



**UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA**



**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe: LM-PI-UMP-043-R3

PRIMER ENSAYO ACELERADO DE PAVIMENTOS A ESCALA NATURAL

INFORME AVANCE LTPP

Preparado por:

Unidad de Materiales y Pavimentos

San José, Costa Rica
Diciembre, 2017

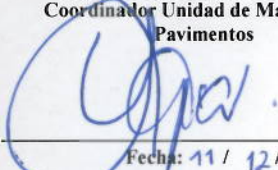


UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Información técnica del documento

1. Informe LM-PI-UMP-043-R3		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de avance - LTPP		4. Fecha del Informe Diciembre 2017
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <i>El presente informe recopila el avance y los resultados de laboratorio para el proyecto denominado LTPP, para el seguimiento del comportamiento de diferentes estructuras de pavimento en el tiempo.</i> <i>La recopilación de información que plantea el proyecto tiene la limitación de que la misma se da en períodos extensos de tiempo, así como que los diferentes tramos de estudio se encuentran distribuidos por el país.</i> <i>Así mismo se busca incorporar de forma gradual la información que ha sido recolectada por medio de otros proyectos de investigación, auditoria o fiscalización; de forma que se pueda generar una base de datos robusta para el estudio del desempeño de los pavimentos.</i>		
10. Palabras clave LTPP, Desempeño, Pavimentos	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 110
13. Preparado por: Ing. Tania Ávila Esquivel, M.Sc. Ingeniero investigador  Fecha: 11 / 12 / 2017	Mónica Navarro Cordero Asistente de Investigación Maureen Quirós Cascante Asistente de Investigación Fecha: / /	Fecha: / /
14. Revisado por: Ing. José Pablo Aguiar M., Ph. D. Coordinador Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 11 / 12 / 2017		15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, Ph. D. Coordinador General PITRA  Fecha: 11 / 12 / 2017



CUADRO DE CONTENIDOS

1	Introducción	8
1.1	Descripción – Contexto del proyecto en Costa Rica	8
1.2	Objetivo de este informe	8
1.3	Productos esperados	8
2	Avance del proyecto.....	9
2.1	Ensayos y pruebas	11
3	Información complementaria	14
4	Referencias.....	15
	Apéndice 1: Ubicación de los tramos.....	17
	Apéndice 2: Materiales tramo 26	30
	Material de subrasante (suelo).....	30
	Material de subrasante (préstamo)	30
	Material de subbase.....	31
	Apéndice 3: Deflectometría de impacto (fwd).....	33
	Apéndice 4: Regularidad superficial (iri).....	58
	Apéndice 5: Auscultación visual	71
	Apéndice 6: Fricción superficial (grip)	84
	ANEXO A.....	96
	ANEXO B.....	100
	ANEXO C	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	MAPA DE COSTA RICA CON LA UBICACIÓN DE LOS TRAMOS 1 A 25 DEL PROYECTO LTPP	11
FIGURA 2.	COLOCACIÓN SE SENSORES DE PRESIÓN INTERFACE SUBRASANTE-SUBBASE	13
FIGURA 3.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS TIPOS DE SUELO CLASIFICADOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	15
FIGURA 4.	UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #1 SABALITO-LAS MELLIZAS.....	17



FIGURA 5. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #2 QUEPOS-BARÚ	17
FIGURA 6. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #3 MORAVIA-CORONADO	18
FIGURA 7. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #4 CARTAGO-PARAÍSO.....	18
FIGURA 8. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #5 BARÚ-PIÑUELA	19
FIGURA 9. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #6 POZÓN-JACÓ	19
FIGURA 10. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #7 INTERAMERICANA-CALDERA	20
FIGURA 11. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #8 LOS ÁNGELES-SANTO DOMINGO.....	20
FIGURA 12. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #9 GUÁCIMO-POCORA	21
FIGURA 13. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #10 LIMÓN-SIQUIRRES.....	21
FIGURA 14. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #11 PLAYA HERMOSA-ESTERILLOS	22
FIGURA 15. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #12 SANTA CRUZ-NAMBÍ.....	22
FIGURA 16. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #13 COT-VOLCÁN IRAZÚ	23
FIGURA 17. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #14 BUENOS AIRES-CAJÓN	23
FIGURA 18. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #15 PÉREZ ZELEDÓN-RÍO CONVENTO.....	24
FIGURA 19. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #16 FLORENCIA-SANTA CLARA	24
FIGURA 20. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #17 CIUDAD NEILLY-PASO CANOAS	25
FIGURA 21. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #18 LIBERIA-PEÑAS BLANCAS	25
FIGURA 22. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #19 CARRILLO-LAJAS	26
FIGURA 23. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #20 CAÑAS-LIBERIA	26
FIGURA 24. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #21 LA REPÚBLICA-VIRILLA.....	27
FIGURA 25. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #22 CIRCUNVALACIÓN.....	27
FIGURA 26. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #23 TAMARINDO	28
FIGURA 27. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #24 PENHURST-CAHUITA	28
FIGURA 28. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TRAMO #25 BANANITO SUR-LIMÓN	29
FIGURA 29. CURVA GRANULOMÉTRICA MATERIAL DE SUBRASANTE (SUELO)	30
FIGURA 30. CURVA GRANULOMÉTRICA MATERIAL DE SUBRASANTE (PRÉSTAMO).....	31
FIGURA 31. CURVA GRANULOMÉTRICA MATERIAL DE SUBBASE.....	32
FIGURA 32. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #1 SABALITO-LAS MELLIZAS.....	33
FIGURA 33. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #2 QUEPOS-BARÚ	34
FIGURA 34. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #3 MORAVIA-CORONADO	35
FIGURA 35. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #4 CARTAGO-PARAÍSO.....	36
FIGURA 36. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #5 BARÚ-PIÑUELA	37
FIGURA 37. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #6 JACÓ-OROTINA	38
FIGURA 38. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #7 INTERAMERICANA-CALDERA	39
FIGURA 39. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #8 LOS ÁNGELES-SANTO DOMINGO.....	40



FIGURA 40. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #9 GUÁCIMO-POCORA.....	41
FIGURA 41. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #10 LIMÓN-SIQUIRRES	42
FIGURA 42. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #11 PLAYA HERMOSA-ESTERILLOS.....	43
FIGURA 43. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #12 SANTA CRUZ-NAMBÍ.....	44
FIGURA 44. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #13 COT-VOLCÁN IRAZÚ	45
FIGURA 45. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #14 BUENOS AIRES-CAJÓN	46
FIGURA 46. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #15 PÉREZ ZELEDÓN-RÍO CONVENTO.....	47
FIGURA 47. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #16 FLORENCIA-SANTA CLARA	48
FIGURA 48. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #17 CIUDAD NEILLY-PASO CANOAS	49
FIGURA 49. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #18 LIBERIA-PEÑAS BLANCAS	50
FIGURA 50. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #19 CARRILLO-LAJAS	51
FIGURA 51. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #20 CAÑAS-LIBERIA	52
FIGURA 52. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #21 LA REPÚBLICA-VIRILLA.....	53
FIGURA 53. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #22 CIRCUNVALACIÓN	54
FIGURA 54. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #23 TAMARINDO	55
FIGURA 55. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #24 CAHUITA-PENHURST	56
FIGURA 56. DEFLECTOMETRÍA TRAMO #25 SAN CLEMENTE-BANANITO SUR	57
FIGURA 57. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #1 SABALITO-LAS MELLIZAS	58
FIGURA 58. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #2 QUEPOS-BARÚ.....	58
FIGURA 59. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #3 MORAVIA-CORONADO.....	59
FIGURA 60. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #4 CARTAGO-PARAÍSO	59
FIGURA 61. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #5 BARÚ-PIÑUELA.....	60
FIGURA 62. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #6 JACÓ-OROTINA.....	60
FIGURA 63. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #7 INTERAMERICANA-CALDERA.....	61
FIGURA 64. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #8 LOS ÁNGELES-SANTO DOMINGO	61
FIGURA 65. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #9 GUÁCIMO-POCORA	62
FIGURA 66. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #10 LIMÓN-SIQUIRRES	62
FIGURA 67. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #11 PLAYA HERMOSA-ESTERILLOS	63
FIGURA 68. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #12 SANTA CRUZ-NAMBÍ.....	63
FIGURA 69. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #13 COT-VOLCÁN IRAZÚ	64
FIGURA 70. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #14 BUENOS AIRES-CAJÓN	64
FIGURA 71. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #15 PÉREZ ZELEDÓN-RÍO CONVENTO	65
FIGURA 72. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #16 FLORENCIA-SANTA CLARA.....	65
FIGURA 73. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #17 CIUDAD NEILLY-PASO CANOAS	66
FIGURA 74. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #18 LIBERIA-PEÑAS BLANCAS	66



FIGURA 75. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #19 CARRILLO-LAJAS.....	67
FIGURA 76. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #20 CAÑAS-LIBERIA.....	67
FIGURA 77. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #21 LA REPÚBLICA-VIRILLA	68
FIGURA 78. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #22 CIRCUNVALACIÓN	68
FIGURA 79. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #23 TAMARINDO	69
FIGURA 80. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #24 CAHUITA-PENHURST	69
FIGURA 81. ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERFICIAL TRAMO #25 SAN CLEMENTE-BANANITO SUR	70
FIGURA 82. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #1 SABALITO-LAS MELLIZAS.....	71
FIGURA 83. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #2 QUEPOS-BARÚ	71
FIGURA 84. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #3 MORAVIA-CORONADO	72
FIGURA 85. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #4 CARTAGO-PARAÍSO.....	72
FIGURA 86. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #5 BARÚ-PIÑUELA	73
FIGURA 87. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #6 JACÓ-OROTINA	73
FIGURA 88. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #7 INTERAMERICANA-CALDERA	74
FIGURA 89. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #8 LOS ÁNGELES-SANTO DOMINGO	74
FIGURA 90. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #9 GUÁCIMO-POCORA	75
FIGURA 91. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #10 LIMÓN-SIQUIRRES.....	75
FIGURA 92. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #11 PLAYA HERMOSA-ESTERILLOS	76
FIGURA 93. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #12 SANTA CRUZ-NAMBÍ.....	76
FIGURA 94. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #13 COT-VOLCÁN-IRAZÚ.....	77
FIGURA 95. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #14 BUENOS AIRES-CAJÓN	77
FIGURA 96. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #15 PÉREZ ZELEDÓN-RÍO CONVENTO.....	78
FIGURA 97. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #16 FLORENCIA-SANTA CLARA	78
FIGURA 98. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #17 CIUDAD NEILLY-PASO CANOAS	79
FIGURA 99. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #18 LIBERIA-PEÑAS BLANCAS.....	79
FIGURA 100. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #19 CARRILLO-LAJAS	80
FIGURA 101. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #20 CAÑAS-LIBERIA	80
FIGURA 102. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #21 LA REPÚBLICA-VIRILLA.....	81
FIGURA 103. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #22 CIRCUNVALACIÓN.....	81
FIGURA 104. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #23 TAMARINDO	82
FIGURA 105. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #24 CAHUITA-PENHURST	82
FIGURA 106. ÍNDICE DE CONDICIÓN PRESENTE DEL TRAMO #25 SAN CLEMENTE-BANANITO SUR	83
FIGURA 107. ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #1 SABALITO-LAS MELLIZAS.....	84
FIGURA 108. ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #2 QUEPOS-BARÚ	84
FIGURA 109. ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #3 MORAVIA-CORONADO	85



FIGURA 110.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #4 CARTAGO-PARAÍSO.....	85
FIGURA 111.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #5 BARÚ-PIÑUELA	86
FIGURA 112.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #6 JACÓ-OROTINA	86
FIGURA 113.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #7 INTERAMERICANA-CALDERA	87
FIGURA 114.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #8 LOS ÁNGELES-SANTO DOMINGO	87
FIGURA 115.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #9 GUÁCIMO-POCORA	88
FIGURA 116.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #10 LIMÓN-SIQUIRRES.....	88
FIGURA 117.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #11 PLAYA HERMOSA-ESTERILLOS	89
FIGURA 118.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #12 SANTA CRUZ-NAMBÍ.....	89
FIGURA 119.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #14 BUENOS AIRES-CAJÓN	90
FIGURA 120.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #15 PÉREZ ZELEDÓN-RÍO CONVENTO.....	90
FIGURA 121.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #16 FLORENCIA-SANTA CLARA	91
FIGURA 122.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #17 CIUDAD NEILLY-PASO CANOAS.....	91
FIGURA 123.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #18 LIBERIA-PEÑAS BLANCAS.....	92
FIGURA 124.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #19 CARRILLO-LAJAS	92
FIGURA 125.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #20 CAÑAS-LIBERIA	93
FIGURA 126.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #21 LA REPÚBLICA-VIRILLA.....	93
FIGURA 127.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #22 CIRCUNVALACIÓN.....	94
FIGURA 128.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #23 TAMARINDO	94
FIGURA 129.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #24 CAHUITA-PENHURST	95
FIGURA 130.	ÍNDICE DE AGARRE (FRICCIÓN) DEL TRAMO #25 SAN CLEMENTE-BANANITO SUR	95

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	LISTA DE TRAMOS QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO DE LTTP	9
TABLA 2.	DATOS DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL OBTENIDOS A LA FECHA PARA CADA TRAMO	12
TABLA 3.	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA REALIZADOS AL SUBRASANTE (SUELO)	30
TABLA 4.	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA REALIZADOS AL SUBRASANTE (PRÉSTAMO) ...	30
TABLA 5.	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA REALIZADOS AL SUBBASE	31

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción – Contexto del proyecto en Costa Rica

Los programas de Desempeño de Pavimentos a Largo Plazo (LTPP, por sus siglas en inglés), desarrollados principalmente en Estados Unidos y Canadá, han estudiado el comportamiento de diferentes secciones de pavimento en el tiempo; abarcando más de 2500 secciones de prueba en pavimentos (flexibles y rígidos) (FHWA, 2017).

El programa LTPP de Costa Rica busca reproducir el modelo desarrollado exitosamente en los Estados Unidos y Canadá. El proyecto pretende profundizar en el análisis y conocimiento del comportamiento de los pavimentos construidos en Costa Rica, al darles un seguimiento a lo largo de los años. Para esto se busca abarcar la mayor cantidad de secciones de carretera y parámetros posibles.

Dentro de los parámetros a analizar se incluyen: tráfico de la zona, clima, espesores de las capas que componen la estructura de pavimento y sus materiales, entre otros. Dichas secciones clasifican como estudio de tipo general (GPS), al ser pavimentos existentes y con parámetros no controlados previamente, por lo que se recurre a una comparación con las secciones específicas (SPS) generadas en el laboratorio PaveLab y ensayadas con el HVS, siendo tramos con parámetros controlados. Así como la recolección de información e instrumentación de proyectos nuevos cuando esto fuera posible.

1.2 Objetivo de este informe

Describir el contexto y el estado de avance del programa LTPP en Costa Rica; así como los diferentes resultados obtenidos en los tramos que constituyen el estudio para evaluar el desempeño de diferentes pavimentos a largo plazo.

1.3 Productos esperados

La implementación del programa LTPP como parte de la investigación realizada por el LanammeUCR, permitirá la recolección de valiosa información complementaria a la existente. De manera que enfocándose en el seguimiento detallado de los deterioros que presenten las estructuras de pavimento, así como en la tomad de muestras y ejecución de ensayos de laboratorio



complementarios; se pueda tener un panorama amplio de las características y desempeño de los diferentes tramos.

El principal producto de este proceso de recolección de información y estudio será una robusta base de datos que sintetice la información para cada uno de los tramos a los que se le da seguimiento.

Con la información recolectada a través de los años, se colaborará con el desarrollo e implementación de importantes herramientas del diseño de pavimentos, desde adaptar conceptos de diseño de materiales de otros países, hasta el desarrollo de métodos de diseño propios de Costa Rica.

2 AVANCE DEL PROYECTO

A continuación se busca complementar el informe LM-PI-UMP-043-R2 al incluir la información recolectada y procesada a través del año en curso (2017).

Cada tramo evaluado consta de una longitud de 100 m, en la siguiente tabla se muestran las secciones de estudio, con la respectiva ruta, sección y ubicación:

Tabla 1. Lista de tramos que forman parte del proyecto de LTTP

	Tramo	Ruta	Provincia	Cantón	Distrito	Sección Control
1	Sabalito - Las Mellizas	613	Puntarenas	Coto Brus	Sabalito	60311
2	Quepos - Barú	34	Puntarenas	Aguirre	Quepos	60111
3	Moravia - Coronado	102	San José	Vázquez de Coronado	Patalillo	10390
4	Cartago - Paraíso	10	Cartago	Paraíso	Paraíso	30021
5	Barú - Piñuela	34	Puntarenas	Osa	Bahía Ballena	60091
6	Jacó - Orotina	34	Alajuela	Orotina	Coyolar	21300
7	Interamericana - Caldera	23	Puntarenas	Puntarenas	Chacarita-Barranca	60610
8	Los Angeles - Santo Domingo	116	Heredia	Santo Domingo	Tures	40252
9	Guácimo - Pocora	32	Limón	Guácimo	Mercedes	70141
10	Limón - Siquirres	32	Limón	Siquirres	Pacuarito	70090
11	Playa Hermosa - Esterillos	34	Puntarenas	Garabito	Jacó	60140
12	Santa Cruz - Nambí	21	Guanacaste	Santa Cruz	Santa Cruz	50120
13	Cot - Volcán Irazú	219	Cartago	Oreamuno	Potrero Grande	30250
14	Buenos Aires - Cajón	2	Puntarenas	Buenos Aires	Volcán	60060
15	Pérez Zeledón - Río Convento	2	San José	Pérez Zeledón	Daniel Flores	10002
16	Florencia - Santa Clara	141	Alajuela	San Carlos	Florencia	20681



	Tramo	Ruta	Provincia	Cantón	Distrito	Sección Control
17	Ciudad Neilly - Paso Canoas	2	Puntarenas	Corredores	Corredores	60001
18	Liberia - Peñas Blancas	1	Guanacaste	Liberia-La Cruz	Santa Elena	50050
19	Carrillo - Lajas	160	Guanacaste	Hojancha	Puerto Carrillo	50460
20	Cañas - Liberia	1	Guanacaste	Bagaces	Bagaces	51120
21	La República - Virilla	32	San José	Goicoechea	Calle Blancos	19011
22	Circunvalación Tramo Reciclado	39	San José	San José	Mata Redonda	19093
23	Tamarindo	-	Guanacaste	Santa Cruz	Tamarindo	50261
24	Cahuita - Penhurst	36	Limón	Talamanca	Cahuita	70030
25	San Clemente - Bananito Sur	36	Limón	Limón	Matama	70040
26	La Abundancia - Florencia	35	Alajuela	San Carlos	Florencia	-
27	Aeropuerto Internacional Juan Santamaría	-	Alajuela	Alajuela	Alajuela	-

Como se puede observar de la tabla anterior se incluyeron dos tramos más dentro del proyecto. El tramo La Abundancia - Florencia, se encuentra ubicado en un proyecto de construcción nueva, por lo que actualmente no se encuentra en uso. El tramo ubicado en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, busca monitorear el desempeño de los materiales que componen la estructura de pavimento de la zona de parqueo.

En la Figura 1 se muestra un mapa general de Costa Rica con la ubicación de los tramos 1 a 25.

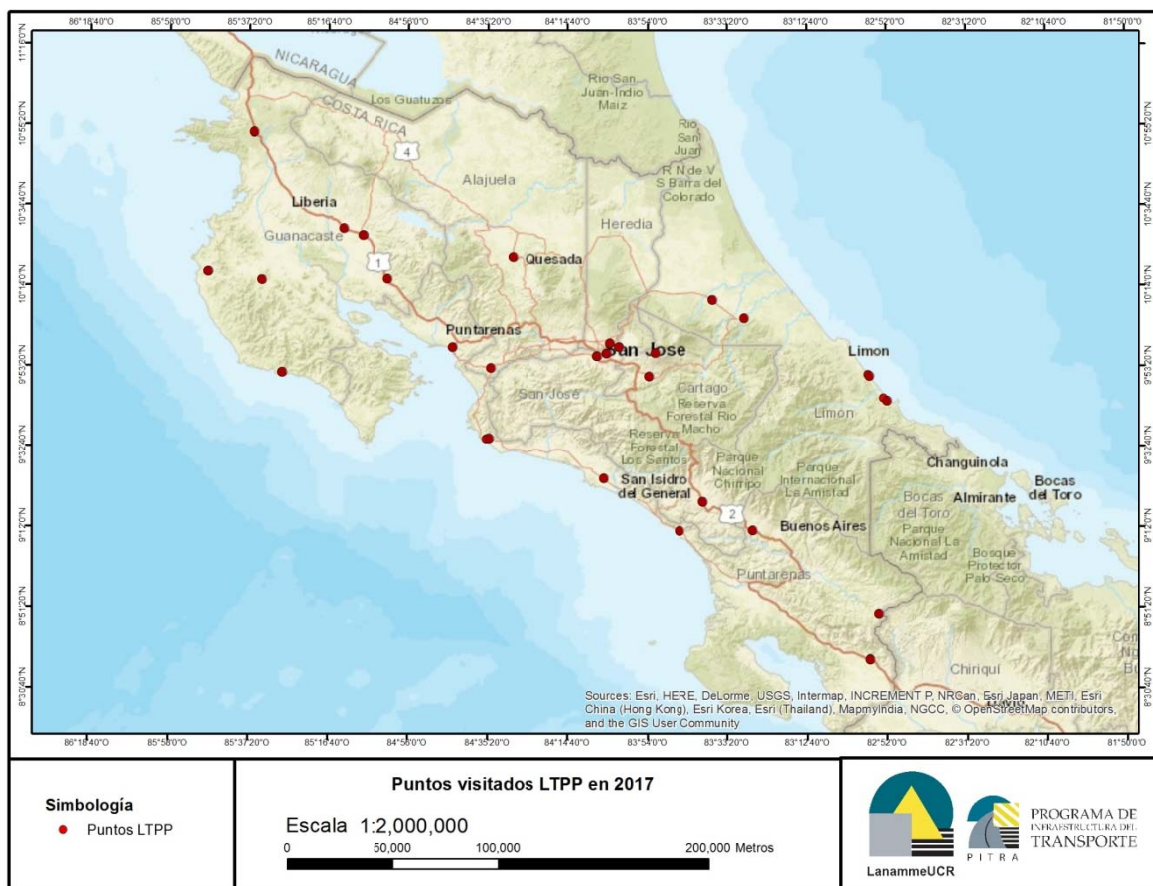


Figura 1. Mapa de Costa Rica con la ubicación de los tramos 1 a 25 del proyecto LTPP

En el Apéndice 1 se muestran las ubicaciones georeferenciadas de los tramos 1 a 25 junto con las características generales.

2.1 Ensayos y pruebas

2.1.1 Tránsito

En la tabla 2 se muestran los datos de tránsito promedio diario anual (TPDA) de los tramos de LTPP recolectados a la fecha, de acuerdo con la información aportada por la Secretaría de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transporte.



Tabla 2. Datos de tránsito promedio diario anual obtenidos a la fecha para cada tramo

Tramo	Año	TPDA	Tramo	Año	TPDA
1 Sabalito - Las Mellizas	-	-	13 Cot - Volcán Irazú	2009	2085
2 Quepos - Barú	2006	2542	13 Cot - Volcán Irazú	2015	2300
	2011	3690		-	-
	2015	7569	14 Buenos Aires - Cajón	-	-
3 Moravia - Coronado	2015	22217	15 Pérez Zeledón - Río Convento	2005	6535
4 Cartago - Paraíso	2005	13579		2007	7538
	2006	13201		2013	9805
	2008	12654	16 Florencia - Santa Clara	2007	4644
	2017	22776		2013	6697
5 Barú - Piñuela	2011	3918		2016	6575
6 Jacó - Orotina	2006	7563	17 Ciudad Neilly - Paso Canoas	2006	4563
	2009	6918		2010	6337
	2011	9119		2015	6176
	2015	10843	18 Liberia - Peñas Blancas	2004	1969
7 Interamericana - Caldera	2005	7933		2009	3615
	2006	8330	19 Carrillo - Lajas	2015	3328
	2009	11530		-	-
	2012	15461	20 Cañas - Liberia	2015	7883
	2015	19794	21 La República - Virilla	2006	33436
8 Los Angeles - Santo Domingo	2005	5527		2017	35483
	2007	5944	22 Circunvalación Tramo Reciclado	-	-
	2015	9470	23 Tamarindo	2005	1365
9 Guácimo - Pocora	2004	7898		2010	1200
	2005	6585		2015	4580
	2008	9267	24 Cahuita - Penhurst	2007	1776
	2015	11943		2017	3440
10 Limón - Siquirres	2015	8946	25 San Clemente - Bananito Sur	2007	2068
11 Playa Hermosa - Esterillos	2011	7835		2017	4509
12 Santa Cruz - Nambí	2005	3707			
	2006	4234			
	2010	6081			
	2015	7386			

2.1.2 Materiales

Los materiales de los tramos 1 a 25 fueron recopilados y adjuntados en el informe LM-PI-UMP-043-R2.

Los materiales existentes del tramo 26 incluido a partir de este año, se muestran en el Apéndice 2. A la fecha solo se encuentran colocadas las capas de subrasante, material de préstamo y subbase.

Además se colocaron sensores de presión entre la capa de subrasante y subbase, a continuación se muestran algunas fotos tomadas durante la colocación del sensor.



(a) Estacionamiento



(b) Sensores



(c) Colocación



(d) Acabado

Figura 2. Colocación se sensores de presión interface Subrasante-Subbase

Se pretende continuar instrumentando el tramo conforme se continúe construyendo la estructura.

2.1.3 Desempeño

Deflectometría de impacto (FWD, por sus siglas en inglés)

Se realizó el ensayo de deflectometría de impacto en los tramos que se encuentran en servicio actualmente (1 a 25). En el Apéndice 3 se muestra el comportamiento de los tramos a través del tiempo al graficarlo contra la deflexión reportada por el geófono cero (d_0 , bajo plato de carga) y el geófono 9 (d_9 , el más alejado del plato de carga).

Índice de regularidad superficial (IRI)

Se realizó el ensayo de IRI en los tramos que se encuentran en servicio actualmente (1 a 25). En el Apéndice 4 se muestra el comportamiento de los tramos a través del tiempo al graficarlo contra el IRI.

Auscultación Visual

Se realizó un levantamiento de los deterioros observados en cada uno de los tramos que se encuentran en servicio actualmente (1 a 25). En el Apéndice 5 se muestra el comportamiento de los tramos a través del tiempo, utilizando el Índice de condición presente PCI.

Fricción superficial (GRIP, por sus siglas en inglés)

Se realizó un levantamiento de la fricción superficial en los tramos que de acuerdo con el método de ensayo (IRI menor a 4 m/km) permiten su medición. En el Apéndice 6 se muestra el comportamiento de los tramos a través del tiempo, utilizando los datos de GRIP.

3 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Costa Rica es un país con gran variedad de climas, litologías y condiciones topográficas, lo que genera que en un territorio relativamente pequeño se encuentre una gran variedad de suelos, algunos de ellos con condiciones geotécnicas que dificultan la construcción de cualquier tipo de infraestructura.

Por tanto, el conocimiento del tipo del suelo que funcionará como cimentación de un proyecto es de gran importancia para la ejecución de una carretera o cualquier otra obra civil. Para conocer adecuadamente la capacidad del suelo, se debe iniciar por identificar el tipo de suelo. Aunque un simple examen visual brinda información valiosa, se debe completar la caracterización con un



examen más detallado de las propiedades del suelo, con el fin de identificar los problemas y deficiencias asociadas al mismo (UMP, 2014).

Es por lo anterior que se pretende generar una base de datos que contenga todos los parámetros necesarios para caracterizar de manera óptima un suelo, y que a la vez muestre la información técnica necesaria del mismo; dicha información brindará más herramientas para analizar el desempeño de los tramos del proyecto del LTPP.

La Figura 3 muestra los 87 suelos que han sido muestreados a la fecha. El Informe LM-PI-UMP-046-R1 resume la caracterización física de dichos materiales.

