



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

INF-PITRA-017-12

## Informe de Fiscalización

### Análisis del Comportamiento Estructural y Seguimiento del Desempeño de la Losa sobre el Puente del Rio Virilla.

Preparado por:  
Programa de Infraestructura del Transporte  
PITRA

San José, Costa Rica  
MAYO, 2012



Información técnica del documento

1. Informe  INF-PITRA-017-12		2. Copia No.  1
3. Título: Análisis del Comportamiento Estructural y Seguimiento del Desempeño de la Losa sobre el Puente del Río Virilla.		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  No Aplican		
9. Resumen <i>Bajo el marco de la Ley No. 8114, le corresponde al LanammeUCR realizar una constante evaluación de los distintos elementos que componen la infraestructura vial nacional, como instrumento eficaz e imparcial para evaluar la toma de decisiones y mejorar los procesos de planificación técnica e inversión pública. En este estudio se monitoreo de forma sistemática el avance del deterioro en la losa de rodamiento del puente, mediante evaluaciones cada 2 semanas a lo largo de un periodo de 5 meses, con evaluaciones cada 15 días. Se utilizó equipo de última tecnología conocido como Geo 3D que permite registrar imágenes de alta resolución, y un software especializado que permite el análisis de las imágenes registradas, midiendo con un alto nivel de precisión cualquier deterioro presente. De esta forma se pudo evidenciar la progresión del deterioro de la losa colocada. Adicionalmente se realizó un análisis del comportamiento estructural de la losa mediante una modelación por medio de la metodología de "elemento finito" el cual reveló que el comportamiento estructural del puente es acorde con los análisis previos realizados y refuerzan los criterios técnicos emitidos con anterioridad sobre los efectos negativos del cambio de la losa en el comportamiento general de la estructura y los consecuentes deterioros detectados en la misma.</i>		
10. Palabras clave Puente, Evaluación, red, vial, Nacional, pavimentos, estructuras.	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 31
13. Preparado por: Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional   Fecha: / /	Ing. Paulina Leiva Padilla Investigadora. Unidad de Materiales   Fecha: / /	Cristian Valverde Cordero Asistente Técnico. Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional   Fecha: / /
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR   Fecha: / /	15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, Ph. D. Coordinador General PITRA   Fecha: / /	



*Tabla de Contenido*

<b>1</b>	<b>POTESTADES .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS DEL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DESEMPEÑO DE LA LOSA SOBRE EL PUENTE DEL RIO VIRILLA, RUTA NO.1 .....</b>	<b>6</b>
2.1	<i>OBJETIVO GENERAL.....</i>	<i>6</i>
2.2	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</i>	<i>6</i>
<b>3</b>	<b>ALCANCE GENERAL DEL INFORME.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ANALISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>10</b>
4.1	<i>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LOSA POR MEDIO DE GEO 3D.....</i>	<i>10</i>
4.1.1	<i>Primera evaluación de seguimiento .....</i>	<i>11</i>
4.1.2	<i>Segunda evaluación de seguimiento .....</i>	<i>14</i>
4.1.3	<i>Tercera evaluación de seguimiento.....</i>	<i>17</i>
4.1.4	<i>Cuarta evaluación de seguimiento.....</i>	<i>20</i>
<b>5</b>	<b>ANALISIS COMPLEMENTARIO. MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PUENTE POR MEDIO DE LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FINITO A TRAVÉS DEL SOFTWARE ABAQUS®. ....</b>	<b>25</b>
5.1	<i>RESULTADOS PRELIMINARES.....</i>	<i>26</i>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>29</b>



### Índice de Figuras

<b>Figura 1. Distribución de esfuerzos horizontales. Análisis por elemento finito en Abacus ©.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 3: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 4: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 5: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 6. Esfuerzos horizontales en la dirección x .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 7: Esfuerzos horizontales en la dirección z .....</b>	<b>26</b>

### Índice de Fotografía

<b>Fotografía 1. Equipo GEO3D.....</b>	<b>7</b>
<b>Fotografía 2 .....</b>	<b>13</b>
<b>Fotografía 3 .....</b>	<b>13</b>
<b>Fotografía 4 .....</b>	<b>15</b>
<b>Fotografía 5 .....</b>	<b>16</b>
<b>Fotografía 6 .....</b>	<b>16</b>
<b>Fotografía 7 .....</b>	<b>19</b>
<b>Fotografía 8 .....</b>	<b>19</b>
<b>Fotografía 9 .....</b>	<b>20</b>
<b>Fotografía 10 .....</b>	<b>22</b>
<b>Fotografía 11 .....</b>	<b>22</b>
<b>Fotografía 12 .....</b>	<b>22</b>
<b>Fotografía 13 .....</b>	<b>23</b>

*Índice de Tablas*

**Tabla 1: Criterios de severidad para los deterioros detectados en la losa sobre el puente del río Virilla. Fuente LanammeUCR..... 9**

*Índice de Gráficos*

**Gráfico 1: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 12**

**Gráfico 2: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 12**

**Gráfico 3: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 15**

**Gráfico 4: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 15**

**Gráfico 5: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 18**

**Gráfico 6: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 18**

**Gráfico 7: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 21**

**Gráfico 8: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>..... 21**

**Gráfico 9: Porcentaje de área reparada sentido Alajuela – San José ..... 23**

**Gráfico 10: Porcentaje de área reparada sentido San José – Alajuela ..... 24**

**Gráfico 11: Área con daño intermedio y crítico sentido Alajuela – San José (m<sup>2</sup>)..... 24**

**Gráfico 12: Área con daño intermedio y crítico sentido San José – Alajuela (m<sup>2</sup>)..... 25**

## 1 POTESTADES

Según se establece en el artículo 5 de la Ley No. 8114 sobre la Simplificación y Eficiencia Tributaria, “*para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense...*”, la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (en adelante, LanammeUCR), deberá efectuar una evaluación bienal del estado de la Red Vial Nacional pavimentada. De conformidad con lo señalado, el presente es un informe técnico que se enmarca dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR, como un estudio complementario a los que se han venido realizando de manera sistemática desde el año 2004 y revela importantes oportunidades de mejora para la Administración activa, esta vez sobre lo que se podría denominar como uno de los tres puentes más importantes de la red vial nacional (junto al del Río Virilla en Ruta 32 y al Puente sobre el río Barranca).

## 2 OBJETIVOS DEL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DESEMPEÑO DE LA LOSA SOBRE EL PUENTE DEL RIO VIRILLA, RUTA NO.1.

### 2.1 *Objetivo general*

Evidenciar el estado actual de la losa recién colocada sobre el puente Río Virilla en Ruta nacional No.1, el nivel de efectividad que han presentado las labores de reparación realizadas, y si ha habido un deterioro paulatino del concreto colado sobre el sistema de rejillas.

### 2.2 *Objetivos Específicos*

- Alertar de forma oportuna sobre posibles condiciones de riesgo a los usuarios que transitan sobre el puente dado el grado de deterioro mostrado.
- Contribuir con la Administración activa en la toma de decisiones sobre la reparación de esta importante obra civil, promoviendo acciones de intervención de mayor contundencia y efectividad.

Informe INF-PITRA-017-12	Fecha de emisión: Mayo de 2012	Página 6 de 29
--------------------------	--------------------------------	----------------

- Brindar información detallada sobre el comportamiento estructural del puente de forma que la Administración activa pueda tomar acciones de reparación con un adecuado sustento técnico.
- Introducir el uso de herramientas de análisis de alta tecnología (Geo3D y medición mecánica de la estructura con elemento finito) en el trabajo común de ingeniería de obras viales.

### 3 ALCANCE GENERAL DEL INFORME

El presente documento corresponde con un informe de seguimiento y complementa los hallazgos consignados en el informe LM-PI-AT-55-11 “Análisis del Comportamiento Estructural y Seguimiento del Desempeño de la Losa sobre el Puente del Río Virilla” emitido por le LanammeUCR en agosto del año 2011.

La evaluación del desempeño de la losa se realizó por medio del equipo denominado GEO3D, el cual es utilizado para realizar automáticamente un levantamiento fotográfico de la carretera por medio de cámaras de alta resolución, lo que permite posteriormente, mediante herramientas informáticas identificar los deterioros con altísima precisión y así determinar el estado de la infraestructura evaluada.




