



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte

INFORME DE FISCALIZACIÓN

LM-PI-UGERVN-001-2015

RUTA NACIONAL No. 606 SECCIÓN GUACIMAL – SANTA ELENA

San José, Costa Rica
Enero, 2015



Documento generado con base en el Artículo 6, inciso c) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capítulo II, Artículo 14 del Reglamento del Artículo 6 de la precitada ley, publicada mediante Decreto DE-37016-MOPT.

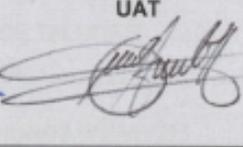
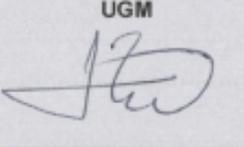
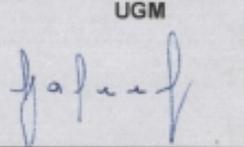
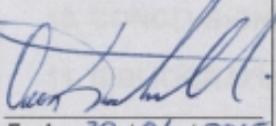
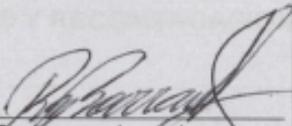
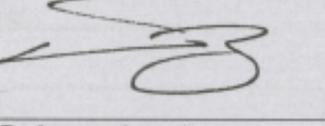
1. Informe LM-PI-UGERVN-001-2015		2. Copia No.9	
3. Título INFORME DE FISCALIZACIÓN RUTA NACIONAL No.606, Sección Guacimal – Santa Elena		4. Fecha del Informe Enero 2015	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias No aplica			
7. Resumen <i>Como parte de las funciones de fiscalización del LanammeUCR, mediante el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) se realizó una evaluación técnica de las obras que se están ejecutando en la sección Guacimal – Santa Elena de la Ruta Nacional No.606. Actualmente los trabajos consisten principalmente en la ampliación del ancho de la vía mediante cortes en los taludes, colocación de tubería para alcantarillado pluvial y conformación de escombreras para la disposición final de los materiales cortados.</i> <i>En la evaluación realizada se estudiaron aspectos geométricos y geotécnicos como los cortes de los taludes, los sobre anchos, los pasos de alcantarillas y los rellenos.</i> <i>Diversos elementos de la seguridad vial fueron analizados, tomando en cuenta las labores que se están realizando y las condiciones propias de la vía al ser un camino de montaña.</i> <i>Partiendo de los resultados de este análisis, se realizaron una serie de recomendaciones, tendientes a mejorar las condiciones de servicio general de la carretera y principalmente la seguridad de los usuarios.</i>			
8. Palabras clave Carretera Monteverde, sección Guacimal – Santa Elena, Ruta Nacional No.606, infraestructura, seguridad vial, geotecnia, topografía, pasos de fauna		9. Nivel de seguridad: Bajo	10. Núm. de páginas 32
11. Preparado por:			
Ing. Ronald Naranjo U. UGERVN 	Ing. Erick Acosta H. UAT 	Ing. Alonso Ulate C. UGM 	Ing. Alexander Cerdas H., MSc. UGM 
Fecha: 30/11/2015	Fecha: 21/2/2015	Fecha: 09/02/2015	Fecha: 30/01/2015
12. Revisado por:		13. Aprobado por:	
Lic. Owen Gooden M. Asesor Legal a.i. 	Ing. Roy Barrantes J. Coordinador UGERVN 	Ing. Guillermo Loria S., Ph.D. Coordinador General PITRA 	
Fecha: 30/01/2015	Fecha: 1/1	Fecha: 1/1	

TABLA DE CONTENIDO

1. POTESTADES.....	4
2. OBJETIVO.....	4
3. METODOLOGÍA.....	4
4. LOCALIZACIÓN.....	6
5. ASPECTOS GEOMÉTRICOS.....	7
SECCIÓN TRANSVERSAL.....	7
VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.....	8
SOBREANCHOS.....	9
6. ASPECTOS GEOTÉCNICOS.....	10
TALUDES DE CORTE.....	10
TALUDES DE RELLENO.....	12
PASOS DE ÁLCANTARILLAS.....	13
DEPÓSITO DE MATERIALES (ESCOMBRERAS).....	14
PROTECCIÓN DE TALUDES.....	15
7. PASOS DE FAUNA.....	17
PASOS SUPERIORES (AÉREOS).....	17
PASOS INFERIORES (SUBTERRÁNEOS).....	17
ROTULACIÓN.....	19
8. SEGURIDAD VIAL.....	21
9. OBSERVACIONES SOBRE LAS RECOMENDACIONES REALIZADAS EN EL 2013 ..	25
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
11. BIBLIOGRAFÍA.....	32

1. POTESTADES

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, es una dependencia de la Universidad de Costa Rica especializada en la Ingeniería Civil. La ley N°8114 en sus artículos 5 y 6, encomienda al LanammeUCR una serie de funciones en materia de evaluación, fiscalización, asesoría y capacitación, entre otras, para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en la reconstrucción y conservación de la red vial costarricense.

Considerando la importancia de la Ruta Nacional No.606 en la infraestructura vial de la zona en la cual se localiza, así como la proyección de la zona como destino turístico a nivel mundial, los aportes técnicos derivados del presente informe de fiscalización se enmarcan dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

2. OBJETIVO

El objetivo de la colaboración es aportar a la Administración activa del Estado costarricense elementos a considerar en la toma de decisiones y en la ejecución de trabajos en el tramo Guacimal – Santa Elena, en la Ruta Nacional No.606. Específicamente se presentan recomendaciones tendientes a mejorar el nivel de servicio de la carretera y la seguridad de los usuarios.

3. METODOLOGÍA

El año anterior el LanammeUCR emitió el informe LM-PI-UGERVN-10-2013, en el cual se evaluó la Licitación Pública No.2011LN-0029-0DI00 “Mejoramiento del Sistema de Drenaje y de la Superficie de Ruedo de la Ruta Nacional No.606 Sección Guacimal – Santa Elena”. Producto de esta evaluación se generaron recomendaciones tendientes a mejorar aspectos de diseño geométrico, aspectos geotécnicos, de seguridad vial, diseño de intersecciones, así como propuestas de sitios para miradores y pasos de fauna.

Luego de iniciados los trabajos de mejoramiento, funcionarios del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) realizaron una inspección con el fin de evaluar los

trabajos que se están ejecutando y contrastarlos con las recomendaciones generadas en el informe antes mencionado.

El levantamiento de información en el campo incluyó principalmente las condiciones geotécnicas, geométricas y las condiciones que afectan la seguridad vial a lo largo de la vía en esta etapa de construcción.

Producto del análisis de esta información se realizaron una serie de recomendaciones, tendientes a mejorar las condiciones de seguridad de los usuarios que utilizan la vía durante esta fase de construcción, así como el nivel de servicio general de la carretera a futuro.

