

Diseño de la intervención para la estructura de pavimento flexible en secciones representativas de la red vial cantonal de Curridabat



Abstract

The project aims to recommend the type of design to intervene Curridabat major roads with flexible pavement structure through visual classifications and techniques such as the methodology quality notes Q.

Therefore it began by a visual pathways auscultation, generating the classification by the PCI (Pavement Condition Index) and recommending intervention rate as the value obtained.

A asphalt laboratory was hired to demarche the deflectometry, TPD and calculation of IRI testing, as the results are classified according to their actual condition in order to propose methods of intervention.

For calle Mercedes, being the only route of entry to Tirrases district is one of the busiest so an overlay intervention was designed as short-term, through the method of back calculation modulus. They thickness in order to withstand the loads required in a projection 10 years were proposed

Keywords: Curridabat, PCI, deflectometry, back calculation modulus.

Resumen

El proyecto busca recomendar el tipo de diseño para intervenir las principales vías de Curridabat con estructura de pavimento flexible por medio de clasificaciones visuales y técnicas, como la metodología de notas de calidad Q.

Se empezó mediante una auscultación visual en las vías, con el fin de generar la calificación a partir del índice PCI (Índice de la Condición del Pavimento) y se recomendó una intervención según el valor obtenido.

Se contrató a un laboratorio para que realizara la defletoetría, TPD y el cálculo del IRI. De acuerdo con los resultados, se clasificó según su condición real, para proponer métodos de intervención.

Respecto a la calle Mercedes, al tratarse de la única ruta para ingresar al distrito Tirrases, es una de las más transitadas, por lo que se diseñó una sobrecapa como intervención a corto plazo, por medio del método de retrocálculo de módulos. Se propusieron espesores con el fin de soportar las cargas requeridas a una proyección de 10 años.

Palabras clave: Curridabat, PCI, defletoetría, IRI, retrocálculo de módulos.

Diseño de la intervención para la estructura de pavimento flexible en secciones representativas de la red vial cantonal de Curridabat

ANDRÉS MARTÍN UMAÑA BARRIOS

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Agosto de 2015

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO

Prefacio	1	Clasificación de las vías según su condición estructural y funcional, por el método de notas de calidad Q.....	18
Resumen ejecutivo	2	Retrocálculo de módulos y diseño según AASHTO 93.....	20
Introducción	4	Resultados	22
Objetivo general	5	Auscultación visual	23
Marco teórico	6	Conteo vehicular para el cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD)	27
Auscultación visual.....	6	Clasificación de las vías según su condición estructural y funcional, por el método de notas de calidad Q.....	29
Clasificación técnica de la condición del pavimento	7	Retrocálculo de módulos y diseño según AASHTO 93.....	34
Estrategias generales de intervención recomendadas	10	Análisis de resultados	40
Retrocálculo y diseño de una estructura de pavimento	14	Conclusiones	45
Filosofía del retrocálculo	14	Apéndices	47
Diseño del pavimento metodología AASHTO 93.....	14	Anexos	106
Metodología	15	Referencias bibliográficas	124
Evaluación del índice de condición del pavimento por medio de la auscultación visual	15		
Conteo vehicular para cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD)	17		

Prefacio

Actualmente, el sistema vial nacional se encuentra en un grado de deterioro muy alto, esto ha llevado a que el país genere un gasto excesivo en combustible y mantenimiento de los automotores. Por dicho motivo, se debe buscar un plan de ejecución que, a corto y mediano plazo, solucione el mal estado de las vías, así como realizar una proyección de mantenimiento, con el fin de conservar la funcionalidad y el servicio para el tiempo al que fue diseñado. Lo anterior generaría un mayor confort en los usuarios, menos gastos en combustibles y mantenimiento, junto con un aprovechamiento real y productivo de los fondos públicos.

Para la Municipalidad de Curridabat, retomar y mantener el nivel de las carreteras en su máxima calidad ha sido un tema fundamental en los últimos años, por lo que dicha institución se ha dado a la tarea de generar proyectos con los que puedan lograr ese objetivo. Actualmente, el gobierno local cuenta con una oficina encargada

de este asunto, la Unidad Técnica de Gestión Vial, que por medio de planes quinquenales se ha dado la tarea de dar mantenimiento y conservación a las vías cantonales. Por este motivo, se recomendó el tipo de intervención a realizar en cada una de las vías estudiadas.

El proyecto tiene como fin brindar a la Municipalidad de Curridabat una herramienta para la administración de pavimentos en las calles de mayor tránsito de la red vial cantonal, y así aprovechar sustancialmente los recursos con los que se cuenta.

Finalmente, cabe agradecer al municipio de Curridabat, especialmente a la Unidad Técnica de Gestión Vial, por el respaldo en la toma de datos, colocación del equipo en campo y apoyo técnico brindado; asimismo al LANAMME UCR, por las pruebas efectuadas a lo largo del cantón, y al Dr. Pedro Castro tanto por su tiempo como por las capacitaciones brindadas.

Resumen ejecutivo

Para la municipalidad de Curridabat, se dio la necesidad de la generación de una herramienta para la administración de los pavimentos flexibles, por lo cual se empezó generándolo a partir de diversos estudios y pruebas en campo para algunas de las vías más importantes.

Con el fin de realizar la herramienta su objetivo principal fue “Plantear soluciones de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción a la estructura de pavimento flexible para algunas vías representativas cantonales de Curridabat, basándose en la condición estructural y de servicio actual”. Así como de los objetivos específicos, por medio del cálculo del PCI calificar estas vías, utilizando el método de las notas de calidad Q se buscó clasificar su condición y por último el diseño de una sobre capa para la calle Mercedes.

Por medio de la auscultación visual se desarrolló el cálculo del PCI, el cual esta normado por la ASTM-D6433. Se calcularon las unidades de muestra a inspeccionar así como la medición de fallas y su gravedad a lo largo de las unidades analizadas, se calculó el porcentaje (%) de bombeo presente además la calidad del sistema de drenaje superficial. Luego de ciertos cálculos con el fin de obtener el valor deducido (VD) y el valor deducido corregido (VDC) se obtuvo el índice del PCI.

A inicios del 2015, la municipalidad de Curridabat firmó un convenio con el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) con el fin de que dicho laboratorio se encargara de realizar las pruebas de deflectometría de impacto y el cálculo del IRI a lo largo del cantón. Para la primera etapa, se realizaron en las 14 vías seleccionadas por su priorización, también se realizó el préstamo de un

contador MetroCount 5600 para calcular el Tránsito Promedio Diario (TPD) en 29 puntos distribuidos a lo largo de las 14 vías.

Con los datos obtenidos en dichas pruebas más el TPD, se realizó la clasificación por medio de las notas de calidad Q, en donde se subdividían en 16 clases según la matriz analizada. El mismo método propone un tipo de intervención según la clasificación obtenida. Esto se basó en los resultados publicados por el Ing. R. Barrantes en el informe UI-PE-03-08 del LANAMME.

El diseño de la sobre capa para calle Mercedes, se inició con el método del retrocálculo de módulos, a partir de las deflexiones calculadas por el equipo del LANAMME, esto por medio del software Evercalc del departamento de transportes de Washington. Obtenidos los módulos resilientes se ejecutó el diseño del espesor para la sobre capa usando el método de la AASHTO 93, por último la revisión de la capacidad de fatiga y de la deformación plástica.

Según el método del PCI el 18% de las vías necesitan preservación, el 54% rehabilitación y un 28% reconstrucción, el sistema de drenaje en su mayoría se encontró con un estado aceptable. De acuerdo a la metodología de las notas de calidad Q, el 39,66% se intervendría con un mantenimiento, un 18,40% de rehabilitación y un 39,94% de reconstrucción. La diferencia entre los resultados obtenidos según el método de clasificación varía entre un 45% hasta un 251%, por lo que es de suma importancia el método con el cual se busque realizar la clasificación.

La sobre capa se dividió en siete tramos, basándose en tramos homogéneos de la estructura de pavimento, como espesores de las

capas y el tipo del material presente, dando como resultado siete espesores. Para el tramo 1 un espesor de 15,00 cm, para los tramos 2, 3 y 7 un espesor de 7,00 cm, los tramos 5 y 6 un espesor de 7,50 cm y el tramo 4 un espesor de 10,50 cm. Esto debido al tipo de estructura interna presente y a la cantidad de daño que o ha afectado.

Se recomendó realizar ventanas de inspección, para calcular espesores de las capas y poder realizar pruebas de laboratorio al material existente. La creación de los planos para las vías existentes además de revisar el diseño geométrico existente.

Introducción

El proyecto busca generar una correcta administración de los pavimentos de las calles más transitadas de la red vial cantonal de Curridabat. De acuerdo con la condición real en que se encuentran actualmente las vías, se realizó una serie de análisis para generar la clasificación y propuesta de intervención a cada una de ellas. Esto representa que haya un aumento en la calidad de vida de la comunidad, pues las calles constituyen la principal ruta de desplazamiento, ya sea hacia el lugar de trabajo, estudio o del tiempo de ocio, de modo que, al darle un mantenimiento correcto, se optimiza el tiempo de viaje, el costo de operación vehicular resulta menor y la satisfacción de los usuarios aumenta.

El proyecto se basó en dos métodos de análisis, el visual por medio de la auscultación, según la norma ASTM D6433, y a partir de la clasificación según la notas de calidad Q, que se basan en las deflexiones obtenidas mediante el deflectómetro de impacto, el índice de regularidad internacional obtenido por medio del perfilómetro láser y el tránsito promedio diario medido *in situ*.

Así pues, el proyecto busca plantear soluciones de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción de las principales vías, calificarlas según la inspección tanto visual como técnica, y el diseño de la sobrecapa como intervención a corto plazo de la calle Mercedes.

La red vial cantonal cuenta con una longitud de 137 km, repartida entre estructuras de asfalto, concreto, lastre y adoquín, este proyecto solamente está dirigido a las vías de pavimento flexible. Por medio del presente estudio, se brindó una nueva clasificación a las calles, con el fin de actualizar el inventario vial según su condición.

Objetivo general

Plantear soluciones de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción a la estructura de pavimento flexible para algunas vías representativas cantonales de Curridabat, basándose en la condición estructural y de servicio actual.

Objetivos específicos

- Calificar visual y detalladamente el estado de las vías cantonales con estructura de pavimento flexible, por medio del método PCI (Pavement Condition Index) según la norma ASTM-D6433.
- Clasificar las vías en estudio a partir de la deflectometría, del valor IRI y del tránsito promedio diario.
- Comparar la clasificación de las vías del proyecto obtenidas a partir de cada uno de los métodos de calificación.
- Diseñar una sobrecapa para mejorar la capacidad estructural y funcional de la estructura de pavimento para calle Mercedes, Tirrases, a partir del método de retrocálculo de módulos resilientes.

Marco teórico

En seguida, se presenta una serie de definiciones para facilitar la comprensión de los temas que se tratarán durante el proyecto.

Auscultación visual

Unidades de muestra: se trata de los tramos en que se desarrollará el proceso de auscultación de

fallas. La cantidad y la longitud de cada unidad de muestra dependen del ancho de la vía y de la longitud total. Cuando los tramos de inspección resultan muy extensos, este procedimiento permite que no se inspeccione toda la vía, sino solo una parte que probabilísticamente sea una muestra representativa.

Índice de la Condición del Pavimento (PCI por sus siglas en inglés): consiste en una metodología muy completa sobre la auscultación de la estructura vial para realizar una gestión de mayor precisión y objetiva, la cual está regulada por la norma ASTM D-6433-07; se determina el tipo de falla, así como la gravedad y la densidad presentes en el tramo de inspección. A partir del resultado de campo, se desarrolla una serie de cálculos para obtener un valor representativo del índice y poder clasificarlo según los rangos establecidos en la norma.

La metodología brinda un número entre el rango de 0-100, el cual indica el estado del pavimento, que clasifica la condición de la vía según la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de la condición según su PCI

Rango	Clasificación
86-100	Excelente.
71-85	Muy bueno.
56-70	Bueno.
41-55	Regular.
26-40	Malo.
11-25	Muy malo.
0-10	Fallado.

Fuente: Gestión de infraestructura vial.

Según esta clasificación, se deriva el tipo de intervención a realizar.

Tabla 2. Intervención a realizar según el valor de PCI

Rango	Acción de mantenimiento
85-100	Preservación.
70-85	
55-70	Rehabilitación menor.
40-55	Rehabilitación mayor.
25-40	Reconstrucción parcial.
10-25	Reconstrucción total.
0-10	

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación técnica de la condición del pavimento

Deflectómetro de impacto: un equipo de alta tecnología que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, debido al golpe de un peso lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con este propósito, de tal manera que produzca una fuerza de reacción en el pavimento de 40 KN (566 Mpa). Esta carga cae sobre un plato circular cuya área de contacto resulta similar a la de una llanta de vehículo; las deflexiones obtenidas son registradas por 9 sensores, el primero directamente en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una longitud máxima de 180 centímetros.

Capacidad estructural: se puede definir como la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito durante el período de vida útil.

Perfilómetro láser: un equipo de última generación que permite evaluar la condición de regularidad superficial de las carreteras, mediante

un índice de estado estandarizado internacionalmente, denominado IRI (Internacional Roughness Index).

Índice de Regularidad Internacional (IRI): permite cuantificar la regularidad o rugosidad de una carretera y se define como la suma de las irregularidades de la superficie por una unidad de longitud, lo que es percibido por el usuario como el confort de marcha. Sin embargo, el aspecto más importante de la regularidad superficial consiste en que se relaciona directamente con los costos de operación del vehículo que circula por dicha carretera, dado que afecta su consumo de combustible y sus costos de mantenimiento. Ficha Técnica FT – UGERVN – 02 – 13,

Capacidad funcional: se define como la capacidad que tiene el pavimento de brindar un adecuado nivel de servicio al usuario. Una buena capacidad funcional está intrínsecamente relacionada con el confort, adecuadas velocidades de circulación, bajo consumo de combustible, bajos costos de operación vehicular por deterioro de los vehículos, durabilidad de los pavimentos por menores cargas dinámicas de los vehículos. En este informe, la capacidad funcional se cuantifica por medio del IRI.

Costos de operación vehicular: los costos en que incurre el usuario de una carretera por el efecto de las características físicas y la condición de la vía, principalmente sobre la velocidad de operación de su vehículo, sobre el consumo de

combustible, lubricantes, requerimientos de mantenimiento, así como valores del tiempo de demora del usuario, contaminación ambiental por gases y sónica o retención de cargas, entre otras. Los costos de operación vehicular se encuentran directamente relacionados con los valores del IRI, a valores de IRI altos mucho mayores costos de operación vehicular y viceversa.

Perfil longitudinal: representación gráfica de las variaciones del terreno en relación con un plano vertical que contiene al eje longitudinal de nivelación, con esto se obtiene la forma altimétrica del terreno a lo largo de la mencionada línea. En este caso, el perfil longitudinal se mide directamente con un equipo láser que permite establecer al milímetro las variaciones del terreno.

Sistema de administración de pavimentos: consiste en una serie de actividades integradas y coordinadas, asociadas con el planeamiento, construcción, mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. Con esto se busca lograr el mayor aprovechamiento de los recursos invertidos en estas estructuras, y al mismo tiempo reducir los costos asociados al mantenimiento, rehabilitación

y costos de operación para los usuarios. Los principales objetivos de un sistema de administración de pavimentos son mantener la información actualizada, jerarquizar y priorizar las vías en cuanto a la intervención según las características económicas y técnicas.

PSI: índice de servicio aplicado con el objetivo de saber qué tan confortable resulta la vía en estudio para los usuarios, la cual se ve influenciada por la rugosidad presente, agrietamiento, baches, roderas. La fórmula para obtener este índice es la siguiente en pavimentos flexibles:

$$PSI = 5.03 - 1.91 \times \log(1 + SV) - 1.38 \times (\overline{RD})^2 - 0.01 \times (C + P)^{0.5}$$

Donde:

PSI: Índice de habilidad de servicio

SV: Varianza de pendientes (E-6)

\overline{RD} : Profundidad promedio de rodera (in)

C: área agrietada (ft²/1000 ft²)

P: área con baches (ft²/1000 ft²)

Tabla 3. Condición del pavimento según el valor de PSI

Pavimento	PSI
Pavimento flexible nuevo	4,2
Pavimento para rehabilitar en condiciones óptimas	2,0 a 3,0
Pavimento para reconstruir	1,5 a 2,0

Fuente: Pedro Castro, 2014.

Clasificación estructural por deflectometría de impacto (FWD)

Tabla 4. Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD

TPD (Tránsito Promedio Diario)	menor a 5 000 vpd**	5 000 - 15 000 vpd	15 000 - 40 000 vpd	Casos Especiales*
Categoría	TPD Bajo	TPD Moderado	TPD Alto	Especiales
Categorías deflexión		Rangos (10 ⁻² mm)		
Bajas	menor a 76,5	menor a 70,8	menor a 59,2	menor a 48,5
Moderadas	76,5 - 88,5	70,8 - 83,3	59,2 - 69,4	48,5 - 57,6
Altas	88,5 - 115,7	83,3 - 112,9	69,4 - 95,2	57,6 - 80,8
Muy Altas	mayor a 115,7	mayor a 112,9	mayor a 95,2	mayor a 80,8

Fuente: Determinación de rangos de clasificación para la Red Vial Nacional, UI-03-08, LANAMME UCR, 2008.

Contador vehicular MetroCount 5600

El aforador MC5600 utiliza dos tubos neumáticos para detectar cada eje de los vehículos. A diferencia de otros sistemas, opera de una única manera, almacena cada eje, de modo que no es necesario preocuparse por la información de tráfico que se necesite posteriormente. Todos los datos están disponibles, tanto si se requiere de un simple conteo o un reporte de clase y velocidad del tráfico. Este conteo que realiza el equipo se descarga a un computador, el *software* utilizado es el *MetroCount Set Up*, en el cual dicho conteo de ejes puede ser dividido clase según la cantidad de ejes que tenga el vehículo, clasifica desde motocicletas, vehículos livianos, buses o hasta camiones de cinco ejes.

Sistema de drenaje

El sistema de drenaje se encarga de evacuar y canalizar el agua depositada en las vías, con el fin tanto de mantener la seguridad vial en carretera como de evitar que el agua dañe la estructura de pavimento. Sus principales partes comprenden el bombeo de la vía, las cunetas recolectoras, cajas de registro y la tubería encargada del transporte del agua.

El bombeo es la inclinación transversal que se encarga de generar el escurrimiento superficial del agua hacia las cunetas. Normalmente esta inclinación va del centro de la vía hacia alguno de los laterales.

Capacidad funcional, empleando el Índice de Regularidad Internacional (IRI)

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es uno de los indicadores más importantes de la calidad de una carretera. Como su nombre lo indica, constituye la regularidad que presenta la vía, es decir, mide la acumulación de desviaciones a lo largo del camino en un plano perfecto. Una vía con una superficie completamente plana tiene un valor de IRI de 0, proporcionalmente, a medida que se presentan las desviaciones, el valor aumenta. Cuando el valor del IRI es superior a 3, la vía se considera una carretera muy irregular. Hay una directa correlación entre valores de regularidad altos y costos altos de operación.

Criterios de clasificación del IRI

Para el proyecto, que abarca trece calles de suma importancia para el cantón de Curridabat, se efectuó una evaluación por medio del perfilómetro láser. La longitud final es de 18 327 m. En este proceso, se evaluó vías cuya estructura está compuesta de pavimentos flexibles, rígidos y en lastre, pero en el caso del proyecto solo se toma en cuenta aquellas construidas con superficie de rodamiento en asfalto. La clasificación del estado según su valor de IRI está sujeta a los rangos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 5. Rango de clasificación de regularidad superficial para la red vial

Rango de IRI (m/km)	Clasificación
menor a 1,0	regularidad superficial muy buena
entre 1,0 y 1,9	regularidad superficial buena
entre 1,9 y 3,6	regularidad superficial regular
entre 3,6 y 6,4	regularidad superficial deficiente
mayor a 6,4	regularidad superficial muy deficiente

Fuente: Determinación de rangos de clasificación para la Red Vial Nacional, UI-03-08, LANAMME UCR, 2008.

Los datos del perfil longitudinal se emplean en el respectivo cálculo del Índice de Regularidad Internacional, por sus siglas IRI, de las huellas derecha, izquierda y centro, los valores se procesan en tramos de 25 metros de longitud, y el valor representativo constituye el promedio de los valores del IRI para los sensores izquierdo, derecho y centro del perfilómetro láser; esto debido a que estos sensores toman los datos de la huella de rodamiento de los vehículos en la carretera.

Estrategias generales de intervención recomendadas

Notas de Calidad Q: Según el LANAMME en la publicación UI-03-08, las vías se pueden clasificar tomando en cuenta el tránsito promedio diario (TPD), el valor de deflexión obtenido y el valor de IRI calculado, por medio del perfilómetro. Es decir, se clasifican según su condición funcional y estructural, lo que conlleva a una definición conocida como nota de calidad, dicho parámetro establece la condición final de la vía o de los tramos en estudio.

Rangos de TPD		Límites de los valores de deflexión (10^{-2} mm)				
0 - 5 000		← 76,5	88,5	115,7	→	
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
5 000 - 15 000		← 70,8	83,3	112,9	→	
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
15 000 - 40 000		← 59,2	69,4	95,2	→	
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
Casos Especiales		← 48,5	57,6	80,8	→	
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
INDICADOR ESTRUCTURAL		CATEGORIAS DE FWD				
		BAJAS	MODERADA	ALTAS	MUY ALTAS	
INDICADOR FUNCIONAL		▼	▼	▼	▼	
Rangos de IRI (m/Km)	< 1,9 (Bueno)	▶	Q1	Q3	Q6	R-1
	1,9 – 3,6 (Regular)	▶	Q2	Q5	Q8	R-2
	3,6 – 6,4 (Malo)	▶	Q4	Q7	Q9	R-3
	> 6,4 (Muy Malo)	▶	M-RF	RH-RF	R-3	NP

Figura 1. Matriz para clasificación según su capacidad funcional y estructural

Fuente: Determinación de rangos de clasificación para la Red Vial Nacional, UI-03-08, Lanamme UCR, 2008.

Las notas de calidad se establecen de acuerdo a la siguiente matriz de combinación de resultados (Figura 1), generada tomando en consideración los distintos niveles de tránsito vehicular o TPD:

La definición de las notas de calidad se conforma de la siguiente manera:

Q1: Es la nota mayor que puede obtener el pavimento, su capacidad funcional y estructural resulta óptima para los requerimientos necesarios. Se trata de pavimentos nuevos según su vida útil programada, estos brindan un buen servicio a los conductores y disminuyen el costo de operación vehicular. A estas vías se les debe realizar mantenimiento por medio de preservación de bajo costo.

Q2: Los pavimentos calificados con esta nota, tienen excelente capacidad estructural, pero a nivel funcional presentan una baja en la calidad, si se comparan con los pavimentos nuevos, lo que afecta a los vehículos que transitan a altas velocidades. Principalmente se presentan fallas como deformaciones en la mezcla asfáltica, baches reparados y agrietamientos de baja severidad.

Q3: Estos pavimentos presentan una capacidad funcional alta, entre buena y muy buena, la capacidad estructural revela pérdida en la vida estructural remanente aproximadamente entre 20 %-60 %. Sus deterioros comunes incluyen desprendimientos y exudaciones, por lo cual se debería realizar mantenimiento de preservación, actuando en la mejora de la capacidad estructural.

Q4: Los pavimentos calificados con la nota Q4 refieren a aquellos cuya calidad funcional ha disminuido a tal medida que los conductores ven afectada su conducción al aumentar la velocidad de tránsito. Resulta común encontrar fallas como baches grandes y grietas profundas, así como pérdida de agregados y ahuellamientos en más del 50 % de la superficie. No obstante, su capacidad estructural es buena, la condición funcional podría aumentar la tasa de deterioro estructural en forma elevada, gracias a una alta severidad de la estructura funcional.

M-RF: Los pavimentos ubicados en esta clasificación se hallan en una condición crítica, ya que hay un deterioro extremo. Existen problemas de manejo y la velocidad se ve reducida. Se presentan baches grandes y grietas profundas

como los principales deterioros. Este tipo de pavimento compromete la capacidad estructural de las capas inferiores, lo que generaría en poco tiempo una clasificación dentro de la categoría RH-RF.

Q5: Esta es una clase especial ya que se encuentra en una capacidad funcional y estructural de nivel intermedio, de modo que se requiere ejecutar pruebas más profundas para saber la verdadera condición.

Q7: Los pavimentos clasificados en esta nota muestran mucha similitud con los establecidos en el Q4, aun cuando se diferencian en que estos presentan una mayor afectación en la vida estructural remanente, es decir, hay mayor deterioro en su capacidad y la vida útil para la que fueron diseñados. Son propensos a dañarse en un plazo mediano, en la parte estructural y funcional, por lo que podrían pasar a ser calificados RH-RF o Q9 en un periodo no muy largo.

RH-RF: Las características que presenta este tipo de pavimentos se asemeja a las muestras calificadas con la nota M-RF, con la diferencia que estos cuentan con una vida estructural remanente de tan solo 20 %. Los principales deterioros abarcan ahuellamientos, agrietamiento por fatiga o grietas transversales y longitudinales. Tienen alta probabilidad de pasar a ser calificados como R-3, si no se tratan a tiempo.

Q6, Q8 y Q9: Estas tres clases califican a todos aquellos pavimentos que presenten una vida estructural remanente menor al 20 %.

Q6: La calidad de la superficie de ruedo se considera buena, ya que se han realizado trabajos para mejorar la calidad funcional pero estos no han aportado directamente a mejorar la capacidad estructural de esta.

Q8 y Q9: las notas para vías que presentan una vida estructural remanente igual a 0 %, debido a la pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional se le debería realizar una rehabilitación mayor con poco tiempo de intervención.

R-1, R-2: Los pavimentos clasificados con estas notas son aquellos que no tienen capacidad estructural, pero se les ha realizado trabajos para mejorar la funcionalidad, lo que no ha aportado capacidad estructural al pavimento. Estos trabajos realizados cuentan con poca durabilidad, lo que genera que el pavimento se degrade con una velocidad alta, obligando a una

reconstrucción total, si no se le lleva a cabo una rehabilitación mayor.

R-3, NP: Este tipo de pavimento presenta un deterioro muy alto, no tiene ni capacidad estructural ni funcional, es decir, no cumple con los niveles inferiores de calidad aceptables para una carretera pavimentada. Para este tipo de pavimento, se debe ejecutar una reconstrucción total, aunque esto signifique una inversión alta.

Estrategias de intervención: las notas de calidad establecidas permiten que se genere una estrategia sobre las vías. Se pretende recomendar qué tipo de intervención se debería realizar sobre cada una de las vías, tomando en cuenta la clasificación de las notas de calidad. Esta estrategia no es definitiva, ya que se torna vital generar una inspección en cada una de las vías para elaborar estudios más profundos, mediante los cuales se obtenga la verdadera condición del pavimento a partir de fosas de inspección, con el fin de obtener los espesores de las capas, el tipo de material que las compone y conocer la capacidad mecánica de cada material que comprende la estructura del pavimento. Estas estrategias de intervención planteadas se clasifican en tres grandes ventanas de operación, divididas en dos cada una para obtener seis tipos de procedimientos a aplicar.

1. Mantenimiento de preservación: una intervención que se realiza para mantener las rutas que se encuentran en buen estado, tanto funcional como estructuralmente. Tiene un costo relativamente bajo, algunos casos consisten en sellos de preservación tipo *san seal*, sellado de grietas, *slurry seal*. Esto genera que la vida útil del pavimento se eleve, conservando su capacidad funcional y estructural, simultáneamente evita posibles deterioros como el desprendimiento de agregados o fisuramiento.

2. Mantenimiento de recuperación funcional: Este tipo de mantenimiento no tiene como fin adicionar capacidad estructural al pavimento, ya que este aspecto se encuentra bien, su objetivo consiste en recuperar la capacidad funcional, ya que presenta niveles de irregularidad altos, en otras palabras, el IRI supera los 3,6 m/km. Se puede realizar sustituyendo la carpeta asfáltica o por medio de una sobrecapa, en la que se debe colocar un geotextil para evitar el reflejo de las grietas existentes en las capas inferiores. Se debe efectuar en un plazo cercano para evitar que las

fallas provoquen disminución de la capacidad estructural.

3. Análisis a nivel de proyecto: Este tipo se aplica para las vías calificadas con el valor Q5, en las cuales se debe llevar a cabo un estudio más profundo de la situación de la estructura para tomar una solución acertada.

4. Rehabilitación menor: Se realiza para recuperar la capacidad estructural cuando esta es medianamente disminuida y cuando la capacidad funcional está muy afectada. Se puede ejecutar por medio de un perfilado y colocación de una nueva sobrecapa con un aporte estructural significativo, derivado del resultado de la vida estructural remanente que presente el pavimento y de igual manera del nuevo diseño estructural para un nuevo periodo de diseño.

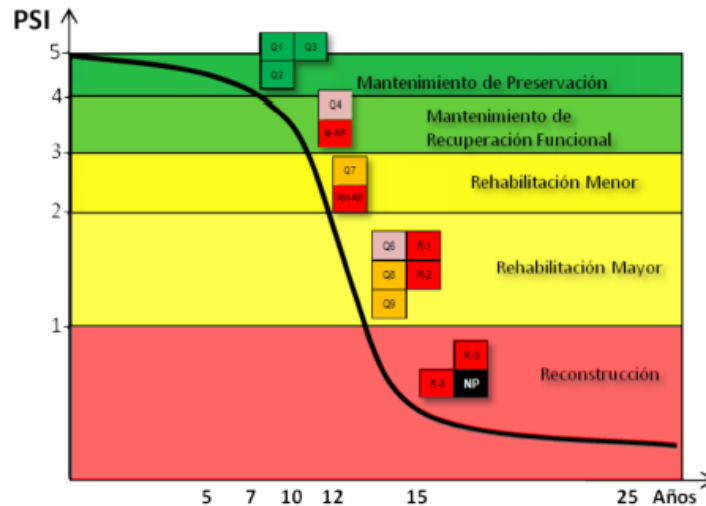
5. Rehabilitación mayor: Cuando la vía presente una capacidad estructural muy baja, es necesario realizar una intervención importante, la cual debe abarcar labores hasta el nivel de la capa de base existente. Se puede llevar a cabo

por medio de sustitución de la base o bien estabilizarla con un agente externo como cal o cemento, para buscar que la capacidad estructural sea la requerida. Para la superficie de ruedo, se debe colocar una carpeta nueva que cumpla con los nuevos diseños de vida útil, de servicio y diseño geométrico de la vía.

