



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

INFORME: INF-PITRA-014-12

**INFORME DE GIRA DE RECONOCIMIENTO A
RUTA 1856 - JUAN RAFAEL MORA PORRAS
TROCHA FRONTERIZA**

Preparado por:

Programa de Infraestructura del Transporte

PITRA-LanammeUCR

San José, Costa Rica
Mayo, 2012

Información técnica del documento

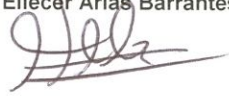
1. Informe INF-PITRA-014-12		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de Gira de Reconocimiento a Ruta 1856 - Juan Rafael Mora Porras Trocha Fronteriza		4. Fecha del Informe: Mayo, 2012
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias Ninguna		
9. Resumen <i>Se presenta mediante este informe las condiciones observadas durante la gira de reconocimiento a la Ruta 1856 – Juan Rafael Mora Porras (Trocha Fronteriza con Nicaragua) durante los días 8, 9 y 10 de Mayo de 2012. El reconocimiento se llevó a cabo en 9 tramos entre distintas localidades colindantes con la frontera norte; se encontraron condiciones variables tanto en la ejecución de los trabajos como en el avance de los mismos.</i> <i>El documento muestra los aspectos que se consideraron relevantes en cuanto a la condición actual del proyecto en aspectos básicos de la ingeniería de caminos como: drenajes, materiales utilizados, movimientos de tierra, manejo de cuerpos de agua, obras de terraplenado, ejecución de rellenos y medidas de mitigación de erosión y aguas superficiales.</i>		
10. Palabras clave Ruta 1856 Juan Rafael Mora Porras, gira de reconocimiento, trocha fronteriza	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 52
13. Preparado por: Ing. Josué Quesada Campos Ingeniero  Fecha: 24 / 5 / 12		14. Colaboradores: Lic. Carlos Campos Quesada Sr. Eliécer Arias Barrantes  Fecha: 25 / 05 / 12
15. Revisado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador UGM- PITRA  Fecha: 24 / 5 / 12	16. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Lanamme UCR  Fecha: 24 / 05 / 12	17. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: 24 / 05 / 2012

TABLA DE CONTENIDO

1	FUNDAMENTACIÓN.....	4
2	OBJETIVO GENERAL	4
3	ALCANCE	4
4	ANTECEDENTES	5
5	DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN	6
6	OBSERVACIONES REALIZADAS DURANTE EL RECORRIDO	8
6.1	TRAMO 1 DELTA COSTA RICA-FÁTIMA (15KM).....	8
6.2	TRAMO 2. FÁTIMA-BOCA RÍO SARAPIQUÍ (9 KM)	10
6.3	TRAMO 3 COPALCHÍ-REMOLINITO (9 KM)	17
6.4	TRAMO 4 REMOLINITO-CUREÑA (7 KM)	20
6.5	TRAMO 5 CUREÑA-BOCA DEL RÍO SAN CARLOS (19 KM).....	25
6.6	TRAMO 6 BOCA DEL RÍO SAN CARLOS-RÍO INFIERNITO (12 KM)	28
6.7	TRAMO 7 RÍO INFIERNITO-TAJO EN TIRICIAS (6 KM)	33
6.8	TRAMO 8 TAJO EN TIRICIAS-SAN ISIDRO (13 KM).....	37
6.9	TRAMO 9 SAN ISIDRO DE POCOSOL-RÍO POCOSOL (7 KM)	44
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
7.1	CONCLUSIONES	48
7.2	RECOMENDACIONES.....	51

1 FUNDAMENTACIÓN

El presente informe resume las observaciones de una gira de reconocimiento realizada por funcionarios del LanammeUCR a la Ruta N°1856 Juan Rafael Mora Porras debido a la relevancia que tiene este proyecto para el país y los recursos que se han invertido en su ejecución. Las acciones del LanammeUCR se realizan de conformidad con lo dispuesto en el artículo 6 de la Ley N° 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial Nacional del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).

2 OBJETIVO GENERAL

Realizar un recorrido de reconocimiento y una evaluación visual de la trocha fronteriza, Ruta Nacional N°1856 Juan Rafael Mora Porras, con el propósito de valorar técnicamente las obras de construcción ejecutadas hasta el momento, en cuanto a su configuración, calidad y funcionalidad.

3 ALCANCE

Se recorrieron aproximadamente 97 kilómetros de la ruta entre el Delta Costa Rica y el Río Pocosol, para realizar una evaluación visual de los componentes y actividades más relevantes que se llevan a cabo en la construcción de este camino, entre ellos: trazado, movimientos de tierra (corte y relleno), material granular de la superficie de ruedo, drenajes (cunetas y pasos de alcantarilla) y puentes. Esta evaluación no contempló la realización de cualquier tipo de ensayos de laboratorio o inspecciones técnicas enfocadas en aspectos específicos.

El recorrido se enfocó en la trocha fronteriza por lo tanto no se hace mención de los caminos de acceso donde también se han realizado obras de construcción y mejoramiento.

Este informe corresponde a un criterio técnico general basado en las buenas prácticas de la ingeniería de caminos para este tipo de obras, acerca de las condiciones observadas en las obras de construcción de la trocha fronteriza. Los profesionales que suscriben este informe y que realizaron al gira al proyecto en estudio están altamente capacitados en la ingeniería vial para determinar mediante inspección visual las condiciones básicas de una carretera. De ninguna manera se pretende sustituir la rigurosidad de la revisión documental propia de la auditoría técnica, ni los componentes de la ingeniería forense, o los estudios de laboratorio, pero se pretende a través de este informe brindar un primer insumo de análisis de la condición del proyecto. Por lo tanto, la información aquí indicada puede ser utilizada por la Administración como insumo inicial de orientación para implementar acciones que ayuden a mejorar el producto final, de manera que se prevengan problemas de desempeño antes de la operación de la ruta.