4. LOCALIZACIÓN

La zona de estudio está ubicada en la parte oriental de la Hoja topográfica 3246-IV Juntas, escala 1: 50 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se analiza el tramo de la Ruta 606 entre el sector de Guacimal y Santa Elena. Esta sección atraviesa gran parte de la divisoria que hay entre las cuencas del Río Lagarto y el Río Guacimal, según se aprecia en la figura N°1.

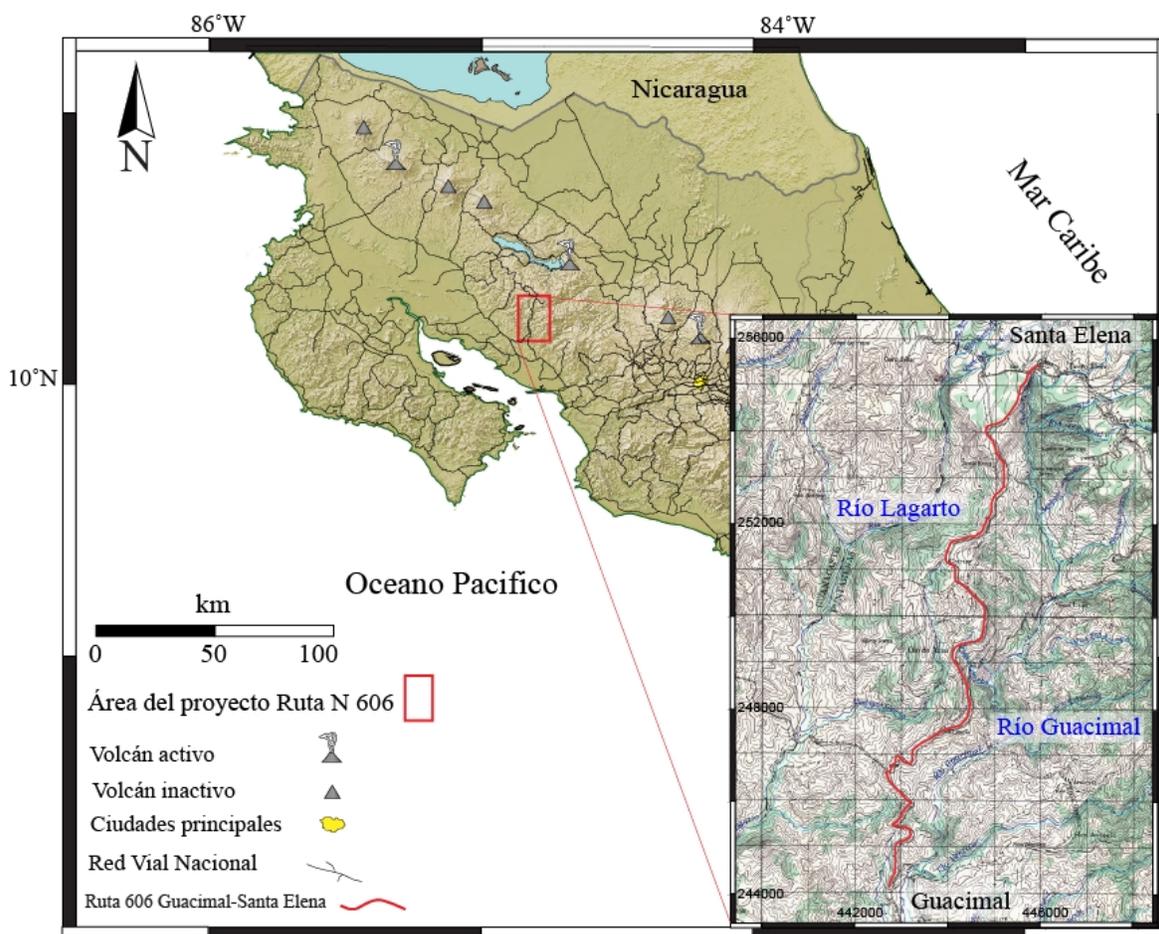


Figura N°1. Mapa de ubicación del proyecto sobre el mapa de Costa Rica con las rutas nacionales y detalle de la ubicación de la Ruta N° 606 entre el sector de Guacimal y Santa Elena.

5. ASPECTOS GEOMÉTRICOS

Sección Transversal.

El trazado de la ruta nacional N°606 entre Guacimal y Santa Elena es característico de un camino de montaña con pendientes moderadas a altas y curvas horizontales cerradas. En ciertos tramos la ruta se ubica en la vertiente Oeste del Río Lagarto y en otros momentos recorre la vertiente Este del Río Guacimal, lo cual significa que corta las laderas de la montaña en sección tipo "balcón", en donde se tendrá la presencia de taludes de corte y taludes de relleno (ver figura No.2). En pocos puntos el trazado se ubica en el lomo o divisoria de la montaña.

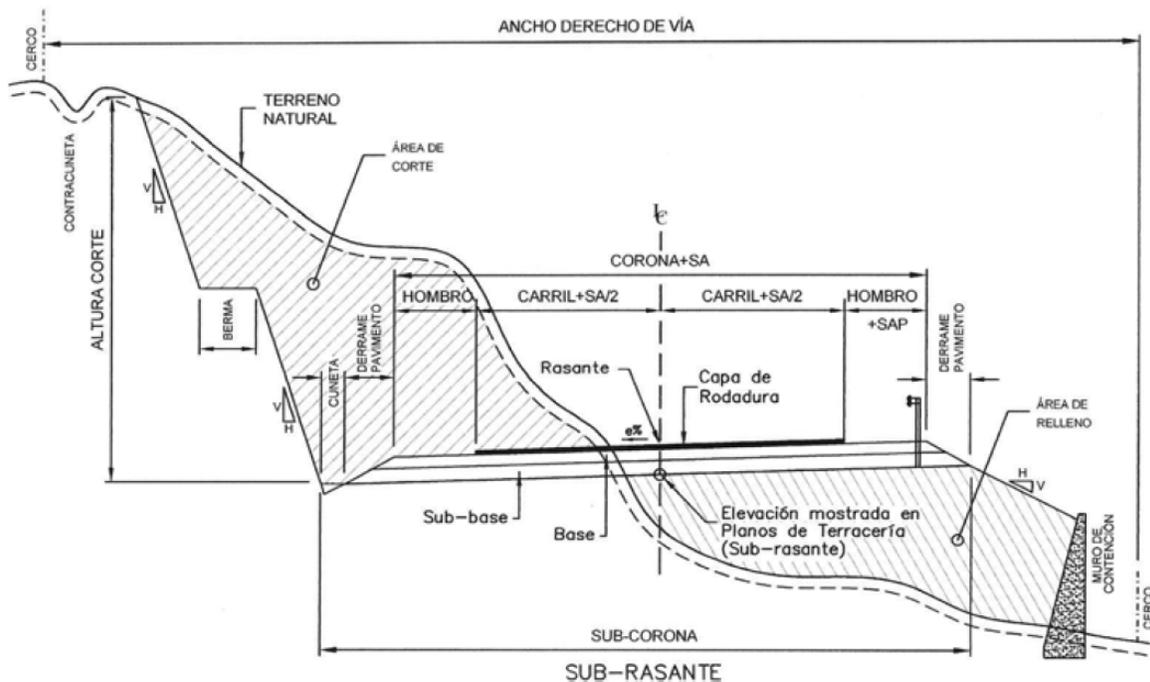


Figura No. 2 Sección Transversal tipo "balcón".