6. Reconstrucción: Se debe ejecutar cuando la vía tenga nula capacidad estructural y funcional, por lo que se requiere construir el pavimento por completo. De este modo, es necesario empezar por la demolición total, rediseño de espesores y materiales a utilizarse según las cargas que deberá de resistir cuando entre en función, garantizando el nivel máximo de seguridad vial, capacidad funcional y estructural. Por los trabajos que se deben llevar a cabo, constituye la intervención de mayor costo dentro del sistema de administración de pavimentos.

El tipo de intervención va de la mano con el valor del PSI y de los años que ha estado en funcionamiento el pavimento en estudio.

Gráfico 1. Tipo de intervención comparando el valor de PSI y la vida útil



Fuente: Determinación de rangos de clasificación para la Red Vial Nacional, UI-03-08, LANAMME UCR, 2008.

Retrocálculo y diseño de una estructura de pavimento

Filosofía del retrocálculo

La filosofía del retrocálculo se basa en obtener los valores de la deflexión real en un pavimento existente por medio de un deflectómetro de impacto, estos valores junto con los espesores de cada una de las capas, el coeficiente de Poisson y un programa computacional, permiten

determinar los módulos reales que presenta cada una de las capas del pavimento. Esto da como resultado la capacidad estructural del pavimento en estudio. Dicho procedimiento se conoce como cálculo inverso debido a la entrada de datos. (Ver figura 2)

Es contrario al método de diseño, en el que se introducen los valores de los módulos deseados, espesores y coeficientes para calcular la deformación que sufrirá el pavimento durante su vida útil.

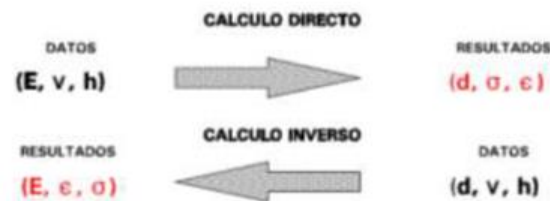


Figura 2. Datos requeridos para el cálculo directo y el cálculo inverso

Fuente: Nociones básicas de cálculo inverso de firmes.

El cálculo del módulo real de cada capa del pavimento se efectúa por medio de un proceso iterativo en que se debe brindar un valor aproximado gracias a la condición que presente el pavimento por medio de una inspección visual para la capa asfáltica, así como mediante pruebas de laboratorio en los módulos de las

capas inferiores, también tienen que darse rangos.

La adecuada convergencia o no de estos valores de módulos puede ser determinada por medio del parámetro del error medio cuadrático (RMS). Se estima que al final de un correcto proceso de retrocálculo el valor del error medio cuadrático (RMS) deberá ser igual o inferior a un 10 %.

Diseño del pavimento metodología AASHTO 93

Número estructural (SN): número indexado que representa, en términos generales, la calidad estructural de un pavimento flexible, es decir, su resistencia a la deformación ante la carga.

Nivel de confianza (R): al ser una metodología probabilística, los parámetros de diseño tienen un nivel de dispersión asociada, lo que influye en la

repetición de carga requerida para alcanzar el nivel de servicio terminal.

Desviación estándar en desempeño (S_o): es la desviación presente en el desempeño de los pavimentos, en función del pavimento. $S_o = 0.45$, para pavimentos flexibles.

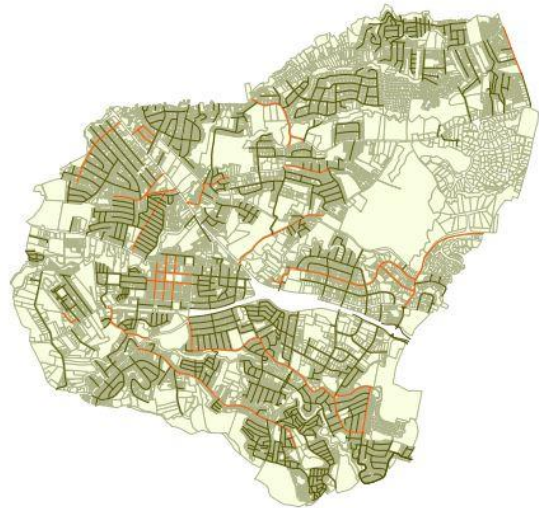
Ejes equivalentes en el carril de diseño: los ejes equivalentes consisten en la cantidad de ejes con una carga aproximada de 8 200 kg, se puede asimilar por la carga aplicada según las repeticiones de carga previstas por la cantidad de tránsito promedio diario, los cuales se ajustan por dirección y carril de diseño.

Metodología

El proyecto se desarrolló a lo largo de los diferentes distritos del cantón de Curridabat, en un total de 14 vías, las cuales se escogieron gracias a la demanda de vehículos presentada diariamente. Estas vías tienen longitudes variables y de estructuras de pavimento distintas. Las pruebas y las inspecciones se llevaron a cabo durante el primer tercio del año 2015, es decir, en época seca. Durante el inicio del proyecto, se ejecutó la auscultación visual, empezando por el cálculo de las unidades de muestra que se debieron inspeccionar; de este modo, fue posible identificar el tipo de falla que afectase la unidad de muestra, la severidad y la densidad que presentaba esa falla respecto al área total. Se realizaron conteos automáticos por medio del contador MetroCount en 29 puntos, distribuidos por las diferentes vías de estudio. Se contrató al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) para llevar a cabo las pruebas de deflectometría con el equipo especializado deflectómetro de impacto y el cálculo del Índice de Regularidad Internacional por medio de un perfilómetro. Por último, el retrocálculo de los módulos en la calle Mercedes, utilizando el *software Evercalc*, así como el *Everstress* para el diseño del pavimento final.

Evaluación del índice de condición del pavimento por medio de la auscultación visual

Imagen 1. Vista satelital de las vías en estudio, cantón de Curridabat.



Fuente: *Elaboración propia, QGIS 2.4.0.*

Este proceso se realizó según la norma ASTM-D6433, en que se especifica el procedimiento a seguir, lo principal es medir la longitud y el ancho de cada vía en estudio, ya que estos valores se necesitaron para calcular la cantidad de unidades de muestra requeridos para inspeccionar y obtener un valor estadísticamente aceptable. Ya con la cantidad de unidades de muestra, se asistió a campo, donde se completó la hoja de inspección (ver apéndice N°. 01) para cada una de las muestras. En esta hoja de inspección, se

debió apuntar el tipo de falla presente, así como el área dañada por cada tipo de daño. Con la densidad y el tipo de falla, se utilizaron los nomogramas de la norma para calcular el Valor Deductivo (DV), por lo que se terminó calculando el Valor Deductivo Corregido (CDV). A un valor máximo de 100 se le resta el CDV calculado y se obtiene en valor de PCI de la muestra. Se calcula un promedio de los valores de PCI para las muestras de la vía generando un valor de PCI general.

Algunas de las fallas más comunes fueron:



Imagen 2. Cuero de lagarto de gravedad media .Fuente: Propia.



Imagen 3. Bacheos con mediana afectación al conductor cercanías de la iglesia católica de Curridabat centro. Fuente: Propia.



Imagen 4. Desprendimiento que ocasiona huecos de gravedad media-alta. Fuente: Propia.



Imagen 5. Agrietamiento longitudinal en la vía de José María Zeledón. Fuente: Propia.



Imagen 6. Líneas de tren que atraviesan la vía en cercanías a Servi Indoor. Fuente: Propia.

Conteo vehicular para cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD)

El tránsito promedio diario consiste en un valor de suma importancia para la administración de los pavimentos, la Municipalidad de Curridabat contaba con un inventario donde indicaba la cantidad de vehículos que transitaban por cada vía, esto fue realizado por medio de contadores manuales tres días a la semana en hora pico, como era de esperarse, la incertidumbre era alta. Por medio del convenio realizado entre la Municipalidad de Curridabat y el LANAMME UCR, se logró el préstamo del contador automático marca *MetroCount*. Esto permitió que se ejecutaran conteos por 24 horas, entre los días martes, miércoles y jueves, como lo indica la normativa MOPT. Este contador *MetroCount*

5600 trabaja por medio de dos mangueras, las cuales cruzan la vía en estudio. Mediante la presión generada por las llantas de los vehículos, el contador recibe el viento que pasa dentro de las mangueras hacia el contador, el cual las clasifica según la cantidad de presión recibida. Este contador logra catalogar en doce clases los vehículos que transitaron por la vía, la velocidad con la que pasaron y efectúa el conteo total de vehículos.



Imagen 7. Puntos donde se realizaron los conteos.

Los conteos se llevaron a cabo en conjunto con el LANAMME UCR, ya que ellos indicaron los 29 puntos donde se debían ejecutar los conteos, por parte de la Municipalidad se realizaron 20 conteos en las diferentes vías y el LANAMME estaba encargado de elaborar los nueve restantes. Para la obtención de los resultados, se utilizó el software *MetroCount Setup*.



Imagen 8. Instalación de contador en la calle Las Rusias. Fuente: Propia.



Imagen 9. Contador utilizado durante el procedimiento. Fuente: Propia.



Imagen 10. Transferencia de información del contador al ordenador. Fuente: Propia.

Clasificación de las vías según su condición estructural y funcional, por el método de notas de calidad Q

Esta parte del proyecto contó con la participación del LANAMME para realizar las pruebas en campo, gracias al convenio existente entre el Laboratorio y la Municipalidad. Las pruebas realizadas fueron deflectometría por medio del deflectómetro de impacto y el cálculo del índice de regularidad internacional (IRI) mediante perfilómetro. Estas pruebas se ejecutaron en horas de la noche y madrugada, para no alterar el

tránsito público. LANAMME se encargó de brindar los resultados de cada una de las pruebas.

Para la deflectometría, se brindó la carga aplicada durante la prueba, así como la deflexión presentada en el bulbo de presión, los resultados obtenidos por presión aplicada son 9, ya que el equipo presenta 9 geófonos receptores de información. Este análisis se realiza cada 50 metros, a lo largo de toda la vía.

El cálculo de las irregularidades presentes en las vías se efectúa en tres secciones. Lado derecho, izquierdo y central de la calle en estudio, para calcular el valor IRI general de la ruta, se realiza un promedio de los tres datos calculados. Esta prueba se llevó a cabo cada 25 metros, se unieron dos tramos con el fin de calcular el IRI promedio en tramos de 50 metros, con el fin de ejecutar la comparación contra la deflexión presente en los tramos de la misma longitud.

Para calificar cada uno de los tramos según las notas de calidad Q, se debió efectuar la comparación por medio de la matriz (figura 1), se ingresaron los datos del tránsito promedio diario donde se dio un rango de calificación según el valor obtenido de la deflexión debajo del plato o geófono 1 a una distancia de 0,00 cm. Este rango se proyectó comparándolo con el obtenido para cada el mismo tramo en valores de IRI promedio. La calificación que resultó en la intersección entre el rango de deflexión y el valor de IRI, brindó la idea de qué tipo de intervención se recomienda para cada uno de los tramos analizados. Finalmente, se sintetizó en tramos homogéneos, basándose en el tipo de intervención a realizarse o nota obtenida según el gráfico N°. 1.



Imagen 11. Equipo utilizado para realizar las pruebas de deflectometría de impacto. Fuente: Propia.

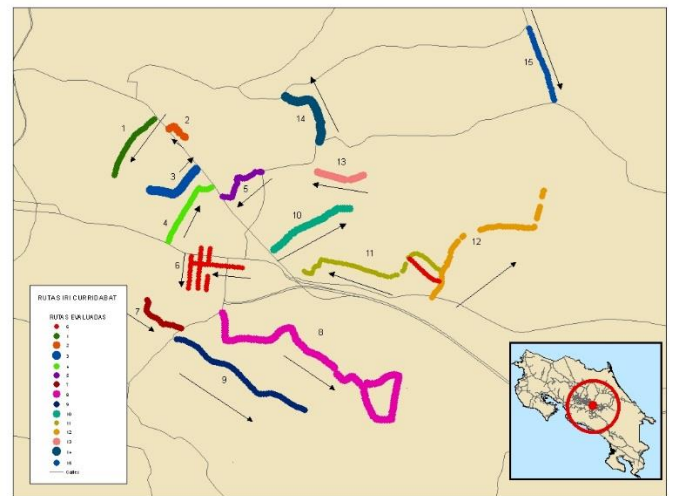


Imagen 12. Ubicación de las vías donde se realizó el cálculo del IRI. Fuente: LANAMME UCR.

Retrocálculo de módulos y diseño según AASHTO 93

Para realizar el retrocálculo de los módulos resilientes de un pavimento existente, hay una gran variedad de procedimientos (ver anexo N°. 2). En este proyecto, se utilizó el software creado por el Departamento de Transporte del Estado de Washington (WSDT) *Evercalc* 5.0, versión 2001.

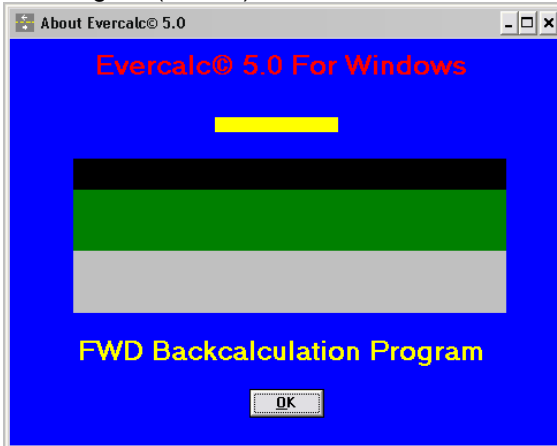


Imagen 13. Evercalc 5.0, WSDT.

El retrocálculo se efectuó para los tramos de calle Mercedes, vía principal al distrito de Tirrases, que tiene una longitud de 1 798 metros, con un ancho promedio de 7 metros. En cada tramo homogéneo, se realizará el procedimiento con el fin de buscar el módulo resiliente real, por lo cual se utilizó los espesores y características mecánicas de las capas inferiores presentes en esta vía, según el estudio técnico de estructura pavimento calle Mercedes realizado por CACISA en noviembre de 2006.

Se inició introduciendo al programa las características de cada tramo, como son el número de capas, número de sensores, el radio del plato de carga, la distancia de cada geófono hacia el centro del plato, número de iteraciones, porcentaje de error de mínimos cuadrados y el porcentaje de error de tolerancia a los módulos como características generales. Para cada capa,

se agregó el coeficiente de Poisson, un rango del módulo resiliente y el módulo resiliente aproximado.

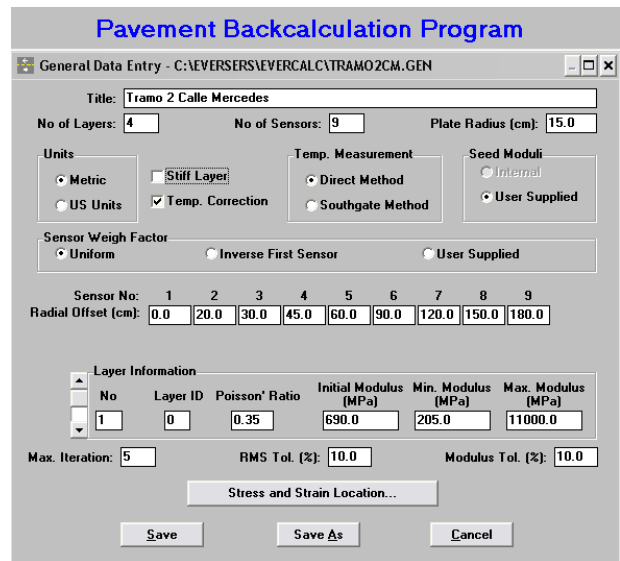


Imagen 14. Visualización del programa Evercalc.

Seguidamente, se agregó la información brindada por el LANAMME, los espesores de cada capa, la presión aplicada (N), la deflexión ($\times 10^{-2}$ mm) cada uno de los geófonos para cada estación analizada y que se encuentre dentro del tramo homogéneo analizado.

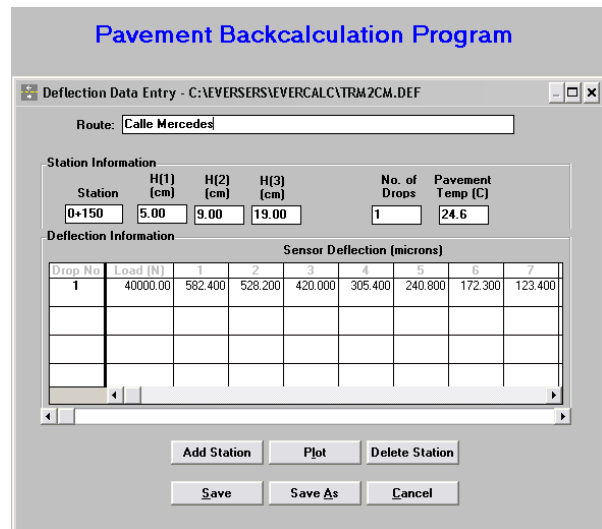


Imagen 15. Características y deflexiones para cada estación.

Se ejecutó el programa, que arrojó los módulos calculados para cada una de las capas por cada estación agregada anteriormente.

Al obtenerse los módulos resilientes de los materiales pertenecientes a la estructura de pavimento, se utiliza la hoja de Excel desarrollada por el Ing. Pedro Castro, *Ecuación de diseño de la AASHTO: Pavimentos flexibles*, en el cual se introducen los coeficientes “ a_i ”, calculado a partir del módulo resiliente conseguido del retrocálculo o del valor del CBR, “ m_i ”, nivel de confianza, y desviación estándar, lo que resulta en el número estructural requerido usando la figura 11-25 de Huang, Yang, finalmente brinda el resultado de los espesores para las capas nuevas. Los ejes equivalentes se obtuvieron por la clasificación y amplificación según los coeficientes brindados por el MOPT para cada clase de vehículos.

Finalmente mediante el programa *Everstress*, también desarrollado por el Departamento de Transporte del Estado de Washington (WSDT), se introdujeron los resultados de módulos calculados y los espesores de cada una de las capas; de este modo, se consiguió deformación en cada capa esperada para su vida útil.

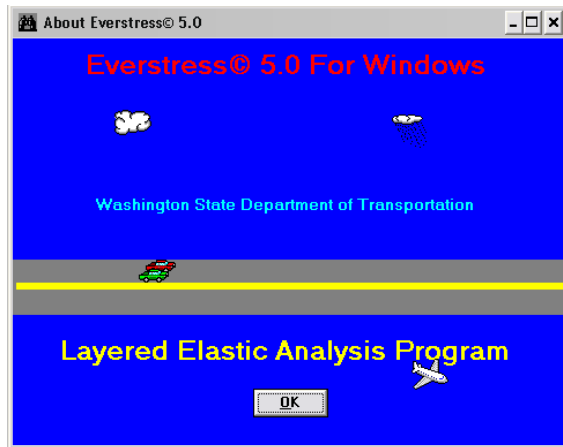


Imagen 16. Everstress, WSDT 1999.

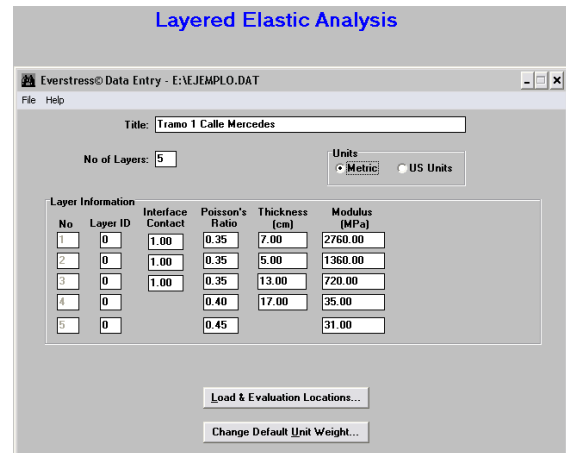


Imagen 17. Características para el cálculo de deformaciones esperadas.

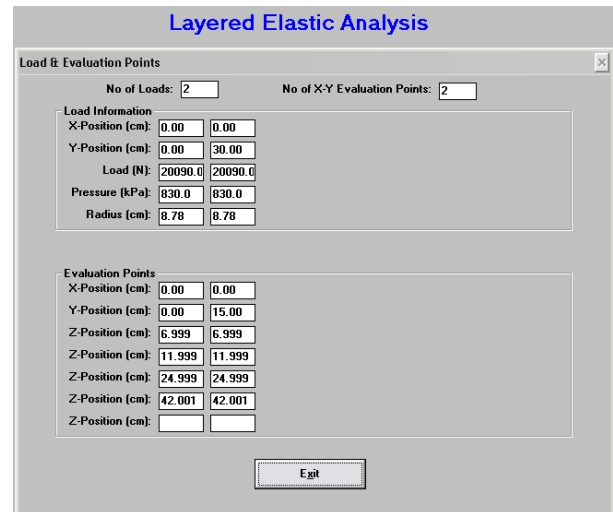


Imagen 18. Puntos para control de deformaciones

Estos valores de deformación se compararon contra las deformaciones máximas permitidas por el pavimento según la metodología de fractura permitida, comparando el número de pasadas requeridas con la cantidad de ejes equivalentes esperados para el plazo de diseño.

También, se cotejó la cantidad de ejes equivalentes necesarios para que el pavimento sufriera la deformación plástica.

Resultados

Inicialmente se identificaron las vías que fueron estudiadas, se les asignó un código de proyecto, por lo que las pruebas realizadas a lo largo que las vías arrojaron resultados que facilitaron la comprensión del estado de la estructura de pavimento a lo largo del cantón de Curridabat. Se clasificó en tres diferentes etapas, primero la auscultación visual y clasificación por medio del

procedimiento del PCI, seguido de la clasificación a partir de la condición estructural y funcional de la vías, donde se categoriza según las notas de calidad, y por último el diseño de la calle Mercedes, por medio del retrocálculo de módulos y la guía de diseño de pavimento flexible AASHTO 93.

Tabla 6. Características generales de las vías de prueba

Vías para la prueba con el LANAMME				
Código municipal	ID	Nombre	Longitud (m)	Ancho de vía (m)
1-18-001-00	01	El Prado.	777	14
1-18-004-00	02	José María Zeledón.	1 660	8
1-18-062-00	03	Zona central.	2 011	8
1-18-099-00	04	Espartaco –Bilbaína.	605	8,5
1-18-008-00	05	Calle Mercedes.	2 087	8
1-18-071-00	06	Hacienda Vieja.	3 552	8
1-18-094-00	07	Hacienda Gregal.	3 427	7,5
1-18-014-00	08	Barrio Cipreses.	1 011	6
1-18-040-00	09	San Ángel.	457	7,75
1-18-016-00	10	Calle Koberg.	895	5,45
1-18-033-00	11	Calle Las Rusias.	505	5
1-18-044-00	12	Urb. Freses.	509	8
1-18-059-00	13	Barrio El Imperio.	200	7,5
1-18-046-00	14	Servi-Indoor.	623	7,2

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Auscultación visual

El procedimiento realizado según la norma ASTM-6433 del método del PCI, empezando por el cálculo de las unidades de muestra que se

debe inspeccionar en cada una de las vías de estudio, los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 7. Unidades de muestra inspeccionadas por vía

ID	Unidad de Muestras (UM)																													
01	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2									
02	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
	3	3	3	3	3	3	3	3	3			4	4	4	4	4	4													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	40	41	2	3	4	5	6	7													
03	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3			4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	40	41	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7			
04	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1													
	2	3	4	5	6	7						2	3	4	5	6	7													
05	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3			4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	40	41	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
06	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3			4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	40	41	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	6	6	6	6	6	6	6	6	6			7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9
07	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
	3	3	3	3	3	3	3	3	3			4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
08	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
09	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2	3																		
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6					
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4																	
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	1															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5																

13	1	2	3	4	5	6																							
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18											
																		UM general											
																		UM analizada											

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Al analizar cada una de las unidades de muestra, se puede observar los tipos de fallas que afectan la funcionalidad de cada una de las vías, así como la obtención de la densidad de cada falla,

después de un proceso matemático, se calculó un valor de PCI para una de las unidades de muestra, que al combinarlo da como resultado una calificación del total de la vía. Para el proyecto, se obtuvieron los valores de la Tabla 13.

Tabla 8. Calificación de cada unidad de muestra y general

Código Vía	UM	PCI unidad	PCI general
01-El Prado.	1	41	49
	2	83	
	3	53	
	4	50	
	5	46	
	6	18	
02-José María Zeledón.	11	69	65
	12	56	
	13	70	
	14	49	
	15	82	
03-Curridabat centro.	22	64	74
	23	69	
	24	96	
	25	91	
	26	89	
	27	40	
	28	87	
	29	48	
	30	95	
	31	39	

	32	91	
04-Café Rey.	33	56	49
	34	43	
	35	57	
	36	65	
	37	39	
	37,2	39	
	38	41	
05- Tirrases.	65	47	28
	66	17	
	67	18	
	68	18	
	69	31	
	70	67	
	71	39	
	72	16	
	73	9	
74	21		
06- Hacienda Vieja.	39	87	57
	40	89	
	41	92	
	42	83	
	43	17	
	44	64	
	45	54	
	46	58	
	47	44	
	48	38	
	49	27	
	50	86	
	51	29	
52	27		
07- Hacienda Greal.	100	50	44
	101	67	
	102	43	
	103	66	
	104	80	
	105	24	

	106	39	
	107	55	
	108	33	
	109	21	
	110	50	
	111	44	
	112	22	
	113	23	
09-Urb. San Ángel.	53	13	58
	54	61	
	55	40	
	56	75	
	57	99	
10- Calle Koberg.	81	51	26
	82	25	
	83	16	
	84	5	
	85	27	
	86	28	
	87	27	
11-Las Rusias.	58	38	22
	59	7	
	60	21	
14-Servi Indoor.	61	61	78
	62	86	
	63	89	
	64	76	

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Según los resultados del índice de condición del pavimento, puede clasificarse el tipo de intervención que se recomienda realizar en la tabla N°. 13.

Tabla 9. Intervención a realizar en las vías, según PCI

Código municipal	ID	Acción
1-18-001-00	01	Rehabilitación mayor.
1-18-004-00	02	Rehabilitación menor.
1-18-062-00	03	Preservación.
1-18-099-00	04	Rehabilitación mayor.

1-18-008-00	05	Reconstrucción parcial.
1-18-071-00	06	Rehabilitación menor.
1-18-094-00	07	Rehabilitación mayor.
1-18-040-00	09	Rehabilitación menor.
1-18-016-00	10	Reconstrucción parcial.
1-18-033-00	11	Reconstrucción total.
1-18-046-00	14	Preservación.

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Conteo vehicular para el cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD)

la Municipalidad, esto ayuda a priorizar las vías con un mayor uso versus otras de tránsito reducido. Los conteos fueron efectuados por el gobierno local en veinte diferentes puntos del cantón en aproximadamente ocho vías, de ese modo, se obtuvieron los resultados de la tabla N°. 14.

La cantidad de vehículos que transita por las calles cantonales resulta de alta importancia para

Tabla 10. Tránsito promedio diario

Código municipal	ID	Nombre	TPD
1-18-004-00	02	José María Zeledón.	8 031
			4 184
1-18-062-00	03	Zona central.	4 910
			4 023
			5 798
			7 912
			1 692
1-18-008-00	05	Calle Mercedes.	7 072
1-18-071-00	06	Hacienda Vieja.	6 515
			4 521
			4 701
			4 61
1-18-094-00	07	Hacienda Gregal.	5 509
			1 375
			760
			2 020
1-18-033-00	11	Urb. El Gallito.	7 988
1-18-044-00	12	Urb. Freses.	459

			6 633
1-18-046-00	14	Servi-Indoor.	6 397

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Clasificación del sistema de drenaje en cada una de las vías de estudio

El sistema de drenaje incluye el bombeo que presenta la calzada, con el fin de evacuar el agua superficial, así como el valor que demuestra la condición real del sistema de drenaje; a continuación se demuestran los resultados obtenidos para cada una de las vías en estudio.

Tabla 11. Cuadro resumen sistema de drenaje

Sistema de evacuación de aguas				
Código municipal	ID	Nombre	Bombeo promedio ($\pm\%$)	Calificación del drenaje
1-18-001-00	01	El Prado.	1,5	4
1-18-004-00	02	José María Zeledón.	0,7	4
1-18-062-00	03	Zona central.	3,0	3
1-18-099-00	04	Espartaco-Bilbaína.	3,0	4
1-18-008-00	05	Tirrases.	2,0	4
1-18-071-00	06	Hacienda Vieja.	5,4	4
1-18-094-00	07	Hacienda Gregal.	1,7	4
1-18-014-00	08	Barrio Cipreses.	2,4	3
1-18-040-00	09	San Ángel.	1,9	4
1-18-016-00	10	Quinta Guayabos.	3,0	4
1-18-033-00	11	Urb. El Gallito.	0,3	4
1-18-044-00	12	Urb. Freses.	2,7	4
1-18-59-00	13	Calle Las Rusias.	0,0	1
1-18-046-00	14	Servi-Indoor.	0,5	3

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Clasificación de las vías según su condición estructural y funcional, por el método de notas de calidad Q

Dicha clasificación fue realizada a partir de los resultados obtenidos de tránsito promedio diario, deflexión en el centro del plato de carga y del índice de regularidad internacional, por lo que las vías quedaron clasificadas según la tabla N°. 15.

Tabla 12. Clasificación y tipo de intervención para cada uno de los tramos analizados.

