ICCYC
INSTITUTO COSTARRICENSE
DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

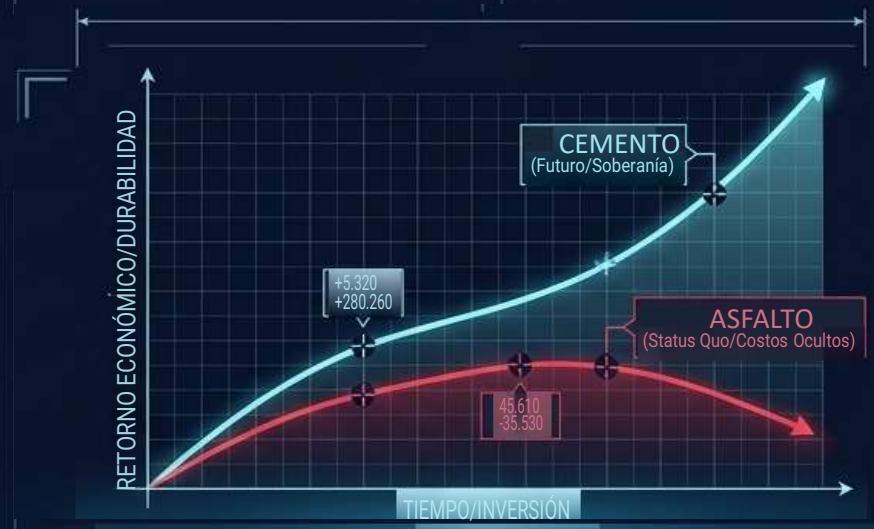
Foro: Infraestructura con valor

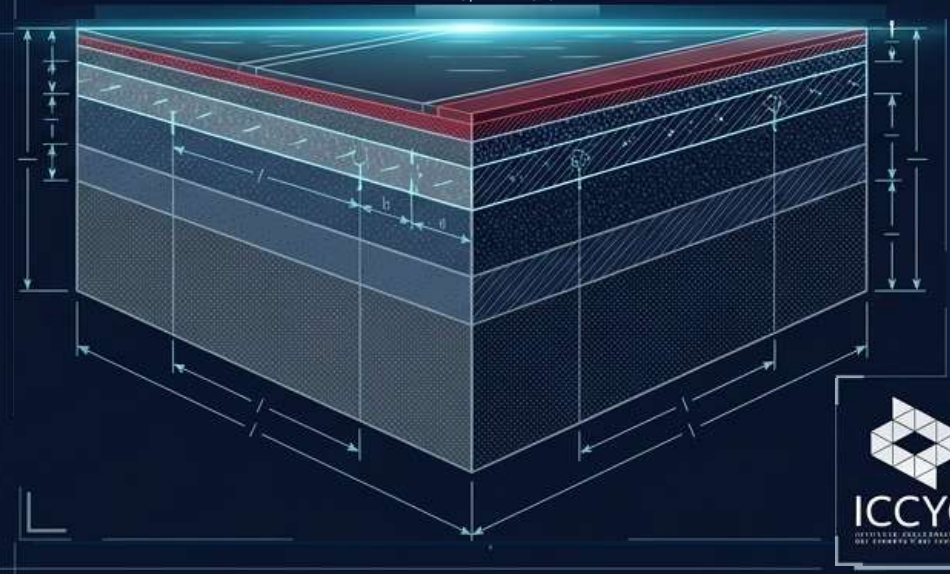


RADIOGRAFÍA DE INFRAESTRUCTURA: CEMENTO VS. ASFALTO

Estudio técnico y socioeconómico para el entendimiento de la cadena de valor en la Ruta Nacional 1 (Barranca-Limonal).

Autores: Dennis Meléndez Howell, Daniel Ortiz, Marlon Yong Chacón
Elaborado para: Asociación Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC)
Fecha: Marzo 2026
Clasificación: CONFIDENCIAL / ESTRATÉGICO