**Fotografía 1. Equipo GEO3D**  
Fuente: LanammeUCR

El equipo empleado consta de 6 cámaras de video de alta definición que permiten realizar un levantamiento fotográfico por carril de circulación. Tres cámaras permiten enfocar la superficie de ruedo y las otras tres capturan el entorno.

Cada fotografía abarca cuatro metros longitudinales por carril lo que implica que para la longitud del puente se tomaron 164 fotografías para cubrir toda el área de rodamiento para cada sentido.

Adicionalmente, cabe mencionar que en el presente informe se mantiene la clasificación de deterioros utilizada en el informe LM-PI-AT-55-11 emitido por le LanammeUCR en agosto del año 2011 para evaluar la información recabada del levantamiento fotográfico. La Tabla 1 presenta una descripción de los diferentes grados de deterioros observados con el equipo de GEO3D.

Grado del deterioro	Descripción	Condición observada
1	Severidad alta con pérdida de volumen de concreto en las celdas de las rejillas.	 <p style="text-align: center;"><b>Grado de deterioro Crítico (Grado 1)</b></p>



<p>2</p>	<p>Daño intermedio se considera como el desprendimiento del concreto en los bordes de las celdas de la rejilla, así como pulverización y agrietamiento del concreto.</p>	 <p>Grado de deterioro Intermedio (Grado 2)</p>
<p>3</p>	<p>Condición inicial se refiere a las áreas donde se observa la rejilla expuesta, sin desprendimiento del concreto ni agrietamiento del mismo.</p>	

Tabla 1: Criterios de severidad para los deterioros detectados en la losa sobre el puente del río Virilla.  
Fuente LanammeUCR.

Finalmente, se realizó un análisis estructural preliminar por medio de modelación con la técnica de elemento finito con el software llamado ABAQUS®, el análisis se realizó para una porción del tablero de rejilla colocado en el puente sobre el Río Virilla con el fin de caracterizar su comportamiento mecánico y correlacionarlo con los patrones de deterioro observados.

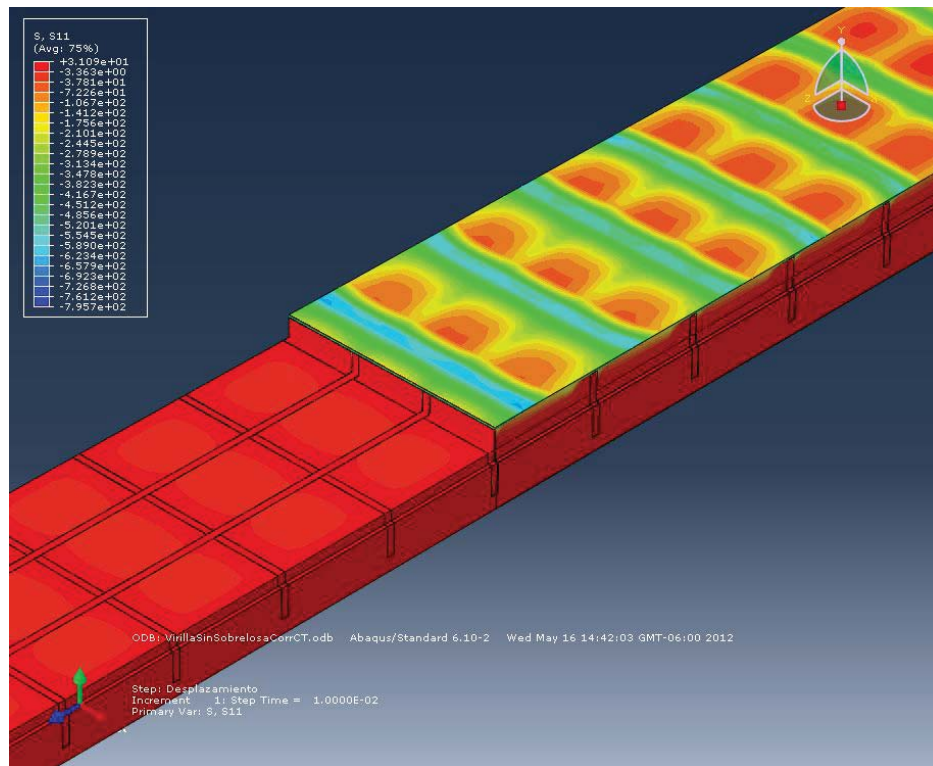


Figura 1. Distribución de esfuerzos horizontales. Análisis por elemento finito en Abacus ©.  
Fuente: LanammeUCR

## 4 ANALISIS Y RESULTADOS

### 4.1 Evaluación del desempeño de la losa por medio de Geo 3D

El procedimiento que se implementó para registrar el desempeño de la losa de forma sistemática consistió en evaluaciones periódicas con el equipo descrito en la sección 3 de este informe. Esto permitió determinar el avance de los deterioros del concreto en la estructura de la rejilla y ponderar la efectividad de los esfuerzos de la Administración por mitigar el daño de la losa.

Las fechas de evaluación del desempeño de la losa por medio del equipo de evaluación Geo 3D fueron el 31 de enero, 13 de febrero, 27 de febrero y 16 de abril de 2012 y se realizó una última visita de inspección el día 10 de mayo de 2012 por un equipo de funcionarios de la

Unidad de Puentes y de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR..

#### 4.1.1 . Primera evaluación de seguimiento

Los resultados de la primera evaluación se muestran en la figura No.2

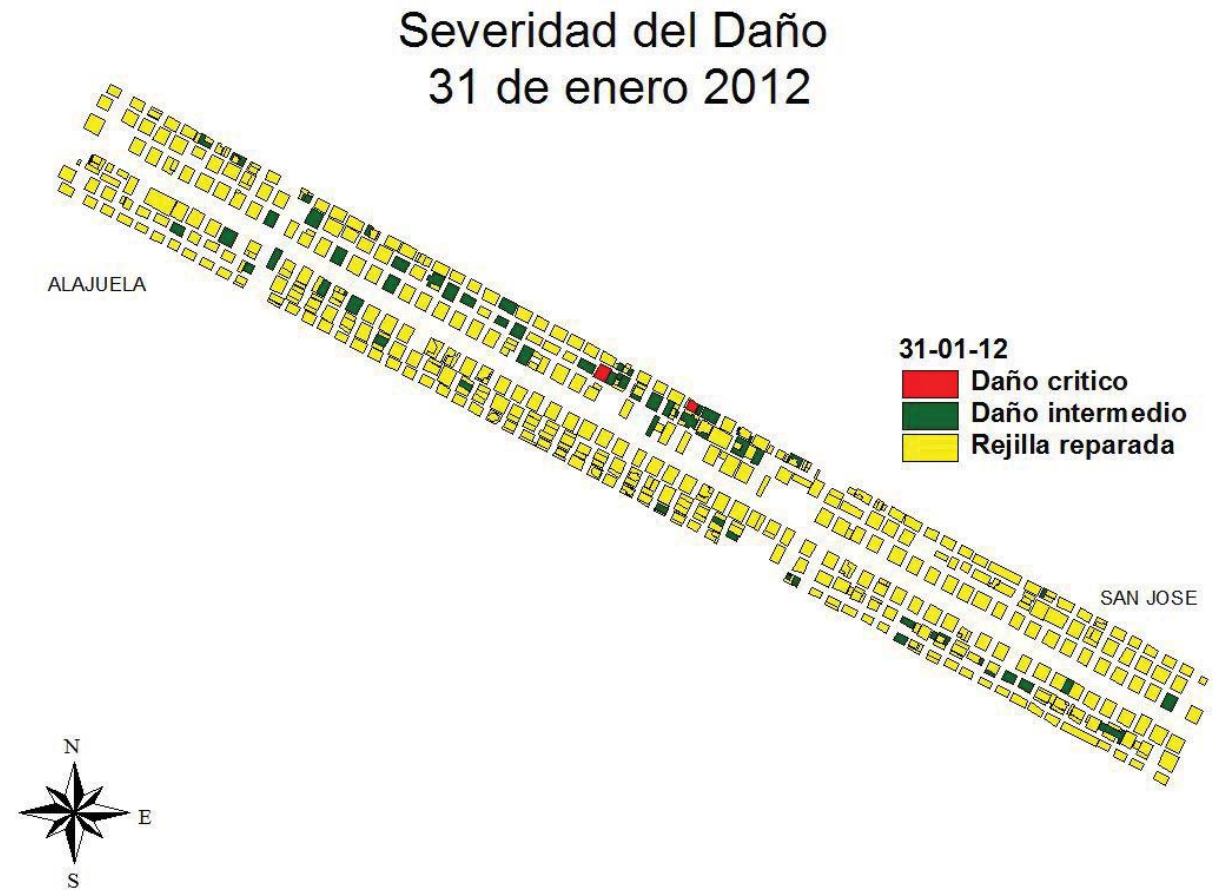


Figura 2: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente

Como se puede observar en la figura anterior la losa presenta reparaciones en un 85% de su superficie en el sentido Alajuela – San José y en un 92% en el sentido San José – Alajuela.