Vía	Nota Q	Intervención	TH
1-18-001-00 El Prado.	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	1
	NP	Reconstrucción.	2
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	3
	NP	Reconstrucción.	4
1-18-044-00 Urbanización Freses.	R-3	Reconstrucción.	1
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	2
	Q9	Rehabilitación mayor.	3
	Q2	Mantenimiento preservación.	4
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	5
1-18-054-00 José María Zeledón.	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	1
	R-3	Reconstrucción.	2
	RH-RF	Rehabilitación menor.	3
	R-3	Reconstrucción.	4
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	5
	R-3	Reconstrucción.	6
1-18-046-00 Urbanización Las Brisas.	Q5	Análisis.	7
	R-3	Reconstrucción.	1
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	2
	R-3	Reconstrucción.	3
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	4
1-18-062-00 Curridabat centro.	R-3	Reconstrucción.	5
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	1
	R-3	Reconstrucción.	2
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	3
	NP	Reconstrucción.	4
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	5
	NP	Reconstrucción.	6
	Q7	Rehabilitación menor.	7
	NP	Reconstrucción.	8
Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	9	

	NP	Reconstrucción.	10
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	11
	R-3	Reconstrucción.	12
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	13
	R-2	Rehabilitación mayor.	14
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	15
1-18-006-00 Espartaco- Bilbaína.	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	1
	NP	Reconstrucción.	2
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	3
	NP	Reconstrucción.	4
1-18-010-00 Hacienda Vieja.	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	1
	R-3	Reconstrucción.	2
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	3
	R-3	Reconstrucción.	4
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	5
	RH-RF	Rehabilitación menor.	6
	R-3	Reconstrucción.	7
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	8
	NP	Reconstrucción.	9
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	10
	R-3	Reconstrucción.	11
	RH-RF	Rehabilitación menor.	12
	R-3	Reconstrucción.	13
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	14
	R-3	Reconstrucción.	15
	RH-RF	Rehabilitación menor.	16
	R-3	Reconstrucción.	17
	RH-RF	Rehabilitación menor.	18
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	19
	R-3	Reconstrucción.	20
	RH-RF	Rehabilitación menor.	21
	NP	Reconstrucción.	22
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	23
	R-3	Reconstrucción.	24
	Q7	Rehabilitación menor.	25
	R-3	Reconstrucción.	26
RH-RF	Rehabilitación menor.	27	
NP	Reconstrucción.	28	
RH-RF	Rehabilitación menor.	29	
1-18-010-00 Calle Mercedes.	Q9	Rehabilitación mayor.	1
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	2
	NP	Reconstrucción.	3
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	4
	R-3	Reconstrucción.	5
	RH-RF	Rehabilitación menor.	6
1-18-039-00	RH-RF	Rehabilitación menor.	1

Urbanización Cipreses.	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	2
	NP	Reconstrucción.	3
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	4
	NP	Reconstrucción.	5
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	6
	R-3	Reconstrucción.	7
	RH-RF	Rehabilitación menor.	8
	NP	Reconstrucción.	9
	1-18-094-00 Lomas de Ayarco Norte.	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.
R-3		Reconstrucción.	2
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	3
R-3		Reconstrucción.	4
R-3		Reconstrucción.	5
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	6
R-3		Reconstrucción.	7
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	8
R-3		Reconstrucción.	9
Q4		Mantenimiento recuperación del IRI.	10
R-3		Reconstrucción.	11
Q7		Rehabilitación menor.	12
R-3		Reconstrucción.	13
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	14
NP		Reconstrucción.	15
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	16
NP		Reconstrucción.	17
R-3		Reconstrucción.	19
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	20
NP		Reconstrucción.	21
R-3		Reconstrucción.	22
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	23
NP		Reconstrucción.	24
M-RF		Mantenimiento recuperación del IRI.	25
NP		Reconstrucción.	26
NP		Reconstrucción.	27
Q4		Mantenimiento recuperación del IRI.	28
Quinta Guayabos.		R-3	Reconstrucción.
1-18-040-00 Calle Koberg	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	1
	R-3	Reconstrucción.	2
	R-3	Reconstrucción.	3
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	4
	R-3	Reconstrucción.	5
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	6
	R-3	Reconstrucción.	7
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	8
	Q9	Rehabilitación mayor.	9

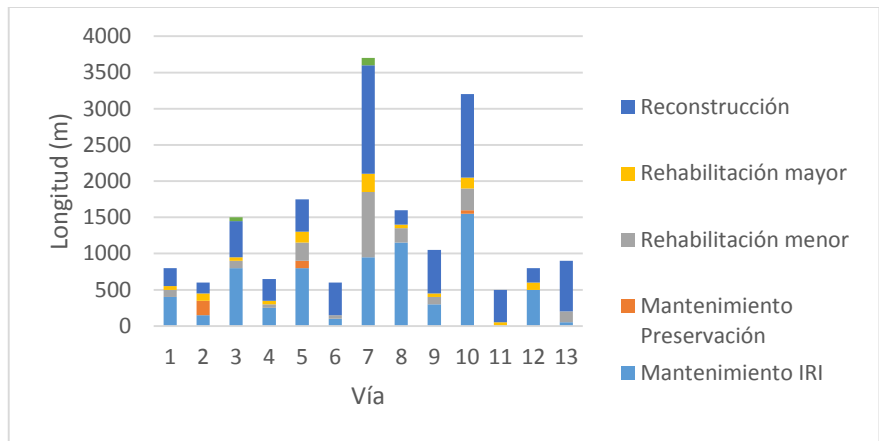
	R-2	Rehabilitación mayor.	10
	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI.	11
1-18-033-00 Calle Las Rusias	NP	Reconstrucción.	1
	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI.	2
	NP	Reconstrucción.	3
	RH-RF	Rehabilitación menor.	4
	R-3	Reconstrucción.	5
	RH-RF	Rehabilitación menor.	6
	R-3	Reconstrucción.	7

Fuente: Elaboración previa. Excel 2010.

Para cada una de las vías, se clasifica el tipo y la longitud de intervención recomendada según los datos obtenidos de la calificación con notas Q. También la longitud total de cada tipo de

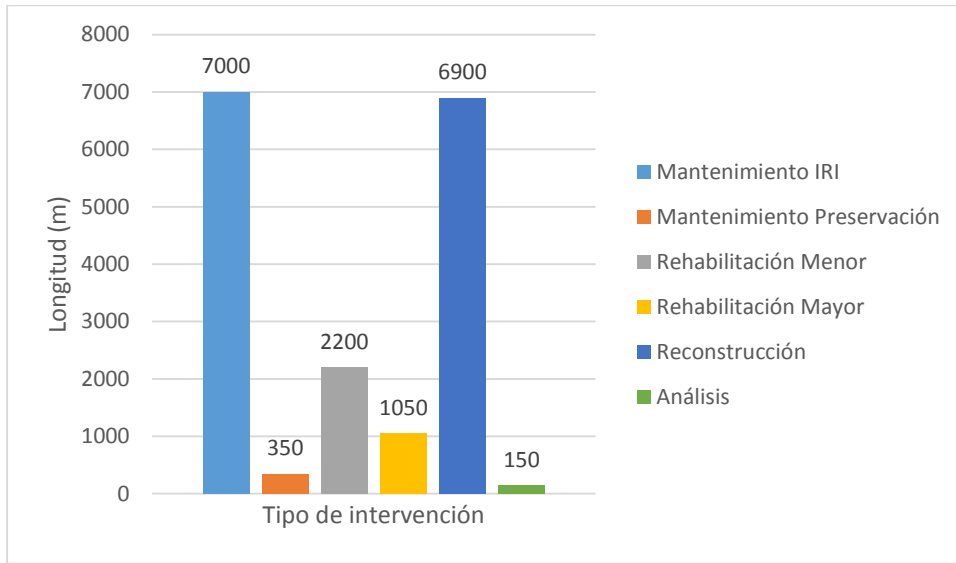
intervención en general, según la metodología de análisis hecha para la clasificación de las vías, finalmente la diferencia presente en el tipo de intervención.

Gráfico 2. Longitud según tipo de intervención por vía



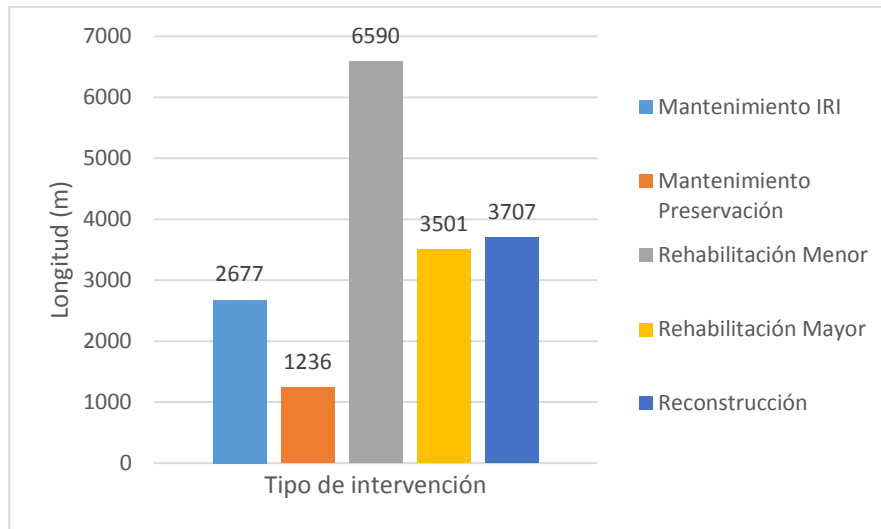
Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Gráfico 3. Longitud de cada tipo de intervención según las notas Q



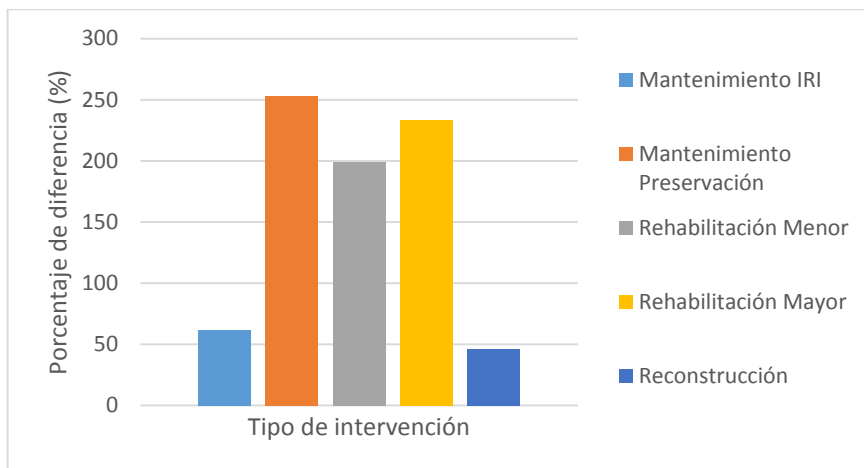
Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Gráfico 4. Longitud de cada tipo de intervención según el PCI



Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Gráfico 5. Diferencia entre los tipos de intervención de acuerdo con la clasificación según su procedimiento



Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Retrocálculo de módulos y diseño según AASHTO 93

Al resolver el retrocálculo por medio del programa *Evercalc*, se obtuvieron los resultados del módulo resiliente para cada una de las capas presentes en la estructura del pavimento según la tabla N°. 16.

Tabla 13. Módulos resilientes obtenidos de cada capa para cada uno de los tramos presentes en la calle Mercedes

Tramo	C1 (kPa)	C2 (kPa)	C3 (kPa)	C4 (kPa)
1	1 368	720	35	62
2	3 740	392	38	87
3	1 391	956	50	132
4	2 699	1 977	123	135
5	1 729	521	131	110
6	2 019	219	58	97
7	1 355	635	62,5	91

Fuente: Elaboración propia, Excel 2010.

Se realizó el conteo de vehículos durante un rango de 48 horas en la calle Mercedes, donde se obtuvo un tránsito promedio diario de 7 083 automotores, los cuales se clasificaron en un 99 % de vehículos livianos, 0,5 % buses, 0,01 % dos ejes, 0,001 % tres ejes y 0,0002 % cinco ejes. Se definió una tasa de crecimiento del 6 % para un

periodo de 10 años. Al tratarse de dos vías, una en cada dirección, se asignó un factor sentido de 0,50 y factor carril de 1,0, pues todo el tránsito ocupará la vía en la dirección que se dirija. La cantidad de ejes equivalentes se encuentran en la tabla N°.17.

Tabla 14. Ejes equivalentes para un periodo de 10 años y un 6 % de crecimiento

Vehículo	Porcentaje	Cantidad	Cantidad/año	Cantidad vida útil	Factor EAL	ESAL's
Automóviles	0,990	7 013	1279872.5	16894317	0.001	16894.32
Buses	0,0056	40	7300	96360	0.95	91542
Carga liviana	0,0016	12	2190	28908	0.39	11274.12
Dos ejes	0,00084	6	1095	14454	0.95	13731.3
Tres ejes	0,0014	10	1825	24090	1.45	34930.5
Cinco ejes	0,00028	2	365	4818	2.7	13008.6
Total:	1	7083	1292647.5	17062947		181380.8

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Por medio de la hoja en Excel *Ecuación de diseño de la AASHTO: pavimento flexible*, se calcularon los espesores necesarios de la

sobrecapa para cumplir con las cargas calculadas para el rango de 10 años., según lo indicado en la tabla N°. 18.

Tabla 15. Espesor de la sobrecapa para cada tramo homogéneo

Tramo	Sobrecapa (cm)
1	15,00
2	7,00

3	7,00
4	10,50
5	7,50
6	7,50
7	7,00

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Mediante el programa Everstress se calculó la deformación esperada para la estructura de

pavimentos analizada, que incluye espesores de las capas obtenidos anteriormente Tabla N°.19.

Tabla 16. Deformación calculada para cada tramo por medio de Everstress

Tramo	$\epsilon_t (x10^{-6})$	MR ($x10^3$)	$\epsilon_v (x10^{-6})$
1	371	400	349
2	340	400	241
3	379	400	281
4	204	400	0
5	307	400	251
6	375	400	208
7	393	400	209

Debió revisarse que las deformaciones esperadas se produzcan por un número de repeticiones de ejes equivalentes superiores a las esperadas durante los próximos 10 años, de modo que se calculó por medio de la metodología *Shell*, *PDMAP* y del Instituto del Asfalto las repeticiones

necesarias para llegar a la ruptura por medio de fatiga (tabla N°. 20) y a partir de las metodologías *Shell*, Instituto del Asfalto, así como de las metodologías inglesa y belga para calcular la deformación plástica.

Tabla 17. Revisión en cada tramo por ruptura generada debido a fatiga y deformación plástica.

Tramo 1			
Capacidad a fatiga			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
PDMAP.	185793.8058	181380	CUMPLE
	255876.9886		CUMPLE
Shell.	113006.486		NO CUMPLE
Instituto del Asfalto.	255237.3921		CUMPLE
Deformación plástica			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
Inst. Asfalto.	4101126.967	181380	CUMPLE
Shell 50 %.	41454664.81		CUMPLE

Shell 85 %.	13076756.05		CUMPLE
Shell 95 %.	7077625.7		CUMPLE
UK.	2797873.266		CUMPLE
Belgian.	3334335.007		CUMPLE
Tramo 2			
Capacidad a fatiga			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
PDMAP.	247596.0155	181380	CUMPLE
	340991.577		CUMPLE
Shell.	185355.6691		CUMPLE
Instituto del Asfalto.	340139.226		CUMPLE
Deformación plástica			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
Inst. Asfalto.	4101126.967	181380	CUMPLE
Shell 50 %.	41454664.81		CUMPLE
Shell 85 %.	13076756.05		CUMPLE
Shell 95 %.	7077625.7		CUMPLE
UK.	2797873.266		CUMPLE
Belgian.	3334335.007		CUMPLE
Tramo 3			
Capacidad a fatiga			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
PDMAP.	173196.5064	181380	NO CUMPLE
	238527.8685		CUMPLE
Shell.	100128.9939		NO CUMPLE
Instituto del Asfalto.	237931.6384		CUMPLE
Deformación plástica			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
Inst. Asfalto.	4101126.967	181380	CUMPLE
Shell 50 %.	41454664.81		CUMPLE
Shell 85 %.	13076756.05		CUMPLE
Shell 95 %.	7077625.7		CUMPLE
UK.	2797873.266		CUMPLE
Belgian.	3334335.007		CUMPLE
Tramo 4			
Capacidad a fatiga			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
PDMAP.	1329988.502	181380	CUMPLE
	1831672.758		CUMPLE

Shell.	3358227.646		CUMPLE
Instituto del Asfalto.	1827094.264		CUMPLE
Deformación plástica			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
Inst. Asfalto.	4101126.967	181380	CUMPLE
Shell 50 %.	41454664.81		CUMPLE
Shell 85 %.	13076756.05		CUMPLE
Shell 95 %.	7077625.7		CUMPLE
UK.	2797873.266		CUMPLE
Belgian.	3334335.007		CUMPLE
Tramo 5			
Capacidad a fatiga			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
PDMAP.	346472.184	181380	CUMPLE
	477164.7726		CUMPLE
Shell.	330720.4762		CUMPLE
Instituto del Asfalto.	475972.0397		CUMPLE
Deformación plástica			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
Inst. Asfalto.	4101126.967	181380	CUMPLE
Shell 50 %.	41454664.81		CUMPLE
Shell 85 %.	13076756.05		CUMPLE
Shell 95 %.	7077625.7		CUMPLE
UK.	2797873.266		CUMPLE
Belgian.	3334335.007		CUMPLE
Tramo 6			
Capacidad a fatiga			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
PDMAP.	179351.0259	181380	NO CUMPLE
	247003.9312		CUMPLE
Shell.	106338.7357		NO CUMPLE
Instituto del Asfalto.	246386.514		CUMPLE
Deformación plástica			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
Inst. Asfalto.	4101126.967	181380	CUMPLE
Shell 50 %.	41454664.81		CUMPLE
Shell 85 %.	13076756.05		CUMPLE
Shell 95 %.	7077625.7		CUMPLE

UK.	2797873.266		CUMPLE
Belgian.	3334335.007		CUMPLE
Tramo 7			
Capacidad a fatiga			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
PDMAP.	153707.4381	181380	NO CUMPLE
	211687.3392		CUMPLE
Shell.	81512.20825		NO CUMPLE
Instituto del Asfalto.	211158.2003		CUMPLE
Deformación plástica			
Método	Repeticiones necesarias	Ejes equivalentes	Condición
Inst. Asfalto.	4101126.967	181380	CUMPLE
Shell 50 %.	41454664.81		CUMPLE
Shell 85 %.	13076756.05		CUMPLE
Shell 95 %.	7077625.7		CUMPLE
UK.	2797873.266		CUMPLE
Belgian.	3334335.007		CUMPLE

Fuente: Elaboración propia. Excel 2010.

Análisis de resultados

A lo largo de Curridabat existen 137 km de red vial cantonal, cuyo debido mantenimiento y construcción recaen en la Municipalidad, precisamente en la Unidad Técnica de Gestión Vial. Esta oficina tiene a su disposición un inventario efectuado en 2012, el cual fue la base para identificar las vías de mayor importancia o las que deben brindar un mejor servicio a la comunidad, ya que se trata de las más transitadas diariamente; así pues, se determinó que 14 (catorce) de estas vías, con una longitud total acumulada de 18,3 km, se incluirían en el proyecto, las cuales están ordenadas y calificadas en la tabla 10.

Para el procedimiento de la auscultación visual a lo largo del cantón, se calculó el número de unidades de muestra necesarias, con el fin de realizar la caracterización a cada una de las vías, las calles construidas con pavimento rígido y en lastre quedaron excluidas, porque el presente proyecto se enfatiza en las vías construidas en pavimento flexible. En total, se calculó un total de 138 unidades de muestra. Con esta cantidad, estadísticamente se pudo caracterizar las vías por medio del procedimiento establecido en la norma ASTM D6433 para otorgar un valor de PCI.

Al obtener el valor del PCI para cada una de las vías (tabla 12) por medio de las unidades de muestra y luego de la inspección visual se llegó al valor conseguido. Para la vía 01-El Prado, se

reportó un valor de PCI igual a 49, esta vía presenta una estructura que cumple con los requerimientos funcionales, pero el nivel de servicio es muy deficiente, ya que presenta una gran cantidad de baches que generan una incomodidad de grado medio y, a través de sus 777 metros, se presenta una gran cantidad de grietas longitudinales y cuero de lagarto. Para la vía 02-José María Zeledón, se obtuvo un valor de PCI de 65, esto indica que no se requiere una rehabilitación profunda, pues sus condiciones actuales presentan un buen aspecto y una buena condición. Los baches y el cuero de lagarto fueron las principales fallas encontradas en la vía, por lo cual se recomienda una rehabilitación menor.

Para el conjunto de calles 03-Curridabat centro, al hallarse entre las vías más transitadas a diario por parte de los residentes, la Municipalidad a lo largo de los años ha intervenido mediante mantenimiento preventivo, actualmente presenta bajo nivel de deterioro y se recomienda solucionar las grietas por medio de bacheos, ya que el mayor porcentaje de la estructura conserva buenas condiciones. La vía con el código 04-Espartaco y Bilbaína cuenta con alto volumen de vehículos diariamente, de modo que su condición se ha visto disminuida, ya que conecta dos calles que pertenecen a la ruta vial nacional. Es muy utilizada por los camiones de la empresa El Rey, la cual se ubica en medio de la vía. Se han realizado bacheos, pero estos interfieren el buen servicio que brinda el pavimento y en varios sectores presenta hundimientos, cuero de lagarto y huecos, por lo cual resultaría ideal una rehabilitación mayor, con el fin de dejar en excelentes condiciones el servicio para sus usuarios.

La calle Mercedes, único acceso al distrito de Tirrases, constituye una de las vías más utilizadas diariamente, su condición actual es muy deficiente, por lo que se hace necesario ejecutar una intervención profunda: se recomienda realizar una sobrecapa, la cual se analizará más

adelante. 06-Hacienda Vieja es la vía principal que conecta dicha localidad, La Lía y Ayarco sur, por lo que su tránsito diario es alto, lo que ha hecho que su condición se vea reducida. El mayor porcentaje de los vehículos que la transitan son livianos, de modo que su deterioro no está en rangos graves, sus principales fallas consisten en grietas longitudinales y cuero de lagarto de gravedad media. Hay sectores que presentan un deterioro alto donde se debe realizar una intervención más puntual. Se recomienda una rehabilitación menor en el 93 % de su extensión y una rehabilitación mayor en los sectores más dañados.

La 07-Hacienda Gregal, con una longitud superior a los 3 000 metros obtuvo un valor de PCI igual a 44, por lo que se recomienda una rehabilitación mayor, pues su condición está deteriorada, principalmente por la gran cantidad de vehículos que frecuenta esta vía y el poco mantenimiento. Sus principales deficiencias son resultado del desprendimiento de los agregados y cuero de lagarto a lo largo de la calle. Entre tanto, 09-Urbanización San Ángel es una de las principales vías que ayudan a conectar Granadilla con el sector norte de Curridabat, por lo que el tránsito en esta vía se muestra constante a lo largo del día, no hay una gran cantidad de vehículos pesados, por lo que su condición no reporta daños, se recomienda una rehabilitación menor.

Las vías 10-Calle Koberg y 11-Las Rusias muestran características muy similares en torno a su condición estructural, existen huecos de gran tamaño a lo largo de su vía, el cuero de lagarto de alta gravedad está presente en todo lo largo y hay bacheos que alteran las servidumbre a los usuarios. Estas vías obtuvieron el valor más bajo de PCI, 26 y 22 respectivamente. Se recomienda reconstruir por completo estas dos calles o realizar una intervención profunda a corto plazo. Por último, la vía 14-Servi Indoor, pese a constituir un paso de mucho tránsito, sus condiciones actuales se califican como buenas,

no hay fallas graves que afecten el ruedo, se recomienda efectuar un mantenimiento preventivo con el fin de mantener la calidad presente.

Cuando se lleva a cabo un estudio del estado de alguna vía, es importante no solo enfocarse en la carretera, sino también en lo que la rodea. Debido a que estas calles se localizan en un país con un clima tropical, en el cual ocho meses al año se está en época lluviosa, es necesario estudiar si el agua influye en la calidad del pavimento, lo anterior se comprueba cuando la vía presenta un sistema de drenaje con buen funcionamiento, evitando que el agua que escurre sobre la superficie de ruedo pueda ingresar al pavimento, deteriorando o lavando las capas inferiores.

Como se pudo observar, el sistema de evacuación está mayoritariamente en muy buenas condiciones. En algunos casos, principalmente las calles del centro, barrio Cipreses y Servi Indoor, se denota algún deterioro, el cual tiene que repararse para evitar grandes afectaciones a la estructura de pavimento. Por otro lado, en la calle Las Rusias, destaca la inexistencia de cualquier tipo de sistema pluvial, no hay bombeo en ninguno de los extremos, dicha vía se halla en un estado de colapso, y con un alto TPD que daña diariamente lo que queda de camino.

El tránsito promedio diario se vuelve un factor importante a la hora de clasificar los resultados conseguidos por medio del deflectómetro de impacto y el perfilómetro láser, utilizados por el Lanamme para obtener la clasificación de notas Q, pues cuando el TPD resulta inferior a 5 000 se utiliza un rango para la deflexión calculada y, si lo supera, dicho rango se ve alterado, según lo indica el Ing. Roy Barrantes en el informe *Determinación de rangos de clasificación para la Red Vial Nacional, UI-03-08*.

Los resultados obtenidos se clasificaron en el gráfico 3, donde se muestra la cantidad de metros para cada tipo de intervención recomendada en cada una de las notas

obtenidas. Se observa que el mantenimiento del IRI es la intervención más común con un aproximado de 7 000 metros, esto indica que gran parte de la red vial analizada presenta una condición funcional buena o apta para las solicitaciones requeridas y el deterioro se ubica en la carpeta asfáltica principalmente, en otras palabras, las capas inferiores del pavimento se encuentran en buen estado por lo que son capaces de soportar las cargas que se les apliquen.

El mantenimiento del IRI genera una satisfacción mayor en los choferes que transiten por este tipo de vías, lo que añadirá confort a su manejo. Cuando se recomienda ejecutar un mantenimiento de IRI, se plantea elaborar una carpeta más uniforme con poca cantidad de rugosidad, por medio de una sobrecapa, restitución de capa o mejorar la calidad de los bacheos. La segunda intervención más común consiste en la reconstrucción con un 37,7 % de la longitud total del proyecto, esto indica que la mayoría de las vías se halla en extremos opuestos: o están muy bien o muy mal.

Cuando la solución comprende la reconstrucción, se debe a que el pavimento analizado no cumple con los requerimientos mínimos de funcionalidad ni estructural, o sea, todas las capas de la estructura están colapsadas y eso ha generado que se deteriore de una manera acelerada, causando que el transitar sobre este tipo de vías resulte incómodo. El índice de servicio y la capacidad estructural deben reinstalarse a su valor máximo, con el fin de que la vía cumpla de nuevo con los requerimientos básicos.

La rehabilitación menor y mayor completan el porcentaje de intervención necesario en el proyecto; depende de la capacidad funcional y estructural qué tanto se debe intervenir en cada una de las reparaciones. La rehabilitación menor consiste en mejorar la capacidad estructural, medianamente dañada y con la capacidad funcional completamente deteriorada, es decir, se puede realizar una sustitución de la capa o

agregarle capacidad por medio de una sobrecapa de asfalto. La rehabilitación mayor se debe efectuar cuando la capa asfáltica y la base no tengan capacidad estructural ni funcional, de modo que se observa la necesidad de sustituir o intervenir las dos capas, con el fin de restituir las condiciones necesarias para el funcionamiento correcto.

Al comparar el tipo de intervención planteado por medio de cada uno de los procesos de clasificación, se obtiene diferencias altas, ya que hay variaciones que superan el 50 % en el 80 % de los casos, en otras palabras, los resultados arrojados mediante el procedimiento del PCI clasifican las vías de una manera distinta a la catalogada como real por medio de las notas de calidad Q. Resulta evidente que la apariencia del pavimento no se puede tomar en cuenta para determinar el tipo de intervención a realizar, ya que a simple vista no es posible notar la rugosidad presente a lo largo del trayecto, la condición estructural de las capas inferiores, pero sí debe monitorearse el comportamiento de la superficie, porque esta podría presentar un reflejo de las capas inferiores y eso permite la intervención a tiempo evitando algún daño mayor.

Por otro lado, las notas de calidad Q no deben considerarse como definitivas, aun cuando los equipos presenten el comportamiento real de la estructura de pavimento, esta se debe completar con ventanas de inspección para obtener los espesores de las capas, el tipo de material y sus características mecánicas. Al conseguir los valores reales en campo, se puede calificar de una manera detallada y real al pavimento en análisis, generando una intervención que sea coherente con las características presentes, por lo cual sería la solución correcta.

Con el fin de realizar el retrocálculo de los módulos resilientes, se utilizaron espesores obtenidos en 2005 por un equipo de trabajo de la empresa CACISA, encargada de generar un informe sobre la condición de la calle Mercedes.

En este informe, se llevaron a cabo cuatro ventanas de inspección, con el fin de obtener las características mecánicas de los suelos y espesores de las capas. Al utilizar estos datos, el programa asociaba un error alto al retrocálculo, pues los espesores de cada una de las capas eran relativamente pequeños, por lo cual, con las iteraciones realizadas, el valor tendía a los límites, o sea que había error asociado, esto impedía realizar el cálculo correctamente por tener espesores tan bajos. Se buscó la solución introduciendo el valor de las capas más pequeñas, la capa de asfalto más antiguo y la capa de asfalto colocada como solución en 2006, se calculó un valor promedio de todos los espesores de las capas a lo largo de la vía, a esto se le sumó una doble desviación estándar con el fin de que el valor obtenido estuviera dentro del rango admisible presente en toda la vía, porque no se cuenta con los valores reales a lo largo de los casi dos kilómetros de calle.

El valor obtenido para la capa más nueva fue de 9 cm y para la capa de asfalto más antigua 12,7 cm. Al tratarse de valores que rondan los 10 cm o más, el programa se comporta de una manera más estable generando resultados coherentes y con la mayoría de los valores dentro del rango establecido.

Cuando el programa arroja los resultados finales, los valores para cada una de las capas se asemejan más a los esperados. Para la capa uno, la colocada más recientemente, se espera un valor más alto que las otras, hay valores que se alejan de la media con gran diferencia por lo que son eliminados para evitar que interfieran directamente con el promedio de los valores, con el cual se trabaja para realizar el diseño de la vía, con el fin de mantener el valor dentro del rango de confianza y los valores sean más exactos.

Para la capa asfáltica más reciente se obtuvieron valores entre 1 355 y 3 740 MPa, lo que está dentro del rango esperado, pues durante la auscultación visual se logró determinar que la vía presenta mucho cuero de lagarto, grietas

longitudinales, depresiones y roderas. El valor calculado demuestra que el pavimento presenta una vida útil remanente menor al 50 % en las partes más críticas y en los sectores donde el valor da más alto se prevé ya que el uso de la vía ha generado una confinación de los agregados aumentando su módulo. Para la capa de asfalto inferior, calculada con un espesor de 12,7 cm, los módulos resilientes se encuentran entre el rango de 219 y 1 977 MPa. Según el informe de CACISA, la condición visual del pavimento está altamente dañado, por lo cual los valores obtenidos son coherentes con el resultado esperado.

La capa de base tiene espesores muy variables, su rango es entre 1 a 47 cm y sus características mecánicas se tornan distintas, pues el tipo de material variará a lo largo de la vía. Los módulos retrocalculados se encuentran en el rango de 35 a 131 MPa, valores que se asemejan a los obtenidos en comparación con el CBR calculado a cada uno de los materiales. La subrasante está compuesta por un material competente, el cual presenta características similares a las de una base, pues su rango de módulo resiliente está entre 62 y 135 MPa. Estos valores se tornan coherentes al compararlos con el valor de CBR calculado para el material por medio del laboratorio.

Para el diseño de la sobrecapa como medida de intervención para calle Mercedes, se calcularon espesores de la capa asfáltica. Estos valores se obtuvieron por medio del método establecido por la AASHTO 93, diseño de pavimentos flexibles, utilizando la hoja de Excel llamada *Ecuación AASHTO para diseño de sobrecapas* facilitada por el Ing. Pedro Castro. Los resultados obtenidos indicaban cuál sería el espesor de la sobrecapa en cada uno de los tramos homogéneos analizados. Para el tramo 1, se obtuvo un espesor de 7,00 cm, que debió variarse porque las deformaciones en la última fibra de la capa no cumplían con la cantidad de repeticiones de ejes mínimos calculados por los diferentes métodos, se formuló aumentar el

espesor hasta llegar con la solución final de 15,00 cm. Para los tramos 2 y 3, se calculó utilizar un espesor de 7,00 cm, pues el módulo calculado en estos tramos resulta alto, por lo que no se necesita un gran aporte estructural extra.