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras
(SIECA, 2011)

Producto de los trabajos de movimiento de tierras que se están realizando se notó una mejoría en el ancho de la plataforma de la sección transversal. El ancho actual fue medido en varios puntos, obteniendo mediciones entre 10 m y 11 m.

Estos cambios modificaron la geometría de la sección transversal, por un lado los taludes de corte casi verticales requieren estudios de estabilidad y también limitan la visibilidad en las curvas horizontales, tal como se muestra en la figura 3.



Ampliación de la plataforma de rueda.



Talud de corte muy vertical en curva horizontal.

Figura No.3 Secciones ampliadas y taludes de corte generados.

Visibilidad en curvas horizontales.

En la siguiente figura se observa la conformación del camino en una curva horizontal con un radio muy reducido (C35, R: 16m, Est. 9+108), lo cual se combina con el corte de talud interno con una pendiente muy alta, convirtiéndose en un obstáculo que reduce la visibilidad en la curva. Recomendamos que esta situación sea sujeto de análisis para definir si se requiere reducir la pendiente del corte para mejorar la visibilidad y la estabilidad del talud, o en su defecto aplicar medidas de mitigación, como construir un sobreebanco en la curva o instalar señalización que indique la reducción de la velocidad máxima.



Figura No. 4 Curva 35 (Est. 9+108) con radio de giro de 16 m.

Sobreanchos.

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011) en la sección 3.2.7, plantea lo siguiente:

"Los sobreanchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinadas con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación. En carreteras con carriles de 3.6 metros y buen alineamiento, la necesidad de

sobreanchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía. " (pag. 108)

Tomando en cuenta lo anterior, se recomienda diseñar sobreanchos en las curvas horizontales, principalmente en las menores a 30 m. Estas curvas con radios menores a 30 m, ubicadas en 63 puntos del proyecto generan la reducción de la velocidad de operación hasta en 20 km/hora.

Debido a la sinuosidad del camino es importante recalcar la necesidad de mantener un ancho de carril que permita la conducción adecuada de los vehículos a la velocidad de operación propuesta, en especial el de diseño (autobuses). Esto implica que los distintos elementos necesarios en la sección transversal como cunetas, sobreanchos de pavimento, sobreanchos en las curvas, espaldones o sitios de refugio, calzada, demarcación, captaluces, barandas, muros y bordillos deben incluirse a lo largo del proyecto, sin omisiones por falta de derecho de vía o por características del trazado o del terreno.

Debido a las características topográficas de la zona con pendientes tan empinadas y además ambiente húmedo en la carretera, es necesario diseñar peralte en las curvas expuestas a este tipo de condiciones, con el objetivo de procurar la estabilidad del vehículo y evitar que salga de su carril.

6. ASPECTOS GEOTÉCNICOS

Taludes de Corte.

Se observó que la mayoría de los taludes de corte fueron realizados con una pendiente casi vertical. Según las propiedades mecánicas de los suelos y las rocas que conforman estos taludes, así como la meteorización y la alteración que presentan, la estabilidad puede verse comprometida debido a la inclinación tan elevada.

Esta condición, sumada a factores disparadores como sismos y lluvias intensas pueden provocar desprendimientos de material, con los consecuentes cierres en la carretera y obviamente una afectación directa a los usuarios. Esta situación debe ser valorada

mediante estudios geotécnicos adicionales. Un ejemplo de esta condición se muestra en la siguiente figura.



Figura No.5 Taludes de corte con ángulo cercano a la línea vertical.

Se recomienda además, diseñar y construir obras de drenaje para las aguas pluviales, como son las contra cunetas, los bajantes y los disipadores de energía, para evitar que se presenten eventuales problemas de estabilidad debido a la erosión y la saturación del suelo y el macizo rocoso.

En la siguiente fotografía se observa un talud en proceso de corte (cerca del cruce a San Luis, Est 14+100), la pendiente con la que se viene trabajando es casi vertical, esta configuración es riesgosa si no se cuenta con los estudios geotécnicos adecuados que confirmen la estabilidad del corte con esta pendiente, ya que pueden generarse deslizamientos sobre todo cuando se produzcan lluvias intensas o sismos.



**Figura No.6 Tramo en proceso de intervención mediante movimiento de tierras
(Estación 14+100).**

Durante esta etapa de movimiento de tierras se recomienda a la Administración registrar la inclinación de los taludes de corte con equipo de topografía de alta precisión, con el fin de verificar si se cumple con el ángulo de inclinación especificado en el contrato.

De igual manera es importante determinar mediante un diseño adecuado la altura a partir de la cual se deben construir bermas en los taludes, con contra cunetas para el manejo del agua de escorrentía.

Taludes de Relleno.

En varios sectores de la carretera se observaron taludes de relleno en los cuales se ha depositado material sin evidencia de un proceso adecuado de conformación y compactación. Por ejemplo se presenta en la siguiente fotografía el talud de relleno en la estación 14+500 (aprox.)

Estos taludes deben ser sujeto de análisis para determinar si se requieren elementos adicionales para lograr factores de seguridad adecuados.

Adicionalmente, no se observaron medidas de protección contra erosión para disminuir el arrastre de sedimentos.



Figura No.7 Talud de relleno con material suelto.

Pasos de Alcantarillas.

Se observó en el proyecto la colocación de nuevas alcantarillas de 90 cm de diámetro y 10 m de longitud, en sustitución de las anteriores, las cuales no han sido removidas del lugar.

En las siguientes fotografías se observa la colocación de la tubería de concreto del paso de alcantarilla transversal, pero a la fecha de la inspección realizada por el equipo técnico que realizo este informe (24/Jul/2014), no se ha construido ni el cabezal de entrada, el de salida, delantal ni aplicado las medidas de control de erosión en la salida. Lo ideal en

estos casos es construir la estructura de paso de alcantarilla completándose desde el principio de las obras para asegurar su estabilidad y control de erosión, además, se recomienda que se realicen lo antes posible debido a que el tránsito de vehículos pesados sobre la tubería podría deteriorar las uniones y provocar fugas en el futuro, además el paso de alcantarilla posiblemente ya transporta aguas pluviales que podrían estar produciendo erosión en la salida.



Figura No.8 Colocación de nuevas alcantarillas de 90 cm de diámetro y 10 m de longitud.

Depósito de materiales (escombreras).

Se observó depósito de material producto del corte de taludes en zonas adyacentes al corredor de la carretera (Est 11+000 y 15+000 aprox. ver las fotografías de la figura No.9). Hasta la fecha no se ha encontrado evidencia de que se hayan realizado diseños adecuados para estas escombreras, con diseño de terrazas, medidas de control de erosión y sedimentos.