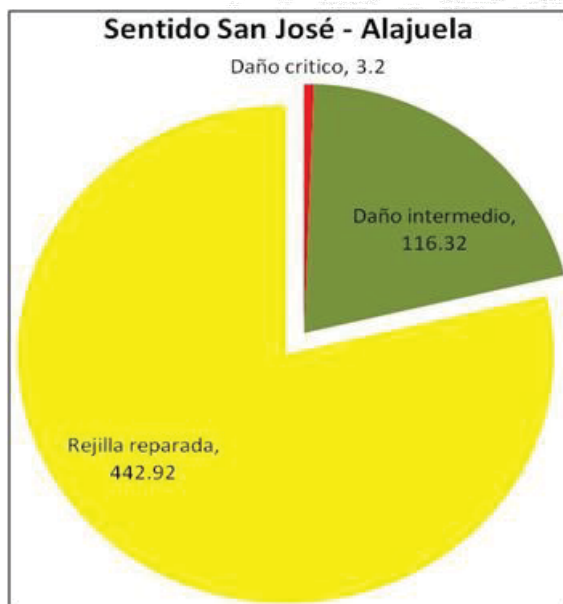
En esta fecha, del total de la superficie reparada, para el sentido Alajuela – San José, un total de 61.5 m<sup>2</sup> mostraban deterioros de tipo intermedio, lo que corresponde a un 13.5% de

Informe INF-PITRA-017-12	Fecha de emisión: Mayo de 2012	Página 11 de 29
--------------------------	--------------------------------	-----------------

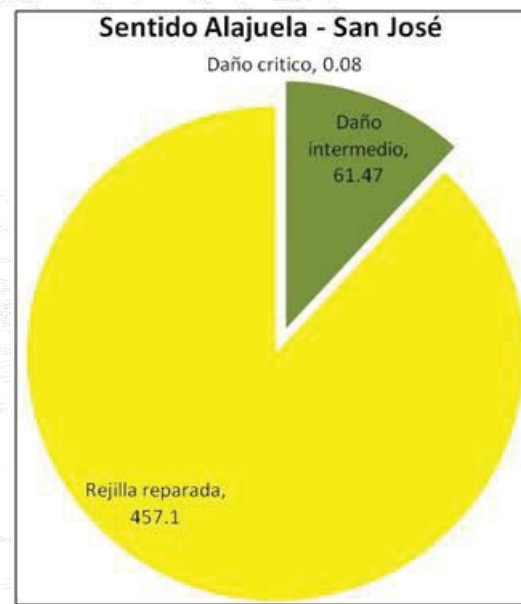
la superficie ya reparada y de igual forma un total de 0.08 m<sup>2</sup> (0.18%) mostraba deterioro de tipo severo.

Adicionalmente, para el sentido San José - Alajuela un total de 116.32 m<sup>2</sup> mostraban deterioros de tipo intermedio, lo que corresponde a un 19% de la superficie ya reparada, y un total de 3.2 m<sup>2</sup> (0.53%) mostraba deterioro de tipo severo, lo cual representa una condición aún más crítica que el sentido Alajuela – San José.

De forma gráfica los resultados pueden entenderse más claramente mediante los gráficos 1 y 2 y las fotografías 1, 2 y 3:



**Gráfico 1: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>.**



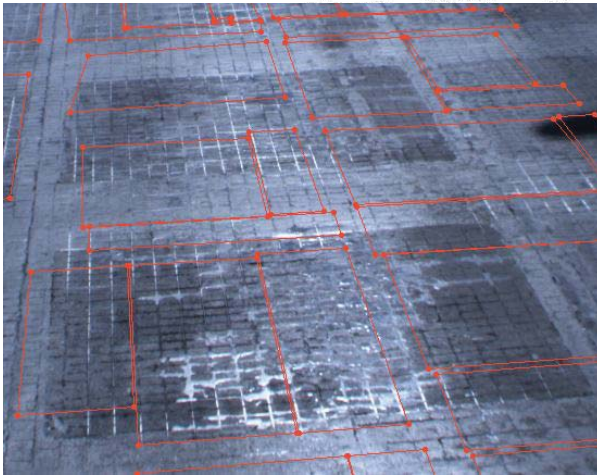
**Gráfico 2: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>.**



**Fotografía**

**Fecha:** 31-01-2012.

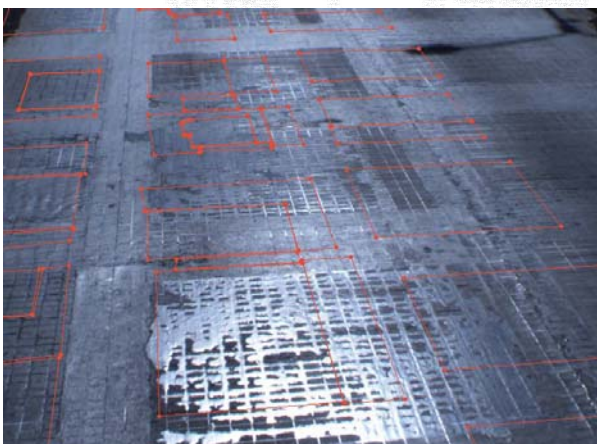
**Daño Crítico:** exposición de la rejilla,  
pérdida de volumen de concreto



