



BOLETÍN TÉCNICO LanammeUCR

Volumen 2, N.º 1
Enero, 2025

Costos para el usuario por cierres totales o parciales en puentes

Allan Steven Solera Robleto
Asistente Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

Ing. Alexander Oviedo Campos
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

Ing. Luis Guillermo Vargas Alas
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural



1. Introducción

Los desembolsos por combustible y actividades de mantenimiento periódico, como el cambio de aceite o neumáticos, son costos que la persona propietaria de un vehículo debe asumir al utilizar este medio de transporte. Adicionalmente, si en el trayecto que realizan las personas para llegar a sus destinos se presentan imprevistos, como un accidente o un cierre de una ruta, se incrementarán los costos asociados al uso del vehículo, ya que se genera un mayor desgaste de las piezas mecánicas, un mayor consumo de combustible y una disminución en el tiempo disponible para realizar otras actividades productivas.

Adicionalmente, no solo los vehículos particulares se ven afectados por el cierre de una ruta, se tiene también el caso de camiones de mercancías, los cuales en casos de atrasos en sus rutas habituales pueden generar pérdidas económicas, ya sea por la caducidad de productos perecederos o por incumplimientos en los tiempos de entrega. Asimismo, estos imprevistos también pueden llegar a afectar a otros usuarios de la vía, como ciclistas y peatones, quienes pueden verse obligados a buscar rutas alternas más largas, y en algunos casos hasta peligrosas, específicamente cuando se da el cierre total de un puente.

Una de las amenazas latentes que pueden llevar al cierre parcial o total de una ruta es el deterioro de los puentes vehiculares. La situación actual en Costa Rica es alarmante, esto según el Informe Técnico “Calificación de la condición y programa de intervención de 1927 puentes de la Red Vial Nacional” realizado por el LanammeUCR (Rodríguez Bardía, Vargas Alas y Trejos Villalobos, 2023). En dicho informe, de los 1927 puentes evaluados, aproximadamente el 70% se encuentran en una condición deficiente o peor, lo que incluye estados clasificados como “alarmante” y “falla inminente”, es decir, un alto porcentaje de los puentes de la red vial nacional presenta deficiencias estructurales que podrán comprometer su estabilidad en algún momento, si no son atendidos oportunamente.

La situación descrita tiene implicaciones para los usuarios de las vías, dado que el cierre de un puente para su intervención genera congestión vial y, a su vez, reduce las opciones de rutas disponibles. Lo anterior se traducirá en un mayor tiempo en carretera y, en consecuencia, mayores pérdidas económicas para los usuarios de las rutas impactadas por esta situación. Este hecho quedó documentado mediante el informe de inspección especial al puente sobre el río Tempisque (EIC-Lanamme-INF-0587-2024), en Ruta Nacional 21, para el cual se estimó que en caso de cierre parcial del puente este representa un costo para los usuarios de 1,38 veces el costo de reposición total del puente, mientras que un cierre total de la vía impacta en hasta 15,78 veces. Por ello, ante el alto costo que puede representar para los usuarios de una vía el cierre total o parcial de un puente, surge la necesidad de cuantificar apropiadamente estos costos para que se incorpore como un indicador más para la toma de decisiones respecto a la gestión del proceso de intervención que se requiera en los puentes.

Ante este escenario, se presenta una metodología de cálculo de costos para el usuario, la cual fue desarrollada como parte de una asesoría del LanammeUCR al Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y documentada en el informe sobre Análisis de costos en el ciclo de vida (LM-PIE-UP-A01-2020) (Araya-Con y Villalobos-Vega, 2020). Posteriormente, se mostrará la aplicación de esta metodología en un caso práctico en el que se creará un escenario hipotético que considere la necesidad de realizar un cierre en el puente sobre el río Sarapiquí, sobre Ruta Nacional 4, el cual actualmente funciona como una de las principales rutas para el trasiego de mercadería. Una vez que se determinen los costos para el usuario según el nivel de intervención, se realizará una comparación que permitirá analizar si es aceptable la rehabilitación del puente o si se podría justificar una sustitución total o habilitar un puente o camino temporal, aún con las implicaciones que esto traslada al usuario.