ICCYC

Gemini Notebook

Dennis Meléndez

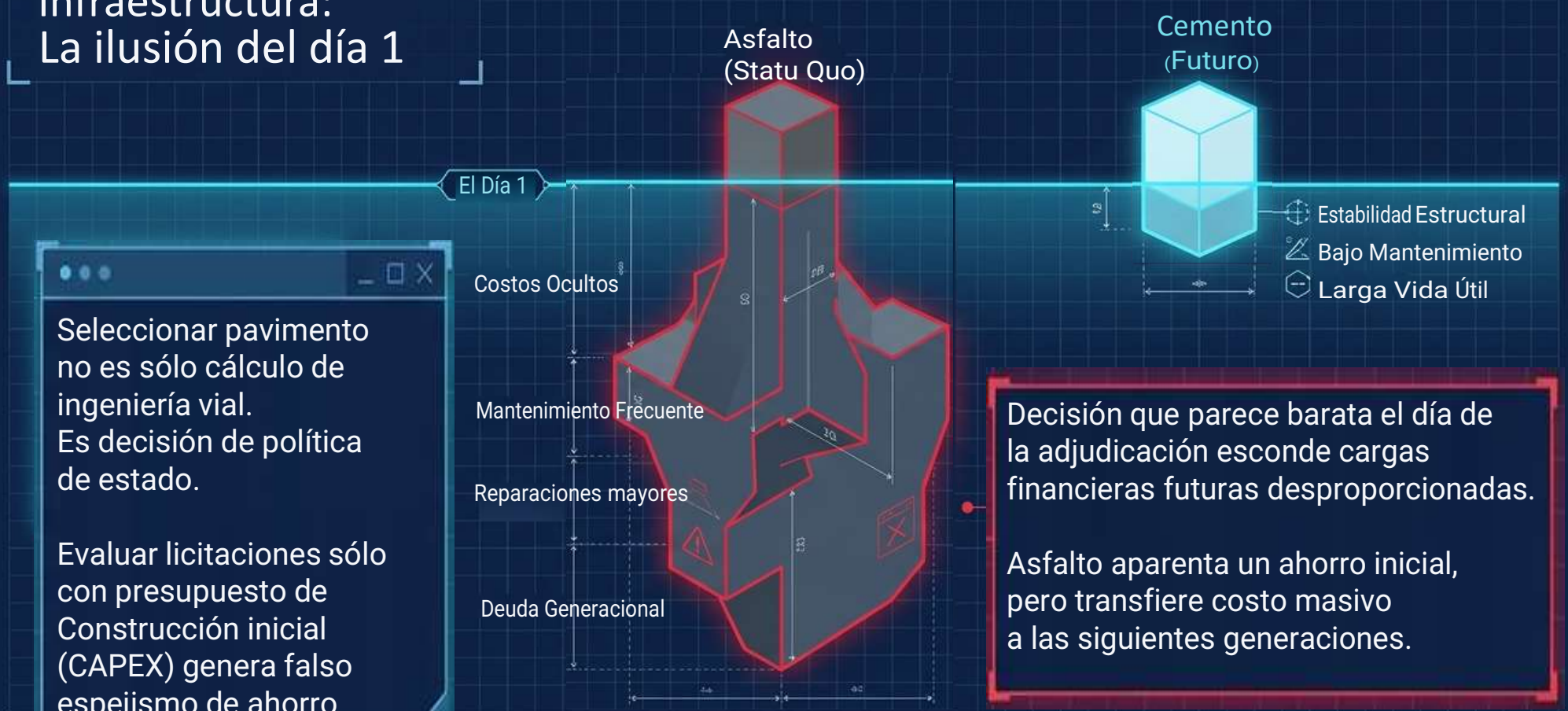
Costo de construcción vrs. ciclo de vida

Inversión inicial, mantenimiento, valor presente y sensibilidad

Asociación Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) | Proyecto RN-01-EST-2026.

Gemini Notebook

Dilema de la Infraestructura: La ilusión del día 1



Seleccionar pavimento no es sólo cálculo de ingeniería vial.
Es decisión de política de estado.

Evaluar licitaciones sólo con presupuesto de Construcción inicial (CAPEX) genera falso espejismo de ahorro

Decisión que parece barata el día de la adjudicación esconde cargas financieras futuras desproporcionadas.

Asfalto aparenta un ahorro inicial, pero transfiere costo masivo a las siguientes generaciones.

Gemini Notebook

Objetivos: Más Allá de la Ingeniería Civil

Objetivo General:

Determinar la tecnología de pavimentación que maximiza el bienestar social, la eficiencia fiscal y la sostenibilidad ambiental en Costa Rica

Dimensión Económica y Social

Calcular el efecto multiplicador en la producción y empleo mediante modelos de insumo producto (cadenas de valor)

Dimensión Ambiental

Cuantificar la deuda ambiental inicial frente al ahorro operativo por eficiencia de rodamiento (Huella de carbono a largo plazo)

Dimensión Fiscal y Financiera

Comparar el desempeño a 20 años mediante ecuaciones de costo de ciclo de vida (CCV), superando la visión del gasto inicial

Gemini Notebook

El Sonar Metodológico: 3 Capas de Análisis



Gemini Notebook


Peso Real de Mantenimiento Vial a 20 Años (ACCV)
Panel 1 (Ciclo Asfalto)
Recarpeteo Masivo
Recarpeteo Masivo
Recarpeteo Masivo
Recarpeteo Masivo
Recarpeteo Masivo
Construcción
Mantenimiento regular
Mantenimiento regular
Mantenimiento regular
Mantenimiento regular
1
4
8
12
16
20
20 años
Vida útil de 10 a 12 años. Exige recarpeteos masivos.
Costo de mantenimiento a Valor Presente representa 35%
de su costo inicial (₡245 M por cada Km).
Resultado clave
Asfalto es 6 veces más caro de mantener
Condena gasto público en mantenimiento perpetuo.
Sellado de Juntas (Preventivo)
Sellado de Juntas (Preventivo)
Sellado de Juntas (Preventivo)
Sellado de Juntas (Preventivo)
5
10
15
20
25
ASFALTO
CEMENTO
Costos Ocultos:
Reparaciones Frecuentes
Impacto Vehicular
Interrupción de Servicio
Sobrecostos a Futuro
Costos Ocultos:
Mínimo Mantenimiento
Sellado de Juntas (Preventivo)
Panel 2 (Ciclo Cemento)
Diseñado para 20-30 años
Requiere solo mantenimiento preventivo (sellado de juntas).
Representa apenas 6% de costo Inicial (19,19 M x Km)
ACCV: Análisis del Costo de Ciclo de Vida