**Fotografía 2**

**Fecha:** 31-01-2012.

**Daño Intermedio:** Rejilla expuesta con  
bajo desprendimiento de concreto.



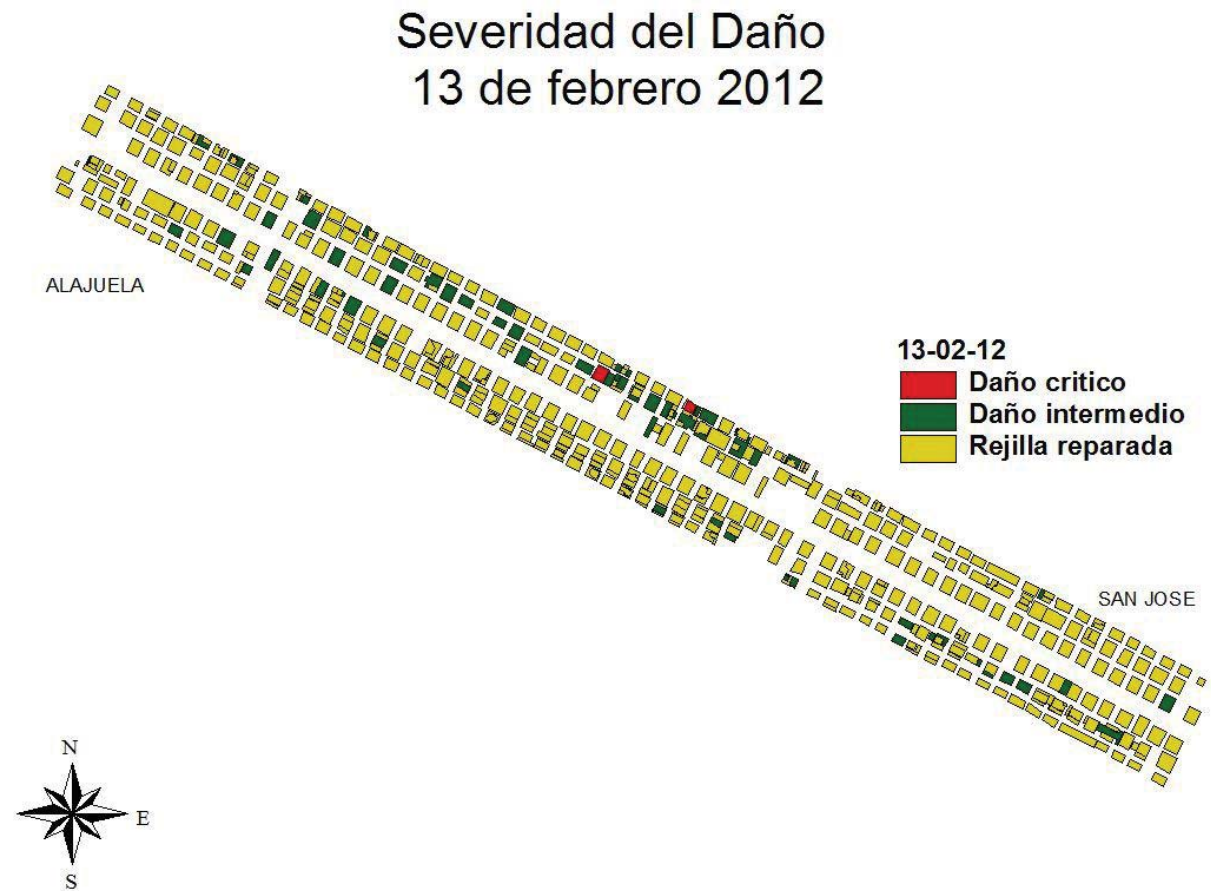
**Fotografía 3**

**Fecha:** 31-01-2012.

**Rejilla Reparada:** paneles con  
intervención para reparar deterioros

#### 4.1.2 Segunda evaluación de seguimiento

Los resultados de la segunda evaluación se muestran en la figura No.3



**Figura 3: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente**

En esta nueva auscultación, el porcentaje de superficie que mostraba daño intermedio en el sentido Alajuela - San José disminuyó a un 6.3% y no se detectaron zonas con daño crítico, esto debido a reparaciones recientes y a la incorporación de nuevos materiales, sin embargo, en el sentido San José – Alajuela, la condición de deterioro si mostró un aumento significativo, ya que el porcentaje de daño crítico aumentó a un 0.8% de la superficie (4.64 m<sup>2</sup>) y el daño intermedio disminuyó a un 11.5% (70.5 m<sup>2</sup>), también debido a reparaciones recientes.

De forma gráfica los resultados pueden entenderse más claramente mediante los gráficos 3 y 4 y las fotografías 4, 5 y 6:

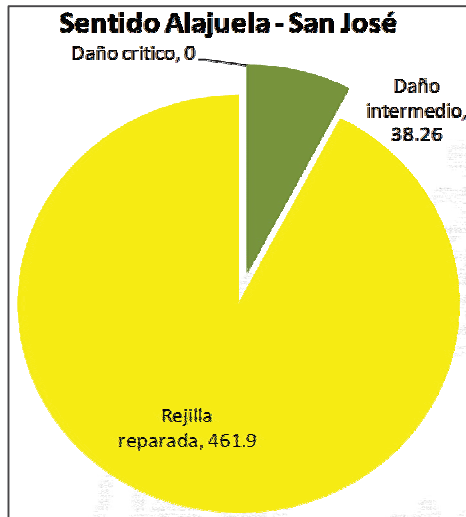


Gráfico 3: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>.

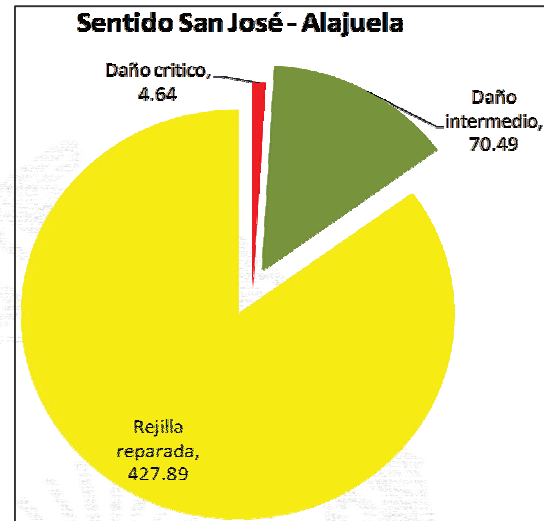


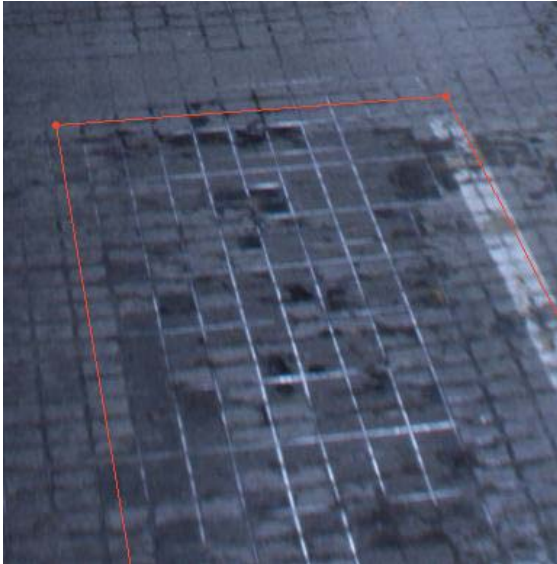
Gráfico 4: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>.



Fotografía 4

Fecha: 13-02-2012.

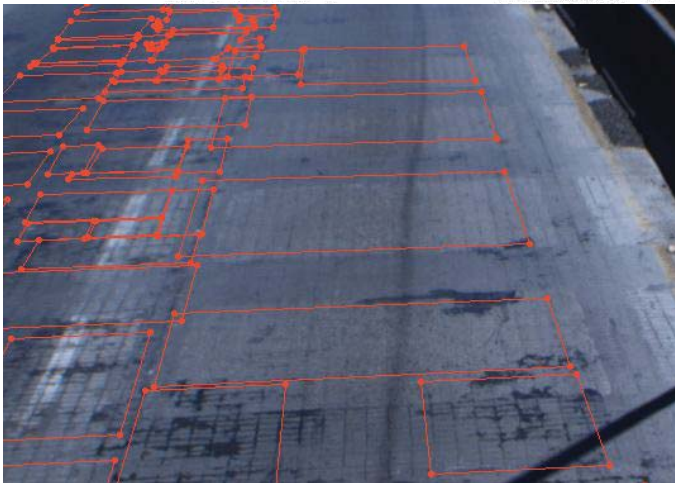
**Daño Crítico:** exposición de la rejilla, pérdida de volumen de concreto