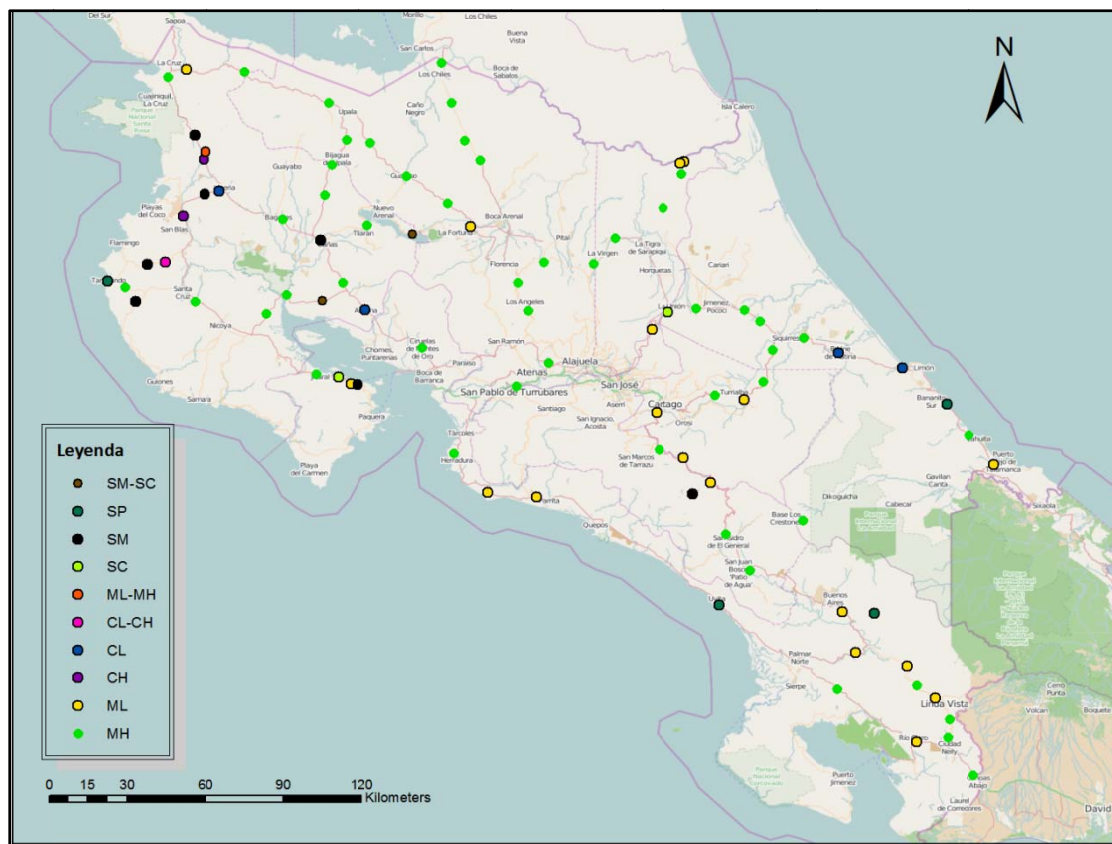


Figura 3. Distribución espacial de los tipos de suelo clasificados según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

4 REFERENCIAS

Federal Highway Administration (FHWA). 2017. *About Long-Term Pavement Performance*. Recuperado de <https://www.fhwa.dot.gov/research/tfhrc/programs/infrastructure/pavements/ltpp/>



**UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA**



**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP). 2014. *Informe de Avance Caracterización Físico-Química de los suelos de Costa Rica*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José.

Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP). 2016. *Informe de Avance LTPP-CR 2016. LM-PI-UMP-043-R2*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José.



APÉNDICE 1: UBICACIÓN DE LOS TRAMOS



Figura 4. Ubicación y características Tramo #1 Sabalito-Las Mellizas



Figura 5. Ubicación y características Tramo #2 Quepos-Barú



Figura 6. Ubicación y características Tramo #3 Moravia-Coronado

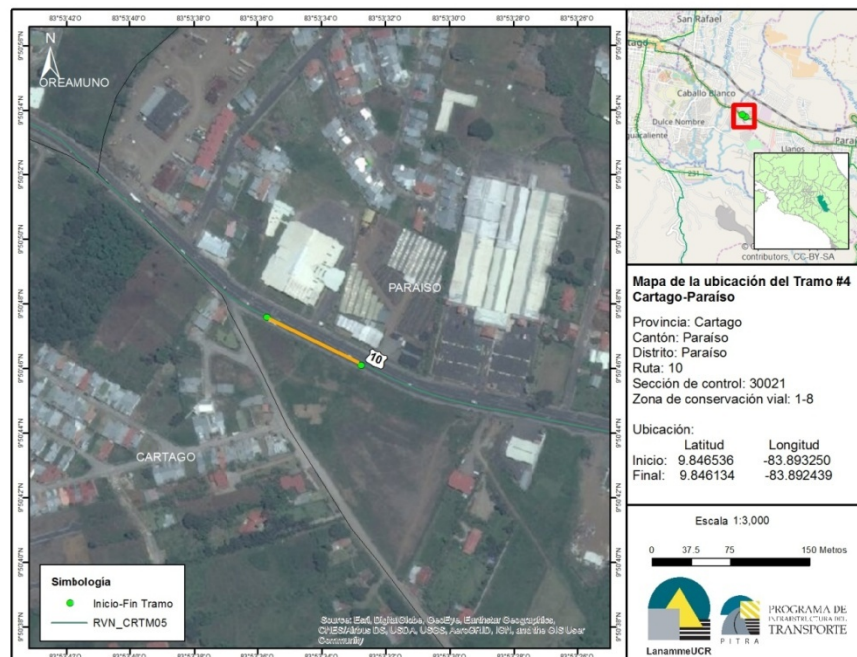


Figura 7. Ubicación y características Tramo #4 Cartago-Paraíso

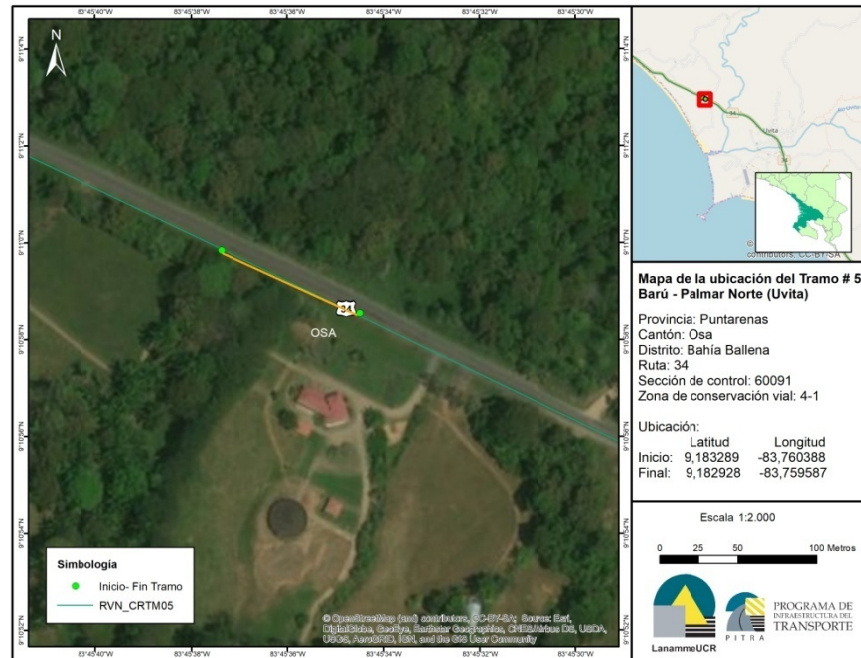


Figura 8. Ubicación y características Tramo #5 Barú-Piñuela

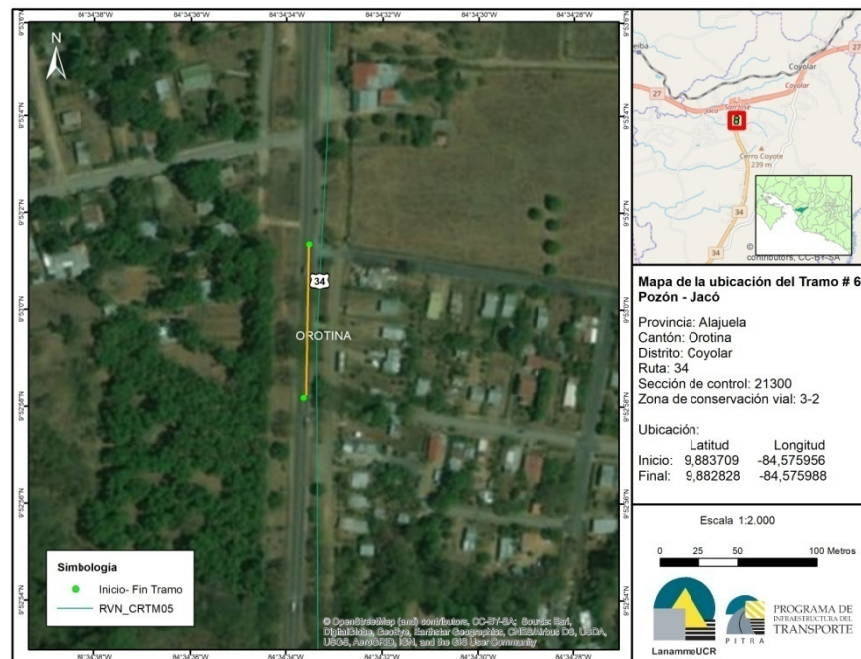


Figura 9. Ubicación y características Tramo #6 Pozón-Jacó



Figura 10. Ubicación y características Tramo #7 Interamericana-Caldera

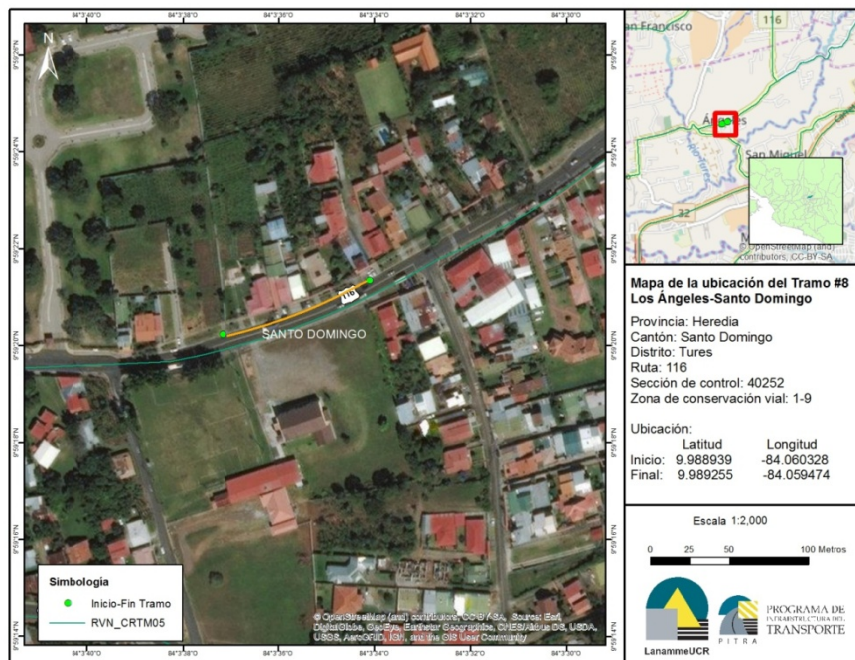


Figura 11. Ubicación y características Tramo #8 Los Ángeles-Santo Domingo

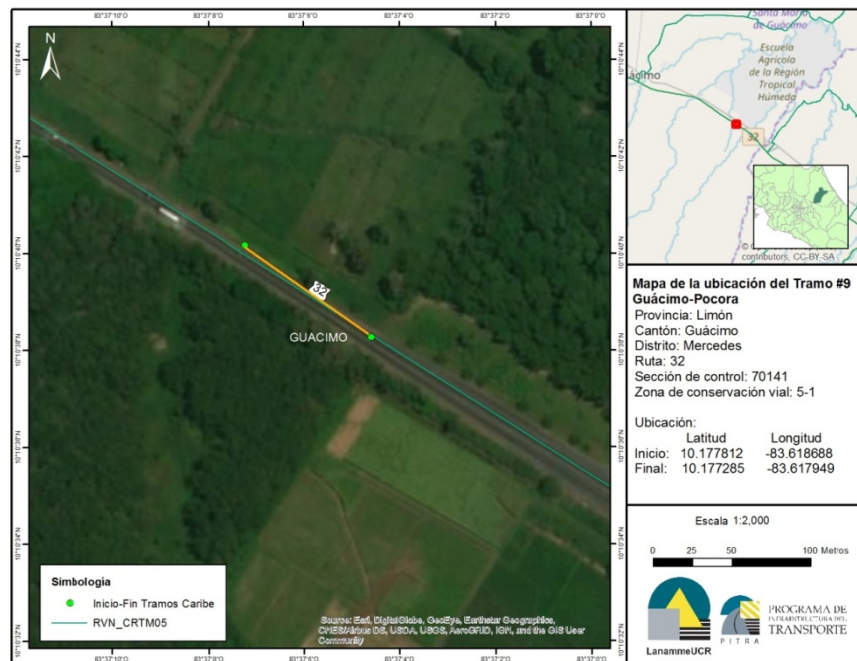


Figura 12. Ubicación y características Tramo #9 Guácimo-Pocora

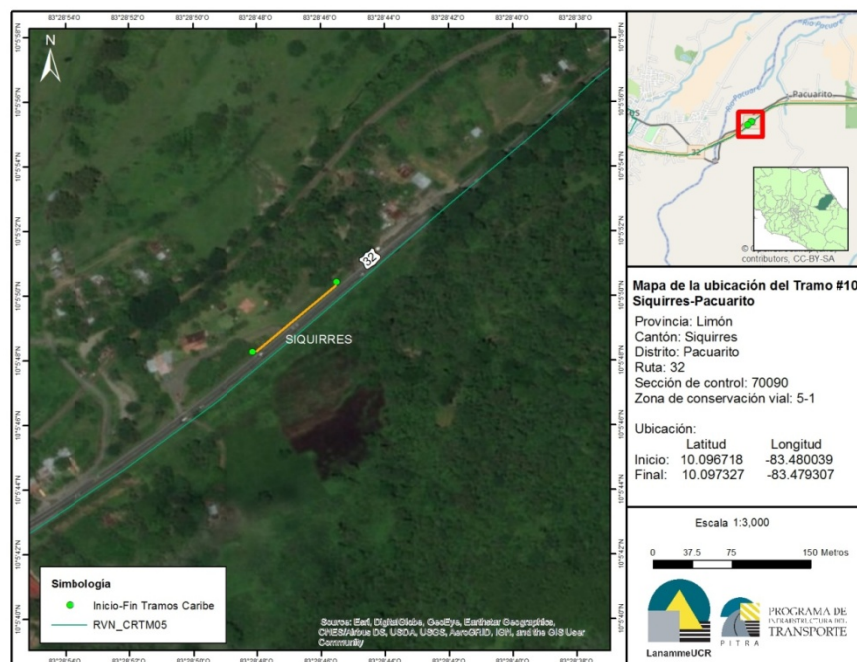


Figura 13. Ubicación y características Tramo #10 Limón-Siquirres

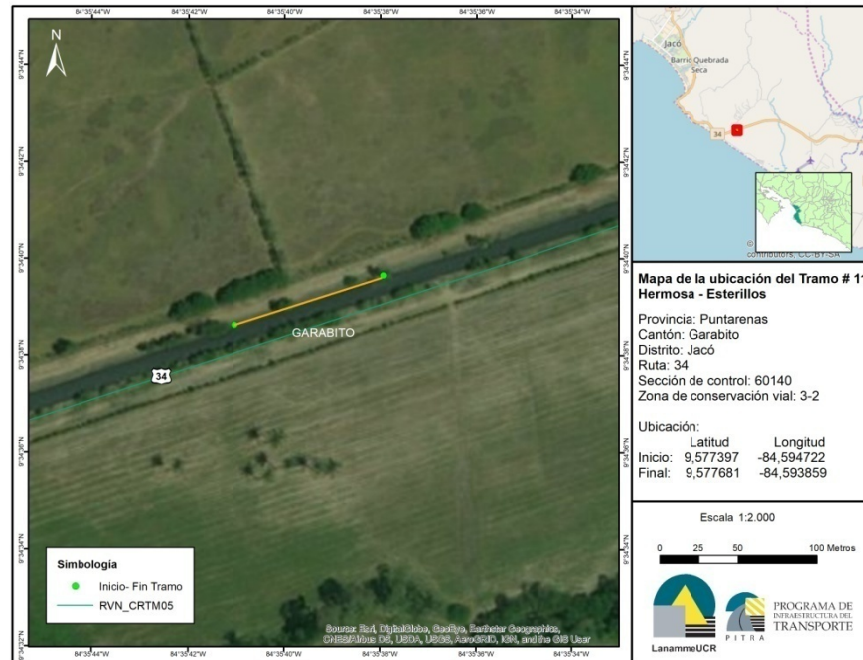


Figura 14. Ubicación y características Tramo #11 Playa Hermosa-Esterillos



Figura 15. Ubicación y características Tramo #12 Santa Cruz-Nambí

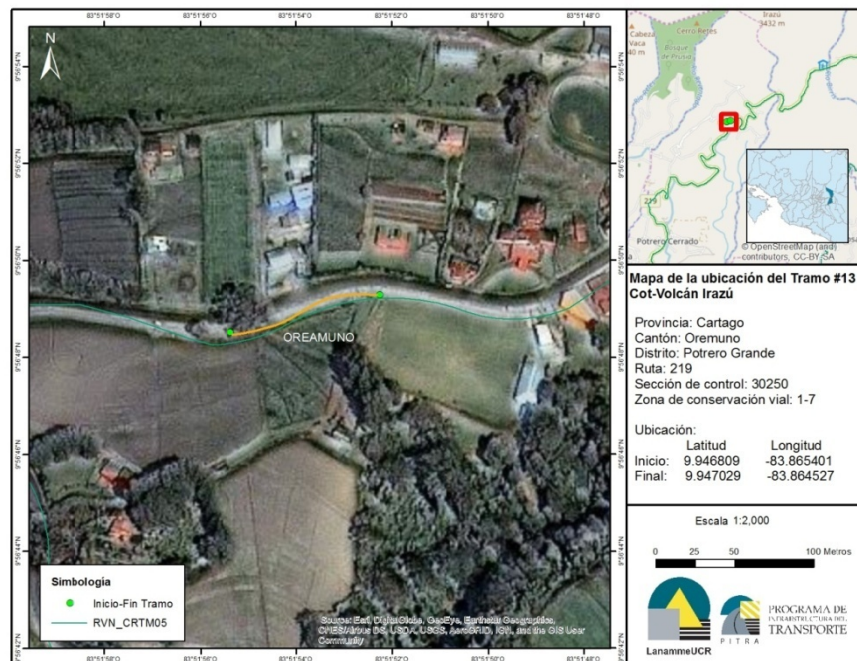


Figura 16. Ubicación y características Tramo #13 Cot-Volcán Irazú



Figura 17. Ubicación y características Tramo #14 Buenos Aires-Cajón

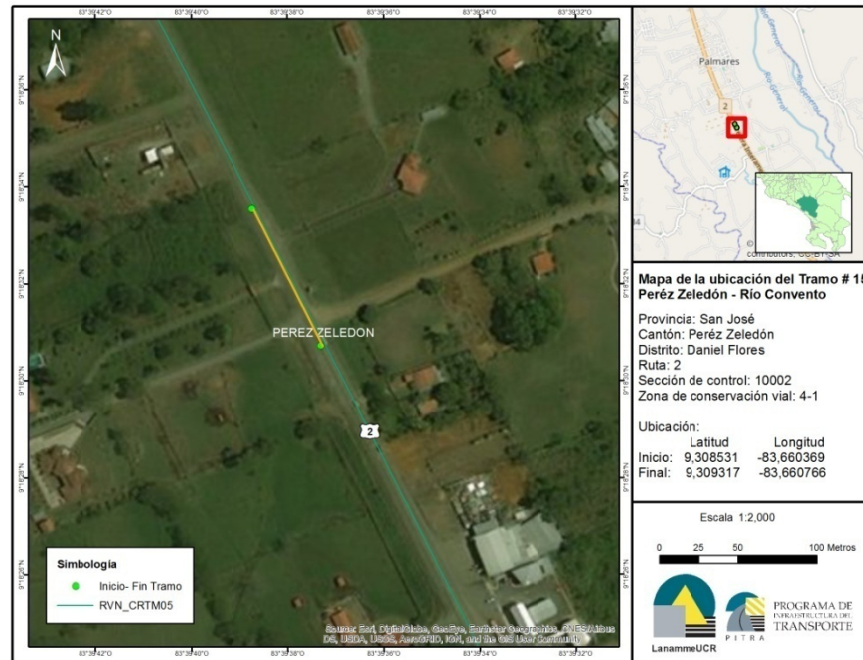


Figura 18. Ubicación y características Tramo #15 Pérez Zeledón-Río Convento

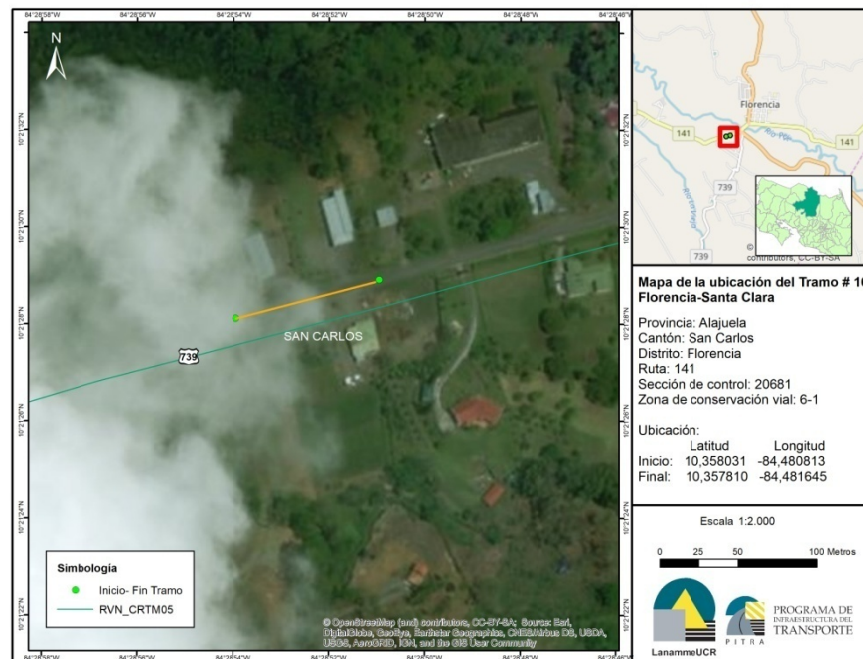


Figura 19. Ubicación y características Tramo #16 Florencia-Santa Clara

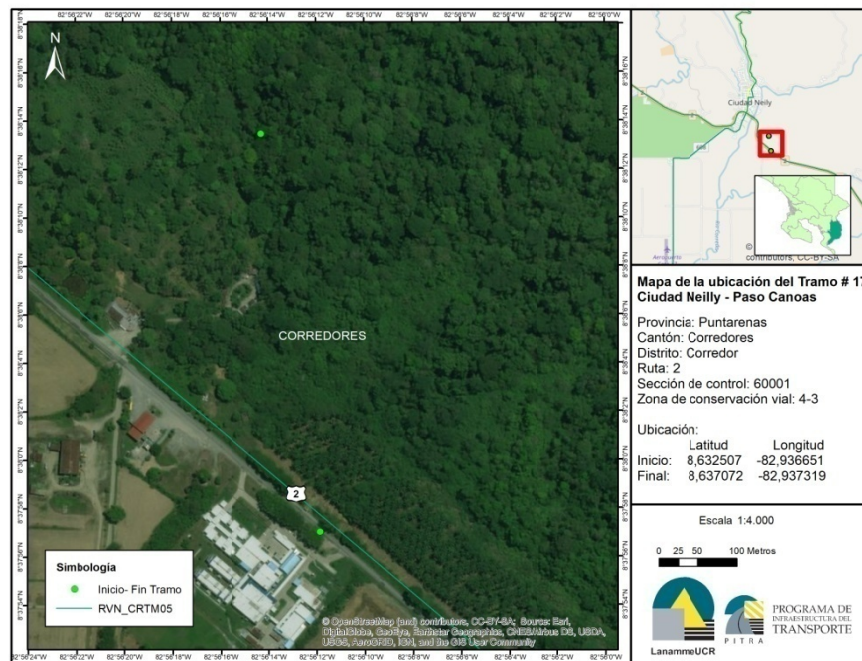


Figura 20. Ubicación y características Tramo #17 Ciudad Neilly-Paso Canoas

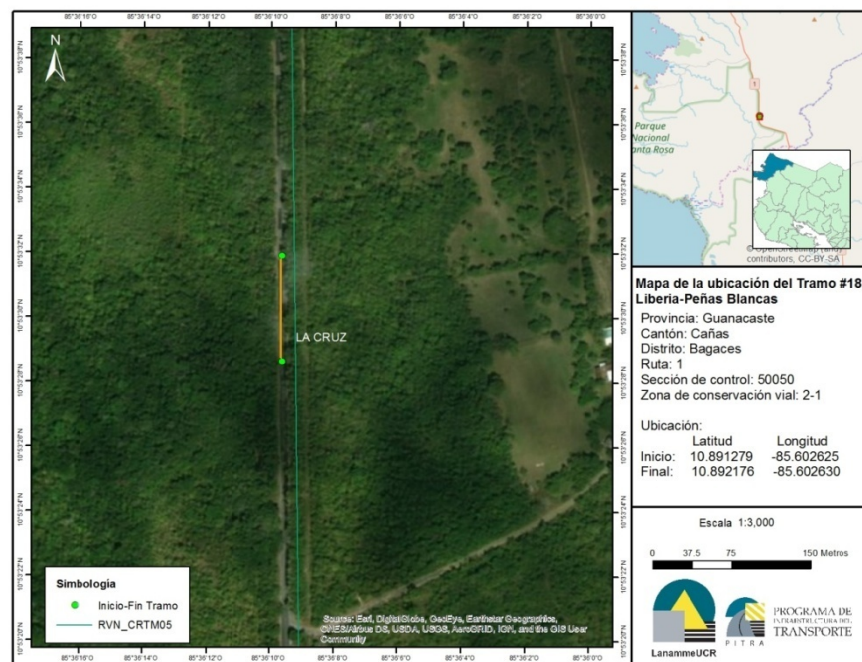


Figura 21. Ubicación y características Tramo #18 Liberia-Peñas Blancas

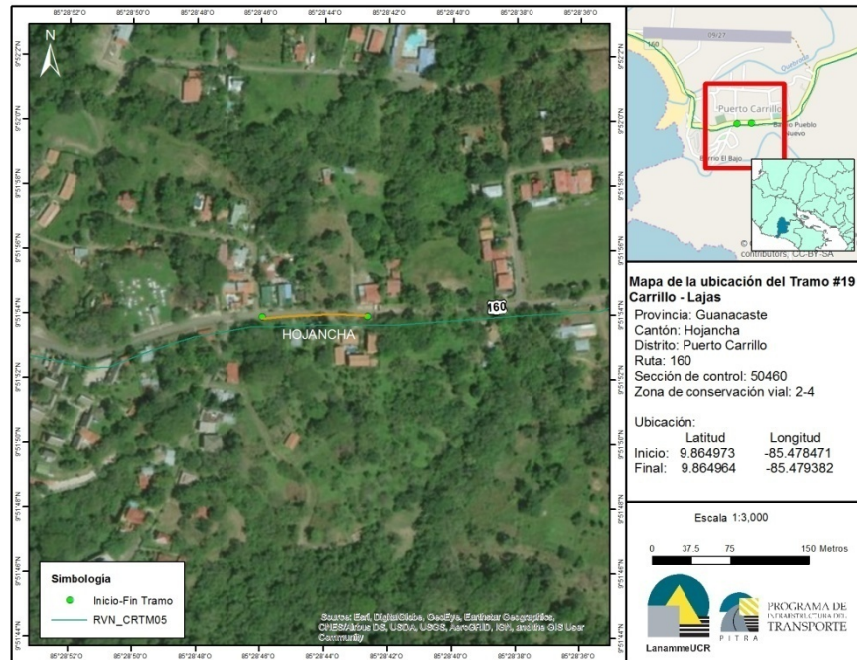


Figura 22. Ubicación y características Tramo #19 Carrillo-Lajas



Figura 23. Ubicación y características Tramo #20 Cañas-Liberia

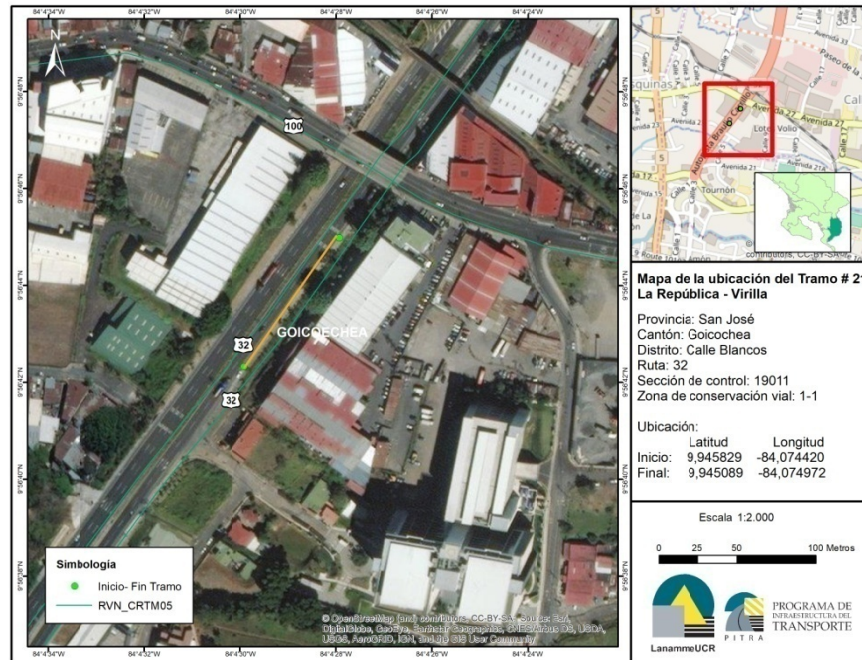


Figura 24. Ubicación y características Tramo #21 La República-Virilla



Figura 25. Ubicación y características Tramo #22 Circunvalación



Figura 26. Ubicación y características Tramo #23 Tamarindo

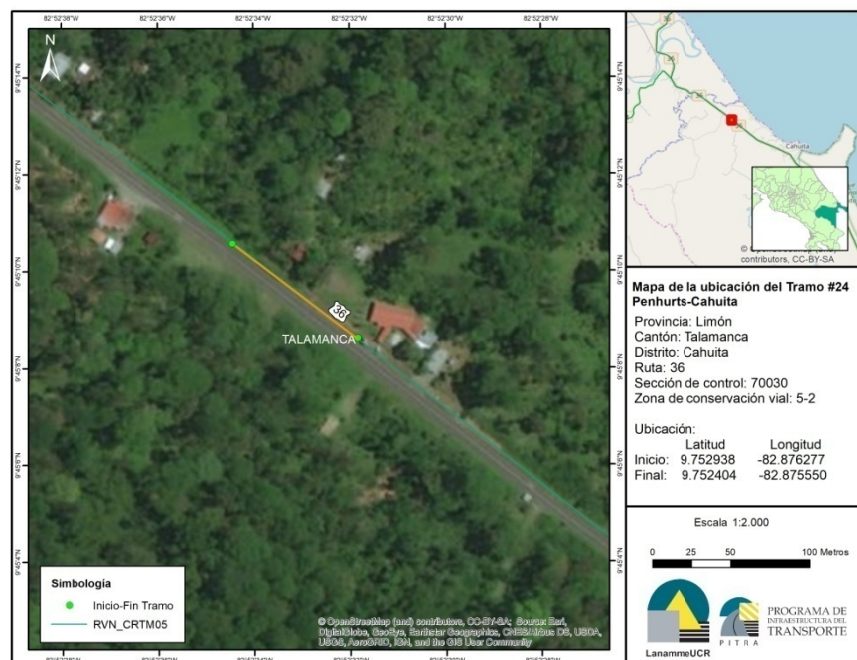


Figura 27. Ubicación y características Tramo #24 Penhurst-Cahuita



Figura 28. Ubicación y características Tramo #25 Bananito Sur-Limón



APÉNDICE 2: MATERIALES TRAMO 26

Material de subrasante (suelo)