Comparación de las ofertas de 2019 actualizadas a valores de 2025

Inversión inicial por oferente y tecnología (millones de colones)

Oferta 1

Oferente original del concurso de 2019	
Oferta en asfalto (actualizada 2025)	₡177.133,6 M
Oferta en cemento (actualizada 2025)	₡181.641,8 M

Diferencia inicial: 2,5%

Oferta 2

Oferente original del concurso de 2019	
Oferta en asfalto (actualizada 2025)	₡141.531,5 M
Oferta en cemento (actualizada 2025)	₡146.716,7 M

Diferencia inicial: 3,7%

» **Conclusión:** En las ofertas de 2019 actualizadas a valores de 2025, la diferencia de inversión inicial entre asfalto y cemento es relativamente reducida: aproximadamente 2,5% para la Oferta 1 y 3,7% para la Oferta 2.

Fuente: Estudio original, capítulo 4, tablas 4.2, 4.3 y 4.4. Actualización con factor 1,435 y tipo de cambio de ₡500 por dólar.

Evolución del costo contractual entre 2020 y 2025

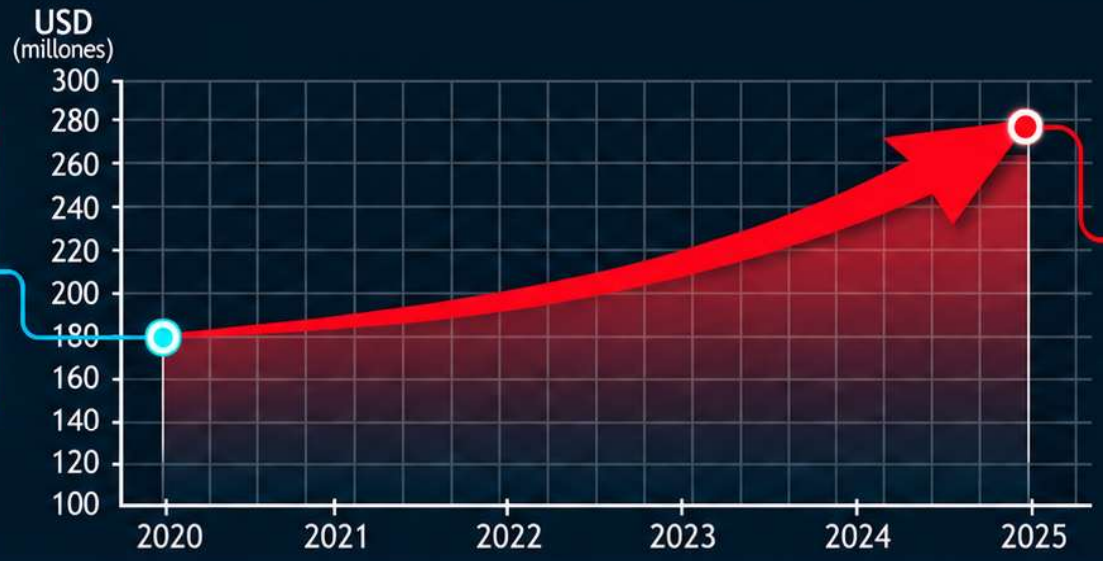
Ruta Nacional 1 • Comparación de la recomendación de adjudicación y los contratos refrendados

Recomendación de adjudicación (2020)

USD 182.578.060

(Empresa inicialmente recomendada)

Acta 02-2020



Contratos refrendados (CGR, 2025)

USD 276.553.773

(Dividido en Partida 1 y Partida 2)

Incremento presupuestario:

+51,5%

(USD 93.975.713)

Interpretación: Diferencia entre la recomendación de adjudicación de 2020 y los contratos refrendados en 2025. Entre los factores señalados por el estudio figuran la actualización de precios internacionales post-pandemia (factor IPIC 1,435) y la reorganización contractual en dos partidas.

Fuente: Estudio entregado, tabla 3.11 (p. 91). Monto 2020: USD 182.578.060,79; monto 2025: USD 276.553.773,20. Incremento: 51,47% (redondeado a 51,5%).

Ruta Nacional 1 — **Asfalto adjudicado frente a cemento simulado**

Millones de colones, salvo indicación contraria

Indicador	**Asfalto** (adjudicación 2025)	**Cemento** (alternativa simulada)
Inversión inicial	₡138.277 M	₡159.018 M
Empleos totales	2.765	4.611
Valor agregado nacional	73,75%	89,50%
CO_2 a 20 años	≈1,13 millones TM	≈199.000 TM
Mantenimiento a 20 años (VP)	₡48.397 M	₡9.541 M
Costo total a 20 años	**₡186.674 M**	**₡168.560 M**

Conclusión principal: Bajo los supuestos del estudio, la alternativa de cemento, aunque requiere una inversión inicial mayor, presenta un costo total estimado a 20 años inferior en aproximadamente **₡18.114 millones (9,7%)** al del asfalto.