4 ANTECEDENTES

La construcción de la obra vial: “Ruta 1856 Juan Rafael Mora Porras” fue anunciada desde el mes de diciembre del 2010 por las autoridades del Gobierno de la República, para la protección de la soberanía nacional y como solución permanente para el libre tránsito de personas y productos agrícolas en la región fronteriza Norte de Costa Rica, más concretamente en la zona territorial paralela al Río San Juan. Así las cosas, mediante Decreto N° 36440-MP, se declara estado de emergencia en los cantones limítrofes con Nicaragua, lo cual le permitió al Poder Ejecutivo disponer de los fondos de la Comisión Nacional de Emergencias y de la asistencia de varias instituciones del Estado entre ellas el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).

El referido Decreto Ejecutivo sustenta la realización de obras de infraestructura varias que facilitaran el tránsito y la comunicación terrestre entre los pobladores del norte del país, mediante la construcción de un camino paralelo al Río San Juan que además, posibilitare el transporte y vigilancia de la mencionada zona fronteriza.

5 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN

La inspección visual realizada en la Ruta 1856, consistió en una gira de reconocimiento realizada del 8 al 10 de mayo de 2012. En total se recorrieron aproximadamente 97 km de la “Trocha Fronteriza”. Para efectos de describir de manera más clara los detalles observados, la ruta se dividió en nueve tramos de diferente longitud. Para hacer esta división se tomó en cuenta la condición del camino, aspectos topográficos y cambios visibles en los frentes de trabajo. A continuación, se muestra un cuadro con la descripción de cada tramo.

Tabla 1. Detalle de los tramos generados.

Nombre	Longitud	Descripción
Tramo 1	15 km	Delta Costa Rica-Fátima
Tramo 2	9 km	Fátima-Boca Río Sarapiquí
Tramo 3	9 km	Copalchí-Remolinito
Tramo 4	7 km	Remolinito-Cureña
Tramo 5	19 km	Cureña-Boca Río San Carlos
Tramo 6	12 km	Boca Río San Carlos-Río Infiernito
Tramo 7	6 km	Río Infiernito-Tajo en Tiricias
Tramo 8	13 km	Tajo en Tiricias-Intersección San Isidro de Pocosol
Tramo 9	7 km	Intersección San Isidro de Pocosol-Río Pocosol

En la siguiente figura puede observarse la ubicación espacial de los diferentes tramos, así como las rutas de acceso utilizadas y puntos de referencia. Cabe señalar que los tramos en el mapa obedecen a la siguiente nomenclatura: T1=Tramo 1, T2=Tramo 2, T3=Tramo 3 y así sucesivamente hasta el tramo 9.