Tabla 3. Ensayos de caracterización física y mecánica realizados al subrasante (suelo)

Ensayo	Resultado	
Límites de Atterberg	54	Límite Líquido
	45	Límite Plástico
Próctor Estándar	1320 kg/m ³	Densidad seca máxima
	36.2%	Contenido óptimo de agua
CBR	14	Al 95% de compactación
	11	Al 90% de compactación

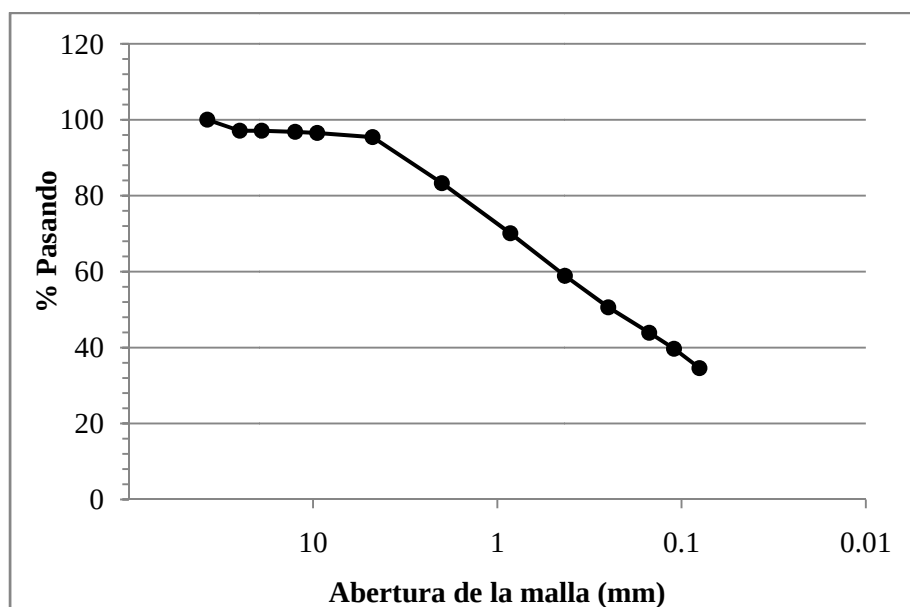


Figura 29. Curva granulométrica material de subrasante (suelo)

Material de subrasante (préstamo)

Tabla 4. Ensayos de caracterización física y mecánica realizados al subrasante (préstamo)

Ensayo	Resultado	
Límites de Atterberg	NP	
Próctor Modificado	2190 kg/m ³	Densidad seca máxima
	8%	Contenido óptimo de agua
CBR	90	Al 98% de compactación
	35	Al 95% de compactación

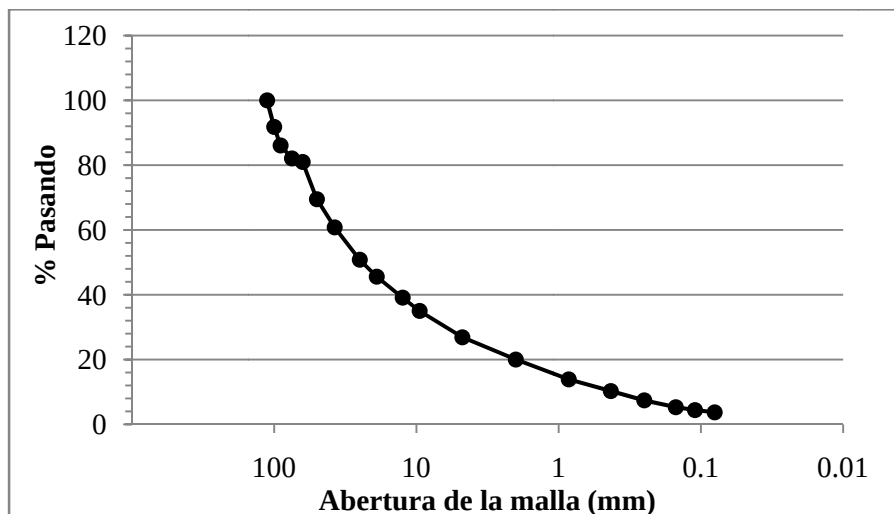


Figura 30. Curva granulométrica material de subrasante (préstamo)

Material de subbase

Tabla 5. Ensayos de caracterización física y mecánica realizados al subbase

Ensayo	Resultado	
Límites de Atterberg	NP	
Gravedad específica	2.77	Gs
	2.56	Gbs
	2.64	Gbss
Absorción	2.90%	
Densidad	2770 kg/m ³	Ds
	2560 kg/m ³	Dbss
	2630 kg/m ³	Dbss
Próctor Modificado	2176 kg/m ³	Densidad seca máxima
	10.0%	Contenido óptimo de agua

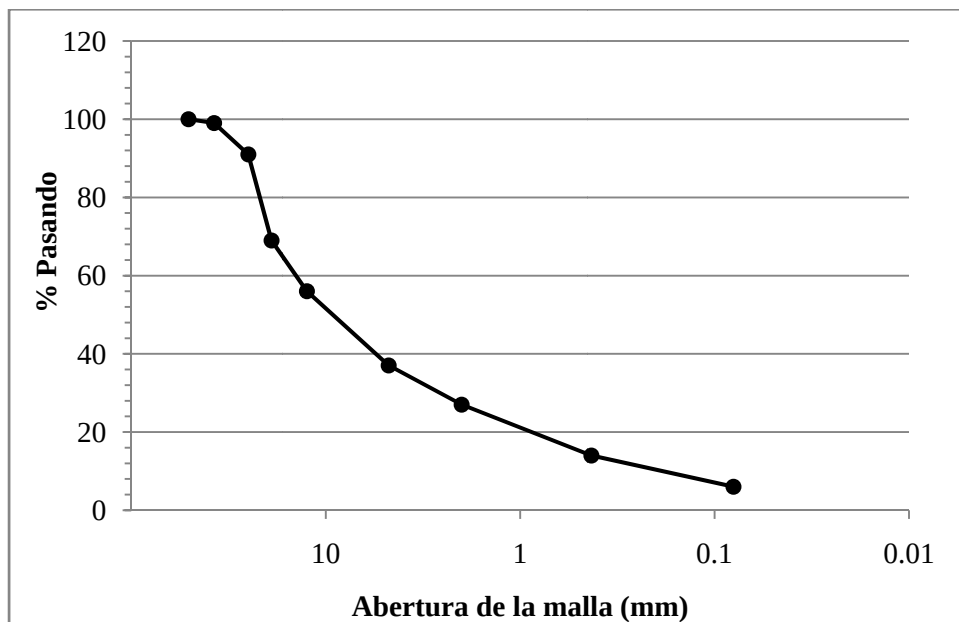


Figura 31. Curva granulométrica material de subbase



APÉNDICE 3: DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO (FWD)