Figura No.9 Depósito de material de corte a un lado del corredor vial.

Protección de taludes.

En el cartel de licitación y la información estudiada no se encontraron referencias sobre el diseño de obras de protección para los taludes de la carretera. Estas obras incluyen los sistemas de control de erosión, la siembra de vegetación, obras para el manejo del agua de escorrentía, etc.

La protección superficial de taludes es un componente integral de las obras de una carretera, debe estar considerada desde el inicio y debe realizarse inmediatamente después del movimiento de tierras.

En la inspección realizada no se observó implementación de medidas de control de erosión en los taludes. Se observó un arrastre importante de sedimentos hacia la superficie de ruedo actual, lo cual dificulta el tránsito vehicular reduciendo la maniobrabilidad de los vehículos livianos principalmente, representando de esta forma un peligro para los usuarios.

Se recomienda diseñar e instalar obras de protección superficial en todos los taludes que sean intervenidos con movimiento de tierras, así como aquellos taludes que actualmente estén expuestos a los agentes erosivos, así como aquellos que muestren indicios de deterioro y no cuenten actualmente con una protección superficial.

Las obras de protección pueden incluir mantos naturales o sintéticos para control de erosión y es muy importante la siembra de plantas o semillas de vegetación apta para la zona y la pendiente de los taludes. La vegetación debe ser rastrera (que tienda a tupirse y cubrir el talud), para garantizar que en el corto plazo se disminuya la pérdida de suelo por acción de la lluvia y el viento.

Para aquellos taludes que sean intervenidos con movimiento de tierras y sean cortados con terrazas o bermas intermedias, se recomienda la construcción de contracunetas en cada berma para el manejo del agua de escorrentía. Esas contracunetas, así como las tuberías, los puntos de descarga y todas las obras complementarias deberán ser diseñadas por un profesional competente en esta área, el cual considere las condiciones hidrológicas propias de la zona.

7. PASOS DE FAUNA

El trazado de la carretera a Monteverde atraviesa zonas biológicamente sensibles como el Corredor Biológico Pájaro Campana, que une el Bosque Nuboso con el Bosque de Manglar del litoral pacífico. Esta conectividad biológica es vital para muchas de las especies que habitan en la zona como aves, mamíferos y reptiles. Según Camacho & Chinchilla (2013), hay al menos 24 especies de animales que cruzan constantemente la zona.

La conectividad entre los diferentes ambientes es de gran importancia para la preservación de las especies. Dicha conectividad interviene en la variabilidad genética, en la alimentación y en la reproducción, ya que algunos animales cazan en un lugar diferente al que habitan, principalmente de aves. (Araya & Salom, 2013)

Para evitar esta segregación de los hábitats es necesaria la construcción de pasos alternativos para el tránsito de los animales. Con este fin el geógrafo Randy Chinchilla del Consejo Local Corredor Biológico Pájaro Campana realizó una verificación de campo para establecer los sitios idóneos para estos pasos de fauna, con base en la información generada por la fundación Panthera para este corredor.

Los tipos de infraestructura propuestos por el Consejo Local son los siguientes:

Pasos superiores (aéreos)

Con el fin de no limitar la migración potencial de fauna arbórea a lo largo del corredor (p.e. monos, perezosos, martillas, puercoespines), se recomienda instalar pasos superiores (aéreos) en todos los puntos identificados. Estos pasos consisten en pequeños puentes colgantes con un cable central. Asimismo, se recomienda en la medida de lo posible mantener el cruce de copas de los árboles en los lugares donde ya existe esta característica, ya que estos cruces funcionan como pasos de fauna aéreos naturales.

Pasos inferiores (subterráneos)

Para efectos de no excluir a los animales de mayor tamaño (p.e. venado cola blanca, puma, saínos) que podrían utilizar cualquiera de los puntos identificados como pasos de fauna, se recomienda instalar pasos subterráneos cuadrados de al menos 3 m de ancho por 2.5 m de alto en

3 de los sitios señalados en el cuadro No.1. Cabe mencionar que estos pasos deben ser construidos de tal forma que los animales puedan ver el otro extremo del túnel y debe colocarse una capa de lastre o tierra en el piso para lograr la efectividad en el uso del mismo. En los lugares donde haya pendiente pronunciada en la entrada y/o la salida del paso subterráneo, se recomienda construir una rampa de acceso/salida que ayude a dirigir a los animales hasta donde se encuentra paso para lograr la efectividad de la infraestructura.

Cuadro No.1. Tipo de pasos de fauna propuestos y su localización.

Sitio	Tipo de paso	Coordenada X	Coordenada Y
3	Paso superior	406.431,840	1.130.443,965
4	Paso superior	406.871,442	1.130.727,033
5	Paso superior e inferior	406.742,082	1.130.939,434
6	Paso superior e inferior	406.701,457	1.131.181,460
7	Paso superior	406.625,957	1.132.322,779
8	Paso superior	407.327,171	1.132.889,472
11	Paso superior	407.822,163	1.134.421,291
12	Paso superior e inferior	408.021,313	1.1349.32,168
16	Paso superior	409.110,705	1.139.963,600