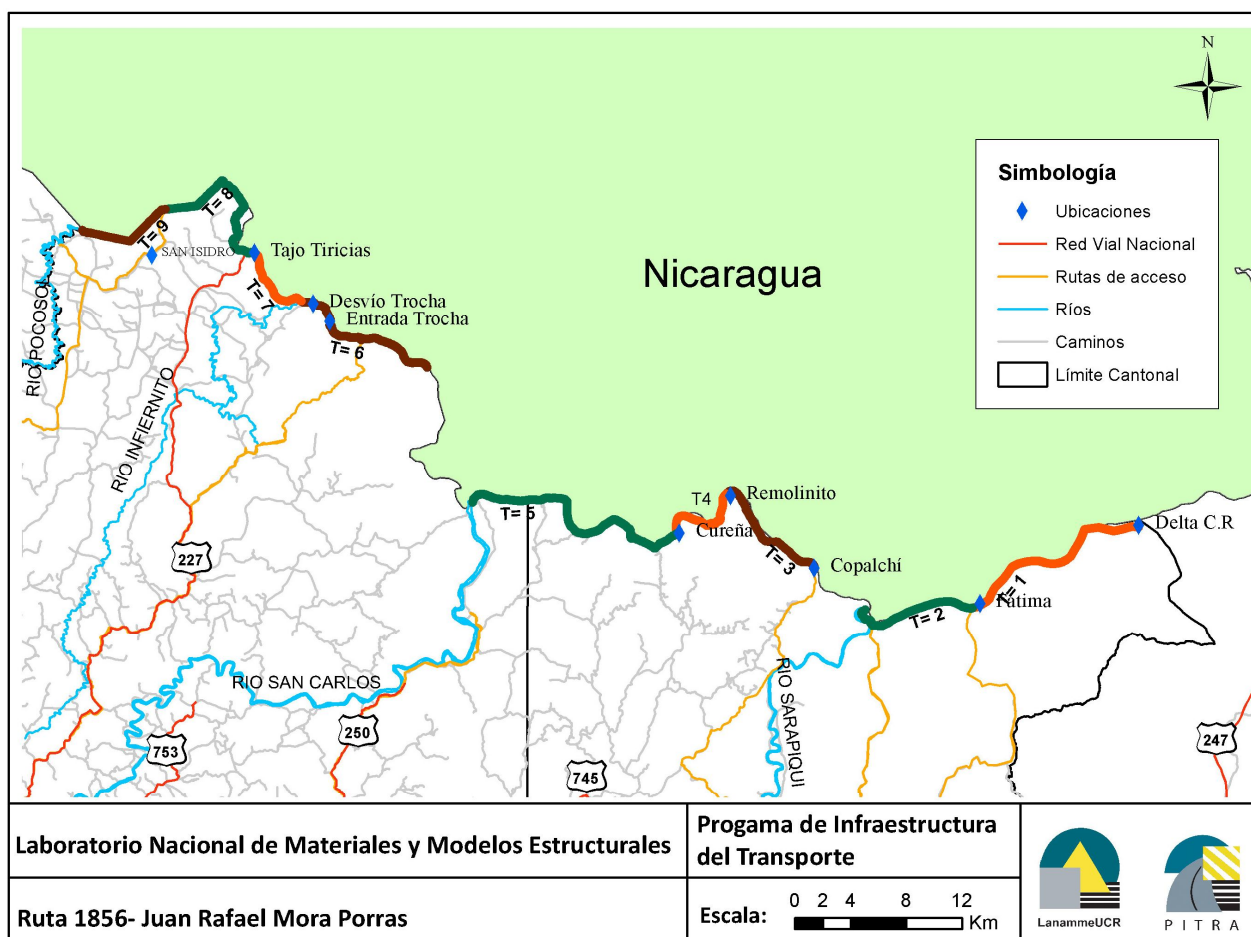


Figura 1. Recorrido Ruta 1856-Juan Rafael Mora Porras.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Durante el primer día se recorrió la “Trocha” en sentido este-oeste comenzando desde el Delta Costa Rica, pasando por el pueblo de Fátima hasta llegar a Boca del Río Sarapiquí. En este punto la trocha se encuentra interrumpida, toda vez que, se hace necesaria la construcción de un puente de al menos 200 metros sobre el cauce del Río Sarapiquí.

En el segundo día se ingresó por el pueblo llamado Copalchí. El recorrido se realizó en sentido este-oeste, pasando por los pueblos de Remolinito y Cureña hasta llegar a Boca del Río San Carlos; en esta zona también es necesario construir un puente de aproximadamente 250 metros para cruzar el Río San Carlos. Al no poderse continuar con el recorrido, fue necesario desviarse con el fin de cruzar el Río San Carlos en otro sector.

En el día 3 se ingresó por el pueblo llamado San Isidro hasta el Río Pocosol sobre la Ruta 1856, en este punto se inició el recorrido en sentido oeste-este pasando por la intersección hacia San Isidro, el tajo ubicado en Tiricias (Tajo Tiricias en el mapa), Río Infiernito, hasta el punto inicial del tramo 6. Esto implica que entre este punto y la boca del Río San Carlos existen aproximadamente 30 kilómetros que no se recorrieron ante la dificultad del acceso, razón por la cual, el grupo que rinde el presente informe, desconoce las condiciones de esta zona y de los trabajos ejecutados ahí.

6 OBSERVACIONES REALIZADAS DURANTE EL RECORRIDO

6.1 Tramo 1 Delta Costa Rica-Fátima (15km)

Esta sección contempla los trabajos realizados desde Delta Costa Rica hasta la intersección con Fátima, este tramo tiene una longitud de aproximadamente 15km, la zona es predominantemente plana (ver figura 2).



Figura 2. Estado de la plataforma en el tramo 1.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Se observó una plataforma bien consolidada, con la precedencia de huecos aislados, este tramo ya presenta una pérdida leve del bombeo y se observó la segregación de finos a la margen del camino al igual que la presencia de material con sobre tamaño (ver figura 3).



Figura 3. Condición de la corona tramo 1.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

La sección típica en este tramo contempla una corona de aproximadamente 4 metros con canales en ambos márgenes, pero el material con sobre tamaño acumulado en extremos de la corona podría dificultar la evacuación del agua superficial hacia los canales.

También se observa vegetación en los canales para el control de la erosión, por lo tanto se considera necesario la realización de labores de mantenimiento para controlar el tamaño de la misma (ver figura 4).



Figura 4. Condición de las cunetas en tramo 1.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.2 Tramo 2. Fátima-Boca Río Sarapiquí (9 km)

Este tramo es de aproximadamente 9 km y contempla los trabajos realizados desde Fátima hasta la Boca del Río Sarapiquí.

Al inicio de este tramo se encuentra un puente tipo Bailey doble-simple. Este puente se encuentra en mal estado funcional, con presencia de oxidación severa en la superestructura, con daños importantes en cuanto a la condición del piso; además, presenta una desviación con respecto a la alineación original causada posiblemente por sobrecargas, los puntos de apoyo de la estructura no son bastiones rígidos, lo que hace posible se presenten desplazamientos importantes (ver figuras 5 y 6).



Figura 5. Puente Bailey tramo Fátima- Boca Río Sarapiquí.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.



Figura 6. Apoyos puente Bailey tramo Fátima- Boca Río Sarapiquí.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

En este tramo se cuenta con una mayor presencia de material con sobre tamaño¹ y una matriz de agregados más heterogénea como superficie de ruedo, además la plataforma no se encuentra completamente consolidada, observándose en ella mayores deformaciones (ondulaciones especialmente) en la corona (ver figura 7).

La configuración de la corona se encuentra por debajo de nivel de terreno natural en algunas zonas de esta sección, los huecos son más comunes, así como las deformaciones y segregación del material granular es bastante mayor. Además es evidente que el material granular utilizado ya está contaminado con material proveniente de la subrasante (ver figura 8).



Figura 7. Deformaciones y material granular contaminado.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

¹ El término material con sobre tamaño corresponde a aquellos agregados pétreos que dentro de su estructura poseen rocas que superan el tamaño máximo exigido por las especificaciones técnicas.



Figura 8. Huecos y material contaminado con la subrasante.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Además la plataforma no se encuentra conformada correctamente, parte del material granular se halla segregado en los extremos, los sobre tamaños facilitan la segregación y la pérdida de material (ver figura 9 y 10).



Figura 9. Condición actual de la plataforma, tramo 2.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.



Figura 10. Sobre tamaños acumulado en los bordes del camino.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Aproximadamente 7 km de este tramo se encuentran en una configuración de corte y relleno con pendientes cercanas al 10%, se observaron problemas con el manejo de las aguas superficiales y la ausencia de cunetas (ver figura 12), además, por su apariencia, es dable estimar que no se realizó una compactación por capas de los rellenos, toda vez que, en gran parte de la plataforma existente, el material se encuentra muy suelto.