En el tramo 4, se obtuvo la necesidad de utilizar un espesor de 10,50 cm, principalmente porque en este sector la estructura de pavimento es la más deficiente, ya que solo cuenta con un espesor de la capa de base de 1,00 cm. En el tramo 5, se realizará una sobrecapa con un espesor de 7,50 cm, debido a que la condición *in situ* está bastante deteriorada, pero la estructura existente ayuda a soportar las cargas hasta cierto punto, y se necesita un soporte extra brindado por la sobrecapa.

Para los tramos 6 y 7, se calcularon unos espesores de 5,00 y 4,00 cm respectivamente, pero al comparar con las repeticiones necesarias para generar la deformación calculada era menor a la obtenida por medio de los ejes equivalentes, se aumentó este espesor a 7,50 y 7,00 cm. Al realizar este cambio, la deformación cumple con la vida útil de diseño.

Para cada uno de los tramos, se calculó la deformación presente en la última fibra de la capa de asfalto y la deformación en la primera fibra de la subrasante, con el fin de calcular la capacidad de soportar la fatiga y la deformación plástica. Para calcular cuántas repeticiones de ejes simples son necesarias para generar la ruptura por fatiga, se utilizaron tres métodos, Método PDMAP, el método Shell y el del Instituto del Asfalto. Por otro lado, para averiguar la deformación plástica fueron necesarios los métodos Shell, el del Instituto del Asfalto, el método belga y el método inglés.

En la tabla 20, se puede observar los valores obtenidos de repeticiones necesarias para lograr

que el pavimento sufra ruptura gracias a la fatiga o presente deformación plástica. Se observa que, en general, todos los tramos cumplen con las especificaciones, aunque puntualmente el tramo 1 no cumple por medio del método Shell, ya que este castiga bastante el daño generado por un eje equivalente provocando así que el número de repeticiones necesarias resulte menor a las proyectadas. Se acepta el espesor propuesto en la tabla 18, ya que cumple por medio de los otros tres métodos, es decir, supera el 50 % de las especificaciones.

Para conseguir que el pavimento sufra alguna deformación plástica, se requiera de una cantidad exorbitante de repeticiones, por lo cual todos los tramos cumplen con este apartado, debido a la buena capacidad estructural que presenta la subrasante a lo largo de todo el trayecto. En los tramos 6 y 7, las repeticiones requeridas para generar el agrietamiento al 10 % son menores que las proyectadas, por lo que se debería aumentar el espesor de la sobrecapa con el fin de incrementar la cantidad de repeticiones necesarias para generar la falla; pero las diferencias son muy pocas y, si se compara con todos los métodos, sí cumple con los requerimientos mínimo del Instituto del Asfalto y por el método PDMAP al 45 %, igualando el porcentaje de aprobación del 50 %.

Con el objetivo de realizar la reparación por medio de la sobrecapa en la calle Mercedes, se debe utilizar los espesores calculados en cada uno de los tramos, se debe colocar un geotextil capaz de evitar el reflejo de las grietas existentes en el pavimento a la nueva capa asfáltica. De esta manera, se aumenta la capacidad estructural y funcional a una vía tan transitada diariamente e importante para el distrito de Tirrases.

Conclusiones

Las vías analizadas en el proyecto se seleccionaron por un procedimiento de priorización e impacto a la sociedad, fueron tomados en cuenta factores como el tránsito promedio diario, conexión entre los diferentes barrios y la búsqueda de mejorar el confort de manejo a la mayor cantidad de población cantonal.

Las unidades de muestra calculadas para inspeccionar ascendieron a 138, esto incluye tramos en que formaban parte la estructura de pavimento rígido y en lastre, por lo cual fueron separados y solo se analizó las secciones de pavimento rígido. En total, se contó con 90 unidades de muestra.

La clasificación visual de las vías en estudio arrojó valores de acuerdo con la condición presentada según las fallas existentes, en donde el 18 % está para preservación, el 27 % para rehabilitación menor, otro 27 % para rehabilitación mayor y el restante 28 % se debe intervenir por medio de una reconstrucción total.

Las principales calles de las vías analizadas tienen un tránsito promedio diario entre el rango de 4 521 hasta 8 031 vehículos de todas las clases y las calles adyacentes poseen un rango entre 459 hasta 2 020.

El sistema de evacuación pluvial se encuentra en buen estado a lo largo del cantón, excepto en calle Las Rusias, donde no hay presencia de dicho sistema.

En un alto porcentaje de cunetas y tragantes, hay presencia de basura y vegetación.

Según los resultados de las notas de calidad Q, del total de las vías analizadas en el proyecto, el 39,66 % deben de intervenirse manteniendo el IRI, un 1,98 % tienen que recibir obras de preservación, un 12,46 % necesita rehabilitación menor, un 5,94 % rehabilitación menor y un 39,94% debe reconstruirse.

La diferencia entre el tipo de intervención propuesta según el método de clasificación varía 156,8 % en general, la mayor disimilitud se da en proponer el mantenimiento de preservación.

Luego de hacer una variable en los espesores de las capas de asfalto para realizar el retrocálculo, los valores resultaron ser más coherentes con los esperados, en otras palabras, para espesores pequeños, el *software Evercalc* presenta deficiencias.

La clasificación obtenida a partir del conteo realizado en calle Mercedes generó como resultado de ejes equivalentes 181380,8 para una proyección de 10 años con un crecimiento vehicular anual del 6 %

La sobrecapa diseñada para calle Mercedes como medida de restauración de la capacidad estructural y funcional tiene espesores de 15,00 cm para el tramo 1, 7,00 cm para los tramos 2, 3 y 7, 7,50cm para los tramos 5 y 6, por último un espesor de 10,50cm para el tramo 4.

Las deformaciones esperadas para la vida útil de la sobrecapa de calle Mercedes cumplen con las especificaciones, es decir, se requieren más repeticiones de ejes simples que los proyectados.

Recomendaciones

Para un mejor resultado de las intervenciones y manejo de la red vial cantonal, deben tomarse en cuenta diferentes consideraciones:

En todas las vías se tiene que efectuar ventanas de inspección con el fin de obtener los espesores de las capas presentes, junto con pruebas de laboratorio como clasificación de granulometría, límites, CBR, porcentaje de compactación y clasificación del suelo. Lo anterior porque se requiere conocer las características mecánicas de las capas inferiores, pues el tipo de intervención final está relacionado con las características presentes en la estructura.

Para la intervención a realizar en calle Mercedes, al momento de colocar la sobrecapa, es necesario poner una geo grilla que evite el reflejo de las grietas presentes en las capas anteriores a la nueva carpeta.

Con el fin de efectuar una mejor administración de pavimentos a nivel cantonal, se recomienda realizar las pruebas de deflectometría, el cálculo del IRI y la colocación de contadores a lo largo de todas las vías cantonales, para actualizar el inventario vial por medio de características técnicas.

Se debe intervenir en un corto plazo la calle Las Rusias mediante una reconstrucción, pues sus capacidades funcionales y estructurales son casi

nulas, diariamente circula una alta cantidad de vehículos, su ancho es de tan solo 4, 50 m y presenta dos carriles, no existe sistema de drenajes.

Se necesita reparar los sistemas de evacuación de aguas, ya que estos presentan una serie de grietas en las cunetas y algunas cajas de registro.

Se requiere generar un plan de limpieza en las cunetas, cajas de registro y tuberías de la red pluvial municipal, con el fin de no impedir el tránsito del agua y evacuarla eficientemente.

Realizar planos para todas las vías de la Red Vial Cantonal (RVC), así como revisar el diseño geométrico existente, con el objetivo de aumentar el nivel de servicio y la eficiencia vehicular para los usuarios.

Inventariar el sistema pluvial municipal, con el fin de tener esta información a mano para un mejor manejo de la información de las vías y su sistema de evacuación.

Expandir lo aplicado a las vías estudiadas en este proyecto a todas las vías pertenecientes de la RVC, con el fin de actualizar el inventario municipal y desarrollar una administración de pavimentos más eficiente.

Apéndices

Apéndice N°1 Cálculo del PCI

03- Curridabat Centro	22	01 M 06 L	2.52 0.3	2.34 0.3	2.3 0.3	6.37 0.3				13.53 0.3	4.8 0.1	36 0	6.88	36.00 36.00	0 0					36.00 36.00	2 1	26.54 36.00	27.00 36.00	64.00	73.55	
	23	01 L	3.63							3.63	1.3	11			29.00	11	0	0			40.00	4	19.05	19.00		69.00
		03 L	0.08							0.08	0.0	0			29.00	11	0	0			40.00	3	24.24	24.00		
		10 L	0.6	0.5	0.9	1	1.7			4.7	1.7	0*			29.00	11	0	0			40.00	2	29.66	30.00		
		01 M	5.85							5.85	2.1	29			29.00	2	0	0			31.00	1	31.00	31.00		
	24	11 L	6.24							6.24	2.2	4			4.00	0					4.00	2	0.00	0.00		96.00
		06 L	0.4							0.4	0.1	0			4.00	0					4.00	1	4.00	4.00		
	25	01 L	1.6							1.6	0.6	8			8.00	1	0				9.00	3	0.00	0.00		91.00
		11 L	2.6							2.6	0.9	1			8.00	1	0				9.00	2	0.00	0.00		
		10 L	0.8	0.6						1.4	0.5	0			8.00	1	0				9.00	1	9.00	9.00		
	26	11 L	5.04							5.04	1.8	4			9.00	4					13.00	2	0.00	0.00		89.00
		01 L	2.34							2.34	0.8	9			9.00	2					11.00	1	11.00	11.00		
	27	13 M	0.28							0.28	0.1	0			60.00	0	0	0			60.00	4	33.19	33.00		40.00
		11 H	10.32	3	15.39	3.61	14.04			46.36	16.6	60			60.00	0	0	0			60.00	3	38.36	38.00		
		10 M	1.1							1.1	0.4	0*			60.00	0	0	0			60.00	2	44.47	44.00		
		15 M	1.5							1.5	0.5	0			60.00	0	0	0			60.00	1	60.00	60.00		
	28	11 L	1.015	8.32	0.98					10.315	3.7	8			11.00	8	0	0			19.00	4	0.00	0.00		87.00
		19 M	6.76							6.76	2.4	11			11.00	8	0	0			19.00	3	0.00	0.00		
		10 L	1							1	0.4	0			11.00	8	0	0			19.00	2	12.73	13.00		
		15 M	1.5							1.5	0.5	0			11.00	2	0	0			13.00	1	13.00	13.00		
10 M		1.6	2.9	6.1					10.6	3.8	10*			48.00	20	10	0	0		78.00	5	40.56	41.00			
29	10 L	0.4	0.3	0.4	1.9				3	1.1	0*			48.00	20	10	0	0		78.00	4	44.89	45.00	48.00		
	01 M	8.46	1.68	3.6	4.5	4.2	12.96		35.4	12.6	48			48.00	20	10	0	0		78.00	3	50.17	50.00			
	11 M	11.76							11.76	4.2	20			48.00	20	2	0	0		70.00	2	51.39	51.00			
	13 M	0.03							0.03	0.0	0			48.00	2	2	0	0		52.00	1	52.00	52.00			
	15 M	1.2							1.2	0.4	0															
	13 H	0.9							0.9	0.3	0															
	15 L	1.8							1.8	0.6	0									5.00	2	0.00	0.00			
	11 M	4	0.96						4.96	1.8	12			12.00	0					5.00	1	5.00	5.00			
31	10 H								45	16.1	42*			42.00	42					84.00	2	60.55	61.00	39.00		
	11 M	8	6.8	2.56	4.6	4.42			26.38	14.7	42			42.00	2					44.00	1	44.00	44.00			
	11 M	7.2	1.44	6.1					14.74														0.00			
32	15 L	0.75	0.8						1.55	0.6	0			7.00	2	0				9.00	3	0.00	0.00	91.00		
	11 L	3	4.2						7.2	2.6	7			7.00	2	0				9.00	2	0.00	0.00			
	10 L	1.5	3	4.1	3.4				12	4.3	2*			7.00	2	0				9.00	1	9.00	9.00			
04- Café Rey	33	01 M	3.24	0.72	3.12	2.42	2.75	6.96	1.68	20.89	7.5	42			42.00	2	0			44.00	3	27.14	27.00	56.00		
		11 L									0.0	0			42.00	2	0			44.00	2	32.72	33.00			
		08 L	2							2	0.7	2			42.00	2	0			44.00	1	44.00	44.00			
	34	01 M	5.04	4.62	12.92	7.68	7.25	2.47		39.98	14.3	51			51.00	20	8	8	0		87.00	5	45.75	46.00	43.00	
		10 H	2.2							2.2	0.8	8*			51.00	20	8	8	0		87.00	4	50.38	50.00		
		11 L	0.45	0.4						0.85	0.3	0			51.00	20	8	2	0		81.00	3	52.06	52.00		
		19 L	0.25	0.24	0.15					0.64	0.2	0			51.00	20	2	2	0		75.00	2	54.73	55.00		
		04 M	1.9							1.9	0.7	20			51.00	2	2	2	0		57.00	1	57.00	57.00		
		13 H	0.4							0.4	0.1	0														
	35	06 M	0.72							0.72	0.3	8														
		11 L	0.3	0.6						0.9	0.3	0			37.00	12	8	4	0	0	61.00	6	27.29	27.00	57.00	
		19 M	0.3							0.3	0.1	4			37.00	12	8	4	0	0	61.00	5	30.27	30.00		
01 M		2.8	2.16	2.64	5.72				13.32	4.8	37			37.00	12	8	4	0	0	61.00	4	33.86	34.00			
10 L		0.9							0.9	0.3	0			37.00	12	8	2	0	0	59.00	3	37.67	38.00			
08 H		0.24							0.24	0.1	8			37.00	12	2	2	0	0	53.00	2	39.43	39.00			
06 M	2.3							2.3	0.8	12			37.00	2	2	2	0	0	43.00	1	43.00	43.00				
36	11 L	0.3	0.35						0.65	0.2	0			31.00	9	2	0			42.00	4	20.52	21.00	65.00		
	08 M	1.2	1.8						3	1.1	9			31.00	9	2	0			42.00	3	25.69	26.00			
	01 M	0.56	2.08	0.9	3.36	0.63			7.53	2.7	31			31.00	9	2	0			42.00	2	31.19	31.00			
	10 M	1.3	1.4						2.7	1.0	2*			31.00	2	2	0			35.00	1	35.00	35.00			
37	01 M	6.82	5.06	1.44	23.8	2.952	3.36	1.82	45.252	16.2	53			53.00	30	12	0	0		95.00	5	50.22	50.00	39.00		
	11 L	0.45							0.45	0.2	0			53.00	30	12	0	0		95.00	4	55.05	55.00			
	09 L	0.42	0.2						0.62	0.2	0			53.00	30	12	0	0		95.00	3	60.56	61.00			
	08 H	1.8	2.2	1.1					5.1	1.8	12			53.00	30	2	0	0		85.00	2	61.18	61.00			
	06 H	1.8							1.8	0.6	30			53.00	2	2	0	0		57.00	1	57.00	57.00			
	10 M	1.6							1.6	0.6	0*															
37.2	11 M	0.25							0.25	0.1	0															
	01 H	2.04	0.98	0.25	7.77				11.04	3.9	50			50	30	10	8	0		98.00	5	51.85	52.00	39.00		
	06 M	0.85							0.85	0.3	8			50	30	10	8	0		98.00	4	56.75	57.00			
	10 H	5.1	1.5	4.2					10.8	3.9	10*			50	30	10	2	0		92.00	3	58.78	59.00			
	19 L	0.25	0.12						0.37	0.1	0			50	30	2	2	0		84.00	2	60.55	61.00			
01 M	1.9	0.64	2.8	1.76				7.1	2.5	30			50	2	2	2	0		56.00	1	56.00	56.00				
38	01 M	4.2	1.3	3.2	4.48	1.68	6.12	1.9	0.78	23.66	8.5	45														

07- Hacienda Gregal	100	11 H	1.69						1.69	0.6	15		46.00	15	6			67.00	3	43.05	43.00	50.00	44.07	
		01 M	11.78	6.24	4.48	5.5			28	10.0	46	5.96	46.00	15	2				63.00	2	46.58			47.00
		12 M	5						5	1.8	6		46.00	2	2				50.00	1	50.00			50.00
	101	10 M	35						35	12.5	20*		25.00	20	0				45.00	3	27.86	28.00		67.00
		01 M	4.4					4.4	1.6	25	7.89	25.00	20	0				45.00	2	33.48	33.00			
		13 H	0.63					0.63	0.2	0		25.00	2	0				27.00	1	27.00	27.00			
	102	11 H	5	0.64	0.96	0.63	1.8		9.03	3.2	30		35.00	31	30	10			106.00	5	56.13	56.00		43.00
		10 H	35					35	12.5	35*		35.00	31	30	2			98.00	4	56.75	57.00			
		12 H	6					6	2.1	10	7.34	35.00	31	2	2			70.00	3	45.03	45.00			
		01 H	1.19	2.3				3.49	1.2	31		35.00	2	2	2			41.00	2	30.43	30.00			
		04 M	35					35	12.5	0								41.00	1					
	103	11 H	6.12					6.12	2.2	26	7.80	26.00	20						46.00	2	34.23	34.00		66.00
		01 M	2.34					2.34	0.8	20		26.00	2					28.00	1	28.00	28.00			
	104	08 M	17					17	6.1	20	8.35	20.00	0						20.00	2	13.57	14.00		80.00
		13 H	0.81					0.81	0.3	0		20.00	0					20.00	1	20.00	20.00			
	105	01 H	18.27	66				84.27	30.1	76	3.20	76.00							76.00	1	76.00	76.00		24.00
	106	01 M	39.2					39.2	14.0	50	5.59	50.00	35						85.00	2	61.18	61.00		39.00
04 M		6					6	2.1	35		50.00	2					52.00	1	52.00	52.00				
107	14 M	8					8	2.9	18	7.43	30.00	22	18	0				70.00	4	39.81	40.00	55.00		
	01 M	3.5					3.5	1.3	22		30.00	22	18	0			70.00	3	45.03	45.00				
	11 L	27.25	32.4	5.7	18.86		84.21	30.1	30		30.00	22	2	0			54.00	2	40.16	40.00				
	11 M	0.91					0.91	0.3	0		30.00	2	2	0			34.00	1	34.00	34.00				
108	01 M	0.66					0.66	0.2	10	3.39	74.00	30	10					114.00	4	65.38	65.00	33.00		
	11 L	96.72					96.72	34.5	30		74.00	30	2				106.00	3	66.88	67.00				
	01 H	2.88	63.99	0.81	9.1		76.78	27.4	74		74.00	2	2				78.00	2	56.70	57.00				
	10 H	1.4					1.4	0.5	5*								78.00	1						
109	19 H	280					280	100.0	78	3.02	78.00	49	9					136.00	4	75.98	76.00	21.00		
	13 H	1.04	0.35	3.6	6.76		11.75	4.2	9		78.00	49	2				129.00	3	79.09	79.00				
	11 L	1.7	1.69				3.39	1.2	1		78.00	2	2				82.00	2	59.28	59.00				
	04 M	11.9					11.9	4.3	49															
110	01 M						35	12.5	48	5.78	48.00	17						65.00	2	47.97	48.00	50.00		
	11 L	3.51	6.48	5.58	19.5		35.07	12.5	17		48.00	2					50.00	1	50.00	50.00				
111	01 M						54	19.3	53	5.32	53.00	24						77.00	2	56.05	56.00	44.00		
	11 M	6	8.4				14.4	5.1	24		53.00	2					55.00	1	55.00	55.00				
112	10 M	20.2	10.3				30.5	10.9	18*	6.05	45.00	44	33	18				140.00	4	77.76	78.00	22.00		
	11 M	38.08					38.08	13.6	33		45.00	44	33	2			124.00	3	76.55	77.00				
	01 M	26.56					26.56	9.5	44		45.00	44	2	2			93.00	2	66.10	66.00				
	04 M	9.86					9.86	3.5	45		45.00	2	2	2			51.00	1	51.00	51.00				
113	01 H	175					75	26.8	73	3.48	73.00	31	17					121.00	3	75.00	75.00	23.00		
	11 M						30.8	11.0	31		73.00	31	2				106.00	2	73.67	74.00				
	11 L						33.6	12.0	17		73.00	2	2				77.00	1	77.00	77.00				
09-Urb. San Angel	53	04 M	1.7	2.38	4.92	2.42	2.16		13.58	4.9	51		68.00	51	26			145.00	3	86.76	87.00	13.00		
		01 M	0.81	3.96				4.77	1.7	26	3.94	68.00	51	2				121.00	2	81.73	82.00			
		11 H	55.8	4.5				60.3	21.5	68		68.00	2	2				72.00	1	72.00	72.00			
	54	01 M	0.9	5.46				6.36	2.3	30	7.43	30.00	20	1	0			51.00	4	26.97	27.00	61.00		
		10 M	1.8					1.8	0.6	0*		30.00	20	1	0			51.00	3	32.13	32.00			
		11 M	3.69	5.04	2.42			11.15	4.0	20		30.00	20	2	0			52.00	2	38.70	39.00			
		04 L	0.64					0.64	0.2	1		30.00	2	2	0			34.00	1	34.00	34.00			
	55	01 M	8	14.4	8.1	8.775	3	2.97	5.5	1.38	5.22	54.00	20	5	2			81.00	4	46.75	47.00	40.00		
		06 M	4.84					4.84	1.7	20		54.00	20	5	2			81.00	3	52.06	52.00			
		04 L	1.54					1.54	0.6	5		54.00	20	2	2			78.00	2	56.70	57.00			
56	11 M	0.6					0.6	0.2	2		54.00	2	2	2			60.00	1	60.00	60.00	75.00			
	01 M	3.38	0.91	1.2*0.4			4.29	1.5	25	7.89	25.00						25.00	1	25.00	25.00				
57	11 L	2.4					2.4	0.9	1	10.09	1.00						1.00	1	1.00	1.00	99.00			

10- Quinta Guayabos	81	01 L	2.4							2.4	0.9	17	5.87	47	17					64.00	2	47.27	47.00	51.00		
		01 M	2.53	5.28	5.94	2.72	5.04	6.15			27.66	9.9		47	47	2						49.00	1		49.00	49.00
	82	01 H	49.21	5.5	8.64						63.35	22.6	71	3.66	71	30	16				117.00	3	72.89	73.00	25.00	
		11 M	28								28	10.0	30		71	30	2					103.00	2	71.97		72.00
		04 M	0.99								0.99	0.4	16		71	2	2					75.00	1	75.00		75.00
	83	01 H	1.3	1.7	1.08	20.02					24.1	8.6	60	4.40	63	60	11				134.00	3	81.56	82.00	16.00	
		04 H	5.97								5.97	2.1	63		63	60	2					125.00	2	83.76		84.00
10 M		6	0.8	1.5	5.9					14.2	5.1	11*	63		2	2	2				67.00	1	67.00	67.00		
84	01 H	7.68	3.84	13.86	2.2	11.88	3.9			43.36	15.5	66	3.94	68	66	30				164.00	3	95.01	95.00	5.00		
	13 H	2.1	1.4	2.8						6.3	2.3	68		68	66	2					136.00	2	89.07		89.00	
	04 H	0.6								0.6	0.2	30		68	2	2					72.00	1	72.00		72.00	
85	01 H	0.5	0.7	15	2.2	31	2.9	8.3	4.2	64.8	23.1	71	3.66	71	21					92.00	2	65.50	65.00	27.00		
	11 H	3.84								3.84	1.4	21		71	2						73.00	1	73.00		73.00	
86	01 H	1.5	8.56	16.9	5.15	25.7				57.81	20.6	70	3.76	70	20					90.00	2	64.28	64.00	28.00		
	11 M	6.63	2.64	2.75						12.02	4.3	20		70	2						72.00	1	72.00		72.00	
87	01 H	10.1	1.78	17	11.9	22.2	2.85			65.83	23.5	71	3.66	71	5					76.00	2	55.39	55.00	27.00		
	11 M	0.935								0.935	0.3	5		71	2						73.00	1	73.00		73.00	
11-Urb. Gallito	58	01 M	4.07	2.64	5.04	3.45				15.2	8.6	42	6.33	42.00	22	20	20	9	7	120.00	6	59.57	60.00	38.00		
		13 H	0.1	1.43	0.9	1.21					3.64	2.1		7	42.00	22	20	20	9	2	115.00	5	60.76		61.00	
		01 L	7								7	4.0		22	42.00	22	20	20	2	2	108.00	4	62.23		62.00	
		10 H	1.8								1.8	1.0		9*	42.00	22	20	2	2	2	90.00	3	57.59		58.00	
		15 H	7.5								7.5	4.3		20	42.00	22	2	2	2	2	72.00	2	52.74		53.00	
		11 M	6.05	2.08							8.13	4.6		20	42.00	2	2	2	2	2	52.00	1	52.00		52.00	
	59	01 M	6.6	79.05	38.25						123.9	70.2	72	3.57	72.00	52	35				159.00	3	92.93	93.00	7.00	
		11 M	3.36	24							27.36	15.5	35		72.00	52	2					126.00	2	84.26		84.00
		15 M	5								5	2.8	8		72.00	2	2					76.00	1	76.00		76.00
		11 H	4.2	5.85	11.1						21.15	12.0	52													0.00
	60	01 M	3.96	2.8	5.04	2.7	3.75	8.12	9.36		35.73	20.3	57	4.95	57.00	39	33	0			129.00	4	72.77	73.00	21.00	
		06 H	0.6	1.8							2.4	1.4	33		57.00	39	33	0				129.00	3	79.09		79.00
11 H		8.64	0.96	0.63						10.23	5.8	39	57.00		39	2	0				98.00	2	69.08	69.00		
13 H		2.88								2.88	1.6	0	57.00		2	2	0				61.00	1	61.00	61.00		
14-Servi Indoor	61	10 M	1.3	2.5						3.8	1.4	4*	7.15	33.00	11	5	4	0		53.00	5	25.20	25.00	61.00		
		03 M	0.9							0.9	0.3	0		33.00	11	5	4	0			53.00	4	28.38		28.00	
		11 L	9.6	7.92							17.52	6.3		11	33.00	11	5	2	0			51.00	3		32.13	32.00
		01 M	1	1.05	2.03	2.34	0.56	1.4	2.09		10.47	3.7		33	33.00	11	2	2	0			48.00	2		35.73	36.00
	04 L	1.62								1.62	0.6	5	33.00	2	2	2	0			39.00	1	39.00	39.00			
	62	10 M	3.9	2.6	1.4						7.9	2.8	5*	9.08	12.00	5					17.00	2	11.04	11.00	86.00	
		01 M	0.9								0.9	0.3	12		12.00	2						14.00	1	14.00		14.00
	63	14 M	4.2								4.2	1.5	11	9.17	11.00						11.00	1	11.00	11.00	89.00	
64	01 M	1.2	1.17							2.37	0.8	20	8.35	20.00	4	2				26.00	3	13.73	14.00	76.00		
	10 M	2.4								2.4	0.9	2*		20.00	4	2					26.00	2	18.53		19.00	
	11 L	2.6	3							5.6	2.0	4		20.00	2	2					24.00	1	24.00		24.00	

Apéndice N°2 Cálculo de la deflexión

Configuración de los Geófonos
(distancia en mm)

No	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
X:	0	200	300	450	600	900	1200	1500	1800
Y:	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Estación	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	Presión KPa	DEFLEXION mm * E -02								
					D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
01-El Prado	0	24,9	24,0	565,0	62,5	45,7	38,1	28,6	20,8	10,8	8,0	7,3	6,6
	50	25,9	24,0	565,0	35,9	37,6	32,3	26,5	21,2	13,3	9,1	6,6	5,1
	100	22,9	24,0	563,0	73,2	69,9	54,9	46,8	33,5	19,6	10,6	7,6	6,5
	150	25,4	24,1	566,0	73,7	70,0	56,0	39,4	28,8	14,9	7,6	5,6	4,9
	200	24,4	24,1	568,0	76,8	63,4	55,8	44,8	34,3	22,3	16,2	12,2	5,7
	250	24,5	24,1	567,0	63,8	74,4	55,2	40,9	29,9	19,3	13,9	10,2	7,6
	300	23,8	24,1	565,0	160,2	118,1	93,2	64,1	45,1	24,5	16,8	13,4	10,3
	350	24,7	24,1	564,0	139,9	98,7	72,8	47,1	32,6	19,1	15,0	11,1	8,1
	399	25,3	24,1	567,0	77,7	52,7	35,5	21,9	15,8	11,5	8,6	7,1	6,0
	450	24,3	24,1	566,0	101,4	69,4	53,7	36,6	24,0	13,2	9,5	7,9	6,9
	500	23,0	24,1	566,0	73,6	52,4	39,5	28,5	22,1	14,3	10,6	8,3	6,5
	550	24,0	24,1	568,0	65,3	52,3	40,4	27,3	18,8	10,6	8,2	7,2	6,5
	600	24,2	24,2	566,0	68,0	53,3	38,4	26,2	18,2	13,3	7,3	6,0	5,0
	650	24,1	24,2	563,0	117,5	84,5	64,3	42,3	27,7	12,2	8,0	7,1	6,6
	700	23,8	24,2	567,0	136,2	102,9	77,3	48,7	34,8	19,3	13,4	10,4	9,2
746	25,2	24,2	567,0	232,0	186,0	140,5	85,2	50,4	25,5	18,0	10,5	7,4	
02-José María Zeledón	0	25,2	24,3	568,0	21,3	20,3	19,3	17,3	15,2	11,4	8,5	6,3	5,0
	50	25,8	24,3	569,0	16,5	15,6	14,8	13,6	12,2	9,9	7,8	6,1	4,8
	100	25,6	24,4	566,0	19,6	18,2	17,2	15,6	13,8	10,5	7,8	5,9	4,7
	150	25,6	24,4	568,0	13,6	12,8	12,3	11,5	10,5	8,7	7,1	5,7	4,6
	201	24,4	24,4	28,0	230,3	91,1	142,9	17,2	229,4	110,2	45,8	8,4	2,0
	202	24,6	24,5	565,0	101,3	64,3	44,4	26,7	19,4	13,2	9,9	7,9	6,7
	250	25,1	24,5	565,0	97,5	65,4	44,9	25,4	15,8	8,9	6,6	5,3	4,6
	300	24,5	24,5	564,0	107,5	84,9	64,3	44,6	33,4	21,3	15,3	11,7	9,6
	350	24,3	24,5	564,0	163,8	121,5	90,9	60,5	43,3	24,4	16,1	11,7	9,2
	400	25,0	24,5	567,0	91,5	74,9	63,0	45,9	31,3	16,5	11,4	8,0	6,2
	450	25,1	24,5	567,0	79,6	67,6	56,8	41,1	29,8	16,1	10,8	8,1	6,2
500	25,2	24,5	565,0	57,6	51,1	46,7	39,4	32,2	21,8	15,0	10,4	7,7	

