143	₡ 17.067,05
				Chapea derecho de vía	m2	₡ 34,17	143	₡ 4.886,31

(Fuente: Autor)

Las estructuras transversales levantadas en el tramo 1 se muestran en el cuadro 17 con su ubicación y código respectivo

Cuadro 17. Estructuras transversales levantadas, tramo 1						
Estructuras transversales levantadas						
Km	X	Y	Código			
20+087	186118	1100989	AL	219	20+087	D
20+131	186154	1100984	AL	219	20+131	D
20+204	186175	1100912	AL	219	20+204	D

Km	X	Y	Código			
			AL	219		
20+591	186248	1100746	AL	219	20+591	D
20+989	186423	1101024	AL	219	20+989	D
21+511	186378	1101258	AL	219	21+511	I
21+739	186377	1101349	AL	219	21+739	D
22+580	187162	1101284	AL	219	22+580	D
22+869	187184	1101307	AL	219	22+869	D
23+228	187279	1101222	AL	219	23+228	D
23+446	187505	1101265	AL	219	23+446	D
23+864	187739	1101576	AL	219	23+864	D
24+413	187872	1101930	AL	219	24+413	D
24+539	187890	1102052	AL	219	24+539	D
24+607	187949	1102139	AL	219	24+607	D
24+723	188077	1102186	AL	219	24+723	D

Las patologías que presentan las estructuras transversales y su respectiva intervención en el tramo 1 se muestraN en el cuadro 18, mientras en el cuadro 19 se presentan las actividades requeridas en estas estructuras, con su respectivo

costo según la licitación pública No. 2009LN-000003-CV.

Cuadro 18. Patologías en drenaje trasversal, tramo 1

Estructura				Patología	Severidad	Intervención
AL	219	20+087	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	219	20+087	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	219	20+131	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	219	20+204	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	219	20+591	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Transversal
AL	219	20+989	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
AL	219	21+511	I	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Transversal
AL	219	21+739	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Transversal

Estructura				Patología	Severidad	Intervención
AL	219	22+580	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
AL	219	22+864	D	FRACTURAMIENTO	ALTA	Sustitución
				OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Transversal
AL	219	23+228	D	FRACTURAMIENTO	MEDIA	Reparación de grietas
				DESGASTE	MEDIA	Recubrimiento de Concreto
AL	219	23+864	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Transversal
AL	219	24+378	D	OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal
AL	219	24+418	D	OBSTRUCCIÓN	MEDIA	Limpieza Longitudinal
AL	219	24+607	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
AL	219	24+723	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Transversal

(Fuente: Autor)

Cuadro 19. Actividades requeridas para drenaje transversal, tramo 1								
Estructura				Tarea Requerida	Unidad	C/U	Cant.	Costo
AL	219	20+087	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	20+131	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	20+204	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	20+591	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	20+989	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	21+511	I	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	21+739	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	22+580	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	22+864	D	Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	€ 159.076,30	8	€ 1.272.610,40
				Excavación para estructuras	m3	€ 5.298,27	7,4	€ 39.207,20
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	€ 55.586,80	1	€ 55.586,80
				Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	23+228	D	Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	€ 159.076,30	0,1	€ 15.907,63
				Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	€ 159.076,30	0,4	€ 63.630,52
AL	219	23+864	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	24+378	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	24+418	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	24+607	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09
AL	219	24+723	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	€ 26.425,09	1	€ 26.425,09

(Fuente: Autor)

El segundo levantamiento se realizó entre Cipreses y el puente sobre el río Toyogres, sobre la carretera al volcán Irazú, todo esto dentro del cantón de Oreamuno. Las características de este tramo se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Características del levantamiento, tramo 2	
Inventario longitudinal y transversal	
Rutas	219
	230
Sección de control	30230
	30491
	30240
Sentido de levantamiento	2-1
Longitud inspeccionada (m)	9862
Cantidad de cunetas	34
Longitud de cuneta derecha (m)	3866,5
Longitud de cuneta izquierda (m)	1224
Longitud sin cuneta derecha (m)	5995,5
Longitud sin cuneta izquierda (m)	8638
Cantidad de alcantarilla (u)	20
Separación promedio de alcantarillas (m)	493,1

(Fuente: Autor)

En el cuadro 21 se muestran las estructuras longitudinales inventariadas en este segundo tramo.

Cuadro 21. Inventario longitudinal, tramo 2					
X	Y	Estructuras longitudinales levantadas			
180381	1093434	CU	219	9787	D
180748	1093397	CU	219	9617	D
180781	1093396	TVH	219	9595	D
181540	1093349	CU	219	8797	I
181540	1093349	CU	219	8797	D
181540	1093349	TVH	219	8797	D
181579	1093364	CC	219	8554	D

X	Y	Estructuras longitudinales levantadas			
181796	1093435	CU	219	8466	D
181935	1093556	CU	219	8276	I
181935	1093556	CU	219	8276	D
182103	1093685	CU	219	8073	I
182250	1093935	CU	219	7779	D
182654	1094021	CU	219	7156	D
182654	1094021	CU	219	7156	I
182725	1093976	CU	219	7034	I
182871	1093964	CU	219	6481	D
183571	1094253	CU	219	6072	I
183549	1094307	CU	219	6007	D
183543	1094325	TV	219	5877	D
183511	1094562	CU	219	5643	D
184728	1094254	CU	230	4384	I
184728	1094254	CU	230	4371	D
185266	1094271	CU	230	3783	D
185567	1094247	CU	230	3476	D
185756	1094277	CU	230	3301	D
186925	1094662	CU	230	2142	D
186938	1094669	CU	230	2022	D
187939	1094495	CU	230	2007	D
187934	1094461	TVH	230	1019	D
188030	1094488	CU	230	917	D
188066	1094468	CU	230	879	D
188455	1094635	CU	230	680	D
188455	1094635	CU	230	654	D
188732	1095010	CU	230	50	I

(Fuente: Autor)

En el cuadro 22 se muestran las patologías presentes en las estructuras longitudinales del tramo 2 y la intervención que éstas requieren, mientras que en el cuadro 23 se presentan las

actividades que estas estructuras requieren con los precios para la zona de conservación 1-7, según la licitación pública No. 2009LN-000003-CV.

Cuadro 22. Patologías en drenajes longitudinales, tramo 2						
Estructura				Patología	Severidad	Intervención
CU	219	8+797	D	DESGASTE	ALTA	Recubrimiento de Concreto
				DESTRUCCIÓN	ALTA	Sustitución
CC	219	8+554	I	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Longitudinal
CU	219	8+466	D	DESTRUCCIÓN	ALTA	Sustitución
CU	219	8+073	I	OBSTRUCCIÓN	MEDIO	Limpieza Longitudinal
CU	219	7+779	D	DESTRUCCIÓN	ALTO	Sustitución
				DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
CU	219	7+034	I	SOCAVACION	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				DESTRUCCIÓN	ALTO	Sustitución
CU	219	6+481	D	DESTRUCCIÓN	ALTO	Sustitución
				SOCAVACION	ALTO	Daños por Socavación
				DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				OBSTRUCCIÓN	BAJO	Limpieza Longitudinal
CU	219	6+007	D	FRACTURAMIENTO	ALTO	Sustitución
CU	219	5+443	D	FRACTURAMIENTO	ALTO	Sustitución
CU	230	4+384	I	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Longitudinal
CU	230	3+476	D	FRACTURAMIENTO	ALTO	Sustitución
				OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Longitudinal
CU	230	3+271	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Longitudinal
CU	230	2+142	D	DESGASTE	ALTO	Recubrimiento de Concreto
CU	230	2+007	D	OBSTRUCCIÓN	MEDIA	Limpieza Longitudinal
TVH	230	1+019	D	OBSTRUCCIÓN	MEDIO	Limpieza Longitudinal
CU	230	+917	D	DESGASTE	MEDIO	Recubrimiento de Concreto
				FRACTURAMIENTO	ALTO	Sustitución
				OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Longitudinal
CU	230	+879	D	FRACTURAMIENTO	ALTO	Sustitución
				OBSTRUCCIÓN	BAJA	Limpieza Longitudinal

Estructura				Patología	Severidad	Intervención
CU	230	+654	D	FRACTURAMIENTO	ALTO	Limpieza Transversal
CU	230	+50	I	DESGASTE	BAJO	Limpieza Longitudinal
				DESGASTE	ALTO	Recubrimiento de Concreto

(Fuente: Autor)

Cuadro 23. Actividades requeridas en drenajes longitudinales, tramo2								
Estructura				Actividad requerida	Unidad	C/U	Cant	Costo
CU	219	8+797	D	Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	₡ 159.076,30	6	₡ 954.457,80
				Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	90	₡ 1.653.591,60
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	15	₡ 160.002,45
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	15	₡ 833.802,00
CC	219	8+554	I	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	3	₡ 17.487,99
CU	219	8+466	D	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	108	₡ 1.984.309,92
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	18	₡ 192.002,94
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	18	₡ 1.000.562,40
CU	219	8+073	I	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	5,37	₡ 31.303,50
CU	219	7+779	D	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	25	₡ 459.331,00
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	5	₡ 53.334,15
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	5	₡ 277.934,00
				Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	₡ 159.076,30	5	₡ 795.381,50
CU	219	7+034	I	Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	₡ 159.076,30	4,05	₡ 644.259,02
				Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	30	₡ 551.197,20
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	6	₡ 64.000,98
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	6	₡ 333.520,80
CU	219	6+481	D	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	120	₡ 2.204.788,80
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	20	₡ 213.336,60
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	20	₡ 1.111.736,00
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	5	₡ 53.334,15
				Hormigón estructural clase A de 225 kg/cm2	m3	₡ 159.076,30	4,05	₡ 644.259,02
CU	219	6+007	D	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	5,6	₡ 32.644,25
				Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	120	₡ 2.204.788,80
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	20	₡ 213.336,60
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	20	₡ 1.111.736,00

Estructura				Actividad requerida	Unidad	C/U	Cant	Costo
CU	219	5+443	D	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	30	₡ 551.197,20
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	5	₡ 53.334,15
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	5	₡ 277.934,00
CU	230	4+384	I	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	13	₡ 75.781,29
CU	230	3+476	D	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	120	₡ 2.204.788,80
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	20	₡ 213.336,60
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	20	₡ 1.111.736,00
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	3	₡ 17.487,99
CU	230	3+271	D	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	3	₡ 17.487,99
CU	230	2+142	D	Hormigón ciclópeo	m3	₡ 83.192,90	1	₡ 83.192,90
CU	230	2+007	D	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	6,25	₡ 36.433,31
TVH	230	1+019	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 28.501,91	1	₡ 28.501,91
CU	230	+917	D	Hormigón ciclópeo	m3	₡ 83.192,90	3,2	₡ 266.217,28
				Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	24	₡ 440.957,76
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	4	₡ 42.667,32
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	4	₡ 222.347,20
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.338,59	34	₡ 181.512,06
CU	230	+879	D	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m3	₡ 18.373,24	6	₡ 110.239,44
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	1	₡ 10.666,83
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	1	₡ 55.586,80
				Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.338,59	1,15	₡ 6.139,38
CU	230	+654	D	Cuneta de hormigón de cemento Portland	m2	₡ 18.373,24	6	₡ 110.239,44
				Material de préstamo	m3	₡ 10.666,83	1	₡ 10.666,83
				Remoción de estructuras tipo cabezal o similares	U	₡ 55.586,80	1	₡ 55.586,80
CU	230	+50	I	Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	m3	₡ 5.829,33	45	₡ 262.319,85
				Hormigón ciclópeo	m3	₡ 83.192,90	16,2	₡ 1.347.724,98

(Fuente: Autor)

En el cuadro 24 se muestran las estructuras transversales levantadas en el tramo 2.

Cuadro 24. Estructuras transversales levantadas, tramo 2						
Km	X	Y	Código			
8+413	181833	1093482	AL	219	8+413	D
7+535	182304	1094107	AL	219	7+535	D
7+211	182618	1094066	AL	219	7+211	D
7+156	182654	1094021	AL	219	7+156	I
6+481	183324	1094026	AL	219	6+481	D
5+613	183511	1094562	AL	219	5+613	D
5+014	183928	1094414	AL	230	5+014	D
4+895	184167	1094295	AL	230	4+895	D
4+630	184442	1094241	AL	230	4+630	D
4+371	184728	1094254	AL	230	4+371	D
4+121	184968	1094297	AL	230	4+121	D
3+280	185795	1094292	AL	230	3+280	D
3+157	185951	1094315	AL	230	3+157	D
2+959	186134	1094386	AL	230	2+959	D
2+669	186372	1094523	AL	230	2+669	D
2+185	186914	1094650	AL	230	2+185	D
1+050	187224	1094390	AL	230	1+050	D
+719	188249	1094567	AL	230	+719	D
+423	188522	1094752	AL	230	+423	D
+15	188715	1095037	AL	230	+15	D

(Fuente: Autor)

En el cuadro 25 se muestran las patologías en las estructuras transversales del tramo 2 y las intervenciones requeridas. En el cuadro 26 se indican las actividades requeridas en dichas

estructuras y el costo de reparación según la licitación pública No. 2009LN-000003-CV.

Cuadro 25. Patologías en drenaje trasversal, tramo 2						
Estructura				Patología	Severidad	Intervención
AL	219	6+481	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	230	5+014	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	230	4+630	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal

Estructura				Patología	Severidad	Intervención
AL	230	4+371	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	230	4+121	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	230	2+664	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	230	2+185	D	OBSTRUCCIÓN	ALTO	Limpieza Transversal
AL	230	1+050	D	OBSTRUCCIÓN	ALTA	Limpieza Transversal

(Fuente: Autor)

Cuadro 26. Actividades requeridas en drenaje transversal, tramo 2								
Estructura				Actividad requerida	Unidad	C/U	Cant.	Costo
AL	219	6+481	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09
AL	230	5+014	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09
AL	230	4+630	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09
AL	230	4+371	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09
AL	230	4+121	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09
AL	230	2+664	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09
AL	230	2+185	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09
AL	230	1+050	D	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	U	₡ 26.425,09	1	₡ 26.425,09

(Fuente: Autor)

Para determinar la severidad del daño que presenta la estructura es necesario definir según la severidad de la patología y la importancia de la estructura, la evaluación que corresponde y es mediante esta evaluación que se priorizará la inversión en estas estructuras.

Las estructuras se dividieron en tres niveles de importancia, siendo 3 la más importante y 1 la de menor importancia. Esta ordenación se realizó según lo observado en campo y la opinión de profesionales. En el cuadro 27 se muestran los niveles de importancia determinados para cada estructura.

Estructuras	Importancia
<i>Cunetas</i>	3
<i>Bordillo</i>	1
<i>Cordón y caño</i>	2
<i>Contra cuneta</i>	2
<i>Tragante vertical</i>	2
<i>Tragante horizontal</i>	2
<i>Tragante V y H</i>	2
<i>Caja de registro</i>	2
<i>Pozo de inspección</i>	3
<i>Alcantarilla</i>	3
<i>Otra</i>	2

(Fuente: Autor)

A cada estructura se le asignó una valoración con la cual se realiza la priorización. Ésta es en función de la importancia y la severidad de las patologías que presentaron las estructuras, siendo cinco el valor de mayor prioridad dado cuando es una estructura de alta importancia y con patologías severas y uno el de menor, dado cuando se trata de una estructura de poca importancia y sin presentar patologías. De esta manera, por ejemplo, si una contracuneta presenta una patología de severidad media, la evaluación de esta estructura es 3 o si una alcantarilla posee un daño de severidad alta, la valoración que se le asigna es 5. De manera cualitativa esta valoración representa:

- 1 = muy buena.
- 2= buena.
- 3= regular.

4= mala.

5= muy mala.

En el cuadro 28 se muestra la valoración de las estructuras, de acuerdo con la importancia y severidad de las patologías presentadas.

Estructuras	Evaluación según severidad		
	Alta	Media	Baja
<i>Cunetas</i>	5	4	3
<i>Bordillo</i>	2	2	1
<i>Cordón y caño</i>	4	3	2
<i>Contra cuneta</i>	4	3	2
<i>Tragante vertical</i>	4	3	2
<i>Tragante horizontal</i>	4	3	2
<i>Tragante V y H</i>	4	3	2
<i>Caja de registro</i>	4	3	2
<i>Pozo de inspección</i>	5	4	3
<i>Alcantarilla</i>	5	4	3
<i>Otra</i>	4	3	2

(Fuente: Autor)

La severidad que se considera es la mayor de las patologías que presente la estructura, esto porque una sola estructura puede presentar más de un daño, pero con tan solo una que tenga se considere de severidad alta, indicaría que el funcionamiento no es el adecuado y genera problemas serios para los usuarios, pavimento y pobladores.

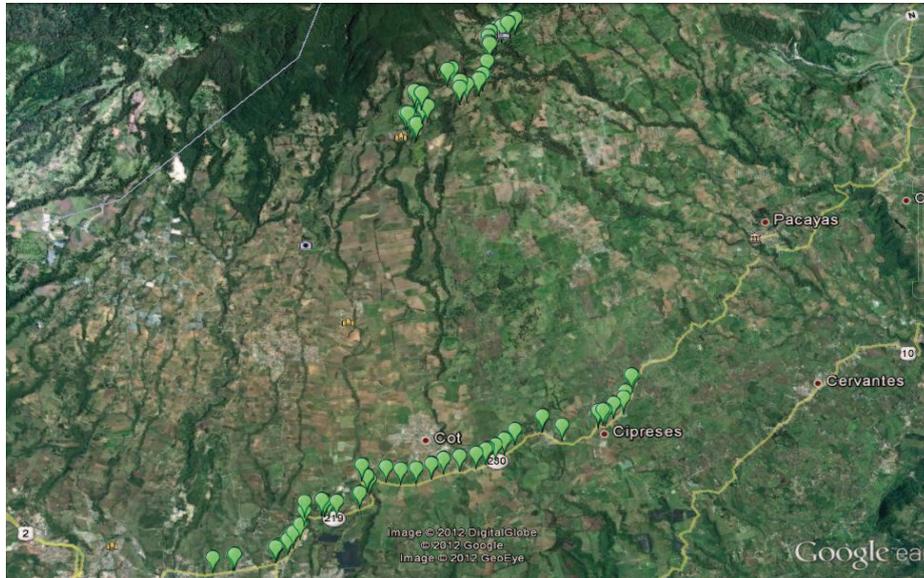
Para lograr una representación gráfica de la inspección realizada se utilizó el software *Arcgis* y *Google Earth*. Con éstos se crearon archivos en formato *kml*, los cuales pueden ser enviados incluso vía correo electrónico. En éstos se indica la información de las estructuras, además se incluyen fotografías que permiten observar las patologías presentes en las estructuras, lo cual permite al ingeniero, tener una idea de la magnitud del daño. Estos datos son fácilmente actualizable una vez realizadas las intervenciones requeridas.

El almacenamiento de las fotografías se realizó mediante páginas de internet que brindan servicio de este tipo, de manera gratuita, por lo

que la necesidad de espacio para almacenar la información por parte del usuario es mínima, en este caso se utilizó el servicio que brinda *imageshack.us*. La figura 41 muestra el archivo

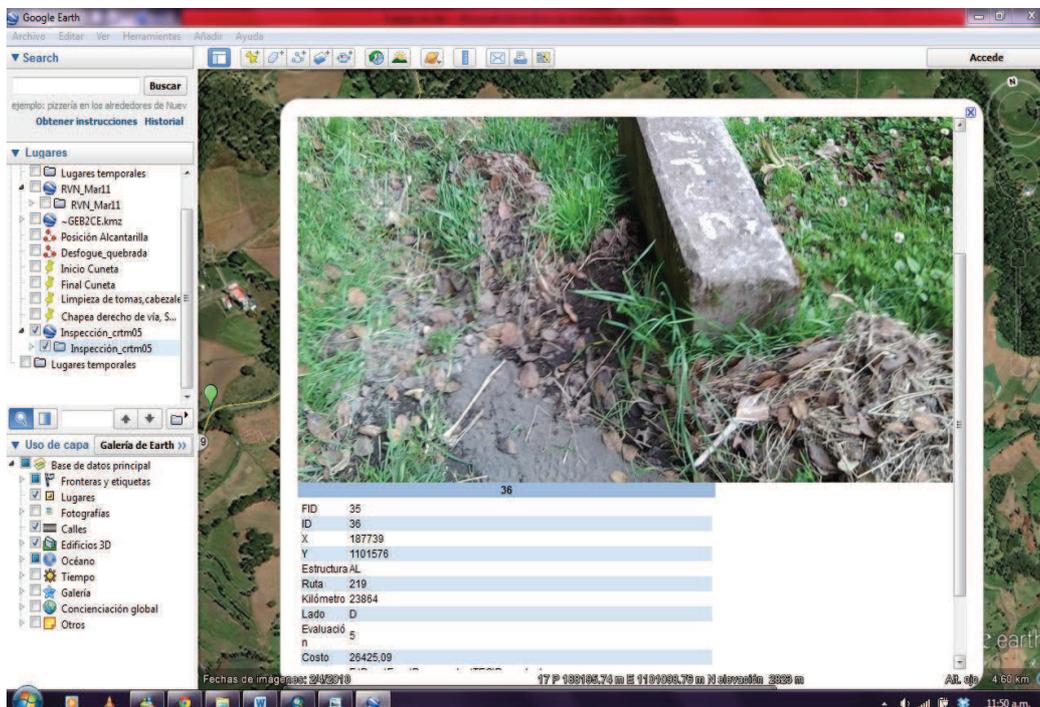
kml donde se observa la distribución de las estructuras inventariadas. En la figura 42 se muestra la información almacenada en cada estructura.

Figura 41. Representación mediante google earth de las estructuras inspeccionadas



(Fuente: Autor)

Figura 42. Información de la inspección representada mediante google earth



(Fuente: Autor)

La información representada mediante *Google Earth* es obtenida de la inspección realizada, utilizando el modelo creado por Rivera (2012). Una vez se corrijan los daños en las estructuras estos datos deben ser actualizados. Mediante esta aplicación se facilita la visualización de los daños o los trabajos realizados y permite conocer no solo el estado de las estructuras sino además la posición geográfica. Además, se puede cargar la información de las rutas nacionales con lo cual se conoce la información de sección de control, estado, kilómetros en lastre, kilómetros pavimentados y estado general de la superficie de ruedo.

Almacenamiento de la información

La base de datos que se utilizará para introducir la información al sistema de información geográfico incluye los datos necesarios para conocer la ubicación de la estructura, su código y el estado de la estructura, pero sin entrar en detalle. Si se deseara conocer la condición de la estructura con todas sus patologías, se debe buscar en la base de datos donde se almacena la información de la inspección, por código de estructura. En el apéndice 3 se muestra parcialmente la base de datos generada y el formato que esta información posee, que es la misma que se utiliza en el archivo para utilizar en *Google Earth*.

Con esta información el usuario es capaz de ubicar la estructura en el espacio, mediante las coordenadas en el sistema de proyección UTM, en la base de datos mediante el código de estructura. Además de conocer el costo necesario para llevar la estructura del estado actual a uno donde se han corregido todas las patologías que presente. El campo donde se incluye la valoración representa el estado general de la estructura, relacionado con la importancia de la estructura y la patología de mayor severidad que presente.