2. Metodología

El procedimiento elaborado por el LanammeUCR (2020) permite calcular los costos que se generan para el usuario durante la etapa constructiva de las intervenciones en puentes, los cuales se dividen en dos categorías: costos operativos de vehículos (COV) y costos de tiempo de traslado (CTT). De esta manera, el costo final total para el usuario se calcula como se muestra en la Ecuación 1:

$$C_{usuarios} = COV + CTT \quad [1]$$

Los costos operativos de vehículos (COV) abarcan gastos como el consumo de combustible, mantenimiento del vehículo, desgaste de neumáticos, entre otros. Estos costos se calculan para cierres parciales y cierres totales como se detalla en la Ecuación 2 y en la Ecuación 3, respectivamente.

$$COV_{parcial} = TPD \cdot VOC_u \cdot \left(L_t - \frac{v_t}{v_n} \cdot L_t \right) \quad [2]$$

$$COV_{total} = TPD \cdot VOC_u \cdot \left(L_d - \frac{v_d}{v_n} \cdot L_n \right) \quad [3]$$

Por otra parte, los costos de tiempo de traslado (CTT) se refieren al valor del tiempo adicional que los conductores deben invertir debido a la reducción de velocidad en zonas de trabajo durante cierres parciales o a los desvíos causados por cierres totales. Estos costos se calculan para cierres parciales y cierres totales, como se detalla en la Ecuación 4 y Ecuación 5, respectivamente.

$$CTT_{parcial} = TPD \cdot VTT_u \cdot \left(\frac{L_t}{v_t} - \frac{L_t}{v_n} \right) \quad [4]$$

$$CTT_{total} = TPD \cdot VTT_u \cdot \left(\frac{L_d}{v_d} - \frac{L_n}{v_n} \right) \quad [5]$$

El Cuadro 1 muestra el procedimiento para obtener los datos necesarios para cada ecuación. En cada paso se indica este aplica para el cálculo de costos de los usuarios en un cierre parcial, un cierre total o ambos.

3. Limitaciones

La metodología depende de la cantidad de información disponible en el país para establecer variables representativas, por lo cual enfrenta limitaciones para abarcar todos los costos relacionados con un cierre, lo que obliga a considerar en su cálculo solo aquellos costos cuyos datos están disponibles. Entre los costos omitidos se encuentran los que están asociados al transporte de bienes y mercancías, impacto ambiental, accidentes y turismo. Estos costos no se consideraron debido a que la información para calcularlos no está disponible de forma agrupada, como sí lo están los costos de tiempo de traslado y los costos operativos. Para obtener los costos omitidos es necesario realizar investigaciones específicas que los cuantifiquen.

Otra limitación que enfrenta esta metodología es la desactualización de los datos de entrada, ya que dependen de la información disponible al momento de realizar el cálculo. Por ejemplo, los costos unitarios de operación de vehículos más recientes datan del 2010, y no se encontró información que permitiera su actualización.

Por otro lado, la metodología recomienda aplicar factores de ajuste por tipo de superficie y por pendiente para estimar el costo de operación de los vehículos. Sin embargo, para simplificar el ejemplo de la metodología, en el análisis presentado en esta publicación no se consideraron estos factores.

Además, debido a la falta de datos específicos sobre los costos operativos de vehículos de 4 ejes y 6 ejes, se optó por utilizar un valor promedio para camiones de 4, 5 y 6 ejes, tanto en el costo unitario operativo de vehículos como en el costo unitario de tiempo de traslado.

Finalmente, surge otra limitación en la estimación de costo unitario de tiempo de traslado: los informes para estimar la tasa de ocupación de los distintos tipos de vehículos son escasos. Para este análisis, se utilizaron datos del Informe de actualización del valor del tiempo de 2018, aunque algunos de estos datos, como las tasas de ocupación de vehículos, son de antes del 2010.