Fuente: Estudio entregado, capítulos 5 y 6. Cifras de inversión y mantenimiento basadas en las secciones 5.4 y 5.5; emisiones acumuladas según sección 5.5.4. Alternativa de cemento simulada con una prima inicial del 15%.

Valor social neto: ejercicio normalizado de inversión y ahorro de combustible

Comparación asfalto vs. cemento • Ruta Nacional 1 • Millones de colones (valor presente a 20 años)



N.º	Categoría	Asfalto	Cemento
1	Inversión inicial (Capex)	₡1.000 M	₡1.250 M (prima inicial del 25%)
2	Mantenimiento (VP 20 años)	₡244,58 M	₡19,19 M (ahorro: ₡225,39 M)
3	Beneficio social (ahorro combustible)	₡0	₡4.318,08 M
	Valor social neto (VSN)	**₡0**	**₡4.293,47 M**

Supuestos del ahorro de combustible

Gasto anual en combustible (Ruta 1)	₡15.000 M
Ahorro estimado	3%
Ahorro anual	₡450 M
Horizonte de evaluación	20 años
Tasa de descuento social	8,31%
Valor presente del ahorro	**₡4.318,08 M**

» **Conclusión:** Bajo los supuestos del ejercicio normalizado, la alternativa de cemento presenta un beneficio social neto estimado de **₡4.293,47 millones** respecto del asfalto, principalmente por el ahorro de combustible de los usuarios.

Fuente: Estudio original, capítulo 2, tabla 2.7 (pp. 45–46) y sección 2.4.2 (p. 62). Ahorro anual estimado: ₡450 millones, horizonte de 20 años y tasa de descuento del 8,31%.

Daniel Ortiz

Impacto económico y social

Valor agregado, empleo, encadenamientos y límites

Asociación Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) | Proyecto RN-01-EST-2026.

Gemini Notebook

El Motor Económico: Matriz Leontief y Ajuste RAS

Matriz Leontief: El Efecto Multiplicador



$$(I - A)^{-1} \Delta y$$

- **Δy:** Inversión pública en la carretera (vector de demanda final).
- **$(I - A)^{-1}$:** Matriz inversa de coeficientes directos e indirectos. Mide el efecto multiplicador sobre la producción nacional.

Actualización a 2025: Método RAS

Método RAS: método de ajuste biproporcional de matrices para actualizar la MIP 2022 a la estructura económica estimada para 2025.

$$A_1 = r A_0 s$$

- **r: factores de ajuste por filas.** Ajustan las ventas de insumos de cada sector (estructura de oferta).
- **s: factores de ajuste por columnas.** Ajustan la estructura de insumos que utiliza cada sector (estructura de demanda de insumos).

Resumen: La matriz Leontief cuantifica el efecto multiplicador de una inversión, y el método RAS actualiza la matriz insumo-producto (MIP) para reflejar la estructura productiva de 2025 mediante factores de ajuste por filas (r) y columnas (s).

¿Cuánto de la inversión vial genera riqueza en Costa Rica?

Valor Agregado Nacional (VAN) de la inversión en la carretera

Cemento (rígido)

89,50%

del valor de la inversión se genera en Costa Rica.

Por cada ₡1.000 millones invertidos:

₡895 millones

de valor agregado nacional.

Diferencia a favor del cemento

₡157,5 millones

más de valor agregado en Costa Rica por cada ₡1.000 millones invertidos.

Asfalto (flexible)

73,75%

del valor de la inversión se genera en Costa Rica.

Por cada ₡1.000 millones invertidos:

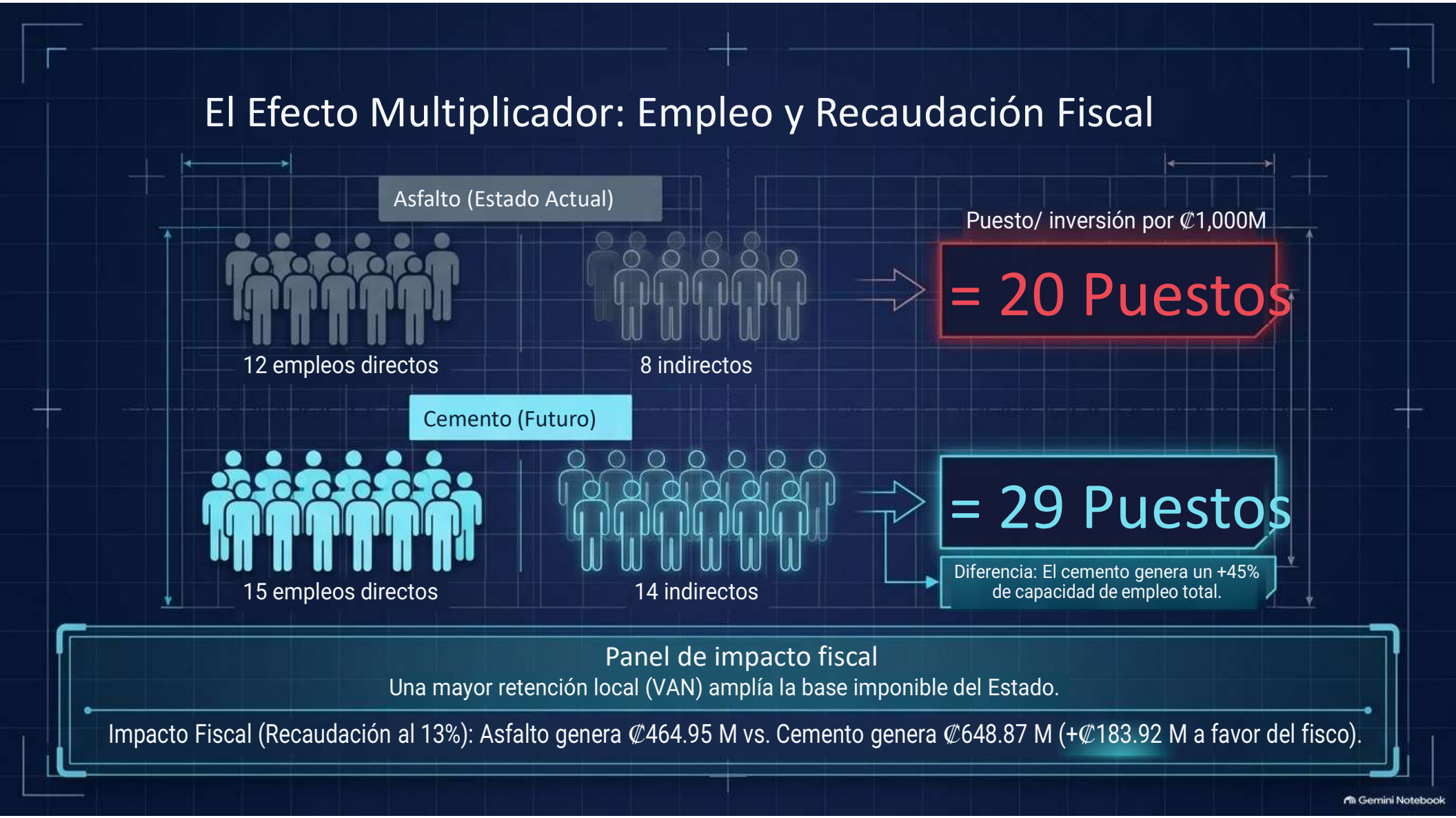
₡737,5 millones

de valor agregado nacional.

Conclusión: Por cada ₡1.000 millones de inversión, la alternativa de cemento genera ₡157,5 millones adicionales de valor agregado en la economía costarricense.

Fuente: Estudio, capítulo 1. Coeficientes de Valor Agregado Nacional (VAN): cemento 89,50% y asfalto 73,75%.

El Efecto Multiplicador: Empleo y Recaudación Fiscal



Panel de impacto fiscal

Una mayor retención local (VAN) amplía la base imponible del Estado.

Impacto Fiscal (Recaudación al 13%): Asfalto genera ₡464.95 M vs. Cemento genera ₡648.87 M (+₡183.92 M a favor del fisco).

Gemini Notebook

Desarrollo Local y Municipal: La Oportunidad Perdida





Ley N° 9829.

Una carga tributaria exclusiva del 5% sobre la venta de cemento destinada al financiamiento y desarrollo de las municipalidades.

El asfalto no cuenta con un tributo equivalente.

Realidad de 2025

Al adjudicarse la Ruta 1 en asfalto, las municipalidades de Puntarenas y Guanacaste dejaron de percibir más de ₡2,647 millones en recaudación directa inmediata.

Impacto estandarizado:

₡35 millones en inyección local comunal por cada ₡1,000M invertidos.

Gemini Notebook

Impacto Directo en la Seguridad Social y Empleo (2025)

Empleo Total Generado - Simulación BCCR



Adjudicación Actual (Asfalto): 2,765 puestos directos e indirectos. Alternativa Descartada (Cemento): 4,611 puestos.

Pérdida: El país renunció a casi 2,000 empleos en Puntarenas y Guanacaste.

Fortalecimiento de la CCSS



La opción de cemento habría generado un +50.2% de cuotas obrero-patronales adicionales.

Impacto: Reducción de la carga en asistencia social mediante la formalización de mano de obra intensiva.

Gemini Notebook

Soberanía Energética y Resiliencia Macroeconómica

Vulnerabilidad (Asfalto)



Alta dependencia de insumos importados (bitumen). Expone las finanzas del Estado a choques geopolíticos, volatilidad del precio del barril de petróleo crudo y fluctuaciones del tipo de cambio.

Resiliencia (Cemento)



Utiliza un 95% de insumos de origen nacional (caliza) procesados con energía eléctrica nacional y renovable.