La información correspondiente al historial de intervenciones, se recopila de los informes mensuales que el Organismo de Inspección brinda mensualmente al ingeniero encargado de la zona de conservación. Los datos deben ir relacionados a un elemento más pequeño que las secciones de

control, esto porque existen algunas con longitudes superiores a 10 kilómetros, por lo tanto se utilizan las Unidades Geoestadísticas Mínimas o UGM, con lo cual se garantiza que las zonas afectadas son pequeñas.

Debido a la variabilidad en las dimensiones de estas unidades, se debe asegurar que el área que se considera afectada no sea mayor a 1,650 Km², que es el área máxima en que se puede aplicar el método racional, tal y como se explicará más adelante.

En esta base de datos se incluye el consecutivo de la intervención realizada, la sección de control en la que se llevó a cabo, la actividad, el costo de dicha actividad, la fecha del trabajo, el lugar específico de dicha intervención, los meses que han transcurrido, en meses, desde este último trabajo y la ubicación mediante el sistema de proyección UTM.

En el apéndice 4 se muestra parcialmente la base de datos que almacena la información del historial de conservación y el formato que ésta posee.

Tamaño de afectación de las estructuras de drenaje

Método racional

La fórmula del método racional es:

$$Q = (1/3,6) * C * i * A$$

Dónde:

Q= el caudal máximo

C= coeficiente de escorrentía que depende de la permeabilidad del terreno.

i= intensidad de la lluvia.

Todos estos datos en concordancia con el sistema internacional de unidades. (Campos Aranda, 2008)

La intensidad *i* de la lluvia se obtiene de las curvas “intensidad-duración-frecuencia” de la región considerada, correspondiente a un período de retorno específico. En el presente trabajo se consideran períodos de retorno de 25 años. La duración de lluvia que se considera es igual al tiempo de concentración (*T_c*), el cual es el tiempo que tarda el agua en hacer el recorrido del punto más alejado al punto de concentración o captación en la cuenca hidrográfica. (Dobles Umaña, 2006)

El método Racional es una descripción muy simple del proceso lluvia–escurrimiento, en la cual los efectos de la lluvia y del área de cuenca son tomados explícitamente y los efectos de las condiciones físicas de la cuenca se toman en cuenta de manera indirecta a través del *T_c* y del valor de *C*. La infiltración y otras pérdidas no se consideran de una manera física real, sino indirecta global en el coeficiente de escurrimiento *C*. El almacenamiento temporal del escurrimiento sobre el terreno y en los cauces, así como las variaciones temporales y espaciales de la lluvia son ignoradas completamente, por lo cual el método sólo es válido cuando tales efectos son pequeños. (Campos Aranda, 2008) Tomado de (Pilgrim & Cordery, 1993)

Según Morris (1982), el método racional es aplicable en cuencas de hasta 1,300 Km², donde es muy probable que la lluvia originada por

un fenómeno no ciclónico iguale la magnitud de las crecientes derivadas de precipitaciones ciclónicas. (Morris, 1982)

Sin embargo, según análisis realizados por Campos Aranda (2008), se demuestra numéricamente la aplicabilidad del procedimiento del método racional para cuencas rurales de hasta 1,650 Km². (Campos Aranda, 2008)

Por lo tanto el área de influencia propuesta para las obras de infraestructura de drenaje, en zonas rurales, está definida por esta magnitud, obteniendo un radio de acción de 725 m.

La utilización del método racional se debe a que las obras que se inspeccionan corresponden a obras menores y sus áreas tributarias corresponden a áreas con magnitudes inferiores a 1,650 Km².

Mientras que para zonas urbanas el área de afectación no debe de ser mayor a 0,647 Km². Esto equivale a un círculo de afectación de 450 m de radio. (Urban Drainage and Flood Control District, 2007)

Valoración de los subcriterios

En los cuadros 31, 32, 33, 34, 35, 36, 36, 37 se muestran las valoraciones para cada uno de los subcriterios considerados.

Existe un subcriterio que integra las pendientes del terreno y las amenazas de la naturaleza. Además, la valoración de las amenazas de la naturaleza está dada en puntos porcentuales y no en una escala de 1 a 5 como el resto de subcriterios, esto debido a que su ponderación se obtuvo a partir del promedio anual de eventos de esta índole que ocurren por año y el porcentaje de éstos que representa cada amenaza de la naturaleza.

Todas las valoraciones se hicieron siguiendo la escala de Likert, por lo tanto esta se encuentra relacionada de la siguiente manera:

- 1 = Muy baja prioridad.
- 2 = Baja prioridad.
- 3 = Moderada prioridad.
- 4 = Alta prioridad.
- 5 = Muy alta prioridad.

Categorías	Pendiente	Valores
1	0 a 3%	1
2	3 a 8%	2
3	8 a 15%	2
4	15 a 30%	3
5	30 a 60%	4
6	60 a 75%	4
7	Más de 75%	5

(Fuente: (Sánchez Campos, 2002))

Categoría	Amenaza	Ponderación
1	Inundaciones	20,6%
2	Avalanchas	5,5%
3	Deslizamientos	50,7%
4	Erupciones volcánicas	20,0%
5	Sismicidad	3,2%

(Fuente: Autor)

Categoría	mm/hr	Valores
1	76-87	1
2	87-106	2
3	106-124	3
4	124-143	4
5	143-157	5

(Fuente: Autor)

Categorías	Atributo	Valores
1	Plantación forestal	1
2	Bosque de frondosas	1
3	Humedal	1
4	Curso fluvial	1
5	Aguas superficiales	1
6	Piscina	1
7	Charral	2
8	Pastos	3
9	Pastos con árboles dispersos	3
10	Terreno no cultivable	4
11	Deporte y recreación	4
12	Otros cultivos	4
13	Caña de azúcar	4
14	Explotación agropecuaria confinada	4
15	Café	4
16	Área de uso agropecuario (invernadero)	4
17	Parque y zona verde	4
18	Frutal	4
19	Hortalizas y granos	4
20	Plantas ornamentales	4

Categorías	Atributo	Valores
21	Zona residencial dispersa	5
22	Uso naves industriales	5
23	Uso industrial	5
24	Uso comercial y servicios diversos	5
25	Educación y cultura	5
26	Educación y cultura multiplanta	5
27	Salud y bienestar	5
28	Educación multiplanta zona dispersa	5
29	Salud y bienestar (hospital)	5
30	Zona residencial densa	5
31	Entidad gubernamental y pública	5
32	Cementerio	5
33	Edificio multiplanta zona densa	5
34	Otros servicios urbanos	5
35	Área urbana en transición	5
36	Botadero, relleno, tajo	5
37	Entidad gubernamental y pública multiplanta	5
38	Otros servicios urbanos multiplanta	5
39	Uso industrial multiplanta	5
40	Uso comercial y servicios diversos multiplanta	5
41	Carreteras	5
42	Camino	5
43	Autopista	5
44	Áreas culturales	5
45	Transporte y almacenamiento multiplanta	5
46	Transporte y almacenamiento	5
47	Carretera en construcción	5
48	Casa aislada	5

(Fuente: Autor)

Cuadro 33. Valoración del índice de desarrollo social		
Categorías	IDS	Valores
1	0-20	5
2	20-40	4
3	40-60	3
4	60-80	2
5	80-100	1

(Fuente: Autor)

Cuadro 34. Valoración de la cercanía a asentamientos humanos		
Categorías	Densidad de viviendas(km ²)	Valores
1	0-0,0001	1
2	0,00011-0,0010	2
3	0,0011-0,003	3
4	0,0031-0,005	4
5	0,005-0,019	5

(Fuente: Autor)

Cuadro 35. Valoración de la inspección		
Categoría	Condición	Valores
1	Muy buena	1
2	Buena	2
3	Media	3
4	Mala	4
5	Muy mala	5

(Fuente: Autor)

Cuadro 36. Valoración del Historial de intervención		
Categoría	Período	Valores
1	0-1mes	1
2	1 mes-2 meses	2
3	2 meses-3 meses	3
4	3 meses-4 meses	4
5	>4 meses	5

Niveles de priorización

Los niveles de priorización se deben relacionar a una condición de los sistemas de drenaje en conjunto con el entorno, dicha relación se hará mediante una escala de 1 a 5, donde esta escala se relaciona según la condición como se muestra en el cuadro 39.

Nivel	Condición
Muy baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Muy alta	5

(Fuente: Autor)

Siendo muy baja la condición más óptima y muy mala la más crítica.

Escenarios de valoración

Debido a la variación de los criterios por parte de los profesionales, se presentan coeficientes de variación elevados. Por esto es un tanto arriesgado asegurar que el valor promedio de estos representa la mejor manera de valorar los subcriterios planteados. A continuación se presentan distintos escenarios, donde los pesos se distribuyen de diferentes maneras

Se plantean 3 escenarios distintos, el primero consiste en la ponderación promedio obtenida mediante la entrevista a profesionales en el campo de conservación vial. Este representa el escenario donde la mayor parte del peso lo asumen las variables de infraestructura. Ver figura 39.

El segundo escenario planteado se refiere al caso en que los factores socioeconómicos poseen la mayor importancia. Estos casos se tomaron de las mismas entrevistas realizadas, y de escenarios planteados por algunos de los profesionales consultados. Ver cuadro 40.

Cuadro 38. Ponderaciones para considerar mayor importancia del criterio socioeconómico

Ponderación	
Asentamientos	25%
Usos	8%
IDS	17%
Amenazas y pendientes	6%
Intensidad de lluvia	11%
Historial de intervenciones	11%
Inspección	22%

(Fuente: Autor)

El tercero se refiere a la condición en que las variables ambientales representan la mayor importancia a la hora de decidir las zonas donde invertir. Ver cuadro 41.

Cuadro 39. Ponderaciones para considerar mayor importancia del criterio ambiental

Ponderación	
Asentamientos	11%
Usos	11%
IDS	7%
Amenazas y pendientes	21%
Intensidad de lluvia	21%
Historial de intervenciones	14%
Inspección	14%

(Fuente: Autor)

En la figura 43 se muestra el mapa obtenido mediante la valoración promedio. En la figura 44 se muestra el escenario en que las variables socioeconómicas presentan un mayor peso. En la figura 45 se muestra el escenario donde las variables ambientales tienen la mayor importancia.

Figura 43. MPOID con ponderación promedio

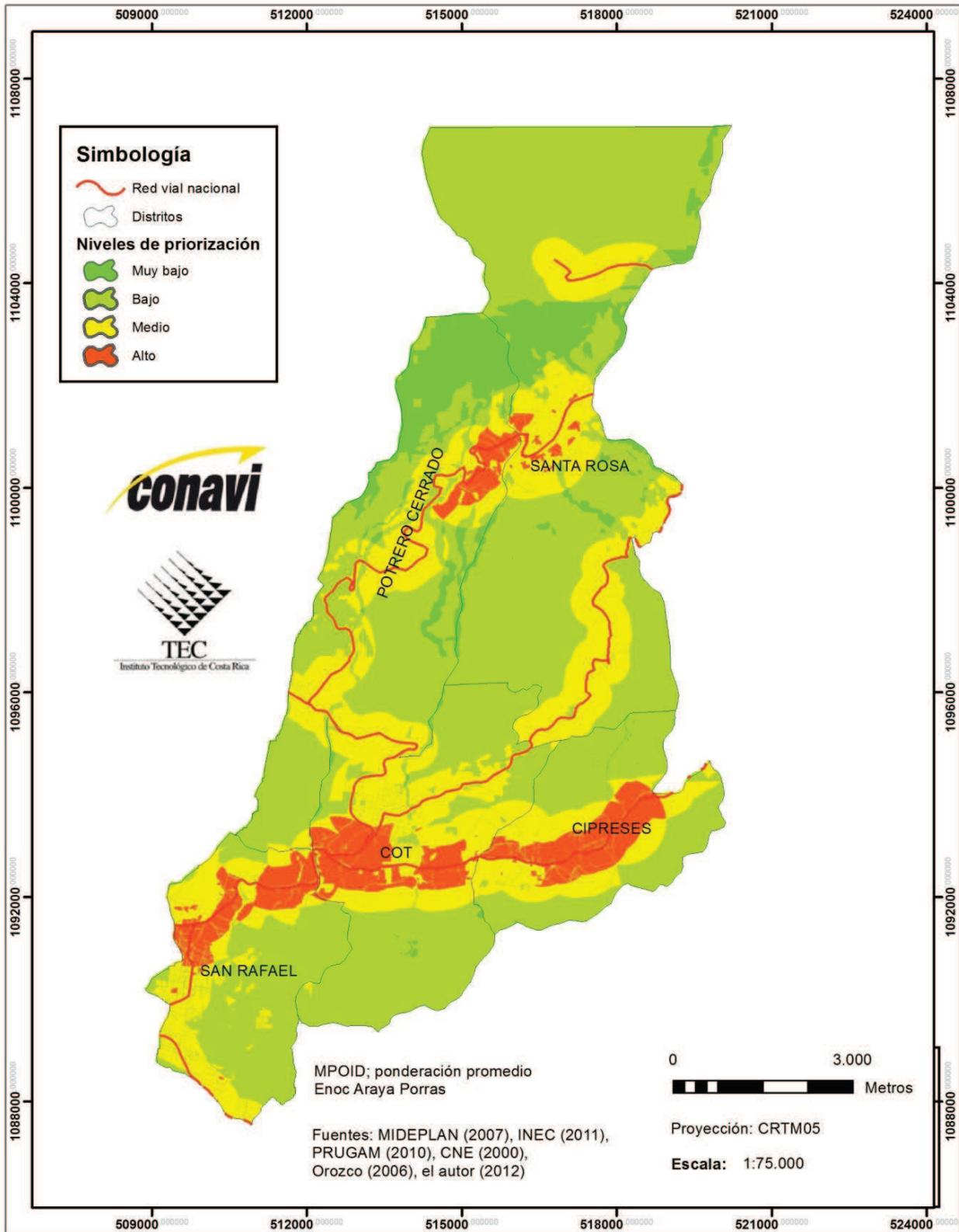


Figura 44. MPOID, variables socioeconómicas con mayor peso

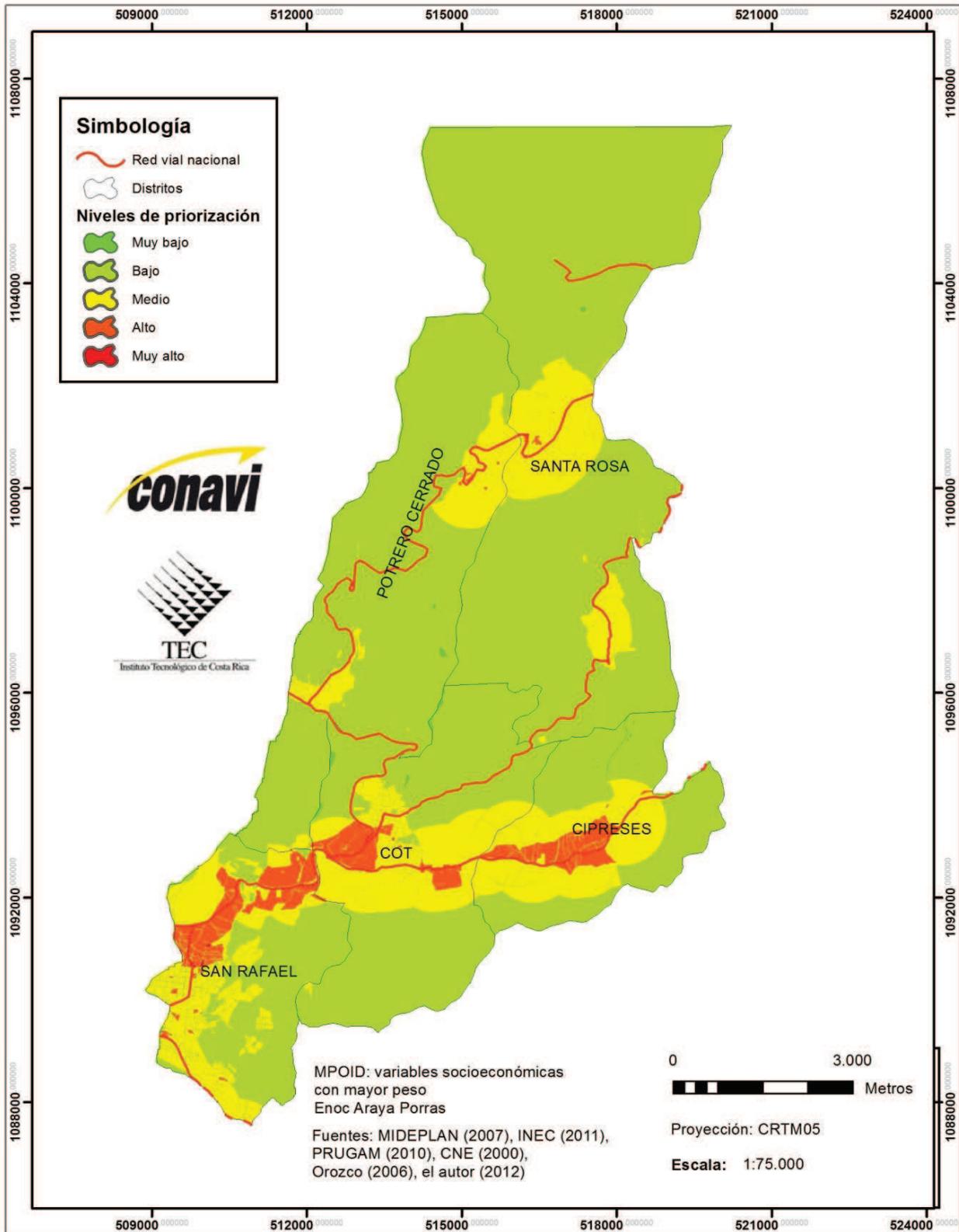
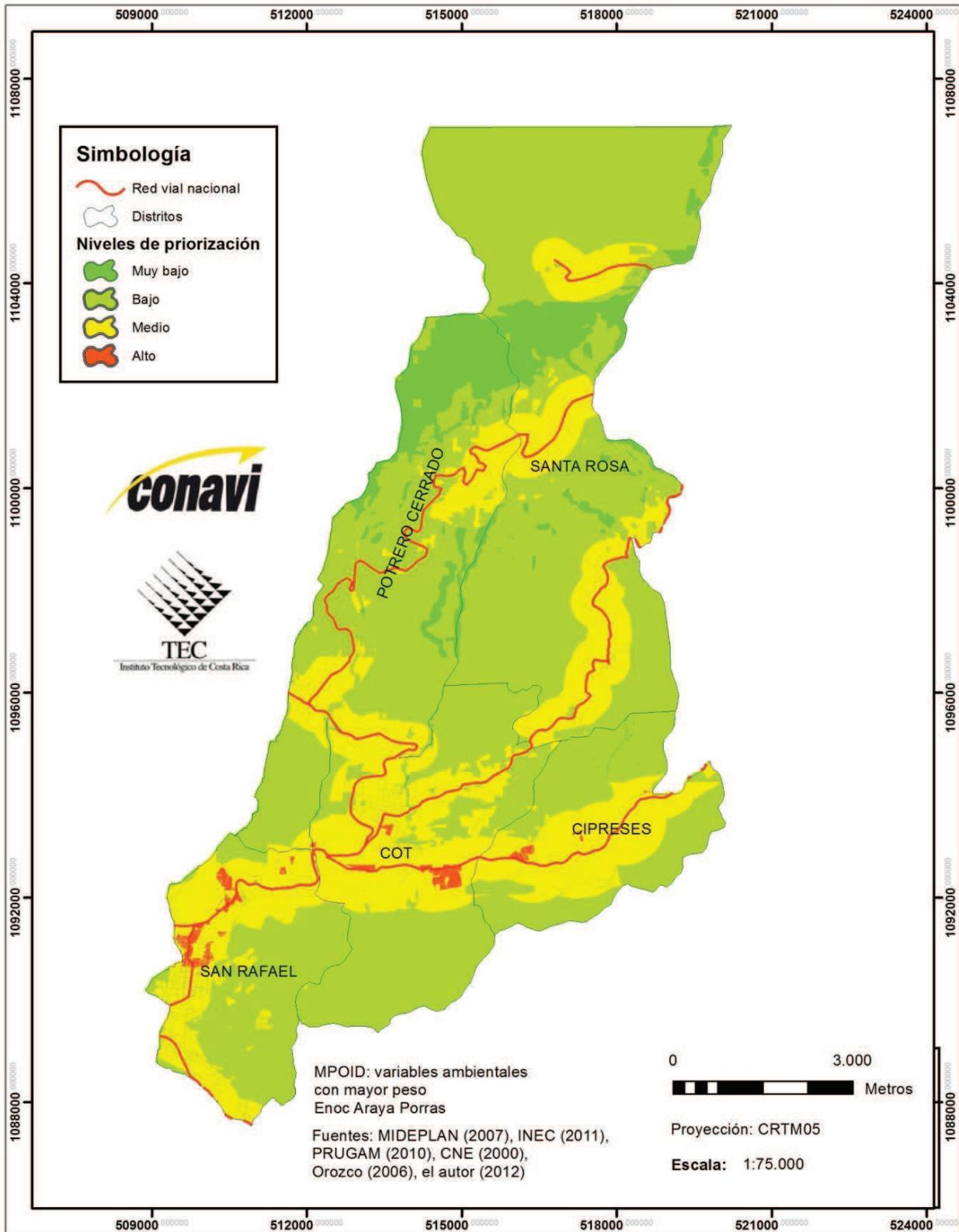


Figura 45. MPOID, variable ambiental con mayor peso



Análisis de sensibilidad

Se consideraron los escenarios planteados en las figuras 43, 44 y 45 y se determinó que el obtenido mediante la valoración promedio presenta mayor sensibilidad ante posibles cambios en el estado de las estructuras. Considerando los valores promedio de las ponderaciones, se plantearon distintas condiciones en las cuales se reparan las estructuras que se encuentran en mal estado, esto con el fin de observar el comportamiento del modelo ante las labores de conservación, y determinar cómo varían las zonas de mayor prioridad de inversión.

Cabe destacar que la variación en las evaluaciones de las estructuras de drenaje está directamente relacionada con trabajos realizados en las zonas de influencia de dichas estructuras, por lo tanto, ambos criterios (inspección e historial de intervenciones) varían su valoración en estos escenarios.

Por ello se plantean cuatro condiciones distintas en el estado de las estructuras. La valoración de los subcriterios está dada por los valores promedio obtenidos de la consulta a profesionales.

Escenario 1: Se logran corregir todas las patologías, sin importar la evaluación existente, de esta manera se obtienen los datos del cuadro 42. Ver figura 46.