Los taludes de corte en este tramo presentan ángulos casi verticales por lo que se considera recomendable evaluar las características del suelo y verificar si los ángulos utilizados son los adecuados para asegurar su estabilidad global (ver figura 11).



Figura 11. Zona de cortes y rellenos, tramo 2.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.



Figura 12. Ausencia de estructuras de drenaje laterales.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.3 Tramo 3 Copalchí-Remolinito (9 km)

Este tramo comprende aproximadamente 9 km, los trabajos realizados se encuentran a nivel de conformación del terraplenado en algunos sectores; también existen zonas donde únicamente se han ejecutado labores de limpieza del derecho de vía.

La sección típica está conformada por una explanada variable de hasta 20 metros de ancho de derecho de vía (ver figura 13), sin la presencia de cunetas o canales en los bordes del camino que sirvan para encauzar el agua superficial.



Figura 13. Sección de relleno, tramo 3.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

En apariencia el suelo utilizado para relleno posee una plasticidad de moderada a alta, por lo que se encuentra agrietado debido a la retracción (ver figura 14). Usualmente este tipo de suelo carece de características mecánicas adecuadas para funcionar como material de subrasante.



Figura 14. Agrietamiento del suelo, tramo 3.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Se observó que en algunos sectores el relleno realizado era de hasta 1,5 m de altura y en apariencia no se realizó una compactación por capas (que es la práctica normal para este tipo de trabajos), ya que el material se apreciaba muy suelto con evidencia de que el mismo tiende deslizarse hacia los extremos (ver figura 15).



Figura 15. Relleno con evidencia de desprendimientos en la plataforma tramo 3.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Los cortes y rellenos de las zonas montañosas se ejecutaron sin seguir un esquema ordenado. En varios sectores se aprecian acumulaciones de material que no siguen los criterios básicos para el manejo de escombreras o de terracerías (ver figura 16).



Figura 16. Zonas de movilización de tierras en tramo 3.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Hacia el final de este tramo, se observa que no se han realizado trabajos para la conformación de la plataforma, colocación de drenajes u otros. Se observaron condiciones de alta humedad y posible presencia de nivel freático a poca profundidad (ver figura 17).



Figura 17. Sector sin intervenir, altos niveles freáticos tramo 3.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.4 Tramo 4 Remolinito-Cureña (7 km)

La longitud de este tramo es de aproximadamente 7 km a través de una zona con topografía variable, predominantemente con algunos columpios montañosos y algunos sectores de planicie. Las obras principales están enfocadas en cortes y rellenos en este tramo; se cuenta con una presencia constante de material de subrasante arcilloso que posiblemente cuenta con niveles de plasticidad moderados y altos.

La configuración topográfica de muchos sectores del tramo y la forma en que se han ejecutado los movimientos de tierra (especialmente los ángulos de corte) en asocio con las características mecánicas del material propician inestabilidades y con la presencia de lluvia durante los meses de mayor precipitación resulta fácil anticipar serios problemas de deslizamientos (ver figura 18).



Figura 18. Deslizamientos en la Ruta, tramo 4.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Un aspecto relevante en cuanto a la construcción de la Ruta 1856 es la forma en que se han construido varios de los rellenos, tanto por la altura de los mismos como por la poca evidencia de un proceso de compactación mecanizada por capas, tal y como lo establecen las buenas prácticas de la ingeniería. Estos puntos son especialmente susceptibles a dañarse durante la época lluviosa (ver figura 19).



Figura 19. Rellenos presentes en tramo 4.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Se observó la colocación de capas de arena sobre algunos sectores en este tramo. Se desconoce la intención de colocar este material, sin embargo, si es claro que en esta etapa del proyecto lo deseable era colocar material que permitiera consolidar la plataforma de ruedo; la arena que se identificó no cumplirá con esta función, por lo que la presencia de este material se considera de poco valor para los fines del proyecto. Las mismas características de esta arena hacen que se den múltiples regiones ya descubiertas por la acción del agua de escorrentía, o bien, por el mismo tránsito de maquinaria (ver figura 20).



Figura 20. Arena colocada sobre la subrasante en tramo 4.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

En este tramo se observó una zona con un mal manejo del material de corte, ya que el mismo fue colocado junto a un cuerpo de agua de forma no controlada. Esta práctica es totalmente inadecuada desde el punto de vista constructivo y de ingeniería, constituye no solo un daño en contra de este cuerpo de agua sino también contra la Ruta 1856, pues no existe control de erosión que evite la pérdida de material cuando se den las lluvias (ver figura 21). La colocación de un geotextil adecuadamente diseñado y escogido podría contribuir al control de erosión de este talud, sin embargo, esto no exime de verificar que la compactación del mismo fue realizada de forma adecuada siguiendo las especificaciones vigentes.



Figura 21. Inadecuado manejo del material de corte y talud.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Posterior a la zona montañosa, en la cercanía de la localidad de Cureña se logró observar una mejor condición tanto de la plataforma del camino como de los materiales colocados para constituir la superficie de ruedo actual. En este sentido, los agregados dispuestos y compactados presentan una buena configuración al ruedo. Se lograron identificar algunas zonas que experimentaron “acolchonamiento” durante el proceso constructivo (ver figura 22).



Figura 22. Material colocado sobre la Ruta en el sector de Cureña.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.5 Tramo 5 Cureña-Boca del Río San Carlos (19 km)

En este sector la línea de rasante se encuentra cerca del nivel de terreno natural, con la presencia de cortes y rellenos menores, no se observaron cunetas en los bordes del camino ni otro sistema de drenaje para encauzar el agua de escorrentía superficial, además de no contarse con el bombeo necesario para evacuar el agua correctamente (ver figura 23).



Figura 23. Nivel de rasante tramo 5.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Al final de este tramo, cerca de la boca del Río San Carlo, se observan bancos de arena. Este material presenta características muy similares al que se colocó como superficie de ruedo en el tramo 4, por lo que se presume que es una zona de acopio del material arenoso observado anteriormente (ver figura 24).