**Fotografía 5**

**Fecha: 13-02-2012.**

**Daño Intermedio:** Rejilla expuesta con bajo desprendimiento de concreto.



**Fotografía 6**

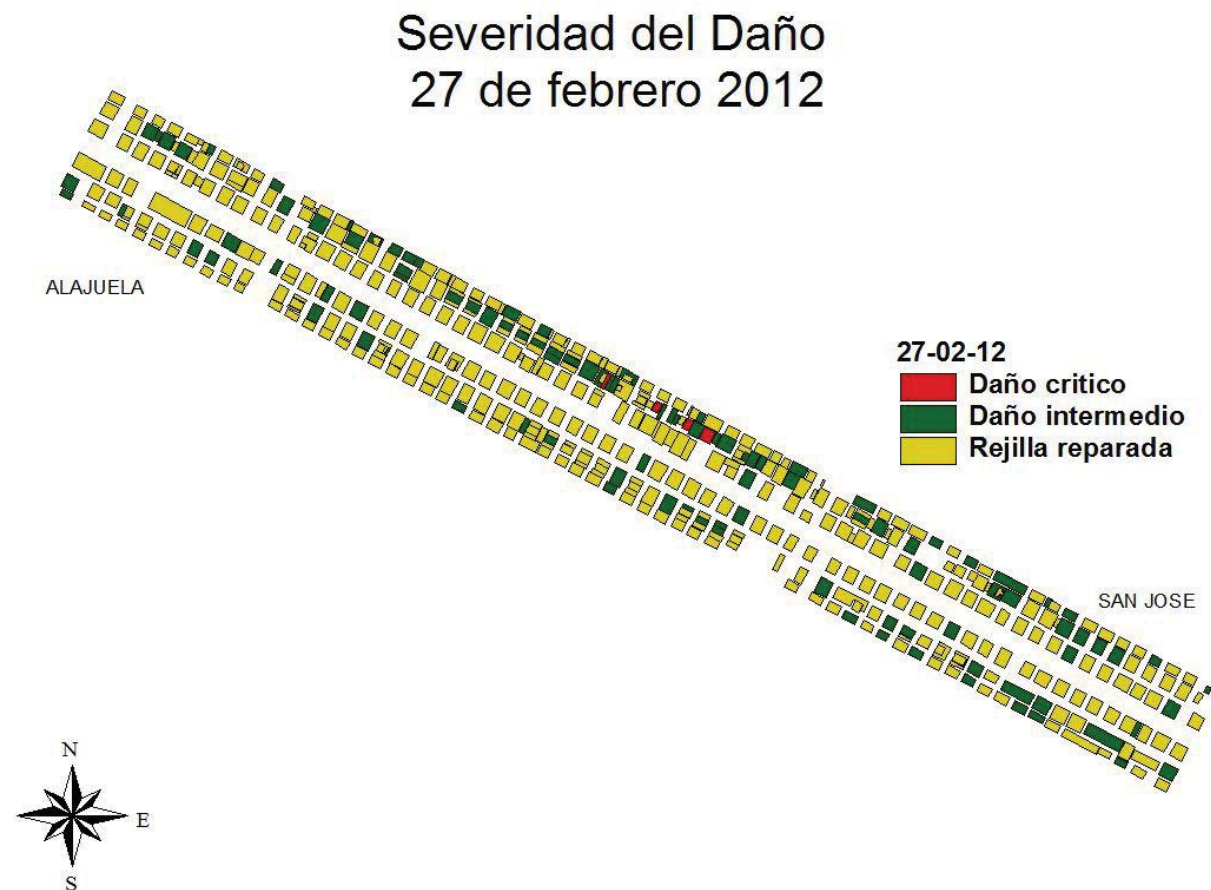
**Fecha: 13-02-2012.**

**Rejilla reparada:** Páneos con intervenciones recientes para reparar deterioros



#### 4.1.3 Tercera evaluación de seguimiento

Los resultados de la tercera evaluación se muestran en la figura No.4



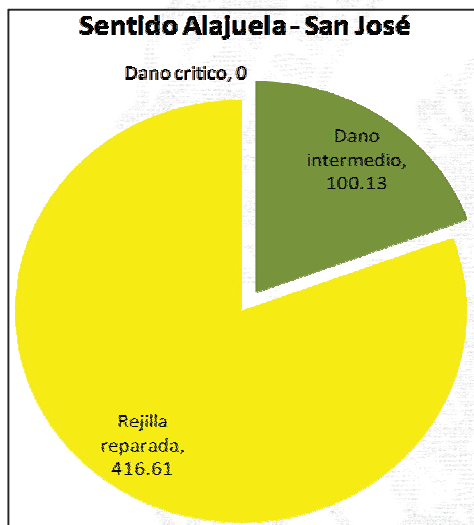
**Figura 4: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente**

La evaluación realizada el 27 de febrero de 2012 reveló, para la losa reparada en el sentido Alajuela – San José, un aumento significativo en el área con deterioro de severidad intermedia. El área deteriorada aumentó a 100.13 m<sup>2</sup>, más de un 250% del área deteriorada en la evaluación realizada 14 días antes, lo cual revela un deterioro acelerado, concentrado principalmente en los tramos 1 y 2 del puente. *(Para mayor información referirse al informe técnico LM-PI-AT-55-11: “Informe de auditoría técnica al proyecto de intervención de la losa del puente sobre el Río Virilla, Ruta N°1”).*

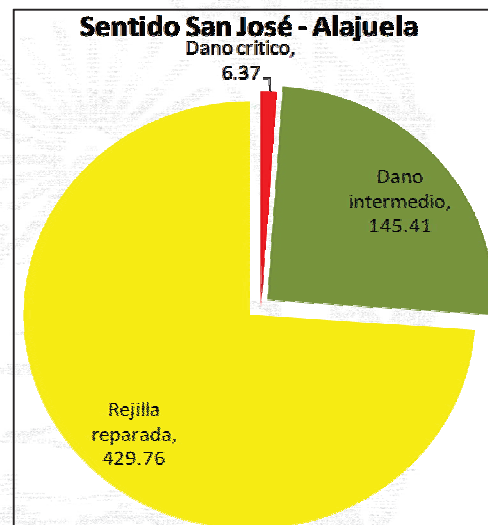
Informe INF-PITRA-017-12	Fecha de emisión: Mayo de 2012	Página 17 de 29
--------------------------	--------------------------------	-----------------

En el sentido San José – Alajuela la situación es aún más crítica, ya que el aumento del deterioro se da tanto para las zonas con daño crítico como daño intermedio, pasando de 4.64 m<sup>2</sup> a 6.37 m<sup>2</sup> de daño crítico (cerca de un 14% de aumento) y de 70.5 m<sup>2</sup> a 145.41 m<sup>2</sup> de daño intermedio (más de un 200%) en tan solo 14 días de servicio.

De forma gráfica la condición de la superficie en ambos sentidos pueden entenderse más claramente mediante los gráficos 5 y 6 y las fotografías 7, 8 y 9:



**Gráfico 5: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>**



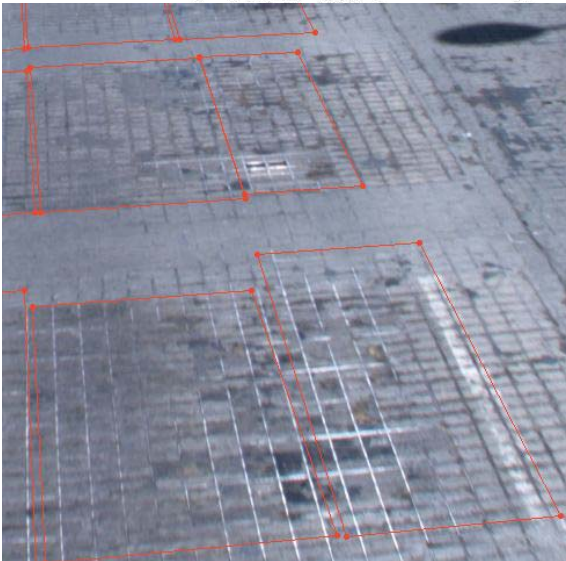
**Gráfico 6: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>.**



**Fotografía 7**

**Fecha:** 27-02-2012.

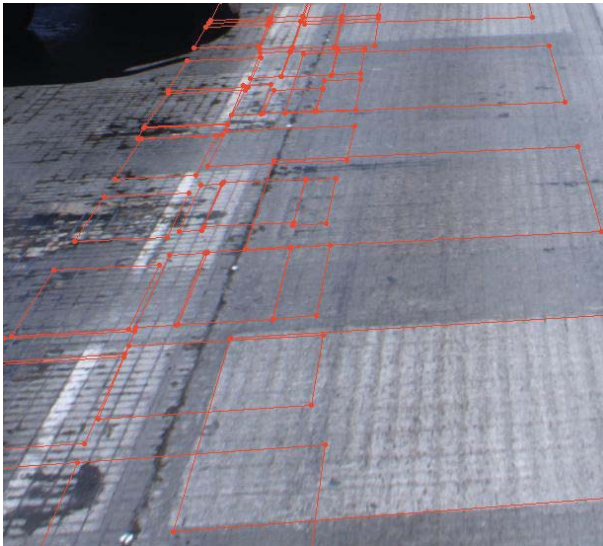
**Daño Crítico:** exposición de la rejilla,  
pérdida de volumen de concreto



**Fotografía 8**

**Fecha:** 27-02-2012.

**Daño Intermedio:** Rejilla expuesta con  
bajo desprendimiento de concreto.



Fotografía 9

Fecha: 27-02-2012.