Cuadro 1. Procedimiento para la determinación de costos al usuario por cierre parcial y total de puentes

Paso	Procedimiento	Fuente de información ⁽¹⁾	Cierre parcial	Cierre total
1	Determinar el tránsito promedio diario (<i>TPD</i>) de la ruta donde se ubica el puente, en vehículos por día. Se determina para cada tipo de vehículo: liviano, carga liviana, buses, 2, 3, 4, 5 o más ejes.	Referencia 10	X	X
2	Estimar la longitud total afectada por trabajos (L_v), en kilómetros. Esta es la distancia donde es requerido reducir la velocidad debido a los trabajos en el puente.	Referencia 11	X	
3	Estimar la longitud normal sin desvío (L_n) que debe recorrer el vehículo en kilómetros. Esta se refiere a la distancia que se recorre en la ruta regular, con paso habilitado en el puente.	Referencia 4		X
4	Estimar la longitud de desvío (L_d), en kilómetros. Esta es la distancia que debe recorrer un vehículo para llegar al mismo punto de destino, pero tomando una ruta alterna debido al puente cerrado.	Referencia 5		X
5	Determinar la velocidad normal del vehículo en la ruta original sin desvío (v_n) en kilómetros por hora.	Referencia 11	X	X
6	Determinar la velocidad de circulación en la zona de trabajo (v_v) en kilómetros por hora.	Observación en sitio	X	
7	Determinar la velocidad normal del vehículo en el desvío (v_d) en kilómetros por hora.	Referencias 11 y 13		X
8	Determinar el costo unitario operativo de un vehículo (VOC_v) en colones por kilómetro. Este se determina para cada tipo de vehículo, en función de la velocidad a la que opera.	Referencia 7	X	X

Paso	Procedimiento	Fuente de información ⁽¹⁾	Cierre parcial	Cierre total
9	Calcular el costo operativo de vehículos en un cierre parcial ($COV_{parcial}$) utilizando la ecuación [2]. Se calcula para cada tipo de vehículo.	Referencia 1	X	
10	Calcular el costo operativo de vehículos en un cierre total (COV_{total}) utilizando la ecuación [3]. Se calcula para cada tipo de vehículo.			X
11	Determinar el costo unitario de tiempo de traslado (VTT_u) en colones por hora. Se determina para cada tipo de vehículo.	Referencias 3, 6 y 8	X	X
12	Calcular el costo de tiempo de retraso en un cierre parcial ($CTT_{parcial}$) utilizando la ecuación [4] para cada tipo de vehículo.	Referencia 1	X	
13	Calcular el costo de tiempo de traslado en un cierre total (CTT_{total}) utilizando la ecuación [5] para cada tipo de vehículo.			X
14	Calcular los costos al usuario sumando los costos de operación y de traslado determinados en pasos anteriores: - Cierre parcial: paso 9 y paso 12. - Cierre total: paso 10 y paso 13.		X	X
15	Los costos al usuario determinados en el paso 14 son costos diarios, por lo que se deben multiplicar por la cantidad de días que dure cada tipo de cierre.		X	X

(1) – Las fuentes se enumeran según la lista presentada en la sección Referencias.

4. Caso de estudio: Puente río Sarapiquí

Para ejemplificar el uso de la metodología, se presentará un caso que describe un posible cierre para la intervención del puente sobre el río Sarapiquí, ubicado en la ruta 4 (Ver Figura 1). Este puente es un punto clave para la conexión de la Zona Norte con el Caribe, y cuenta con 101 m de longitud. Se asume que se ha detectado un daño en el puente que requiere un cierre preventivo para garantizar la seguridad de los usuarios y permitir la ejecución de trabajos que restablezcan el paso seguro. Se plantean dos escenarios: el primero contempla un cierre total del puente durante 2 días y un paso regulado por 5 días, mientras que el segundo considera un cierre total de 7 días.

Paso 1. El TPDA se obtiene mediante una proyección al año 2024 de los registros de 2005, 2007 y 2015 de la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT. La distribución por tipo de vehículo se basa en los datos del registro de 2015, el más reciente disponible. Los porcentajes de distribución se multiplican por el TPDA total para calcular el TPDA específico de cada tipo de vehículo, que se detalla en el Cuadro 2.

Resultado: $TPDA_{total} = 9446 \text{ veh/día}$

Si se desea un mayor nivel de detalle al considerar un día específico de la semana o un horario particular para cierres, se pueden utilizar los factores diarios y horarios disponibles en el Anuario de Tránsito 2019 (MOPT, 2020).

Paso 2. La longitud total afectada por trabajos se determinó como la distancia recorrida en la sección de control establecida por el MOPT, que en este caso corresponde a la sección 40522.