	550	25,2	24,5	565,0	93,4	73,9	59,0	41,5	28,3	14,4	9,4	8,1	7,0
	600	25,5	24,6	564,0	39,3	36,7	32,7	27,1	18,9	10,4	7,0	5,3	4,2
	0	24,4	24,6	567,0	71,4	54,2	38,5	25,9	18,2	11,8	8,5	6,6	5,6
	50	25,4	24,7	567,0	105,1	77,3	54,0	32,2	20,5	11,7	8,5	7,2	6,2
	100	24,1	24,7	567,0	108,3	85,0	66,3	45,1	29,8	13,9	9,3	7,8	6,9
	150	24,8	24,7	564,0	116,2	102,5	88,7	71,8	56,6	34,7	20,1	12,2	7,9
	200	23,7	24,7	564,0	95,5	71,9	61,1	44,5	31,6	13,7	6,7	4,0	3,2
	250	24,8	24,7	566,0	68,7	63,8	57,6	48,0	39,6	26,3	14,6	9,4	5,8
	300	24,4	24,7	565,0	58,3	48,4	42,8	34,9	28,4	18,7	12,7	8,9	6,3
	350	24,4	24,7	567,0	47,3	42,8	37,6	31,0	24,5	15,3	9,9	6,2	4,2
	400	25,1	24,7	564,0	71,5	67,8	58,9	46,5	35,5	20,2	11,8	7,1	5,2
	450	24,6	24,8	566,0	46,7	41,2	36,5	29,6	23,3	14,3	9,1	6,1	4,6
	500	24,9	24,7	568,0	39,0	35,7	32,5	27,8	23,0	15,9	11,2	8,0	5,9
	550	24,5	24,8	566,0	77,1	59,9	49,9	37,3	27,5	17,0	11,0	7,4	5,5
	600	25,0	24,8	566,0	76,4	65,0	57,3	44,0	33,3	18,2	8,9	7,8	4,9
	650	25,4	24,8	563,0	53,7	43,5	38,1	30,9	24,3	16,0	11,3	8,3	6,7
	700	26,7	24,8	568,0	96,4	74,1	62,9	46,8	32,3	19,0	10,6	7,9	6,3
	750	24,2	24,8	564,0	80,0	66,5	54,8	40,3	28,9	17,2	12,2	8,6	6,2
	794	23,3	24,8	561,0	40,3	32,6	27,2	20,5	15,2	8,9	6,0	4,4	3,3
03- Curridabat centro	287	24,7	24,8	565,0	57,6	47,6	41,5	34,2	28,1	19,5	14,3	11,1	9,1
	50	22,0	24,8	565,0	126,9	93,1	70,1	41,8	28,0	17,0	11,8	9,2	7,8
	100	24,0	24,9	565,0	67,6	53,7	46,2	36,8	28,7	17,9	12,5	9,2	7,2
	150	23,2	24,9	566,0	115,3	98,8	78,4	54,0	38,9	22,5	15,0	10,8	8,9
	200	23,9	24,9	570,0	114,8	93,2	76,6	54,3	37,5	22,4	17,1	13,6	10,1
	250	24,5	24,9	566,0	135,8	114,2	96,7	72,7	51,8	25,7	15,1	11,0	9,2
	300	21,5	24,9	566,0	82,9	61,9	49,4	36,3	26,8	16,8	11,8	9,0	7,5
	341	23,9	24,9	568,0	95,1	79,5	64,9	46,0	33,2	19,2	13,5	10,1	7,7
	0	25,3	24,9	567,0	194,7	142,7	109,0	68,9	41,9	20,7	14,5	11,2	9,9
	50	24,1	24,9	564,0	58,8	54,9	50,0	42,1	34,7	20,9	11,4	6,9	5,2
	100	24,6	24,9	564,0	77,5	65,4	54,7	40,6	29,0	15,3	9,8	7,2	5,8
	150	25,5	24,9	570,0	77,3	60,3	49,2	35,8	25,0	13,2	8,7	6,6	5,7
	200	25,8	24,9	565,0	118,2	100,2	77,0	50,5	33,4	17,3	11,9	9,1	7,7
	250	25,2	25,0	565,0	73,6	52,4	38,8	26,2	18,8	11,7	8,4	6,5	5,2
	300	24,6	25,0	566,0	130,1	100,3	74,4	46,8	31,0	15,8	11,1	9,1	7,7
	364	25,0	25,0	569,0	26,6	22,4	20,0	16,6	13,5	9,0	6,2	4,5	3,6
	400	23,4	25,0	566,0	57,2	48,0	39,4	29,2	21,5	12,5	8,4	6,5	5,5
	442	25,6	25,0	565,0	16,0	14,2	13,3	11,8	10,5	8,3	6,5	5,2	4,3
	0	24,5	25,0	568,0	142,1	116,2	93,9	62,2	37,2	24,3	17,0	14,0	10,4
	50	24,1	25,0	567,0	64,6	55,0	46,8	36,9	28,7	18,5	12,9	9,6	7,8
	100	23,2	25,0	568,0	39,6	32,6	27,7	21,8	16,9	10,4	6,9	5,3	4,4
	150	24,2	25,0	568,0	64,1	50,2	40,7	29,5	21,2	12,1	8,7	6,9	5,7
	0	25,0	25,2	565,0	107,5	85,0	68,7	49,2	35,6	20,0	13,7	9,8	7,7
50	24,3	25,2	565,0	38,6	33,9	30,1	25,2	20,7	13,6	9,4	6,7	5,4	
100	24,4	25,3	566,0	62,0	54,3	44,4	33,2	24,0	14,4	10,1	7,2	5,5	

	150	24,1	25,3	569,0	137,6	108,7	87,8	60,8	40,7	22,0	13,0	9,1	7,7
	167	24,1	25,3	568,0	125,2	101,0	59,6	39,4	25,0	12,6	9,1	7,7	6,4
	0	24,3	25,5	564,0	43,5	38,1	33,8	27,4	22,2	13,8	9,3	6,4	5,4
	50	24,5	25,5	564,0	66,0	56,1	48,1	37,0	28,1	16,5	10,6	7,5	6,0
	106	24,5	25,5	566,0	50,9	43,6	38,3	31,3	24,8	15,3	9,0	6,4	5,1
	150	23,6	25,5	563,0	14,8	13,2	12,1	11,1	9,9	7,9	6,3	4,9	4,1
	200	25,0	25,5	567,0	19,9	17,3	15,4	13,1	11,3	8,1	6,0	4,7	3,8
	250	25,4	25,5	569,0	30,7	26,0	22,8	19,4	16,3	11,9	8,6	6,4	4,9
	300	24,2	25,5	567,0	87,3	69,7	57,9	44,3	33,2	19,8	13,4	9,8	7,7
	339	24,8	25,5	566,0	76,5	62,0	51,7	39,1	29,5	16,5	10,6	7,8	6,6
04- Espartaco- Balbaina	0	25,6	25,6	566,0	58,6	47,8	39,6	29,2	21,3	13,2	9,9	7,9	5,3
	50	25,0	25,6	568,0	81,2	66,1	45,6	29,7	22,1	14,7	11,1	8,6	7,1
	100	25,6	25,6	570,0	125,5	96,7	72,8	49,6	35,7	20,9	14,4	11,1	10,4
	150	25,3	25,6	566,0	131,9	80,9	56,1	35,0	25,4	16,8	12,7	10,2	8,1
	200	25,2	25,6	566,0	95,6	68,4	45,9	25,7	16,4	10,2	8,6	6,4	5,8
	250	25,7	25,6	565,0	71,0	52,1	40,0	27,2	19,1	11,9	8,7	6,6	5,4
	300	24,9	25,6	571,0	131,2	108,1	87,4	60,3	41,4	19,9	14,5	11,1	10,4
	350	24,7	25,6	566,0	116,5	96,7	75,4	41,1	29,1	17,7	12,6	9,4	6,7
	400	24,7	25,6	564,0	98,4	74,6	61,2	45,6	33,1	18,2	12,5	9,1	7,5
	450	26,3	25,5	565,0	155,7	108,1	79,8	52,9	34,7	20,5	14,1	10,9	8,3
	500	25,7	25,5	567,0	127,2	85,1	60,4	34,3	19,0	7,2	5,3	4,8	4,2
550	26,0	25,5	564,0	116,5	68,5	42,4	18,0	9,8	6,2	5,3	4,6	3,8	
05-Calle Mercedes	0	24,7	25,5	566,0	91,2	76,7	64,9	50,3	37,4	20,8	13,7	9,9	7,7
	50	24,4	25,5	564,0	91,0	76,6	64,6	49,7	37,3	22,1	15,0	11,1	8,6
	100	24,5	25,5	566,0	93,1	74,8	61,7	47,6	36,7	21,9	14,5	10,4	8,0
	150	24,6	25,5	566,0	58,2	52,8	42,0	30,5	24,1	17,2	12,3	8,9	6,8
	200	24,4	25,5	566,0	74,4	60,3	50,6	38,9	29,7	17,2	11,1	8,4	6,2
	250	24,5	25,5	567,0	53,7	46,0	40,7	31,0	23,7	14,9	10,1	7,7	6,0
	301	24,6	25,5	568,0	55,1	53,4	45,8	34,2	24,0	13,4	7,9	6,3	3,4
	350	24,4	25,5	564,0	75,2	62,0	51,3	37,9	28,0	16,2	10,7	7,9	6,7
	400	23,9	25,5	567,0	78,1	61,6	51,9	39,6	29,3	16,0	10,2	7,5	6,0
	450	24,4	25,5	562,0	58,0	48,7	40,9	31,5	24,4	14,9	9,7	6,6	5,3
	500	24,2	25,5	564,0	53,1	43,3	36,9	28,8	22,4	13,9	9,0	6,0	4,3
	550	24,5	25,5	565,0	57,8	51,0	45,0	36,4	28,7	17,5	11,1	7,7	5,7
	600	24,5	25,5	569,0	66,4	53,7	42,8	28,6	18,7	8,3	4,6	3,0	2,2
	650	24,6	25,5	564,0	55,8	47,4	40,4	31,0	24,0	14,0	9,0	6,2	4,6
	700	24,5	25,4	567,0	48,0	37,6	30,2	21,9	15,9	9,7	6,7	5,1	4,3
	750	24,4	25,5	564,0	41,1	31,5	24,9	17,8	12,7	6,9	4,2	3,0	2,4
	800	24,1	25,4	567,0	19,8	16,6	14,3	11,7	9,5	6,4	4,4	3,2	2,5
	850	24,4	25,4	567,0	33,3	28,9	25,9	21,4	16,9	11,3	7,6	5,1	3,8
900	24,3	25,4	567,0	50,4	41,7	34,5	25,4	18,6	10,6	6,7	4,8	3,6	
950	24,4	25,4	567,0	32,7	27,7	24,6	20,6	17,1	12,1	8,8	6,8	5,3	
1000	24,4	25,4	563,0	39,3	33,6	28,8	24,6	19,3	13,1	8,8	6,2	4,2	
1050	23,8	25,4	565,0	27,5	23,9	21,5	18,4	15,6	11,1	7,8	5,5	4,0	

	1100	23,9	25,4	566,0	57,2	47,1	39,0	28,9	21,1	12,4	8,4	5,9	4,4
	1150	24,1	25,4	567,0	48,3	41,0	32,8	23,9	17,8	11,0	7,3	5,3	3,9
	1200	23,8	25,4	568,0	22,1	19,7	18,2	16,2	14,3	10,6	7,7	5,4	4,1
	1250	23,8	25,4	567,0	125,3	94,5	72,7	48,9	33,3	17,6	12,4	9,3	7,3
	1300	23,8	25,4	566,0	46,4	38,2	31,9	24,8	19,2	12,7	8,9	6,5	4,9
	1350	23,8	25,4	566,0	69,6	59,7	48,3	35,4	25,1	14,1	9,4	7,2	5,5
	1400	24,1	25,3	565,0	99,8	80,6	65,1	44,9	30,5	15,9	10,0	7,2	5,7
	1450	24,4	25,3	567,0	78,7	60,5	45,7	30,8	21,6	12,1	7,7	5,8	4,6
	1500	24,9	25,3	566,0	67,2	56,5	48,1	37,6	29,3	18,9	12,2	8,4	5,8
	1550	24,1	25,3	568,0	58,9	47,7	39,4	29,7	22,3	12,8	8,2	5,9	4,4
06- Hacienda vieja	0	24,9	25,7	563,0	35,3	28,9	23,6	18,0	14,8	8,0	6,6	5,1	4,7
	50	23,4	25,7	565,0	104,0	77,4	59,7	39,6	26,1	12,7	8,7	7,1	6,1
	100	24,5	25,7	569,0	93,8	72,5	49,5	30,9	19,6	13,2	9,2	7,1	5,3
	150	24,6	25,7	567,0	86,4	62,3	49,0	33,5	21,8	10,1	7,0	5,8	4,7
	200	24,3	25,7	570,0	103,7	86,8	63,3	40,3	24,8	15,5	11,8	8,6	8,6
	250	24,3	25,7	571,0	116,8	96,8	79,7	59,5	43,3	23,8	15,2	11,6	9,8
	301	24,9	25,7	568,0	51,4	40,0	31,2	23,0	16,9	10,5	7,4	5,6	4,6
	350	25,5	25,7	562,0	111,3	86,0	69,3	53,4	40,8	23,8	16,4	12,1	9,5
	400	24,8	25,7	566,0	97,2	79,4	61,8	43,0	30,5	17,8	12,3	8,5	7,2
	450	25,5	25,7	568,0	6,0	6,0	5,8	3,6	3,1	2,4	1,9	1,7	1,6
	500	24,4	25,6	566,0	66,5	47,7	37,3	25,7	18,6	12,0	8,8	6,9	5,6
	550	23,3	25,6	568,0	63,8	54,4	44,4	32,1	23,5	13,2	9,7	7,5	6,2
	600	23,1	25,6	566,0	66,9	51,7	40,9	29,2	20,9	12,0	8,1	6,7	5,4
	650	25,2	25,6	566,0	60,8	49,3	39,4	27,6	19,6	11,3	8,0	6,4	5,1
	700	24,1	25,6	565,0	64,3	56,1	47,2	33,5	21,4	6,8	2,8	2,1	0,0
	750	24,5	25,5	567,0	77,2	59,5	45,6	30,5	20,3	11,7	8,7	6,8	5,9
	800	25,3	25,5	567,0	88,1	59,9	43,6	25,4	14,8	7,0	5,3	4,5	3,9
	850	24,9	25,5	565,0	77,6	59,9	43,2	28,1	20,1	12,9	9,2	7,3	5,9
	900	25,2	25,5	569,0	66,1	52,6	41,0	28,5	19,5	11,8	7,5	5,3	3,9
	950	24,3	25,5	569,0	103,4	75,2	55,9	36,8	26,7	15,3	10,5	8,0	6,4
	1000	24,6	25,4	567,0	53,8	43,4	35,7	25,7	19,6	13,6	10,1	7,8	6,0
	0	24,6	25,2	575,0	121,2	86,2	67,7	45,5	29,9	14,1	9,9	8,0	6,7
	50	23,1	25,2	569,0	105,8	84,4	65,6	45,8	30,8	15,8	10,5	8,1	6,7
	100	24,5	25,2	565,0	86,5	65,8	51,2	36,5	24,7	14,1	10,1	7,7	6,4
	150	24,8	25,2	567,0	140,8	112,5	88,9	58,5	37,9	17,3	8,6	6,2	5,3
	200	24,4	25,2	567,0	100,9	73,3	53,2	32,9	22,7	12,6	8,5	6,7	5,4
	250	24,2	25,2	565,0	107,4	98,7	79,7	50,5	32,4	15,3	10,1	7,8	6,6
	300	24,5	25,2	564,0	86,7	74,0	56,9	35,9	21,8	10,3	6,5	5,1	3,8
350	25,2	25,2	564,0	138,2	105,0	80,2	49,6	31,6	16,3	10,3	7,4	6,3	
400	25,1	25,2	566,0	113,6	78,7	54,5	32,1	21,2	12,9	10,6	8,4	6,6	
450	23,6	25,2	565,0	49,4	39,1	32,7	26,4	19,0	11,6	7,4	5,3	3,9	
500	24,1	25,2	570,0	118,2	80,8	58,4	34,6	20,5	10,7	7,7	6,0	4,9	
550	24,4	25,2	566,0	85,1	79,9	49,7	32,3	22,8	13,0	10,2	7,7	6,0	
600	24,2	25,2	566,0	115,5	86,8	67,2	45,2	32,1	18,0	11,6	8,1	6,8	

	650	23,6	25,2	566,0	28,2	24,1	22,1	18,4	15,3	10,1	6,8	4,7	3,6
	700	23,4	25,1	566,0	30,4	24,9	22,0	18,5	15,3	10,8	7,3	5,2	3,8
	750	24,7	25,1	567,0	33,2	28,1	24,2	19,2	14,9	9,3	6,1	4,2	3,0
	800	21,1	25,1	566,0	59,9	45,5	34,6	24,2	18,5	12,7	9,5	7,4	6,0
	850	24,1	25,1	569,0	107,5	72,5	51,1	31,6	20,7	13,4	9,3	6,8	5,0
	900	24,0	25,1	566,0	80,3	56,9	40,6	25,8	17,1	11,3	8,2	6,2	4,9
	950	23,8	25,1	569,0	79,4	58,4	44,3	29,4	22,1	14,3	10,3	8,0	6,5
	1000	23,4	25,1	568,0	105,2	73,8	47,5	32,4	22,1	13,2	10,8	8,4	5,9
	1050	23,8	25,1	566,0	85,5	54,3	33,9	22,1	18,9	12,1	7,5	5,4	3,9
	1100	24,0	25,1	566,0	86,0	65,7	49,8	30,7	19,9	11,2	6,4	4,6	3,6
	1150	23,9	25,1	565,0	61,6	46,1	35,0	23,9	17,0	9,6	6,6	5,0	3,8
	1200	23,9	25,1	568,0	100,8	66,1	45,3	28,0	17,1	9,0	7,3	5,6	4,8
	1250	23,3	25,1	567,0	114,5	90,2	71,6	49,1	32,1	13,5	8,8	7,4	6,0
	1300	23,6	25,1	563,0	82,0	52,3	40,7	27,1	19,1	11,9	8,9	7,0	5,6
	1350	23,3	25,0	563,0	87,4	66,9	46,9	34,2	23,1	11,0	7,2	5,5	4,6
	1400	22,6	25,0	568,0	62,1	44,5	33,8	21,7	15,8	9,3	6,3	5,2	4,4
	1450	23,2	25,0	564,0	75,1	54,8	42,6	30,9	22,4	11,8	7,1	5,3	4,2
	1500	23,2	25,0	564,0	144,2	116,7	92,6	61,8	33,8	28,0	14,8	11,2	7,6
	1550	23,6	24,9	563,0	29,4	20,7	16,7	11,4	6,1	4,7	2,4	2,6	2,2
	1600	23,3	24,9	564,0	126,9	83,9	57,2	29,7	15,4	6,9	5,8	5,4	4,2
	1651	24,5	24,9	571,0	148,1	105,8	68,9	38,1	19,9	9,0	8,0	5,9	3,7
	1700	24,0	24,9	566,0	146,6	102,7	66,2	38,5	24,1	13,8	11,9	10,4	8,2
	1750	23,8	24,9	568,0	79,4	59,9	46,3	30,4	20,6	11,7	8,3	6,5	5,3
	1800	23,4	24,9	565,0	87,1	58,8	43,0	25,8	15,9	8,1	5,9	4,9	4,1
	1850	23,6	24,9	561,0	110,2	73,7	49,4	26,4	14,6	5,5	4,0	4,3	3,9
	1900	23,2	24,9	570,0	95,4	67,8	47,8	27,1	15,2	7,1	5,9	5,9	5,3
	1950	23,5	24,9	574,0	79,7	47,2	25,0	16,0	11,0	7,3	5,8	4,8	4,1
	2000	23,6	24,9	565,0	123,7	92,7	65,3	40,3	28,2	17,3	12,7	9,2	7,2
	2050	23,8	24,8	569,0	188,2	148,8	108,7	63,9	42,1	17,1	11,6	8,8	7,4
	2100	22,2	24,8	564,0	109,3	83,3	71,3	54,1	41,1	21,6	5,8	7,9	1,4
	2150	22,0	24,8	567,0	98,5	72,6	47,7	25,3	12,8	8,6	6,1	4,8	3,8
	2200	22,4	24,8	565,0	159,6	117,5	81,2	40,2	22,1	11,7	8,7	6,7	4,0
	2250	22,9	24,8	563,0	81,6	50,5	33,5	21,1	15,5	8,5	6,9	4,2	3,5
	2300	23,2	24,8	568,0	87,5	59,7	39,8	25,4	17,5	11,1	8,1	6,5	5,5
	2349	22,9	24,8	564,0	99,5	66,6	43,5	27,4	19,9	9,7	7,0	5,4	4,5
	2400	23,2	24,8	568,0	94,8	71,6	49,5	34,0	23,8	13,8	9,2	6,3	4,4
	2450	23,1	24,8	565,0	110,8	79,7	58,9	38,0	25,3	12,0	8,4	6,5	5,6
	2500	23,3	24,8	565,0	86,6	58,8	39,3	24,2	15,9	9,8	6,9	5,5	4,3
	2550	23,4	24,8	567,0	83,1	57,5	39,5	23,4	14,4	9,2	6,7	5,5	4,4
	2574	22,3	24,8	570,0	101,7	76,9	61,5	41,2	27,4	14,9	10,3	7,9	5,4
12-Freses	0	24,5	24,4	566,0	88,6	82,5	70,8	44,2	36,0	24,6	16,3	10,9	7,6
	50	25,8	24,4	567,0	115,0	76,6	62,8	45,8	34,1	20,3	13,6	10,1	7,8
	100	25,4	24,4	564,0	47,2	41,8	37,1	30,8	25,2	16,7	12,0	10,1	7,9
	150	23,2	24,4	568,0	37,8	31,1	27,0	22,2	18,0	12,2	8,8	6,3	4,9

	201	22,6	24,4	566,0	67,8	55,4	48,8	40,3	33,0	22,1	14,9	10,1	7,4
	250	25,9	24,4	566,0	121,6	92,1	73,0	53,2	40,8	24,5	16,2	12,2	10,7
	279	26,0	24,4	568,0	51,8	41,5	34,6	25,7	19,4	12,2	8,4	6,2	4,8
14-Servi Indoor	0	21,7	24,5	567,0	103,2	75,5	58,2	38,6	24,7	11,0	8,1	6,6	6,1
	50	25,6	24,6	568,0	111,6	85,6	64,8	41,9	27,2	14,4	10,6	7,9	6,6
	112	25,1	24,6	568,0	26,5	23,1	21,1	18,3	15,8	11,6	8,8	6,7	5,3
	150	25,1	24,6	572,0	33,2	27,1	23,4	18,5	14,7	9,7	6,7	4,8	3,7
	205	24,0	24,6	566,0	40,3	32,2	26,4	19,8	14,9	8,9	5,9	4,4	3,7
	250	23,8	24,6	564,0	89,8	59,3	41,1	23,7	16,1	9,9	7,9	6,3	4,8
	300	24,5	24,6	564,0	61,7	50,2	42,3	32,3	24,5	15,2	10,1	7,6	6,2
	350	24,2	24,6	562,0	40,0	31,3	25,7	19,4	14,7	9,1	6,1	4,4	3,2
	400	24,7	24,6	570,0	78,1	61,7	48,6	34,4	25,1	16,3	12,6	11,1	9,8
	450	23,8	24,6	565,0	116,4	102,2	88,7	70,4	54,6	34,4	23,6	18,1	15,1
	500	24,0	24,6	572,0	144,6	121,0	99,9	70,0	49,7	28,6	20,2	16,4	12,8
	550	23,7	24,6	569,0	144,9	113,0	87,0	55,8	36,0	20,8	15,4	12,6	11,1
	589	25,6	24,6	573,0	91,4	76,1	63,3	48,2	38,0	23,4	15,6	12,1	10,0
	10-Calle Koberg	0	23,9	24,7	565,0	22,5	19,6	17,9	15,5	13,3	9,8	7,5	5,8
50		22,7	24,7	568,0	103,8	84,1	70,8	54,3	41,4	26,3	17,8	12,8	10,2
100		22,9	24,7	572,0	98,1	82,2	67,7	47,4	37,9	23,8	15,3	11,6	9,6
150		22,7	24,7	574,0	63,6	53,4	46,1	38,5	31,1	21,9	15,9	12,2	9,3
200		23,2	24,6	566,0	108,0	87,9	72,7	53,2	38,7	19,9	11,7	7,7	6,6
250		23,2	24,5	566,0	28,3	22,8	19,0	14,8	11,7	7,9	5,7	4,5	3,6
300		23,1	24,5	563,0	49,4	40,2	34,9	27,5	21,7	13,3	8,5	6,1	4,6
350		23,6	24,4	565,0	54,0	44,5	38,9	31,6	25,3	16,6	11,6	8,6	6,9
400		23,4	24,4	567,0	63,3	54,8	48,7	39,6	32,0	21,6	15,5	11,8	9,5
450		25,0	24,4	563,0	221,8	172,2	133,1	75,5	44,4	24,8	16,6	11,8	9,8
500		24,1	24,3	567,0	56,8	48,9	43,1	35,9	29,3	19,9	14,0	10,2	7,6
550		24,3	24,3	567,0	66,1	57,4	51,5	43,3	35,3	23,6	16,2	11,5	8,7
600		24,5	24,3	567,0	57,7	47,4	40,7	33,6	28,0	19,1	12,8	9,3	7,2
650		24,4	24,3	568,0	104,0	88,7	78,1	63,1	51,5	32,9	21,1	15,0	11,7
700		24,8	24,2	573,0	121,5	107,5	92,9	72,5	57,9	36,2	21,4	16,0	13,0
730	24,5	24,2	565,0	64,1	50,3	40,3	29,5	22,3	14,4	10,0	7,2	5,4	
11- Las Rusias	0	22,8	24,7	566,0	143,6	127,3	108,8	84,6	63,6	34,1	20,8	14,6	11,2
	50	21,6	24,7	565,0	125,1	106,1	87,7	60,8	47,6	32,6	24,2	20,3	17,7
	100	22,5	24,6	569,0	48,1	47,7	42,9	35,3	30,1	23,3	17,9	14,3	11,1
	150	21,8	24,6	568,0	182,9	156,6	135,5	109,2	87,5	54,1	36,5	26,5	23,0
	200	21,7	24,5	564,0	269,2	230,7	162,3	95,9	68,5	47,8	36,5	27,9	21,7
	250	21,7	24,4	567,0	177,6	132,8	101,1	68,1	51,4	34,8	27,4	24,0	20,8
	300	23,3	24,3	564,0	202,1	159,5	127,8	91,2	65,0	38,2	28,2	23,0	19,3
	350	22,5	24,3	568,0	137,4	109,3	91,3	71,0	55,3	37,5	28,7	23,3	18,1
	400	21,8	24,2	564,0	85,9	64,8	48,1	29,7	18,7	10,5	8,0	7,0	5,5
	450	21,8	24,1	567,0	123,7	106,0	86,3	68,5	52,7	32,0	22,1	14,8	14,1
	500	22,0	24,0	567,0	99,4	78,6	61,9	43,0	29,8	16,9	13,1	11,5	9,9
	550	21,9	24,0	566,0	82,0	67,1	54,8	42,0	31,9	19,8	12,0	7,9	6,5

	600	22,3	23,9	567,0	106,1	89,2	76,3	59,6	46,7	30,9	23,0	18,8	16,1
	650	21,5	23,8	562,0	81,3	69,9	60,9	49,8	41,7	32,9	28,2	24,3	19,8
	700	22,3	23,8	562,0	71,6	59,9	50,5	39,3	31,4	22,7	18,1	15,1	12,5
	750	21,8	23,7	568,0	104,2	82,3	66,7	49,9	39,6	27,4	20,8	17,0	15,0
	800	22,2	23,7	567,0	127,3	104,2	81,5	58,6	43,5	27,6	20,0	16,6	14,7
	835	24,1	23,6	566,0	90,1	73,2	57,1	41,8	32,3	21,6	16,4	13,0	10,5
07- Hacienda Gregal	0	21,3	23,6	567,0	87,6	73,7	64,6	46,2	35,2	22,1	15,2	11,8	9,7
	50	21,7	23,6	564,0	24,1	21,2	19,2	16,7	14,3	10,6	8,0	6,1	4,9
	100	22,0	23,6	567,0	169,7	138,2	107,5	71,9	48,0	30,1	23,9	19,5	15,6
	150	22,3	23,5	568,0	51,0	43,8	41,1	31,7	23,9	14,9	11,5	7,9	5,6
	200	22,4	23,5	565,0	73,6	60,8	49,5	36,1	26,4	15,2	10,3	7,8	6,3
	250	22,4	23,4	567,0	64,4	52,4	39,5	30,8	21,8	12,0	7,3	5,8	5,0
	300	21,6	23,4	569,0	74,0	54,3	42,1	28,1	20,3	12,4	8,9	6,2	4,8
	350	21,6	23,4	565,0	60,9	49,9	38,7	26,7	20,2	12,8	9,2	7,6	4,4
	400	21,4	23,4	566,0	63,4	45,1	33,1	20,8	14,8	9,2	7,0	6,1	5,4
	450	22,1	23,4	566,0	71,6	59,7	47,2	30,5	22,8	15,0	11,9	9,7	8,3
	500	21,7	23,3	567,0	141,3	124,4	97,1	68,6	47,1	28,4	20,6	17,0	13,0
	550	21,7	23,3	572,0	143,8	114,0	88,9	59,1	38,8	21,9	16,8	13,5	11,6
	600	21,6	23,3	569,0	97,2	74,4	60,9	44,2	33,2	22,8	18,0	15,4	12,6
	650	21,5	23,3	566,0	70,6	58,7	48,3	37,2	29,3	20,0	16,0	13,7	11,3
	700	21,8	23,3	565,0	150,7	125,2	102,1	72,4	53,3	30,4	22,1	16,4	12,6
	768	22,3	23,2	574,0	68,6	48,9	33,9	18,8	10,7	6,2	5,4	4,6	3,5
	800	21,3	23,2	568,0	56,1	48,9	42,3	31,5	19,5	11,5	7,6	5,8	4,1
	850	21,3	23,2	566,0	110,9	86,4	68,0	47,6	34,6	22,6	16,5	13,7	11,5
	900	21,0	23,1	567,0	77,8	63,9	50,8	36,0	24,5	12,2	7,3	5,4	4,8
	950	21,4	23,0	563,0	63,6	46,6	35,5	25,3	18,7	11,0	7,9	6,2	5,3
	1000	21,8	23,0	566,0	60,4	42,9	30,7	17,9	11,7	7,0	5,8	4,7	3,9
	1050	21,4	23,0	571,0	91,7	76,5	62,0	42,1	28,2	15,5	11,1	8,0	6,1
	1100	21,9	23,0	565,0	220,9	177,5	144,2	105,7	77,9	41,2	28,8	19,9	14,0
	1122	23,1	23,0	571,0	184,9	137,5	112,8	82,0	57,0	30,4	20,6	15,5	13,0
	0	21,9	22,9	564,0	44,1	32,7	25,4	19,3	15,3	9,9	9,5	10,7	4,1
	50	21,9	23,0	568,0	41,8	33,1	23,7	17,4	12,6	7,7	5,8	4,5	3,4
	100	21,5	23,0	565,0	59,1	48,2	40,0	31,3	24,4	15,3	10,7	8,0	6,6
	150	21,3	23,0	565,0	169,0	142,4	118,8	86,2	61,2	34,7	21,3	15,1	11,8
	200	21,8	23,0	565,0	49,3	40,9	33,8	26,6	21,9	16,3	11,9	9,5	7,9
	250	21,5	22,9	565,0	45,4	37,8	33,6	28,5	24,3	17,7	13,0	10,3	7,7
	300	21,9	22,9	566,0	136,1	118,3	101,3	70,6	46,4	23,7	17,7	14,0	11,4
	350	22,5	23,0	564,0	136,8	115,0	85,9	61,9	42,6	23,7	19,0	14,2	10,9
	400	21,8	22,9	569,0	62,1	49,5	39,2	27,6	20,5	13,0	9,4	7,1	5,9
0	21,8	23,0	564,0	69,5	56,6	45,0	32,1	25,0	17,2	12,3	9,5	7,9	
50	22,1	23,0	569,0	285,6	64,3	52,7	40,9	32,1	20,7	15,3	11,9	10,4	
100	21,7	23,0	566,0	72,6	57,7	47,1	36,6	28,8	18,8	13,3	10,4	8,5	
150	22,4	23,0	567,0	104,5	83,1	66,0	49,2	39,0	25,4	18,2	13,3	10,7	
200	22,7	23,0	563,0	136,9	100,6	76,3	53,5	40,0	27,3	20,7	16,5	13,6	