Impacto País

Minimiza la salida de divisas y garantiza que el presupuesto de infraestructura actúe como un escudo protector de la economía local frente a crisis globales.

Gemini Notebook

Marlon Yong

Sostenibilidad y operación

Emisiones, rodamiento, combustible y supuestos

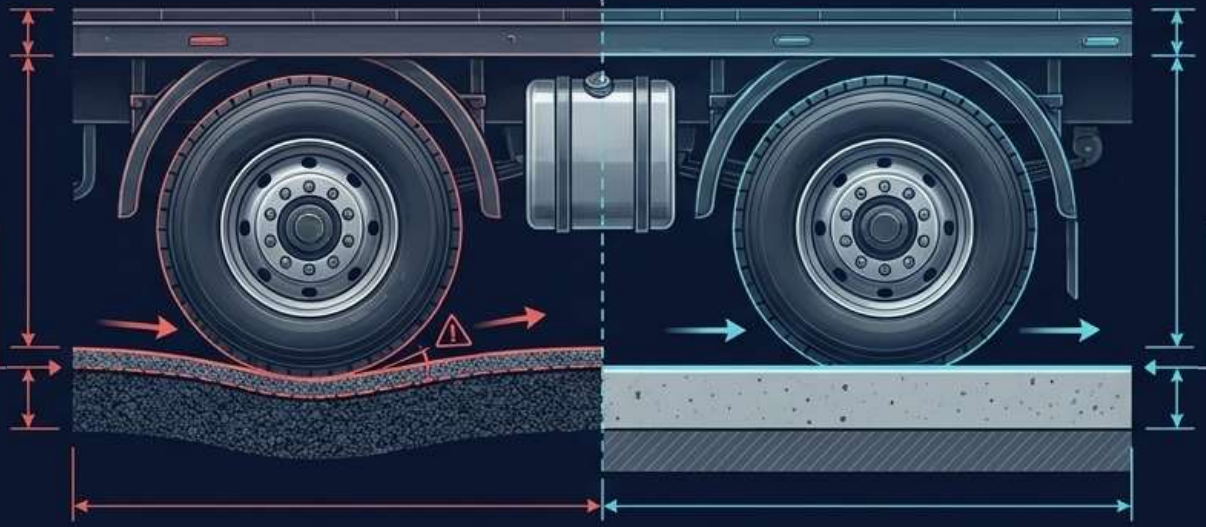
Asociación Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) | Proyecto RN-01-EST-2026.

Gemini Notebook

Capítulo 2: La Física de la Deflexión y Resistencia al Rodamiento

Panel 1 (El Problema del Asfalto)

Panel 2 (La Solución Rígida)



VALIDACIÓN TÉCNISA

En el asfalto flexible, el furgón pesado sufre deflexión (se "hunde" microscópicamente). El vehículo debe subir constantemente una pendiente creada por su propio peso, aumentando el esfuerzo del motor y la quema de diésel.