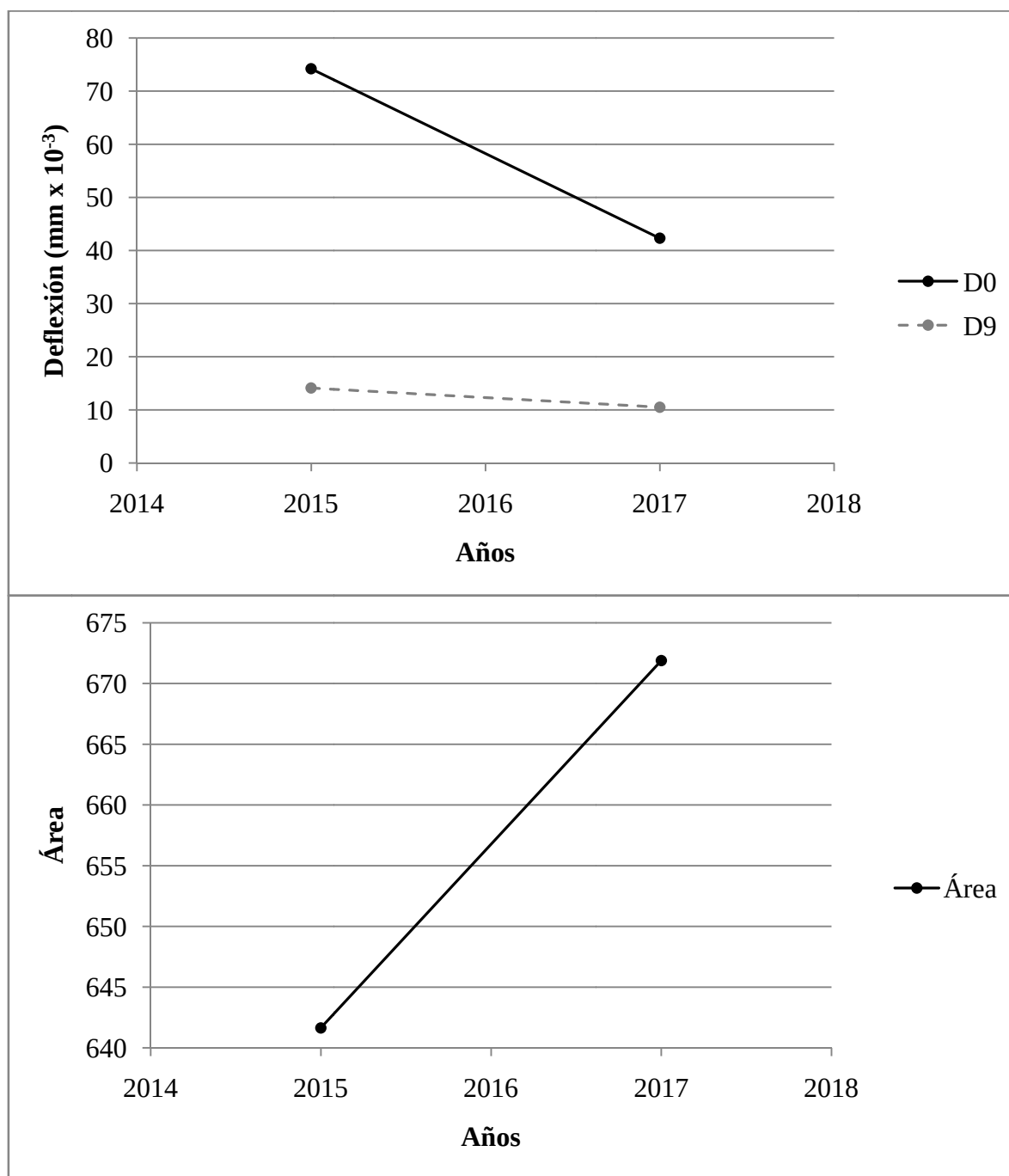


Figura 32. Deflectometría Tramo #1 Sabalito-Las Mellizas

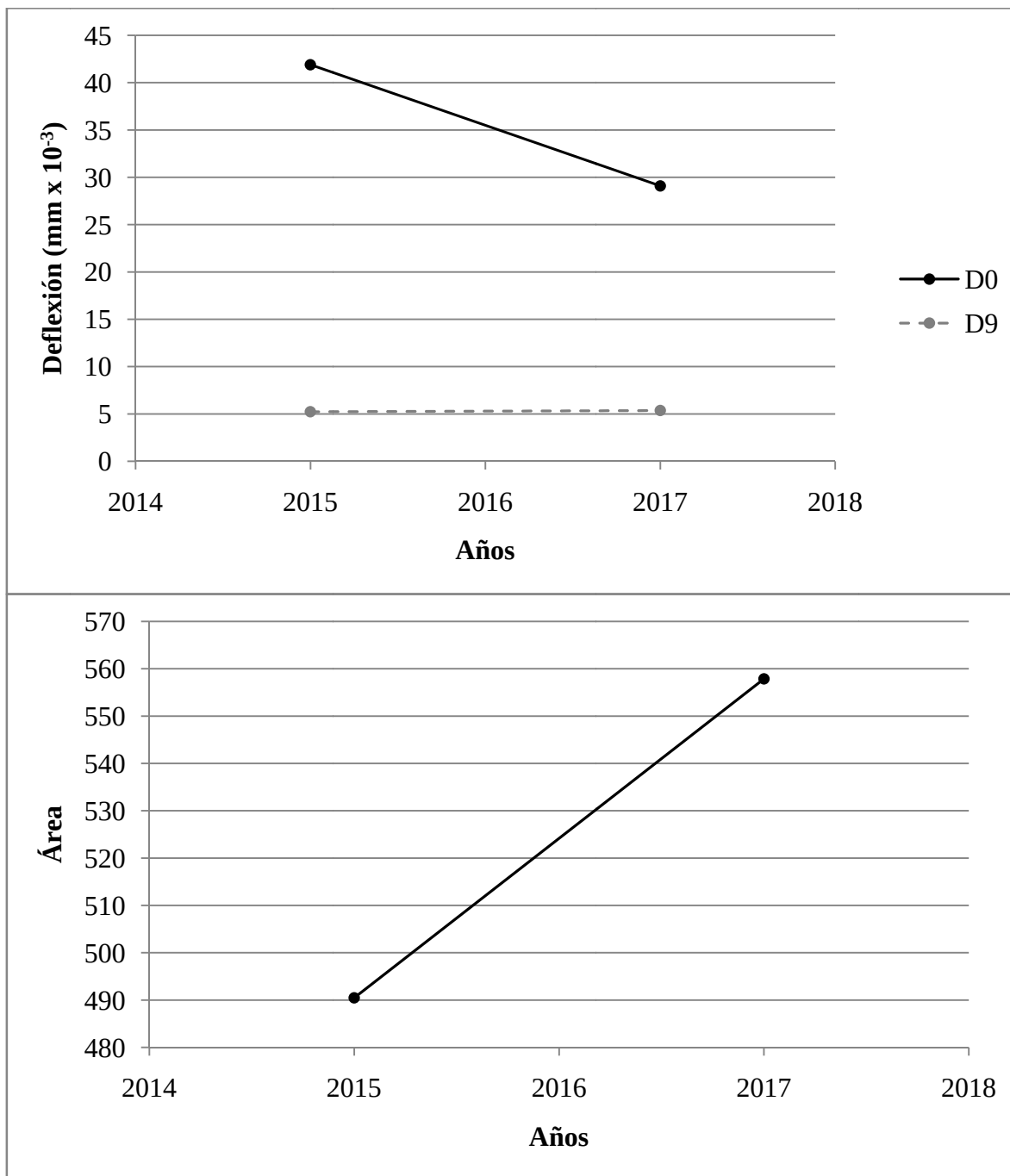


Figura 33. Deflectometría Tramo #2 Quepos-Barú

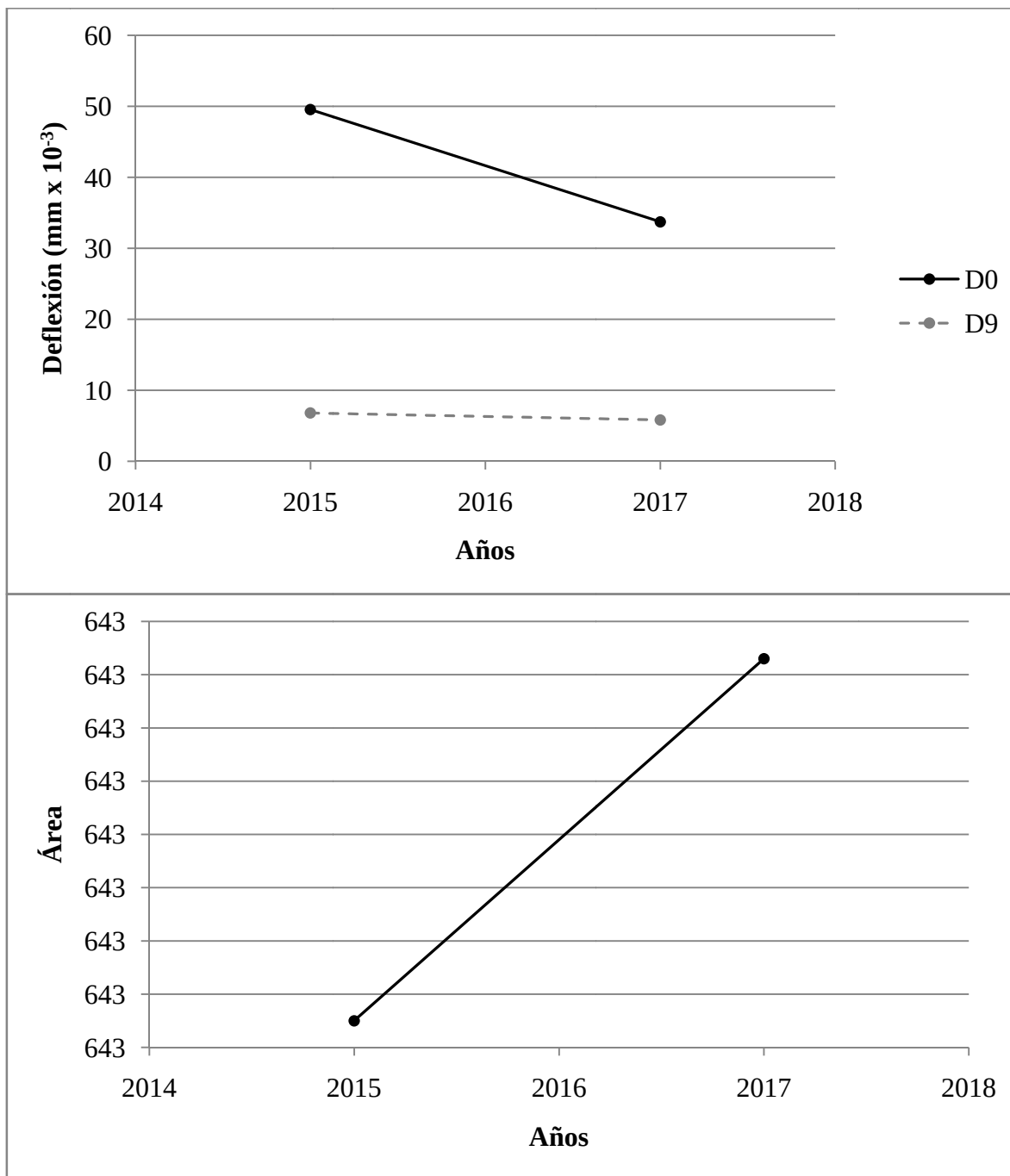


Figura 34. Deflectometría Tramo #3 Moravia-Coronado

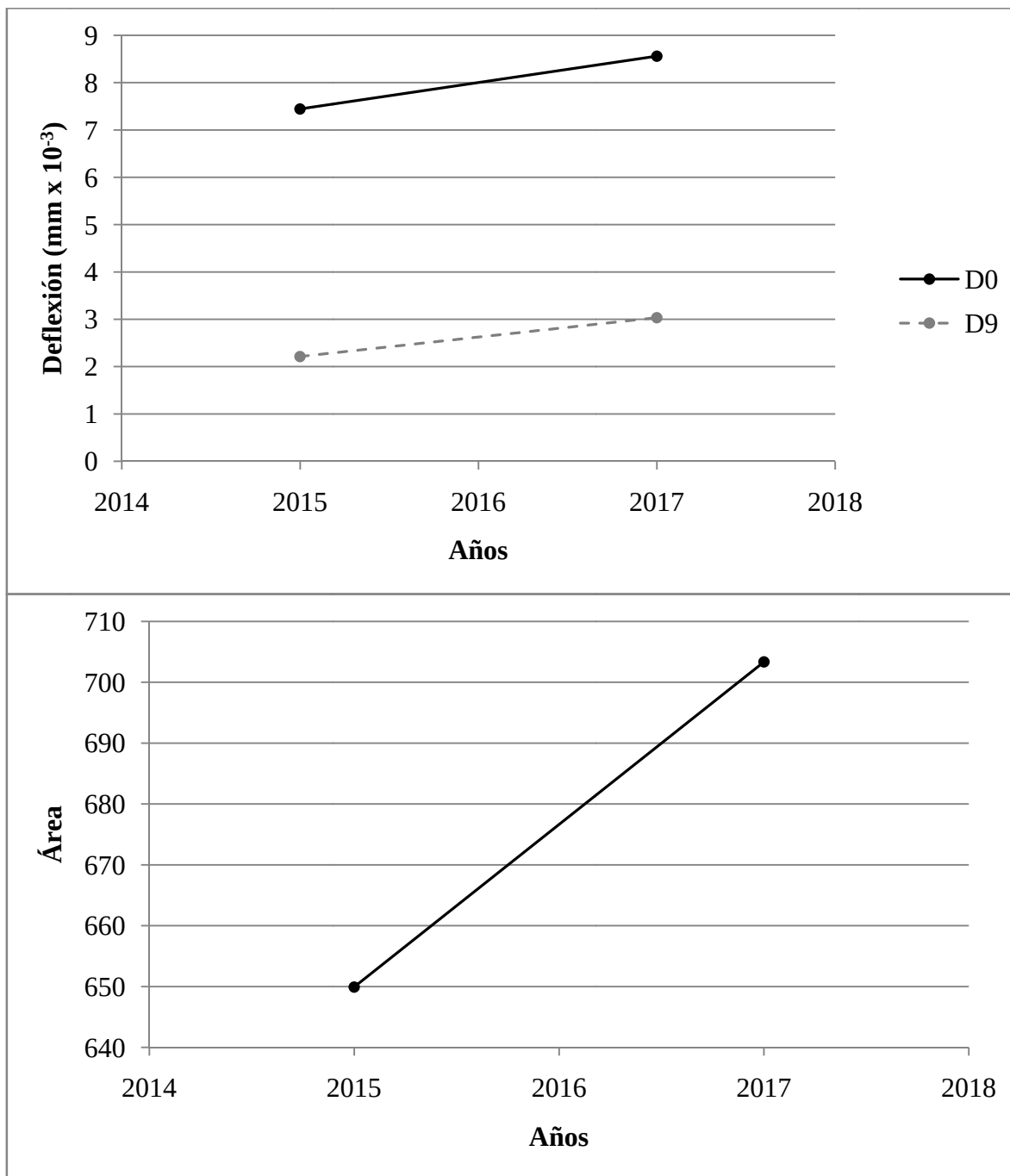


Figura 35. Deflectometría Tramo #4 Cartago-Paraíso

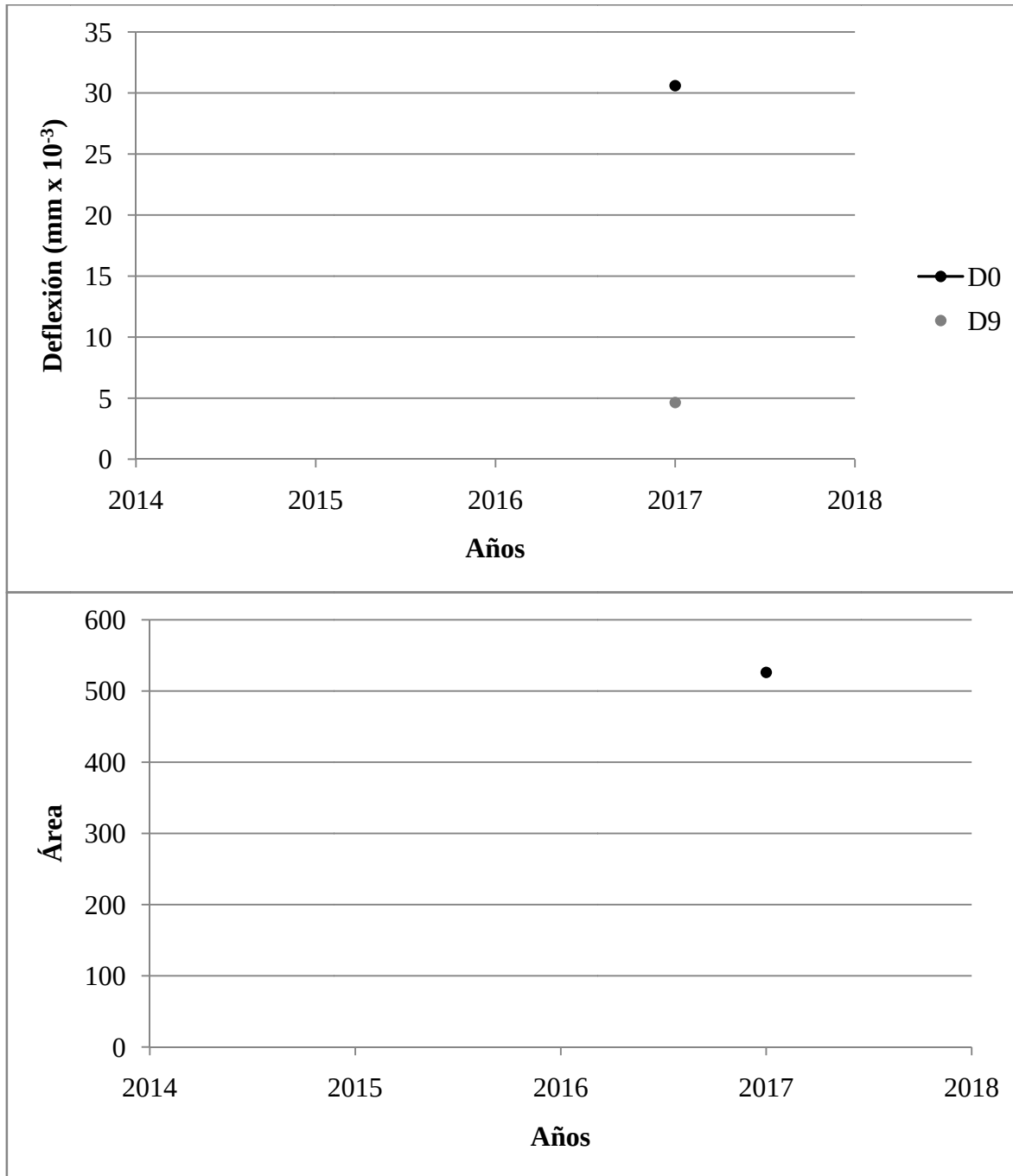


Figura 36. Deflectometría Tramo #5 Barú-Piñuela

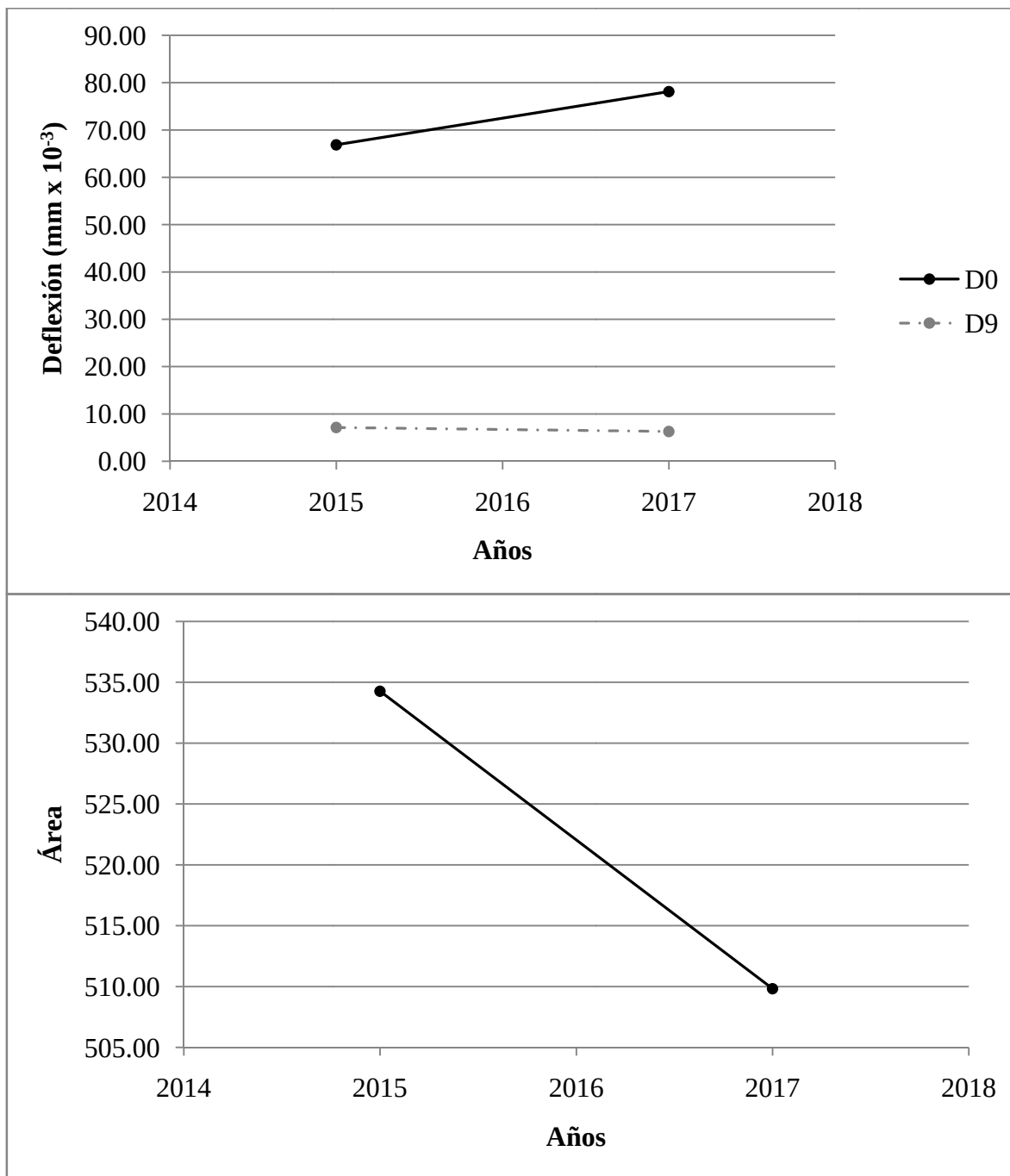


Figura 37. Deflectometría Tramo #6 Jacó-Orotina

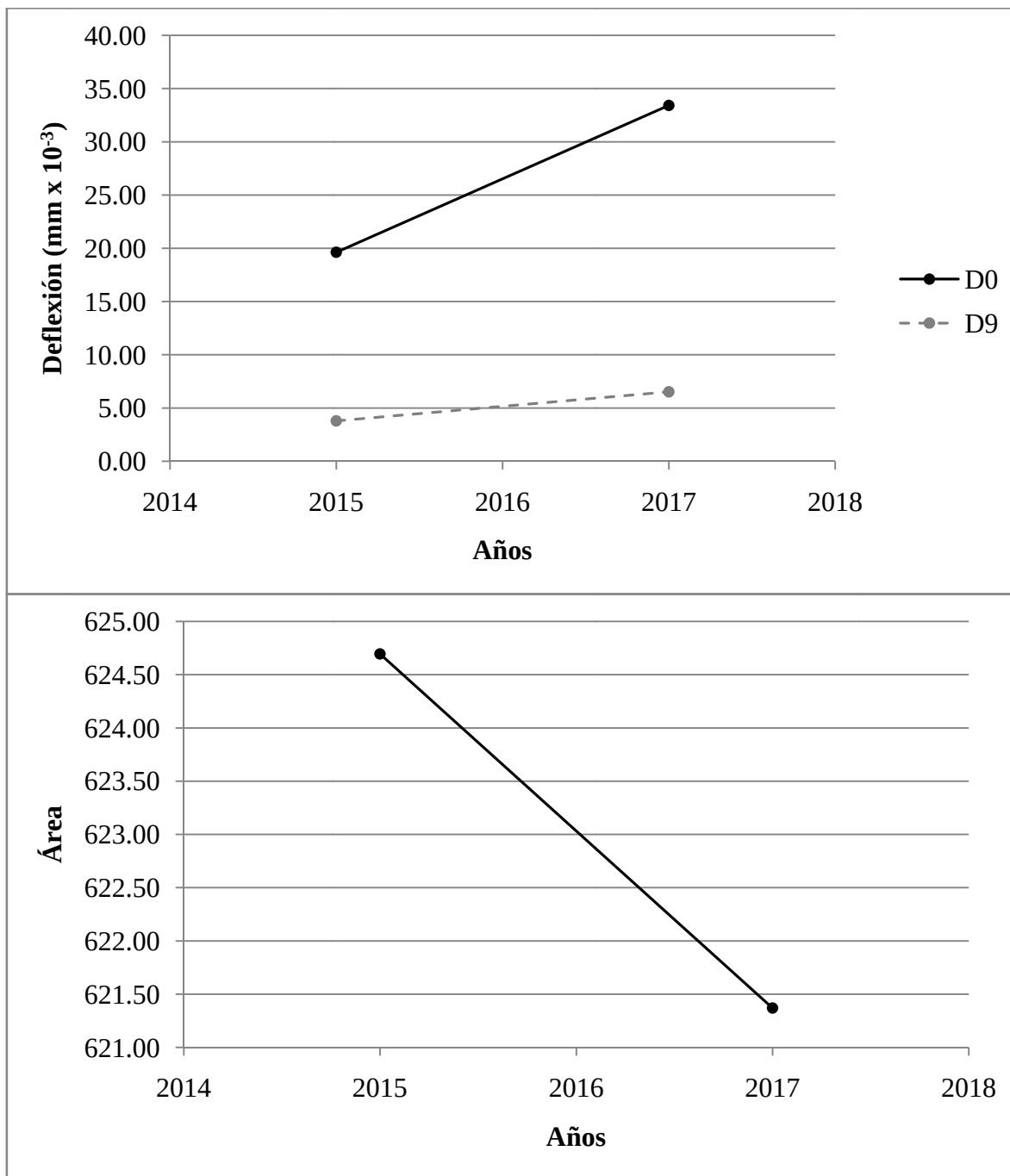


Figura 38. Deflectometría Tramo #7 Interamericana-Caldera

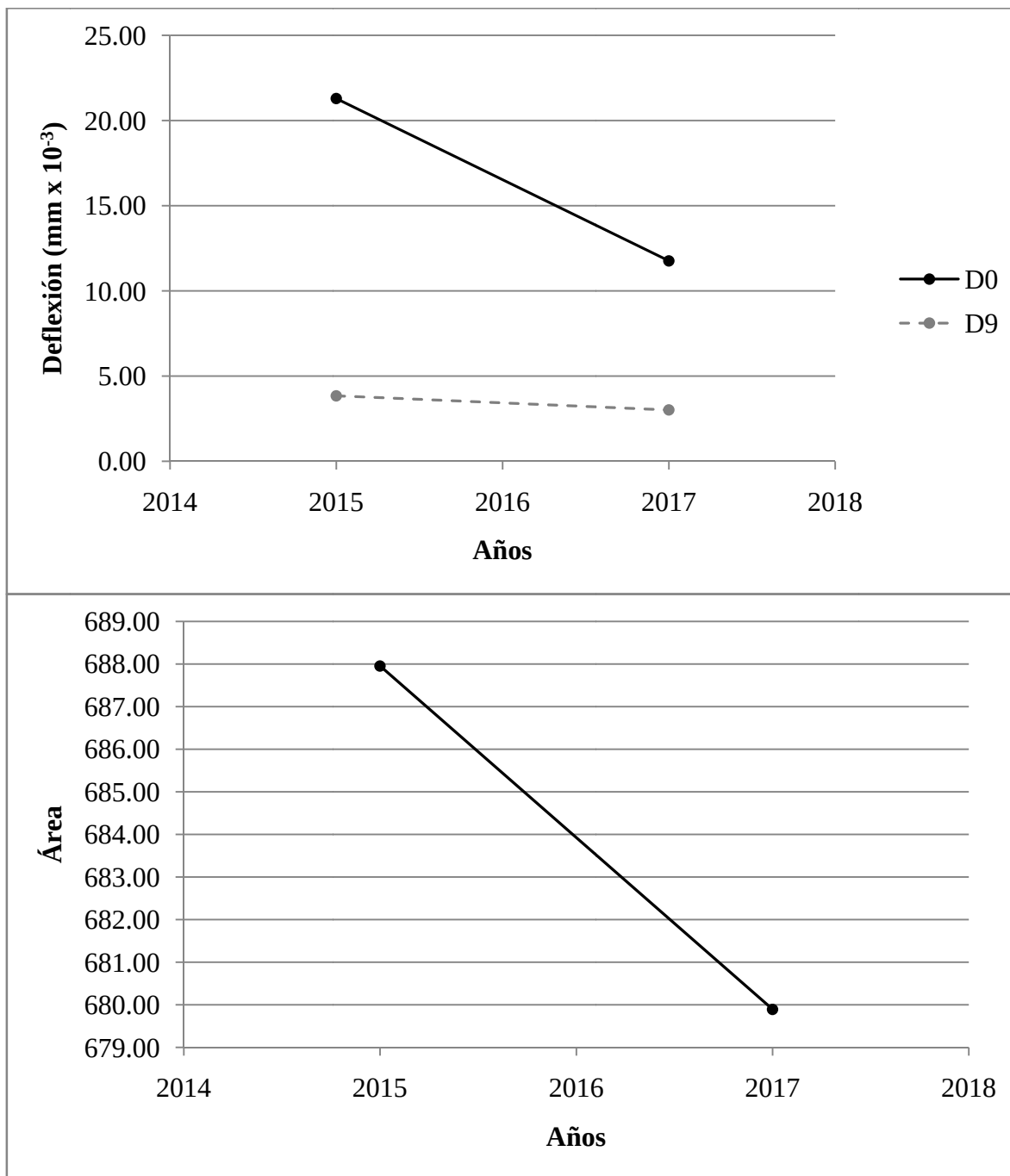


Figura 39. Deflectometría Tramo #8 Los Ángeles-Santo Domingo

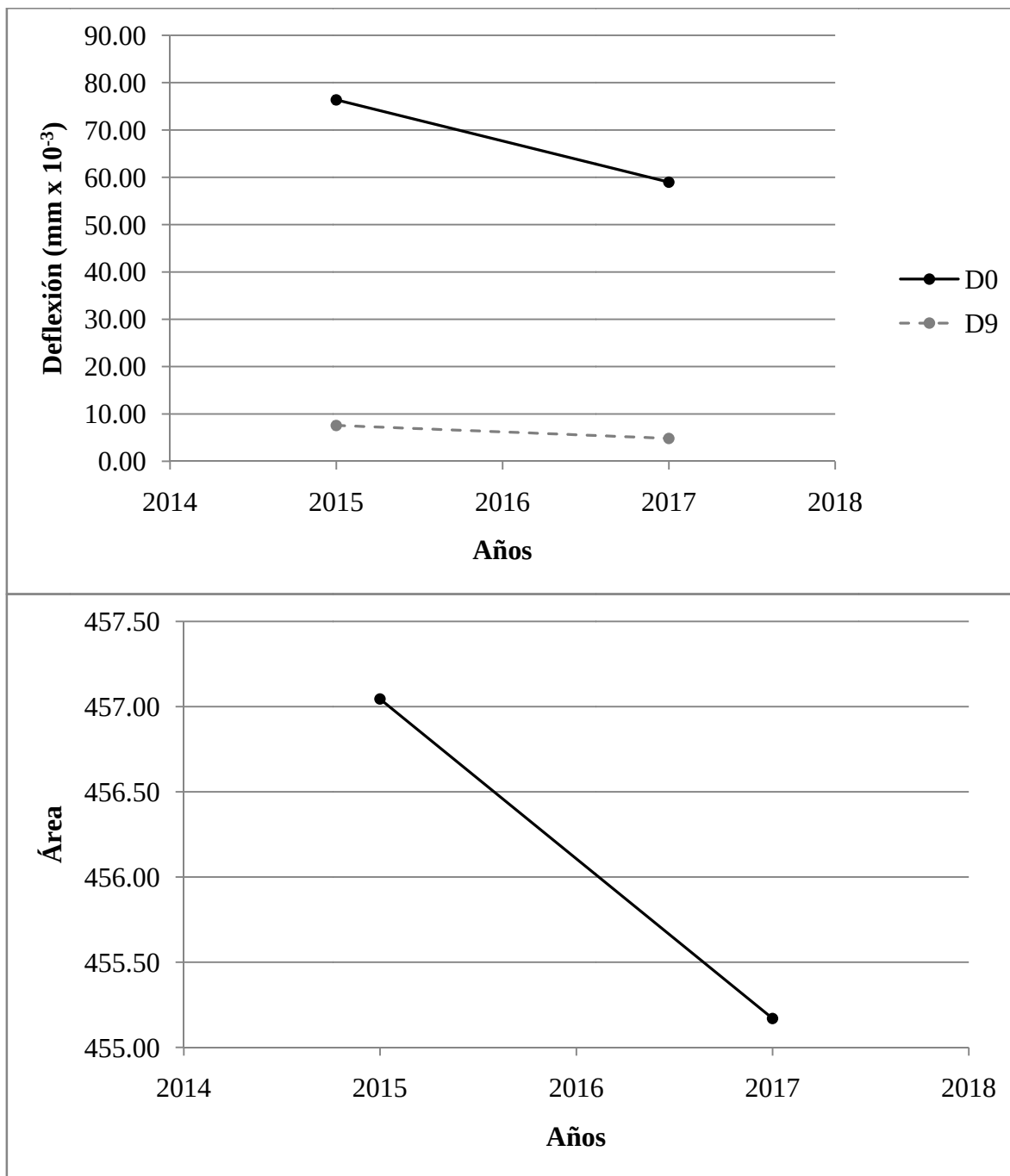