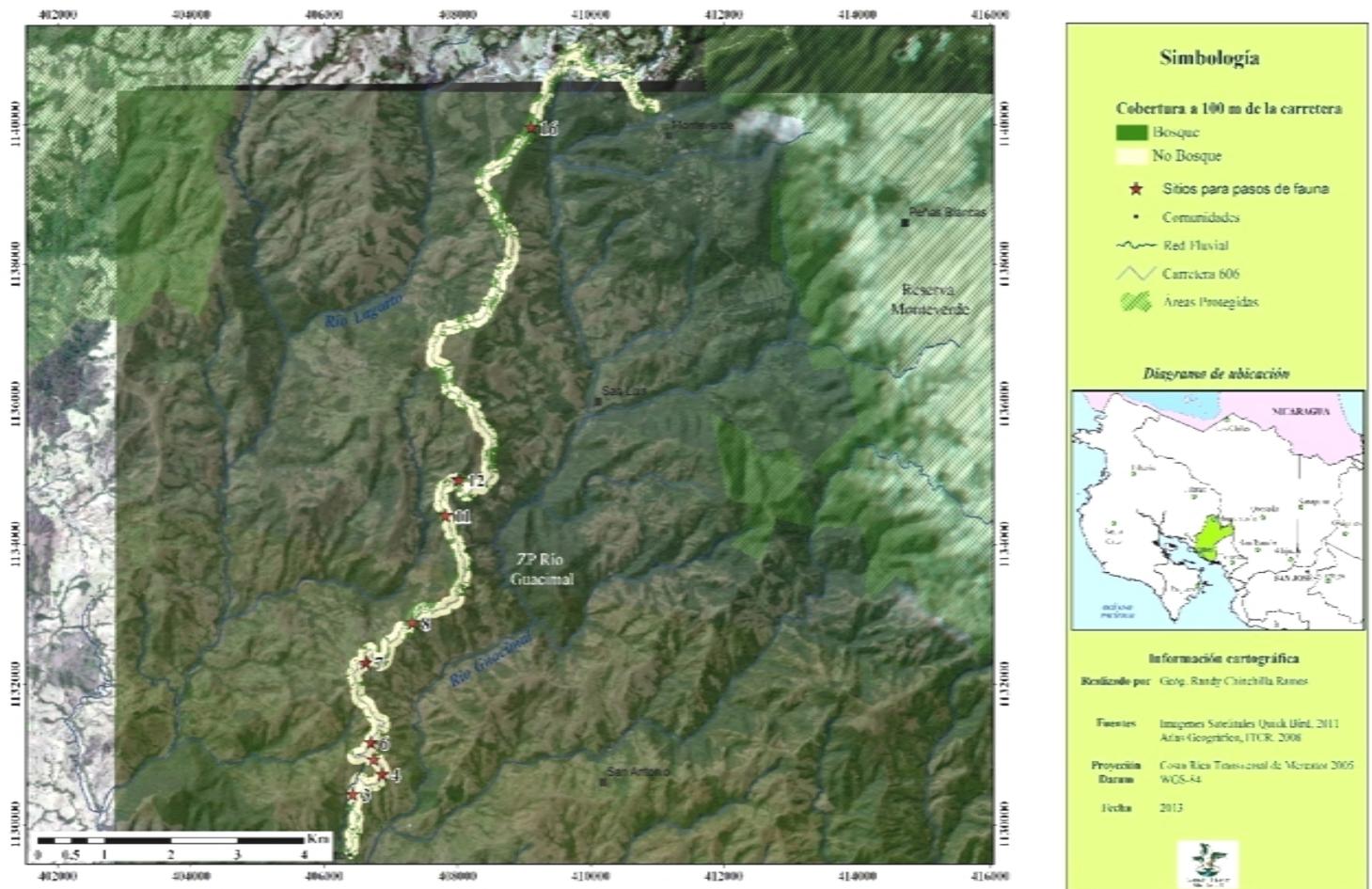


Figura No.10 Localización de los pasos de fauna, ruta 606.

Rotulación

Se recomienda la colocación de rotulación a lo largo de la carretera para advertir a los conductores del cruce de animales en la vía, así como señalar cada uno de los pasos de fauna para incentivar una reducción de la velocidad para evitar atropellos de animales que no cruzaron por los pasos destinados para eso y un respeto por las especies de la zona.

El manual SIECA 2000 indica señales para la identificación de áreas protegidas (figura No.11) las cuales podrían colocarse al inicio y fin del Corredor Biológico Pájaro Campana para informar a los usuarios y se pueden colocar señales que informen al usuario de que se encuentra en un hábitat con presencia de vida silvestre (figura No.12).



IR-6-3

Figura No.11. Señal para identificación de área protegida.

Fuente: SIECA, 2000.

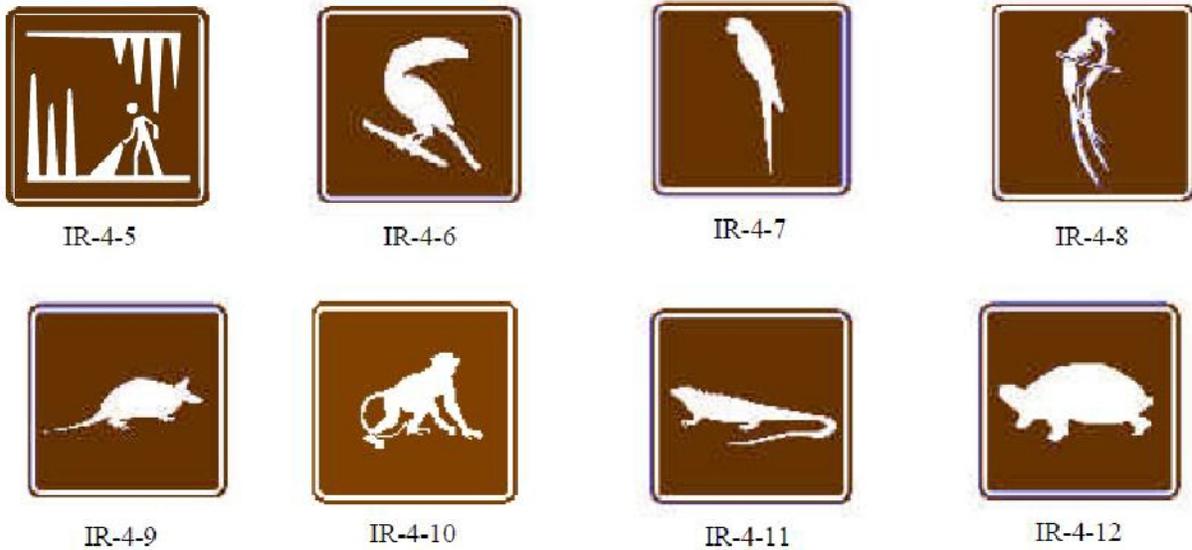


Figura No.12. Señales de información acerca de un hábitat con vida silvestre.

Fuente: SIECA, 2000.

En la Guía Ambiental para Vías Amigables con la Vida Silvestre se introduce un tipo de señal recientemente aprobada por la Dirección de Ingeniería de Tránsito, que cumple la función de advertir del paso de fauna (figura No.13).

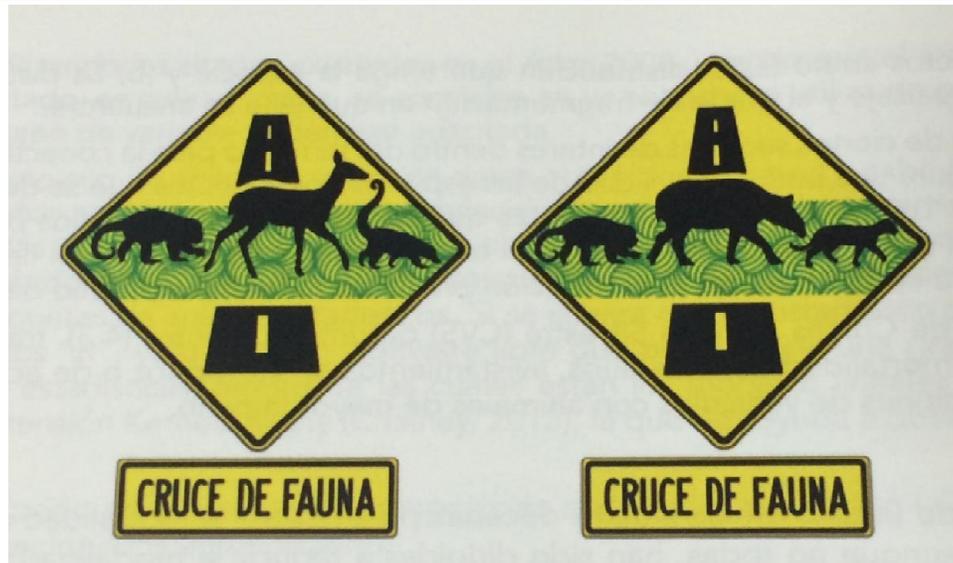


Figura No.13. Señalización de advertencia de pasos de fauna.