Cuadro 40. Consideraciones para la condición 1			
Cantidad de estructuras	Evaluación inicial	Evaluación objetivo	Monto requerido
Al: 24	Superiores a 1	1	C 44.888.653, 84
CU: 42	Superiores a 1	1	
CC: 1	Superiores a 1	1	
TVH: 1	Superiores a 1	1	

(Fuente: Autor)

Escenario 2: Se corrigen las patologías de las estructuras que presentan una evaluación 4, obteniéndose los datos del cuadro 43. Ver figura 47.

Cuadro 41. Consideraciones para la condición 2			
Cantidad de estructuras	Evaluación inicial	Evaluación objetivo	Monto requerido
AL: 5	4	1	C 1.837.758, 84
CU: 3	4	1	

(Fuente: Autor)

Escenario 3: Se corrigen las patologías de las estructuras que presentan una evaluación 5, siendo éstas la mayoría, obteniéndose los datos del cuadro 44. Ver figura 48.

Cuadro 42. Consideraciones para la condición 3			
Cantidad de estructuras	Evaluación inicial	Evaluación objetivo	Monto requerido
CU:34	5	1	C 42.930.398, 99
AL: 21	5	1	
CC: 1	5	1	

(Fuente: Autor)

Escenario 4: Se corrigen las patologías de las estructuras con una evaluación 3, obteniendo los resultados del cuadro 45. Ver figura 49.

Cuadro 43. Consideraciones para la condición 4			
Cantidad de estructuras	Evaluación inicial	Evaluación objetivo	Monto requerido
CU: 3	3	1	C 120.496,01
TVH: 1	3	1	

(Fuente: Autor)

Figura 46. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, condición 1

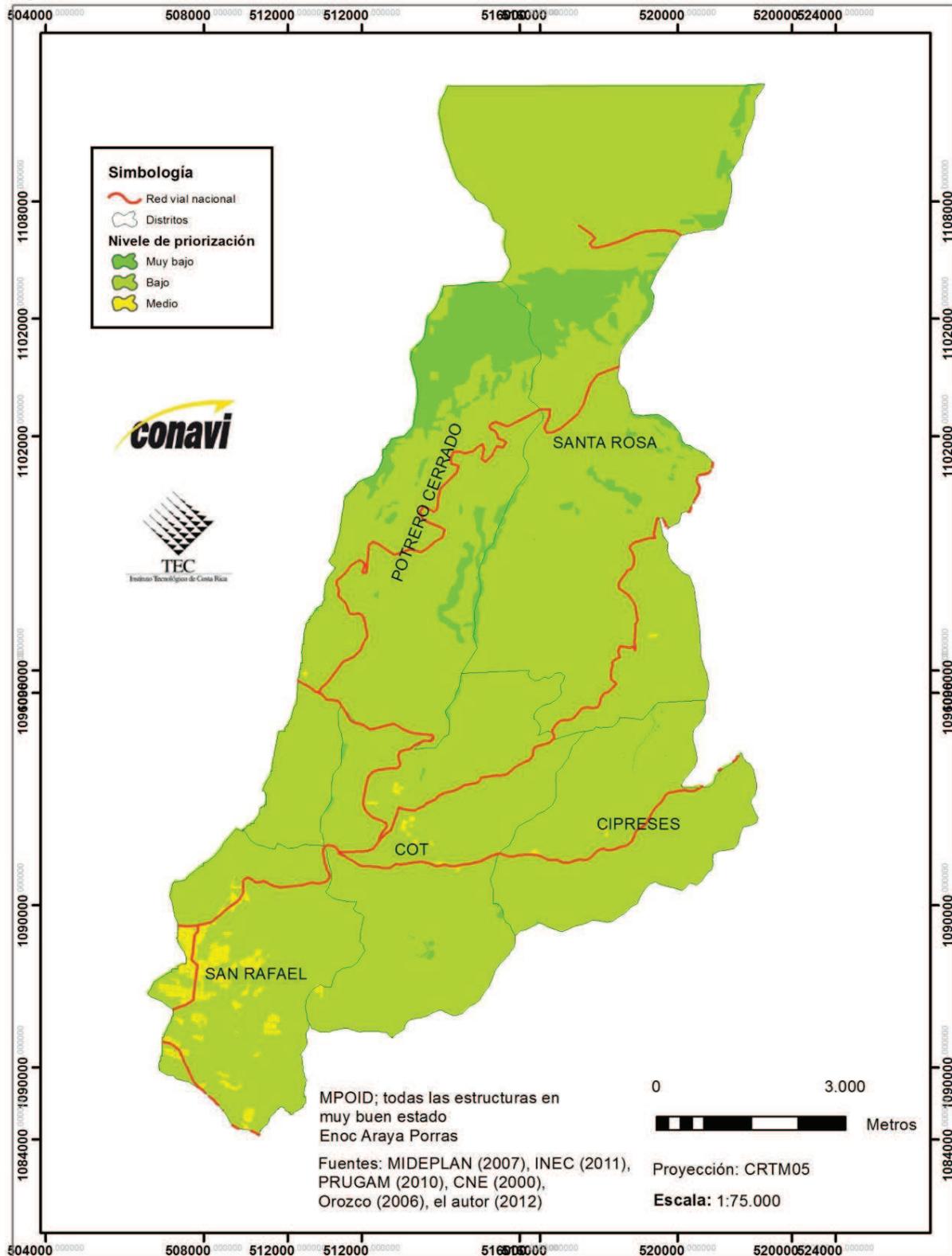


Figura 47. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, condición 2

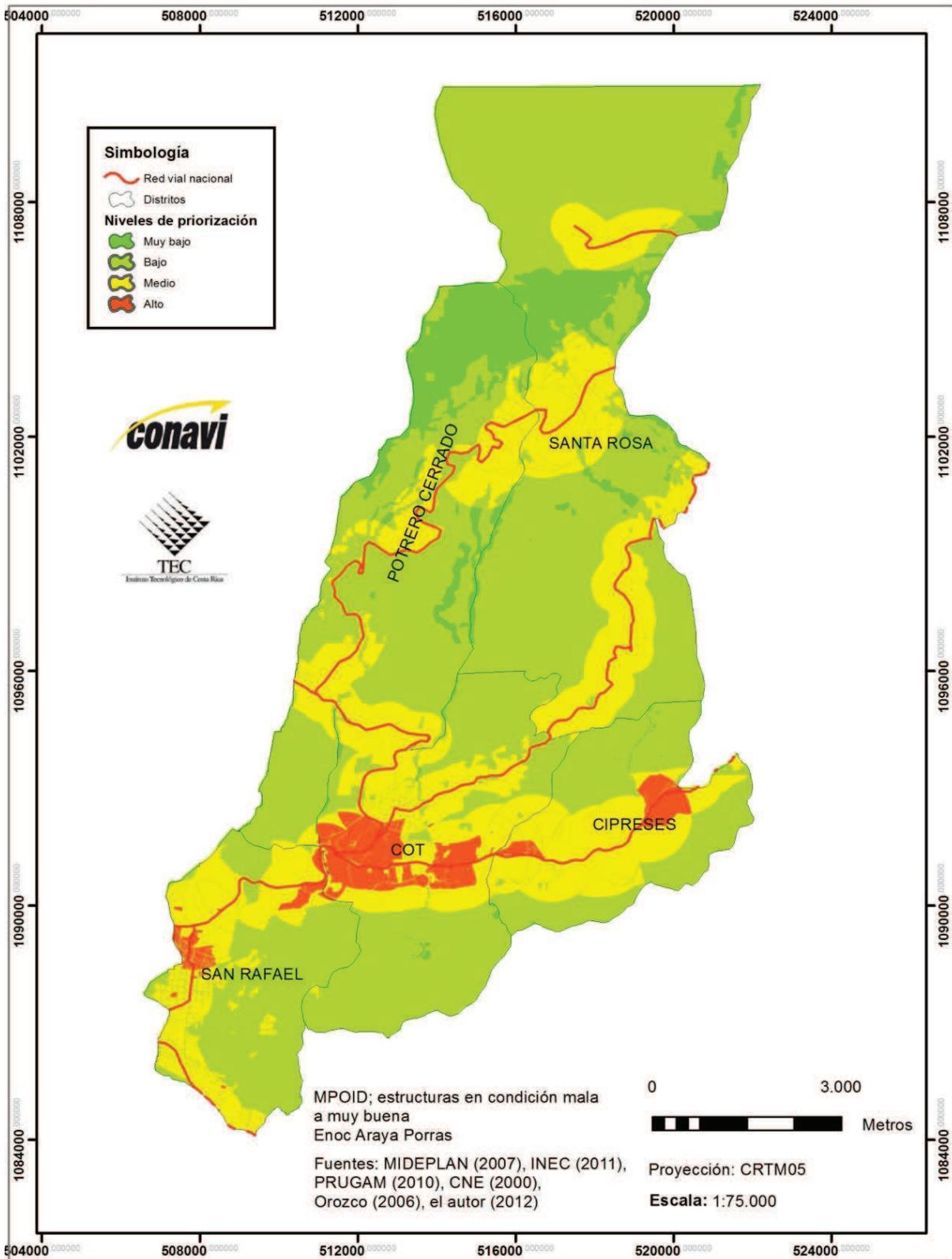


Figura 48. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, condición 3

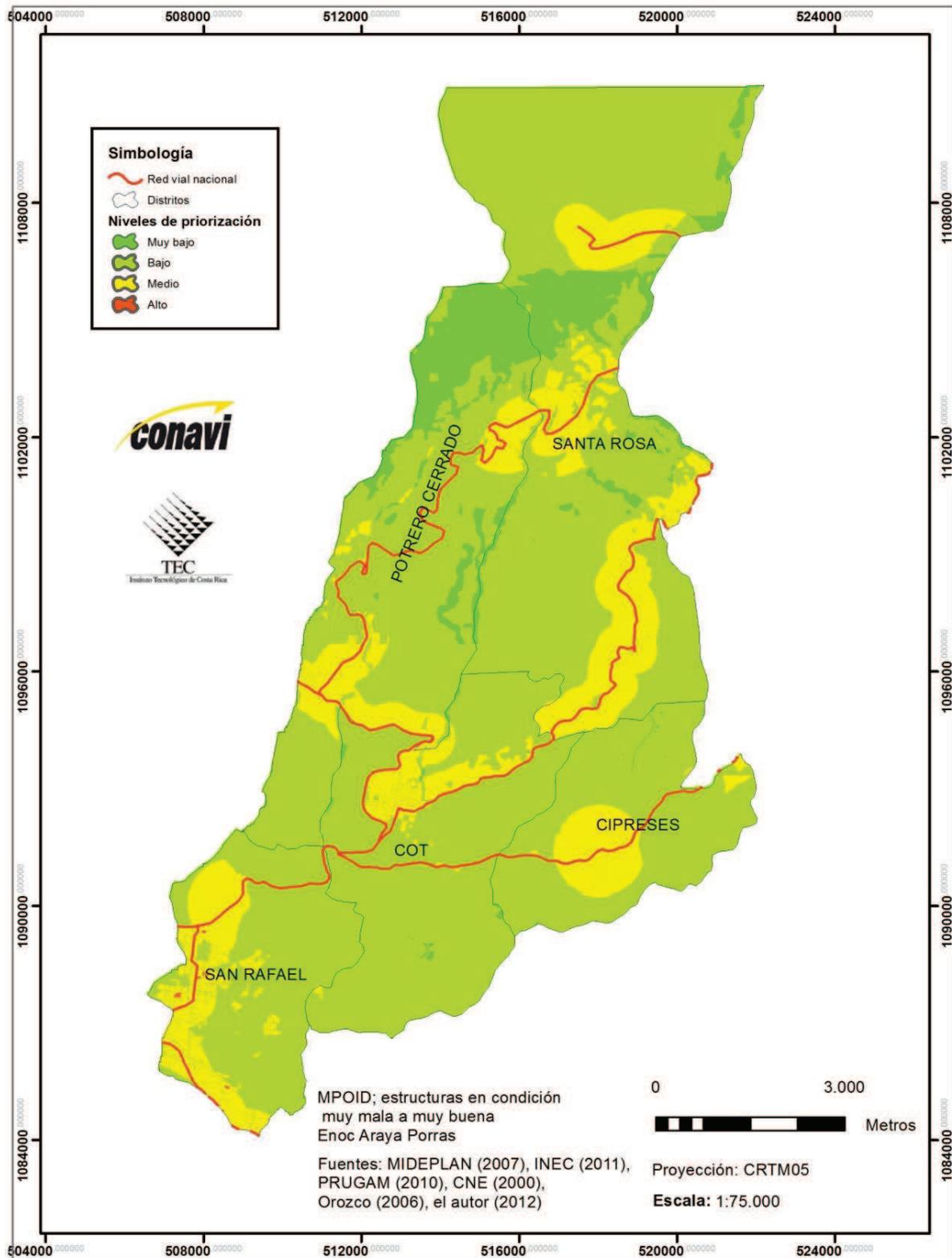
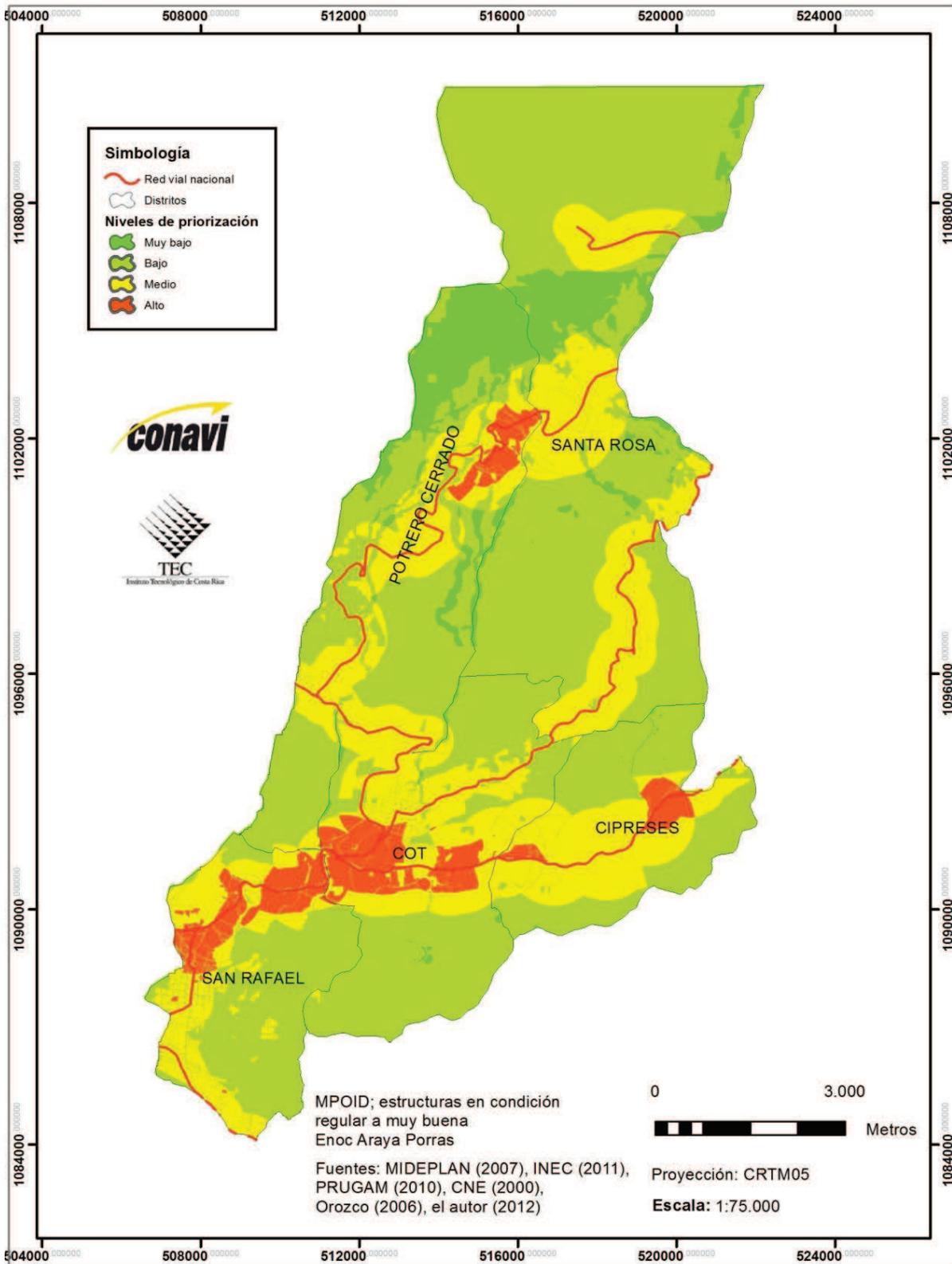


Figura 49. Revisión de sensibilidad ante cambios en la infraestructura, condición 4

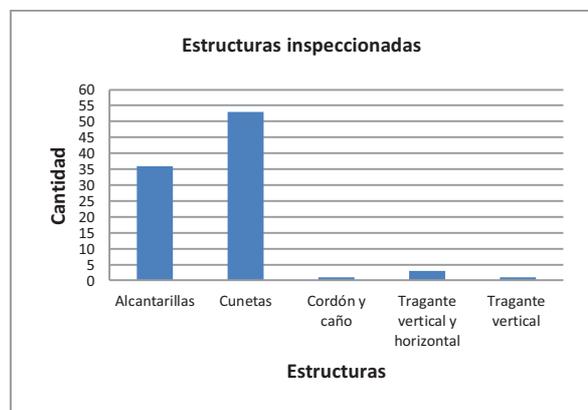


ANÁLISIS DE RESULTADOS

Inspección

Las características de las estructuras inventariadas e inspeccionadas se presentan en la figura 50.

Figura 50. Estructuras inspeccionadas



(Fuente: Autor)

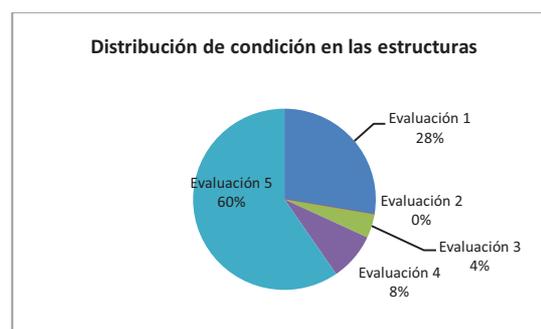
Hay 7393,9 metros de cuneta en estos tramos, por lo que existe una carencia. En el tramo 1 el sistema de cunetas del lado derecho comprende el 24% de los 5 kilómetros inspeccionados, mientras del lado izquierdo sólo está cubierto el 21,84% del total del tramo.

Las alcantarillas existentes son 17, con un promedio de separación de 294 metros entre cada una.

En el tramo dos el sistema de cunetas cubre del lado derecho de la inspección el 40%, mientras que del lado izquierdo sólo el 14%.

Cabe destacar que el estado de estas estructuras no es el óptimo, en la figura 51 se representan las condiciones de las estructuras según su evaluación:

Figura 51. Distribución de la condición de las estructuras



(Fuente: Autor)

Se puede observar que el 60% de las estructuras se encuentran en muy malas condiciones, mientras que sólo el 28% de éstas presentan condiciones de muy buen estado.

La principal patología existente en la obstrucción, provocando un mal funcionamiento del sistema de drenaje.

Los principales daños se presentan en las cunetas, donde además de la obstrucción es común observar desgaste, destrucción de módulos y socavación.

Los costos de reparación del total de las estructuras se muestran en el cuadro 46.

Cuadro 44. Distribución de costos por reparación de estructuras		
Estructura	Cantidad	Costo
Alcantarillas	36	₡ 2.054.719,62
Cunetas	53	₡ 42.787.944,32
Cordón y caño	1	₡ 17.487,99
Tragante vertical y horizontal	3	₡ 28.501,91
Tragante vertical	1	₡ 0

(Fuente: Autor)

Las cunetas son las estructuras de mayor necesidad de intervención, por lo tanto son las que representan el mayor monto necesario para conseguir llevarlas a una condición muy buena, representando el 95% de la necesidad de inversión. El segundo lugar en necesidad de intervención lo ocupan las alcantarillas, donde la principal patología observada en la obstrucción, debida al acarreo de sedimentos producto de la inexistencia de cunetas. Los tragantes verticales y horizontales y cordón y caño representan menos del 1% de la necesidad de inversión, mientras que el estado del único tragante vertical localizado es muy bueno, por lo que no requiere ningún tipo de intervención. En la figura 52 se muestra la distribución de los costos de intervención.

Figura 52. Costo de reparación de las estructuras



(Fuente: Autor)

La representación de esta información mediante el uso de sistemas de información geográfica, permite tener cierto control, de manera remota, sobre el estado de las estructuras. Además, que permite localizar en el espacio los elementos, de esta manera se previene un problema común, el no conocer la ubicación de estas.

El uso de estas herramientas y la información debidamente actualizada es sumamente útil para la mejor gestión de las estructuras de drenaje.

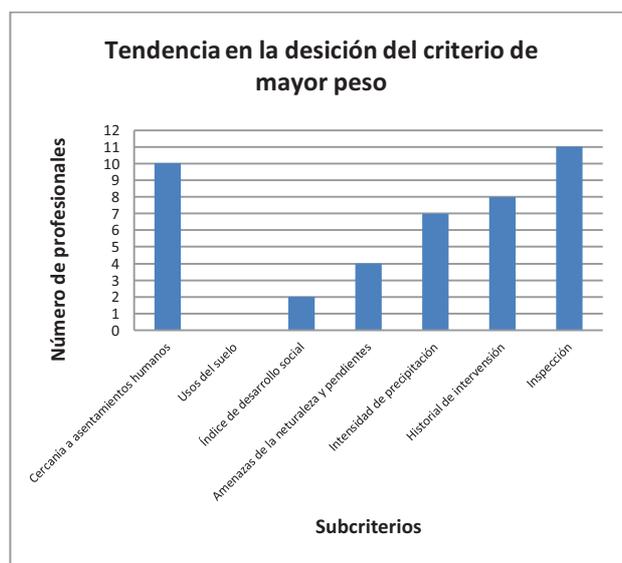
Ponderación de subcriterios

La ponderación final de los subcriterios considerados muestra que en la población consultada, en su mayoría son ingenieros de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, el criterio socioeconómico es el que posee mayor importancia (38%), seguido, con un 2% menos, el criterio de infraestructura (36%) y por último el criterio ambiental con un 27%.

El subcriterio que posee mayor peso es el de inspección, además, éste posee el coeficiente de variación menor. Las demás variables poseen altos coeficientes de variación, lo que demuestra que en general, se considera al factor inspección como uno de los más importantes a la hora de decidir dónde invertir.

El hecho de que la inspección sea el elemento de mayor peso muestra la tendencia de reparar lo que se encuentra dañado, en lugar de realizar una verdadera planificación, en cuyo caso el factor del historial debería poseer una mayor valoración. En la figura 53 se muestra cómo la mayor parte de los profesionales consultados se inclinaron por dar mayor importancia a la inspección, lo cual podría interpretarse como un vicio administrativo.

Figura 53. Tendencia en la decisión



(Fuente: Autor)

Cabe destacar que en la figura anterior existen casos donde dos criterios poseen la máxima ponderación, por lo cual fueron contabilizados a ambos subcriterios.