Figura 40. Deflectometría Tramo #9 Guácimo-Pocora

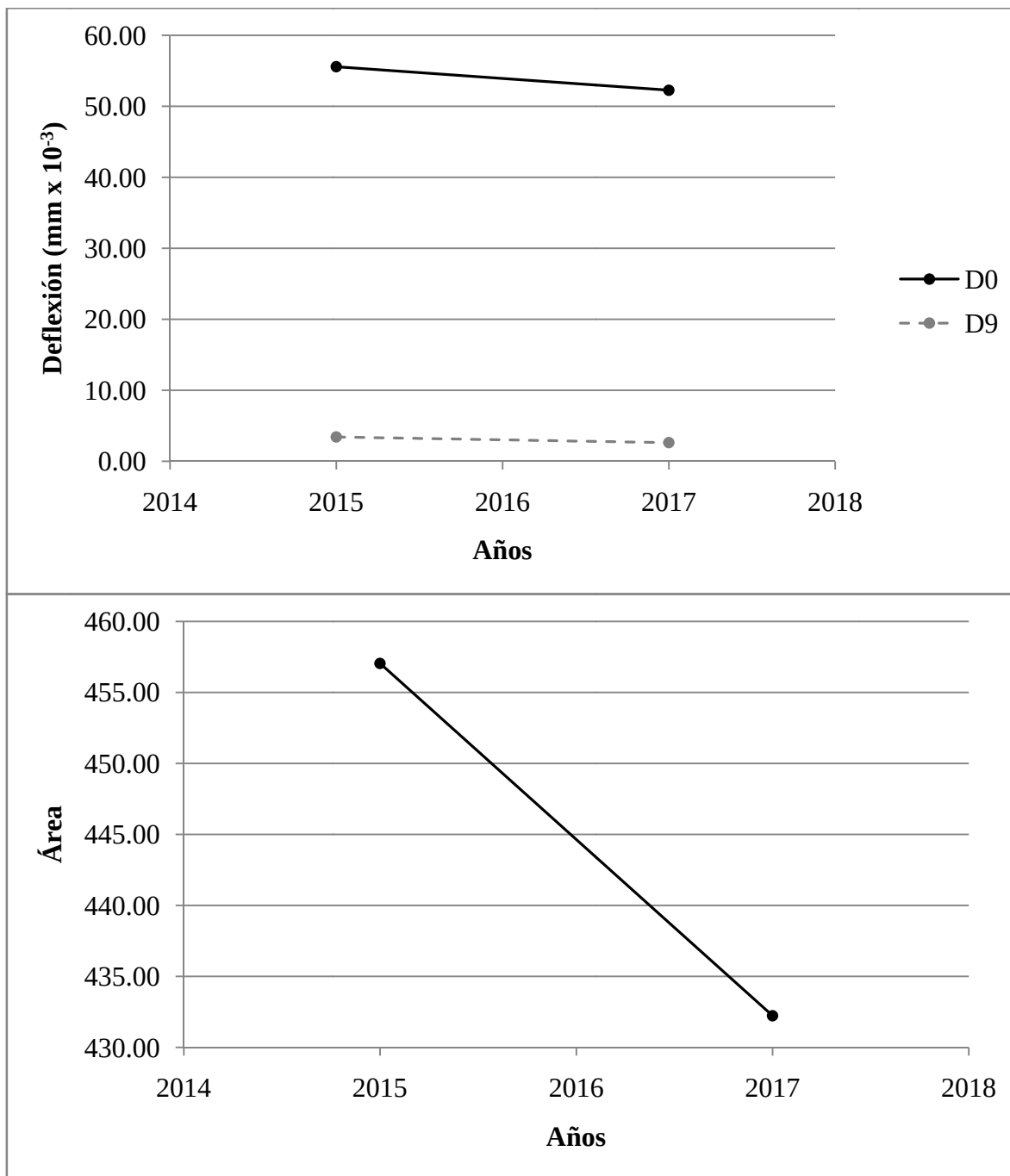


Figura 41. Deflectometría Tramo #10 Limón-Siquirres

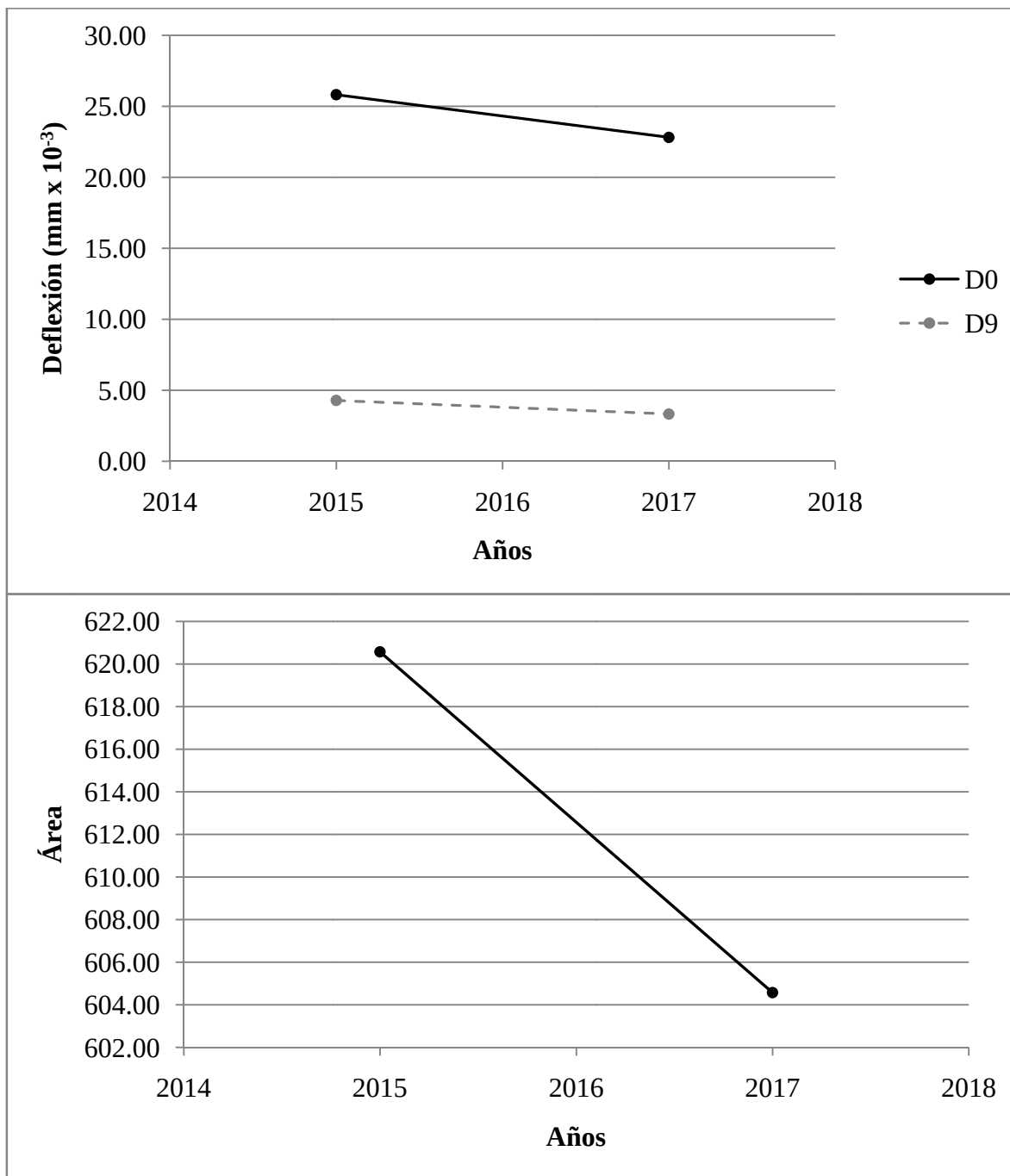


Figura 42. Deflectometría Tramo #11 Playa Hermosa-Esterillos

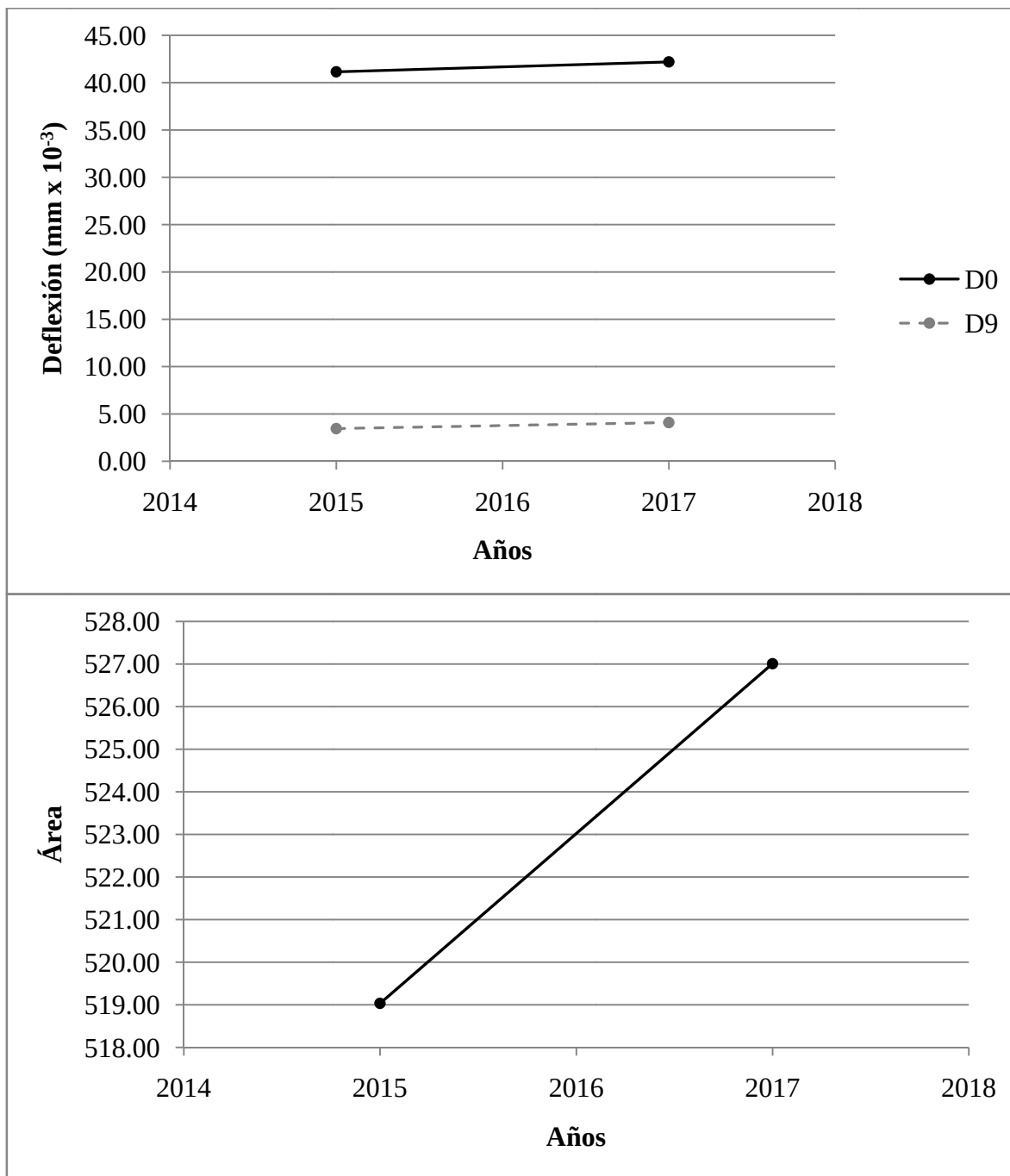


Figura 43. Deflectometría Tramo #12 Santa Cruz-Nambí

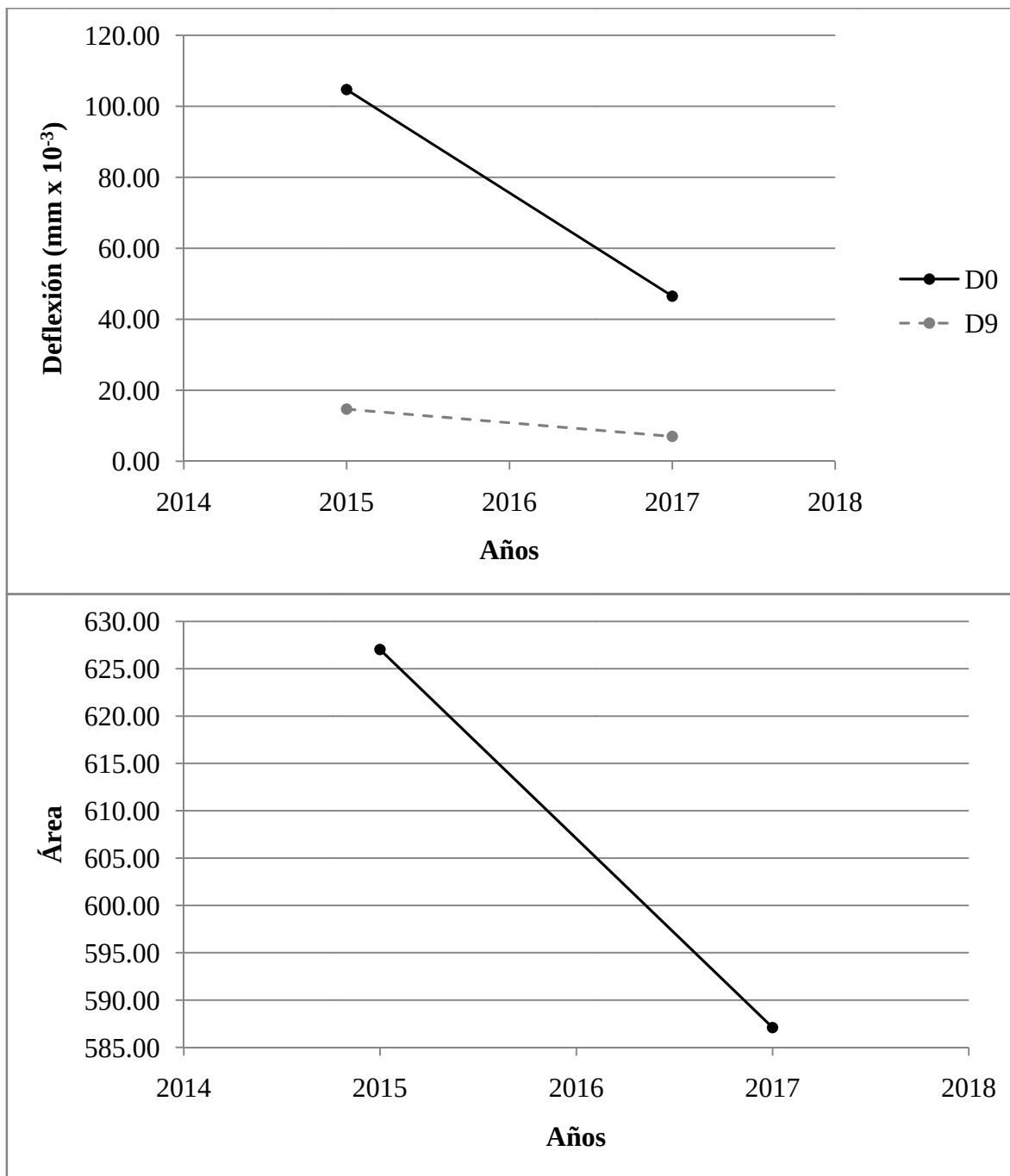


Figura 44. Deflectometría Tramo #13 Cot-Volcán Irazú

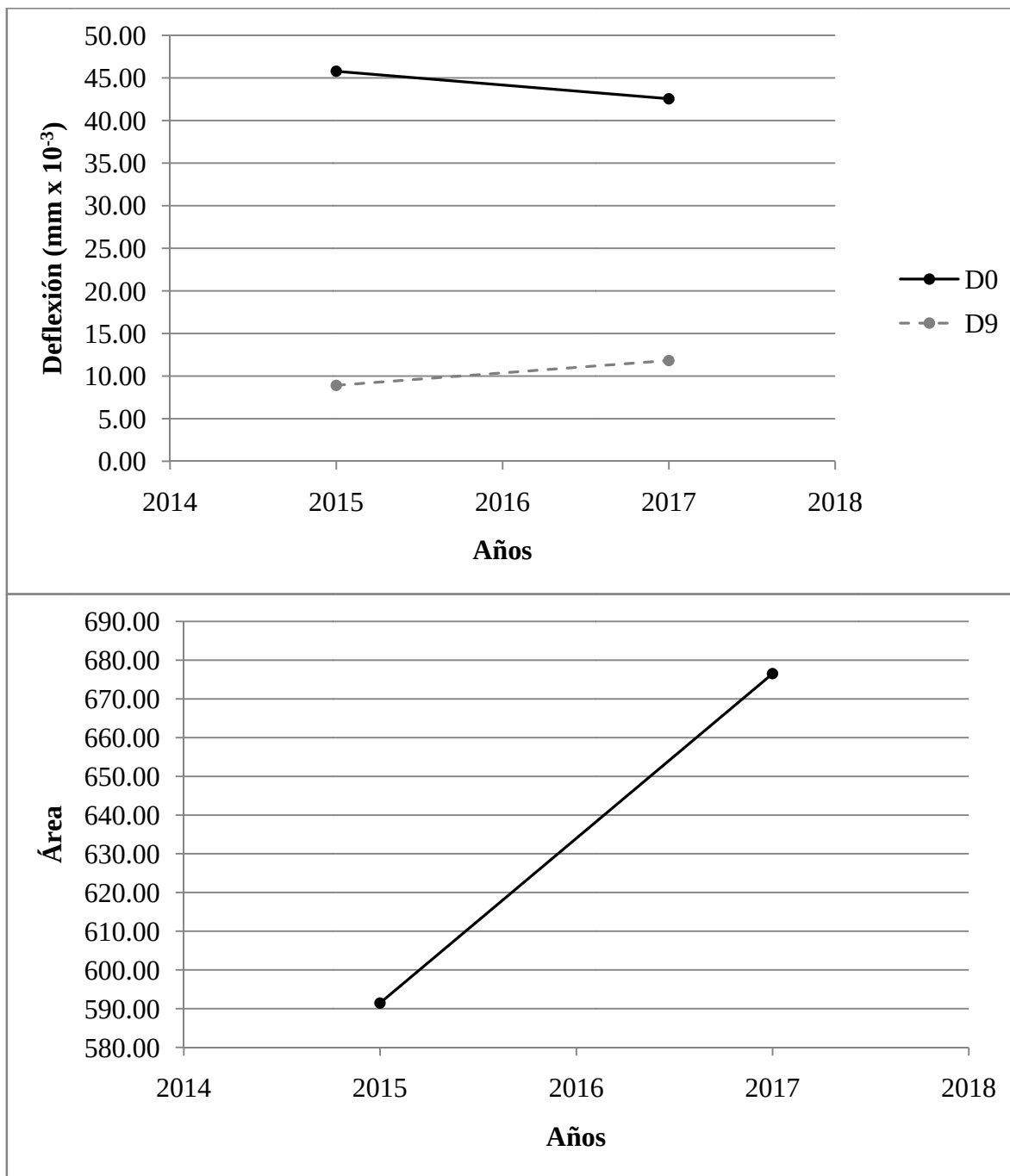


Figura 45. Deflectometría Tramo #14 Buenos Aires-Cajón

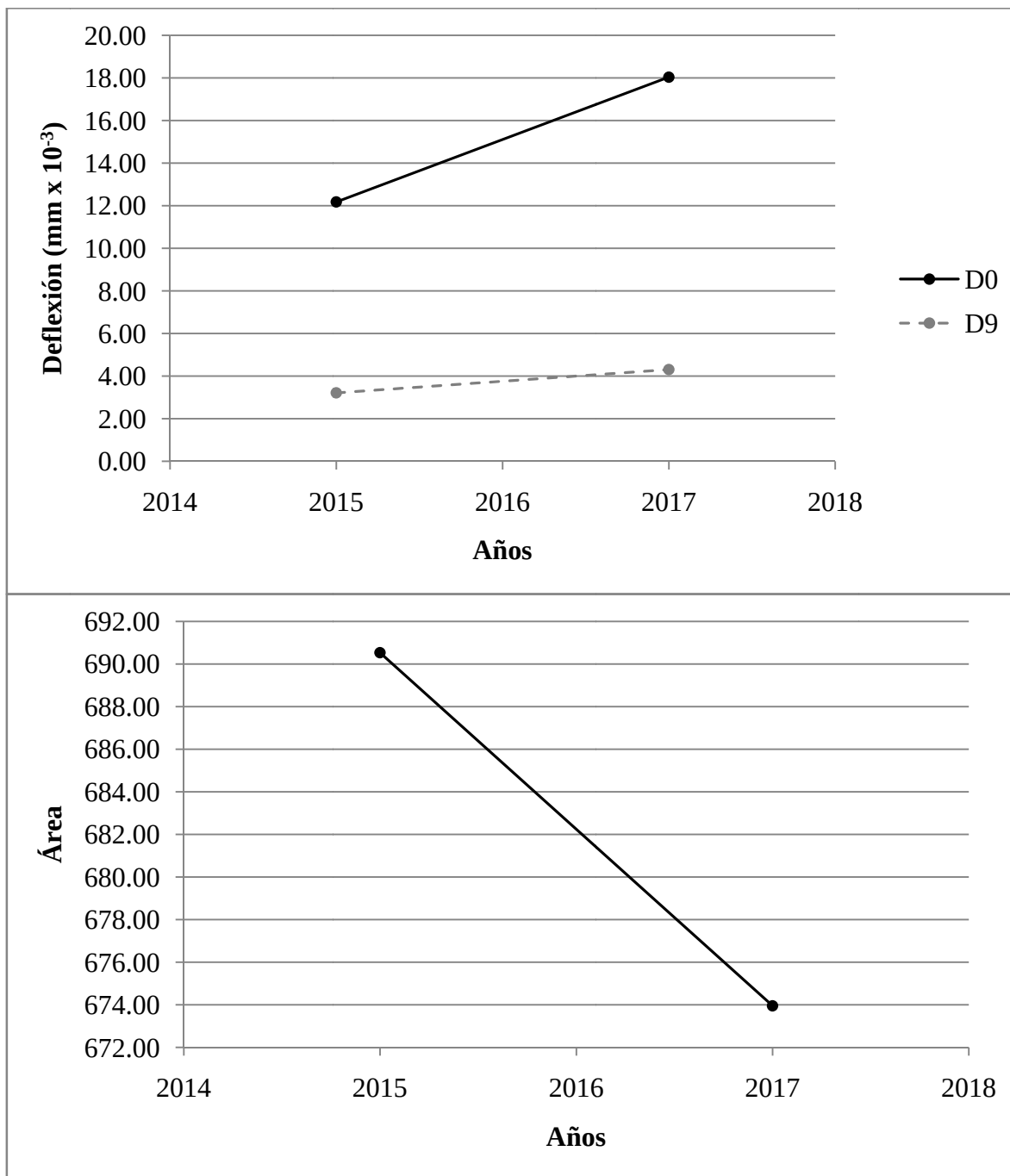


Figura 46. Deflectometría Tramo #15 Pérez Zeledón-Río Convento

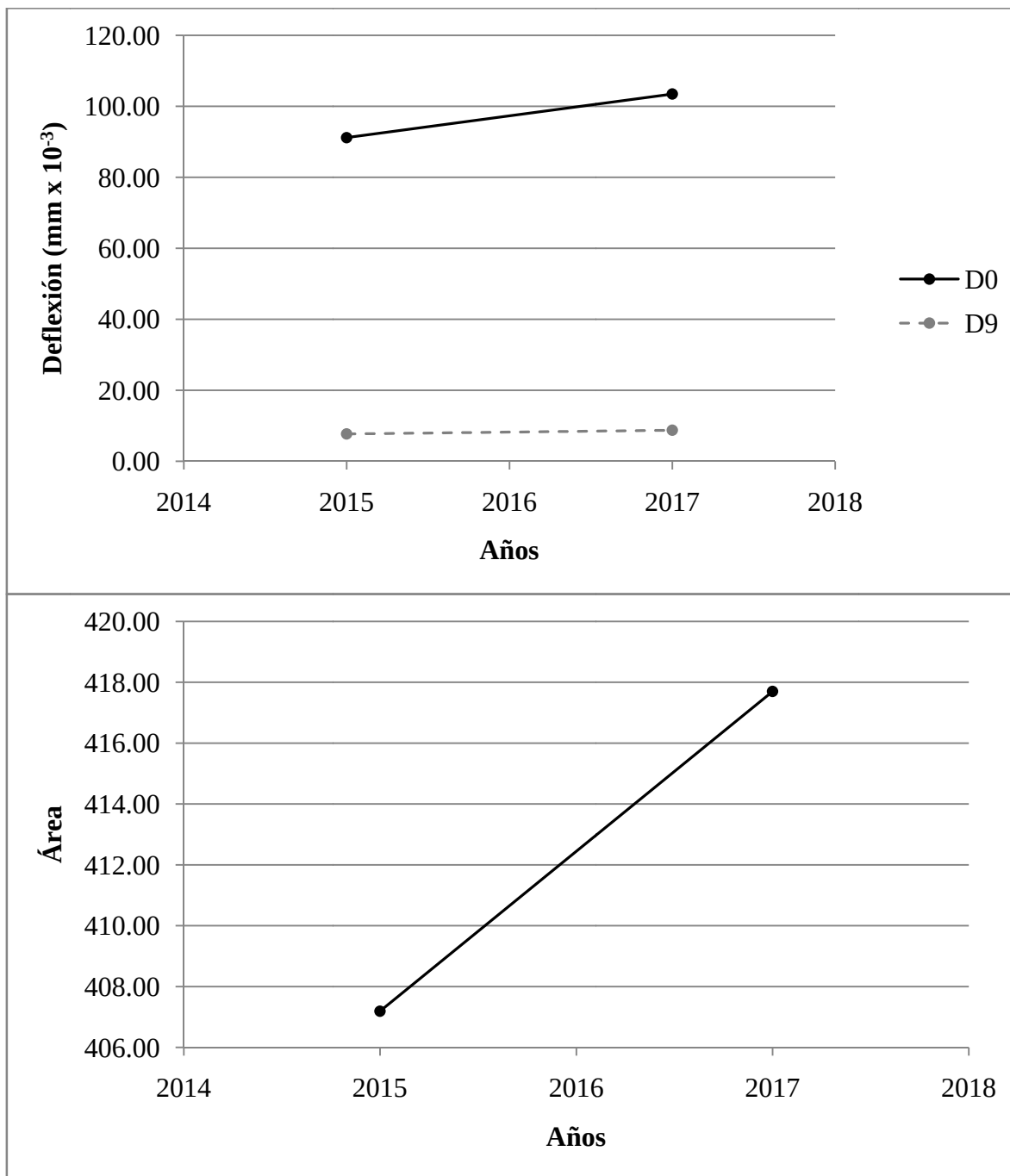


Figura 47. Deflectometría Tramo #16 Florencia-Santa Clara

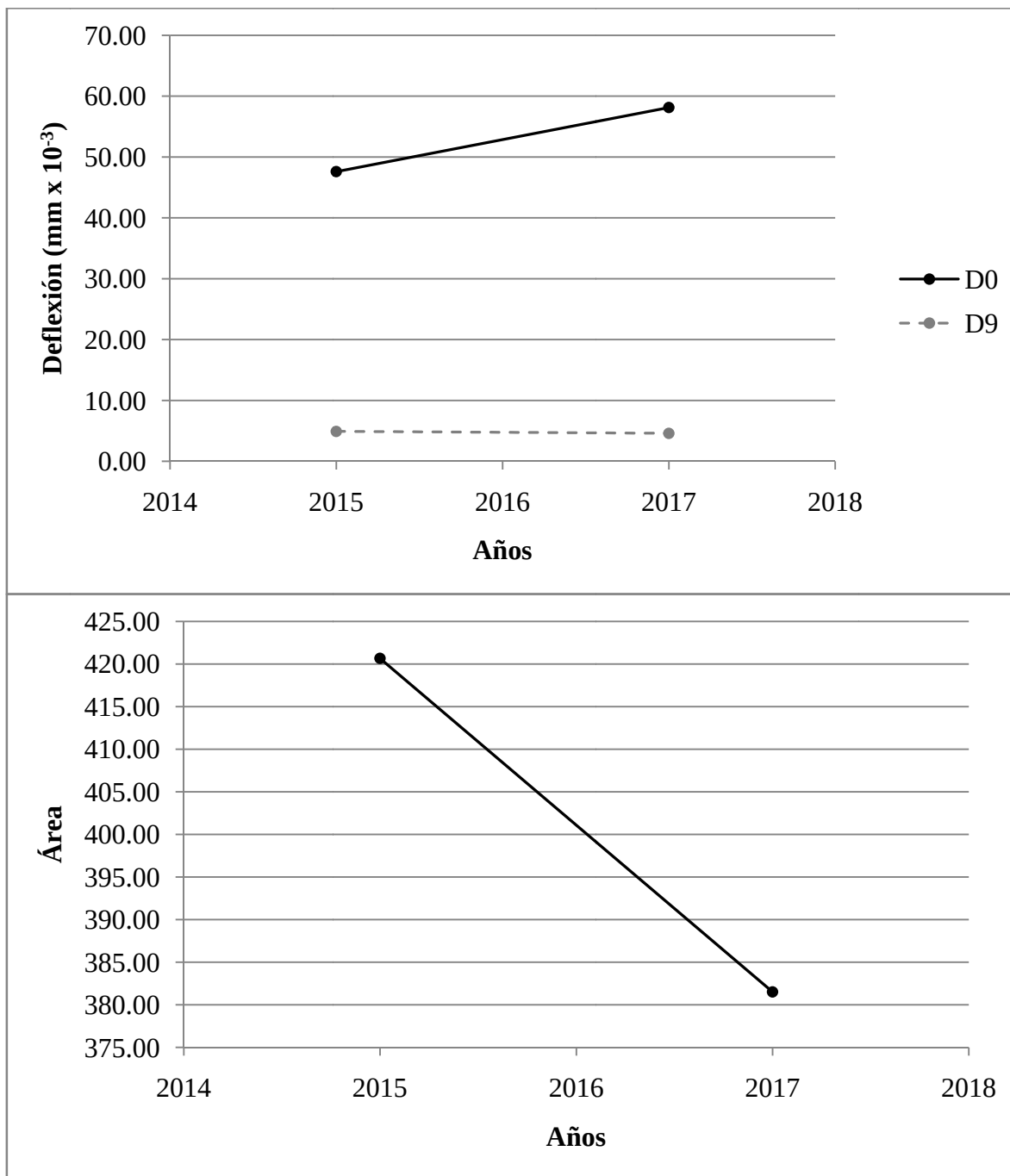


Figura 48. Deflectometría Tramo #17 Ciudad Neilly-Paso Canoas