Fuente: Guía Ambiental, 2014.

8. SEGURIDAD VIAL

La naturaleza de los trabajos que se encuentran en ejecución en tramo de la Ruta Nacional No 606, requieren del cierre total de la vía durante periodos extensos. Esta condición debe ser alertada con suficiente antelación a los usuarios dado que la carretera entre Guácimo y Monteverde no dispone de rutas alternas de fácil ubicación y acceso.

El interés turístico de la zona hace que sea necesario coordinar los cierres de forma que no se afecte el tránsito normal de turistas por lo que la oportuna información es indispensable. Al inicio y al final del tramo en construcción se ubica un letrero con los horarios habilitados para el paso de vehículos (ver figuras 14 y 15), y una señal temporal con la leyenda "carretera en construcción", como se muestra en las figuras 1 y 2 sin que se haga referencia indica la ubicación del sitio específico del cierre o si es total o parcial.

Es evidente que al tratarse de una carretera en construcción los frentes de obra se ubican a lo largo de todo el proyecto, los conductores no tienen claridad sobre la ubicación del cierre y esto dificulta la estimación del tiempo disponible para llegar a su destino final, considerando que la superficie de ruedo de la vía se encuentra en lastre y no permite alcanzar velocidades altas.



Figura No.14. Señalización ubicada al inicio del proyecto en Guacimal.

Fecha: 23 de julio de 2014



Figura No.15. Horario de cierres de la vía.

Fecha: 23 de julio de 2014

En el sitio donde se están ejecutando las obras de movimiento de tierras se observó escasa señalización preventiva (figuras 16 y 17). La señalización debe colocarse de conformidad con lo establecido en el Manual y el Reglamento vigentes, de forma tal que los usuarios sean alertados sobre la proximidad de los trabajos y de las maniobras que debe realizar para transitar por la zona con la debida antelación.



Figura No.16. Señalización vial de control de obra. Estación 14+380. Fecha: 23 de julio de 2014



Figura No.17. Usuarios a la espera durante un cierre total de la vía. Estación 14+380. Fecha: 24 de julio de 2014

En el camino también se observaron obras en ejecución y materiales removidos durante las labores de movimiento de tierras sin señalización vial preventiva. Los materiales se encontraban acumulados a un lado de la vía, lo que representa un riesgo potencial de accidente como consecuencia de la falta de señalización y la carencia de iluminación en la carretera. En las figuras 18 y 19, se observan algunas de las situaciones encontradas.



Figura No.18. Ejecución de trabajos a un lado de la vía sin señalización preventiva.
Estación 14+380. Fecha: 23 de julio de 2014



Figura No.19. Rocas apiladas a un lado de la vía. Estación 11+784. Fecha: 23 de julio de 2014

La señalización temporal de control del tránsito en obra es vital en cualquier proyecto, su instalación y mantenimiento debe ser considerada como parte de las labores rutinarias. En el caso particular del proyecto de mejora de la Ruta Nacional No. 606, sección Guácimo-Monteverde, es indispensable que esta sea colocada en todos aquellos sitios donde se realicen intervenciones por el riesgo que representa para los usuarios el limitado ancho de la superficie de ruedo.

9. OBSERVACIONES SOBRE LAS RECOMENDACIONES REALIZADAS EN EL 2013

En el informe LM-PI-UGERVN-09-2013 remitido en setiembre del año 2013, el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) de este Laboratorio, realizó una evaluación de las obras consideradas en la Licitación Pública No.2011LN-0029-0DI00 “Mejoramiento del Sistema de Drenaje y de la Superficie de Ruedo de la Ruta Nacional No.606 Sección Guacimal – Santa Elena”.

Producto de ese análisis se generaron una serie de recomendaciones tendientes a mejorar la seguridad de los usuarios y la calidad de las obras que estaban próximas a dar inicio.

En esta sección se contrastan esas recomendaciones con las observaciones realizadas sobre los trabajos que se están ejecutando en el proyecto.

Sobre el diseño geométrico

Recomendaciones 2013	Observaciones 2014
Aumentar el ancho de la vía mediante la realización de cortes en los taludes y obras de estabilización. Tomando en cuenta las condiciones particulares de la vía, la sinuosidad del terreno y el objetivo primordial de mejorar la seguridad de los usuarios, se recomienda ampliar la vía para contar con dos carriles de 3,30 m de ancho cada uno, más el ancho necesario para la construcción de las obras hidráulicas requeridas en cada sección.	Producto de los trabajos de movimiento de tierras que se están realizando se notó una mejoría en el ancho de la plataforma de la sección transversal. El ancho actual fue medido en varios puntos, obteniendo mediciones entre 10 m y 11 m.

Sobre el diseño geométrico (cont.)

Recomendaciones 2013	Observaciones 2014
<p>Mejorar el alineamiento horizontal y vertical de la carretera. Dando énfasis a la construcción de sobre anchos para las curvas identificadas como críticas.</p> <p>Otro faltante importante detectado es que no se especificó en los planos revisados la construcción de peralte en las curvas.</p>	<p>En diversos puntos se observaron curvas horizontales con un radio muy reducido con cortes en el talud interno con una pendiente casi vertical, convirtiéndose en un obstáculo que reduce la visibilidad en la curva.</p> <p>Recomendamos que esta situación sea sujeto de análisis para definir si se requiere reducir la pendiente del corte para mejorar la visibilidad, o en su defecto aplicar medidas de mitigación, como construir un sobreebanco en la curva o instalar señalización que indique la reducción de la velocidad máxima.</p> <p>Se recomienda diseñar sobreebanco en las curvas horizontales, principalmente en las menores a 30 m. Estas curvas con radios menores a 30 m, ubicadas en 63 puntos del proyecto generan la reducción de la velocidad de operación hasta en 20 km/hora.</p> <p>Debido a las pendientes tan empinadas y ambiente húmedo en la carretera, es necesario diseñar peralte en las curvas que presenten condiciones inseguras.</p>

Sobre la geotecnia

Recomendaciones 2013	Observaciones 2014
<p>En los lugares en los cuales el tipo de suelo, la topografía, las construcciones cercanas o la altura importante del talud dificulten realizar cortes para ampliar el ancho de la vía, es recomendable considerar la construcción de obras de estabilización. Para tales efectos deberán realizarse estudios específicos en cada tramo que sea considerado. Estos estudios deben considerar la geología de la zona, los tipos de suelos presentes, las propiedades físicas y mecánicas que los caracterizan, así como la topografía y las cargas a las cuales serán sometidos.</p>	<p>Al momento de la inspección los trabajos en el proyecto se centraban en realizar cortes en los taludes para ampliar el ancho de disponible de la vía. No se observó la construcción de obras de estabilización y no se cuenta con información de que se proyecte realizar estas obras.</p> <p>Si se está considerando la construcción de estas obras nuevamente se recomienda la realización de estudios geológicos y geotécnicos específicos.</p> <p>En varios sectores de la carretera se observaron taludes de relleno en los cuales se ha depositado material sin evidencia de un proceso adecuado de conformación y compactación.</p> <p>Estos rellenos deben ser sujeto de análisis para determinar si se requieren elementos adicionales para lograr factores de seguridad adecuados.</p> <p>Adicionalmente, no se observaron medidas de protección contra erosión para disminuir el arrastre de sedimentos.</p>

Sobre la geotecnia (cont.)