MPOID

En la figura 43 se muestra cómo las áreas de influencia de las estructuras, las cuales se conforman por círculos de un radio de 725 m, quedan claramente marcadas en los lugares donde las condiciones no son óptimas, además se demuestra cómo la combinación de una estructura en mal estado y un asentamiento humano, provoca que la necesidad de inversión sea superior.

Otro punto donde se puede ver el efecto de las amenazas de la naturaleza es cerca del centro del distrito de Cot, donde existen zonas de deslizamiento. Éstas combinadas con el mal estado de la estructura y la densidad de viviendas presenta puntos donde la prioridad es alta.

Los tres subcriterios que presentan la más alta importancia son: inspección, cercanía de asentamientos humanos e historial de intervención, por lo tanto es apreciable que en los centros de población es donde se presentan las zonas de mayor necesidad. El mal estado de gran parte de las estructuras se hace notar, formando un corredor a lo largo de la red vial.

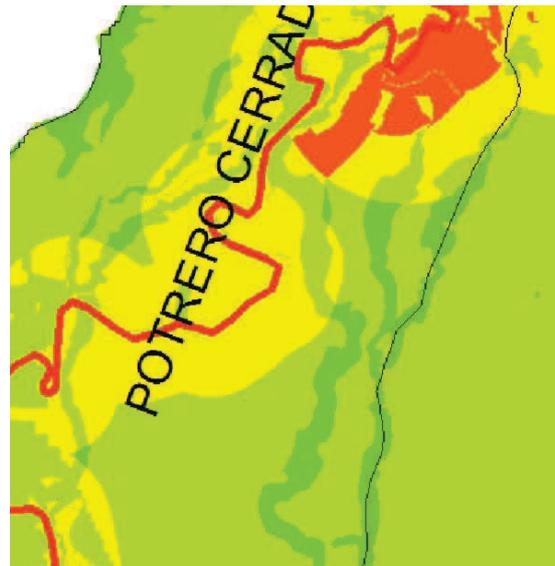
El modelo cuenta con la información completa únicamente para los dos tramos inspeccionados, los cuales se distinguen con facilidad pues se observan los círculos debidos a las áreas de influencia y en toda esta longitud de carreteras, se logra ver que el estado general es deficiente, pues en general presentan entre media y alta necesidad de inversión, esto principalmente en el tramo que une a los distritos de Cipreses, Cot y San Rafael. Estos 10 kilómetros presentan zonas de deslizamiento a todo lo largo de la vía.

Respecto a los usos del suelo, la mayor parte del cantón se ubica entre usos de clasificación 3 y 4, por lo que este factor provoca un aumento general en el nivel de priorización, sin embargo, existen zonas donde se presentan cambios de uso que va de cultivos a bosques, éstos se ven reflejados en una disminución del nivel de prioridad.

En la figura 54 se muestra cómo los cambios del suelo generan vetas, que ocasionan cambios en los niveles de prioridad.

El distrito de Potrero Cerrado posee en más bajo IDS del cantón, sin embargo en las zonas donde se realizó inspección, la densidad de viviendas es bastante baja, por lo que la mayor parte de la zona se ubica en una necesidad media de intervención.

Figura 54. Efecto del cambio de uso del suelo

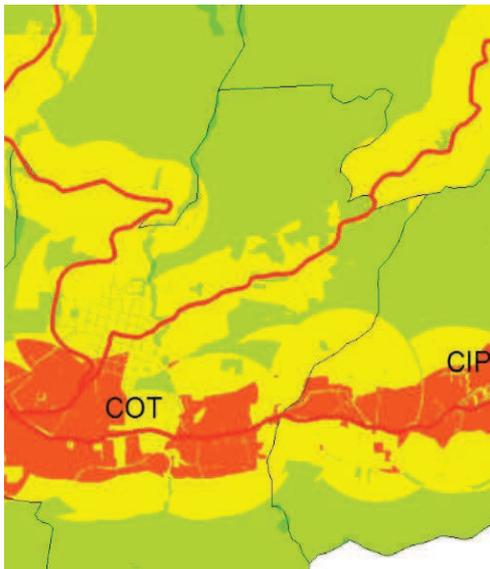


(Fuente: Autor)

Como era de esperar, al encontrarse la mayor parte de las estructuras en condiciones similares y con características de conservación también parecidas, la decisión de intervenir en determinado tramo de una ruta estaría definido por la cantidad de población que se ve afectada por dichas estructuras, además seleccionando distritos con niveles de desarrollo inferiores.

El subcriterio de cercanía a los asentamientos humanos ocasiona que las zonas cercanas a los centros de población posean un nivel de prioridad superior a las demás. Ver figura 55.

Figura 55. Aumento de prioridad por cercanía a asentamientos humanos

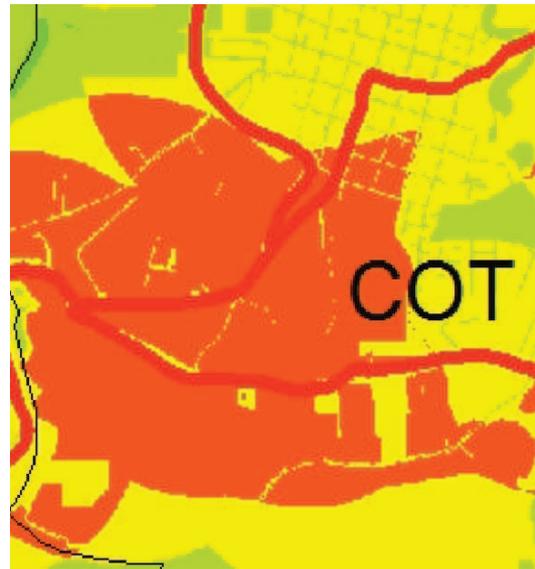


(Fuente: Autor)

En los centros poblacionales de los distritos de Cipreses y Cot se generan manchas de mayor necesidad de inversión, producto de la mayor densidad de viviendas y de esta manera un mayor número de personas se verían afectadas por los fenómenos debidos al estado de las estructuras, además, la cantidad de usuarios de la vía se relacionan con esta densidad de viviendas, por lo que se estaría invirtiendo en zonas de mayor tránsito.

Al utilizarse las UGM para considerar la cercanía a asentamientos humanos, éstas no consideran las carreteras, es por ello que se observan líneas donde se produce una reducción en los valores (ver figura 56). La interpretación en estas zonas debe ser con criterio pesimista, es decir, tomar el valor más alto, de manera que siempre, en estas circunstancias, se utilice el nivel más crítico de prioridad.

Figura 56. Efecto de las UGM



(Fuente: Autor)

Al otorgarle mayor importancia a las variables socioeconómicas, como es el caso de la figura 44, las zonas de mayor necesidad se relacionan con los centros de población, donde existe mayor densidad de viviendas.

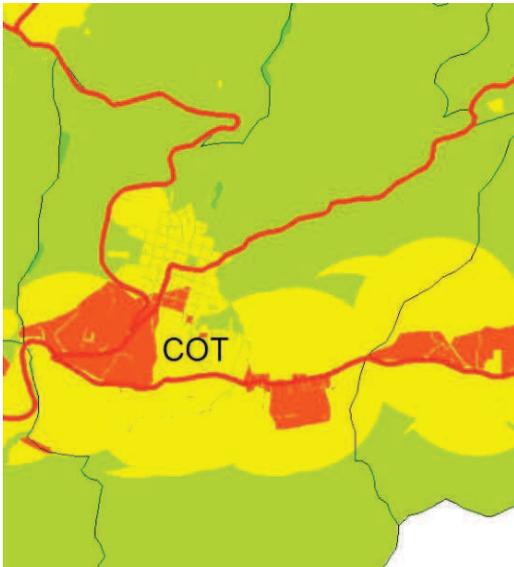
En este escenario se reducen las zonas de necesidad alta, y se aumentan las de nivel medio, en los distritos de Santa Rosa y Potrero Cerrado las zonas de necesidad alta desaparecen debido a su escasa población.

Las vetas que se observan con la ponderación promedio desaparecen, aumentando al siguiente nivel estas zonas.

En cuanto a zonas críticas, esta valoración no provoca un aumento, dado que existe un uso del suelo con valoraciones similares en la mayor parte del cantón y los IDS de estos distritos varían entre valoraciones de 3 y 2, por lo que no existe un cambio abrupto.

En este escenario los subcriterios socioeconómicos representan un 50%, además sólo la cercanía a asentamientos humanos comprende una cuarta parte de la evaluación, por lo tanto tiende a generar zonas críticas únicamente en sectores aledaños a los centros de población. Ver figura 57.

Figura 57. Focalización de zonas de alta prioridad cerca de los centros de población



(Fuente: Autor)

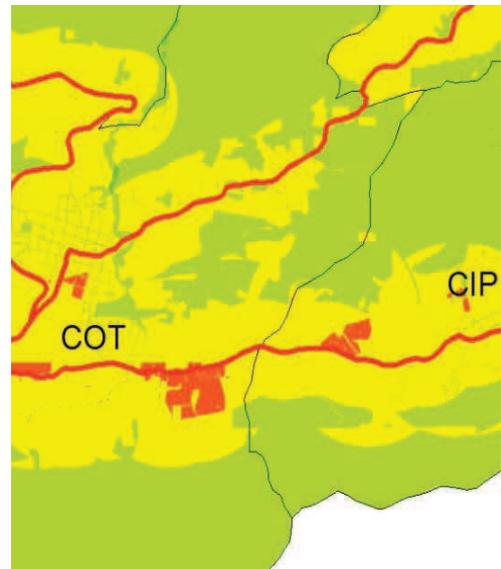
En un tercer escenario planteado, donde el mayor peso los toman las variables ambientales, se observa que existe mayor uniformidad en las evaluaciones, ya que la mayor parte del cantón posee una topografía similar al igual que la intensidad de lluvia que oscila entre valoraciones de 1,2 y 3.

Esta ponderación tiende a generalizar las necesidades de inversión en lugares con características topográficas similares, además no permite observar el efecto de los sistemas de drenaje en las poblaciones aledañas.

El efecto producto del tipo de uso del suelo se hace notable y los círculos debidos a las áreas de afectación de las estructuras de drenaje se cortan. Ver figura 58.

Esta evaluación presenta la desventaja de que se le asigna una ponderación muy alta a la intensidad de precipitación, éste es el subcriterio que presenta la mayor incertidumbre, ya que los datos que se utilizan se encuentran en escala de 1:500000, con tamaño de pixel de 500m, por lo que este escenario introduce un mayor error al modelo y los resultados que se obtienen no son tan significativos como los observados en otras circunstancias.

Figura 58. Reducción de zonas de alta prioridad debido al aumento en las variables ambientales



(Fuente: Autor)

Análisis de sensibilidad

En la figura 46 se observa cómo se reflejaría el hecho de que todas las estructuras estuvieran en muy buen estado, es decir, reparar las estructuras que presentaron alguna patología, sin importar su severidad. Además del hecho de que el historial de intervenciones también se vería afectado, puesto que tiene relación directa con el estado de las estructuras.

Esta intervención tendría un costo de \$44.888.653,84 y afectaría a 68 estructuras, de las 94 inspeccionadas, las labores se realizarían en un total de 15 kilómetros, pero implicaría reducir a bajo el nivel de prioridad de toda la red vial levantada.

Se observan pequeñas manchas cerca de los centros de población, principalmente San Rafael, donde se ubicarían las zonas de mayor necesidad, protegiéndose de esta manera los sitios donde el sistema de drenajes fluviales resulta más costoso, afecta mayor población y transitan más vehículos. Ver figura 46 y 59.

Figura 59. Efecto de las intervenciones en el tramo 1



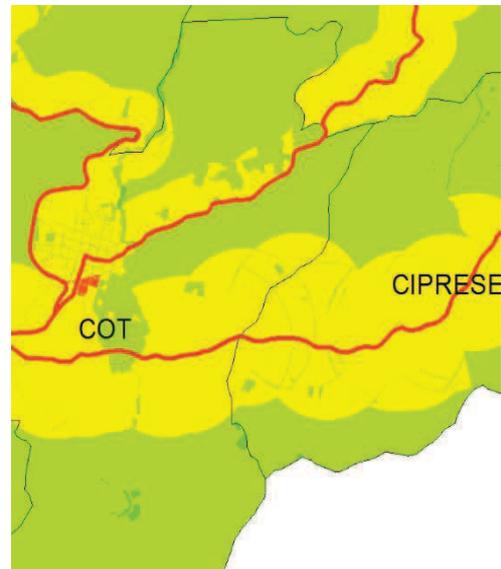
(Fuente: Autor)

Si se presentase este escenario hipotético, se debe de proceder por dar mantenimiento inicialmente en las rutas nacionales en las secciones que atraviesan los centro de población, esto inicialmente, y luego alejarse gradualmente.

Si se corrigen las patologías de las estructuras que poseen una evaluación mala (ver figura 47), se intervendrían 8 estructuras, por un monto de ₡ 1.837.758,84, ante esta situación se logran observar claramente las áreas de afectación involucradas, ya que reducen 1 ó 2 niveles en la escala de prioridad. En los centros de población pasa de un nivel alto a uno medio, y en zonas un poco más alejadas se pasa de un nivel alto a uno bajo o medio.

Por lo que se puede apreciar un cambio escalonado, manteniéndose, la necesidad de intervención, primero cerca de los poblados. Ver figura 60.

Figura 60. Efecto de las intervenciones en el tramo 2, estructura de mala a muy buena



(Fuente: Autor)

En esta condición no existe ningún sitio de los tramos inspeccionados, que posea un nivel de prioridad mayor a medio, con lo cual, ante una inversión de menos de dos millones, donde la mayor parte de las labores corresponden a limpieza, se presenta una mejoría considerable de las condiciones.

Un cuarto escenario supone la reparación de las estructuras que presentan una evaluación muy mala, esto se encuentra representado en la figura 48, donde se intervendrían 56 estructuras por un monto de ₡ 42.930.398,99, representando esto el 94% del total de las necesidades de inversión.

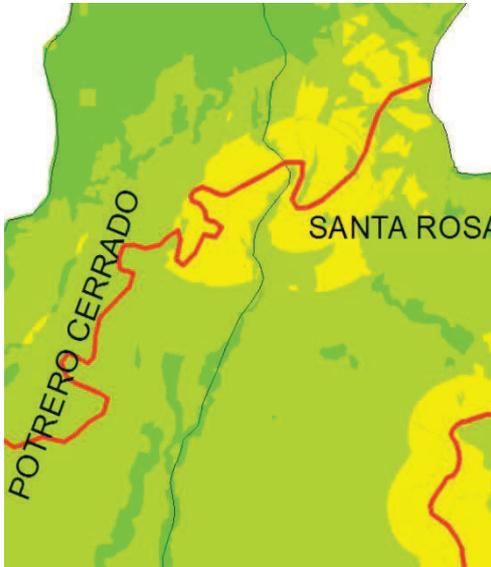
Ante este hecho hipotético, en el tramo 1, en los distritos de Santa Rosa y Potrero Cerrado, debido a que la mayor parte de las estructuras se encuentran en muy mal estado, se presenta un cambio a un nivel de prioridad medio. Ver figura 61.

Inicialmente, entre Cot y San Rafael, las condiciones existentes eran casi en su totalidad de nivel alto, mientras que con las intervenciones planteadas, las cuales en su mayoría corresponden a limpieza, se reduce en un nivel en algunos sectores y hasta en dos, quedando en un nivel bajo de prioridad. Ver figura 62.

De la misma manera que en los casos anteriores, los sitios que poseen un nivel superior

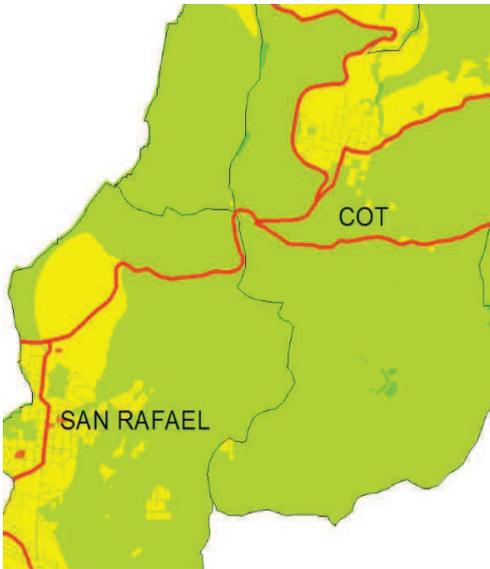
de prioridad corresponden a sitios donde la densidad de viviendas es mayor.

Figura 61. Efecto de las intervenciones en el tramo 1, estructuras de muy mala a muy buena



(Fuente: Autor)

Figura 62. Efecto de las intervenciones en el tramo 2, estructuras de muy mala a muy buena



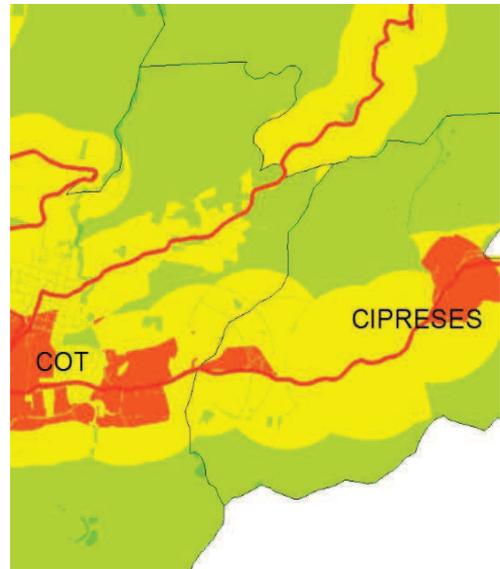
(Fuente: Autor)

En las figuras 61 y 62 anteriores se logra observar lo descrito respecto al escenario donde

las estructuras intervenidas pasan de una evaluación muy mala a una muy buena.

Por último se plantea la situación de corregir las patologías de las estructuras con una evaluación media, esto representado en la figura 49, siendo éstas las que representan menor cantidad, ya que únicamente son 4, cuyo costo de reparación es de ₡ 120.496,01, con estas reparaciones se observa que el mayor cambio se produce entre Cot y Cipreses, donde se reduce de un nivel alto de prioridad a uno medio, mientras en las demás zonas no existe un cambio muy notorio. Ver figura 63.

Figura 63. Efecto de las intervenciones en el tramo 2, estructuras de regular a muy buena



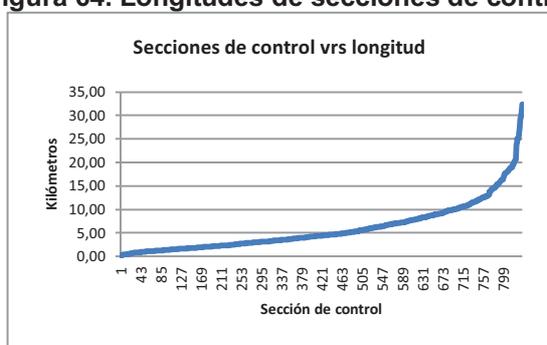
(Fuente: Autor)

Ante estos posibles escenarios de conservación, los cuales se realizaron considerando la ponderación promedio, pues se determinó que ésta es la más representativa, para fines de determinar zonas que requieran intervención, se demuestra la sensibilidad del modelo ante posibles cambios debidos al mantenimiento que deben de estar sometidas las estructuras de drenajes pluviales y fluviales.

Secciones por intervenir

Debido a que la unidad de intervención utilizada por el CONAVI, la sección de control, presenta dimensiones muy variables y en algunos casos de gran magnitud, tal como se observa en la figura 64; se definen longitudes máximas y mínimas por intervenir. Esto relacionado a los tamaños promedio de las secciones de control, de esta manera, cuando existen zonas de necesidad de intervención se deben considerar estas dimensiones

Figura 64. Longitudes de secciones de control



(Fuente: Autor)

Las secciones de control se refieren a intervalos o segmentos en que se dividen las rutas administradas por CONAVI, algunos datos importantes de éstas se muestran en el cuadro 47.

Características de las secciones de control	
Cantidad de secciones de control	839
Máximo (Km)	32,29
Promedio (Km)	5,97
Mínimo (km)	0,23

(Fuente: Autor)

Para la zona de conservación 1-7, donde se ubica el cantón de Oreamuno, las

características de las secciones de control se presentan en el cuadro 48.

Cantón	Long. Total (km)	Cantidad de S.C	Long.Prom. S.C. (km)
Curridabat	3,28	2,00	1,64
Cartago	59,38	19,00	3,13
la Unión	34,09	10,00	3,41
Alvarado	4,76	1,00	4,76
Oreamuno	44,82	9,00	4,98
Desamparados	11,88	2,00	5,94
El Guarco	50,12	6,00	8,35
Paraíso	9,21	1,00	9,21
Dota	12,49	1,00	12,49

(Fuente: Autor)

Con lo expuesto anteriormente se pretende determinar una unidad de intervención distinta a la sección de control, que sea de menor magnitud y por lo tanto más precisa en cuanto a las zonas que requieren trabajos de conservación.

Ante estos datos se define como longitud máxima de intervención, secciones de 5 kilómetros y como longitud mínima 500 metros, por lo tanto, si existen secciones de más de 5 kilómetros que requieren intervención, deben subdividirse de manera que no se supere la longitud máxima, esto para trabajar por etapas, mientras que si se desea intervenir secciones pequeñas, estas deben ser al menos de 500 metros, salvo los casos en los cuales las secciones de control tienen longitudes menores a 500 metros, ante esta situación se debe intervenir toda la sección.