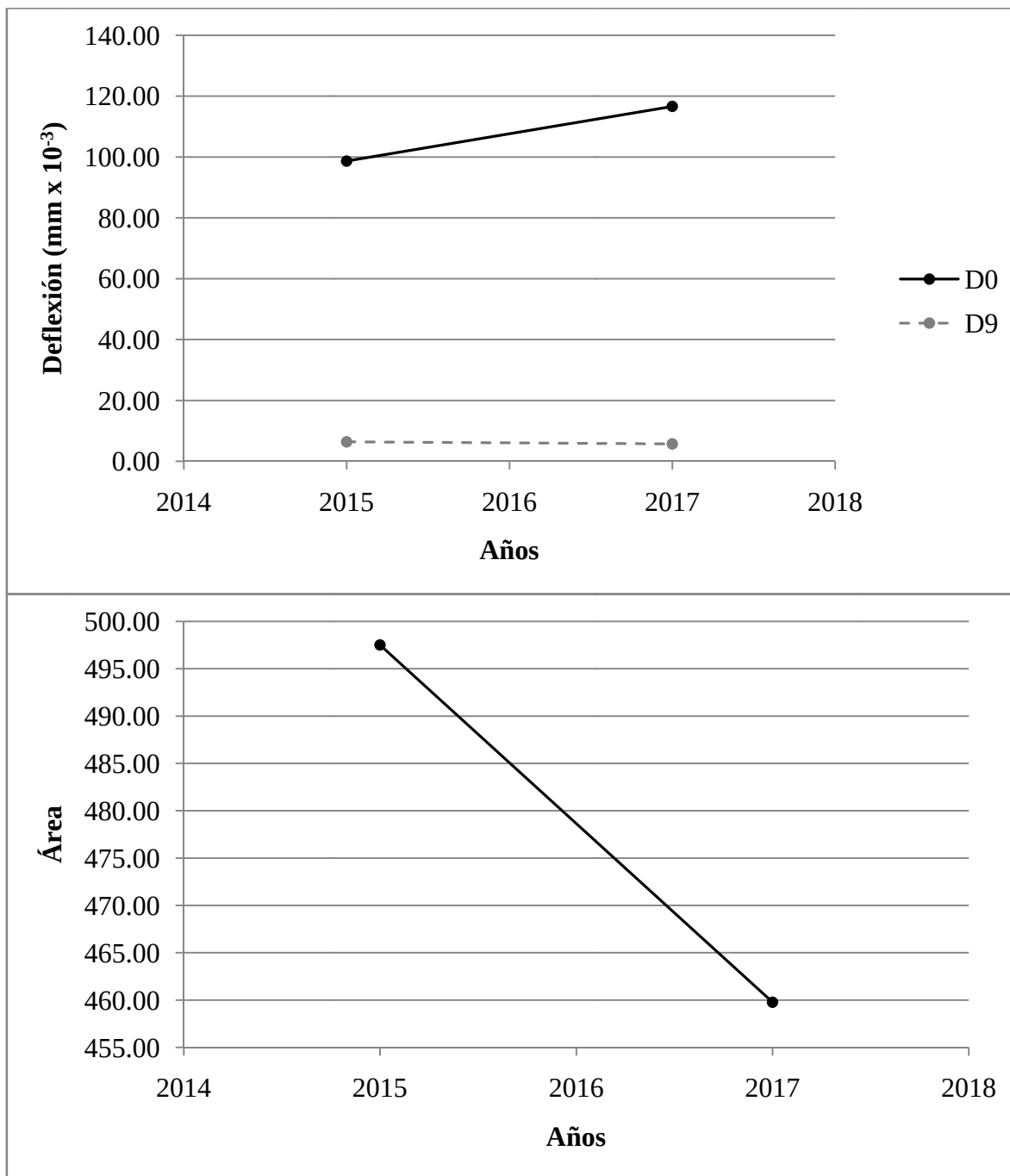


Figura 49. Deflectometría Tramo #18 Liberia-Peñas Blancas

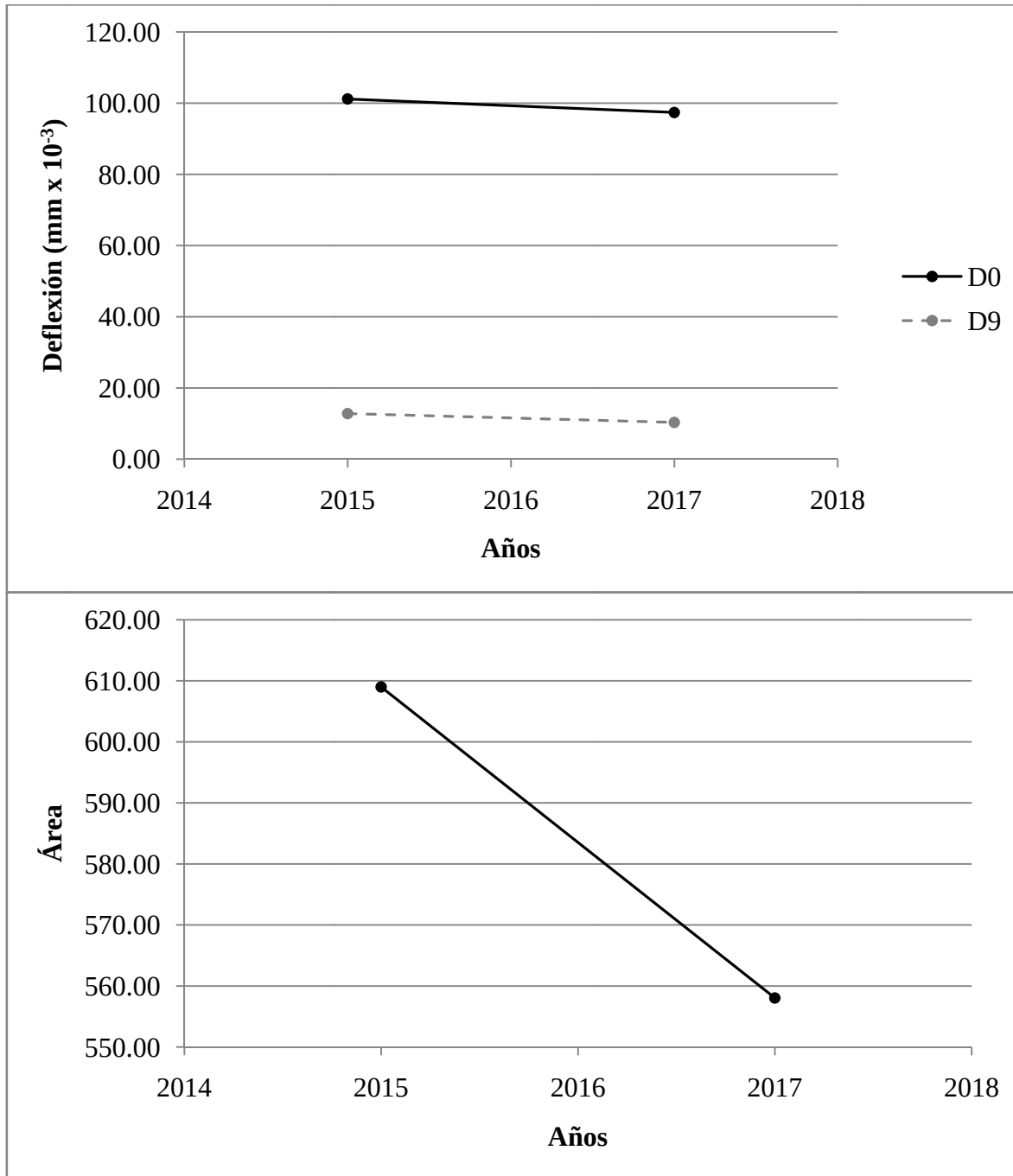


Figura 50. Deflectometría Tramo #19 Carrillo-Lajas

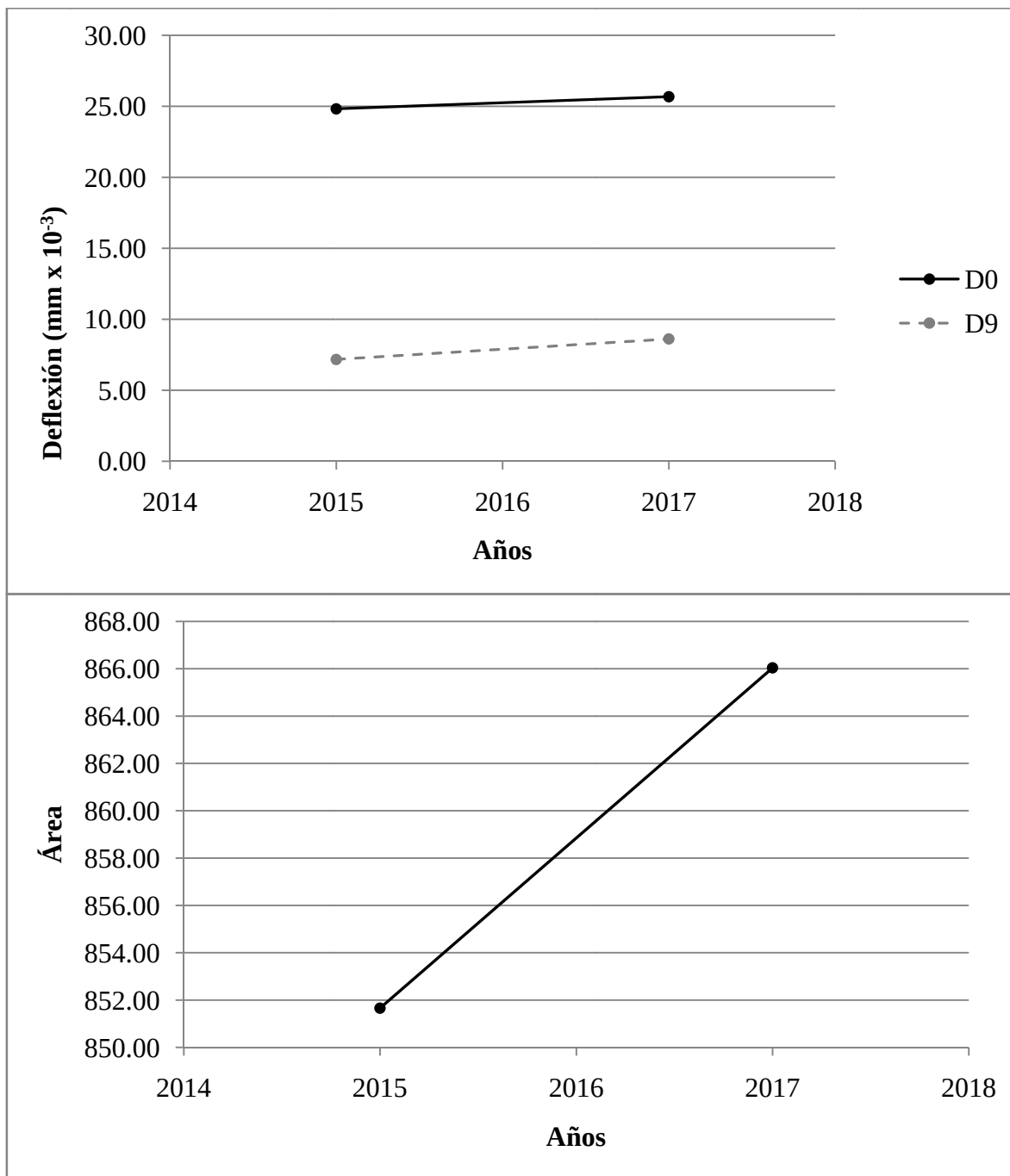


Figura 51. Deflectometría Tramo #20 Cañas-Liberia

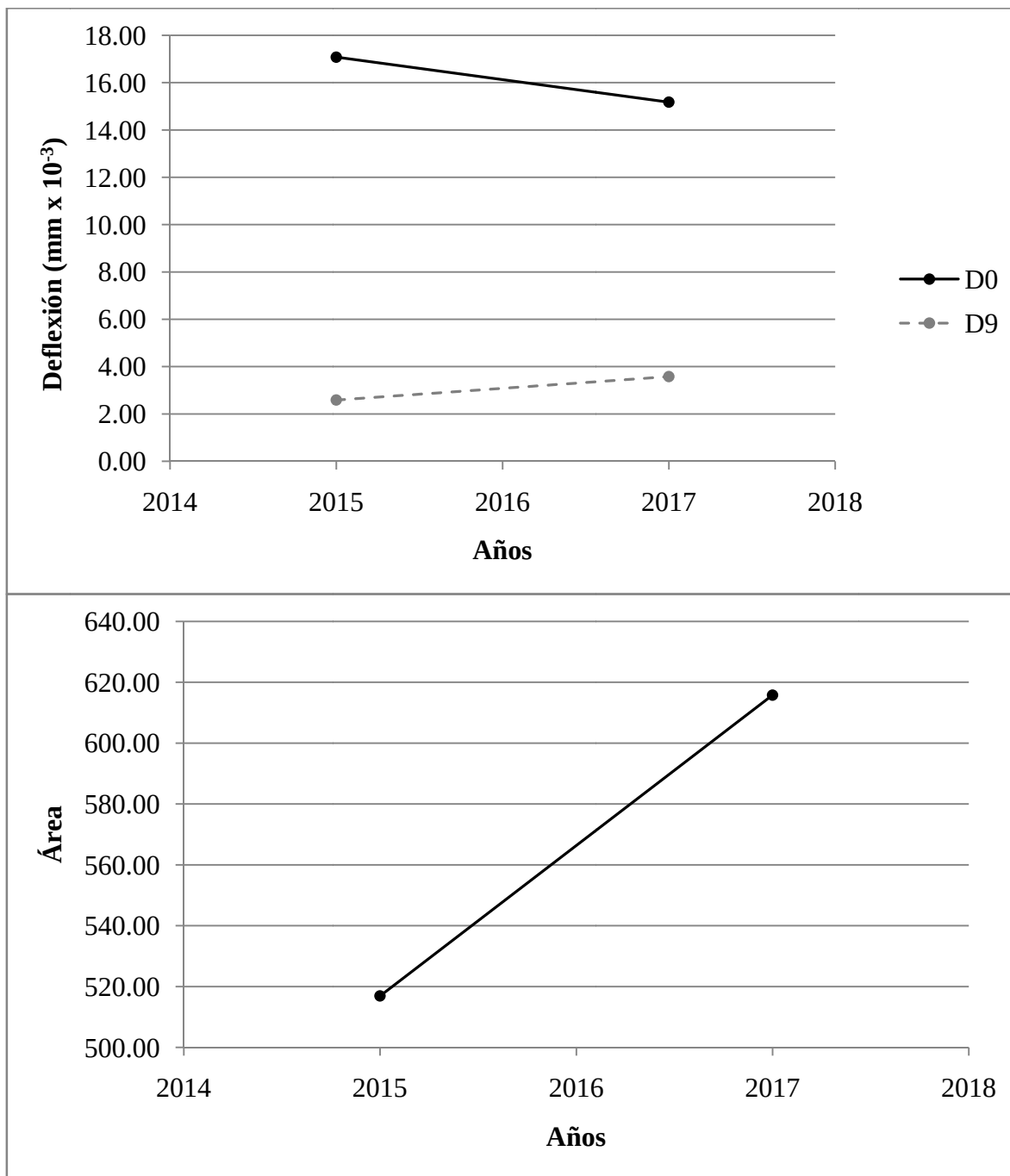


Figura 52. Deflectometría Tramo #21 La República-Virilla

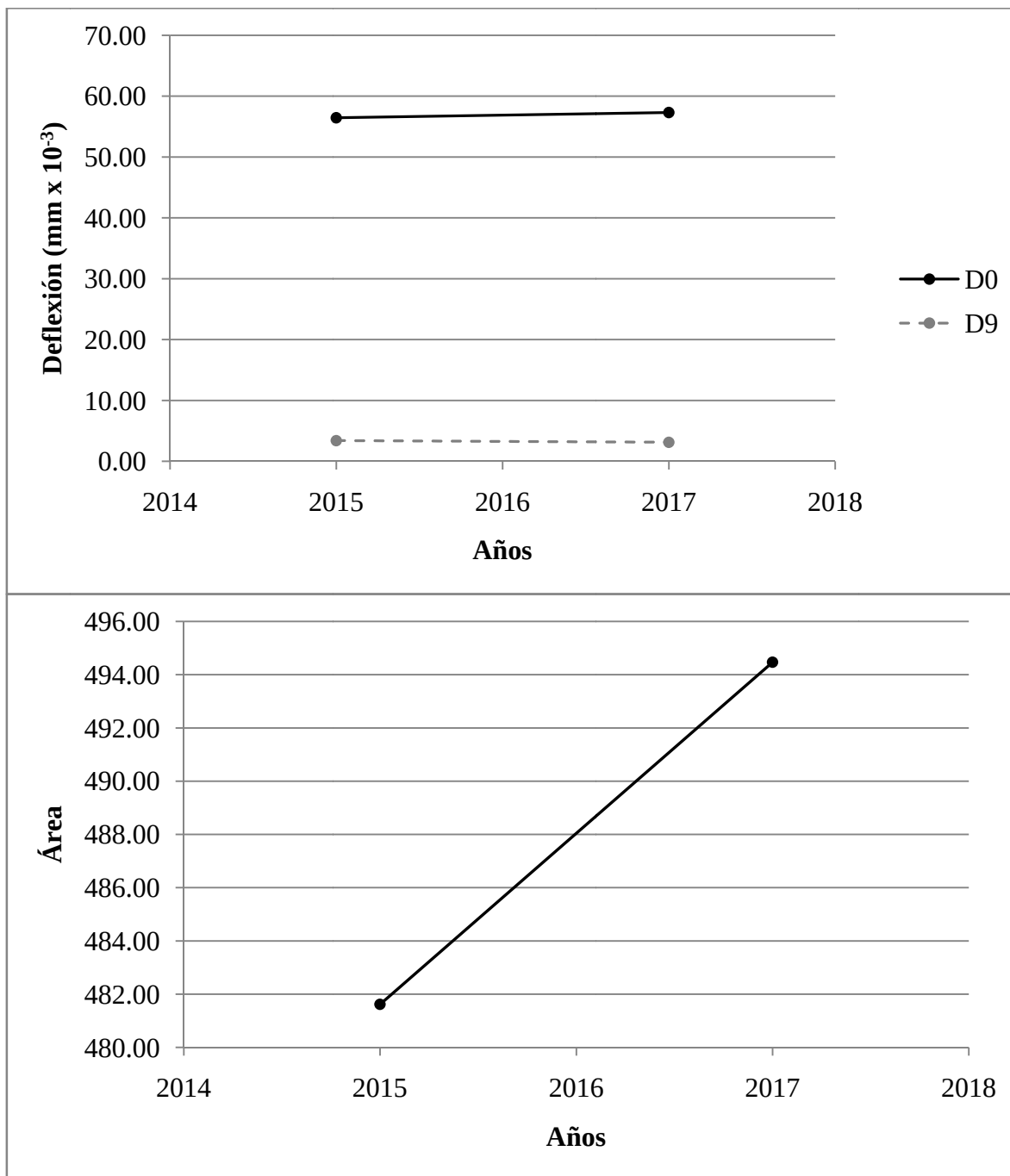


Figura 53. Deflectometría Tramo #22 Circunvalación

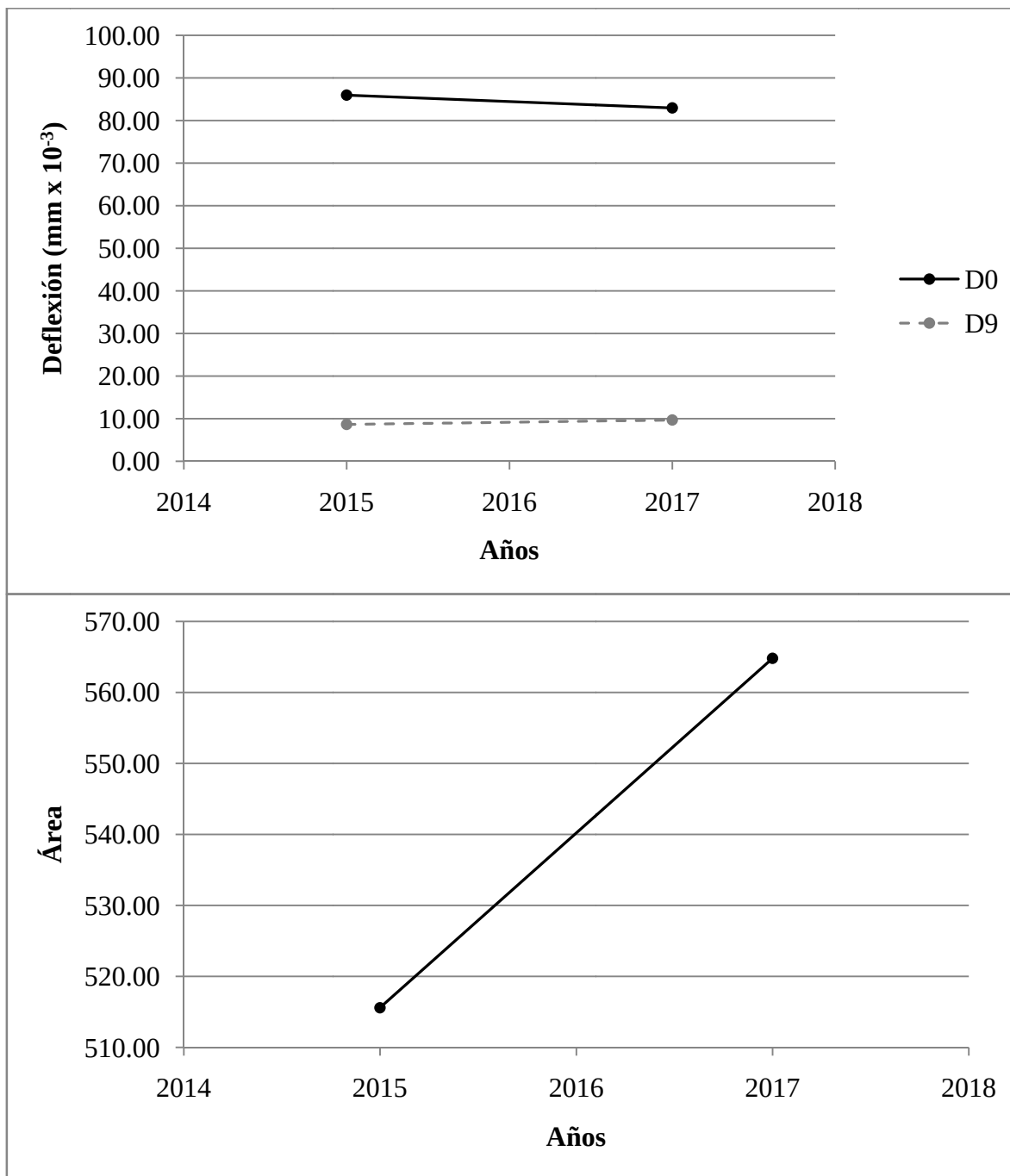


Figura 54. Deflectometría Tramo #23 Tamarindo

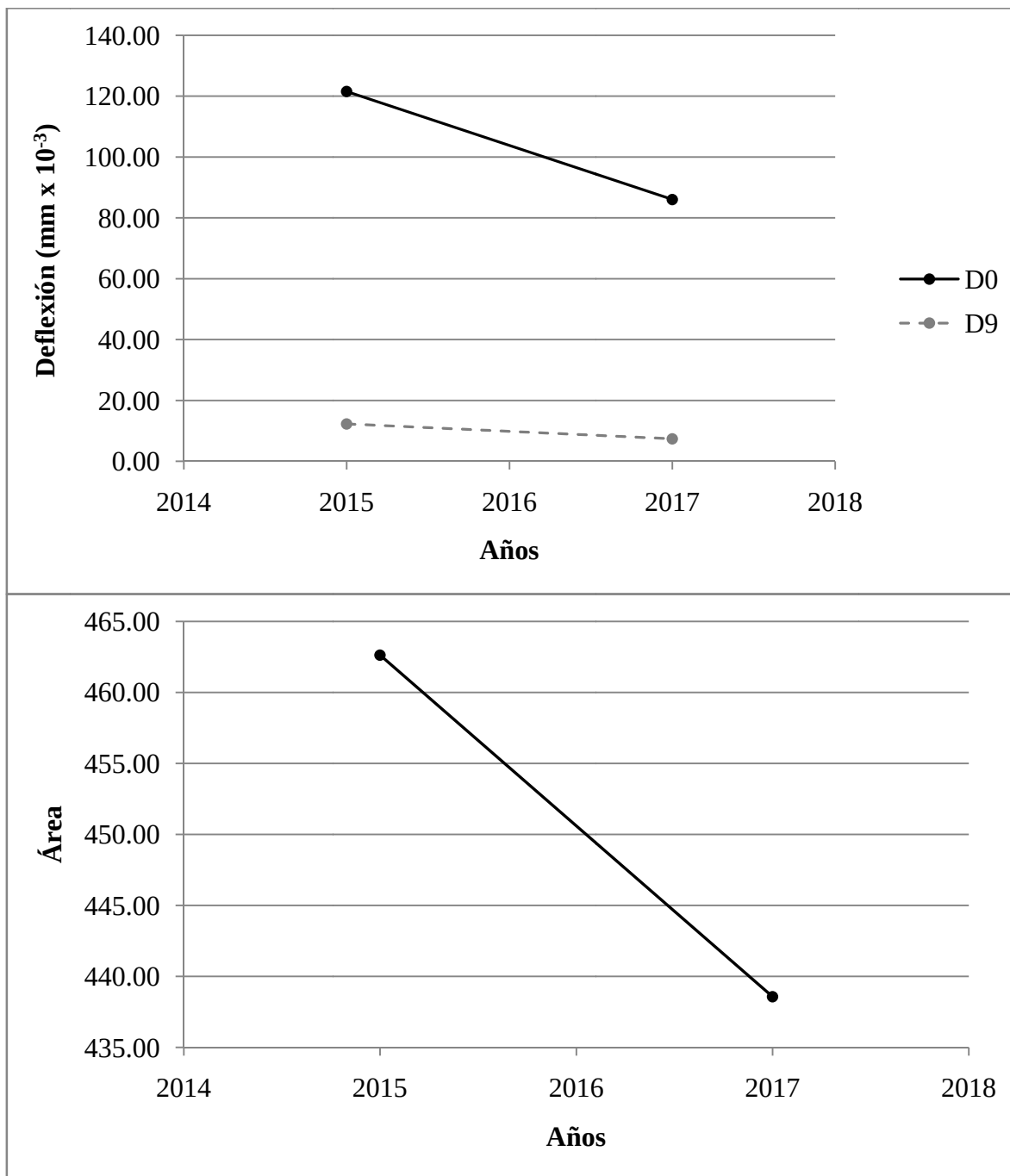


Figura 55. Deflectometría Tramo #24 Cahuita-Penhurst

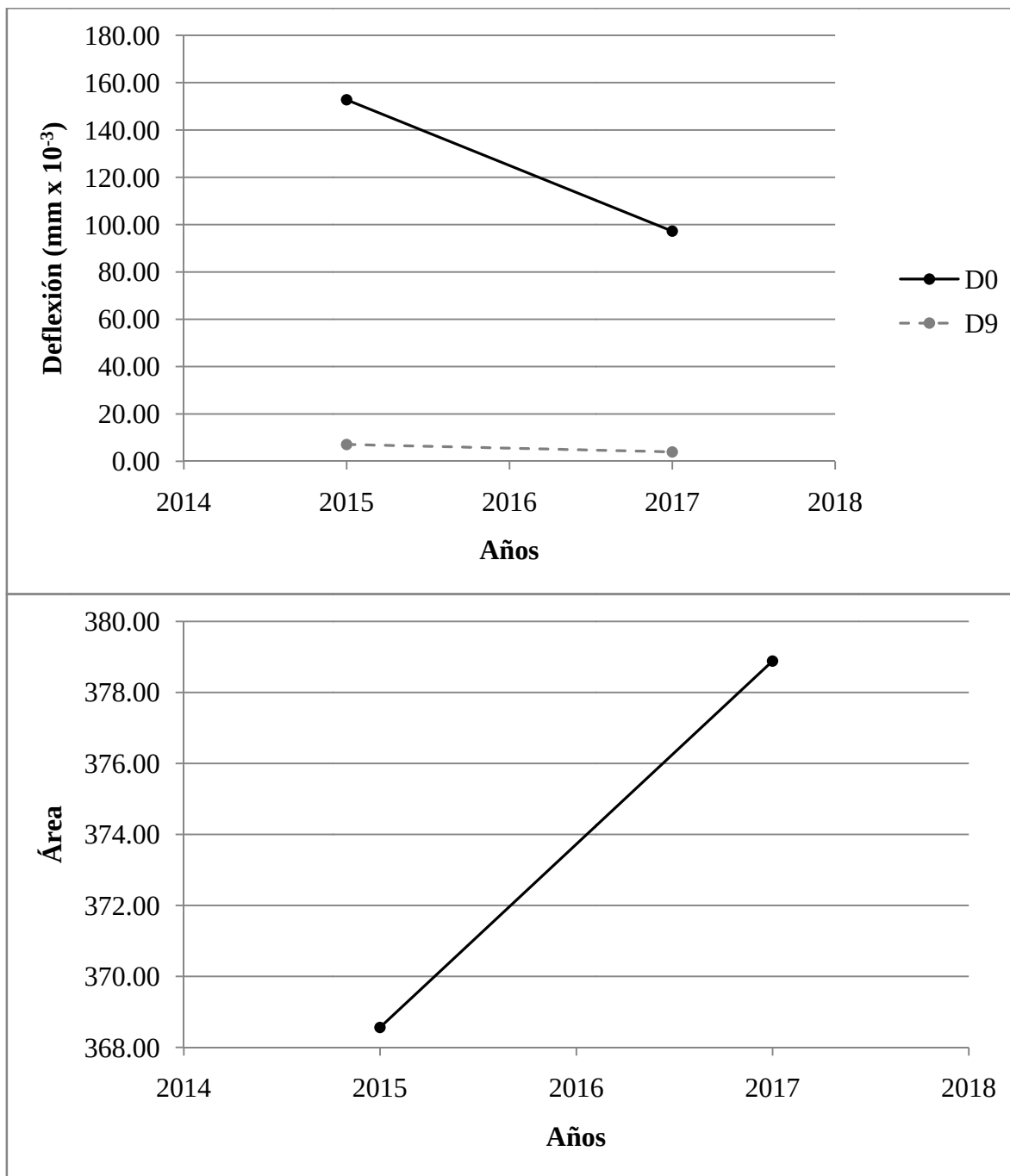


Figura 56. Deflectometría Tramo #25 San Clemente-Bananito Sur



APÉNDICE 4: REGULARIDAD SUPERFICIAL (IRI)