Recomendaciones 2013	Observaciones 2014
<p>En las láminas preparadas por la empresa diseñadora se muestra la sección transversal típica propuesta para la carretera, el ángulo de corte indicado para los taludes es de 45° (pendiente 1:1).</p> <p>En la documentación estudiada no se hallaron los estudios geológicos ni geotécnicos, requeridos para una adecuada caracterización de los suelos que conforman los taludes del proyecto. Es mediante estos estudios que se logran determinar los ángulos de corte necesarios para garantizar la estabilidad de los taludes, así como las obras requeridas en caso de detectarse condiciones de inestabilidad.</p>	<p>Se observó que la mayoría de los taludes de corte fueron realizados con una pendiente casi vertical. Según las propiedades mecánicas de los suelos y las rocas que conforman estos taludes, así como la meteorización y la alteración que presentan, la estabilidad puede verse comprometida debido a la inclinación tan elevada.</p> <p>Esta condición, sumada a factores disparadores como sismos y lluvias intensas pueden provocar desprendimientos de material, con los consecuentes cierres en la carretera y obviamente una afectación directa a los usuarios. Esta situación debe ser valorada mediante estudios geológicos y geotécnicos adicionales.</p>
<p>Se recomienda la implementación de obras de protección superficial en todos los taludes que sean intervenidos con movimiento de tierras, así como aquellos taludes que actualmente estén expuestos a los agentes erosivos y muestren indicios de deterioro.</p> <p>Las obras de protección pueden incluir mantos para control de erosión y siembra de plantas o semillas de vegetación propia de la zona. La vegetación debiera ser tipo rastrera (que tienda a tupirse y cubrir el talud), para garantizar que en el corto plazo se disminuya la pérdida de suelo por acción de la lluvia.</p>	<p>En la inspección realizada no se observó implementación de medidas de control de erosión en los taludes. Se observó un arrastre importante de sedimentos hacia la superficie de rueda actual, lo cual dificulta el tránsito vehicular reduciendo la maniobrabilidad de los vehículos livianos principalmente, constituyendo una condición peligrosa para los usuarios.</p> <p>Se recomienda diseñar e instalar obras de protección superficial en todos los taludes que sean intervenidos con movimiento de tierras, así como aquellos taludes que actualmente estén expuestos a los agentes erosivos, así como aquellos que muestren indicios de deterioro y no cuenten actualmente con una protección superficial.</p>
<p>Se recomienda realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos que permitan verificar el dimensionamiento y localización de las obras consideradas para el manejo del agua de escorrentía del proyecto, tales como las cunetas, cajas, alcantarillas y todas las obras para la captación, conducción y descarga de las aguas producto de la lluvia.</p> <p>Para aquellos taludes que sean intervenidos con movimiento de tierras y sean cortados con terrazas o bermas intermedias, se recomienda la construcción de contracunetas en cada berma para el manejo del agua de escorrentía. Esas contracunetas, así como las tuberías, los puntos de descarga y todas las obras complementarias deberán ser diseñadas por un profesional competente en esta área, el cual considere las condiciones hidrológicas propias de la zona.</p>	<p>Para aquellos taludes que están siendo intervenidos con movimiento de tierras y sean cortados con terrazas o bermas intermedias, se recomienda la construcción de contracunetas en cada berma para el manejo del agua de escorrentía. Esas contracunetas, así como las tuberías, los puntos de descarga y todas las obras complementarias deberán ser diseñadas por un profesional competente en esta área, el cual considere las condiciones hidrológicas propias de la zona.</p>

Sobre los pasos de fauna

Recomendaciones 2013	Observaciones 2014
<p>Se recomienda diseñar e integrar pasos de fauna que minimicen el impacto ambiental que una carretera conlleva.</p> <p>Los pasos de fauna pueden ser aéreos o terrestres y deben estar acompañados de señalización y reductores de velocidad.</p> <p>Se recomienda implementar rotulación preventiva tal como, "Velocidad máxima 35 km/h, está pasando por Corredor Biológico, gracias", en acuerdo con la Ley Forestal, artículos 19 y 35, y Reglamento a la Ley Forestal, Decreto Ejecutivo No. 25721-MINAE.</p>	<p>Durante la visita realizada al proyecto no se identificaron sitios en los que se estén construyendo pasos de fauna, terrestres ni aéreos.</p> <p>Recomendamos considerar el diseño y construcción de estos pasos de fauna. Sobre todo en esta etapa constructiva es importante incluir los pasos terrestres ya que involucran la intervención de la estructura de pavimento.</p> <p>Nuevamente se recomienda la colocación de rotulación a lo largo de la carretera para advertir a los conductores del cruce de animales en la vía, así como señalar cada uno de los pasos de fauna para incentivar una reducción de la velocidad y el respeto por las especies de la zona para evitar atropellos de animales.</p>

Sobre la seguridad vial

Recomendaciones 2013	Observaciones 2014
<p>Se recomienda evaluar la factibilidad de incorporar zonas de refugio al proyecto, tantas como sea posible, analizando varias posibilidades desde un punto de vista de beneficio-costos, y en relación con las limitaciones propias de la rasante y de la sección transversal.</p>	<p>En la inspección realizada no se identificaron zonas de refugio en el sector intervenido del proyecto. Debido a la etapa de movimiento de tierras en la cual se encontraba al momento de la inspección no es posible concluir si estas zonas están siendo consideradas o no como parte de las obras.</p> <p>En caso de que no estén siendo construidas, recomendamos nuevamente considerar la factibilidad de diseñar y construir estas zonas de refugio en los sitios que así lo permitan.</p>

Sobre la seguridad vial (cont.)