LIMITACIONES

- Para llevar a cabo la aplicación del MPOID se requiere el inventario e inspección de la red vial nacional, además, este inventario debe de responder a los campos requeridos para completar el modelo, como lo son patologías, costo de reparación y la posición de la estructura.
- Para realizar la inspección se necesita de equipo de posicionamiento global (GPS), para ubicar en el espacio las estructuras, además el personal que lleve a cabo las inspecciones debe de ser medianamente calificado, para poder determinar adecuadamente las patologías existentes, además de la operación del equipo.
- La información que se utiliza se pretende que sea de la mayor calidad posible, esto respecto a las escalas, sin embargo, existen ciertos subcriterios que poseen escalas poco precisas, como lo es el criterio de intensidad de lluvia, éste tiene un tamaño de pixel de 500m, sin embargo, esta es la única existente y la inversión requerida para mejorarla es muy elevada y no se justifica. Para reducir este tipo de errores, a los elementos que son puntuales o vectoriales, se les ha determinado un área de influencia, aumentando de esta manera las zonas que afectan. Esto reduce el error, sin embargo, es imposible eliminarlo.
- Se requiere de la constante actualización del modelo para que éste sea efectivo, dicha actualización se debe realizar al menos una vez al mes, ya que los informes donde se indican las labores de conservación realizada son mensuales.
- El modelo no considera directamente la importancia de la carretera, sin embargo, para completar la información se requiere inspeccionar las rutas nacionales, por lo tanto, dicha inspección debe realizarse primero en las rutas de mayor importancia y de esta manera priorizar la inversión inicialmente en estas vías.
- El MPOID no pretende proyectar el estado de las estructuras de drenaje en el tiempo, ya que generar curvas de deterioro para estos elementos es sumamente complejo, debido a los diversos factores que podrían influir en éstas, este modelo únicamente muestra las condiciones de la zona en que se encuentra inmersa la red vial, de esto deriva la importancia de la constante actualización de la información.
- Diferente calidad en las hojas 1:10000 de usos del suelo, lo cual hace que en distritos como Cipreses la información sea menos detallada que en el resto, provocando una reducción en la exactitud de los datos.
- La inspección se debe limitar, en estructuras de drenaje transversal, a pasos de alcantarillas de no más de 6 metros de claro, y 12 metros de luz compuesta cuando se trate de varias alcantarillas, esto según la clasificación realizada por autores estadounidense (Cornero, 1996)

CONCLUSIONES

- En los dos tramos inspeccionados se pudo corroborar el mal estado en que se encuentran las estructuras de drenaje, se determinó que el 60% de éstas presenta una evaluación de muy mala, esto quiere decir que no están cumpliendo con su función, afectando a las poblaciones vecinas, los usuarios y además provocando deterioro en la superficie de ruedo. Si estas patologías no se corrigen, provocará que la administración deba incurrir en mayores gastos, ya que en lugar de necesitar únicamente limpieza, se necesitará la reconstrucción de las estructuras e inclusive de la superficie de ruedo. Todo esto se debe al rezago existente en materia de conservación vial, a la inexistencia de una verdadera cultura de planificación y por ello la manera de operar muchas veces reactiva. Es necesaria la creación de herramientas que ayuden a corregir esta situación, ayudando a las autoridades encargadas de la conservación vial a tomar decisiones basadas en criterios técnicos, que sean medibles y comparables, de manera que se evite la interferencia de factores externos que entorpezcan la función de la institución.
- El primer paso para desarrollar una verdadera planificación debe ser la realización del inventario de todas las estructuras de drenaje, georeferenciándolas, y caracterizándolas. Además es necesario inspeccionar y determinar las patologías que estas presentan. Para ello se recomienda la implementación de la herramienta desarrollada por el Ingeniero Daniel Rivera.
- El Modelo de Priorización de Inversiones en Obras de Infraestructura de Drenajes (MPOID) es una herramienta que permite la gestión a nivel de red, ayudando a la administración a tomar decisiones relacionadas con las políticas y métodos requeridos para garantizar la adecuada conservación de las obras de drenaje.
- La utilización de métodos de evaluación multicriterio permite considerar diferentes opiniones de profesionales involucrados en la conservación vial. Sin embargo, su utilización genera coeficientes de variación muy altos, pues lo que se solicita es una opinión subjetiva de los métodos de conservación vial. Es por ello que se presentan 3 distintos escenarios con tres diferentes ponderaciones, donde se observa que el escenario que presenta mayores zonas de alto nivel de prioridad corresponde a la ponderación promedio.
- Se considera la utilización del escenario obtenido mediante la valoración promedio como el más óptimo para representar las condiciones existentes, ya que es éste el más sensible a cambios debidos a las labores de conservación.
- El modelo es sumamente sensible ante las variaciones debidas a las labores de conservación. Cualquier trabajo de conservación en las obras de drenaje provoca cambios en los subcriterios de infraestructura, inspección e historial de intervenciones.
- Las labores de conservación deben realizarse iniciando en los centros de población e irse alejando a la periferia. De esta manera se afectarían las zonas con estructuras más caras, con mayor cantidad de usuarios y mayor incidencia en la población.
- El modelo no considera la importancia de la ruta, ya que esto debe ser considerado en un modelo de priorización de inversiones para la superficie de ruedo. Esto siguiendo la filosofía de que es necesaria la desagregación de las estructuras que conforman el corredor vial.

- Se debe completar la información necesaria para el MPOID en las principales rutas del país. Así se puede garantizar que son estas las que presentarán condiciones de drenaje en mejor estado. Esto quiere decir que es necesario el inventariado e inspección de las estructuras de drenaje en las rutas con mayor incidencia en el tránsito y economía de cada zona de conservación. Se debe iniciar el proceso de inventario e inspección en las rutas primarias, luego las secundarias y por último terciarias y de travesía.
- En el tramo 1 las zonas de prioridad alta de inversión representan aproximadamente 2000 metros y 3000 metros presentan un nivel medio de prioridad. En el tramo 2 la mayor longitud que presenta una prioridad alta es de 3700 metros, sin embargo, existen en este tramo 9450 metros con un nivel alto de prioridad, representando un muy alto porcentaje del total inspeccionado, mientras que apenas 550 metros se encuentran en zonas de mediana prioridad.
- El tramo 1 puede ser intervenido sin realizar ninguna subdivisión, considerando que son 5 kilómetros, mientras que el tramo 2 se debe realizar en dos etapas, cada una de 5 kilómetros, esto basado en lo determinado en el apartado de análisis de resultados, justificado con las longitudes promedio de las secciones de control, además de representar longitudes manejables.
- Si se realiza lo planteado en el escenario 2 del análisis de sensibilidad, con una baja inversión se logra disminuir gran cantidad del área inspeccionada a un nivel de mediana prioridad, es más barato y efectivo primero corregir los daños en las zonas donde las estructuras no se encuentran en un muy mal estado y posteriormente corregir los daños más severos.

RECOMENDACIONES

- Es muy necesario inventariar la infraestructura de drenaje existente, por lo que se recomienda realizar estas labores lo antes posible.
- Realizar convenios con otras instituciones es una manera de obtener información reciente y de calidad. Por ejemplo, la información que posee el Instituto Nacional de Estadística y Censos es sumamente necesaria para la aplicación del modelo, pero también podría tener otros usos, debido al nivel de detalle que posee.
- Es necesario realizar modelos de priorización de inversión para las demás partes del corredor vial, superficie de ruedo, obras geotécnicas, etc. Esto para complementar la información y tener una visión completa de la red vial.
- Una vez aplicado el modelo, en un período de un año se debe realizar una nueva ponderación de los subcriterios, mediante consulta a profesionales. Esto para considerar las variaciones en los métodos de trabajo, ante la implementación de la herramienta.
- Aplicar el modelo a manera piloto en una zona de conservación completa. Esto para observar su comportamiento y la acogida que tiene por parte de los ingenieros a cargo.
- La actualización de los datos de inspección e historial de intervenciones debe realizarse al menos una vez al mes.
- Es necesario aprovechar al máximo las herramientas tecnológicas para mejorar la gestión pública. La utilización de elementos como GPS, distanciometros, cámaras fotográficas digitales, hojas de Excel, formularios actualizados que permitan recoger las características esenciales de los elementos, además de herramientas para procesar la información recogida mediante la inspección, lo cual es indispensable.
- La representación de los elementos inspeccionados, mediante sistemas de información geográfica, es una manera efectiva de dar seguimiento al estado de las estructuras, además permite al ingeniero encargado de la zona de conservación respectiva, ubicarlas y realizar presentaciones que permitan observar las labores realizadas.
- Se recomienda utilizar como sección máxima por intervenir, tramos no mayores a 5 kilómetros y no menores a 500 metros. Esto debido a que son longitudes manejables y fácilmente medibles en la cartografía. La longitud máxima responde a un valor cercano al promedio de las secciones de control, mientras el valor mínimo es cercano al promedio de las secciones de control con longitudes menores a 1000 metros.
- Las secciones de control son divisiones poco útiles si se consideran intervenciones puntuales. Es necesaria la migración a otro tipo de elementos que permitan obtener información más detallada. Elementos como las unidades geoestadística mínimas son una opción, ya que tienen dimensiones pequeñas y la cartografía existe, además se pueden relacionar con poblados, viviendas, puntos de referencia específicos, etc.
- Es necesaria la generación de una base de datos donde se incluyan las labores realizadas mensualmente, donde consten, los montos invertidos y el profesional o la empresa responsable. Esta base de datos se puede alimentar de los informes mensuales entregados por los organismos de inspección, pero se debe incluir información como la posición geográfica mediante coordenadas y definir períodos

máximos que los diferentes sectores pueden estar sin mantenimiento.

- Se recomienda implementar micro empresas de conservación, para garantizar el buen estado de las vías, además facilitar la actualización de la información, ya que estas empresas prestarían sus servicios en tramos de aproximadamente 10 kilómetros, donde se podría realizar la inspección de las

estructuras una vez al mes y realizar informes más detallados acerca de las intervenciones realizadas.

- Colocar en las estructuras de drenaje alguna identificación con el código que se le ha asignado, que permita ubicarla fácilmente en una base de datos cuando se reciban reportes por parte de los usuarios o para actualizar su información producto de la inspección.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Aparicio Florido, J. A. (Octubre de 2003). *International Association of Emergency Managers*. Recuperado el 10 de Octubre de 2012, de <http://www.iaem.es>
- Aparicio Mijares, F. J. (1999). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Limusa.
- Arancibia , S., Contreras, E., Mella, S., Torres, P., & Villablanca, I. (s.f.). *Evaluación multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva*. Chiledeportes.
- Archondo, R. (julio de 2004). *Roads Economic Decision Model, Software User Guide and Case Studies*. Recuperado el 15 de julio de 2012, de <http://web.worldbank.org>
- Archondo, R., & Heggie, I. (4 de abril de 1999). *Road User Charges Model*. Washington: The World Bank.
- Arias Chacón, S. (2010). Recomendación hidrológico – hidráulica para controlar el agua de escorrentía sobre tramos críticos de la carretera del cantón de Oreamuno. *Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción*. Catago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Asamblea Legislativa de La República de Costa Rica. (29 de mayo de 1998). Ley 7798: Creación del Consejo Nacional de Vialidad. San José, Costa Rica.
- Aznar, J., & Guijarro, F. (s.f.). *Nuevos métodos de valoración*. Recuperado el 14 de julio de 2012, de Universidad Politécnica de Valencia: <http://www.upv.es/>
- Barquero Solano, E. (1998). *Conservación de caminos, un modelo participativo*. San José: MOPT-GTZ.
- Burrough, P. (1986). *Principles of geographícal information systems for land resources assesment*. Oxford.
- Campos Aranda, D. (2008). Calibración del método racional en ocho cuencas rurales menores de 1,650 km² de la región hidrológica No. 10 (Sinaloa), México. *Agrociencia*, 42(6).
- Carreras Monfort, C. (s.f.). *Sistemas de información geográfica, nuevas técnicas para la arqueología*. Universidad Oberta de Cataluña.
- Consejo Nacional de Vialidad. (2011). *Resumen de imprevisibilidades*.
- Consejo Nacional de Vialidad. (s.f.). *Proyecto de Conservación Vial, Red Vial Pavimentada, Licitación Pública No. 2009LN-000003-CV*.
- Cornero, G. (1996). *Proyecto, construcción y conservación de alcantarillas*. Rosario: UNR.
- Crespo Villalaz, C. (2010). *Vías de comunicación. Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. México: Limusa.
- Dirección de Vialidad. (Noviembre de 2010). *Proyectos de Conservación Periódica de Caminos Pavimentados en Chile*. Chile.

- Dirección de vialidad. (2012). *Manual de carreteras*. Chile: Dirección General de obras públicas, Ministerio de obras públicas.
- Dobles Umaña, M. (2006). *Trazado y diseño geométrico de vías*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Escobar, M., & Moreno, J. (1997). Problemas de gran tamaño en el Proceso Analítico Jerárquico. *Estudios de Ecanomía Aplicada*, 25-40.
- Esquivel, L., Segura, N., Chacón, J., & Salazar, R. (1993). *Uso del suelo con fines constructivos en áreas de amenaza natural*. San José: Comisión Nacional de Emergencia.
- Fallas, J. (2011). Sistemas de información geográfica, Que es un SIG? Costa Rica: Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales.
- Flintsch, G., & Medina, A. (3-6 de Agosto de 2010). Sistema de Gestión de infraestructura. San José, Costa Rica.
- Flores Verdejo, R., Salas Jiménez, J., Astorga Molina, M., & Rivera Ugarte, J. (2010). *El impacto económico de los eventos naturales y antrópicos extremos en Costa Rica, 1988-2009*. San José: MIDEPLAN.
- Günther Vahrson, W., Cartín Herrera, N., & Patterson Casanova, O. (1992). Las avalanchas e inundaciones de julio de 1987 en las cuencas del río Grande de Orosi y río Pejibaye: Un estudio de caso. *Revista Geográfica de América Central*, 323-340.
- Gutiérrez Palacios, J. (s.f.). *Cartomap*. Recuperado el 28 de octubre de 2012, de <http://cartomap.cl/>
- Hinojosa, S. (2009). Introducción al análisis de costo beneficio en esquemas de asociación público-privada. Un enfoque del PIAPPEM. *Primer encuentro técnico sobre la estructuración de proyectos de asociación público-privada*. México DF.
- Hudson, N. (2006). *Conservación del Suelo*. Barcelona: Reverté.
- Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *El sistema de referencia CR05 y la proyección transversal de mercator para Costa Rica CRTM05*. San José: Unidad ejecutora del programa de regularización del registro y catastro.
- Justel, D., Pérez, E., Vidal, R., Gallo, A., & Val, E. (26-28 de Septiembre de 2007). XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. *Estudio de Métodos de Selección de Conceptos*. Lugo.
- Keller, G., & Bauer, G. (2004). *Caminos rurales con impactos mínimos*. Guatemala: Servicio forestal USAID-DGC.
- Keller, G., & Sherar, J. (2005). *Ingeniería de Caminos Rurales*. México DF: Instituto Mexicano del Transporte.
- Kerali, H. (2001). *Visión General de HDM 4*. Paris: The World Road Association.
- León Peláez, J. D. (2001). *Estudio y control de la erosión*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Levin, R., & Rubin, D. (2004). *Estadística para administración y economía*. México: Pearson Educación.
- MAG-MIRENEH. (13 de abril de 1994). Decreto No. 23214-MAG-MIRENEH. *Metodología determinación capacidad uso tierras Costa Rica*. San José.
- MIDEPLAN. (2007). *Índice de Desarrollo Social 2007*. San José: MIDEPLAN.

- Miller, I., & Freud, J. (2004). *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. México: Reverté.
- MINAE. (20 de febrero de 2006). Decreto 32967. *Manual de instrumentos técnicos para el proceso de evaluación de impacto ambiental (Manual de EIA)*. San José.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito* (Vol. 1). Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Miranda Salas, M. (2007). Sistemas de información geográfica: Definición, componentes y etapas para su implementación. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Forestales.
- Morris, E. (1982). Mixed-population frequency analysis. *Training document 17 of hydrologic engineering center*, 43.
- Murillo Miranda, M., & Romero Vargas, L. (s.f.). *Elaboración de mapas de amenazas y recursos*. San José: Comisión Nacional de Emergencias, Dirección de Planes y Operaciones.
- Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. (s.f.). *OVSICORI-UNA*. Recuperado el 17 de setiembre de 2012, de <http://www.ovsicori.una.ac.cr>
- Olivera Bustamante, F. (1999). *Estructuración de vías terrestres*. México: Compañía Editorial Continental, S.A .
- Orozco Orozco, E. (2007). Zonificación Climática de Costa Rica par la Gestión de infraestructura vial. *Informe de Proyecto de Graduación para Optar por el Grado de Licenciatura en Ingeniería Civil*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Peña Llopis, J. (2006). Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. *Norte Grande*, 97-101.
- Pilgrim, D., & Cordery, I. (1993). Flood runoff. En *Handbook of Hidrology* (págs. 9.1-9.42). New York: MagGraw Hill.
- Provias Descentralizado. (abril de 2006). *Plan Vial Participativo de la Provincia de Anta*. Recuperado el 12 de julio de 2012, de Proviasdes: <http://www.proviasdes.gob.pe>
- Quijada Barrera, J. M. (2007). *Diseño de puente colgate aldea pueblo nuevo y red de alcantarillado sanitario para la aldea Tizubín, San Jacinto, Chiquimula*. Ciudad de Guatemala: Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ramírez Escribano, O. (2011). *Amenaza volcánica*. Cartago: Apuntes del curso Geología Aplicada, Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Red Sismológica Nacional. (2005). *Los principales volcanes activos de Costa Rica: Rincón de la Vieja, Arenal, Poás e Irazú*. San José: Universidad de Costa Rica, Escuela de Geología.
- Red Sismológica Nacional. (s.f.). *La vulnerabilidad sísmica de Costa Rica*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Rivera Meneses, D. (Julio de 2012). Modelo para vincular las actividades de inventario, inspección y costo de mantenimiento del drenaje superficial de carreteras. *Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Roche, H., & Vejo, C. (2005). *Métodos Cuantitativos Aplicados a la*

Administración. *Análisis Multicriterio en la Toma de Decisiones*.

Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: Gráficas Algorán S.A.

Salazar Vindas, S., & Montero Sánchez, A. (1992). *Resumen Histórico Sobre Desastres en Costa Rica*. San José: Comisión Nacional de Emergencias.

Sánchez Campos, K. (2002). *Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae del Centro Agronómico Tropical de Investigación, Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del recurso hídrico en la cuenca del río Sarapiquí, Costa Rica*. Turrialba: CATIE.

Sánchez, G. (2003). *Técnicas Participativas para la planeación*. México DF: Fundación ICA.

Soto Holt, A. (2009). Estudio estadístico para la validación del muestreo geoquímico en perforaciones de producción, mina aurífera Arenal, Minas de Corrales, Rivera,

Uruguay. *Tesis de grado para optar por el título de Licenciado en Geología*.

Motevideo: Universidad de la República.

Suárez, D. (1980). *Conservación de suelos*. San José: IICA.

Sub-Saharan Africa Transport Policy Program. (diciembre de 2008). *A User Guide to Road Management Tools*. Recuperado el 15 de julio de 2012, de World Bank: <http://web.worldbank.org>

Urban Drainage and Flood Control District. (2007). *Drainage Criteria Manual*. Denver: Urban Drainage and Flood Control District.

Walker, G. (1882). Riesgos volcánicos. *Boletín de vulcanología*, 41.

Zingg, A. (1940). Degree an length of land slope as it affects soil loss in runoff. *Agricultural Engineering*, 59-64.

ANEXOS

Anexo 1: Índice de desarrollo social distrital MIDEPLAN

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDR 2007
10101	Carmen	83,4	23,1	94,9	94,5	89,3
10102	Merced	35,0	19,5	81,0	81,9	65,4
10103	Hospital	31,1	16,5	80,3	91,3	66,0
10104	Catedral	37,6	21,5	87,7	92,0	71,8
10106	Zapote	41,0	23,9	87,1	93,4	73,9
10106	San Francisco de Dos Ríos	46,1	24,2	90,6	89,5	75,4
10107	Urucá	38,9	22,3	72,6	69,5	61,1
10108	Mata Redonda	84,6	27,3	94,4	91,5	89,8
10109	Pavas	39,4	17,6	77,5	79,8	64,4
10110	Hatillo	23,1	17,6	79,3	82,4	60,8
10111	San Sebastián	25,7	19,4	80,6	77,9	61,2
10201	Escazu	89,9	32,3	83,1	91,7	89,6
10202	San Antonio	33,8	25,1	82,2	76,9	65,6
10203	San Rafael	100,0	31,4	91,4	84,5	92,8
10301	Desamparados	18,2	20,8	82,4	83,8	61,6
10302	San Miguel	17,6	16,2	67,2	80,9	54,5
10303	San Juan de Dios	14,7	16,2	73,4	58,3	45,4
10304	San Rafael Arriba	15,8	21,0	84,0	75,6	59,0
10305	San Antonio	35,1	25,7	84,3	96,5	72,8
10306	Frías	12,7	41,8	60,6	83,9	59,8
10307	Paterra	23,3	18,2	70,5	79,3	57,4
10308	San Cristóbal	12,5	47,2	58,3	76,7	59,1
10309	Rosario	12,2	40,5	42,6	56,4	45,3
10310	Damas	25,7	19,3	84,2	90,3	65,0
10311	San Rafael Abajo	21,7	16,9	79,2	96,8	64,2
10312	Gravitas	19,1	25,2	81,4	89,4	64,6
10313	Los Guindo	12,1	6,6	57,9	81,5	47,3
10401	Santiago	24,5	41,8	60,6	76,5	57,3
10402	Mercedes Sur	13,8	51,6	57,5	52,6	52,7
10403	Barbozas	14,9	48,3	68,1	67,8	59,8
10404	Grifo Alto	11,2	39,3	64,5	46,5	48,3
10405	San Rafael	13,4	60,9	57,2	69,7	57,4
10406	Candelaria	11,8	54,2	72,9	62,5	60,5
10407	Desamparaditos	17,0	64,7	73,2	65,6	66,3
10408	San Antonio	17,8	29,3	87,3	76,9	63,5
10409	Chiles	8,5	39,9	49,1	33,0	38,9
10501	San Marcos	16,8	33,3	46,4	70,8	60,1
10502	San Lorenzo	9,5	32,9	45,9	44,5	39,6
10503	San Carlos	4,9	43,0	48,0	56,3	45,5
10501	Aserri	13,8	24,1	50,7	76,4	49,4
10502	Tarbaca	31,4	28,7	44,1	54,4	47,6
10503	Vuelta de Jorco	14,6	37,0	51,0	66,1	50,5
10504	San Gabriel	14,8	33,7	51,1	76,6	52,8
10505	Legua	7,3	45,3	44,9	41,5	41,5

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDR 2007
10506	Montemey	10,4	46,2	40,0	53,9	45,0
10507	Santillos	13,7	18,5	45,2	77,7	45,4
10701	Colón	31,4	37,2	75,0	65,7	64,1
10702	Guayabo	14,0	33,1	41,6	70,5	47,6
10703	Taborcá	16,0	33,0	57,4	49,8	46,7
10704	Piedras Negras	13,8	61,2	65,7	45,9	56,0
10705	Picagres	12,4	61,9	57,3	33,5	49,4
10801	Guadalupe	41,3	22,2	87,7	92,4	73,3
10802	San Francisco	40,3	29,9	81,1	97,7	75,0
10803	Calle Blanco	33,5	23,8	85,6	78,1	66,4
10804	Mata de Platano	33,1	22,6	83,8	92,8	69,9
10805	Ipiá	23,6	18,9	76,9	77,3	59,0
10806	Rancho Redondo	33,3	29,8	71,5	83,5	65,3
10807	Punta	20,8	11,1	72,5	82,6	55,1
10901	Santa Ana	75,2	43,1	67,9	81,0	65,9
10902	Saltira	36,4	40,6	67,6	82,5	62,2
10903	Pozos	79,8	33,6	85,1	81,0	84,5
10904	Urucá	40,5	33,5	78,4	83,1	71,0
10905	Piedades	42,4	42,1	82,8	86,2	76,4
10906	Brasil	40,2	40,0	91,5	60,0	69,8
11001	Ajujeita	22,4	21,4	80,6	92,8	65,3
11002	San Josecito	14,0	21,3	77,7	83,3	59,9
11003	San Antonio	13,6	25,0	68,2	66,5	51,9
11004	Concepción	18,9	13,3	72,8	74,8	53,9
11005	San Felipe	23,1	12,6	65,5	80,6	54,5
11101	San Isidro	38,4	38,6	85,8	75,0	71,6
11102	San Rafael	31,9	42,2	72,2	82,1	65,7
11103	Dulce Nombre de Jesús	25,7	28,3	81,9	84,5	65,3
11104	Patalito	26,9	31,2	87,8	84,1	69,8
11105	Cacajal	23,9	34,2	66,1	69,5	55,7
11201	San Ignacio	14,8	51,4	65,1	76,5	63,1
11202	Guatí	8,4	29,4	74,3	44,7	45,9
11203	Palmichal	11,2	38,0	47,3	61,1	46,2
11204	Cangrejal	4,8	42,6	49,8	31,9	38,5
11205	Sabanillas	5,3	35,1	29,8	16,4	25,5
11301	San Juan	39,2	23,4	91,7	89,2	73,3
11302	Cinco Esquinas	34,4	17,2	85,4	84,1	66,5
11303	Anselmo Lorente	46,6	26,8	84,9	89,5	74,6
11304	León XIII	25,4	13,7	74,3	77,4	57,3
11305	Colma	22,2	22,2	84,7	83,8	64,0
11401	San Vicente	50,1	27,4	95,2	90,7	79,4
11402	San Jerónimo	16,6	26,6	85,6	77,7	62,1
11403	Trinidad	28,1	21,5	78,5	91,5	65,1
11501	San Pedro	59,5	26,3	89,2	95,4	81,5
11502	Sabanilla	59,7	32,1	89,4	92,6	82,5
11503	Mercedes	35,6	30,2	85,7	77,2	69,7
11504	San Rafael	38,1	25,3	75,7	85,9	68,0