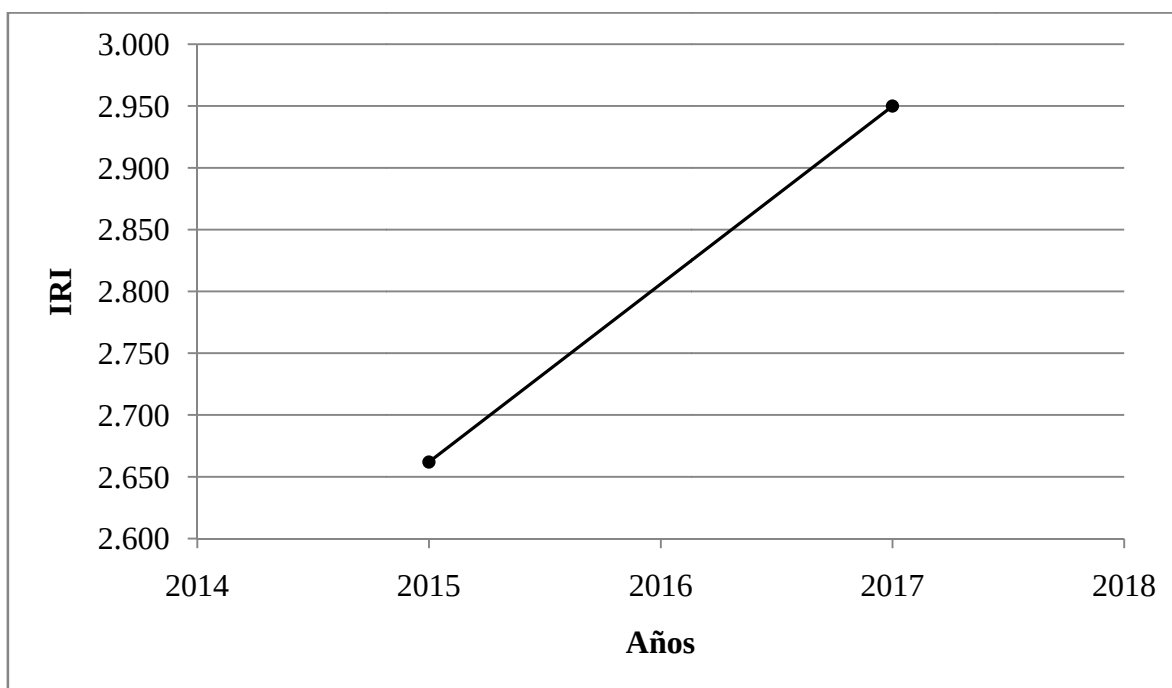


Figura 57. Índice de regularidad superficial Tramo #1 Sabalito-Las Mellizas

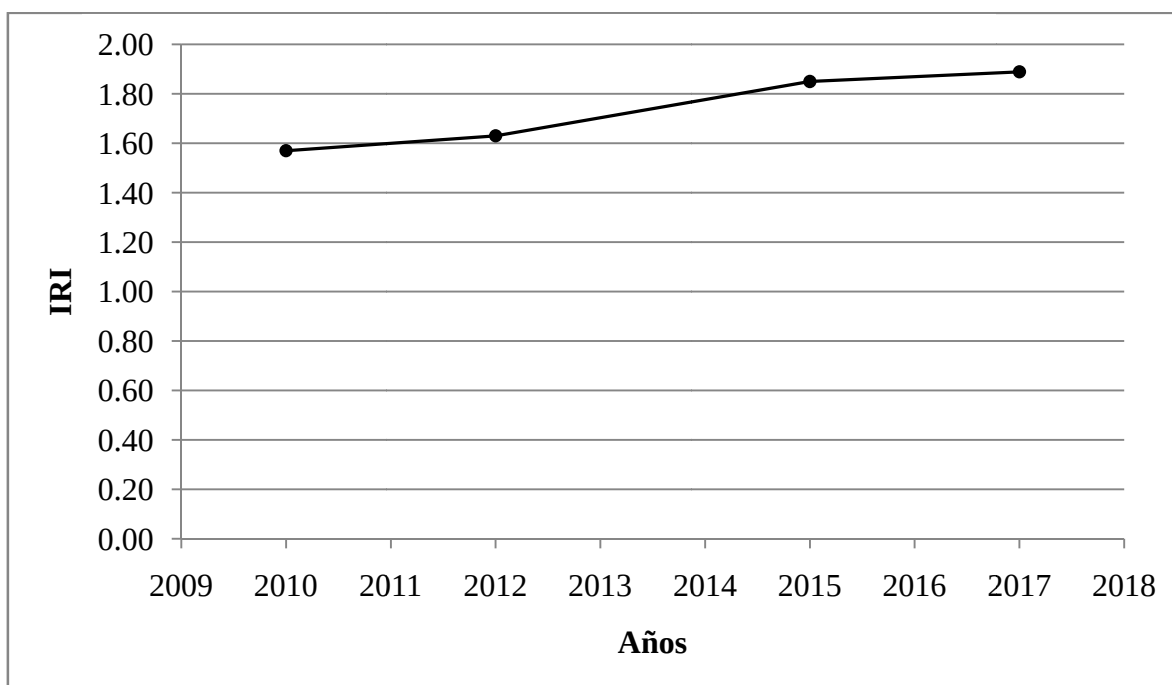


Figura 58. Índice de regularidad superficial Tramo #2 Quepos-Barú

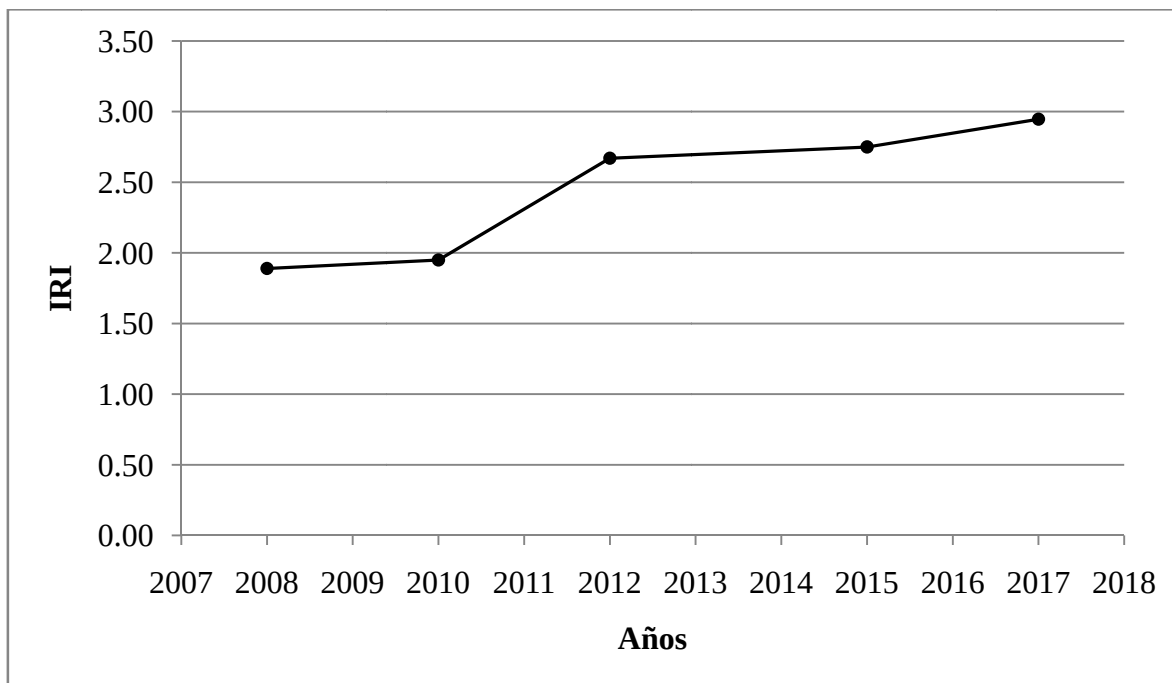


Figura 59. Índice de regularidad superficial Tramo #3 Moravia-Coronado

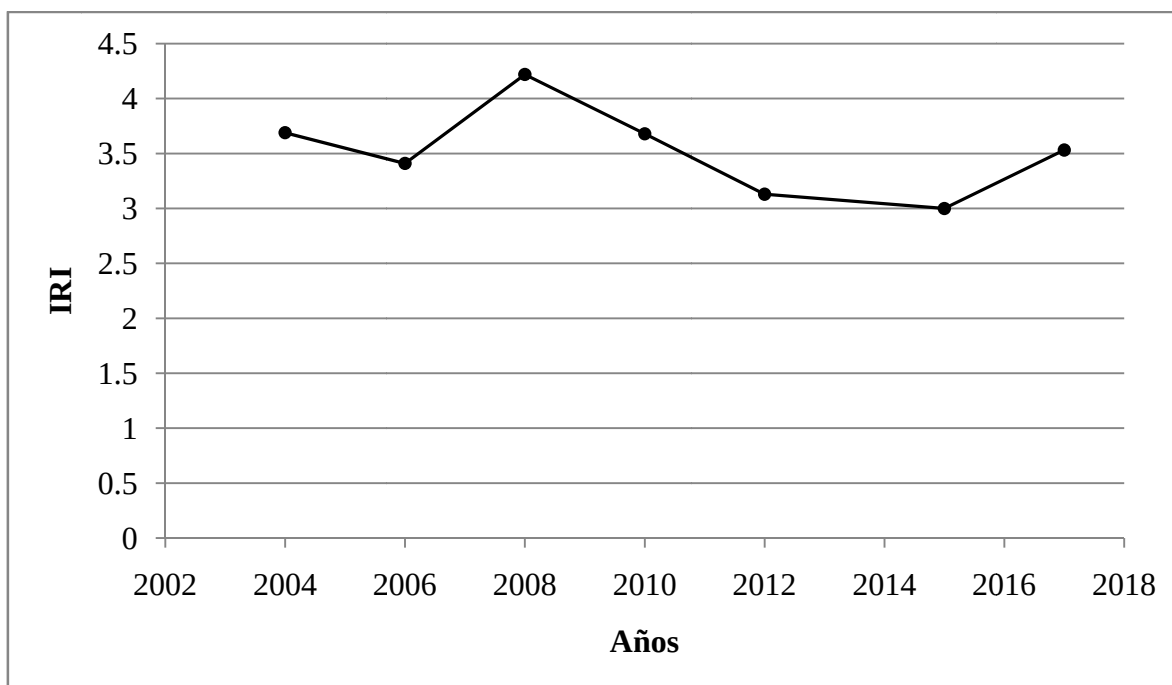


Figura 60. Índice de regularidad superficial Tramo #4 Cartago-Paraíso

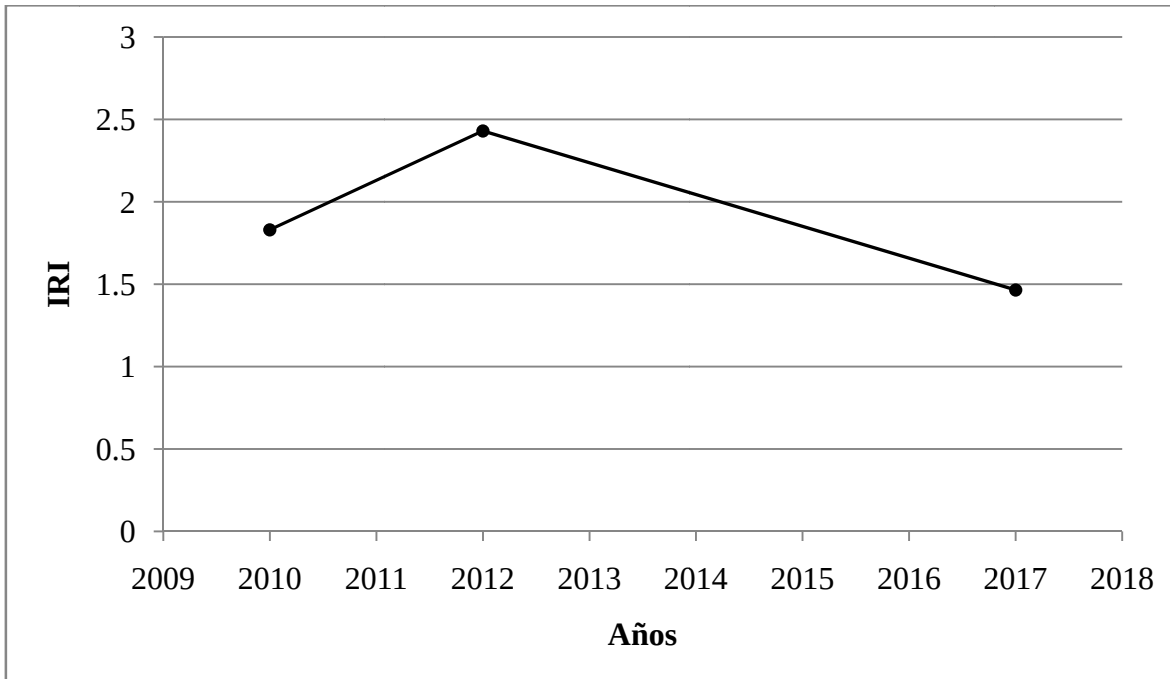


Figura 61. Índice de regularidad superficial Tramo #5 Barú-Piñuela

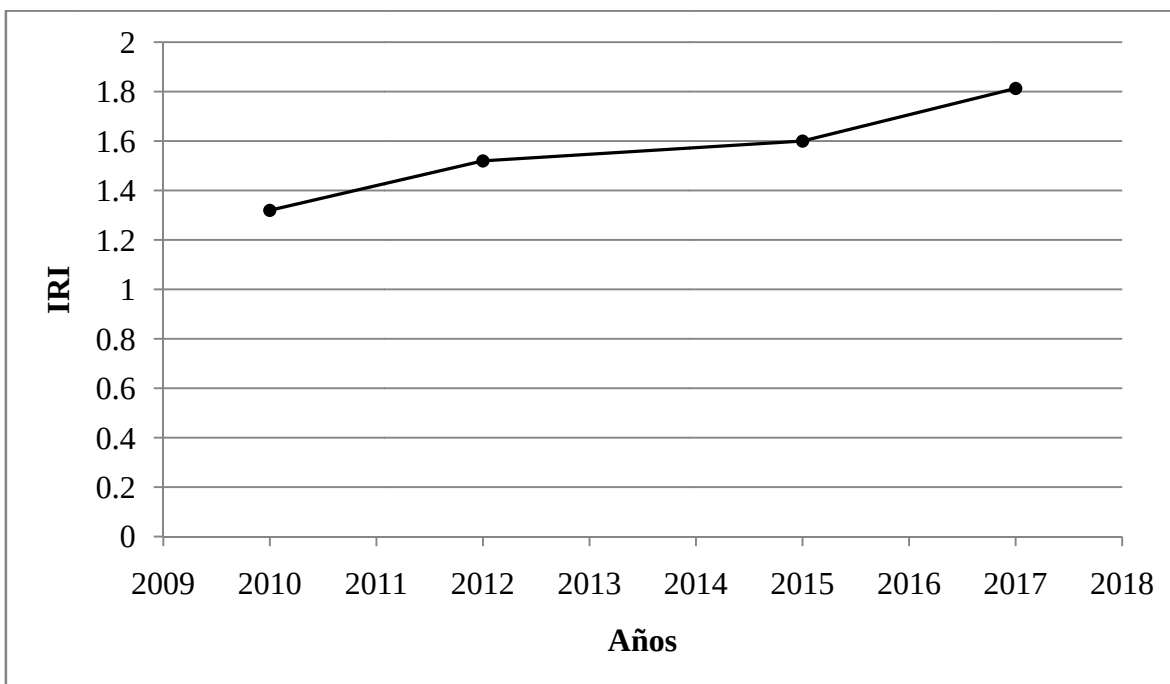


Figura 62. Índice de regularidad superficial Tramo #6 Jacó-Orotina

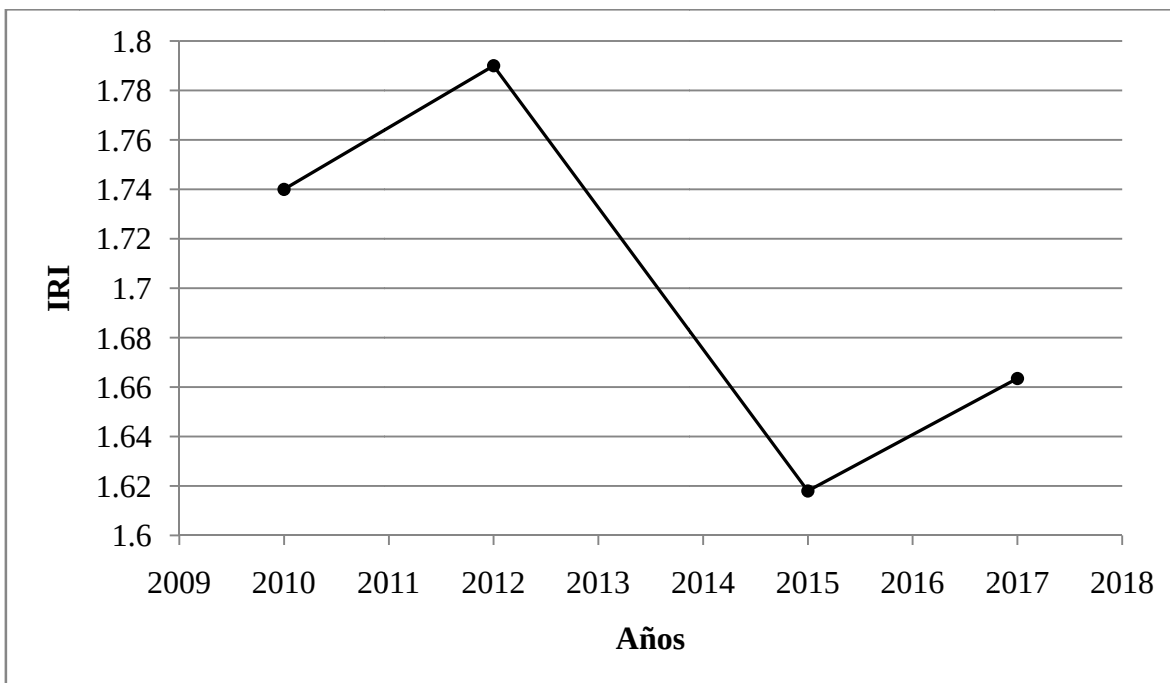


Figura 63. Índice de regularidad superficial Tramo #7 Interamericana-Caldera

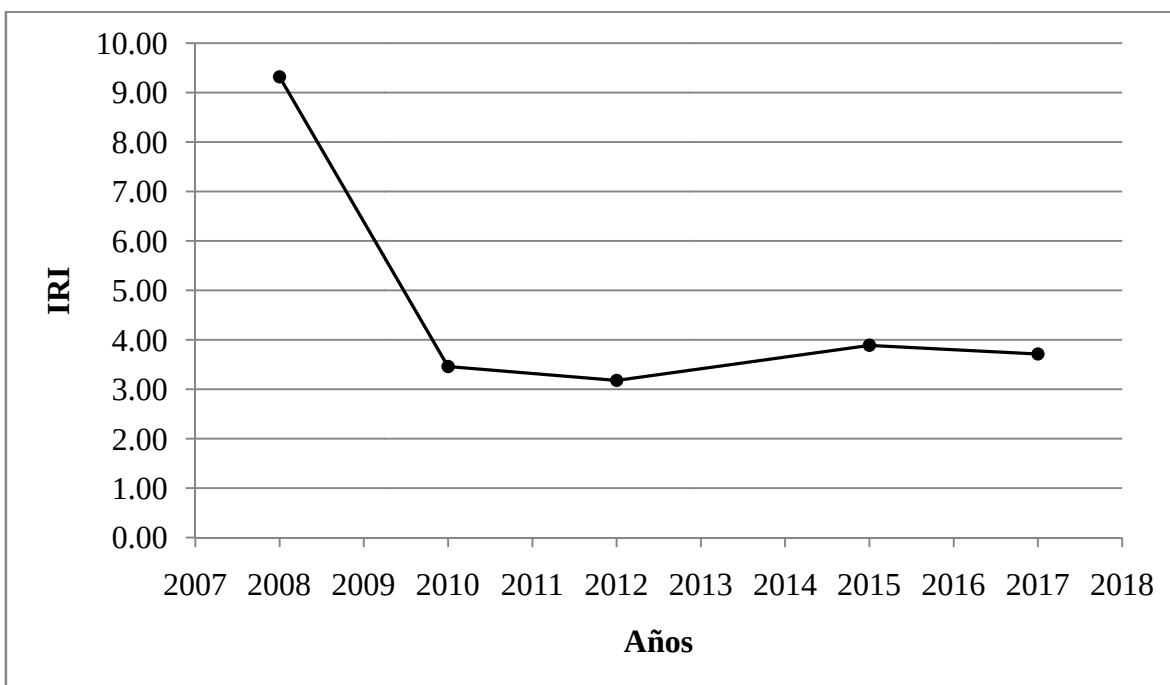


Figura 64. Índice de regularidad superficial Tramo #8 Los Ángeles-Santo Domingo

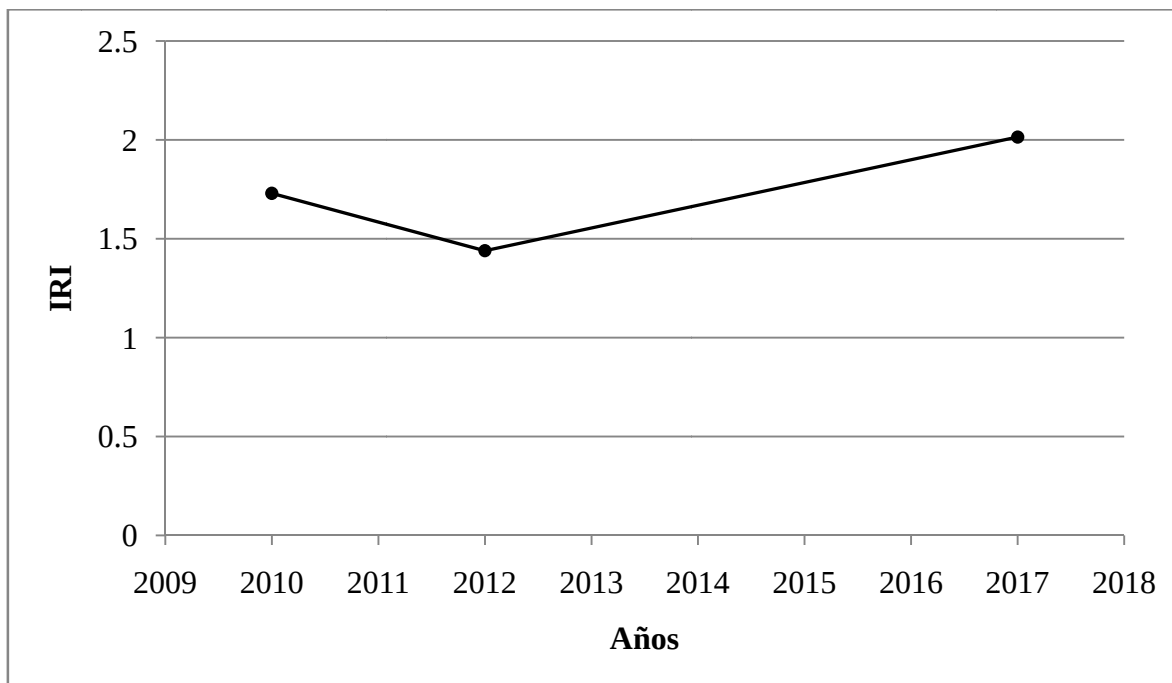


Figura 65. Índice de regularidad superficial Tramo #9 Guácimo-Pocora

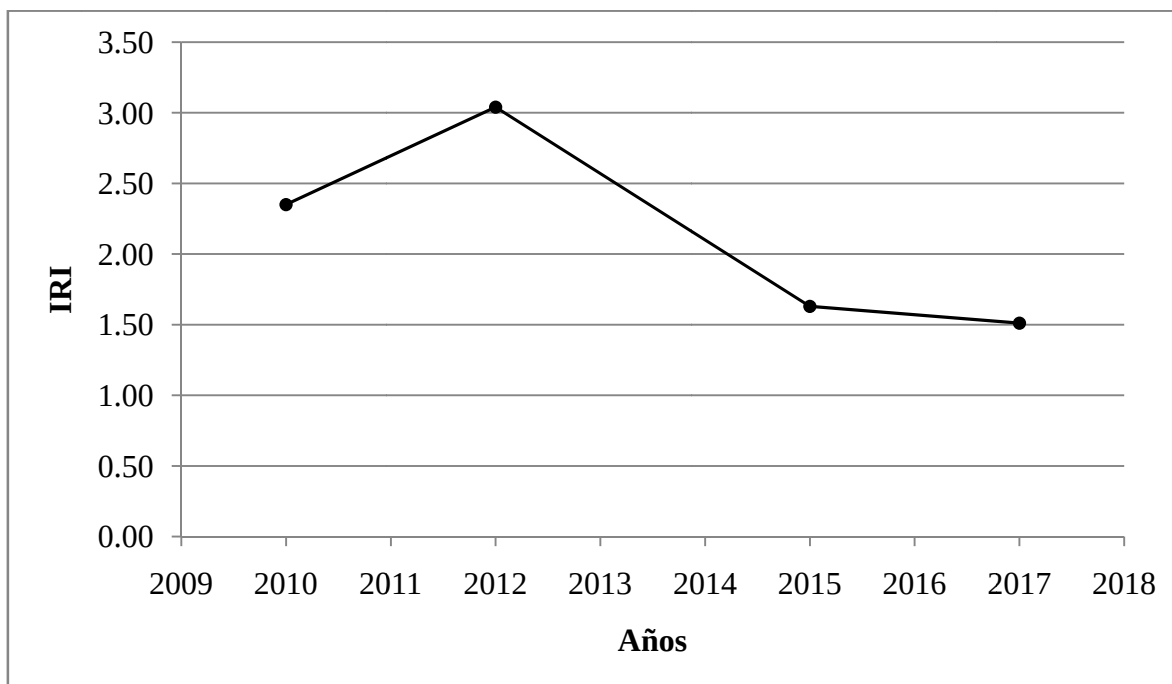


Figura 66. Índice de regularidad superficial Tramo #10 Limón-Siquirres

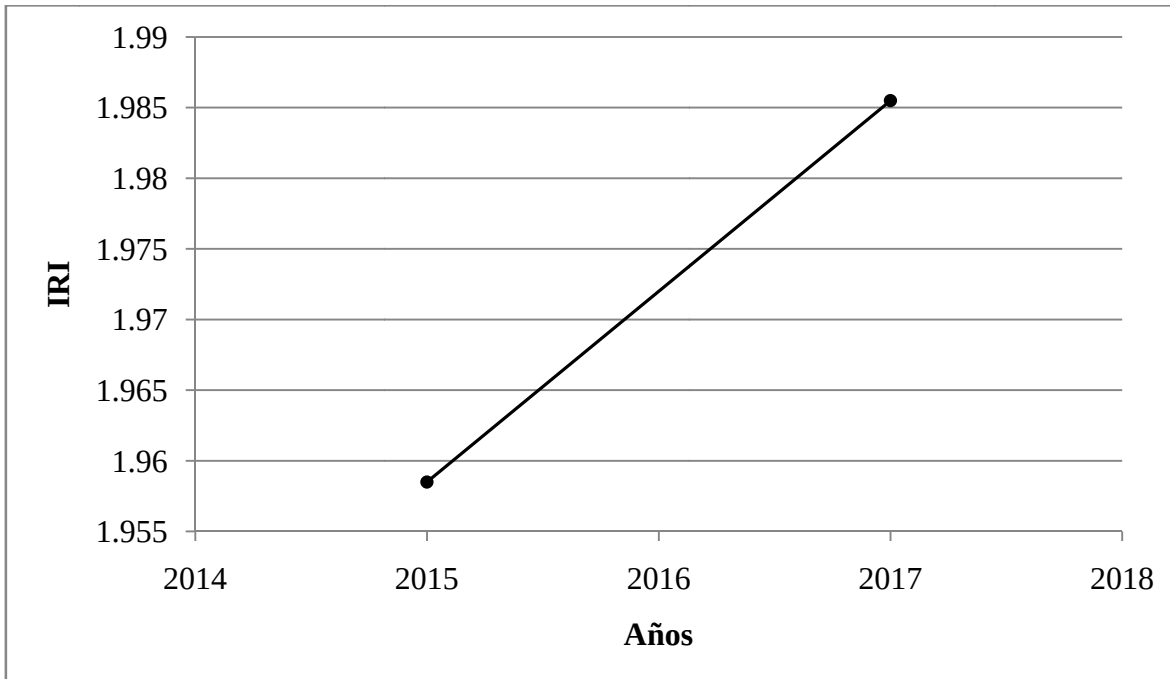


Figura 67. Índice de regularidad superficial Tramo #11 Playa Hermosa-Esterillos

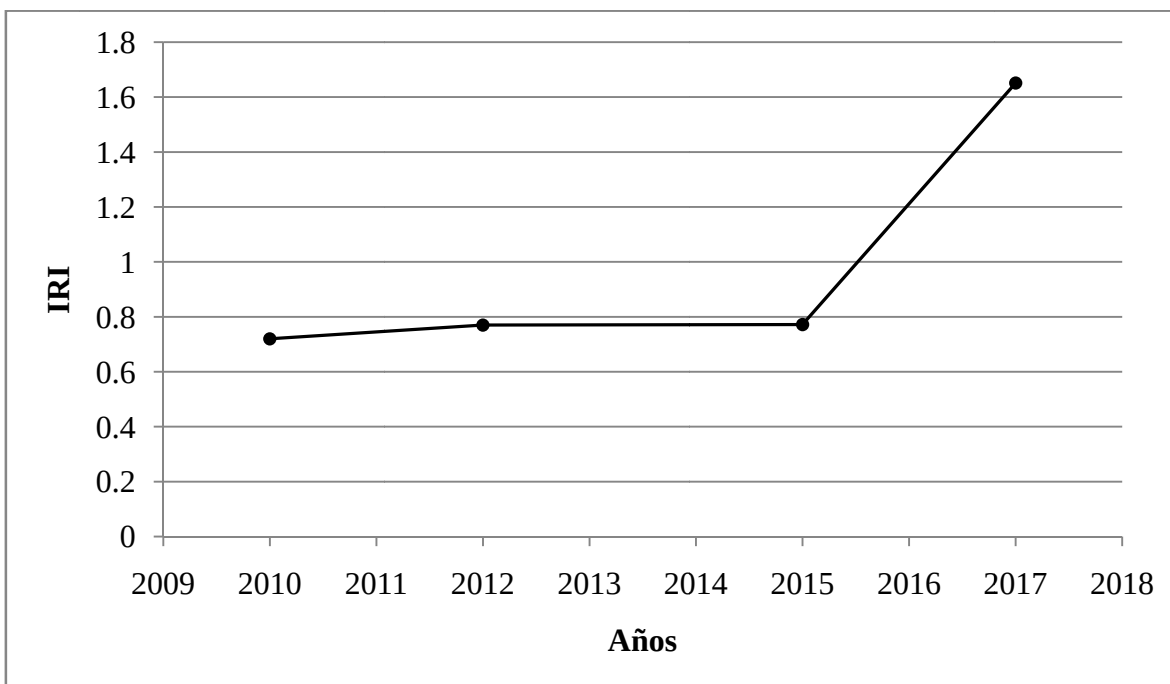


Figura 68. Índice de regularidad superficial Tramo #12 Santa Cruz-Nambí

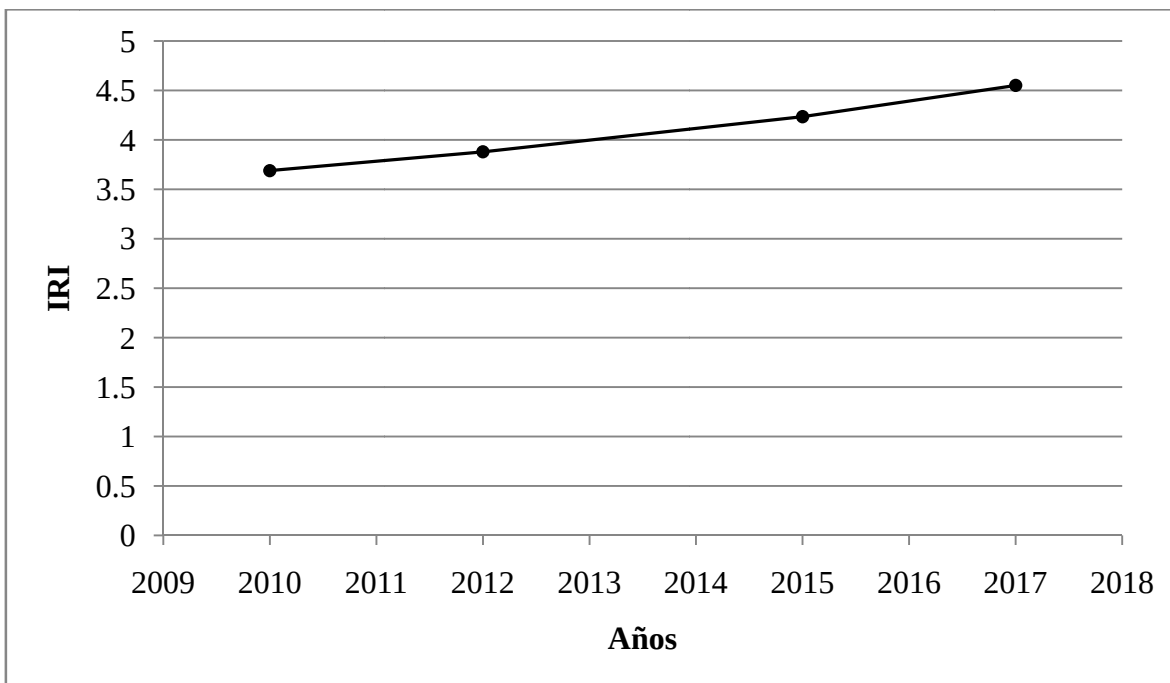


Figura 69. Índice de regularidad superficial Tramo #13 Cot-Volcán Irazú

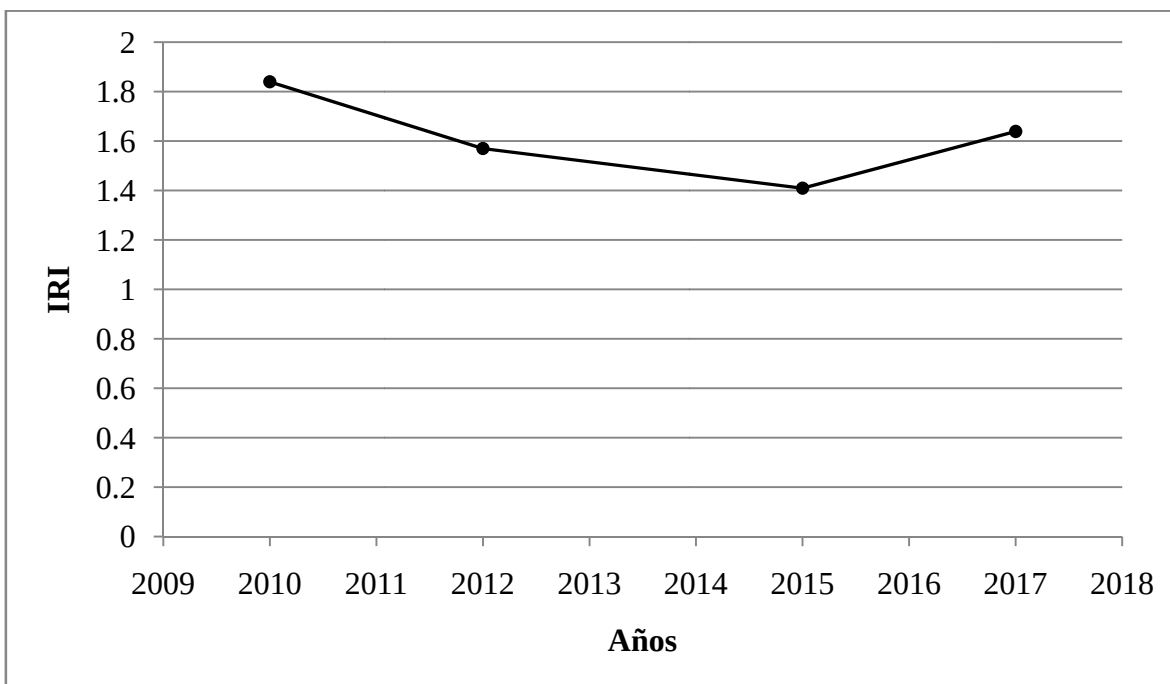


Figura 70. Índice de regularidad superficial Tramo #14 Buenos Aires-Cajón

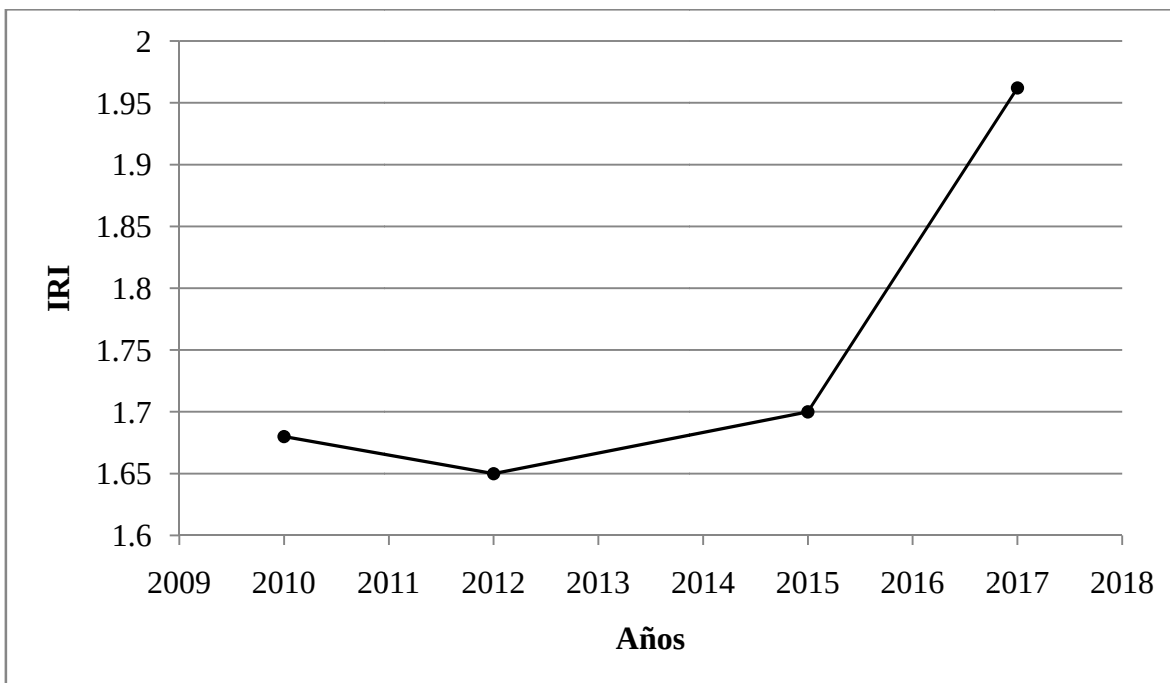


Figura 71. Índice de regularidad superficial Tramo #15 Pérez Zeledón-Río Convento