Resultado: $L_t = 18 \text{ km}$

Paso 3. Para la longitud normal sin desvío, se estableció como punto de partida el cruce de Pital y como punto de llegada el cruce de la ruta 4 con la ruta 32 (ver Figura 1).

Resultado: $L_n = 69,5 \text{ km}$

Paso 4. La longitud de desvío se estableció utilizando la ruta alterna adecuada para tránsito de vehículos pesados. Esta también inicia en el cruce de Pital, pero sigue el recorrido por Ciudad Quesada – Naranjo – San José, hasta llegar al cruce de la ruta 32 con la ruta 4 (ver Figura 2).

Resultado: $L_d = 163 \text{ km}$

Paso 5. La velocidad normal del vehículo en la ruta original sin desvío se obtuvo como la velocidad promedio de esa ruta, basada en la capa de la red vial nacional de Costa Rica a escala 1:5000.

Resultado: $V_n = 80 \text{ km/h}$

Paso 6. Para la velocidad de circulación en la zona de trabajo, se utilizó la velocidad máxima permitida en zonas de trabajo en Costa Rica, según lo que se suele observar en sitio.

Resultado: $V_t = 30 \text{ km/h}$

Paso 7. La velocidad del vehículo en el desvío se calculó bajo la expectativa de congestión en la ruta alterna. Se asignó una velocidad de operación utilizando el límite de nivel de servicio E según manual de Diseño de SIECA. Alternativamente, se podría utilizar la velocidad promedio o ponderada en las rutas nacionales que componen el desvío, lo que daría un resultado menos conservador.

Resultado: $V_d = 40 \text{ km/h}$

Paso 8. A partir de la tabla de costos de operación por cada 1000 km, se calculó el costo unitario operativo de un vehículo (VOC_u) por kilómetro.

Resultado: VOC_u según tipo de vehículo y velocidad de operación, disponible en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Distribución del Tránsito Promedio Diario según el tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Vehículo liviano	Carga Liviana	Bus	Carga pesada 2 ejes	Carga pesada 3 ejes	Carga pesada 4, 5 y 6 ejes
Porcentaje	54,88 %	21,6 %	3,23 %	8,68 %	2,64 %	8,97 %
TPDA	5184	2040	305	820	249	847

Fuente: MOPT, 2024

Costos para el usuario por cierres totales o parciales en puentes

Figura 1. Trayecto de la longitud normal sin desvío



Paso 9. Cálculo del costo operativo de vehículos en un cierre parcial ($COV_{parcial}$). A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo para vehículos livianos.

$$COV_{parcial} = \left[9446 \frac{veh}{día} \cdot 54,88\% \right] \cdot \left[107,76 \frac{\$}{km} \right] \cdot \left([18 km] - \left[\frac{30 km}{h} \right] \cdot [18 km] \right) = \$ 6 284 731/día$$

Resultado: $COV_{parcial}$ según el tipo de vehículo en el Cuadro 4.

Paso 10. Cálculo del costo operativo de vehículos en un cierre total (COV_{total}). A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo para vehículos livianos.

$$COV_{total} = \left[9446 \frac{veh}{día} \cdot 54,88\% \right] \cdot \left[90,16 \frac{\$}{km} \right] \cdot \left([163 km] - \left[\frac{40 km}{h} \right] \cdot [69,5 km] \right) = \$ 59 944 795/día$$

Resultado: COV_{total} según el tipo de vehículo en el Cuadro 4.

Paso 11. Los datos de costos unitarios por traslado (VTT_u), provenientes del Informe Actualización Valor del Tiempo (MOPT, 2018), se actualizaron utilizando los salarios promedio suministrados por la Encuesta Nacional de Hogares (INEC, 2023) y los salarios mínimos establecidos por el Ministerio de Trabajo (MTSS, 2024). Adicionalmente, este costo considera la ocupación promedio de cada tipo de vehículo, lo que explica el elevado costo unitario de los buses. El valor de ocupación promedio por tipo de vehículo no fue actualizado con respecto a lo indicado en el Informe Actualización Valor del Tiempo (MOPT, 2018).

Resultado: VTT_u según tipo de vehículo en el Cuadro 5.