Recomendaciones 2013	Observaciones 2014
<p>En el caso de la señalización preventiva en etapa de construcción de las obras, deberá velarse en todo momento por la seguridad de todos los usuarios de la vía, así como la de los trabajadores. Se recomienda seguir los lineamientos del Capítulo 6 del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000) y del nuevo Manual técnico de protección de obra (DGIT, 2013), y que se presente un plan de manejo de tránsito y de seguridad en el sitio de obra, debidamente avalado por la Dirección General de Ingeniería de Tránsito.</p>	<p>El interés turístico de la zona hace necesario coordinar los cierres de forma que no se afecte el tránsito normal de turistas, por lo que la oportuna información es indispensable.</p> <p>En el sitio donde se están ejecutando las obras de movimiento de tierras se observó escasa señalización preventiva. La señalización debe colocarse de conformidad con lo establecido en el Manual y el Reglamento vigentes, de forma tal que los usuarios sean alertados con la debida antelación sobre la proximidad de los trabajos y de las maniobras que debe realizar para transitar por la zona.</p> <p>En el camino también se observaron obras en ejecución y materiales removidos durante las labores de movimiento de tierras sin señalización vial preventiva. Los materiales se encontraban acumulados a un lado de la vía, lo que representa un riesgo potencial de accidente como consecuencia de la falta de señalización y la carencia de iluminación en la carretera.</p>
<p>A partir del estacionamiento 22+100 comienza una zona urbana con mayor desarrollo a ambos lados de la vía, incluyendo una escuela y una gasolinera, a lo largo de aproximadamente 1,5 km hacia Santa Elena.</p> <p>En este tramo es importante incorporar integralmente las condiciones de seguridad para todos los usuarios. Por lo tanto, se recomienda elaborar en dicho sector un estudio de movilidad, para identificar las necesidades reales de facilidades para estos usuarios vulnerables, tales como aceras, ciclovías, zonas de refugio y pasos peatonales a nivel.</p>	<p>Debido a la etapa en la que se encuentran los trabajos no es posible determinar si se está considerando la incorporación de estos elementos de seguridad. Si no están siendo considerados recomendamos nuevamente se realicen los estudios necesarios para identificar las necesidades reales de los habitantes de esta zona, con el fin de brindarles la calidad de las obras y la seguridad vial que merecen.</p>

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al realizar un análisis comparativo entre los trabajos que se están realizando en el tramo Guacimal – Santa Elena de la ruta N°606 con las recomendaciones técnicas emitidas en el informe LM-PI-UGERVN-10-2013, se evidencia que existen una serie de oportunidades de mejora para elevar el nivel de servicio de la carretera y la seguridad de los usuarios, tanto durante esta etapa de construcción como a futuro.

Sobre aspectos geométricos

- El ancho de vía en los sectores que han sido intervenidos hasta la fecha de inspección mejoró considerablemente, logrando secciones con 10 m y 11 m.
- La elevada pendiente de los taludes de corte representa una limitación geométrica que impide a los usuarios tener una buena visibilidad en las curvas horizontales. Se recomienda realizar un estudio geotécnico para modificar la pendiente de estos taludes en los puntos que así se requiera.
- Las curvas con radios de giro menores de 30 m representan una limitante para el tránsito de vehículos pesados y un peligro para los usuarios de la vía si no se toman medidas para reducir la posibilidad de que se generen accidentes. Se recomienda considerar el diseño y construcción de sobre anchos en estos puntos.
- La topografía de la zona hace necesario el diseño y construcción de peraltes en las curvas con pendientes empinadas.

Sobre la geotecnia

- La topografía de la zona, los suelos presentes y el trazado actual de la carretera generan una serie de condiciones geotécnicas que requieren especial atención. Se recomienda realizar un estudio integral geológico y geotécnico para identificar los sectores más vulnerables de presentar deslizamientos, con el fin de diseñar y construir las obras de estabilización y protección requeridas.
- Existen tramos en la carretera que presentan taludes de corte con alta pendiente que hacen necesario considerar estudios geotécnicos específicos para evaluar su estabilidad.
- En las inspecciones realizadas no se observaron obras de protección superficial para los taludes, tales como sistemas de control de erosión, siembra de vegetación, obras para el

manejo del agua de escorrentía, etc. Se recomienda diseñar y construir obras para evitar la pérdida de suelos por erosión en los taludes de corte y relleno del proyecto.

- En varios sectores a lo largo del proyecto se han estado depositando materiales producto del corte sin procesos de compactación y protección superficial adecuados para evitar su deterioro. Se recomienda realizar un diseño técnico de las escombreras con protección para disminuir la erosión y un adecuado manejo del agua de escorrentía.

Sobre los pasos de fauna

- El trazado de la carretera a Monteverde atraviesa zonas biológicamente sensibles como el Corredor Biológico Pájaro Campana, que une el Bosque Nuboso con el Bosque de Manglar del litoral pacífico.
- La conectividad entre los diferentes ambientes es de gran importancia para la preservación de las especies. Para evitar esta segregación de los hábitats se recomienda realizar el diseño y construcción de nueve pasos superiores y tres pasos inferiores para el tránsito de los animales, así como la colocación de rotulación que informe a los conductores del cruce de animales en la vía, para lo cual ya existe rotulación debidamente diseñada.

Sobre la seguridad vial

- Considerando el interés local y turístico que reviste la zona, en esta etapa constructiva es necesario coordinar los cierres de forma que se afecte lo menos posible el tránsito de turistas, mediante la difusión oportuna de la información.
- En los sitios en los cuales se están ejecutando movimientos de tierras se están apilando materiales (suelos y rocas) en la orilla de la carretera sin rotulación adecuada, lo que representa un peligro para los conductores, sobre todo durante la noche debido a la ausencia de iluminación. Se recomienda incrementar las medidas de seguridad con elementos de protección que minimicen el riesgo para los usuarios, además de disminuir el apilamiento de suelos y rocas en la carretera.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Araya, D., & Salom, R. Método para la identificación de pasos de fauna sobre la ruta 415 sobre el subcorredor biológico Barbilla - Destierro "Paso del Jaguar", Costa Rica. San Pedro, San José: Panthera.
2. Camacho, F., & Chinchilla, R. (2013). Informe técnico para la ubicación de pasos de fauna en la carretera nacional 606 Guacinal - Monteverde, Puntarenas. Monteverde, Puntarenas: UGA Costa Rica.
3. IMNSA Ingenieros Consultores S.A. (2003) Informe Final, Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 606 Sección: Los Ángeles-Santa Elena (Tramo Guacimal-Santa Elena), Licitación por Registro No. 038-2001. San José, Costa Rica.
4. IMNSA Ingenieros Consultores S.A. (2003) Planos del Proyecto Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 606, Sección: Los Ángeles-Santa Elena (Tramo Guacimal-Santa Elena)- Construcción Total de Pavimento y Sistema de Drenajes (41 Láminas). República de Costa Rica, MOPT, CONAVI. San José, Costa Rica.
5. Secretaría de Integración Económica Centro Americana (SIECA) (2011). Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2a. ed. Guatemala.
6. Secretaría de Integración Económica Centro Americana (SIECA) (2011). Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, 3a. ed.
7. Secretaría de Integración Económica Centro Americana (SIECA) (2000) Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. 1ª edición. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
8. DGIT-MOPT (2013) Manual técnico de protección de obra. Dirección General de Ingeniería de Tránsito. Versión en digital, no oficial. San José, Costa Rica.
9. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010). San José, Costa Rica.