Páneles con intervenciones recientes para reparar deterioros

#### 4.1.4 Cuarta evaluación de seguimiento

### Severidad del Daño 16 de abril 2012

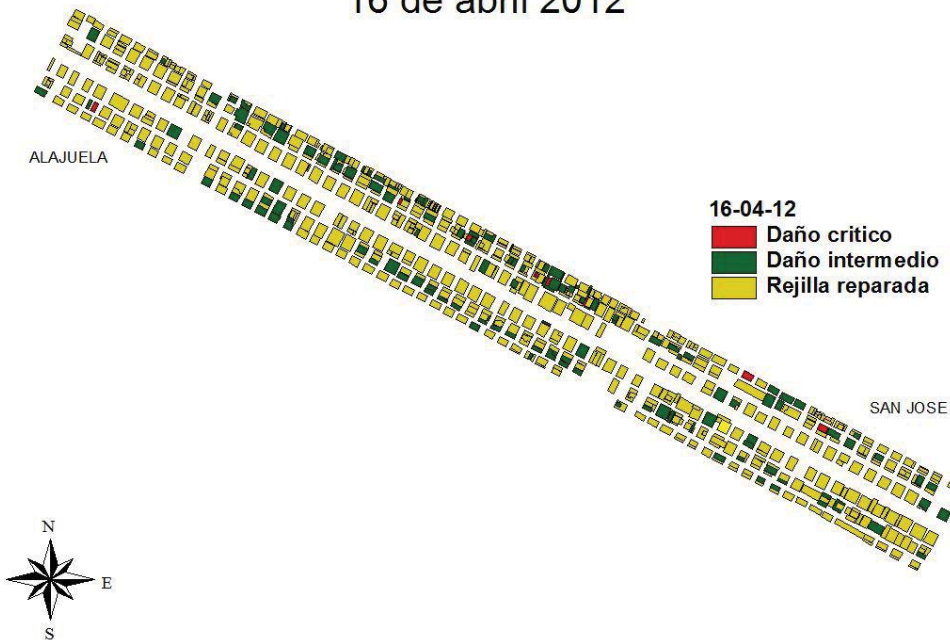
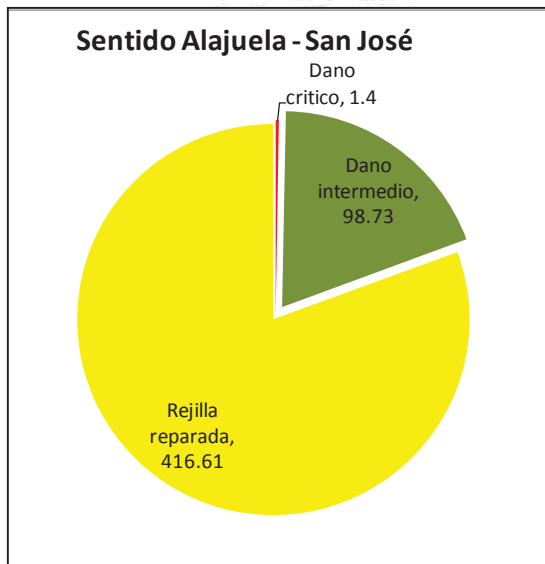


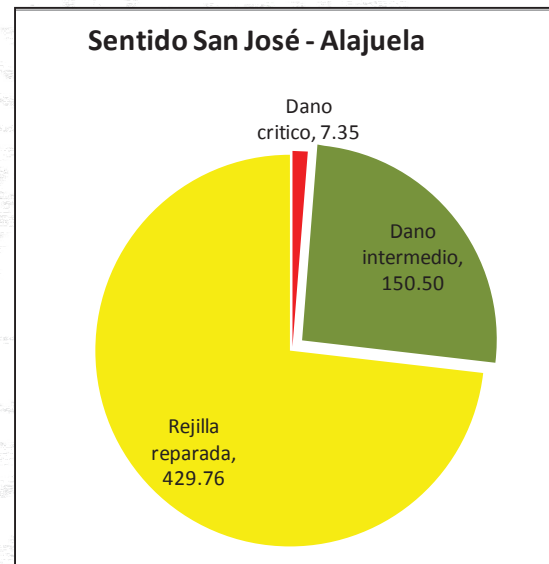
Figura 5: Ubicación de las zonas deterioradas en la losa sobre el puente

En esta última evaluación la losa ha mantenido la misma tendencia, es decir, un aumento acelerado del deterioro del concreto de la rejilla. Los porcentajes de área deteriorada en el sentido Alajuela – San José aumentaron nuevamente, mostrando en esta ocasión daño crítico en 1.4 m<sup>2</sup> de superficie y daño intermedio en 98.73 m<sup>2</sup>. Así mismo en el sentido San José – Alajuela los daños críticos aumentaron a 7.35 m<sup>2</sup> y el daño intermedio a 150.5 m<sup>2</sup> de la superficie de la losa.

De forma gráfica la condición de la superficie en ambos sentidos pueden entenderse más claramente mediante los gráficos 7 y 8 y las fotografías 10, 11 y 12:



**Gráfico 7: Distribución del área dañada. Sentido Alajuela - San José, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>.**



**Gráfico 8: Distribución del área dañada. Sentido San José - Alajuela, puente sobre el río Virilla. Valores en m<sup>2</sup>.**



**Fotografía 10**

**Fecha:** 16-04-2012.

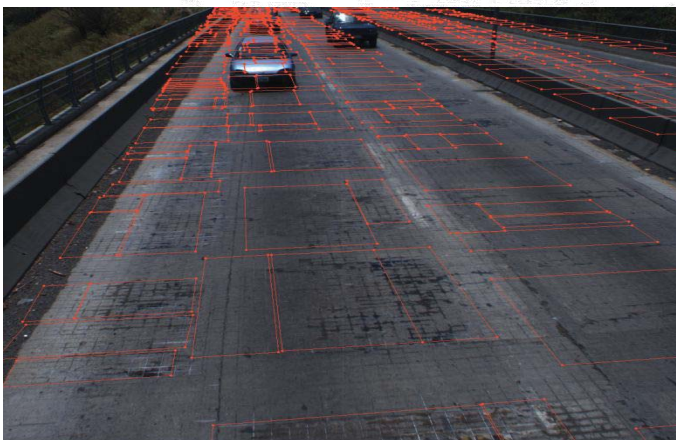
**Daño Crítico:** exposición de la rejilla,  
pérdida de volumen de concreto



**Fotografía 11**

**Fecha:** 16-04-2012.

**Daño Intermedio:** rejilla expuesta, con  
bajo desprendimiento de concreto



**Fotografía 12**

**Fecha:** 16-04-2012.

**Áreas reparadas:** Páneles con  
intervenciones de reparación sin  
deterioros visibles.

El trabajo de seguimiento mostrado anteriormente se complementó con una última gira de evaluación, donde se pudo evidenciar que el grado de severidad de los deterioros registrados por medio del Geo 3D, mantenían una clara tendencia a aumentar, presentando aumento en las zonas deterioradas y aquellas que ya tenían deterioro mostraban un aumento significativo en la severidad del mismo.

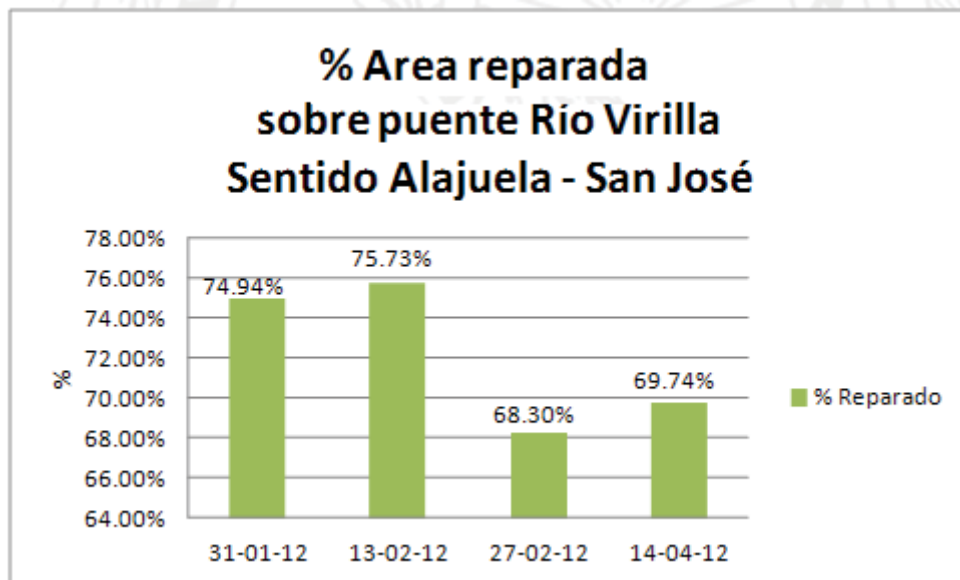


**Fotografía 13**

**Fecha:** 10-05-2012.

**Daño Crítico:** sección con un deterioro muy avanzado, que muestra daño en rejilla. Foto tomada el 10 de mayo de 2012 en última gira de evaluación..