Figura 24. Nivel de rasante tramo 5.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Este material arenoso no cuenta con las características necesarias para ayudar a consolidar la plataforma o para actuar como acabado final en la superficie de ruedo, ya que se trata de un material muy fino, fácilmente erosionable por la acción del agua o del viento y del mismo tránsito sobre la trocha, cuyo efecto será segregar dicho material hacia los bordes del camino (ver figura 25).



Figura 25. Acopio de material arenoso tramo 5.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.6 Tramo 6 Boca del Río San Carlos-Río Infiernito (12 km)

El recorrido del tramo 6 comprende aproximadamente 12 km, desde la Boca del Río San Carlos hasta el Río Infiernito. Esta sección del camino fronterizo presenta una topografía predominantemente ondulada con pendientes superiores al 20%. El recorrido no se puede realizar de manera continua en esta zona, ya que todavía no se ha colocado material granular de superficie de ruedo y existen secciones donde debe circularse por caminos alternos a la trocha, los cuales parecen haber sido habilitados para movilizar la maquinaria entre los diferentes frentes de trabajo.

Debido a la topografía del terreno se han realizado grandes movimientos de tierra (corte y relleno) los cuales en muchos sectores lucen inconclusos. El recorrido por estas zonas debe realizarse a baja velocidad y con mucha precaución debido a la existencia de un solo carril, altas pendientes y material suelto como se puede observar en la Figura 26.



Figura 26. Zona de corte y relleno, tramo 6.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

En las zonas de corte no se observan taludes debidamente conformados con pendientes adecuadas al tipo de suelo existente. Esto hace que en muchos casos luzcan inestables y por lo tanto muy susceptibles a deslizamientos, sobre todo, en época de precipitaciones. No observamos la implementación de medidas de protección o impermeabilización de taludes que ayude a disminuir el efecto de la humedad en la ocurrencia de eventos de alta precipitación. La Figura 27 muestra un talud de corte con evidencia de deslizamientos incipientes en algunas zonas.



Figura 27. Talud de corte inestable, tramo 6.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

El material de relleno que se ha colocado para conformar la plataforma del camino no evidencia haber recibido un adecuado proceso de compactación. Tal material se observa suelto en la mayoría de sectores. La Figura 28 muestra una zona de rellenos donde el material se observa suelto y erosionado por efecto del drenaje de agua pluvial.

Además, se observó que algunos de los troncos o maleza producto de la corta de la capa vegetal y arboles en el derecho de vía del camino, se han dispuesto a los lados de los terraplenes o rellenos, al parecer funcionando como cercas de maleza para retener el sedimento, lo cual es una práctica deseable. Sin embargo, esta medida de control de erosión

se observó solamente en algunos sectores y sin cubrir totalmente la zona de los rellenos. La Figura 29 muestra los troncos de árbol y maleza colocados al pie de un talud de relleno.



Figura 28. Zona de rellenos, tramo 6.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.



Figura 29. Maleza y troncos colocados al pie de un talud, tramo 6.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

La Figura 30 muestra un camino alternativo a la trocha donde se encuentran las obras de construcción principales, por donde actualmente no hay paso habilitado. Este camino se encuentra en una zona con topografía muy quebrada.



Figura 30. Camino alternativo a la trocha, tramo 6.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

La Figura 31 muestra una zona donde los trabajos se muestran inconclusos. En este sector del camino se ha intervenido un derecho de vía mayor a 50 metros de ancho, siguiendo un trazado paralelo al Río San Juan, a pesar de la existencia de una topografía marcadamente quebrada, esto hace que los trabajos de movimiento de tierras sean extensivos y más complicados debido a las pendientes y tipo de suelo. Se nota el efecto de la escorrentía de agua superficial, provocando la formación de cárcavas que erosionan el suelo de los taludes y por lo tanto los desestabilizan.

Se observa un curso de agua en la parte inferior de la montaña, donde debería construirse un paso de agua que se adecúe a las características del flujo existente, disminuyendo al máximo el aporte de sedimento y modificaciones al cauce natural.



Figura 31. Zona de corte y relleno en zona montañosa, tramo 6.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.7 Tramo 7 Río Infiernito-Tajo en Tiricias (6 km)

Este tramo posee una topografía caracterizada por varios columpios de poca altura hasta llegar al sector del tajo en la zona de Tiricias, su alineamiento es paralelo al Río San Juan. La condición superficial en general es buena, con la presencia de material granular proveniente posiblemente del quebrador que se encuentra cerca de este tramo.

En el inicio de este tramo se ubica una estructura de troncos que permite el paso sobre el Río Infiernito; se ha colocado una gran cantidad de material rocoso en la margen izquierda que ha reducido al menos a la mitad el área hidráulica por la cual puede pasar el agua. Si bien es cierto que se trata de una obra temporal es evidente que la misma podría sufrir serios daños ante una creciente, pues al invadir el cauce natural del río se incrementan las velocidades de flujo y esto eventualmente generaría socavación que pondría en peligro el relleno de aproximación (ver figura 32).



Figura 32. Puente de troncos sobre el Río Infiernito. Reducción del área hidráulica.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Uno de los aspectos de mayor preocupación es el mal manejo de los cuerpos de agua que atraviesan la ruta, en varias ocasiones y a causa del tipo de zona en la que se está trabajando (humedal) se cuenta con la presencia de meandros que no han sido bien canalizados y en un corto plazo podrían erosionar y cortar el paso en múltiples puntos de la plataforma.

Esto no solo es inadecuado para la ruta en sí, sino que también genera un impacto negativo sobre estos cuerpos de agua, pues al estancarse se limita la capacidad de oxigenación y degrada la calidad de estas aguas (ver figura 33).