Figura 2. Trayecto de la longitud de desvío



Costos para el usuario por cierres totales o parciales en puentes

Paso 12. Cálculo del costo de tiempo de retraso en un cierre parcial ($CTT_{parcial}$). A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo para vehículos livianos.

$$CTT_{parcial} = \left[9446 \frac{veh}{día} \cdot 54,88\% \right] \cdot \left[5361,3 \frac{€}{h} \cdot \left(\frac{[18 km]}{[30 \frac{km}{h}]} - \frac{[18 km]}{[80 \frac{km}{h}]} \right) \right] = €10 422 347/día$$

Resultado: $CTT_{parcial}$ según el tipo de vehículo en el Cuadro 7.

Paso 13. Cálculo del costo de tiempo de retraso en un cierre total (CTT_{total}). A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo para vehículos livianos.

$$CTT_{total} = \left[9446 \frac{veh}{día} \cdot 54,88\% \right] \cdot \left[5361,3 \frac{€}{h} \cdot \left(\frac{[163 km]}{[40 \frac{km}{h}]} - \frac{[69,5 km]}{[80 \frac{km}{h}]} \right) \right] = €89 111 065/día$$

Resultado: CTT_{total} según el tipo de vehículo en el Cuadro 6.

Paso 14. Cálculo de costos de los usuarios por día de cierre parcial del puente sobre el río Sarapiquí:

$$C_{usuarios,parcial} = COV_{parcial} + CTT_{parcial}$$

$$C_{usuarios,parcial} = €14 643 067 + €21 169 729 = €35 812 796/día$$

Cálculo de costos de los usuarios por día de cierre total del puente sobre el río Sarapiquí:

$$C_{usuarios,total} = COV_{total} + CTT_{total}$$

$$C_{usuarios,total} = €135 030 916 + €181 001 179 = €316 032 095,56/día$$

Paso 15.1. Como se mencionó al inicio, el primer escenario contempla 2 días de cierre total y 5 días de cierre parcial (con paso regulado) debido a una restitución del paso por emergencia. Multiplicando los costos diarios obtenidos en el paso anterior por el número de días de cada cierre, se obtiene el costo total para los usuarios en esta alternativa de intervención.

Resultado: Ver Cuadro 7.

Paso 15.2. En el segundo escenario, se plantea un cierre total de 7 días para la rehabilitación del puente. De manera similar al primer escenario, el cálculo del costo total para los usuarios se realiza multiplicando los costos diarios al usuario por el número de días de cierre del puente.

5. Comparación de resultados

Para el Puente sobre el río Sarapiquí, se observa que los costos para los usuarios disminuyen a medida que se reduce la duración del cierre total. Un cierre total de 7 días implica un costo aproximadamente 2,7 veces mayor con respecto a cerrar el puente por 2 días y mantener el paso regulado por 5 días. Esto subraya la importancia de que la Administración planifique cuidadosamente la intervención más adecuada, integrando en la evaluación económica tanto los costos de la obra (ya sea rehabilitación o sustitución del puente) como los costos que deberán asumir los usuarios.

Cuadro 3. Costo operativo unitario por kilómetro según el tipo de vehículo, para la velocidad de circulación en la zona de trabajo (30 km/h) y la velocidad normal en el desvío (40 km/h) de este caso en estudio

Velocidad (Km/h)	Vehículo liviano	Carga Liviana	Bus	Carga pesada 2 ejes	Carga pesada 3 ejes	Carga pesada 4, 5 y ejes
30	¢ 107,76	¢ 150,56	¢ 201,06	¢ 165,56	¢ 210,22	¢ 219,84
40	¢ 90,16	¢ 111,19	¢ 167,74	¢ 132,31	¢ 176,69	¢ 182,79

Fuente: MOPT, 2010.

Modificado para reflejar el costo por kilómetro por: Unidad de Puentes, 2024.