De forma general la evolución del deterioro se representa en los siguientes gráficos finales:



**Gráfico 9: Porcentaje de área reparada sentido Alajuela – San José**

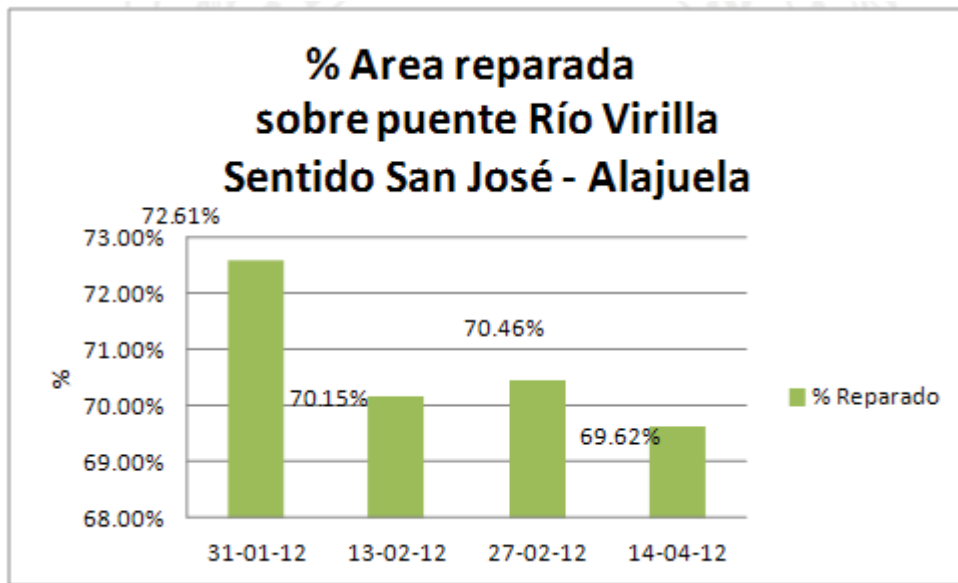


Gráfico 10: Porcentaje de área reparada sentido San José – Alajuela

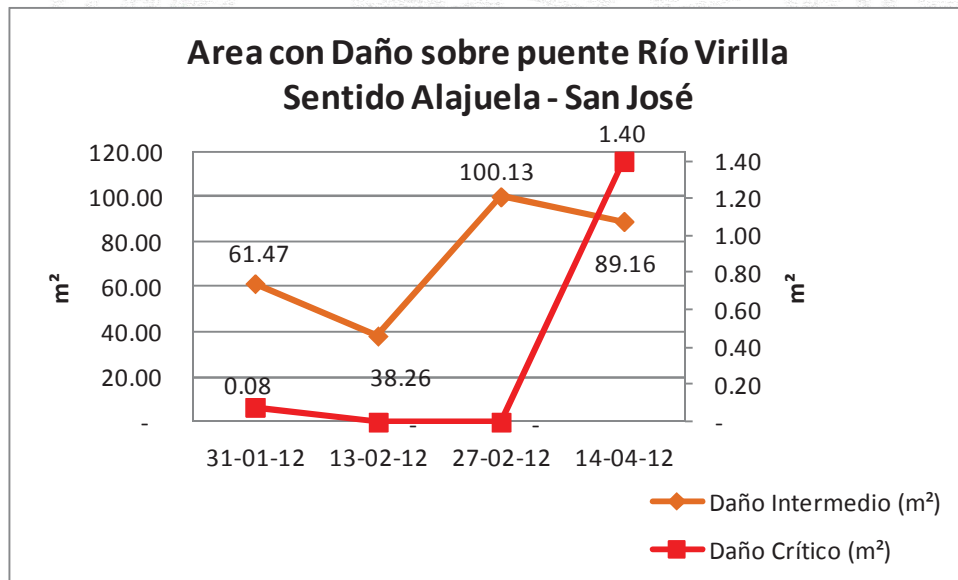


Gráfico 11: Área con daño intermedio y crítico sentido Alajuela – San José (m<sup>2</sup>)



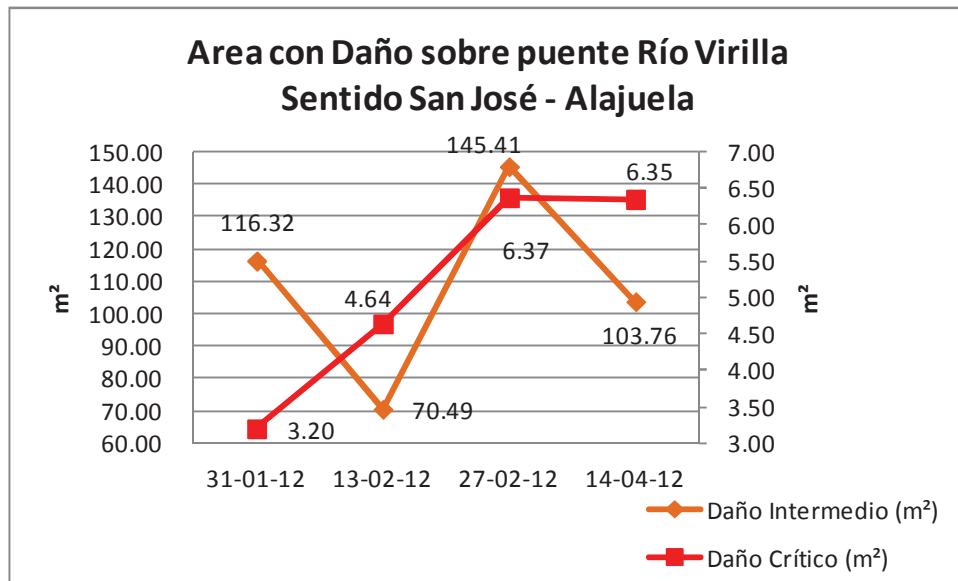


Gráfico 12: Área con daño intermedio y crítico sentido San José – Alajuela (m<sup>2</sup>)

## 5 ANALISIS COMPLEMENTARIO. MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PUEBTE POR MEDIO DE LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FINITO A TRAVÉS DEL SOFTWARE ABAQUS®.

Con el propósito de complementar los análisis previos sobre el comportamiento estructural del puente y sus efectos sobre la losa colocada, se realizó una modelación matemática usando la teoría del elemento finito por medio de programas computacionales (ABACUS®) que permiten analizar y entender con mucha precisión la forma en que la estructura se está comportando mecánicamente ante las cargas de los vehículos. Este análisis permite explicar el fenómeno de deterioro detectado por las evaluaciones visuales y el pobre desempeño mostrado por la losa de rodamiento del puente. En el presente informe se mostrará de forma resumida parte de este análisis, el cual será ampliamente expuesto en un futuro informe de investigación aplicada emitido en conjunto por el Programa de Ingeniería Estructural y el PITRA del LanammeUCR.

### 5.1 Resultados preliminares

Los análisis por medio de “elemento finito” permitieron identificar aquellas zonas donde los esfuerzos, productos de los vehículos, son mayores y se concentran con mayor frecuencia, situación que se debe al comportamiento actual de la estructura al modificarse la condición original del puente.