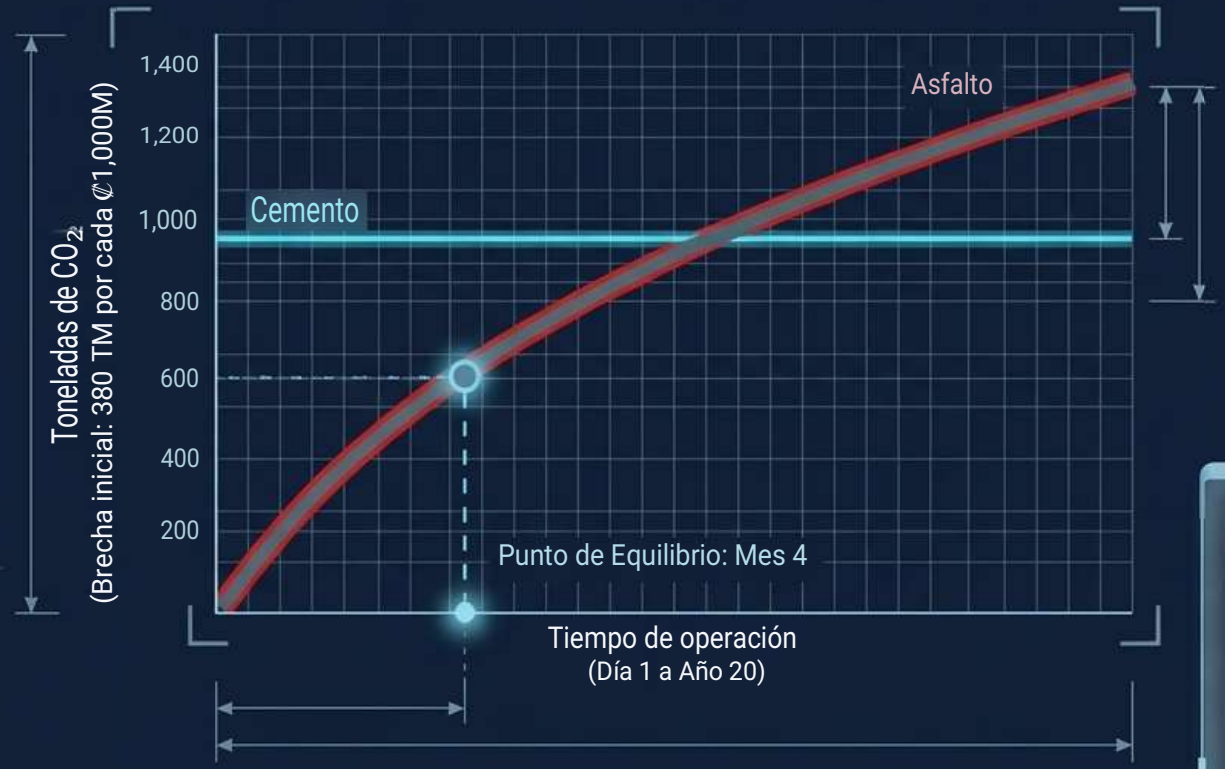
VALIDACIÓN TÉCNICA

El pavimento de concreto posee un módulo de elasticidad elevado. Las losas no se deforman. El flujo es continuo y sin fricción excesiva.

Los vehículos pesados ahorran entre 1% y 6% de combustible en superficies de cemento. En la Ruta 1 (15,000 vehículos/día), esto evita la emisión de 1,150 toneladas de CO_2 anuales.

Gemini Notebook

La Paradoja Ambiental:
La Curva de Equilibrio de Carbono

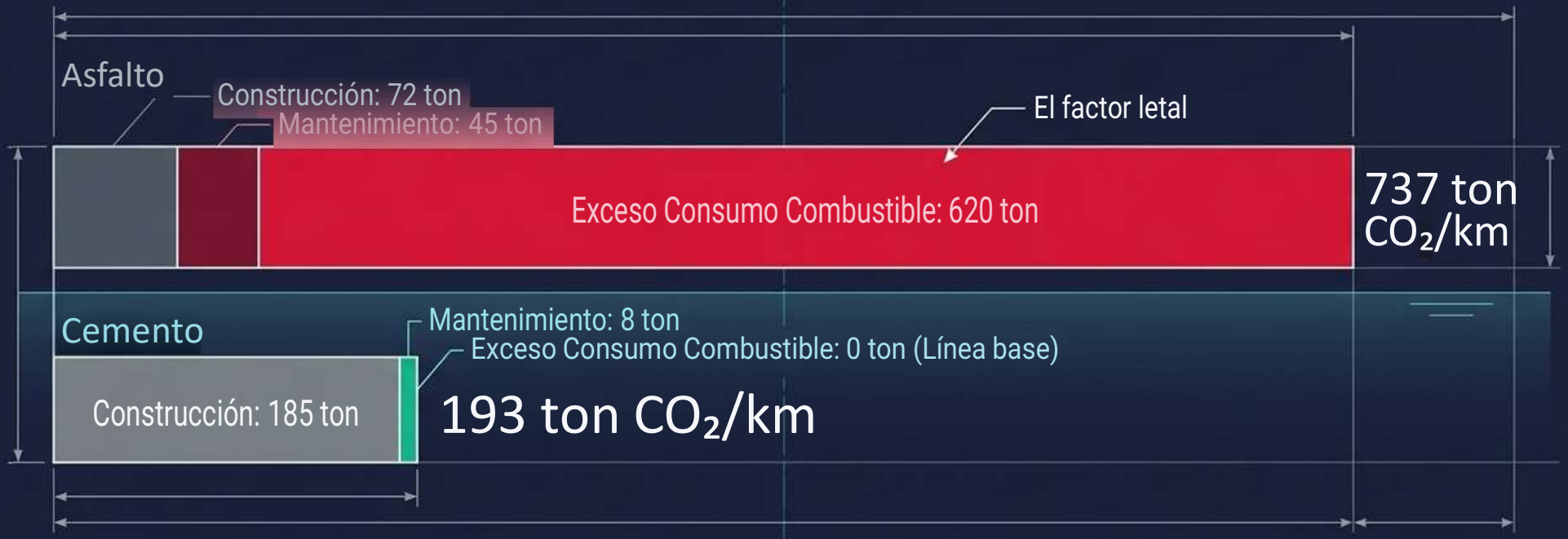


El Pecado Inicial vs.
La Durabilidad.

Aunque la clinkerización del cemento genera mayores emisiones en planta (Día 1: 1,070 ton vs 690 ton), la eficiencia logística compensa la totalidad de esta 'deuda' en apenas 4 meses de operación vehicular.

Gemini Notebook

El Veredicto Ambiental a 20 Años



A 20 años, la tecnología de asfalto adjudicada emite 5.7 veces más carbono, alejando irreversiblemente a Costa Rica de sus metas del Plan Nacional de Descarbonización 2050.

Gemini Notebook

El Punto Crítico: Ruta 17 (La Angostura)

Inversión estratégica de ₡5,925 Millones (9.3% de la Partida 1) en 3km que conectan el puerto de Puntarenas.