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDB 2007
11601	San Pablo	14,9	82,2	52,1	54,9	61,3
11602	San Pedro	12,8	100,1	51,4	56,2	59,9
11603	San Juan de Mata	12,1	65,9	40,8	31,5	45,0
11604	San Luis	5,7	78,8	65,4	29,3	53,1
11605	Carara	10,5	87,1	50,5	41,4	56,9
11701	Santa María	17,5	26,9	46,2	55,4	43,8
11702	Jardín	8,5	17,4	45,3	22,9	30,0
11703	Copey	10,8	49,0	44,2	56,2	47,9
11801	Curridabat	55,1	27,7	86,3	79,5	74,9
11802	Granadilla	51,1	25,1	63,1	77,5	65,2
11803	Sánchez	92,9	42,2	100,0	83,5	96,2
11804	Tirrases	26,1	19,5	69,8	81,4	59,2
11901	San Isidro de El General	20,0	23,4	79,2	69,5	57,7
11902	El General	12,3	36,2	54,3	56,5	48,2
11903	Daniel Flores	17,6	34,0	81,4	76,9	60,0
11904	Rivas	10,6	41,6	57,8	52,4	48,6
11905	San Pedro	8,1	27,7	42,4	52,5	39,0
11906	Plataneras	8,7	33,3	48,6	44,2	40,2
11907	Pejibayé	7,7	30,0	49,2	37,1	36,9
11908	Cañon	6,7	27,5	45,8	51,9	39,9
11909	Barú	18,4	35,1	53,8	29,9	41,0
11910	Río Nuevo	5,9	42,7	50,4	34,4	40,1
11911	Pararito	9,1	36,7	45,4	41,5	40,2
12001	San Pablo	12,8	55,5	41,5	81,4	57,4
12002	San Andrés	7,6	44,7	52,0	49,5	46,2
12003	Llano Bonito	5,7	51,1	43,0	53,8	45,9
12004	San Isidro	7,9	45,6	43,6	60,3	47,1
12005	Santa Cruz	8,7	53,8	44,3	62,3	50,6
12006	San Antonio	7,4	67,3	52,8	59,9	56,2
12010	Alajuela	31,7	24,8	55,5	66,5	59,9
12012	San José	22,3	21,1	64,2	87,8	58,7
12013	Carrizal	21,2	33,7	38,6	87,7	54,3
12014	San Antonio	19,7	19,7	49,9	86,9	52,8
12016	Guácima	24,9	28,5	75,1	81,4	63,1
12016	San Isidro	22,7	23,9	47,7	68,3	48,7
12017	Gabarrilla	17,0	25,4	39,3	79,9	48,3
12018	San Rafael	27,6	20,9	54,8	85,2	56,6
12019	Río Segundo	31,4	22,0	52,5	82,5	66,5
120110	Desamparados	20,5	23,9	52,2	82,9	53,8
120111	Turricares	32,4	39,0	45,5	76,0	58,8
120112	Tambor	20,0	27,9	49,2	79,7	53,0
120113	Garrilla	40,4	29,1	59,6	75,4	61,4
120114	Sarapiquí	13,2	35,0	51,4	89,0	52,5
20001	San Ramón	28,3	34,3	87,1	85,3	70,7
20002	Santiago	15,2	33,0	51,7	63,1	60,1
20003	San Juan	15,1	24,9	84,9	81,9	63,3
20004	Piedades Norte	15,2	36,6	77,3	80,3	62,9
20005	Piedades Sur	10,9	42,6	53,0	51,1	47,2

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDB 2007
20903	Hacienda Vieja	15,5	40,2	48,7	76,6	55,8
20904	Coyolár	32,9	25,1	36,1	50,3	43,1
20905	La Ceiba	19,0	32,5	34,7	50,9	40,9
21001	Quezada	21,2	37,4	53,5	70,7	54,8
21002	Florencio	15,1	38,1	48,5	58,2	49,1
21003	Buenavista	37,7	55,1	59,7	57,3	63,0
21004	Agua Zarca	21,5	33,5	45,2	54,8	46,4
21006	Veneola	22,3	38,6	48,0	72,9	54,5
21006	Pita	21,2	32,4	36,5	47,5	41,1
21007	La Fortuna	25,8	26,3	43,6	55,5	45,3
21008	La Tigra	15,5	50,3	47,9	52,4	49,7
21009	La Palmera	20,3	45,6	63,1	50,8	54,2
21010	Venado	19,1	42,8	55,6	28,8	43,7
21011	Cutris	16,8	48,0	33,0	36,1	39,9
21012	Monteale	15,5	49,0	50,1	39,4	45,9
21013	Pocococ	13,7	31,3	32,4	31,0	32,2
21101	Zarero	25,5	53,3	58,1	96,4	72,0
21102	Laguna	22,1	52,9	52,9	75,3	65,0
21103	Tapezco	22,4	53,5	51,6	74,5	63,7
21104	Guadalupe	16,5	51,9	32,5	41,6	45,6
21105	Paimira	17,0	62,1	55,6	78,0	63,9
21106	Zapote	15,3	54,9	58,4	60,0	55,1
21107	Brisas	56,1	55,0	61,5	66,7	61,7
21201	Sarohi Norte	21,2	50,7	48,0	72,7	57,8
21202	Sarohi Sur	20,1	41,7	52,0	67,1	54,2
21203	Toro Amarillo	9,4	60,3	39,8	63,3	51,8
21204	San Pedro	13,7	52,1	59,0	72,6	59,2
21205	Rodríguez	13,5	61,3	50,3	75,2	60,2
21301	Upala	11,4	34,0	33,2	55,8	40,1
21302	Agua Clara	10,3	31,2	35,5	39,7	34,7
21303	San José o Pizote	6,1	19,8	26,0	31,7	24,6
21304	Bijagua	11,5	37,9	41,6	49,4	41,9
21306	Délicas	5,6	33,8	32,9	52,6	37,5
21306	Dos Ríos	6,2	31,3	5,6	37,6	23,7
21307	Yolilla	9,0	47,1	30,2	36,1	36,1
21401	Los Chiles	10,5	43,9	43,9	25,9	37,9
21402	Cerro Negro	11,4	46,2	38,4	32,3	35,2
21403	El Amparo	10,2	31,0	16,3	36,1	27,7
21404	San Jorge	9,7	31,8	32,0	28,2	30,1
21401	San Rafael	13,5	44,5	44,0	43,3	43,4
21602	Buenavista	10,5	36,2	27,3	42,7	34,7
21603	Cote	7,0	52,4	53,7	47,4	48,0
30101	Oriental	30,8	32,1	54,0	87,2	61,3
30102	Occidental	25,7	32,4	59,6	73,3	57,4
30103	Carmen	22,4	27,7	55,0	71,4	52,9
30104	San Nicolás	23,9	25,7	51,5	84,7	55,7
30105	Agua Caliente o San Francisco	22,0	25,0	46,2	60,4	52,0

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDB 2007
20206	San Rafael	20,3	38,8	72,2	69,8	60,4
20207	San Isidro	16,4	36,8	53,4	66,1	54,8
20208	Angéles	15,5	31,0	43,3	51,8	42,3
20209	Alfaro	26,9	36,5	81,4	76,1	66,5
20210	Volio	22,7	38,6	55,9	56,9	52,2
20211	Concepción	10,5	50,8	60,5	82,7	61,4
20212	Zapotal	5,6	47,8	48,6	34,7	40,8
20213	Peñas Blancas	15,4	45,9	47,0	54,1	48,6
20301	Grecia	29,5	32,1	55,3	92,4	62,9
20302	San Isidro	21,4	39,6	54,1	84,2	59,9
20303	San José	16,2	52,8	55,2	85,5	63,0
20304	San Roque	20,0	40,7	52,4	86,5	59,9
20305	Tacares	21,7	36,5	48,4	81,2	56,4
20306	Río Cuervo	13,4	16,8	40,8	45,3	34,6
20307	Puente de Piedra	18,4	30,0	48,8	70,3	50,2
20308	Bolívar	15,5	39,6	53,5	78,5	56,2
20401	San Mateo	19,7	50,5	64,1	85,5	64,0
20402	Desmonte	19,5	69,3	74,9	29,6	58,0
20403	Jesús María	14,8	47,2	77,4	45,1	55,3
20501	Atenas	29,4	45,2	85,3	92,5	75,1
20502	Jesús	22,4	46,1	76,1	77,3	66,7
20503	Mercedes	22,2	41,0	70,3	78,4	63,7
20504	San Isidro	13,5	49,4	53,7	50,5	50,1
20505	Concepción	23,5	42,9	87,9	78,2	70,0
20506	San José	18,2	36,3	58,1	70,7	54,7
20507	Santa Eulalia	21,3	38,5	61,1	89,0	63,1
20508	Escobal	16,0	58,4	83,1	35,1	57,8
20601	Naranjo	19,9	34,3	80,9	82,8	56,4
20602	San Miguel	16,2	28,3	47,0	68,7	48,0
20603	San José	14,0	43,5	59,5	82,6	60,0
20604	Cirri Sur	13,5	40,4	52,6	56,2	48,8
20605	San Jerónimo	12,7	41,0	54,2	60,5	50,5
20606	San Juan	17,9	43,3	46,5	62,2	50,9
20607	El Rosario	15,8	38,0	48,1	65,0	50,3
20701	Paimanes	36,1	54,9	91,3	95,1	83,5
20702	Zaragoza	20,9	52,1	75,5	91,3	72,5
20703	Buenos Aires	20,5	44,9	88,5	92,2	74,1
20704	Santiago	21,5	41,5	44,3	77,0	55,3
20705	Candelaria	21,3	35,9	46,4	66,3	50,9
20706	Esquipulas	15,5	43,3	88,9	69,9	65,8
20707	Granja	62,4	53,0	82,0	94,2	88,0
20801	San Pedro	24,9	54,1	54,7	85,0	65,7
20802	San Juan	28,3	42,3	47,9	70,6	56,7
20803	San Rafael	17,0	63,0	54,4	82,3	65,1
20804	Carrillo	20,5	29,2	55,5	92,9	59,5
20805	Gabana Redonda	20,2	32,6	44,7	81,3	53,7
20901	Orotina	28,2	38,8	47,4	85,4	60,0
20902	El Mastate	18,9	30,0	45,9	52,5	44,4

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDB 2007
30106	Guadalupe o Arenilla	31,9	30,3	59,6	77,5	59,9
30107	Corralito	13,1	42,2	56,0	85,6	59,1
30108	Tierra Blanca	31,4	40,9	55,5	78,5	61,5
30109	Dulce Nombre	32,8	33,7	58,7	90,1	64,8
30110	Llano Grande	37,9	23,9	48,5	72,9	55,0
30111	Quebradilla	24,9	37,8	46,8	80,1	56,9
30201	Paralelo	27,5	34,0	47,7	85,0	58,3
30202	Santiago	20,5	31,2	48,9	57,5	47,3
30203	Oroel	17,3	30,3	50,7	66,5	50,0
30204	Cachi	19,3	29,7	53,4	71,4	52,1
30205	Llanos de Santa Lucía	18,7	18,9	40,3	71,4	44,6
30301	Tres Ríos	45,2	38,1	67,8	97,1	71,7
30302	San Diego	24,3	21,1	52,6	78,8	53,3
30303	San Juan	26,9	26,3	85,1	87,5	67,9
30304	San Rafael	24,3	29,4	51,2	75,1	55,2
30305	Concepción	27,2	23,0	51,6	77,5	53,8
30306	Dulce Nombre	26,2	23,4	52,0	67,2	51,2
30307	San Ramón	51,5	23,3	52,4	72,0	59,0
30308	Río Azul	18,0	15,8	51,3	75,8	51,5
30401	Juan Vialá	9,4	44,3	52,2	68,2	52,5
30402	Tucurrique	13,7	54,4	49,7	68,5	55,0
30403	Pejibayé	10,7	45,1	57,3	63,9	53,0
30501	Turrialba	19,8	34,0	48,1	72,6	52,3
30502	La Suiza	15,0	26,2	48,2	67,5	45,9
30503	Peralta	9,3	52,6	51,2	36,2	44,6
30504	Santa Cruz	17,3	25,7	48,7	46,9	41,4
30505	Santa Teresita	9,9	28,3	41,4	45,7	37,3
30506	Pavones	14,8	23,9	47,5	69,3	46,4
30507	Tuis	10,0	30,4	43,1	44,1	38,0
30508	Tayutic	9,1	34,6	37,1	26,1	32,3
30509	Santa Rosa	16,0	35,6	57,1	57,2	49,7
30510	Tres Equis	9,5	19,5	44,1	38,2	33,1
30511	La Isabel	9,5	34,8	39,6	50,9	40,2
30512	Chimpo	0				

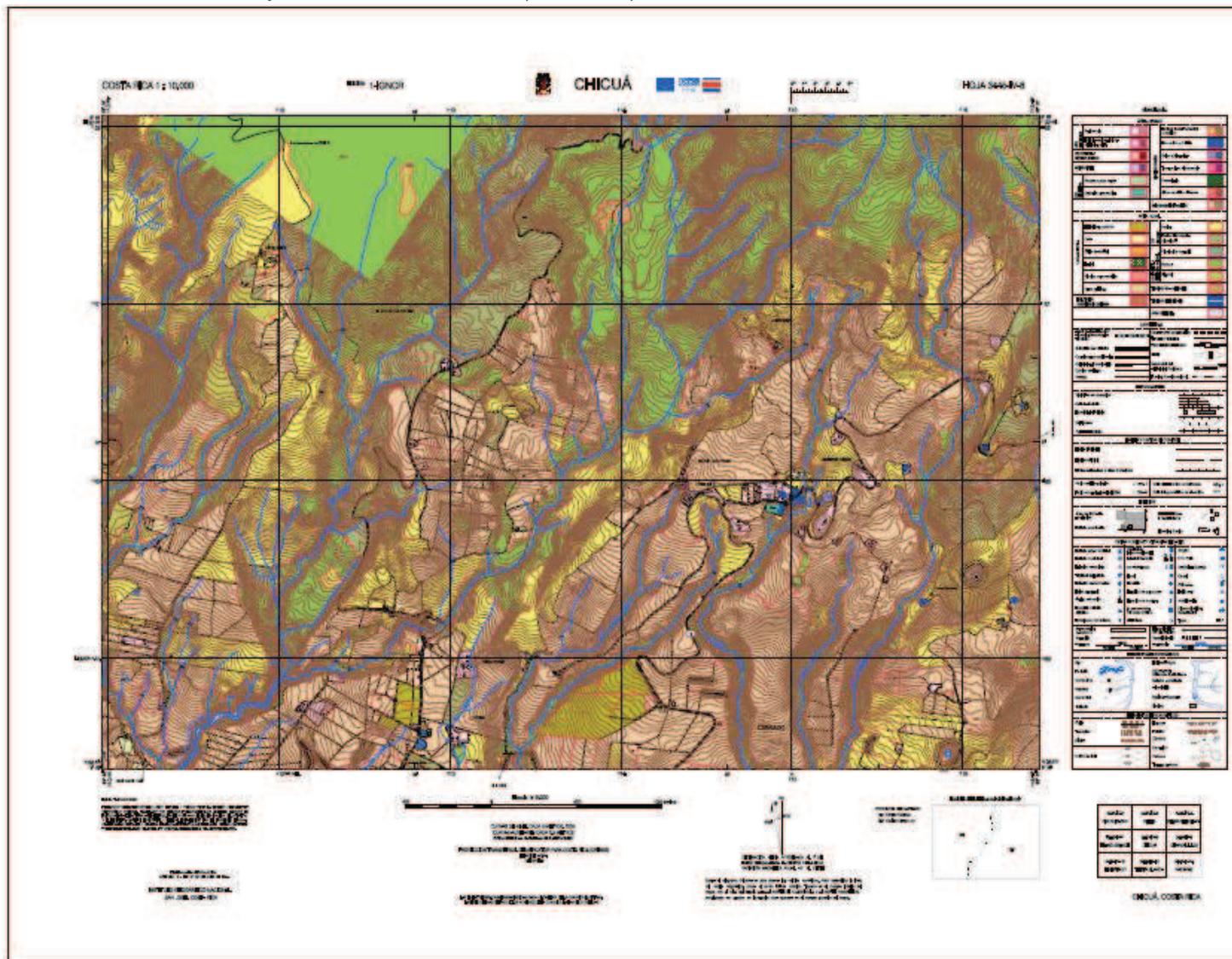
Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDR 2007
40103	San Francisco	32,7	16,9	79,0	79,8	62,6
40104	Ulloa	36,4	19,7	83,7	68,0	63,1
40106	Varablanca	33,2	46,3	84,0	45,9	62,9
40201	Barva	32,6	48,6	85,1	90,9	77,5
40202	San Pedro	22,6	32,6	79,2	60,3	58,4
40203	San Pablo	26,9	43,6	84,2	78,9	70,0
40204	San Roque	40,8	45,0	93,7	75,6	76,8
40206	Santa Lucía	52,5	36,6	92,5	60,1	75,3
40206	San José de la Montaña	23,4	42,2	79,8	57,0	60,8
40301	Santo Domingo	62,6	35,0	90,3	94,1	85,0
40302	San Vicente	48,0	36,6	93,2	86,8	79,8
40303	San Miguel	36,0	29,4	84,4	72,2	66,8
40304	Portafio	20,2	32,1	82,3	83,3	65,6
40306	Santo Tomás	39,6	37,1	81,8	74,3	70,1
40306	Santa Rosa	32,4	26,8	79,3	70,8	62,6
40307	Tures	37,2	31,3	83,0	83,3	73,7
40308	Para	22,0	30,2	86,8	99,3	71,7
40401	Santa Bárbara	34,6	34,4	87,8	84,3	72,5
40402	San Pedro	26,8	34,6	80,3	96,9	71,8
40403	San Juan	30,2	27,1	86,6	90,4	71,2
40404	Jesús	18,8	29,2	80,0	83,6	63,6
40406	Santo Domingo	18,0	28,9	83,5	77,2	62,4
40406	Puraba	37,9	27,1	72,0	87,6	67,5
40601	San Rafael	36,5	31,0	84,2	93,6	73,6
40602	San Joséfelo	29,7	21,6	80,3	86,2	65,2
40603	Santiago	30,1	27,3	84,1	77,2	65,8
40604	Angéles	44,3	20,6	83,7	74,7	67,1
40606	Concepción	47,9	19,3	86,5	74,4	65,6
40601	San Isidro	46,4	30,7	80,4	86,1	77,0
40602	San José	43,3	26,3	85,1	86,2	72,2
40603	Concepción	32,3	36,8	71,2	71,0	63,2
40604	San Francisco	21,6	34,0	92,8	61,5	60,0
40701	San Antonio	53,2	42,6	87,6	91,3	82,8
40702	La Ribera	46,2	38,9	90,1	88,8	80,2
40703	La Asunción	94,3	46,9	89,8	100,0	100,0
40801	San Joaquín	49,7	39,6	79,3	95,7	78,7
40802	Barrantes	45,8	44,1	95,9	94,6	84,6
40803	Llorente	31,0	37,7	96,1	72,1	71,3
40901	San Pablo	37,3	36,2	81,8	87,1	73,0
41001	Puerto Viejo	11,0	17,9	35,6	38,1	30,4
41002	La Virgen	16,6	30,9	57,2	41,3	43,3
41003	Horquetas	12,6	33,2	57,0	49,1	45,4
41004	Llanuras del Gaspar	7,6	43,4	4,7	7,5	18,4
41006	Cureña	0,0	39,9	9,3	23,0	21,1
50101	Liberta	26,3	17,3	67,7	73,2	55,1
50102	Cafías Dulces	26,2	50,6	60,1	63,7	60,2
50103	Mayorga	17,9	42,6	60,4	42,2	48,8