Cuadro 4. Costos de tiempo de traslado por día debido a cierre parcial y total, para cada tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Costos operativos de vehículos por cierre parcial COV _{parcial} (¢ / día)	Costos operativos de vehículos por cierre total COV _{total} (¢ / día)
Vehículo liviano	6 284 731	59 944 795
Carga Liviana	3 455 831	29 094 696
Bus	690 121	6 563 680
Carga pesada 2 ejes	1 527 096	13 913 422
Carga pesada 3 ejes	589 772	5 650 812
Carga pesada 4, 5 y 6 ejes	2 095 516	19 863 511
Total	14 643 067	135 030 916

Cuadro 5. Costos unitarios por tiempo de traslado actualizados

Tipo de vehículo	Costos unitarios por traslado (¢ / hora)
Vehículo Liviano	5 361,3
Carga Liviana	3 904,5
Bus	52 680,8
Carga pesada 2 ejes	2 807,4
Carga pesada 3 ejes	2 067,7
Carga pesada de 4, 5 y 6 ejes	2 127,4

Fuente: MOPT, 2018

Modificado por: Unidad de Puentes, 2024

Por otro lado, si se incorporan factores de multiplicación omitidos en la metodología, como el de pendiente y el de tipo de superficie, los costos para el usuario por cierre total podrían ser aún mayores, como es el caso de la ruta alterna presentada en este ejemplo, que presenta fuertes pendientes.

Aunque no forma parte del alcance de este análisis, es importante señalar que un cierre total reduce el flujo de clientes hacia los comercios locales, lo que afecta negativamente las ventas. Por lo tanto, el impacto económico en las áreas circundantes también es significativo.

Una alternativa para mitigar los costos asociados con un cierre total, como en el caso de una sustitución de un puente, sería la construcción de un puente temporal paralelo al existente. Esto permitiría mantener el flujo vehicular durante las obras y evitar el cierre completo de la ruta. Aunque esta opción representa un costo directo más alto para la Administración, su construcción, en algunos casos, podría tener un costo comparable al que los usuarios asumirían por cierres de emergencia, provocados por la falta de mantenimiento preventivo. Planificar la instalación de un puente temporal como parte de un proyecto de intervención de un puente permanente, cuando sea factible desde el punto de vista ingenieril, podría reducir tanto los costos para los usuarios como los costos de logísticos de la intervención. Esto se lograría, principalmente, al minimizar el impacto económico en los usuarios y los comercios locales.

Cuadro 6. Costos de tiempo de traslado por día, para cada tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Costos de tiempo de traslado de vehículos por cierre parcial CTT (¢ / día)	Costos de tiempo de traslado de vehículos por cierre total CTT (¢ / día)
Vehículo liviano	10 422 347	89 111 065
Carga Liviana	2 987 415	25 542 397
Bus	6 027 453	51 534 725
Carga pesada 2 ejes	863 190	7 380 274
Carga pesada 3 ejes	193 366	1 653 276
Carga pesada 4, 5 y 6 ejes	675 958	5 779 443
Total	21 169 729	181 001 179

Cuadro 7. Costo total para el usuario con 2 días de cierre total y 5 días de cierre parcial

Tipo de intervención	Restitución del paso por emergencia (Cierre Total)	Restitución del paso por emergencia (Cierre Parcial)
Costo del usuario por día (¢ / día)	¢316 032 095	¢ 35 812 796
Días de trabajos o cierre	2	5
Costo del usuario total	¢ 632 064 191 + ¢ 179 063 982 = ¢ 811 128 173	

Cuadro 8. Costo total para el usuario con 7 días de cierre total

Tipo de intervención	Rehabilitación (Cierre Total)	Rehabilitación (Cierre Parcial)
Costo del usuario por día (¢ / día)	¢316 032 095	¢ 35 812 796
Días de trabajos o cierre	7	0
Costo del usuario total	¢2 212 224 669 + ¢ 0 = ¢ 2 212 224 669	

6. Conclusiones

El cierre parcial para la rehabilitación de un puente, para un caso hipotético, genera costos considerablemente más bajos para los usuarios que el cierre total. Esto subraya el fuerte impacto económico que un cierre total de un puente tiene sobre los usuarios de la ruta a la que este pertenece. A lo anterior se le debe sumar la afectación al sector productivo de la zona. Una opción viable para evitar un cierre total podría ser la construcción de un puente temporal paralelo al existente, como por ejemplo un puente modular tipo Bailey.

Aunque la metodología empleada presenta limitaciones, complementa otras herramientas como el análisis de ciclo de vida, proporcionando una visión más amplia del costo global en proyectos de intervención de puentes, al considerar variables sociales.