	250	21,7	23,0	568,0	57,8	43,1	32,1	22,3	17,4	10,9	8,0	5,8	4,8
	300	22,1	23,0	564,0	90,8	69,1	52,7	39,5	22,9	17,0	12,3	9,0	7,0
	350	21,8	23,0	568,0	61,3	46,9	32,9	20,4	15,8	10,3	7,9	6,3	5,0
	400	21,7	23,0	563,0	50,3	37,6	29,8	22,9	17,7	12,7	9,1	7,5	5,4
	450	21,5	23,0	566,0	57,4	47,2	35,8	26,2	19,2	11,9	8,9	7,0	5,7
	500	21,9	23,0	564,0	35,3	31,8	25,3	20,0	16,4	11,0	8,1	6,4	5,2
	550	21,9	23,0	566,0	67,4	59,0	51,6	42,7	34,8	23,4	16,0	11,3	8,1
	600	22,0	23,0	566,0	70,5	51,2	36,0	22,1	15,1	9,2	7,3	5,9	5,1
	650	21,7	23,0	569,0	66,5	50,6	36,5	20,9	14,4	8,3	5,7	4,2	3,5
	700	23,0	23,0	564,0	68,1	47,7	38,3	27,9	21,1	13,2	9,5	7,4	6,4
	750	22,4	23,0	564,0	60,6	37,0	27,4	18,5	12,9	8,1	5,9	4,6	3,9
	800	22,7	23,0	566,0	171,7	129,9	86,0	56,0	41,5	22,0	15,6	12,1	10,0
	850	22,8	23,0	566,0	31,0	25,8	23,0	19,5	16,5	12,0	8,5	6,6	5,3
	900	22,9	23,0	566,0	89,7	66,1	53,1	38,3	27,7	15,1	9,8	7,3	6,0
	950	23,6	23,0	565,0	84,9	63,0	49,9	33,8	23,8	12,6	8,9	6,3	4,8
	1000	23,8	23,1	564,0	38,2	28,1	20,7	14,4	9,9	5,6	3,9	3,1	2,6
	1050	23,0	23,1	566,0	47,7	31,6	23,4	15,4	10,4	6,1	5,2	4,1	3,7
	1100	23,6	23,1	564,0	75,2	55,2	43,5	28,1	20,2	12,9	8,8	6,0	5,8
	1150	23,2	23,1	566,0	86,8	68,9	50,0	32,4	25,1	15,9	12,3	9,5	8,2
	1200	23,4	23,2	564,0	90,5	69,6	55,5	36,6	25,2	13,6	11,2	10,0	9,2
	1250	23,7	23,2	566,0	122,5	88,5	66,0	33,5	19,3	10,7	7,5	5,6	4,4
	1300	23,7	23,2	564,0	124,4	87,8	59,0	39,7	29,5	19,0	13,4	9,9	7,5
	1350	23,6	23,2	566,0	122,8	89,9	69,5	48,4	33,9	17,0	11,5	9,0	8,2
	1400	24,3	23,3	567,0	158,5	122,6	96,0	66,0	46,3	29,3	23,0	17,8	13,7
	1450	24,3	23,3	569,0	122,5	84,3	60,2	33,1	19,7	11,1	8,1	6,4	5,1
	1486	23,7	23,3	577,0	115,3	61,7	41,0	25,9	17,8	13,1	10,0	8,2	6,7
10-Quinta Guayabos	0	24,4	23,8	567,0	81,5	64,0	47,5	29,5	19,4	10,6	7,8	6,1	5,1
	50	23,8	23,9	561,0	27,8	25,2	19,8	12,1	9,5	6,4	4,6	3,3	3,0
	100	24,5	23,9	567,0	216,3	172,0	134,5	82,5	47,9	23,4	17,6	14,5	11,6
	150	25,0	24,0	566,0	166,4	133,5	112,2	84,1	61,5	35,1	22,2	16,6	13,7
	200	23,8	24,0	567,0	97,0	87,1	71,4	53,4	39,6	24,7	5,2	13,6	9,1
	250	24,7	24,0	567,0	106,2	72,1	55,0	37,0	25,2	14,1	10,1	8,1	6,8
	300	24,6	24,0	563,0	54,9	37,1	26,5	17,8	13,8	9,4	7,2	5,6	4,8
	350	23,7	24,1	570,0	59,5	42,7	32,5	22,1	16,7	11,7	9,3	7,4	6,2
	400	25,6	24,1	567,0	41,9	31,0	23,4	16,2	12,6	8,7	6,6	5,3	4,5
	450	24,5	24,1	564,0	193,6	156,5	121,2	76,9	48,5	24,0	16,0	12,6	10,6
	500	24,1	24,1	565,0	69,9	55,2	44,3	31,2	22,0	12,3	8,7	7,1	5,7
	550	24,3	24,1	566,0	103,5	87,3	71,3	50,1	37,3	19,7	13,2	10,6	8,8
	600	24,7	24,1	566,0	180,2	136,3	105,4	64,6	47,8	25,8	15,8	11,6	8,7
	650	24,6	24,1	564,0	84,6	69,8	42,9	35,7	22,3	12,4	9,1	6,8	5,6
	700	23,9	24,2	565,0	75,0	58,8	45,0	30,8	20,5	11,1	7,9	6,4	5,5
	756	24,0	24,2	571,0	132,0	104,1	85,0	60,2	42,6	24,4	16,2	12,4	10,2
800	24,3	24,2	567,0	121,5	90,5	72,4	50,1	34,2	17,6	12,9	9,9	9,0	
850	23,4	24,2	571,0	93,7	66,3	46,9	27,1	18,2	11,4	9,6	7,2	6,1	

	900	23,8	24,2	560,0	147,0	107,7	87,5	63,3	44,9	23,8	15,3	12,1	9,1
	950	23,5	24,2	568,0	149,8	103,2	83,8	61,9	44,0	23,6	16,7	13,3	10,9
	974	24,2	24,2	566,0	150,0	116,1	91,2	60,5	40,4	23,6	18,1	13,0	10,3
09-San Ángel	0	24,1	24,3	567,0	96,3	69,6	50,4	31,8	21,8	13,4	9,6	8,1	7,2
	56	23,2	24,4	567,0	236,9	186,9	139,0	90,6	59,5	35,0	21,3	18,7	15,1
	100	24,0	24,4	564,0	178,6	146,2	119,5	86,3	62,2	35,0	23,2	16,8	13,1
	150	24,3	24,4	567,0	198,1	161,2	128,1	90,3	65,6	39,0	27,4	21,5	16,9
	200	24,7	24,4	567,0	203,5	154,9	116,4	75,2	51,2	30,1	22,5	18,0	14,9
	250	24,3	24,4	568,0	193,0	152,1	115,3	72,0	46,9	29,1	21,1	13,4	9,6
	300	24,5	24,4	565,0	159,0	118,5	87,8	55,7	36,5	20,9	16,1	13,2	10,8
	350	24,4	24,4	568,0	192,0	146,8	110,0	73,8	54,1	36,4	28,0	22,5	18,9
	400	25,0	24,4	566,0	161,3	119,5	87,2	61,0	42,6	24,9	18,1	14,8	12,1
	435	24,9	24,4	564,0	109,6	79,6	63,0	44,9	32,6	19,9	13,7	10,4	8,9
12-Freses	0	25,1	24,7	566,0	97,0	76,7	65,8	53,0	42,2	26,7	18,2	13,8	11,5
	50	23,6	24,7	568,0	38,9	34,1	31,1	27,0	22,9	16,1	11,2	7,8	5,8
	100	24,4	24,7	567,0	64,9	55,8	49,8	41,5	33,9	21,3	12,3	6,4	5,0
	150	25,4	24,8	565,0	103,8	82,2	67,8	46,8	30,8	16,8	10,5	8,1	7,0
	175	24,0	24,8	565,0	52,9	46,6	41,7	35,4	29,7	20,7	13,3	8,2	5,7

Apéndice N°3 Cálculo del IRI

Número	Est. inicial (m)	Est. final (m)	Índice de Regularidad Internacional (IRI) (m/km)			
			Izquierdo	Central	Derecho	MRI (IRI Promedio)
1	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0	25	10.7	11.8	13.6	12.1
1	25	50	10.3	11.4	11.8	11.1
1	50	75	7.3	7.8	8.2	7.8
1	75	100	12.8	9.6	12.1	12.4
1	100	125	13.4	12.7	15.3	14.3
1	125	150	12.7	10.5	12.2	12.4
1	150	175	10.2	12.6	9.7	10.0
1	175	200	20.2	19.3	17.4	18.8
1	200	225	8.8	9.5	7.5	8.1
1	225	250	7.9	8.5	6.3	7.1
1	250	275	10.6	11.6	9.1	9.9
1	275	300	7.7	6.9	4.1	5.9
1	300	325	9.9	9.5	9.6	9.8
1	325	350	9.9	9.3	11.9	10.9
1	350	375	18.2	17.7	17.8	18.0
1	375	400	14.8	15.7	11.6	13.2
1	400	425	10.9	15.0	10.3	10.6
1	425	450	9.5	11.3	9.3	9.4
1	450	475	5.6	7.6	5.6	5.6
1	475	500	5.8	8.7	7.1	6.4
1	500	525	14.0	13.9	14.6	14.3
1	525	550	8.3	12.8	10.2	9.3
1	550	575	14.7	11.6	16.2	15.5
1	575	600	13.0	13.6	14.4	13.7
1	600	625	9.8	10.9	13.0	11.4
1	625	650	10.5	15.1	10.7	10.6
1	650	675	4.7	8.0	9.2	7.0
1	675	700	15.4	17.1	13.4	14.4
1	700	724	12.9	14.6	18.1	15.5
2	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0	25	6.0	6.7	8.3	7.2
2	25	50	7.5	5.8	3.8	5.7
2	50	75	8.0	4.7	7.0	7.5
2	75	100	7.5	7.9	8.9	8.2
2	100	125	9.6	6.9	7.8	8.7
2	125	150	11.0	8.3	7.5	9.3
2	150	175	13.1	10.2	8.7	10.9
2	175	200	11.8	8.6	10.2	11.0

2	200	223	11.9	11.3	8.7	10.3
3	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0	25	4.1	6.3	7.9	6.0
3	25	50	7.3	8.6	8.7	8.0
3	50	75	13.8	13.6	11.4	12.6
3	75	100	5.3	8.6	6.6	6.0
3	100	125	5.2	7.4	6.0	5.6
3	125	150	4.8	6.5	6.4	5.6
3	150	175	8.3	9.6	7.8	8.1
3	175	200	11.5	12.0	12.1	11.8
3	200	225	5.9	9.3	10.7	8.3
3	225	250	6.9	6.5	4.3	5.6
3	250	275	6.8	3.8	4.6	5.7
3	275	300	6.3	6.5	9.4	7.9
3	300	325	13.2	12.7	15.2	14.2
3	325	350	11.4	12.8	9.8	10.6
3	350	375	13.7	13.8	14.5	14.1
3	375	400	14.2	12.9	10.4	12.3
3	400	425	11.2	13.1	9.1	10.2
3	425	450	12.7	13.7	11.7	12.2
3	450	475	13.6	14.5	12.8	13.2
3	475	500	9.3	12.7	9.8	9.6
3	500	525	11.9	13.4	9.1	10.5
3	525	550	11.6	11.6	6.8	9.2
3	550	575	12.5	10.3	8.3	10.4
3	575	589	10.8	10.7	14.2	12.5
4	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0	25	13.4	12.9	12.3	12.8
4	25	50	11.9	14.2	14.1	13.0
4	50	75	10.5	13.0	12.4	11.5
4	75	100	12.0	13.5	13.5	12.8
4	100	125	10.7	10.4	10.0	10.4
4	125	150	11.6	10.6	9.4	10.5
4	150	175	16.2	17.1	9.2	12.7
4	175	200	13.4	12.6	12.1	12.8
4	200	225	14.6	13.3	11.6	13.1
4	225	250	10.3	9.4	11.0	10.7
4	250	275	7.2	7.3	7.5	7.4
4	275	300	8.4	7.5	8.1	8.3
4	300	325	9.9	11.5	10.4	10.2
4	325	350	9.0	9.7	10.2	9.6
4	350	375	9.6	12.5	8.2	8.9
4	375	400	11.0	12.4	13.8	12.4
4	400	425	16.4	10.5	10.0	13.2
4	425	450	15.5	16.1	10.7	13.1
4	450	475	8.0	7.3	6.3	7.2

4	475	500	7.2	7.9	7.2	7.2
4	500	525	7.1	7.8	6.2	6.6
4	525	550	12.5	11.8	8.8	10.6
4	550	575	10.0	9.9	10.3	10.1
4	575	600	11.1	6.3	6.5	8.8
4	600	625	16.4	10.4	12.1	14.3
4	625	650	10.4	9.1	8.3	9.3
4	650	675	10.9	10.6	10.3	10.6
4	675	700	12.3	8.6	10.1	11.2
4	700	725	10.2	10.5	12.8	11.5
4	725	750	11.4	9.6	11.4	11.4
4	750	766	14.4	14.0	21.7	18.1
5	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0	25	21.4	17.6	24.5	22.9
5	25	50	15.2	15.3	13.5	14.4
5	50	75	4.3	5.7	8.0	6.2
5	75	100	7.0	6.7	8.0	7.5
5	100	125	5.9	5.1	7.0	6.5
5	125	150	4.1	3.8	4.1	4.1
5	150	175	5.5	6.5	4.5	5.0
5	175	200	5.5	6.3	7.4	6.5
5	200	225	9.3	6.8	8.8	9.0
5	225	250	8.8	12.8	12.2	10.5
5	250	275	7.2	8.2	8.7	8.0
5	275	300	9.3	8.4	9.4	9.3
5	300	325	6.9	6.3	5.6	6.2
5	325	350	9.6	8.8	7.2	8.4
5	350	375	7.1	5.3	5.6	6.4
5	375	400	6.2	3.9	4.0	5.1
5	400	425	13.0	15.2	11.1	12.0
5	425	450	5.1	4.3	4.5	4.8
5	450	475	7.2	6.0	5.7	6.5
5	475	500	4.4	5.6	4.2	4.3
5	500	525	6.6	6.0	6.0	6.3
5	525	550	4.2	4.2	5.2	4.7
5	550	575	7.5	6.7	6.8	7.1
5	575	596	7.7	7.7	7.0	7.3
6a	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
6a	0	25	9.0	6.8	6.9	7.9
6a	25	50	7.3	6.0	5.6	6.4
6a	50	75	6.5	7.4	6.3	6.4
6a	75	100	5.8	6.3	6.1	5.9
6a	100	125	6.4	6.1	6.0	6.2
6a	125	150	8.7	8.8	7.1	7.9
6a	150	175	9.5	11.3	14.1	11.8
6a	175	200	8.7	8.2	8.7	8.7

6a	200	225	4.9	5.0	7.5	6.2
6a	225	250	6.5	7.3	5.3	5.9
6a	250	275	9.5	8.4	7.7	8.6
6a	275	300	7.0	4.9	3.4	5.2
6a	300	325	4.5	4.4	5.3	4.9
6a	325	332	4.2	3.6	4.7	4.5
6b	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
6b	0	25	3.4	3.3	3.3	3.3
6b	25	50	5.7	5.4	4.8	5.3
6b	50	75	14.5	12.7	12.2	13.4
6b	75	100	4.8	4.5	5.4	5.1
6b	100	125	4.7	5.3	4.0	4.4
6b	125	150	7.9	7.2	5.2	6.5
6b	150	175	5.6	7.4	9.3	7.5
6b	175	200	2.6	3.9	4.0	3.3
6b	200	225	4.7	3.4	5.3	5.0
6b	225	250	7.9	7.1	8.8	8.4
6b	250	275	7.1	7.8	7.0	7.0
6b	275	300	4.5	4.7	3.7	4.1
6b	300	325	5.5	4.6	3.6	4.5
6b	325	350	12.0	11.9	12.1	12.1
6b	350	375	7.8	12.3	9.3	8.5
6b	375	400	4.5	5.4	6.7	5.6
6b	400	417	2.5	2.0	1.5	2.0
6c	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
6c	0	25	8.2	7.5	14.2	11.2
6c	25	50	7.2	9.4	10.5	8.8
6c	50	75	8.9	9.6	10.1	9.5
6c	75	100	15.0	15.0	14.2	14.6
6c	100	125	8.8	7.0	6.4	7.6
6c	125	150	4.0	7.0	8.1	6.1
6c	150	152	4.1	3.5	4.3	4.2
6d	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
6d	0	25	7.1	6.8	5.7	6.4
6d	25	50	5.7	4.8	3.0	4.3
6d	50	75	10.0	10.9	11.2	10.6
6d	75	100	9.5	5.6	5.1	7.3
6d	100	125	3.1	2.5	3.5	3.3
6d	125	144	4.6	4.5	8.7	6.6
6f	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
6f	0	25	4.6	3.7	4.8	4.7
6f	25	50	4.1	5.1	6.2	5.1
6f	50	75	6.4	7.1	7.0	6.7
6f	75	100	7.4	6.7	7.6	7.5
6f	100	125	5.7	6.2	5.6	5.7
6f	125	150	6.8	7.7	7.4	7.1

6f	150	175	14.4	13.8	12.5	13.4
6f	175	200	3.5	5.5	7.0	5.3
6f	200	225	5.2	6.0	4.8	5.0
6f	225	250	4.8	6.8	7.3	6.0
6f	250	275	6.1	6.1	6.4	6.2
6f	275	300	12.0	12.8	9.6	10.8
6f	300	325	6.5	6.1	5.5	6.0
6f	325	350	6.2	5.2	6.0	6.1
6f	350	375	6.0	3.7	3.9	4.9
6f	375	400	12.4	12.9	12.4	12.4
6f	400	425	4.8	5.8	4.0	4.4
6f	425	450	5.8	5.6	7.3	6.6
6f	450	475	3.3	3.3	4.8	4.0
6f	475	500	4.5	5.0	3.5	4.0
6f	500	506	3.5	3.9	5.4	4.4
7	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0	25	11.8	11.6	11.6	11.7
7	25	50	17.9	17.6	17.4	17.7
7	50	75	14.5	13.1	14.9	14.7
7	75	100	10.4	11.3	12.1	11.2
7	100	125	15.4	15.2	13.8	14.6
7	125	150	10.0	10.7	13.4	11.7
7	150	175	9.8	10.4	9.0	9.4
7	175	200	10.3	13.2	12.2	11.2
7	200	225	15.1	9.9	11.2	13.2
7	225	250	15.9	13.5	11.0	13.4
7	250	275	15.9	14.2	13.6	14.8
7	275	300	21.6	17.2	17.0	19.3
7	300	325	23.0	20.5	23.0	23.0
7	325	350	15.6	17.4	17.6	16.6
7	350	375	15.3	15.7	14.8	15.0
7	375	400	15.7	15.8	16.0	15.9
7	400	425	17.7	20.6	21.6	19.7
7	425	450	12.3	11.9	13.0	12.7
7	450	475	16.6	17.7	15.4	16.0
7	475	500	15.3	12.5	13.8	14.6
7	500	525	15.6	14.6	11.0	13.3
7	525	541	15.9	11.3	12.6	14.2
8	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0	25	10.4	7.5	10.0	10.2
8	25	50	12.5	11.2	12.8	12.7
8	50	75	11.0	9.2	10.3	10.6
8	75	100	9.2	8.3	11.9	10.6
8	100	125	15.6	15.4	15.8	15.7
8	125	150	10.9	8.0	11.7	11.3
8	150	175	10.6	9.6	11.7	11.2

8	175	200	12.5	9.4	8.5	10.5
8	200	225	12.2	13.5	10.0	11.1
8	225	250	11.2	9.9	8.9	10.1
8	250	275	14.0	14.3	14.6	14.3
8	275	300	12.2	11.3	14.3	13.3
8	300	325	10.1	13.4	14.1	12.1
8	325	350	13.4	15.5	13.0	13.2
8	350	375	8.5	10.6	11.5	10.0
8	375	400	12.4	12.5	13.1	12.7
8	400	425	11.5	17.0	13.2	12.3
8	425	450	11.4	14.7	10.4	10.9
8	450	475	13.7	14.0	12.4	13.1
8	475	500	26.5	27.4	24.6	25.6
8	500	525	12.9	16.8	13.7	13.3
8	525	550	12.7	8.7	11.5	12.1
8	550	575	11.4	11.2	10.6	11.0
8	575	600	12.9	10.0	13.6	13.2
8	600	625	15.8	10.5	11.5	13.6
8	625	650	13.5	12.9	17.0	15.2
8	650	675	13.1	16.2	14.4	13.8
8	675	700	13.2	9.5	12.5	12.9
8	700	725	13.9	12.3	13.4	13.6
8	725	750	14.1	14.9	12.7	13.4
8	750	775	11.5	14.4	12.7	12.1
8	775	800	10.4	10.4	10.8	10.6
8	800	825	17.9	11.3	10.8	14.4
8	825	850	10.9	13.8	13.5	12.2
8	850	875	10.0	9.9	12.0	11.0
8	875	900	9.8	8.6	10.4	10.1
8	900	925	13.1	10.7	11.1	12.1
8	925	950	15.1	9.1	11.5	13.3
8	950	975	11.1	11.4	12.1	11.6
8	975	1,000	15.1	15.3	15.4	15.2
8	1,000	1,025	11.7	9.7	12.5	12.1
8	1,025	1,050	11.2	13.8	12.8	12.0
8	1,050	1,075	11.4	9.3	11.3	11.3
8	1,075	1,100	10.9	11.8	12.0	11.4
8	1,100	1,125	10.6	13.1	13.4	12.0
8	1,125	1,150	16.4	18.8	18.3	17.3
8	1,150	1,175	9.8	9.1	10.0	9.9
8	1,175	1,200	11.7	12.4	12.7	12.2
8	1,200	1,225	8.9	10.6	13.1	11.0
8	1,225	1,250	9.0	19.5	11.3	10.1
8	1,250	1,275	12.4	17.6	12.3	12.3
8	1,275	1,300	10.3	10.6	12.0	11.1
8	1,300	1,325	10.3	11.0	9.7	10.0

8	1,325	1,350	14.5	15.1	9.0	11.7
8	1,350	1,375	13.9	13.2	15.3	14.6
8	1,375	1,400	15.2	18.1	16.9	16.0
8	1,400	1,425	13.6	16.6	11.3	12.4
8	1,425	1,450	10.1	13.9	10.7	10.4
8	1,450	1,475	8.2	6.7	6.8	7.5
8	1,475	1,500	6.2	4.8	3.9	5.0
8	1,500	1,525	3.6	4.0	3.1	3.4
8	1,525	1,550	5.9	4.6	4.5	5.2
8	1,550	1,575	5.0	3.6	2.8	3.9
8	1,575	1,600	5.6	5.9	9.8	7.7
8	1,600	1,625	13.0	13.2	12.7	12.8
8	1,625	1,650	16.2	18.4	15.3	15.8
8	1,650	1,675	13.7	13.2	12.2	13.0
8	1,675	1,700	8.0	6.2	8.4	8.2
8	1,700	1,725	7.7	8.7	6.7	7.2
8	1,725	1,750	11.2	6.4	4.7	7.9
8	1,750	1,775	12.9	15.0	7.0	10.0
8	1,775	1,800	10.3	16.3	9.0	9.6
8	1,800	1,825	7.3	5.9	7.9	7.6
8	1,825	1,850	10.8	12.0	12.9	11.9
8	1,850	1,875	14.8	9.3	11.1	12.9
8	1,875	1,900	12.5	11.1	12.7	12.6
8	1,900	1,925	10.4	9.2	9.7	10.0
8	1,925	1,950	8.0	11.6	8.5	8.2
8	1,950	1,975	9.5	3.4	4.2	6.8
8	1,975	2,000	7.7	6.9	8.9	8.3
8	2,000	2,025	5.7	6.2	5.6	5.7
8	2,025	2,050	16.0	14.7	12.8	14.4
8	2,050	2,075	11.5	12.5	6.0	8.7
8	2,075	2,100	8.8	7.5	9.2	9.0
8	2,100	2,125	10.0	8.1	9.5	9.8
8	2,125	2,150	7.3	4.8	8.1	7.7
8	2,150	2,175	4.5	5.6	6.9	5.7
8	2,175	2,200	3.4	3.1	3.3	3.3
8	2,200	2,225	3.8	3.3	3.9	3.8
8	2,225	2,250	4.9	2.5	3.6	4.3
8	2,250	2,275	3.9	5.1	5.9	4.9
8	2,275	2,300	8.1	7.7	8.5	8.3
8	2,300	2,325	17.5	12.3	16.6	17.0
8	2,325	2,350	10.3	8.2	10.0	10.1
8	2,350	2,375	13.6	14.4	17.9	15.8
8	2,375	2,400	10.4	8.6	9.9	10.1
8	2,400	2,425	7.1	6.4	6.5	6.8
8	2,425	2,450	12.8	11.5	15.6	14.2
8	2,450	2,475	10.8	10.1	10.7	10.7

8	2,475	2,500	10.0	6.9	7.2	8.6
8	2,500	2,525	6.9	5.0	4.7	5.8
8	2,525	2,550	7.6	5.9	7.5	7.5
8	2,550	2,575	9.4	11.7	12.5	10.9
8	2,575	2,600	9.5	9.0	9.4	9.4
8	2,600	2,625	6.8	8.7	10.3	8.5
8	2,625	2,650	5.4	4.5	5.7	5.6
8	2,650	2,675	5.4	5.5	3.7	4.6
8	2,675	2,700	4.3	4.2	2.6	3.5
8	2,700	2,725	4.3	3.4	2.5	3.4
8	2,725	2,750	8.9	5.9	5.8	7.3
8	2,750	2,775	13.7	7.0	6.4	10.0
8	2,775	2,800	6.0	5.4	6.1	6.0
8	2,800	2,825	8.0	3.4	4.0	6.0
8	2,825	2,850	3.7	4.7	3.1	3.4
8	2,850	2,875	7.1	7.2	6.7	6.9
8	2,875	2,900	5.7	7.1	5.4	5.6
8	2,900	2,925	9.2	9.7	8.8	9.0
8	2,925	2,950	7.4	7.1	7.2	7.3
8	2,950	2,975	10.7	8.6	7.4	9.1
8	2,975	3,000	12.0	7.5	8.2	10.1
8	3,000	3,025	18.9	19.3	18.5	18.7
8	3,025	3,050	13.6	16.9	20.1	16.8
8	3,050	3,075	6.8	10.2	8.2	7.5
8	3,075	3,100	10.9	12.7	9.3	10.1
8	3,100	3,125	6.7	6.3	9.1	7.9
8	3,125	3,150	8.2	8.7	9.0	8.6
8	3,150	3,175	9.8	10.3	9.2	9.5
8	3,175	3,200	12.1	14.0	12.6	12.3
8	3,200	3,225	13.2	4.2	4.5	8.8
8	3,225	3,250	10.5	8.3	12.6	11.6
8	3,250	3,275	5.4	5.9	4.3	4.9
8	3,275	3,300	6.8	3.2	2.6	4.7
8	3,300	3,325	10.0	3.5	3.8	6.9
8	3,325	3,350	7.6	8.6	7.8	7.7
8	3,350	3,375	10.5	7.4	8.5	9.5
8	3,375	3,377	5.1	1.3	2.9	4.0
9	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0	25	4.6	3.6	7.0	5.8
9	25	50	5.5	6.2	5.5	5.5
9	50	75	7.0	2.5	4.5	5.8
9	75	100	7.6	8.5	7.6	7.6
9	100	125	8.1	6.5	4.5	6.3
9	125	150	8.9	4.7	5.0	6.9
9	150	175	7.0	4.2	4.9	5.9
9	175	200	8.5	6.1	8.1	8.3