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDR 2007
50104	Nacasole	30,9	26,9	66,7	51,2	52,7
50105	Curubandé	24,8	32,6	42,3	64,6	49,2
50201	Nicoya	17,3	41,9	66,9	51,2	53,2
50202	Mangón	16,9	43,9	73,4	49,9	56,1
50203	San Antonio	16,4	55,1	72,6	41,6	56,7
50204	Quebrada Honda	16,0	53,1	49,4	39,5	47,3
50205	Sámara	39,9	28,9	45,4	31,0	43,4
50206	Nosara	56,3	37,0	40,2	47,8	54,1
50207	Bejen de Nosarita	16,8	64,6	46,6	28,4	48,3
50301	Santa Cruz	32,9	43,3	73,7	66,3	60,0
50302	Bolson	22,6	52,6	81,2	57,6	64,3
50303	Veintisiete de Abril	30,8	44,7	65,7	42,3	55,0
50304	Tempate	39,6	37,6	77,8	61,7	66,1
50306	Cartagena	17,5	41,3	76,5	64,9	60,1
50306	Cuaquiqui	70,3	46,6	37,4	22,7	53,1
50307	Dina	14,8	67,4	80,3	69,3	66,7
50308	Cabo Velas	45,8	33,3	71,5	52,0	60,8
50309	Tamarindo	56,2	34,1	70,8	56,2	66,6
50401	Bagaces	21,6	26,8	55,8	53,5	47,8
50402	La Fortuna	17,2	31,6	45,3	52,0	43,6
50403	Mogote	20,4	27,3	42,2	36,9	44,6
50404	Río Naranjo	10,9	47,3	45,4	35,6	47,7
50501	Flacafra	26,7	39,6	60,2	74,8	60,6
50502	Palmira	26,9	33,6	70,4	77,4	62,3
50503	Sardinal	47,0	32,6	54,8	67,9	63,8
50504	Bejen	21,9	46,3	70,4	64,0	60,6
50601	Cafías	21,6	29,3	72,6	61,7	65,6
50602	Palmira	10,6	48,4	39,0	29,2	37,8
50603	San Miguel	10,7	39,4	39,9	46,6	40,8
50604	Bebedero	44,6	25,1	32,6	65,7	60,3
50606	Porozi	12,9	56,3	39,3	32,7	42,1
50701	Las Juntas	18,8	44,3	41,6	66,3	48,1
50702	Sierra	14,1	43,3	47,9	38,6	43,0
50703	San Juan	30,9	36,8	57,6	44,6	50,9
50704	Colorado	15,3	56,1	35,3	46,1	45,7
50801	Tiarán	24,6	46,7	77,3	82,0	69,4
50802	Quebrada Grande	15,6	64,3	37,0	47,9	46,3
50803	Tronadora	49,8	52,6	51,4	49,2	61,0
50804	Santa Rosa	16,0	41,8	49,0	63,4	61,0
50806	Libano	10,8	76,4	63,4	39,0	57,6
50806	Tierras Morenas	22,9	47,6	54,8	67,7	54,9
50807	Arenal	42,3	40,2	47,9	60,9	57,4
50901	Carmona	20,4	75,9	54,8	62,0	64,0
50902	Santa Rita	36,7	70,1	63,6	41,9	60,7
50903	Zapotal	19,1	62,6	66,6	31,9	51,0
50904	San Pablo	13,6	50,7	33,6	37,9	40,6
50906	Porvenir	6,1	71,0	69,6	36,4	52,5
50906	Bejuco	17,2	43,0	38,9	26,3	37,4

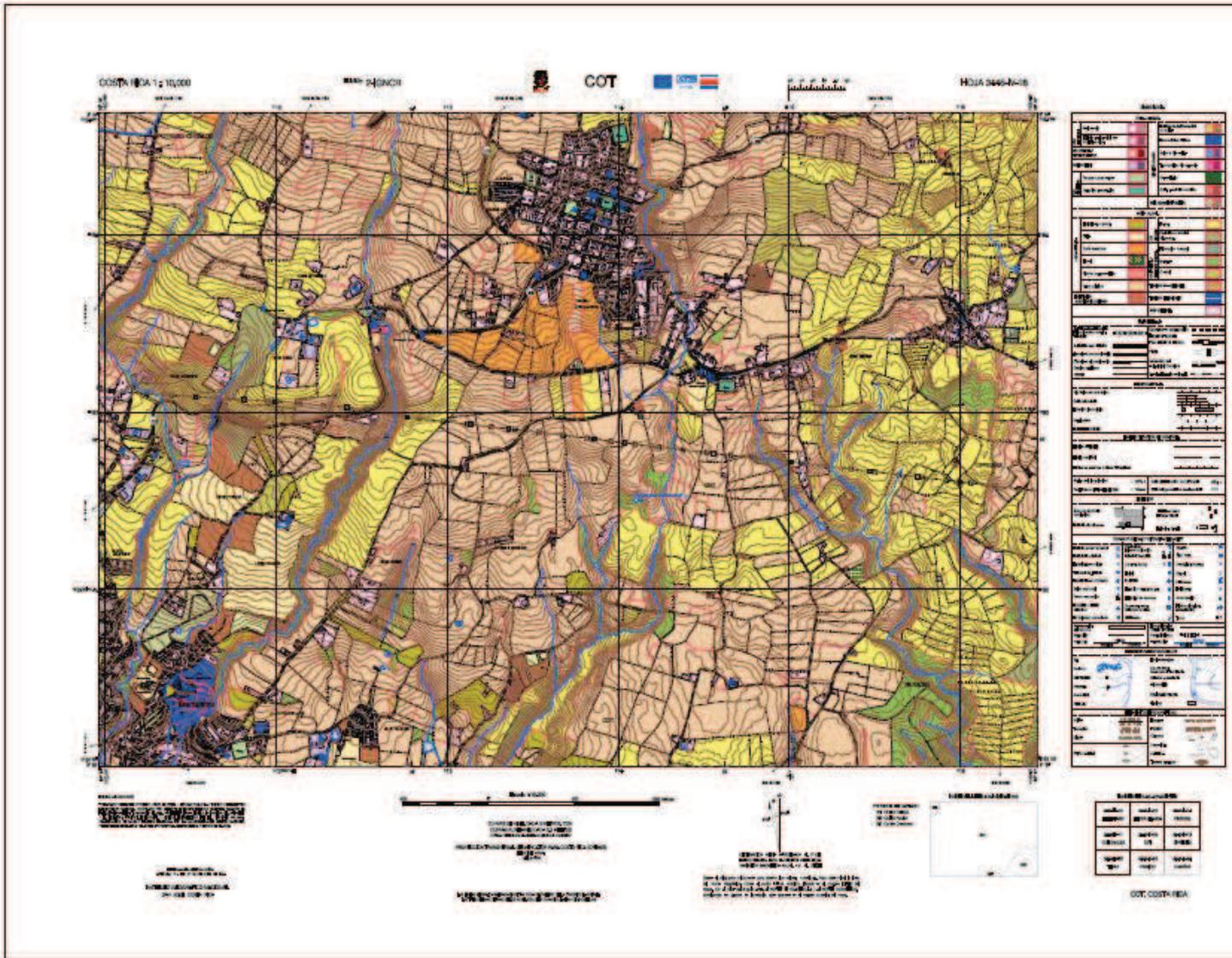
Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDR 2007
51001	La Cruz	20,8	51,9	55,4	70,2	59,6
51002	Santa Cecilia	12,6	27,4	27,1	28,7	28,3
51003	La Ganta	23,6	46,0	26,6	37,6	39,9
51004	Santa Elena	13,9	55,2	19,0	66,6	46,0
51101	Hojancha	22,6	52,8	54,6	51,9	54,6
51102	Monte Romo	9,2	64,3	36,8	51,6	46,1
51103	Puerto Carrillo	6,4	49,6	59,7	83,8	61,4
51104	Huacac	19,3	64,7	66,6	69,6	66,2
60101	Puntarenas	31,9	23,3	74,5	62,1	57,6
60102	Pitahaya	26,6	50,9	60,6	37,0	53,1
60103	Chomes	13,9	27,5	36,1	39,0	34,6
60104	Lepanto	12,6	31,3	67,1	42,9	46,1
60106	Pogueres	24,6	28,1	36,3	41,7	39,6
60108	Manzanillo	12,9	29,6	34,7	63,0	41,8
60107	Guacmal	9,3	37,6	26,6	31,3	31,1
60108	Bananco	16,3	9,8	68,2	64,0	48,0
60109	Monte Verde	52,8	42,2	41,4	49,4	56,8
60111	Cobano	54,0	36,4	54,3	44,8	59,9
60112	Chacabuta	21,3	11,2	67,9	70,0	61,0
60113	Chira	7,1	34,7	42,0	66,3	41,8
60114	Acaputo	18,5	41,9	13,8	47,2	36,1
60115	El Roble	21,2	19,9	75,6	81,1	59,5
60116	Aranobla	2,6	48,9	70,0	63,4	65,6
60201	Espíritu Santo	22,3	45,0	78,0	76,3	66,7
60202	San Juan Grande	24,3	47,6	52,3	53,9	53,4
60203	Macaona	30,2	46,1	66,2	75,9	71,8
60204	San Rafael	17,0	61,4	51,8	71,6	60,6
60206	San Jerónimo	10,9	62,0	72,6	45,2	57,2
60301	Buenos Aires	16,3	22,6	56,7	49,2	42,9
60302	Volcan	10,8	29,6	43,7	63,0	43,9
60303	Potrero Grande	6,0	27,3	26,2	20,6	24,1
60304	Boruca	6,3	30,6	42,3	41,9	36,0
60305	Pilas	6,6	29,0	32,9	27,1	26,3
60306	Coimas	7,6	12,6	45,1	36,2	30,6
60307	Changuena	5,4	26,9	26,7	24,2	24,5
60308	Biolley	5,6	16,4	37,1	47,0	32,1
60309	Brunka	10,0	34,5	54,4	56,9	46,3
60401	Miramar	22,2	57,2	52,8	78,1	63,2
60402	La Unión	6,3	66,9	71,3	66,3	63,0
60403	San Isidro	16,3	58,6	41,1	89,8	53,6
60501	Puerto Cortés	30,9	27,3	73,4	47,9	53,9
60602	Palmir	16,1	18,4	42,2	43,1	35,6
60603	Sierpe	14,6	18,2	36,6	13,2	24,3
60604	Bahía Ballena	27,7	17,8	30,7	42,3	38,3
60606	Piedras Blancas	9,9	12,3	35,1	31,6	26,8
60601	Quepos	43,2	22,1	61,2	49,8	52,8
60602	Savegre	19,2	36,2	39,6	38,8	39,9
60603	Naranjito	17,2	28,1	43,9	41,3	38,9

Código	Distrito	Económica	Participación	Salud	Educación	IDR 2007
60701	Gofito	23,1	8,7	44,2	54,8	39,0
60702	Puerto Jiménez	16,9	18,3	45,6	32,6	33,4
60703	Guaycará	16,6	14,3	58,1	46,7	40,1
60704	Pavón	14,6	18,2	21,9	17,6	21,2
60801	San Vito	14,1	24,8	66,1	67,6	61,7
60802	Sabaño	6,9	9,6	55,3	56,0	38,3
60803	Aguabuena	9,4	16,9	63,1	46,6	41,2
60804	Limoncito	7,1	27,6	17,7	27,5	23,6
60906	Pitipe	6,4	22,3	37,6	44,5	32,6
60901	Pamita	26,7	46,9	46,0	46,7	49,8
61001	Corredor	20,1	20,4	49,6	46,1	40,6
61002	La Cuesta	17,6	16,2	60,6	59,5	45,7
61003	Canoa	15,6	16,4	57,0	40,0	38,1
61004	Laurel	12,6	23,6	50,9	33,0	35,7
61101	Jaco	66,3	44,2	43,8	71,3	68,5
61102	Tarcoles	36,3	46,3	40,6	59,3	54,4
70101	Limon	22,1	10,0	69,1	76,4	63,2
70102	Valle de La Estrella	9,8	6,5	24,1	19,2	17,9
70103	Río Blanco	12,6	14,0	45,6	56,7	38,1
70104	Matama	16,6	16,3	31,2	40,1	30,2
70201	Guapiles	16,3	24,1	68,4	75,2	66,8
70202	Jiménez	17,4	33,6	70,3	66,8	67,1
70203	Rita	12,2	17,2	46,2	34,5	32,7
70204	Roxana	12,6	11,1	44,2	43,1	33,0
70206	Cariari	13,6	16,2	48,1	48,8	37,4
70209	Colorado	13,6	9,2	21,7	10,6	16,9
70301	Siquirres	16,7	16,4	56,2	67,1	43,4
70302	Pacurari	12,3	12,8	29,2	34,4	26,2
70303	Florida	13,7	49,6	32,2	56,4	45,4
70304	Germania	16,2	24,6	35,7	49,0	37,4
70306	El Cairo	14,0	23,6	37,6	40,3	34,3
70306	La Alegria	12,6	34,8	54,3	66,9	60,6
70401	Bratsi	11,9	47,7	10,3	23,4	27,6
70402	Sixola	14,1	42,3	20,3	43,8	

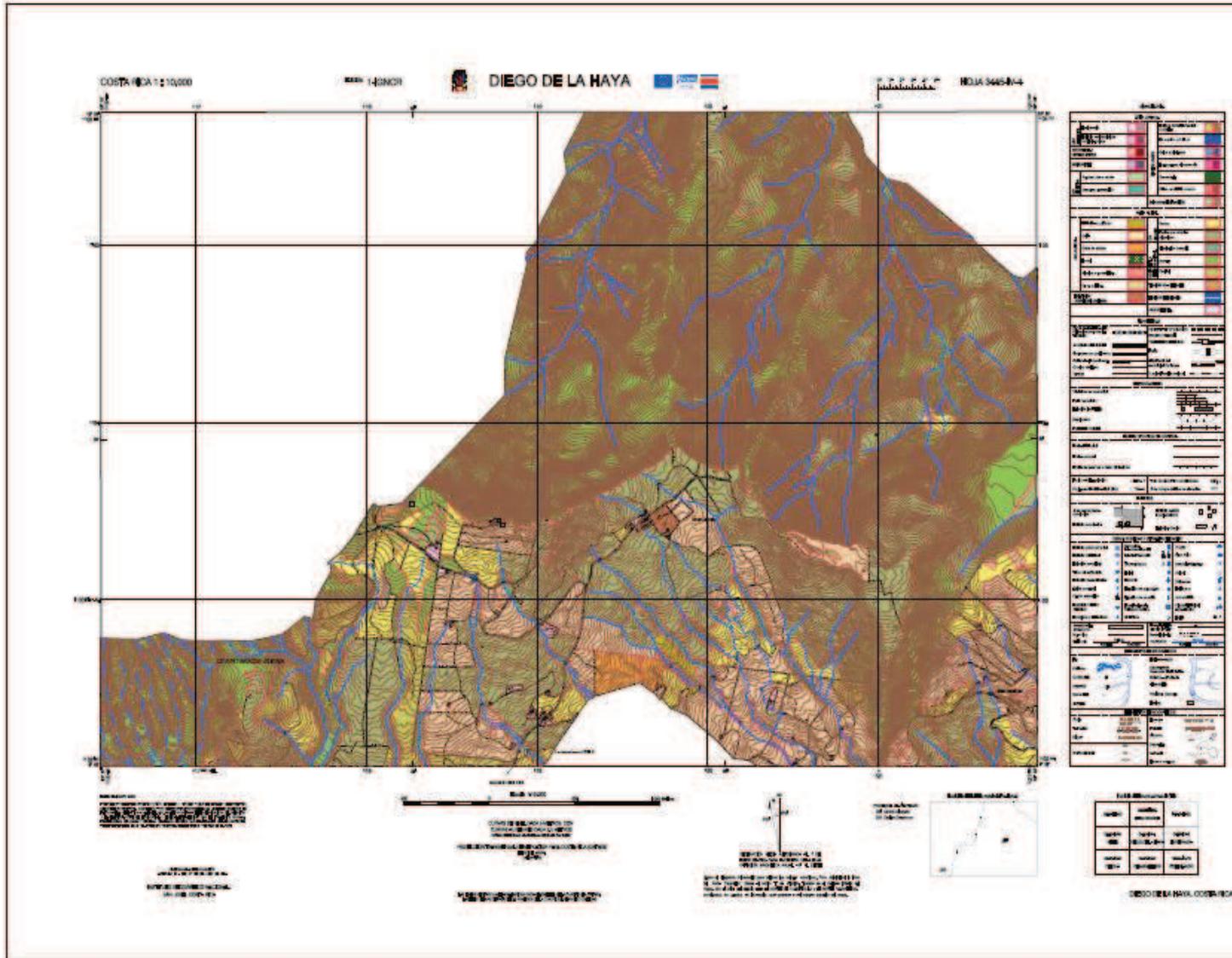
Anexos 4: Usos del suelo y curvas de nivel Chicué (PRUGAM)



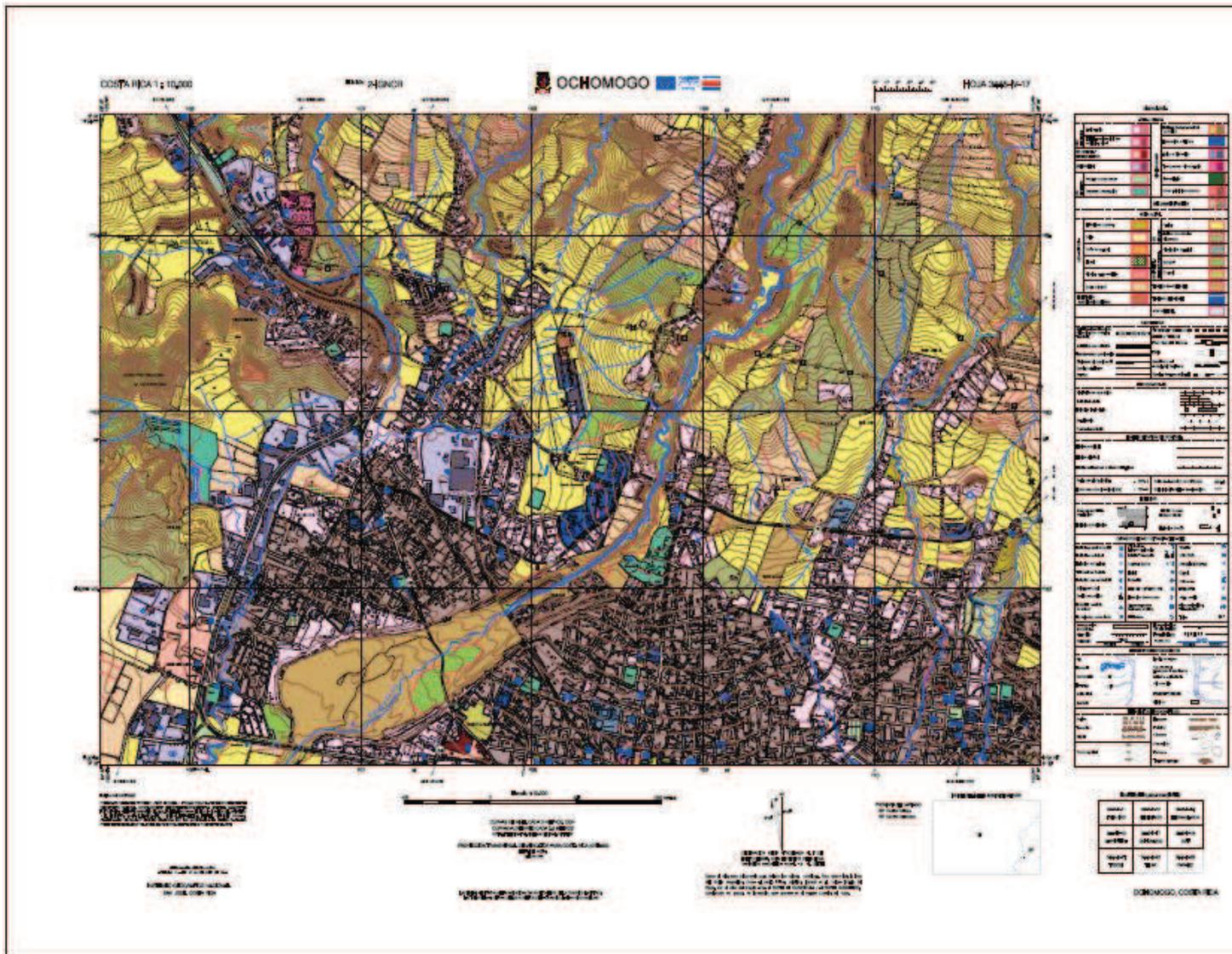
Anexos 5: Usos del suelo y curvas de nivel Cot (PRUGAM)



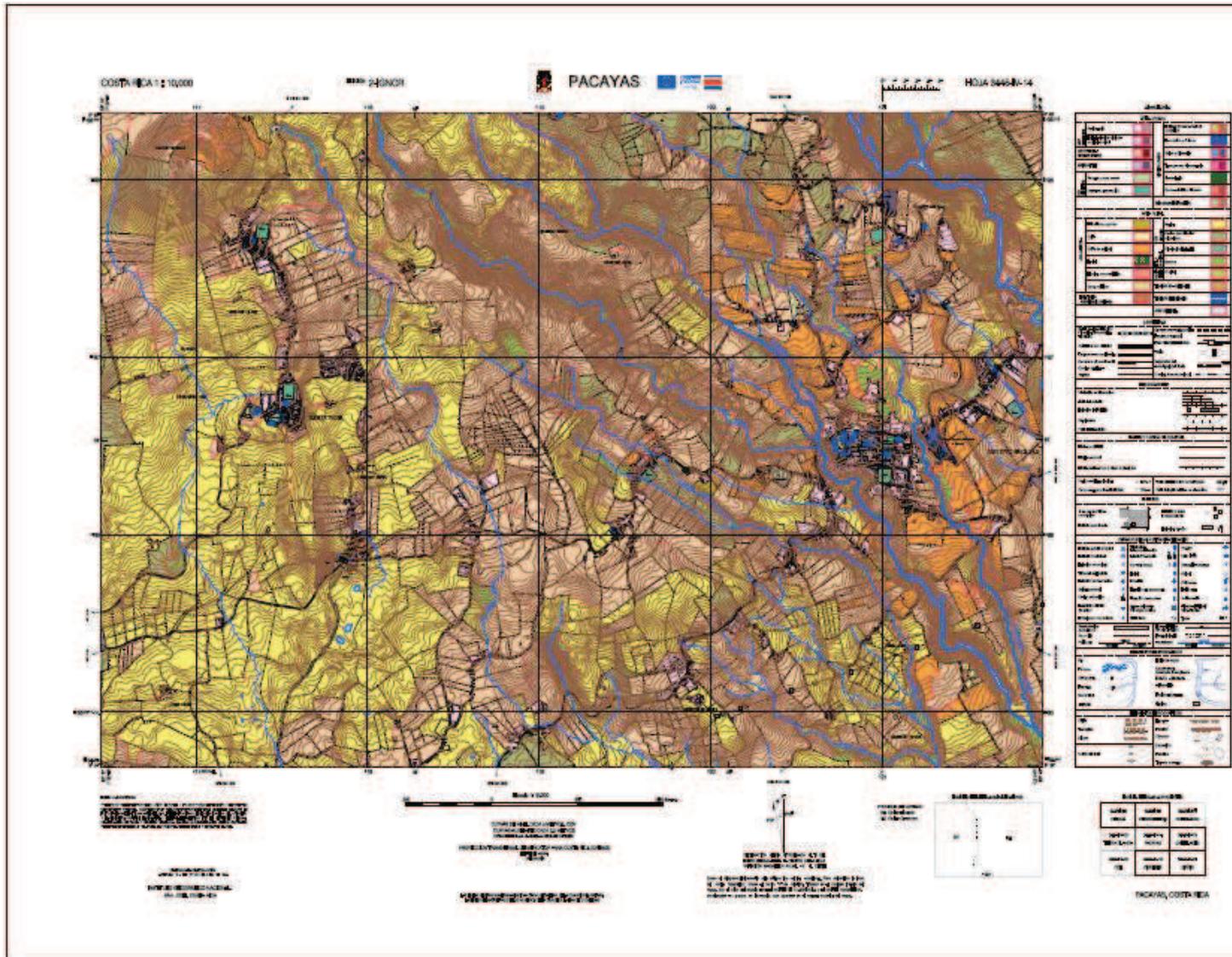
Anexos 6: Usos del suelo y curvas de nivel Diego de la Haya (PRUGAM)