The Vulnerability

El asfalto sufrirá corrosión acelerada en la subestructura.

Costo de Mantenimiento (Valor Presente)

proyectado en ₡1,963 Millones perdidos solo en este tramo. Una solución rígida habría evitado ₡1,576 Millones en sobrecostos.

Gemini Notebook

Mandatos Estratégicos para la Contratación Pública



Un Cambio de Paradigma

La elección del material no es solo una decisión de ingeniería, sino de política económica nacional.

Elegir asfalto basándose solo en el presupuesto de construcción Día 1 es una decisión incompleta y fiscalmente irresponsable. Costa Rica tiene, en el pavimento rígido, la oportunidad de transformar el gasto público en verdadero bienestar generacional.

Gemini Notebook

EL DESAFÍO PAÍS

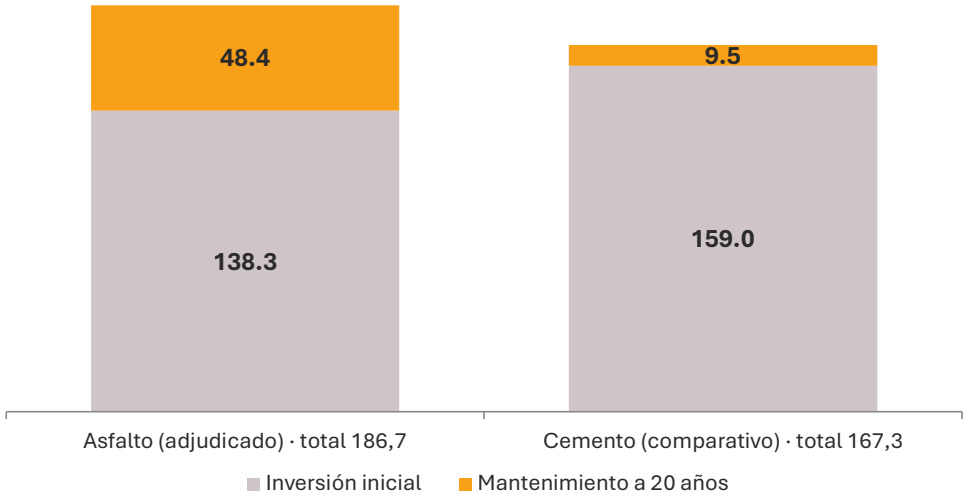
Costa Rica no puede seguir decidiendo sus carreteras mirando únicamente el precio inicial.

El costo de construir es solo el comienzo.



A 20 años, el ahorro inicial del asfalto se diluye

Costo para el Estado en la Ruta 1, Limonal-Barranca, en miles de millones de colones (valor presente, tasa social de 8,31 %)



₡18.114

Millones, el costo de no mirar mas allá de la inversión inicial.

27

Ahorro en mantenimiento: **₡38.856 M**

Sobrecosto inicial (+15 %): **₡20.741 M**

No incluye beneficios para los usuarios, que el estudio estima aparte.

Fuente: Estudio Ruta 1, tablas 5.2 y 5.5.

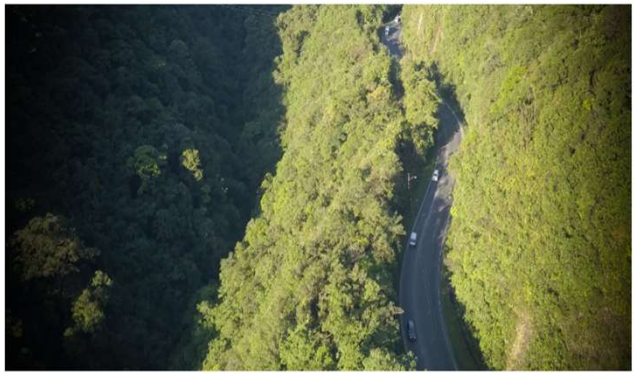
EL COSTO DE OPORTUNIDAD

¿Qué más podría hacer Costa Rica con recursos mejor utilizados?



4.3 veces. Puente sobre el río Tárcoles

Conectividad en la Costanera Sur



3.5 veces. Estabilización de la Ruta 32

Menos vulnerabilidad ante cierres



2.5 veces. Infraestructura vial del Caribe

Mejores conexiones regionales

No es dinero automáticamente disponible: son ejemplos del valor de evitar costos futuros.

UN LLAMADO A LA ACCIÓN

El desafío comienza después de este foro

01

Revisemos cómo evaluamos

Miremos más allá del precio inicial: costo y desempeño a largo plazo.

02

Abramos la discusión técnica

Contrastemos evidencia, supuestos y alternativas comparables.

03

Llevemos la evidencia a las decisiones

Consideremos el ciclo de vida en las futuras inversiones viales.

UNA PREGUNTA PARA COSTA RICA

El desafío no es construir carreteras más baratas.

Es construir carreteras que le cuesten menos al país.

¿Cuánto le costará realmente al país durante toda su vida útil?



ICCYC
INSTITUTO COSTARRICENSE
DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Foro: Infraestructura con valor