9	200	225	13.4	12.8	11.7	12.6
9	225	250	7.2	4.2	5.7	6.5
9	250	275	12.4	12.5	12.9	12.6
9	275	300	5.2	4.1	7.9	6.5
9	300	325	5.3	4.6	7.8	6.5
9	325	350	3.7	2.7	4.5	4.1
9	350	375	6.6	5.2	8.6	7.6
9	375	400	6.4	6.8	10.4	8.4
9	400	425	5.2	4.7	6.7	6.0
9	425	450	9.0	5.9	5.7	7.3
9	450	475	6.4	4.8	5.7	6.0
9	475	500	4.9	3.1	3.7	4.3
9	500	525	5.3	3.8	5.3	5.3
9	525	550	5.8	4.6	5.1	5.5
9	550	575	6.9	3.0	4.8	5.9
9	575	600	5.2	4.6	7.4	6.3
9	600	625	6.7	5.0	4.3	5.5
9	625	650	5.4	4.8	9.2	7.3
9	650	675	3.2	3.1	5.0	4.1
9	675	700	5.0	3.8	7.4	6.2
9	700	725	6.1	3.3	4.6	5.3
9	725	750	3.6	4.9	5.1	4.3
9	750	775	3.8	4.1	4.8	4.3
9	775	800	4.8	3.9	5.3	5.1
9	800	825	4.0	3.1	4.2	4.1
9	825	850	4.7	2.8	2.4	3.6
9	850	875	4.7	3.8	5.7	5.2
9	875	900	3.5	2.4	6.9	5.2
9	900	925	3.8	3.7	3.9	3.9
9	925	950	4.4	4.2	4.2	4.3
9	950	975	10.1	6.6	5.2	7.7
9	975	1,000	4.4	3.7	4.0	4.2
9	1,000	1,025	3.0	3.6	4.0	3.5
9	1,025	1,050	7.5	8.4	9.3	8.4
9	1,050	1,075	6.7	5.0	6.1	6.4
9	1,075	1,100	5.8	5.6	4.9	5.4
9	1,100	1,125	5.3	4.2	4.4	4.8
9	1,125	1,150	5.7	7.1	7.5	6.6
9	1,150	1,175	6.0	7.4	8.7	7.3
9	1,175	1,200	4.4	3.8	6.7	5.5
9	1,200	1,225	6.9	7.1	10.2	8.6
9	1,225	1,250	8.4	8.0	12.5	10.4
9	1,250	1,275	6.2	5.0	5.9	6.0
9	1,275	1,300	6.4	7.1	11.2	8.8
9	1,300	1,325	6.4	5.4	11.4	8.9
9	1,325	1,350	8.6	5.9	11.6	10.1

9	1,350	1,375	9.0	5.5	6.9	8.0
9	1,375	1,400	10.1	9.2	11.6	10.8
9	1,400	1,425	6.4	6.3	5.9	6.2
9	1,425	1,450	11.1	3.5	4.3	7.7
9	1,450	1,475	8.0	9.3	10.0	9.0
9	1,475	1,500	13.1	11.2	8.8	11.0
9	1,500	1,525	6.5	6.1	7.8	7.1
9	1,525	1,550	8.7	8.9	11.1	9.9
9	1,550	1,567	6.0	5.3	13.3	9.7
10	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0	25	9.8	9.7	9.5	9.6
10	25	50	7.5	5.5	7.8	7.7
10	50	75	8.0	8.9	9.0	8.5
10	75	100	7.5	8.9	8.6	8.0
10	100	125	13.1	8.8	11.9	12.5
10	125	150	16.4	13.5	15.3	15.8
10	150	175	9.1	10.1	12.4	10.7
10	175	200	11.6	12.3	9.2	10.4
10	200	225	7.7	4.4	3.6	5.7
10	225	250	14.2	9.8	8.3	11.2
10	250	275	7.2	4.0	5.4	6.3
10	275	300	4.3	9.5	6.7	5.5
10	300	325	14.3	13.9	9.0	11.7
10	325	350	11.5	12.2	9.9	10.7
10	350	375	12.5	10.5	7.1	9.8
10	375	400	12.4	11.3	8.5	10.4
10	400	425	15.8	11.1	9.4	12.6
10	425	450	9.6	10.0	13.9	11.7
10	450	475	11.7	9.4	9.5	10.6
10	475	500	12.5	8.6	12.7	12.6
10	500	525	13.6	14.6	13.8	13.7
10	525	550	9.4	14.4	10.7	10.0
10	550	575	11.4	11.7	13.6	12.5
10	575	600	14.7	12.3	9.7	12.2
10	600	625	9.0	9.6	9.6	9.3
10	625	650	10.4	11.1	10.9	10.6
10	650	675	12.2	8.7	10.0	11.1
10	675	700	9.7	11.1	11.7	10.7
10	700	725	9.3	9.7	9.4	9.3
10	725	750	12.0	11.0	11.3	11.6
10	750	775	9.0	11.2	11.6	10.3
10	775	800	9.6	10.2	11.3	10.5
10	800	825	12.5	14.5	17.6	15.0
10	825	850	9.6	10.5	11.7	10.6
10	850	875	6.1	9.1	12.3	9.2
10	875	900	7.7	10.4	11.8	9.8

10	900	923	8.5	9.6	10.5	9.5
11	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0	25	4.6	6.4	3.9	4.3
11	25	50	6.3	8.2	4.1	5.2
11	50	75	4.8	4.1	3.2	4.0
11	75	100	8.0	8.1	8.4	8.2
11	100	125	4.3	6.7	4.8	4.6
11	125	150	5.8	7.7	9.6	7.7
11	150	175	10.2	11.9	12.7	11.5
11	175	200	8.9	9.1	8.3	8.6
11	200	225	14.7	13.3	16.8	15.7
11	225	250	3.8	3.3	4.1	4.0
11	250	275	5.3	5.7	6.1	5.7
11	275	300	7.8	3.2	6.2	7.0
11	300	325	7.8	7.9	8.7	8.3
11	325	350	16.4	18.6	18.3	17.4
11	350	375	7.3	14.0	15.0	11.1
11	375	400	12.9	12.2	6.7	9.8
11	400	425	11.0	11.4	7.9	9.4
11	425	450	7.2	12.9	10.0	8.6
11	450	475	5.8	7.0	6.9	6.4
11	475	500	7.1	8.8	10.8	8.9
11	500	525	8.6	7.0	8.8	8.7
11	525	550	13.7	15.6	15.4	14.6
11	550	575	11.2	11.1	9.2	10.2
11	575	600	7.3	7.9	9.9	8.6
11	600	625	11.5	13.6	14.4	12.9
11	625	650	12.0	7.3	7.9	10.0
11	650	675	10.0	10.0	11.6	10.8
11	675	700	6.5	5.1	8.0	7.2
11	700	725	3.9	4.1	4.4	4.2
11	725	750	3.2	4.9	5.1	4.1
11	750	775	7.0	9.1	8.2	7.6
11	775	800	13.7	13.9	10.9	12.3
11	800	825	12.6	8.3	10.1	11.4
11	825	850	7.4	9.6	10.7	9.1
11	850	875	2.4	2.6	2.0	2.2
11	875	900	2.8	2.8	1.9	2.4
11	900	925	6.7	7.4	9.6	8.2
11	925	950	10.0	10.6	11.2	10.6
11	950	975	5.7	3.5	3.2	4.5
11	975	1,000	2.9	2.5	2.7	2.8
11	1,000	1,025	5.6	7.5	7.4	6.5
11	1,025	1,050	8.3	9.1	11.6	9.9
11	1,050	1,075	11.3	15.6	16.3	13.8
11	1,075	1,100	8.0	8.3	10.3	9.1

11	1,100	1,125	5.5	5.1	7.5	6.5
11	1,125	1,150	10.7	11.5	10.4	10.6
11	1,150	1,175	10.3	13.8	10.2	10.3
11	1,175	1,200	5.6	3.1	5.2	5.4
11	1,200	1,225	4.2	7.2	1.6	2.9
11	1,225	1,250	7.5	6.7	7.9	7.7
11	1,250	1,275	8.8	7.5	6.7	7.8
11	1,275	1,300	9.8	6.0	10.0	9.9
11	1,300	1,325	14.6	15.3	16.5	15.6
11	1,325	1,350	8.7	9.2	5.6	7.2
11	1,350	1,375	5.7	11.2	10.1	7.9
11	1,375	1,400	9.4	8.2	7.7	8.5
11	1,400	1,425	6.9	5.7	6.2	6.6
11	1,425	1,450	11.0	12.7	13.3	12.2
11	1,450	1,475	10.6	13.2	12.4	11.5
11	1,475	1,500	8.9	11.4	9.1	9.0
11	1,500	1,525	8.8	12.0	11.4	10.1
11	1,525	1,550	8.3	8.3	8.5	8.4
11	1,550	1,575	5.9	6.5	6.6	6.3
11	1,575	1,600	16.4	16.8	17.8	17.1
11	1,600	1,625	4.9	7.4	4.6	4.7
11	1,625	1,650	15.1	13.9	16.6	15.8
11	1,650	1,675	8.7	10.7	10.7	9.7
11	1,675	1,700	12.1	14.0	12.9	12.5
11	1,700	1,714	25.9	24.7	25.3	25.6
12	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0	25	12.6	12.6	11.1	11.8
12	25	50	10.6	10.2	8.3	9.5
12	50	75	8.3	8.6	11.1	9.7
12	75	100	10.4	9.7	7.7	9.0
12	100	125	11.4	12.6	10.9	11.2
12	125	150	7.9	6.7	9.2	8.6
12	150	175	10.2	9.5	8.7	9.5
12	175	200	9.3	10.1	12.1	10.7
12	200	225	8.7	9.7	10.7	9.7
12	225	250	11.9	14.0	13.8	12.9
12	250	275	6.2	10.0	12.2	9.2
12	275	300	12.1	13.3	9.9	11.0
12	300	325	10.6	11.6	11.5	11.1
12	325	350	12.1	10.3	9.7	10.9
12	350	375	11.1	11.6	17.5	14.3
12	375	400	5.6	5.2	5.7	5.6
12	400	425	8.5	6.1	12.1	10.3
12	425	450	7.0	5.2	8.7	7.9
12	450	475	6.2	5.3	4.9	5.5
12	475	500	5.1	11.9	6.5	5.8

12	500	525	6.9	9.4	7.4	7.1
12	525	550	8.0	8.7	11.1	9.5
12	550	575	15.2	13.3	12.9	14.0
12	575	600	10.0	10.7	9.6	9.8
12	600	625	7.0	6.6	8.8	7.9
12	625	650	10.1	9.1	12.6	11.3
12	650	675	8.8	6.8	10.4	9.6
12	675	700	5.1	5.0	5.7	5.4
12	700	725	5.3	3.0	7.6	6.4
12	725	750	4.9	6.2	7.1	6.0
12	750	775	6.1	4.8	5.2	5.6
12	775	800	7.4	5.4	6.5	6.9
12	800	825	6.2	4.4	6.6	6.4
12	825	850	5.0	5.5	11.0	8.0
12	850	875	7.6	6.8	8.5	8.1
12	875	900	9.1	9.3	8.0	8.6
12	900	925	4.2	4.3	3.7	4.0
12	925	950	4.5	5.0	5.6	5.0
12	950	975	5.8	5.5	5.0	5.4
12	975	1,000	8.1	9.3	11.0	9.5
12	1,000	1,025	5.8	8.7	10.1	7.9
12	1,025	1,050	4.6	4.1	4.4	4.5
12	1,050	1,075	3.8	2.7	3.9	3.9
12	1,075	1,100	4.0	2.9	3.2	3.6
12	1,100	1,125	5.9	8.0	12.5	9.2
12	1,125	1,150	9.2	5.4	8.0	8.6
12	1,150	1,175	5.0	4.5	4.9	4.9
12	1,175	1,200	4.7	3.5	4.4	4.6
12	1,200	1,225	6.5	2.8	5.8	6.1
12	1,225	1,250	4.0	6.3	5.1	4.5
12	1,250	1,275	4.4	4.9	3.2	3.8
12	1,275	1,300	8.8	8.2	9.8	9.3
12	1,300	1,325	7.7	4.8	4.0	5.8
12	1,325	1,350	4.4	2.7	3.4	3.9
12	1,350	1,375	7.7	4.6	4.2	6.0
12	1,375	1,400	3.5	1.9	3.1	3.3
12	1,400	1,425	2.3	3.0	5.3	3.8
12	1,425	1,450	2.6	3.0	5.7	4.2
12	1,450	1,475	5.3	4.7	6.2	5.7
12	1,475	1,500	11.2	12.8	12.3	11.8
12	1,500	1,525	5.0	10.4	10.7	7.8
12	1,525	1,550	5.8	8.7	8.5	7.2
12	1,550	1,575	4.2	6.1	7.2	5.7
12	1,575	1,600	5.0	6.2	7.1	6.1
12	1,600	1,625	3.5	6.1	5.2	4.4
12	1,625	1,650	3.7	4.5	3.8	3.7

12	1,650	1,675	4.2	5.7	3.6	3.9
12	1,675	1,700	4.3	4.7	5.0	4.7
12	1,700	1,725	5.6	5.2	4.7	5.1
12	1,725	1,750	3.7	3.6	3.3	3.5
12	1,750	1,775	3.4	4.5	3.4	3.4
12	1,775	1,800	3.5	5.2	5.1	4.3
12	1,800	1,825	14.7	13.5	12.8	13.8
12	1,825	1,850	5.3	5.2	4.2	4.7
12	1,850	1,875	3.3	3.7	3.1	3.2
12	1,875	1,885	2.4	3.9	2.1	2.2
12a	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
12a	0	25	8.4	9.1	10.7	9.5
12a	25	50	10.2	7.7	10.1	10.2
12a	50	75	5.3	10.4	8.4	6.8
12a	75	100	8.7	10.1	8.5	8.6
12a	100	125	8.3	9.0	8.6	8.4
12a	125	150	12.1	14.1	10.6	11.4
12a	150	175	12.2	9.8	11.1	11.6
12a	175	200	9.8	8.5	8.0	8.9
12a	200	225	7.7	11.3	5.9	6.8
12a	225	250	4.2	6.6	5.6	4.9
12a	250	275	5.7	7.5	10.7	8.2
12a	275	300	2.0	5.2	4.3	3.2
12a	300	325	3.2	4.3	4.5	3.8
12a	325	350	6.7	5.6	6.6	6.7
12a	350	375	8.3	9.8	11.1	9.7
12a	375	380	11.6	21.0	21.9	16.8
13	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0	25	8.0	11.4	7.4	7.7
13	25	50	5.7	4.3	4.5	5.1
13	50	75	11.4	11.3	12.1	11.8
13	75	100	6.9	7.2	6.7	6.8
13	100	125	8.2	7.4	9.0	8.6
13	125	150	11.5	12.3	11.4	11.5
13	150	175	6.2	5.0	3.7	5.0
13	175	200	6.0	6.7	6.6	6.3
13	200	225	4.2	6.9	6.3	5.3
13	225	250	17.5	20.5	19.0	18.2
13	250	275	7.6	7.7	10.8	9.2
13	275	300	6.9	5.5	7.3	7.1
13	300	325	15.7	15.3	12.7	14.2
13	325	350	8.4	8.4	6.4	7.4
13	350	375	5.8	3.3	4.7	5.3
13	375	400	6.1	4.6	4.1	5.1
13	400	425	6.2	4.8	5.7	5.9
13	425	450	8.4	7.6	8.1	8.3

13	450	475	4.6	5.9	7.1	5.9
13	475	488	5.5	4.1	4.1	4.8
14	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0	25	7.0	6.1	8.6	7.8
14	25	50	8.2	8.2	8.4	8.3
14	50	75	8.1	6.0	8.2	8.1
14	75	100	6.6	5.7	7.6	7.1
14	100	125	6.5	3.1	5.0	5.8
14	125	150	7.8	4.0	8.5	8.2
14	150	175	9.8	5.0	6.0	7.9
14	175	200	8.4	4.8	6.6	7.5
14	200	225	8.0	5.1	3.8	5.9
14	225	250	10.2	9.2	9.3	9.8
14	250	275	5.7	5.0	4.8	5.3
14	275	300	2.9	2.8	3.7	3.3
14	300	325	3.7	4.4	7.2	5.5
14	325	350	2.1	2.1	3.4	2.8
14	350	375	2.6	2.8	6.3	4.4
14	375	400	4.1	4.6	5.2	4.6
14	400	425	3.2	3.5	4.3	3.7
14	425	450	6.4	6.7	9.3	7.8
14	450	475	4.2	4.3	5.9	5.1
14	475	500	4.8	3.8	4.7	4.7
14	500	525	4.6	4.1	4.6	4.6
14	525	550	3.5	3.8	4.6	4.1
14	550	575	4.4	3.6	3.9	4.2
14	575	600	5.3	5.6	8.1	6.7
14	600	625	4.3	3.6	3.9	4.1
14	625	650	5.8	6.3	6.3	6.1
14	650	675	4.9	5.3	5.2	5.1
14	675	700	5.7	5.9	6.4	6.0
14	700	717	6.9	7.0	6.3	6.6
15	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0	25	8.7	8.9	12.1	10.4
15	25	50	7.7	9.8	10.6	9.2
15	50	75	23.6	24.3	24.6	24.1
15	75	100	6.3	7.1	6.2	6.3
15	100	125	10.4	9.6	10.5	10.4
15	125	150	13.3	14.0	13.7	13.5
15	150	175	10.5	5.0	6.3	8.4
15	175	200	9.8	6.4	7.1	8.5
15	200	225	8.1	5.6	4.2	6.1
15	225	250	19.1	22.3	18.5	18.8
15	250	275	9.4	7.3	8.2	8.8
15	275	300	9.7	10.4	10.6	10.1
15	300	325	11.2	11.8	18.7	15.0

15	325	350	20.9	20.7	29.4	25.1
15	350	375	4.6	4.8	6.2	5.4
15	375	400	5.7	5.0	5.1	5.4
15	400	425	3.9	3.5	2.1	3.0
15	425	450	11.3	11.9	10.0	10.7
15	450	475	6.5	5.7	3.8	5.2
15	475	500	6.8	6.9	3.9	5.3
15	500	525	4.2	5.4	3.3	3.8
15	525	550	6.1	4.5	4.1	5.1
15	550	575	8.4	8.1	9.3	8.9
15	575	600	8.9	9.0	8.7	8.8
15	600	625	13.3	13.6	13.8	13.6
15	625	650	7.4	8.4	9.2	8.3
15	650	675	5.9	7.3	8.6	7.2
15	675	700	6.9	8.8	9.1	8.0
15	700	725	9.3	7.2	8.1	8.7
15	725	750	9.9	11.1	11.4	10.7
15	750	775	8.9	9.6	8.0	8.5
15	775	792	5.7	6.7	9.4	7.6

Apéndice N°4 Clasificación y propuesta de intervención para cada tramo según las notas de calidad Q.

ID	Estación	Nota de Calidad Q	Estrategia de intervención	TH
1-18-001-00 El Prado	0+000	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	1
	0+050	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+200	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+300	NP	Reconstrucción	2
	0+350	NP	Reconstrucción	
	0+400	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+450	R-3	Reconstrucción	3
	0+500	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+550	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+600	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	4
	0+650	NP	Reconstrucción	
	0+700	NP	Reconstrucción	
0+750	R-2	Rehabilitación mayor		
1-18-044-00 Urbanización Freses	0+000	R-3	Reconstrucción	1
	0+050	NP	Reconstrucción	2
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+200	Q2	Mantenimiento preservación	3
	0+250	R-3	Reconstrucción	
	0+300	Q2	Mantenimiento preservación	4
	0+350	Q9	Rehabilitación mayor	
	0+400	Q2	Mantenimiento preservación	
	0+450	Q2	Mantenimiento preservación	5
	0+500	Q9	Rehabilitación mayor	
0+550	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI		
1-18-054-00 Jose María Zeledón	0+000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	1
	0+050	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+200	R-3	Reconstrucción	2
	0+250	R-3	Reconstrucción	
	0+300	R-3	Reconstrucción	
	0+350	NP	Reconstrucción	
	0+400	R-3	Reconstrucción	3
	0+450	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+500	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI		

	0+550	Q9	Rehabilitación mayor	
	0+600	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+050	R-3	Reconstrucción	
	0+100	R-3	Reconstrucción	4
	0+150	NP	Reconstrucción	
	0+200	R-3	Reconstrucción	5
	0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+300	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+350	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+400	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+450	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+500	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+550	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+600	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	6
	0+650	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+700	R-3	Reconstrucción	7
	0+750	Q5	Análisis	
	0+800	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
1-18-046-00 Urbanización las Brisas	0+000	R-3	Reconstrucción	1
	0+050	R-3	Reconstrucción	
	0+100	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	2
	0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+200	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	3
	0+250	R-3	Reconstrucción	
	0+300	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	4
	0+350	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+400	Q7	Rehabilitación menor	5
	0+450	R-3	Reconstrucción	
	0+500	R-3	Reconstrucción	
0+550	NP	Reconstrucción		
0+600	Q9	Rehabilitación mayor		
1-18-062-00 Curridabat centro	0+000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	1
	0+050	R-3	Reconstrucción	2
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	3
	0+150	NP	Reconstrucción	4
	0+200	NP	Reconstrucción	
	0+250	R-3	Reconstrucción	
	0+300	Q7	Rehabilitación menor	
	0+350	Q6	Rehabilitación mayor	
	0+000	NP	Reconstrucción	5
	0+050	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+100	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+150	Q7	Rehabilitación menor	6
	0+200	NP	Reconstrucción	

	0+250	Q7	Rehabilitación menor	7
	0+300	NP	Reconstrucción	8
	0+350	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	9
	0+400	Q2	Mantenimiento preservación	
	0+450	Q2	Mantenimiento preservación	10
	0+000	NP	Reconstrucción	
	0+050	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	11
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+150	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	12
	0+200	R-3	Reconstrucción	
	0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	13
	0+300	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+350	R-2	Rehabilitación mayor	14
	0+400	R-2	Rehabilitación mayor	
	0+000	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	15
	0+050	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+150	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+200	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+300	Q7	Rehabilitación menor	
	0+350	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
1-18-006-00 Espartaco- Bilbaína	0+000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	1
	0+050	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+100	NP	Reconstrucción	2
	0+150	NP	Reconstrucción	
	0+200	R-3	Reconstrucción	
	0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	3
	0+300	NP	Reconstrucción	4
	0+350	NP	Reconstrucción	
	0+400	R-3	Reconstrucción	
	0+450	NP	Reconstrucción	
	0+500	NP	Reconstrucción	
0+550	R-3	Reconstrucción		
1-18-010-00 Hacienda Vieja	0+000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	1
	0+050	R-3	Reconstrucción	2
	0+100	R-3	Reconstrucción	
	0+150	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+200	R-3	Reconstrucción	3
	0+250	NP	Reconstrucción	
	0+300	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	3
	0+000	R-3	Reconstrucción	4
	0+050	R-3	Reconstrucción	
0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	5	

0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+200	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+300	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+350	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+400	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+450	RH-RF	Rehabilitación menor	6
0+500	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+550	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+600	R-3	Reconstrucción	7
0+650	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	8
0+000	NP	Reconstrucción	
0+050	R-3	Reconstrucción	
0+100	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+150	NP	Reconstrucción	
0+200	R-3	Reconstrucción	9
0+250	R-3	Reconstrucción	
0+300	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+350	NP	Reconstrucción	
0+400	Q9	Rehabilitación mayor	
0+450	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	10
0+500	R-3	Reconstrucción	11
0+550	RH-RF	Rehabilitación menor	12
0+600	R-3	Reconstrucción	13
0+650	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+700	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	14
0+750	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+800	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+850	R-3	Reconstrucción	15
0+900	RH-RF	Rehabilitación menor	16
0+950	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+1000	R-3	Reconstrucción	17
0+1050	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+1100	Q7	Rehabilitación menor	18
0+1150	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	19
0+1200	R-3	Reconstrucción	
0+1250	R-3	Reconstrucción	20
0+1300	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+1350	RH-RF	Rehabilitación menor	21
0+1400	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+1450	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+1500	NP	Reconstrucción	22
0+1550	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	23
0+1600	R-3	Reconstrucción	24

	0+1650	R-3	Reconstrucción	
	0+1700	NP	Reconstrucción	
	0+1750	Q7	Rehabilitación menor	25
	0+1800	Q7	Rehabilitación menor	
	0+000	R-3	Reconstrucción	26
	0+050	R-3	Reconstrucción	
	0+100	RH-RF	Rehabilitación menor	27
	0+150	NP	Reconstrucción	
	0+200	NP	Reconstrucción	
	0+250	R-3	Reconstrucción	28
	0+300	R-3	Reconstrucción	
	0+350	R-3	Reconstrucción	
	0+400	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+450	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+500	Q9	Rehabilitación mayor	29
	0+550	Q9	Rehabilitación mayor	
	0+600	Q9	Rehabilitación mayor	
	0+650	Q5	Análisis	
	0+700	Q5	Análisis	
	0+750	Q8	Rehabilitación mayor	
1-18-010-00 Calle Mercedes	0+000	Q9	Rehabilitación mayor	1
	0+050	R-3	Reconstrucción	
	0+100	R-3	Reconstrucción	
	0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+200	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+300	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+350	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+400	RH-RF	Rehabilitación menor	
	0+450	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+500	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+550	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+600	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+650	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	2
	0+700	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+750	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+800	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+850	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+900	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+950	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+1000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+1050	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+1100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+1150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	

	0+1200	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+1250	NP	Reconstrucción	3
	0+1300	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	4
	0+1350	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+1400	R-3	Reconstrucción	5
	0+1450	RH-RF	Rehabilitación menor	6
	0+1500	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+1550	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
1-18-039-00 Urbanización Cipreses	0+000	RH-RF	Rehabilitación menor	1
	0+050	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	2
	0+100	NP	Reconstrucción	3
	0+150	NP	Reconstrucción	
	0+200	R-3	Reconstrucción	
	0+250	R-3	Reconstrucción	
	0+300	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	4
	0+350	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+400	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+450	NP	Reconstrucción	5
	0+500	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	6
	0+550	R-3	Reconstrucción	7
	0+600	NP	Reconstrucción	
	0+650	RH-RF	Rehabilitación menor	8
	0+700	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+750	NP	Reconstrucción	9
	0+800	NP	Reconstrucción	
	0+850	R-3	Reconstrucción	
	0+900	R-3	Reconstrucción	
	0+950	R-3	Reconstrucción	
	0+1000	R-2	Rehabilitación mayor	
1-18-094-00 Lomas de Ayarco Norte	0+000	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	1
	0+050	R-3	Reconstrucción	2
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	3
	0+150	R-3	Reconstrucción	4
	0+200	R-3	Reconstrucción	5
	0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	6
	0+300	R-3	Reconstrucción	7
	0+350	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	8
	0+400	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+450	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+500	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+550	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+600	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+650	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+700	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	

0+750	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+000	R-3	Reconstrucción	9
0+050	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	10
0+100	R-3	Reconstrucción	11
0+150	Q7	Rehabilitación menor	
0+200	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	12
0+300	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+350	Q7	Rehabilitación menor	
0+400	R-3	Reconstrucción	
0+450	NP	Reconstrucción	
0+500	NP	Reconstrucción	
0+550	NP	Reconstrucción	13
0+600	NP	Reconstrucción	
0+650	NP	Reconstrucción	
0+700	Q9	Rehabilitación mayor	
0+000	R-3	Reconstrucción	
0+050	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	14
0+100	NP	Reconstrucción	15
0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+200	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+250	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+300	RH-RF	Rehabilitación menor	16
0+350	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+400	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+450	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+500	NP	Reconstrucción	
0+550	NP	Reconstrucción	17
0+600	R-3	Reconstrucción	
0+650	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	18
0+700	R-3	Reconstrucción	19
0+750	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+800	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+850	Q9	Rehabilitación mayor	
0+900	Q7	Rehabilitación menor	20
0+950	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+1000	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+1050	Q9	Rehabilitación mayor	
0+1100	NP	Reconstrucción	21
0+1150	R-3	Reconstrucción	22
0+000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+050	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	23
0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	
0+150	NP	Reconstrucción	24

	0+200	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	25
	0+250	Q2	Mantenimiento preservación	
	0+300	NP	Reconstrucción	26
	0+350	NP	Reconstrucción	27
	0+400	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	28
1-18-016-00 Quinta Guayabos	0+000	R-3	Reconstrucción	1
	0+050	NP	Reconstrucción	
	0+100	NP	Reconstrucción	
	0+150	R-3	Reconstrucción	
	0+200	NP	Reconstrucción	
	0+250	NP	Reconstrucción	
	0+300	R-3	Reconstrucción	
	0+350	R-3	Reconstrucción	
	0+400	NP	Reconstrucción	
	0+450	Q9	Rehabilitación mayor	
1-18-040-00 Calle Koberg	0+000	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	1
	0+050	R-3	Reconstrucción	2
	0+100	R-3	Reconstrucción	3
	0+150	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	4
	0+200	R-3	Reconstrucción	5
	0+250	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	6
	0+300	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+350	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+400	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	7
	0+450	R-3	Reconstrucción	
	0+500	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	8
	0+550	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+600	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	
	0+650	Q9	Rehabilitación mayor	9
	0+700	R-2	Rehabilitación mayor	10
0+750	Q4	Mantenimiento recuperación del IRI	11	
1-18-033-00 Calle Las Rusias	0+000	NP	Reconstrucción	1
	0+050	NP	Reconstrucción	
	0+100	M-RF	Mantenimiento recuperación del IRI	2
	0+150	NP	Reconstrucción	3
	0+200	NP	Reconstrucción	
	0+250	NP	Reconstrucción	
	0+300	NP	Reconstrucción	
	0+350	R-3	Reconstrucción	
	0+400	R-3	Reconstrucción	
	0+450	R-3	Reconstrucción	
	0+500	R-3	Reconstrucción	
	0+550	RH-RF	Rehabilitación menor	4
	0+600	R-3	Reconstrucción	5

0+650	RH-RF	Rehabilitación menor	6
0+700	RH-RF	Rehabilitación menor	
0+750	R-3	Reconstrucción	7
0+800	R-3	Reconstrucción	
0+850	R-3	Reconstrucción	

Apéndice N°5 Retrocálculo para calle Mercedes.

Espesores a lo largo de la calle			
Estación	Base (cm)	Carpetas asfálticas (cm)	
		Existente	Nueva
0+021	17,0	13,0	5,0
0+250	19,0	9,0	5,0
0+475	13,0	8,0	6,5
0+775	1,00	9,0	9,0
1+025	13,0	9,0	6,5
1+280	45,0	8,0	5,0
1+500	47,0	8,0	5,0
1+728	24,0	8,0	5,0

Tramo	Estación	C1	C2	C3	C4
Tramo 1	0+000	1368	720	35	62
	0+050	1368	720	35	62
	0+100	1368	720	35	62
Tramo 2	0+150		420	55	75
	0+200	1636	592	35	78
	0+250	4386	812	37	90
	0+300		200	35	110
	0+350	4860	207	35	76
	0+400	4077	207	35	83
	0+450		309	35	94
Tramo 3	0+500	626	1715	50	104
	0+550	609	1716	50	82
	0+600	2549	200	50	181
	0+650	628	1299	50	100
	0+700	2543	509	50	126
	0+750		294	50	196
Tramo 4	0+800	1300		50	211
	0+850	2353	1902	50	126
	0+900	4790	200	50	125
	0+950	4121	2725	415	104
	0+1000	932	3080	50	109
Tramo 5	0+1050	701		415	125
	0+1100	658	944	50	106
	0+1150	3690	419	50	121
	0+1200	3347		89	135

	0+1250	248	200	50	65
Tramo 6	0+1300		200	67	110
	0+1350	3240	200	66	89
	0+1400	1023	200	50	84
	0+1450	1794	276	50	107

Apéndice N°6 Estado de las cunetas por el cantón



Imagen 19. Espartaco – Bilbaína



Imagen 20. José María Zeledón. Etapa 1



Imagen 21. Freses.