Figura 33. Obstrucción de cuerpos de agua.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

El manejo de las aguas superficiales y de escorrentía es uno de los principales elementos a considerar durante la construcción de un camino de este tipo; en muchos puntos durante este tramo y en otros sectores se lograron observar métodos inadecuados para la construcción de estos pasos de aguas. Si bien es cierto el proyecto se encuentra en una etapa inicial de ejecución, precisamente este es el mejor momento para ubicar estructuras que permitan solventar estas necesidades. Ejemplos como el presentado en la figura 34, muestran el mal manejo de este aspecto en el proyecto.



Figura 34. Paso de agua utilizando troncos en tramo 7.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

El origen de los materiales utilizados para la superficie de ruedo es variable, en algunos puntos se observa material proveniente de alguna extracción en cauce; sin embargo, también se logran identificar materiales con origen en extracciones de tipo tajo. Por ejemplo, en este tramo se encuentra una cantera de explotación que en apariencia no ha seguido un proceso de extracción por etapas (típico y mandatorio en este tipo de sitios); facilitando los procesos de erosión y sedimentación de los cuerpos de agua cercanos (ver figura 35).



Figura 35. Punto de extracción de materiales para superficie de ruedo.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

En algunos puntos en este tramo se observó la colocación de material tejido (tipo “sarán”) sobre los taludes; este material puede reducir la acción de erosión por la precipitación y por el viento, sin embargo, no reducirá la cantidad de sedimentación, ya que no es un geo-textil no tejido que pueda retener estos sedimentos. Además, su colocación es dispersa, por lo que su efectividad no es significativa (ver figura 36).



Figura 36. Colocación de material tejido sobre los taludes en forma dispersa.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.8 Tramo 8 Tajo en Tiricias-San Isidro (13 km)

El tramo 8 se extiende desde la zona cercana a Tiricias hasta San Isidro de Pocosol. Este sector presenta una topografía ondulada y en su mayor longitud se encuentra colindante con la frontera terrestre con Nicaragua.

El recorrido del tramo 8 inició desde un sitio de extracción de materiales o tajo. Como se observa en la Figura 37, se ha explotado la zona más alta de un macizo rocoso ubicado dentro del corredor de la Ruta 1856. Los materiales obtenidos de esta cantera son procesados por medio de un quebrador para obtener los agregados que se colocan en la

plataforma y superficie de ruedo del camino, esta es una buena práctica ya que evita el sobre acarreo y colocación de agregados de mala calidad y con sobre tamaño.



Figura 37. Tajo ubicado cerca de Tiricias, tramo 8
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

En los sectores donde fue colocado sarán, al parecer como protección de taludes según se muestra en la Figura 38, lo más recomendable hubiese sido, a tono con las buenas prácticas ingenieriles, el diseño y colocación de geotextiles.



Figura 38. Sarán colocado en taludes de corte y relleno, tramo 8
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Durante el recorrido realizado a la Ruta 1856 se observó que la mayoría del suelo producto del corte se ha dispuesto en las zonas de relleno, lo cual es una práctica deseable ya que elimina la necesidad de construir escombreras. Sin embargo, en el tramo 8 se observó un depósito de material excavado en una ladera montañosa, el cual podría presentar problemas de estabilidad y aporte de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos durante la época lluviosa, como se puede apreciar en la Figura 39.



Figura 39. Depósito de material excavado, tramo 8
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Un aspecto particular del tramo 8 del recorrido realizado en la Ruta 1856, es la presencia de numerosos cursos de agua en la zona montañosa y boscosa, aproximadamente cada 200 metros se encuentran pequeños ríos o quebradas donde se han implementado medidas provisionales de drenaje, sólo en algunos casos, dado que existen puntos donde el relleno ha obstruido directamente los cursos de agua. La Figura 40 muestra la colocación de troncos como medida provisional para habilitar el paso de los vehículos por la trocha en el punto donde fluye está quebrada, pero se puede apreciar que el flujo natural está siendo obstruido ya que se empieza a acumular en la entrada. Este tipo de medidas son provisionales y deberían ser sustituidas lo más pronto posible por pasos de alcantarilla debidamente diseñados de acuerdo al caudal que fluye por cada curso de agua, lo cual evitará eventuales daños al terraplén de la carretera durante la época lluviosa.



Figura 40. Paso de agua provisional de troncos, tramo 8
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

El material granular que se encuentra colocado en la sección final del tramo 8, posiblemente proviene del tajo mencionado anteriormente y en apariencia presenta buenas características para ser utilizado como agregado de superficie de rueda debido a su forma angulosa, ausencia de sobre tamaño, buena compactación y conformación. La Figura 41 muestra el punto hasta donde se ha colocado material granular de superficie de rueda en este tramo.



Figura 41. Inicio de zona con material granular, tramo 8
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Se observaron algunos taludes inestables debidos a cortes que no se realizaron con el ángulo adecuado para el tipo de suelo existente, lo cual ha provocado que en algunos puntos comience a producirse deslizamientos como el que puede observarse en la Figura 42.



Figura 42. Taludes deslizados en zonas de corte, tramo 8
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Adicionalmente, existen zonas donde se ha intervenido secciones de más de 50 metros como derecho de vía, lo cual nos parece ha aumentado la extensión de los trabajos de movimientos de tierra y también de colocación de los agregados para la superficie de ruedo. Por ejemplo en la Figura 43 puede observarse una sección del tramo 8 donde la superficie se divide en dos carriles para esquivar un árbol existente; todo en demérito de una mejor opción como la de desviar por completo el trazado del camino hacia un solo lado y con ello reducir la zona de bosque intervenida así como los trabajos de movimiento de tierras y materiales a colocar.