La distribución de los esfuerzos se muestra en las siguientes figuras:

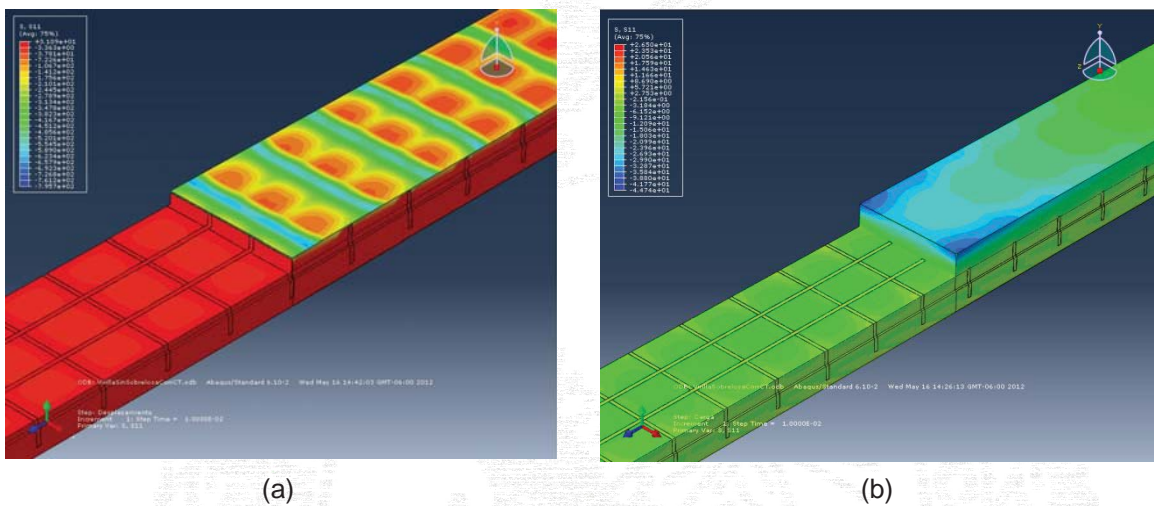


Figura 6. Esfuerzos horizontales en la dirección x

(a) sin sobrelosa (b) con sobrelosa

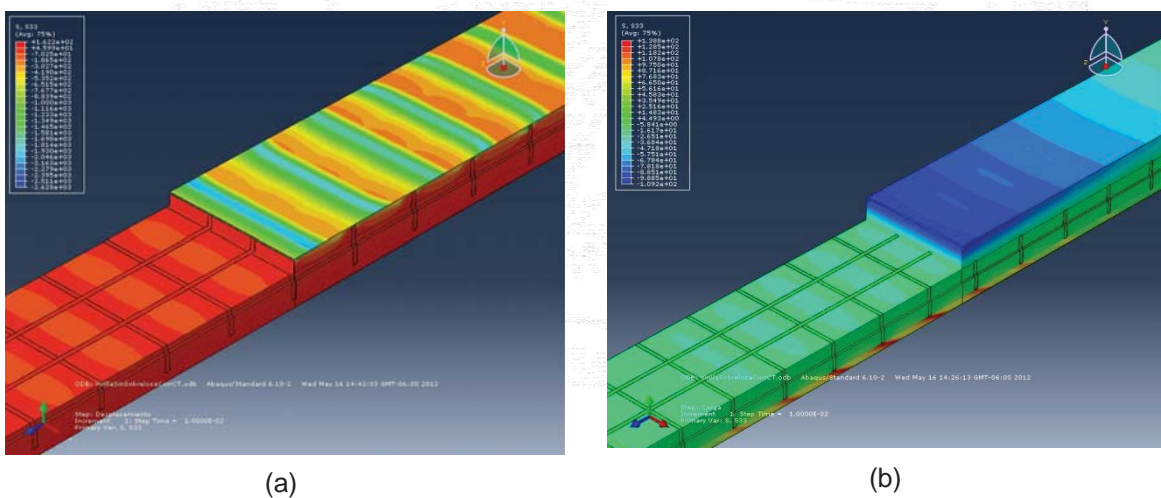


Figura 7: Esfuerzos horizontales en la dirección z

(a) sin sobrelosa (b) con sobrelosa

Los colores mostrados en las figuras anteriores representan la forma en la que se distribuyen los esfuerzos sobre la rejilla del puente. Aquellos colores rojos son concentraciones de esfuerzos en tracción y los azules en compresión, estas variaciones de esfuerzos en un mismo punto de tracción a compresión del concreto de la rejilla es lo que provoca la fatiga del material y su consecuente fractura acelerada.

Se realizó adicionalmente un análisis de la estructura del puente considerando la construcción de una capa adicional sobre la rejilla construida (“sobrelosa”), tal y como se han construido rejillas a puentes de Estados Unidos, y los resultados mostraron un mejor comportamiento estructural del material. La colocación de esta sobrelosa es usualmente la práctica recomendada para este tipo de estructuras.

La modelación realizada inicialmente confirma que los deterioros registrados en la losa son producto de la delaminación de la capa superior de concreto así como desprendimiento del concreto de los bordes de las celdas rellenas (contracciones de esfuerzos en color rojo en las figuras 6 a y 7 a).

También se logra observar en la modelación que al parecer y por el desarrollo del deterioro en el tablero (“rejilla”), la condición de contacto entre el concreto y el acero se va perdiendo, acelerando el proceso de deterioro. Se evidencia además, que esta condición (contacto acero – concreto) es realmente importante para el trabajo adecuado de la estructura, ya que los esfuerzos y desplazamientos se disminuyen, al hacer que el acero trabaje, lo cual es el objetivo de su colocación en la estructura.

## 6 CONCLUSIONES

1. Las constantes reparaciones durante los meses de enero, febrero y marzo evidenciadas por medio de los cambios en los porcentajes de área reparada medidos con el Geo 3D, muestran que el tipo de intervención en el sistema de rejilla del total del puente sobre el Río Villa en la Ruta 1 ha sido reactiva, básicamente incorporando distintos tipos de materiales en forma de prueba y error en aquellas zonas que mostraban deterioros, conforme estos iban aumentando en severidad y extensión. Mientras se sigan realizando este tipo de reparaciones, sin que se corrijan aspectos estructurales del puente, que son los que originan el comportamiento evidenciado en los deterioros de la losa, constituyen un gasto constante y poco eficiente de los fondos públicos.
2. Las evaluaciones con el Geo 3D revelan un aumento sostenido del deterioro de la losa, que presenta daños críticos recurrentes que disminuyen la capacidad funcional del puente y la seguridad de los usuarios de forma progresiva.
3. Las evaluaciones sistemáticas realizadas permitieron detectar que desde el mes de febrero del año 2012 el deterioro ha aumentado de forma alarmante y no se detectaron nuevas intervenciones de reparación. De acuerdo al comportamiento observado y a la tasa de progresión de los deterioros se puede prever que la losa del puente va a sufrir deterioros muy severos en poco tiempo, pudiendo poner en peligro la seguridad de los usuarios y la funcionalidad general de la ruta 1 – General Cañas.
4. Los resultados del informe de deterioros con el Geo3D comprueban las conclusiones del informe técnico LM-PI-AT-55-11: “Informe de auditoría técnica al proyecto de intervención de la losa del puente sobre el Río Virilla, Ruta N°1” donde se apuntó que el exceso de vibración de la losa provocó el daño del concreto observado y no así la calidad y las características mecánicas específicas del concreto colocado en la rejilla,
5. El aumento sistemático de los deterioros, principalmente en el sentido San José – Alajuela demuestra que las labores de reparación implementadas por la Administración no han sido efectivas para garantizar una estabilidad funcional y el aumento progresivo de los deterioros en la losa sobre el puente del Río Virilla. Esto ha implicado un uso inadecuado de nuestros limitados fondos públicos

## 7 RECOMENDACIONES

Debido a la constante vibración del puente y al acelerado aumento de los deterioros en la losa, se recomienda a la Administración que valore la factibilidad de realizar las siguientes acciones.

1. Una intervención amplia de reforzamiento de la estructura, de forma que se minimicen las constantes vibraciones a las cuales está sujeta la misma y que son la principal causa de los deterioros observados.
2. Acelerar la construcción de un puente adicional que permita tener redundancia en caso de que la losa o el puente en general, sufra de deterioros que puedan interrumpir el libre paso por esta ruta de vital importancia para el país.
3. Controlar las cargas y las velocidades de circulación sobre el puente, al menos hasta que se logre una solución definitiva al proceso de deterioro evidenciado en este informe.