La evaluación de los costos de los usuarios, como se determinó para el caso hipotético del puente sobre el río Sarapiquí, resalta la importancia de utilizar enfoques estratégicos y de considerar distintos escenarios de intervención en el cálculo de los costos de estas labores. Esto permitiría minimizar las afectaciones por cierres de emergencia, dado el potencial impacto económico sobre los usuarios de las vías.

Es fundamental utilizar bases de datos actualizadas y considerar factores de ajuste para los costos operativos unitarios. También, se recomienda la aplicación de factores horarios y diarios en el cálculo del TPD, lo que además permitiría planificar los cierres en los días y horarios con menor tráfico. Estos aspectos son esenciales para mejorar la precisión de los resultados de costos para el usuario en futuros estudios.

7. Referencias

1. Araya-Con, M., Villalobos-Vega, E. (2020). *Asesoría al CONAVI para el denominado "Programa de intervención de puentes en estado deficiente" Parte 2. LM-PIE-UP-A01-2020*. San José, Costa Rica: Programa de Ingeniería Estructural (PIE), LanammeUCR. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2117>
2. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *Encuesta Nacional de Hogares*. Recuperado de: <https://inec.cr/estadisticas-fuentes/encuestas/encuesta-nacional-hogares>
3. Google. (s.f.). [Pital, Provincia de Alajuela – Carretera Braulio Carrillo, Limón, Guápiles]. Recuperado el 15 de junio de 2024 de: <https://maps.app.goo.gl/NGYt1zwSAtrKf6vw8>
4. Google. (s.f.). [Pital, Provincia de Alajuela – Naranjo, Provincia de Alajuela – Carretera Braulio Carrillo, Limón, Guápiles]. Recuperado el 15 de junio de 2024 de: <https://maps.app.goo.gl/GSURB4vKTuoxPtwf8>
5. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS). (2024). *Lista de salarios mínimos*. Recuperado de: <https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>
6. MOPT. (2010). *Costos operativos de vehículos*. Documento Microsoft Excel elaborado por Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
7. MOPT. (2018). *Informe actualización valor del tiempo*. Publicación MOPT-01-0601-009-2018. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
8. MOPT. (2020). *Anuario de información de tránsito 2019*. Publicación MOPT-01-06-21-001-2020. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
9. MOPT. (2024). *Transito Promedio Diario Anual (TPDA)*. Sección 40522, estación 158. Recuperado de: <https://tpda.mopt.go.cr/transito/tpd.php>

10. MOPT. (2024). *Red vial nacional de Costa Rica a escala 1:5000 (capa oficial)*. Segunda edición, Recuperado de: https://www.snitcr.go.cr/Metadatos/full_metadata2?k=Y2FwYTo6U2VjcmV0YXIIQz-MIQRhK2RIK1BsYW5pZmljYWNPJUMzJUIzbitTZWN0b3JpYWw6OIJWTI9NT1BUJTNBUIZOX-01PUFQ=
11. Rodríguez-Bardía, F.J., Vargas-Alas, L.G., Trejos-Villalobos, J. (2023). *Informe Técnico Calificación de la condición y programa de intervención de 1927 puentes de la red vial nacional*. EIC-Lanamme-INF-1412-2023. San José. Costa Rica: Programa de Ingeniería Estructural (PIE), LanammeUCR. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2530>
12. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2017). *Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).
13. Oviedo-Campos, A., Vargas-Alas, L.G., Trejos-Villalobos, J. (2024). *Informe de inspección especial del puente sobre el río Tempisque, en Ruta Nacional n.º 21*. EIC-Lanamme-INF-0587-2024. San José. Costa Rica: Programa de Ingeniería Estructural (PIE), LanammeUCR. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2859>

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



Revisor:

- Ing. Julian Trejos Villalobos
Coordinador a.i del Programa de Ingeniería Estructural

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación: MSc. Daniela Martínez Ortiz.

Control de calidad: Óscar Rodríguez Quintana.

Costos para el usuario por cierres totales o parciales en puentes.

Palabras clave: Puentes, Costos, Cierre, Usuario.

☎ (506) 2511- 2500

✉ direccion.lanamme@ucr.ac.cr • www.lanamme.ucr.ac.cr