Figura 43. Sección del camino donde se rodean árboles existentes, tramo 8
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

6.9 Tramo 9 San Isidro de Pocosol-Río Pocosol (7 km)

Este tramo se caracteriza por una topografía predominantemente plana, su alineamiento está definido por los mojones de la línea fronteriza. Aproximadamente la mitad del tramo se encuentra cubierto con una capa no mayor de 5 cm de material granular que si bien actualmente se halla en aceptables condiciones para el tránsito de vehículos, es evidente que el mismo sería removido por la acción de las aguas de escorrentía por tratarse de un material inadecuado para la consolidación de la plataforma (ver figura 44).



Figura 44. Colocación de material tejido sobre los taludes en forma dispersa.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Se observó la colocación en varios puntos de tuberías plásticas tipo *Rib-Loc* para el paso de aguas a través de la plataforma; sin embargo, resulta evidente que esas tuberías no fueron instaladas adecuadamente al carecer de estructuras rigidizadoras en los extremos y de una cama de material granular que permitiera evitar deformaciones en el fondo de la tubería. En algunos puntos se identificaron rellenos mayores a los tres metros de altura sobre estas

tuberías, lo que ha provocado que las mismas se deformen y reduzcan su capacidad hidráulica (ver figura 45).



Figura 45. Tuberías tipo Rib-Loc instaladas incorrectamente.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

Se observaron en algunos puntos de este tramo la utilización de contenedores de carga para ser empleados como alcantarillas de cuadro. Evidentemente estos elementos no fueron diseñados para este fin, por lo que los daños a causa de las cargas de los rellenos y una inexistente cimentación hacen que estas estructuras sufran deformaciones importantes. No se tiene certeza de que estos elementos puedan soportar un caudal significativo sin generar pérdida de los rellenos, por lo que no se consideran una solución adecuada para estos pasos de agua (ver figura 46).



Figura 46. Contenedores utilizados como alcantarillas de cuadro.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

En varios sectores de este tramo se observaron rellenos de hasta tres metros de altura, en cuyos bordes se observaron desprendimientos hacia los terrenos aledaños, lo cual indica que no fueron ejecutados siguiendo procesos de compactación adecuados. Además, la ausencia de estructuras de drenaje en varios de estos sectores puede generar la pérdida de la sección transversal de la plataforma ante la acción de las aguas de escorrentía (ver figura 47).



Figura 47. Zonas de relleno no cuentan con obras de drenaje.
Fuente: LanammeUCR, Mayo 2012.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- En un recorrido de aproximadamente 97 kilómetros de la Trocha Fronteriza, entre el Delta Costa Rica y el río Pocosol, se identificaron 9 tramos que muestran una condición desigual:

-Tramo 1 Delta Costa Rica-Fátima: El camino cuenta con estructuras de drenaje y una superficie de ruedo en lastre en aceptable condición.

-Tramo 2 Fátima –Boca Río Sarapiquí: El camino cuenta con algunas estructuras de drenaje inconclusas, y la plataforma se encuentra estabilizada con material de río. Se debe mejorar la superficie de ruedo.

-Tramo 3 Copalchi-Remolinito: La plataforma del camino se encuentra en tierra, existen algunas estructuras de drenaje inconclusas, y puntos localizados de corte y relleno inestables. En una sección importante del tramo no se han realizado trabajos, solo el trazado y la apertura inicial del camino.

-Tramo 4 Remolinito-Cureña: La plataforma del camino se encuentra en tierra, no existen estructuras de drenaje, y en varios lugares hay puntos de corte y relleno inconclusos e inestables que obstruyen el paso. También se observa una sección donde se utilizó material granular muy arenoso que está siendo erosionado por el paso de los vehículos, el viento, y el agua.

-Tramo 5 Cureña-Boca Río San Carlos: El camino cuenta con estructuras de drenaje y una superficie de ruedo en lastre en buena condición

-Tramo 6 Boca Río San Carlos-Río Infiernito: En este tramo existen una gran cantidad de movimientos de tierra, corte y relleno -inconclusos e inestables- que tienen la Trocha cortada en varios puntos.

-Tramo 7 Río Infiernito-Tajo Tiricias: El camino cuenta con una superficie de ruedo en lastre en buena condición. En algunos puntos carece de estructuras de drenaje.

-Tramo 8 Tajo Tiricias- San Isidro: La sección de este tramo paralela al río San Juan presenta una superficie de ruedo en lastre en buena condición. Por su parte, la

sección paralela a la frontera terrestre corresponde a un área boscosa, con terreno ondulado, el camino se encuentra en tierra y existe una gran cantidad de sitios en donde no existen estructuras de drenaje, que provisionalmente han sido sustituidos por troncos.

-Tramo 9 San Isidro-Río Pocosal: El camino cuenta con una superficie de ruedo en lastre en buena condición y una sección en tierra, con estructuras de drenaje inconclusas.

- La falta de puentes sobre los ríos Sarapiquí, San Carlos, y Pocosal - al menos 400 metros de longitud total por construir-corta la continuidad de la Trocha Fronteriza en tres puntos, limitando su funcionalidad.
- En algunos sectores con pendientes moderadas y altas el camino presenta un trazado irregular, con cortes y rellenos inconclusos o inestables que podrían colapsar por efecto de la lluvia. Al parecer estos cortes y rellenos se realizaron sobre la base del criterio y la experiencia de los operadores de máquinas y sin contarse con información topográfica y geotécnica.
- En la mayoría de la longitud de la trocha se realizó un terraplenado desproporcionado - más de 30 metros de ancho- en relación con la superficie de rodadura del camino (seis metros de ancho en promedio). Esto implica mayores costos en el movimiento de tierra – corte y relleno- y la construcción de drenajes.
- A lo largo de la Trocha Fronteriza se observan grandes deficiencias de drenaje que, en época de precipitación de las lluvias, hace muy previsible se interrumpa el paso en muchos lugares. Algunas de estas deficiencias son:
 - Inexistencia de pasos de alcantarilla, que en algunos casos provisionalmente han sido sustituidos por troncos.
 - Uso de estructuras de drenaje no convencionales -*contenedores*- que se encuentran deformadas y con riesgo de colapsar.
 - Existencia de pasos de alcantarilla con rellenos muy altos y falta de cabezales, que en algunos casos se encuentran deformadas y con riesgo de colapsar.