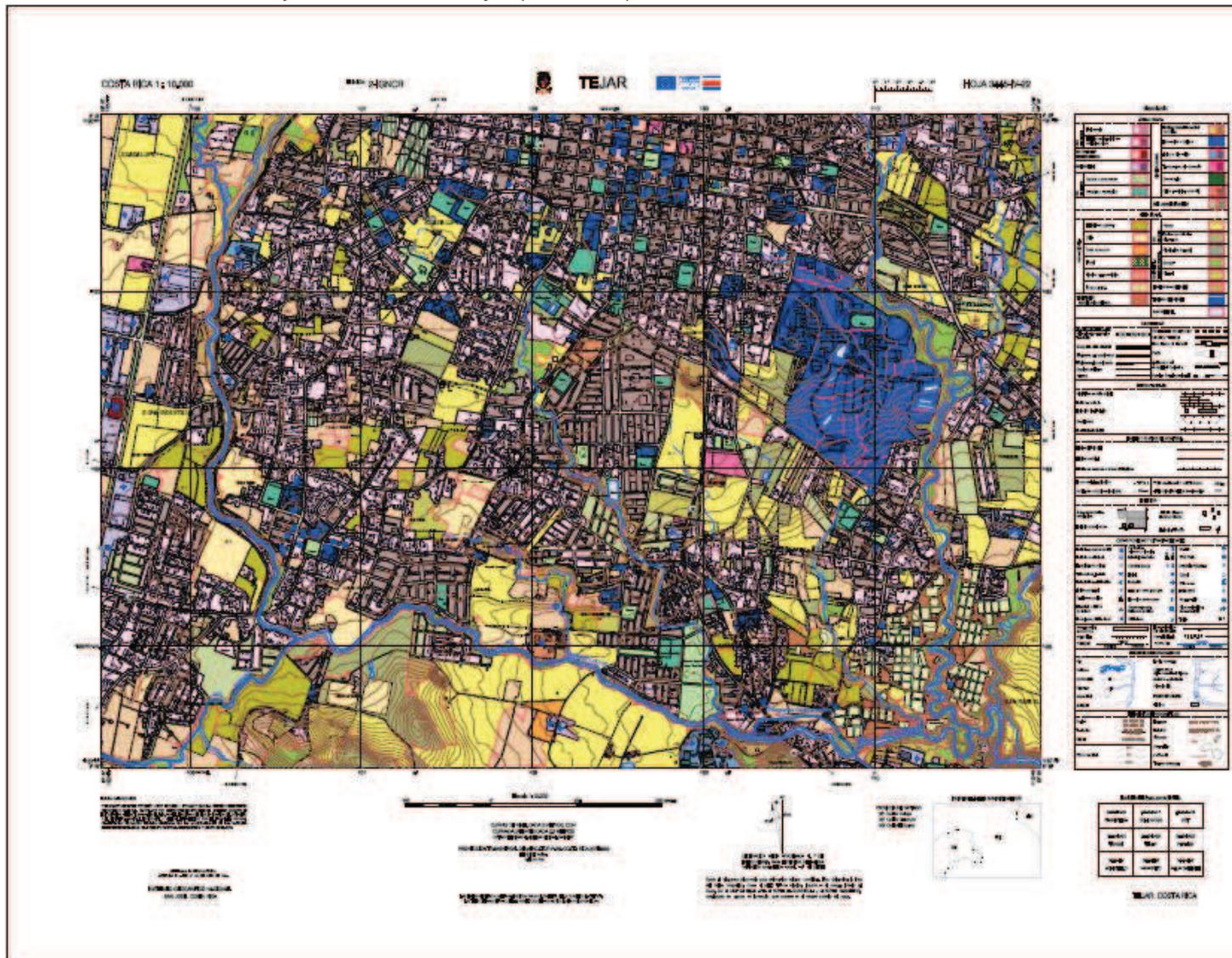
Anexos 7: Usos del suelo y curvas de nivel Ochomogo (PRUGAM)



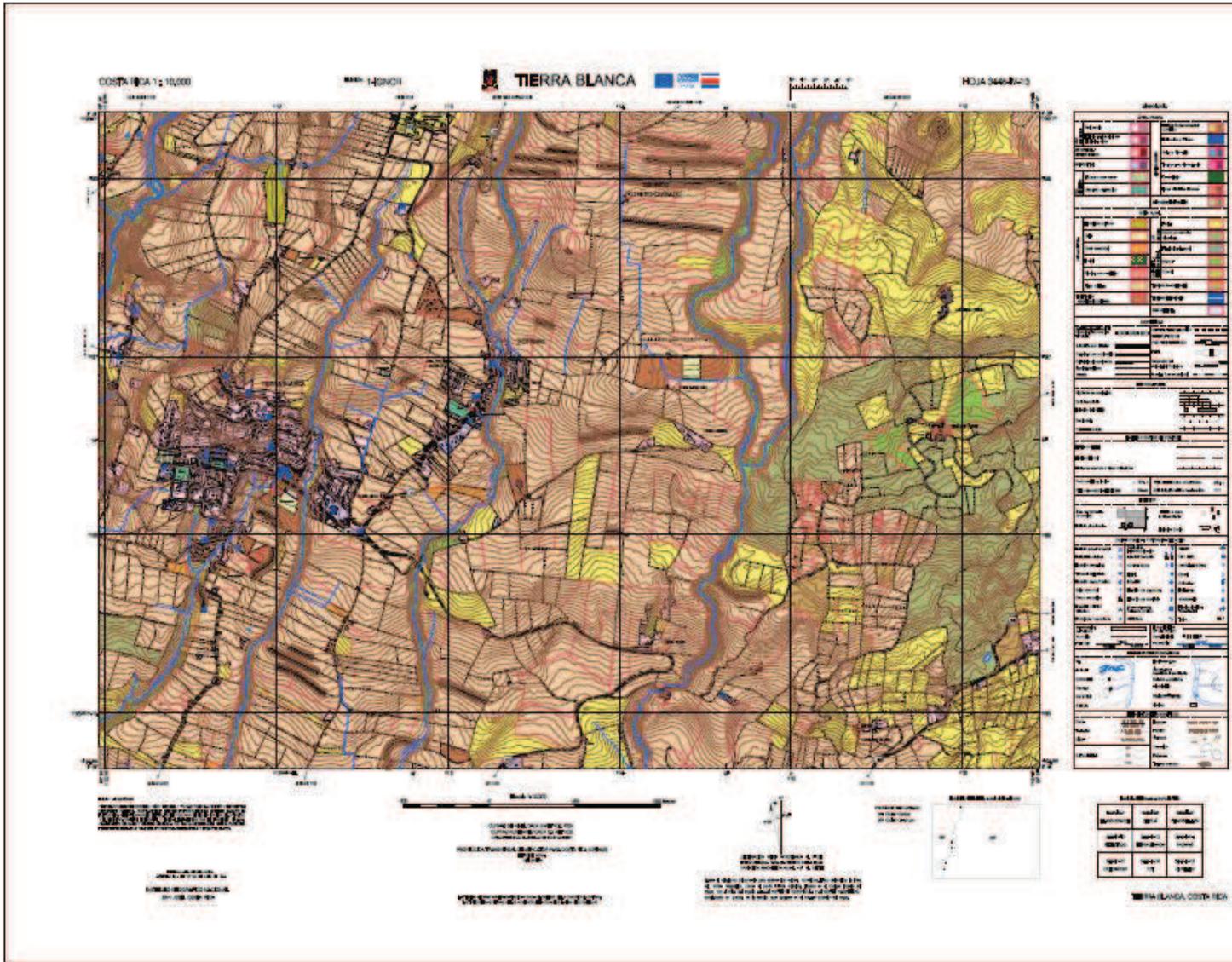
Anexos 8: Usos del suelo y curvas de nivel Pacayas (PRUGAM)



Anexos 11: Usos del suelo y curvas de nivel Tejar (PRUGAM)



Anexos 12: Usos del suelo y curvas de nivel Tierra Blanca (PRUGAM)



APÉNDICES

Apéndice 1, ponderación de variables

Ingeniero Sebastian Arias Chacón, Conservación de vías y puentes

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,17
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,06
Intensidad de precipitación	0,11
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Jason Pérez, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,33
Ambientales (Índice integrado)	1	3	0,33
Infraestructura	1	3	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	3	1	0,33
Usos del suelo	3	1	0,33
Índice de desarrollo social	3	1	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Índice de fragilidad ambiental	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,11
Usos del suelo	0,11
Índice de desarrollo social	0,11
Ambientales	
Índice integrado geodinámica externa y amenazas naturales	0,11
Intensidad de precipitación	0,22
Infraestructura	
Historial de intervención	0,17
Inspección	0,17

Ing. Gabriela Alvarado, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,17
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,06
Intensidad de precipitación	0,11
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Paula Reyes, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	2	2	0,33
Infraestructura	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,7

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,7

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,17
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,22
Infraestructura	
Historial de intervención	0,06
Inspección	0,11

Ing. Pablo Camacho, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,33
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,17
Usos del suelo	0,06
Índice de desarrollo social	0,11
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,06
Intensidad de precipitación	0,11
Infraestructura	
Historial de intervención	0,17
Inspección	0,33

Ing. Efraín Zeledón, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	2	2	0,33
Índice de desarrollo social	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,17
Índice de desarrollo social	0,08
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,06
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Olman Ramírez, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,43
Ambientales	3	1	0,14
Infraestructura	1	3	0,43

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,60
Usos del suelo	3	1	0,20
Índice de desarrollo social	3	1	0,20

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,26
Usos del suelo	0,09
Índice de desarrollo social	0,09
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,07
Intensidad de precipitación	0,07
Infraestructura	
Historial de intervención	0,14
Inspección	0,29

Ing. Edgar May, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia
--

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,43
Ambientales	3	1	0,14
Infraestructura	1	3	0,43

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,60
Usos del suelo	3	1	0,20
Índice de desarrollo social	3	1	0,20

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,26
Usos del suelo	0,09
Índice de desarrollo social	0,09
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,07
Intensidad de precipitación	0,07
Infraestructura	
Historial de intervención	0,14
Inspección	0,29

Ing. Francisco Gómez, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,33
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,67
Inspección	2	1	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,17
Usos del suelo	0,06
Índice de desarrollo social	0,11
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,06
Intensidad de precipitación	0,11
Infraestructura	
Historial de intervención	0,33
Inspección	0,17

Ing. Erick Orozco, Ing civil, investigador

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	2	2	0,33
Índice de desarrollo social	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,17
Índice de desarrollo social	0,08
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,06
Intensidad de precipitación	0,11
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Alfredo Serrano, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,29
Ambientales	1	3	0,43
Infraestructura	2	2	0,29

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,38
Usos del suelo	1	3	0,38
Índice de desarrollo social	2	2	0,25

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,11
Usos del suelo	0,11
Índice de desarrollo social	0,07
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,21
Intensidad de precipitación	0,21
Infraestructura	
Historial de intervención	0,14
Inspección	0,14

Ing. Ana Paniagua, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	3	1	0,17
Ambientales	2	2	0,33
Infraestructura	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,08
Usos del suelo	0,03
Índice de desarrollo social	0,06
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,22
Infraestructura	
Historial de intervención	0,17
Inspección	0,33

Ing. Hugo Zúñiga, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia
--

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,38
Ambientales	1	3	0,38
Infraestructura	2	2	0,25

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	3	1	0,17
Usos del suelo	1	3	0,50
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,06
Usos del suelo	0,19
Índice de desarrollo social	0,13
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,13
Intensidad de precipitación	0,25
Infraestructura	
Historial de intervención	0,08
Inspección	0,17

Ing. Eddie Baltodano, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia
--

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,33
Ambientales	1	3	0,33
Infraestructura	1	3	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,38
Usos del suelo	2	2	0,25
Índice de desarrollo social	1	3	0,38

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,13
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,13
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,17
Intensidad de precipitación	0,17
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Diana Korte, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia
--

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,17
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,06
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Esteban Bolívar, Ing municipal, Guatuso

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,25
Ambientales	1	3	0,38
Infraestructura	1	3	0,38

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	2	2	0,29
Usos del suelo	1	3	0,43
Índice de desarrollo social	2	2	0,29

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,07
Usos del suelo	0,11
Índice de desarrollo social	0,07
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,19
Intensidad de precipitación	0,19
Infraestructura	
Historial de intervención	0,19
Inspección	0,19

Ing. Juan Vieta, Dirección de ingeniería CONAVI

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia
--

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,15
Infraestructura	2	2	0,35

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	2	2	0,35
Usos del suelo	3	1	0,15
Índice de desarrollo social	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervenciones	1	2	0,60
Inspección	1	2	0,40

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,18
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,25
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,08
Intensidad de precipitación	0,08
Infraestructura	
Historial de intervención	0,21
Inspección	0,14

Cristian Fallas, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	2	2	0,33
Infraestructura	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,38
Usos del suelo	2	2	0,25
Índice de desarrollo social	1	3	0,38

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,19
Usos del suelo	0,13
Índice de desarrollo social	0,19
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,22
Infraestructura	
Historial de intervención	0,06
Inspección	0,11

Ing. Alfonso Quesada, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,33
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,67
Inspección	2	1	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,17
Usos del suelo	0,06
Índice de desarrollo social	0,11
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,06
Infraestructura	
Historial de intervención	0,33
Inspección	0,17

Ing. Antonio Araya, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	2	2	0,33
Índice de desarrollo social	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,17
Índice de desarrollo social	0,08
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,06
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. German Valverde, Profesor ingeniería civil UCR

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	3	1	0,17
Ambientales	1	3	0,50
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	2	2	0,33
Usos del suelo	1	3	0,50
Índice de desarrollo social	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,06
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,03
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,17
Intensidad de precipitación	0,33
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Manrique Martínez, ingeniero municipal Moravia

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	2	0,33
Infraestructura	2	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	2	2	0,33
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	1	0,33
Intensidad de precipitación	2	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,17
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,25
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,22
Infraestructura	
Historial de intervención	0,06
Inspección	0,11

Ing. Pablo Loyola, ingeniero municipal Upala

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,29
Ambientales	2	2	0,29
Infraestructura	1	3	0,43

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,38
Usos del suelo	2	2	0,25
Índice de desarrollo social	1	3	0,38

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,67
Inspección	2	1	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,11
Usos del suelo	0,07
Índice de desarrollo social	0,11
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,14
Intensidad de precipitación	0,14
Infraestructura	
Historial de intervención	0,29
Inspección	0,14

Ing. Jaime Allen, LANANME

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,38
Ambientales	2	2	0,25
Infraestructura	1	3	0,38

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,38
Usos del suelo	2	2	0,25
Índice de desarrollo social	1	3	0,38

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,14
Usos del suelo	0,09
Índice de desarrollo social	0,14
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,08
Intensidad de precipitación	0,17
Infraestructura	
Historial de intervención	0,13
Inspección	0,25

Ing. Rolando Fournier, Profesor ingeniería en construcción ITCR

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,43
Ambientales	2	2	0,29
Infraestructura	2	2	0,29

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,43
Usos del suelo	2	2	0,29
Índice de desarrollo social	2	2	0,29

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,18
Usos del suelo	0,12
Índice de desarrollo social	0,12
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,14
Intensidad de precipitación	0,14
Infraestructura	
Historial de intervención	0,10
Inspección	0,19

Ing. Didier Monge, ingeniero municipal Santa Cruz

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,33
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	2	2	0,33
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,67
Inspección	2	1	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,11
Usos del suelo	0,06
Índice de desarrollo social	0,17
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,06
Infraestructura	
Historial de intervención	0,33
Inspección	0,17

Ing. Cristhiand Montero, ingeniero municipal Escazú

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	2	2	0,25
Ambientales	1	3	0,38
Infraestructura	1	3	0,38

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,33
Usos del suelo	1	3	0,33
Índice de desarrollo social	1	3	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,50
Intensidad de precipitación	1	2	0,50

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,08
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,08
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,19
Intensidad de precipitación	0,19
Infraestructura	
Historial de intervención	0,19
Inspección	0,19

Ing. Rodrigo Ulloa, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	3	1	0,17
Ambientales	1	3	0,50
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	3	1	0,17
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,08
Usos del suelo	0,03
Índice de desarrollo social	0,06
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,33
Intensidad de precipitación	0,17
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Fabian Elizondo, LANANME

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	2	2	0,33
Índice de desarrollo social	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,17
Índice de desarrollo social	0,08
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,06
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Jenny Agüero, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,33
Ambientales	1	3	0,33
Infraestructura	1	3	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	3	1	0,33
Usos del suelo	3	1	0,33
Índice de desarrollo social	3	1	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	2	1	0,33
Intensidad de precipitación	1	2	0,67

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,11
Usos del suelo	0,11
Índice de desarrollo social	0,11
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,22
Infraestructura	
Historial de intervención	0,17
Inspección	0,17

Ing. Luis Obando, ingeniero municipal Coto Brus

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	1	3	0,50
Ambientales	3	1	0,17
Infraestructura	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	1	3	0,50
Usos del suelo	2	2	0,33
Índice de desarrollo social	3	1	0,17

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	2	1	0,33
Inspección	1	2	0,67

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,25
Usos del suelo	0,17
Índice de desarrollo social	0,08
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,11
Intensidad de precipitación	0,06
Infraestructura	
Historial de intervención	0,11
Inspección	0,22

Ing. Alejandro Esquivel, Conservación de vías y puentes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerárquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	3	1	0,17
Ambientales	2	2	0,33
Infraestructura	1	3	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	3	1	0,17
Usos del suelo	1	3	0,50
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerárquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerárquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,03
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,06
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,22
Intensidad de precipitación	0,11
Infraestructura	
Historial de intervención	0,25
Inspección	0,25

Dr. Pedro Castro Fernández, Ministro de Obras Públicas y Transportes

Ordenamiento de los criterios de acuerdo con su importancia

Primer rango jerarquico (Criterios Generales)			
Criterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Socioeconómicos	3	1	0,17
Ambientales	2	2	0,33
Infraestructura	1	3	0,50

Segundo rango jerarquico (Subcriterios socioeconómicos)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Cercanía a asentamientos humanos	3	1	0,17
Usos del suelo	1	3	0,50
Índice de desarrollo social	2	2	0,33

Segundo rango jerarquico (Subcriterios infraestructura)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Historial de intervención	1	2	0,50
Inspección	1	2	0,50

Segundo rango jerarquico (Subcriterios Ambientales)			
Subcriterios	Orden	Valor	Valor ponderado
Amenazas de la naturaleza y pendientes	1	2	0,67
Intensidad de precipitación	2	1	0,33

Ponderación final de los subcriterios	
Socioeconómicos	
Cercanía a asentamientos humanos	0,03
Usos del suelo	0,08
Índice de desarrollo social	0,06
Ambientales	
Amenazas de la naturaleza y pendientes	0,22
Intensidad de precipitación	0,11
Infraestructura	
Historial de intervención	0,25
Inspección	0,25

Apéndice 2, fotografía de las estructuras inventariadas e inspeccionadas

Fotografía 1, inicio de inspección tramo 1



Fotografía 4, obstrucción en CU21920580D



Fotografía 2, obstrucción en CU21924924I



Fotografía 5, obstrucción en AL21924723D



Fotografía 3, obstrucción en CU21923063D



Fotografía 6, obstrucción en AL21923864D



Fotografía 7, obstrucción en AL21921739D



Fotografía 10, sección de cuneta no funcional



Fotografía 8, obstrucción en AL21920204D



Fotografía 11, sección de cuneta destruida



Fotografía 9, obstrucción en 21921225D



Fotografía 12, sección de cuneta obstruida



Fotografía 14, Cipreses, inicio tramo 2



Fotografía 17, obstrucción en CU2300917D



Fotografía 15, obstrucción y destrucción en CU2304384I



Fotografía 18, destrucción en CU2198797D



Fotografía 16, obstrucción en CU2304371D



Fotografía 19, destrucción en CU2198466D



Fotografía 20, destrucción en CU2196007D



Fotografía 23, obstrucción en AL2305014D



Fotografía 21, obstrucción en AL2304630D



Fotografía 24, estructura en buen estado
AL2304895D



Fotografía 22, obstrucción en AL2301050D



Apéndice 3, base de datos parcial de las estructuras inspeccionadas

X	Y	Estructura	Ruta	Kilómetro	Lado	Evaluación	Costo
186218	1100711	CU	219	20553	D	5	€1.748.593,19
186221	1100747	CU	219	20580	D	5	€36.819,37
186431	1101016	CU	219	21001	D	5	€60.916,50
186521	1101020	CU	219	21225	D	5	€871.694,63
186378	1101258	CU	219	21511	I	5	€ 3.413.115,27
186377	1101349	CU	219	21739	I	5	€2.376.202,48
186479	1101273	CU	219	21873	I	5	€3.054.996,45
186487	1101275	CU	219	21873	D	4	€1.556.566,93
187031	1101583	CU	219	22478	I	5	€ 16.490,56
187111	1101587	CU	219	22498	D	5	€1.556.566,93
187143	1101190	CU	219	23063	D	5	€16.490,56
187596	1101345	CU	219	23592	I	4	€75.313,91
187873	1101900	CU	219	24378	D	3	€78.462,78
187872	1101930	CU	219	24413	D	5	€124.082,37
187872	1101930	CU	219	24413	I	5	€1.991.253,08
187890	1102052	CU	219	24539	D	3	€8.610,84
187949	1102139	CU	219	24607	D	5	€34.451,34
188039	1102085	CU	219	24703	D	3	€4.920,48
188170	1102190	CU	219	24824	D	4	€5.752,86
188170	1102190	CU	219	24824	I	5	€29.779,81
188293	1102227	CU	219	24924	D	5	€28.247,68
188293	1102227	CU	219	24924	I	5	€32.546,24
188436	1102276	CU	219	25000	I	5	€ 23.801,74
188436	1102276	CU	219	25000	D	5	€ 21.953,36

Apéndice 4, base de datos parcial del historial de intervenciones para la zona de conservación 1-7

Intervención	Sección	Actividad	Costo (€)	Fecha	Lugar	Intervalo	X	Y
160	30240	Chapea derecho de vía	197693,952	01/07/2012	Churuca	3	180338	1093424
145	30491	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	26425,09	01/07/2012	Cot	3	184180	1094496
161	30240	Descuaje de árboles por hora	538869,69	01/07/2012	Hogares Crea	3	179934	1093564
57	30491	Chapea derecho de vía	511166,115	01/01/2012	La Chinchilla	9	182458	1094041
79	30250	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	52850,18	01/02/2012	La Pastora	8	188155	1102186
113	30491	Tubería de hormigón clase III C-76 de 0,76m para carreteras	299917,19	01/03/2012	Mi Tierra	7	181772	1093397
80	30230	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	132125,45	01/02/2012	Oratorio	8	189038	1095446
60	30230	Chapea derecho de vía	1136801,73	01/01/2012	Paso Ancho	9	184777	1094258
128	30491	Excavación común	161025,05	01/05/2012	Río Takiscu	5	183521	1094579
139	30491	Hormigón estructural clase A	712661,824	01/06/2012	Río Toyogres	4	181238	1093336
86	30250	Chapea derecho de vía	1228582,35	01/02/2012	San Juan de Chicué	8	186141	1100977