Imagen 22. José María Zeledón. Etapa 2.

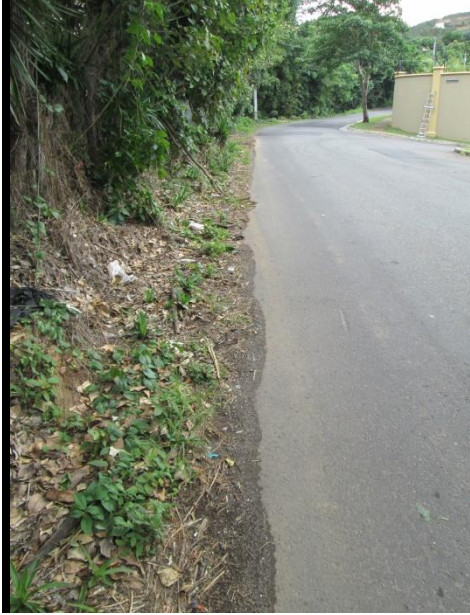


Imagen 23. Hacienda Gregal.



Imagen 24. Hacienda Gregal.



Imagen 25. Hacienda Vieja.



Imagen 26. Urbanización san Ángel.



Imagen 27. Barrio Cipreses



Imagen 28. Servi Indoor.



Imagen 29. Calle Koberg



Imagen 30. Calle Mercedes.



Imagen 31. Calle Mercedes.



Imagen 32. Cantón central.

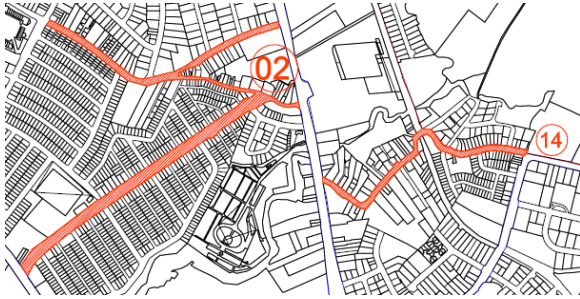


Imagen 33. Freses.

Apéndice N°7 Vías en estudio



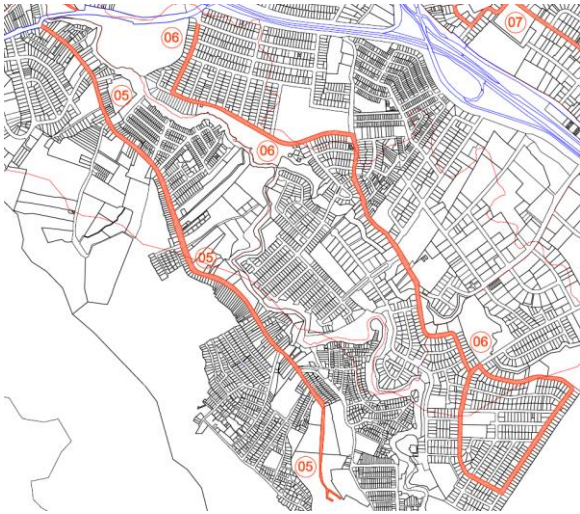
01- El Prado, 12- Freses



02- José María Z. 14- Servi Indoor



04- Espartaco-Bilbaína



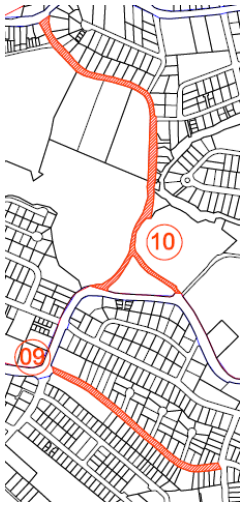
05-Calle Mercedes, 06- Hacienda Vieja



07- Hacienda Gregal



08- Barrio Cipreses



10- Calle Koberg, 09- San Ángel, 11- Calle Las Rusias

Anexos

Anexo N°1. Auscultación visual según la norma ASTM D-6433

Tomando en cuenta el tipo de falla y la gravedad, que se puede clasificar en Alto (H), Medio (M) y Bajo (L) según las especificaciones de la norma.

ID	Daño	Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)
01	Piel de cocodrilo	grietas paralelas sin tocarse	exista un patrón de grietas y poco astilladas	patrones definidos y astilladas en el borde
02	Exudación	no se adjunta en los zapatos ni llantas	se adjunta en zapatos y llantas	se adjunta bastante en vehículos y zapatos
03	Agrietamiento	bloques definidos de poca severidad	bloques definidos de mediana severidad	bloques definidas de alta severidad
04	Abultamiento y hundimiento	comodidad alta	comodidad media	comodidad baja
05	Corrugación	comodidad alta	comodidad media	comodidad baja
06	Depresión	13-25mm	25-50mm	50mm+
07	Grieta de borde	baja ruptura	media ruptura	alta ruptura
08	Grieta de junta	grieta menor a los 10mm	grieta entre 10-75mm	grieta mayor a 75mm
09	Desnivel de carril	25mm<desnivel<50mm	50mm<desnivel<100mm	desnivel>100mm
10	Grietas long y transversal	ancho < 10mm	10mm<ancho<75mm	100mm < ancho
11	Parqueo	buena condición, alta comodidad de manejo	moderadamente deteriorado, comodidad media	deteriorada y comodidad baja
12	Pulimiento de agregados	poco	medio	alto
13	Huecos	diámetro 100-200mm	diámetro 200-450mm	diámetro 450-750mm
		profundidad 13-50mm	profundidad > 25mm	profundidad > 25mm
14	Cruce de vía férrea	afecta poco la comodidad	afecta medio la comodidad	afecta alto la comodidad
15	Ahuellamiento	6 - 13mm	13 - 25mm	> 25 mm
16	Desplazamiento	afecta poco la comodidad	afecta medio la comodidad	afecta alto la comodidad
17	Grieta parabólica	ancho < 10mm	10 < ancho < 40mm	ancho > 40mm
18	Hinchamiento	afecta poco la comodidad	afecta medio la comodidad	afecta alto la comodidad
19	Desprendimiento de agregados	empieza a desprenderse, fosa pequeña	textura áspera y con fosas medianas	textura muy áspera y fosas marcadas

Metodología PCI (Paviment Condition Index)

Para realizar el proceso de auscultación es necesario realizar un cálculo del número de muestras que se debe realizar para poder clasificar las vías en prueba, por medio de la determinación de las unidades de muestra.

Datos generales para calcular las unidades de muestra:

- Una longitud del proyecto (L)
- Un ancho de calzada
- Verificar el tipo de pavimento: flexible o rígido
- Según el ancho de la calzada, obtener la longitud de muestra (Lu).

Ancho calzada (m)	Longitud UM (m)
3.5-6.5	47
4.0-7.5	42
4.5-8.5	38
5.0-9.0	35
5.5-10+	32

Longitud de la unidad de muestra según ancho de calzada

Se calcula el número total de unidades de muestra (N):

$$N = \frac{L}{Lu}$$

Luego se debe calcular el número mínimo de unidades a muestrear:

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1) + \sigma^2}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo.

n : Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

e : Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Posteriormente se crea el intervalo de muestreo (i):

$$i = \frac{N}{n}$$

Se selecciona un valor de S, que se debe encontrar entre el rango de 1 e i y sucesivamente se calcula la totalidad de UM a inspeccionar con las siguientes ecuaciones:

$$UM_1 = S$$

$$UM_2 = UM_1 + i$$

$$UM_l = UM_{l-1} + i$$

Al obtenerse las unidades de muestra (UM) se debe ir a campo a realizar las inspecciones, para facilitar la labor se debe completar la tabla machote:

Anexo N°2. Metodologías de retrocálculo existentes.

METODOLOGÍAS DE RETROCÁLCULO

1. Metodologías de cálculo directo

Dentro de las metodologías de cálculo directo se encuentran el método Yonapave, empleado para materiales de subrasante y la ecuación de Dormann y Metcalf, formulada para la capa granular.

Método Yonapave

Este método estima de forma directa el módulo resiliente de la subrasante a partir de valores de deflexión, basado en la teoría del modelo elástico de Hogg. Su expresión es la siguiente:

$$E_o = m \times \left(\frac{p}{D_o} \right) \times L_o^n$$

Dónde:

E_o : Es el módulo de la subrasante (MPa)

P: Presión del plato de carga del deflectómetro (kPa)

D_o : Deflexión máxima bajo el plato de carga (0.001 mm)

L_o : Longitud característica del cuenco de deflexión (cm)

$$L_o = A \times e^{B \cdot area}$$
$$area = \frac{6 * (D_o + 2D_{300} + 2D_{600} + 2D_{900})}{D_o}$$

Donde:

D_i : Deflexiones a las indicadas, desde el centro de aplicación de la carga (0.001 mm)

A, B, m, n: Coeficientes de ajuste.

Tabla 18. Coeficientes de ajuste A, B, m y n empleados en la metodología YONAPAVE

RANGO DE AREA	A	B	m	n
Mayor o igual a 23	3.275	0.1039	926.9	-0.8595
Mayor o igual a 21 y menor de 23	3.691	0.0948	1152.1	-0.8782
Mayor o igual a 19 y menor de 21	2.800	0.1044	1277.6	-0.8867
Menor de 19	2.371	0.1096	1344.2	-0.8945

Fuente: Guía de rehabilitación del INVIAS, 2008.

2. Metodología por medio de ecuaciones de regresión

Las ecuaciones de regresión utilizadas pertenecen al departamento de transporte del estado de Washington (WASDOT) y a la Universidad de Carolina del Norte (UNC). Las primeras son aplicables para sistemas tricapa y permiten obtener los módulos de la subrasante, del material granular y de la carpeta asfáltica; la última sólo es aplicable para conocer el módulo de la capa asfáltica.

Ecuaciones WASDOT

Capa de subrasante Las ecuaciones presentadas a continuación poseen índices de correlación (R^2) iguales a 0,99 y sólo son aplicables para determinar el módulo de la subrasante:

$$E_o = -37.1 + 34.3 * \left(\frac{P}{D_{900}} \right)$$

$$E_o = -7.8 + 2.6 * \left(\frac{P}{D_{1200}} \right)$$

$$E_o = -24.2 + 52.9 * \left(\frac{2P}{(D_{900} + D_{1200})} \right)$$

Donde:

E_o : Módulo de la subrasante (kg/cm²).

P: Carga aplicada sobre una placa de 300 mm de diámetro (kg).

D_{900} : Deflexión a 900 mm del centro de aplicación de la carga (0,001 mm).

D_{1200} : Deflexión a 1200 mm del centro de aplicación de la carga (0,001 mm).

La ecuación basada en la deflexión a 1200 mm del centro del plato de carga, debido a que se estima que las deflexiones más alejadas del centro del impacto ofrecen una respuesta exclusiva asociada a la capa de subrasante.

Capa granular

La siguiente expresión puede ser usada para determinar el módulo resiliente de la capa granular y posee un índice de correlación (R^2) igual a 0,70.

$$\log E_G = 0.50634 + 0.03474 \left[\frac{5.9}{H_{CA}} \right] + 0.12541 \sqrt{\frac{5.9}{H_G}} - 0.09416 \sqrt{\frac{H_{CA}}{H_G}} + 0.51386 \log E_o + 0.2454 \left[\frac{p * A_1}{D_0^2} \right]$$

Donde:

E_G : Módulo de la capa granular (psi).

P: Carga aplicada sobre una placa de 300 mm de diámetro (lb).

H_{CA} : Espesor de la capa de concreto asfáltico (in).

H_G : Espesor de la capa granular (in).

E_o : Módulo de la subrasante (psi).

D_o : Deflexión bajo el centro de aplicación de la carga (in).

A_1 : Área aproximada bajo el cuenco de deflexión hasta una distancia de 900 mm.

$$A_1 = 2[2(D_0 + D_{200}) + (D_{200} + D_{300}) + 3(D_{300} + D_{600}) + 3(D_{600} + D_{900})]$$

D_{200} : Deflexión a 200 mm del centro de aplicación de la carga (in).

D_{300} : Deflexión a 300 mm del centro de aplicación de la carga (in).

D_{600} : Deflexión a 600 mm del centro de aplicación de la carga (in).

D_{900} : Deflexión a 900 mm del centro de aplicación de la carga (in).

Capa asfáltica

El módulo de la capa asfáltica puede ser determinado por la siguiente ecuación, cuyo índice de correlación (R^2) es igual a 0,78.

$$\log E_{CA} = -4.13464 + 0.25726 \left[\frac{5.9}{H_{CA}} \right] + 0.92874 \sqrt{\frac{5.9}{H_G}} - 0.69727 \sqrt{\frac{H_{CA}}{H_G}} - 0.96687 \log E_0 + 1.88298 \left[\frac{p * A_1}{D_0^2} \right]$$

Donde:

E_{CA} : Módulo de la capa asfáltica (psi).

P: Carga aplicada sobre una placa de 300 mm de diámetro (lb).

H_{CA} : Espesor de la capa de concreto asfáltico (in).

H_G : Espesor de la capa granular (in).

E_0 : Módulo de la subrasante (psi).

D_0 : Deflexión bajo el centro de aplicación de la carga (pulgadas).

A_1 : Área aproximada bajo el cuenco de deflexión hasta una distancia de 900 mm.

$$A_1 = 2[D_0 + D_{200}] + (D_{200} + D_{300}) + 3(D_{300} + D_{600}) + 3(D_{600} + D_{900})$$

D_{200} : Deflexión a 200 mm del centro de aplicación de la carga (in).

D_{300} : Deflexión a 300 mm del centro de aplicación de la carga (in).

D_{600} : Deflexión a 600 mm del centro de aplicación de la carga (in).

D_{900} : Deflexión a 900 mm del centro de aplicación de la carga (in).

3. Ecuaciones según metodología de diseño AASHTO

La metodología de retrocálculo de la guía AASHTO permite determinar sólo el módulo resiliente de la subrasante y está basada en el modelo monocapa de la teoría de Boussinesq, a través de la siguiente expresión:

$$M_R = \frac{p * (1 - \mu^2)}{\pi * d_R * r}$$

Donde:

M_R : Módulo resiliente de la subrasante (psi).

P: Carga aplicada (lb).

d_R : Deflexión obtenida a una distancia R del centro de aplicación de la carga (in).

r: Distancia entre el centro de aplicación de la carga y el geófono que capta la deflexión (in).

μ : Coeficiente de Poisson del material de subrasante.

Si se considera un coeficiente de Poisson de 0.5 la ecuación queda reducida a la siguiente expresión

$$M_R = \frac{0.24 * p}{d_R * r}$$

La guía de diseño AASHTO recomienda emplear una distancia (r) para el cálculo del módulo resiliente, que sea mayor o igual a 0,7 veces el radio del bulbo de esfuerzos, determinado por medio de la siguiente expresión:

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}$$

Donde:

r: Distancia desde el centro del plato de carga (in).

a_e : Radio del bulbo de esfuerzos entre la interfaz subrasante – estructura de pavimento (in).

a: Radio del plato de carga (in).

D: Espesor total del pavimento sobre la subrasante (in).

E_p : Módulo equivalente de todas las capas del pavimento sobre la subrasante (psi).

Una vez conocido el valor del módulo resiliente de la subrasante es posible determinar el módulo equivalente del pavimento E_p , el cual representa la estructura de pavimento por un modelo bicapa, donde la capa inferior que representa la subrasante posee una profundidad infinita y un módulo M_R ; y su capa superior es la simplificación del pavimento con un espesor total D y un módulo equivalente E_p . La expresión propuesta por la guía AASHTO para la determinación del módulo equivalente del pavimento E_p , se relaciona a continuación:

$$d_0 = 1.5 * p * a \left[\frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left[\left(\frac{D}{a} \right)^3 \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right]^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right]$$

Dónde:

p: Presión de contacto del plato de carga (psi).

d_0 : Deflexión medida bajo el plato de carga, ajustada a una temperatura de 20°C para mezclas asfálticas (in).

a: Radio del plato de carga (in).

D: espesor total del pavimento sobre la subrasante (in).

E_p : Módulo equivalente de todas las capas del pavimento sobre la subrasante (psi).

M_R : Módulo resiliente de la subrasante retrocalculado (psi).

Cálculos:

Se busca la densidad de la falla en el tramo de estudio, luego se busca en las curvas características el valor deducido (VDC) y se obtiene el valor del PCI.

Datos generales para calcular las unidades de muestra:

- Una longitud total del proyecto de 18.3 km, dividido en 14 vías de diferente longitud.
- Un ancho de calzada dentro del rango de 5.5-10 metros
- Pavimento flexible

Según el cuadro ____ para el rango entre 5.5 – 10 metros se utilizó una longitud para el UM de 35 metros.

Se calculó el número total de unidades de muestra (N) para la vía código 01-El Prado:

$$N = \frac{777}{35} = 22.2$$

Luego se obtuvo el número mínimo de unidades a muestrear para la vía:

$$n = \frac{N\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1) + \sigma^2} = \frac{22.2x10^2}{\frac{5^2}{4}x(22.2-1) + 10^2} = 9.55 \approx 10$$

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo.

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Posteriormente se creó el intervalo de muestreo (i):

$$i = \frac{N}{n} = \frac{22.2}{10} = 2.2 \approx 2$$

Se seleccionó un valor de $S = 2$, ya que se encuentra entre el rango de 1 e i (1-2) y se calculó la totalidad de UM a inspeccionar por el siguiente método:

$$UM_1 = S = 2$$

$$UM_2 = UM_1 + i = 2 + 2 = 4$$

$$UM_l = UM_{l-1} + i$$

Este cálculo se realizó para cada una de las vías en estudio, luego se seleccionaron las unidades de muestra de cada una siguiendo las especificaciones de la norma.

Anexo N°3. Cálculo de los coeficientes para diseño estructural de cada capa.

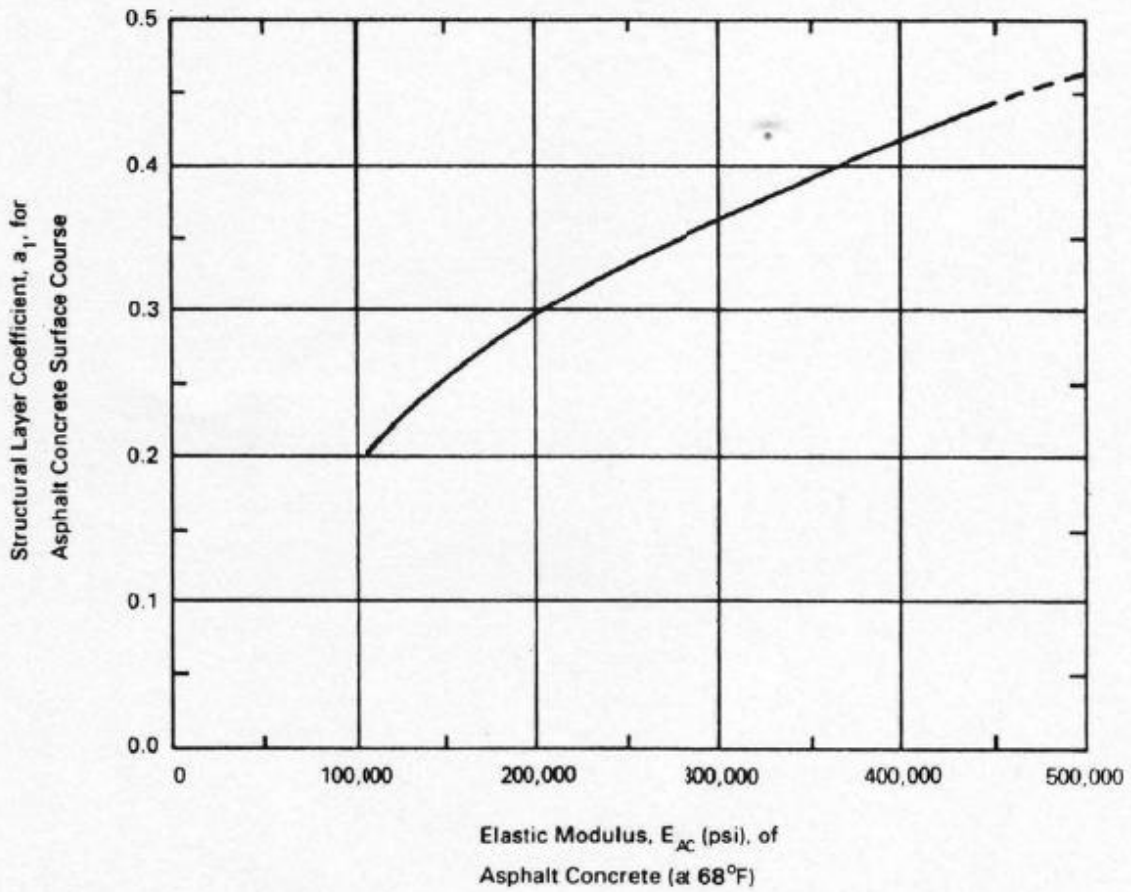
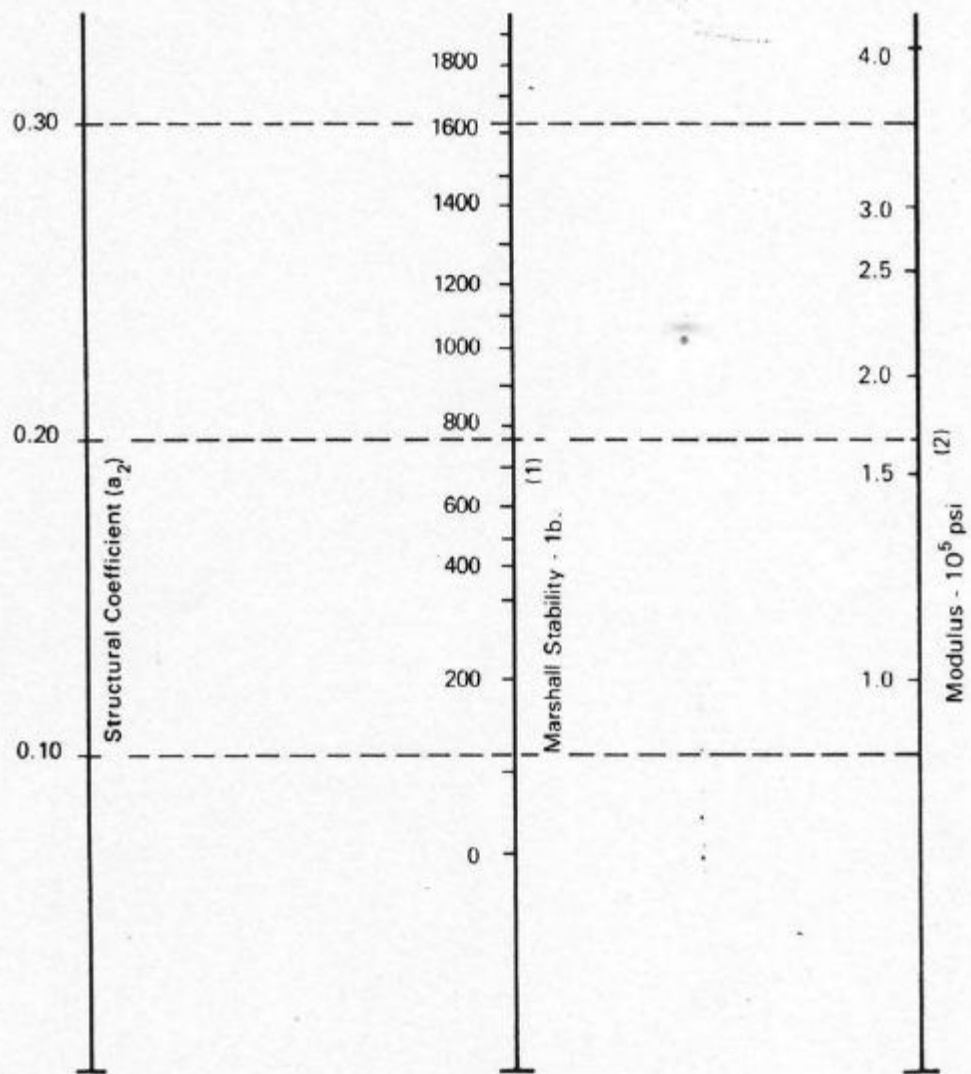


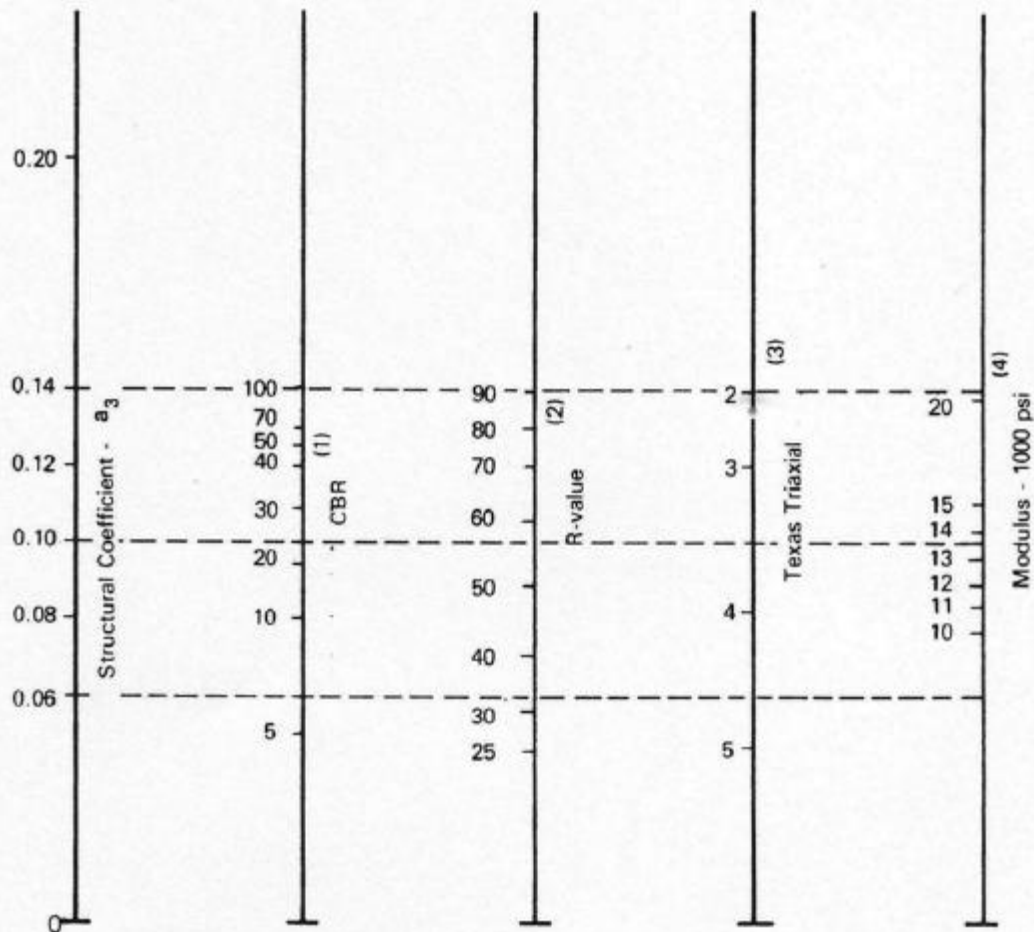
Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)



(1) Scale derived by correlation obtained from Illinois.

(2) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.9. Variation in a_2 for Bituminous-Treated Bases with Base Strength Parameter (3)



- (1) Scale derived from correlations from Illinois.
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Table 2.2. Suggested Levels of Reliability for Various Functional Classifications

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85-99.9	80-99.9
Principal Arterials	80-99	75-95
Collectors	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

NOTE: Results based on a survey of the AASHTO Pavement Design Task Force.

TABLE 11.15 STANDARD NORMAL DEVIATES FOR VARIOUS LEVELS OF RELIABILITY

Reliability (%)	Standard normal deviate (Z_R)	Reliability (%)	Standard normal deviate (Z_R)
50	0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

Anexo N°4. Verificación a la capacidad de fatiga y deformación plástica.

Se hace la revisión por teorías de fatiga para cada una de las capas utilizando las fórmulas que se muestran a continuación:

- Carpeta asfáltica: método PDMAP (fin y otros, 1986)

$$\log N_f = 15.947 - 3.291 \log(\varepsilon_t) - 0.854 \log(MR1) , 10\% \text{ de agrietamiento}$$

$$\log N_f = 16.086 - 3.291 \log(\varepsilon_t) - 0.854 \log(MR1) , 45\% \text{ de agrietamiento}$$

Método del Instituto del Asfalto

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291} [E]^{-0.854}$$

Donde:

Nf = Número de cargas aplicadas para la falla.

ε_t = Deformación unitaria de tensión en la parte inferior de la capa.

E = Módulo resiliente (psi)

- Base Granular: $N_a = 10^{2.605122 * F + 4.480098}$, $F = \frac{\sigma_3 * \phi + c}{\sigma_1 - \sigma_3}$

Donde:

Na = número de repeticiones.

F = factor de seguridad. σ_1 y σ_3 = esfuerzos principales.

ϕ = ángulo de fricción interna.

C = cohesividad.

- Subrasante $N_r = 1.365 \times 10^{-9} (\varepsilon_{vs})^{-4.477}$

Donde:

Nr: es el número de repeticiones.

ε_{vs} : deformación unitaria a la compresión en la fibra superior de la subrasante

deflexión admisible: Instituto del asfalto

$$D_{adm} = 25.64N^{-0.2383}$$

Dónde: N: número de ejes equivalentes utilizados en el diseño.

Referencias bibliográficas

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1993). *Diseño estructural de pavimento*. Washington, DC.

Ángulo, W. Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S.A (CACISA). (2006). *Estudio técnico estructura pavimento calle Mercedes, Tirrases*. Heredia.

Barrantes, R.; Badilla, G.; Sibaja, D.; Porras, J. (2008). *UI-PE-03-08: Variaciones a los rangos para la clasificación estructural de la red vial nacional de costa rica*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica. San José

Ficha técnica: *FT-UGERVN-02-13*. Deflectómetro de Impacto. 2013. LANAMME.

Huang, Yang. 1993. *Pavement analysis and design*. Estados Unidos de América: Prentice.

LANAMME. 2013. *Informe de evaluación de la red vial nacional pavimentada de costa rica. Años 2012-2013*. Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, San José, Costa Rica.

Leal, F. *Diseño de una estructura de pavimento perpetuo (caso de estudio de una ruta nacional en Costa Rica)*. LANAMME UCR. Universidad de Costa Rica.

Leal, M. 2010. *Relación entre el módulo resiliente hallado por retrocálculo y encontrado en ensayos de laboratorio*. Informe proyecto de graduación. Bogotá: Universidad de Colombia.