- En la Trocha se han utilizado diferentes tipos de materiales granulares para conformar y estabilizar la superficie de ruedo, algunos provienen de ríos distantes del proyecto y otros de destapes o tajos cercanos al camino.

Al parecer no existió control sobre las características y la calidad de los materiales granulares empleados, pues se observaron algunas situaciones no deseables:

- En algunas secciones se observó material de río con mucho sobre tamaño, apto para estabilizar la plataforma, pero inadecuado para utilizar como capa de rodadura.
 - En otras secciones se observaron materiales muy arenosos, inadecuados para utilizar tanto en la plataforma como en la capa de rodadura, pues son fácilmente desplazados por el tránsito, el viento, y el agua.
 - La mayoría de las veces estos materiales de río fueron acarreados desde largas distancias, y representan un costo importante; en cualquier caso, resulta inadmisible emplear materiales con características no deseables.
 - En el caso de los materiales provenientes de los destapes o tajos, se observaron algunos muy degradados con exceso de finos ("talco"), que podrían presentar problemas de erosión y deformación, máxime si son colocados en espesores delgados.
- El proyecto se ejecutó con varios frentes de trabajo activos sobre los cuales muy probablemente no existió el control debido, así lo deja entrever la existencia de muchos puntos que fueron intervenidos y posteriormente abandonados, ante la existencia de condiciones adversas que requerían de ingeniería para su solución.
 - Es muy probable que no se establecieron criterios técnicos uniformes para la ejecución del proyecto, pues se observa mucha variabilidad en los trabajos realizados en los diferentes tramos, tanto en el estándar empleado como en su calidad.
 - Evidentemente el proyecto careció de aspectos básicos de ingeniería durante su planificación y ejecución, tales como: levantamiento topográfico para su trazado; evaluación geotécnica de puntos críticos; ubicación, diseño y construcción de estructuras de drenaje; definir estándares técnicos apropiados y uniformes; deficiencia en la inspección.

- En su condición actual la Trocha Fronteriza presenta un alto riesgo de colapsar durante la época lluviosa, debido a la inexistencia de estructuras de drenaje, y la inestabilidad de gran cantidad de cortes y rellenos. En caso de que esto llegara a ocurrir representaría una pérdida sustancial de la inversión realizada hasta ahora, pues implicaría la reconstrucción de muchas secciones del camino.
- La condición actual de la Trocha Fronteriza limita su impacto social y económico, pues su funcionalidad no es acorde con la inversión y el esfuerzo realizado por el país en su construcción.
- La habilitación total de la Trocha Fronteriza requiere de inmediato de una importante inversión adicional de recursos para construir las estructuras de drenaje faltantes, concluir y estabilizar muchas secciones de corte y relleno, terminar la superficie de ruedo en varias secciones, y principalmente para la construcción de los puentes sobre los ríos Sarapiquí, San Carlos y Pocosal.
- El trazado actual de la trocha denota que se realizó sin un diseño geométrico básico que permitiera un uso más eficiente de los recursos invertidos. Si bien es cierto, el trabajo realizado corresponde a una trocha, por el tamaño de la inversión, debió tomarse en cuenta desde el principio, la necesidad de ejecutar una topografía sencilla, que en un plazo corto de algunas semanas, basada en geo-referenciación y en software moderno de diseño, orientara de forma más ingenieril el trazado final del proyecto.

7.2 Recomendaciones

- Revisar el trazado actual de la trocha mediante topografía y diseño geométrico adecuado.
- De manera prioritaria concluir la construcción de estructuras de drenajes apropiadas en los sectores de la trocha que se encuentran con una plataforma en lastre estable, con el propósito de resguardar la inversión y la funcionalidad del camino.
- Realizar la construcción de drenajes en las demás secciones de la trocha que se encuentran en tierra. Todas estas obras de drenajes deberían ser diseñadas de acuerdo con los requerimientos hidrológicos de la zona y las características hidráulicas de los cursos de agua existentes.

- Evaluar algunos ríos y quebradas a lo largo de la trocha donde existen puentes provisionales, para valorar la posibilidad de construir puentes empleando los planos tipo del MOPT.
- Realizar evaluaciones y estudios geotécnicos en las secciones de corte y relleno que se encuentran inconclusas y que presentan problemas de inestabilidad. Evitar continuar perturbando estas áreas, pues estabilizarlas podría significar altos costos.
- Fortalecer las labores de administración e inspección del proyecto, concentrando los frentes de trabajo en secciones de menor longitud, con el propósito de llevar un avance más controlado y eficiente del proyecto.
- Valorar el uso de geo-textiles u otras técnicas empleadas para estabilizar la plataforma del camino, con el propósito de reducir el uso de materiales granulares que resultan muy costosos, dadas las largas distancias de acarreo para algunas zonas del proyecto.
- Establecer un proceso de selección y clasificación de agregados en las fuentes de extracción, con el propósito de garantizar que todos los materiales llevados al proyecto sean adecuados y tengan un buen desempeño.
- Extender el uso de prácticas de estabilización y control de erosión a los diferentes sectores del proyecto que lo requieran. Valorar el uso de métodos vegetativos, que podrían ser de fácil aplicación en varios sectores.
- Elaborar un perfil técnico de las obras pendientes de ejecutar para lograr una plena habilitación de la trocha fronteriza, con el propósito de orientar las decisiones políticas, técnicas y financieras requeridas para su conclusión.
- Definir los mecanismos y disponer los recursos para la implementación de un programa de mantenimiento y atención de emergencias en la trocha fronteriza.
- Cuanto antes asignar al proyecto recursos de ingeniería acordes con la inversión realizada, y la trascendencia de la obra para el país.