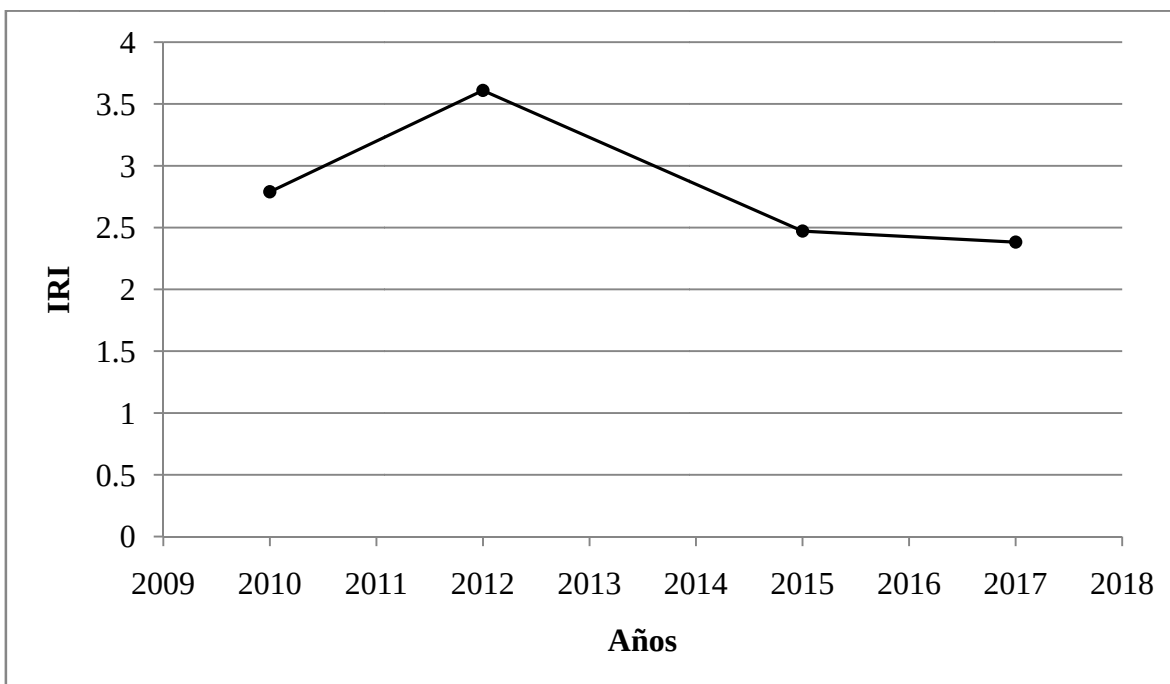


Figura 72. Índice de regularidad superficial Tramo #16 Florencia-Santa Clara

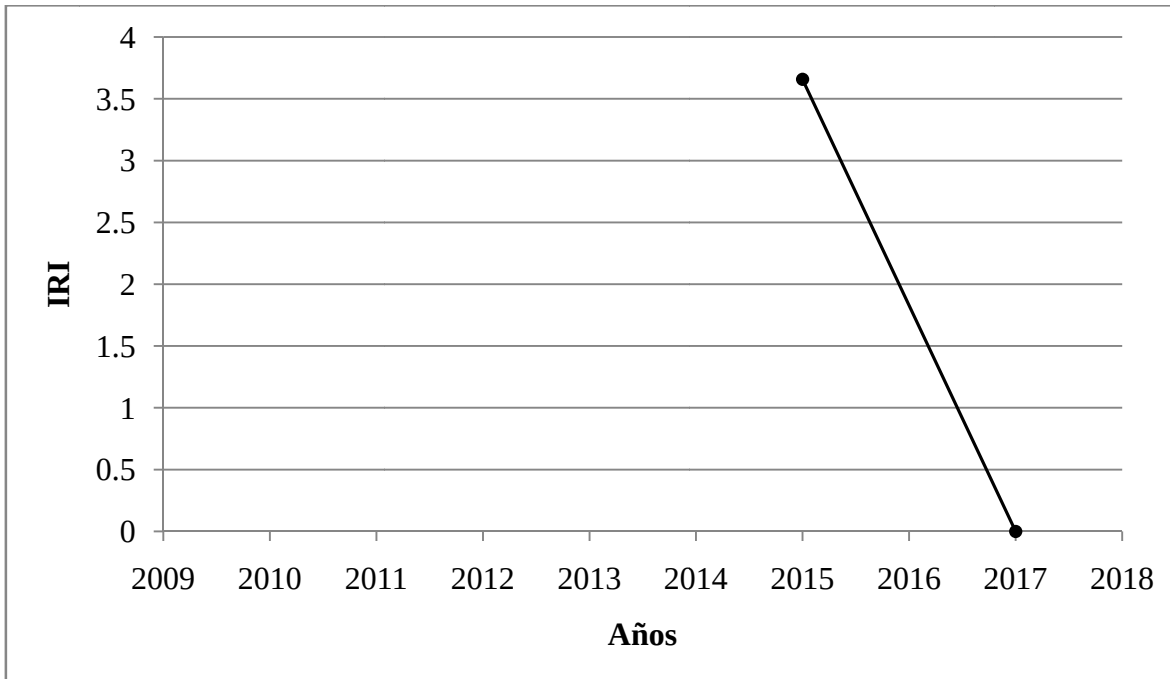


Figura 73. Índice de regularidad superficial Tramo #17 Ciudad Neilly-Paso Canoas

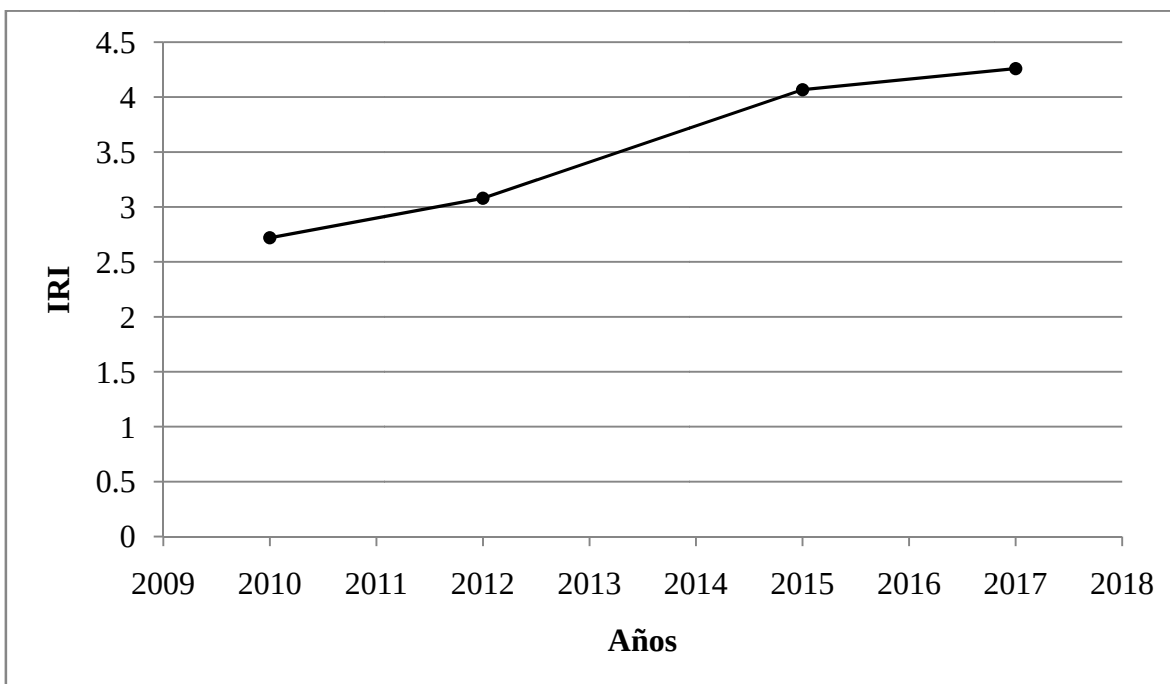


Figura 74. Índice de regularidad superficial Tramo #18 Liberia-Peñas Blancas

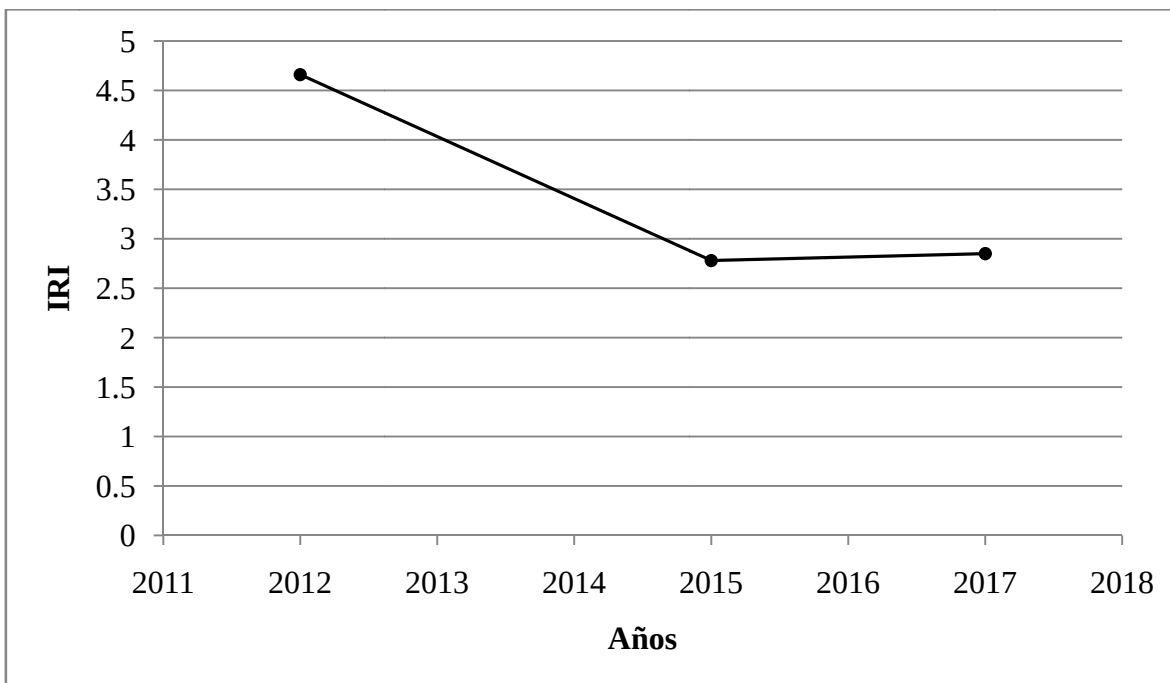


Figura 75. Índice de regularidad superficial Tramo #19 Carrillo-Lajas

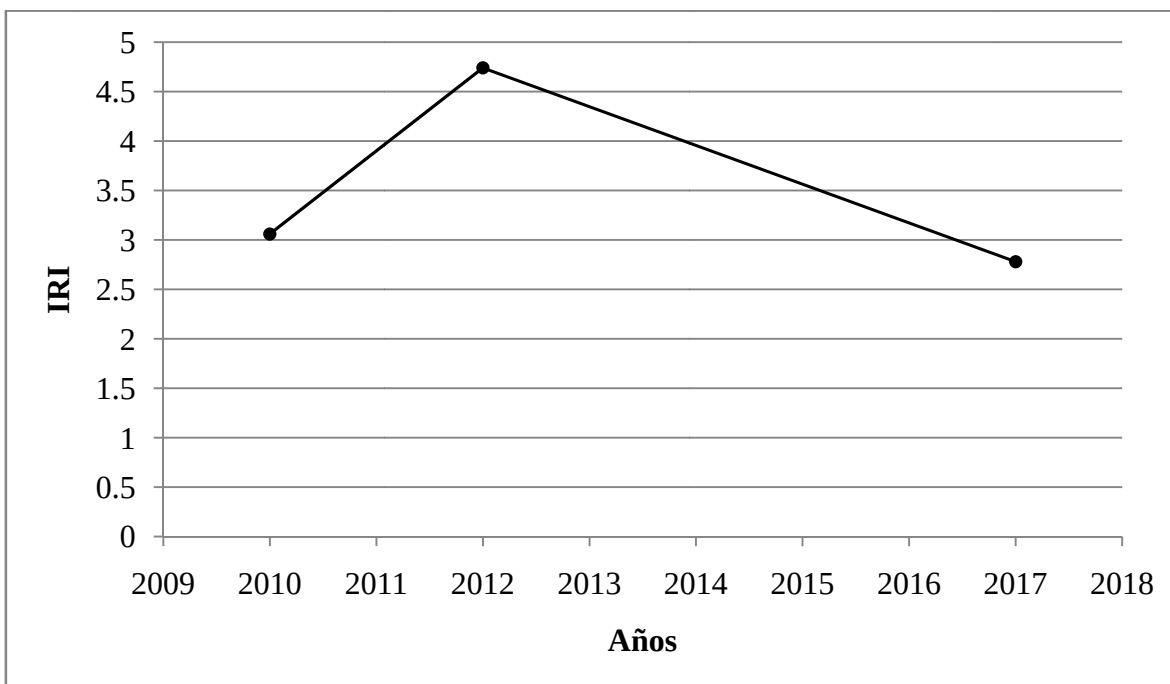


Figura 76. Índice de regularidad superficial Tramo #20 Cañas-Liberia

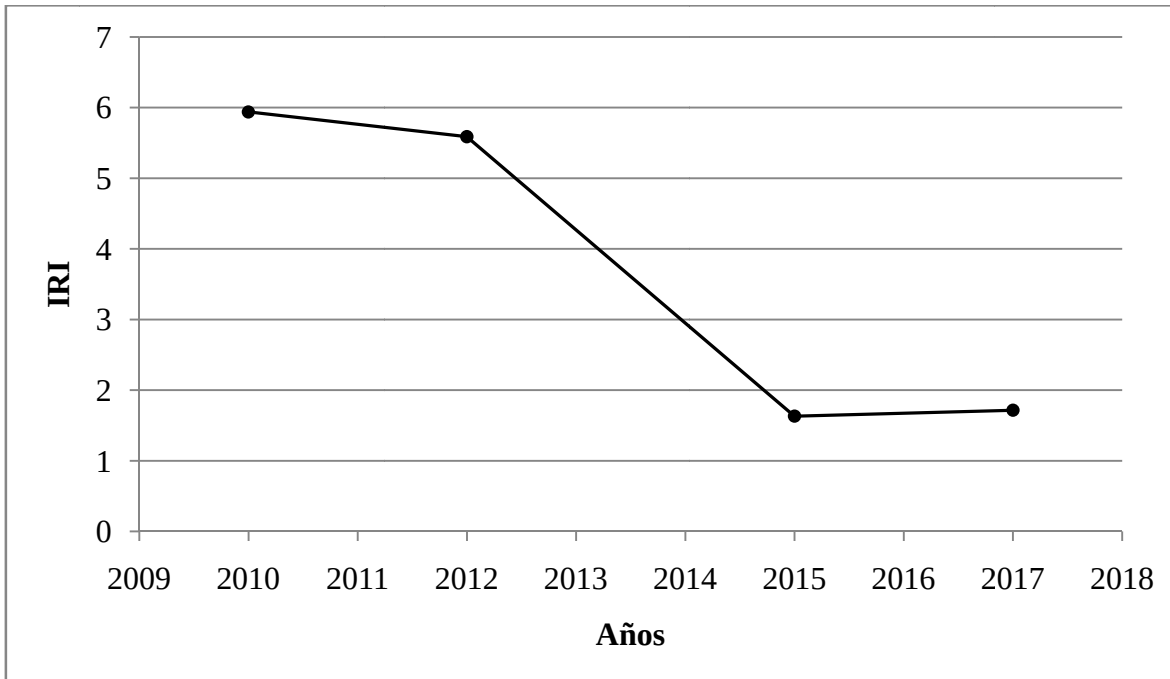


Figura 77. Índice de regularidad superficial Tramo #21 La República-Virilla

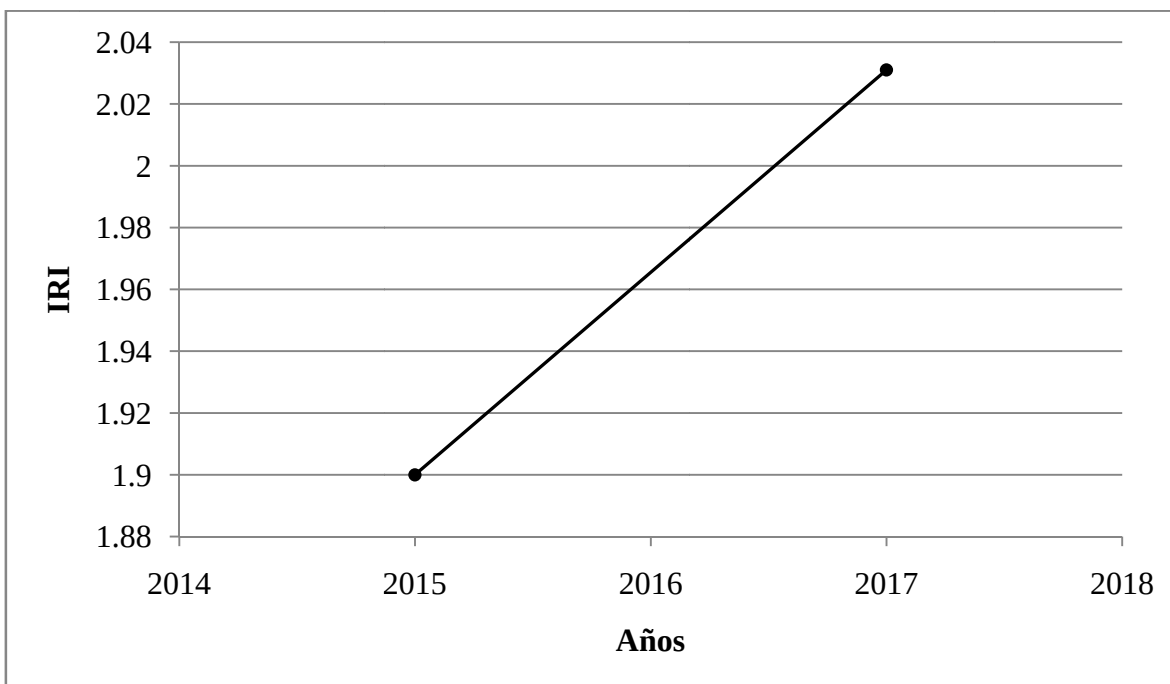


Figura 78. Índice de regularidad superficial Tramo #22 Circunvalación

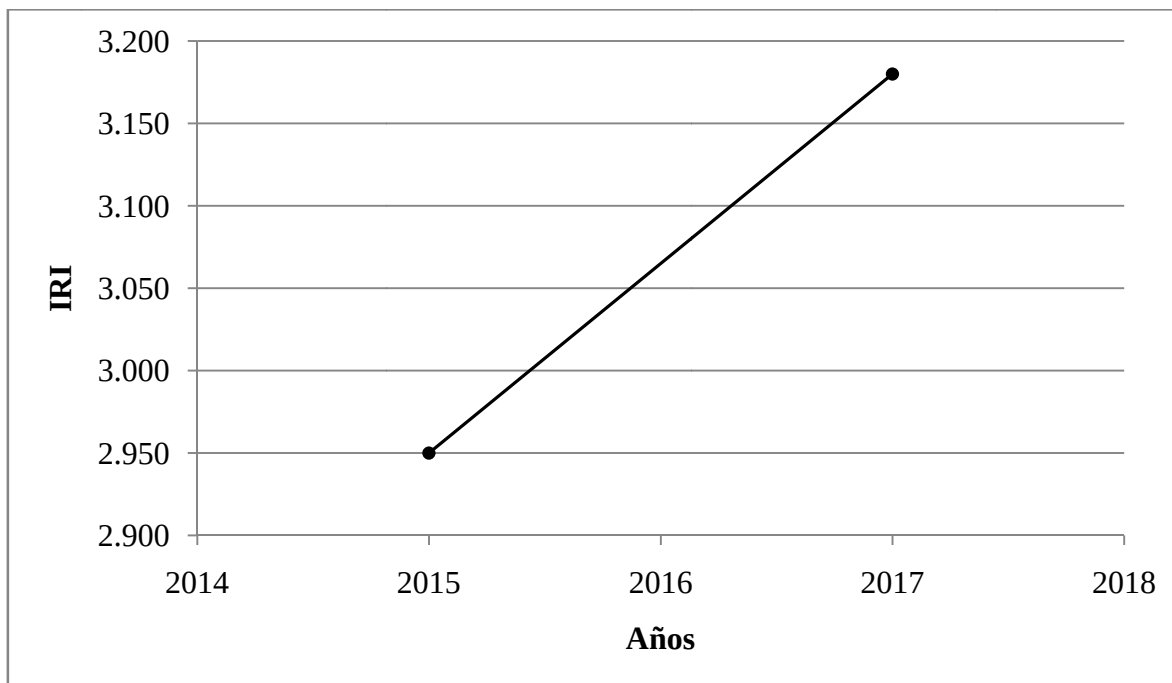


Figura 79. Índice de regularidad superficial Tramo #23 Tamarindo

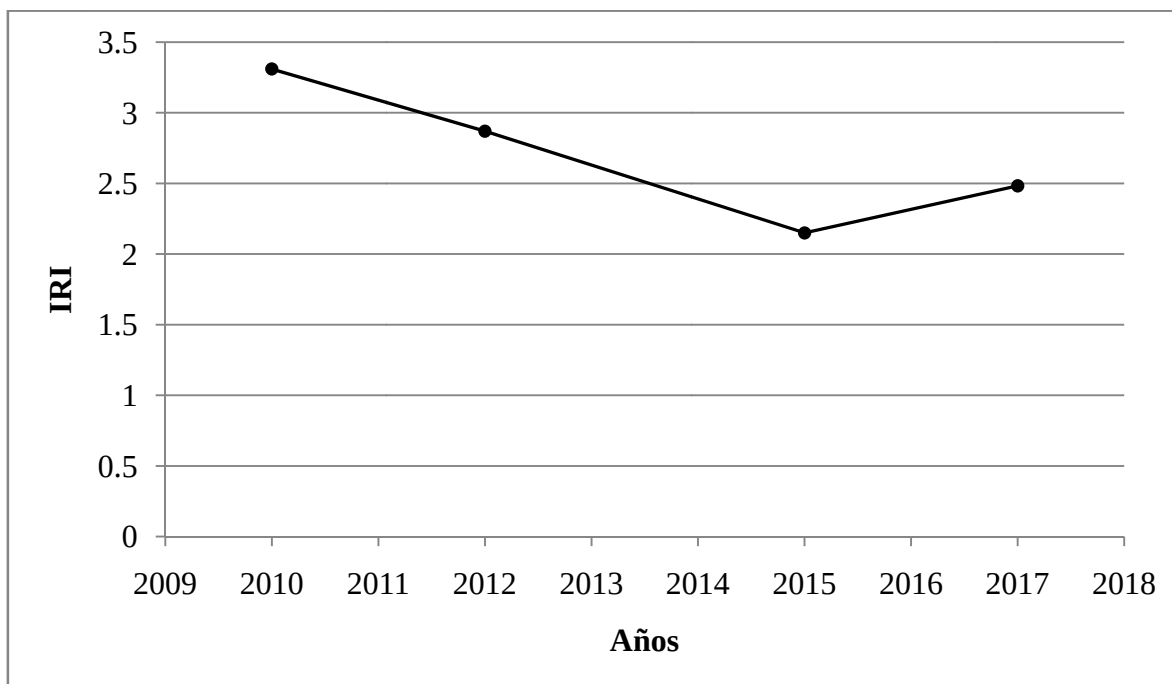


Figura 80. Índice de regularidad superficial Tramo #24 Cahuita-Penhurst

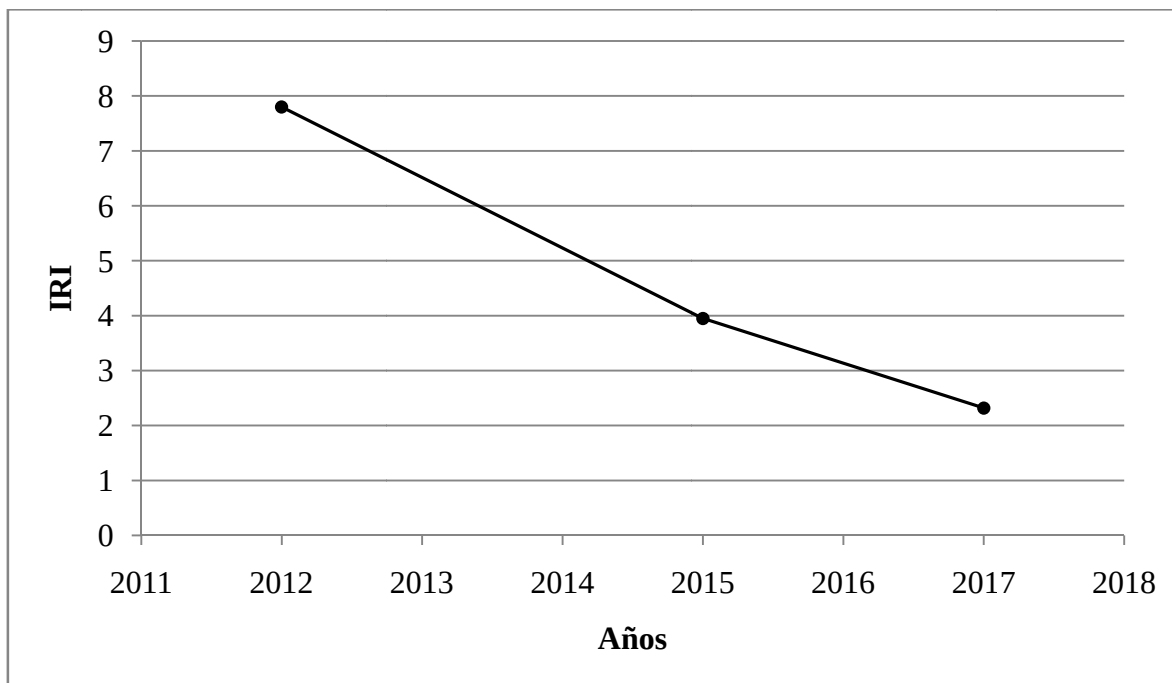


Figura 81. Índice de regularidad superficial Tramo #25 San Clemente-Bananito Sur



APÉNDICE 5: AUSCULTACIÓN VISUAL

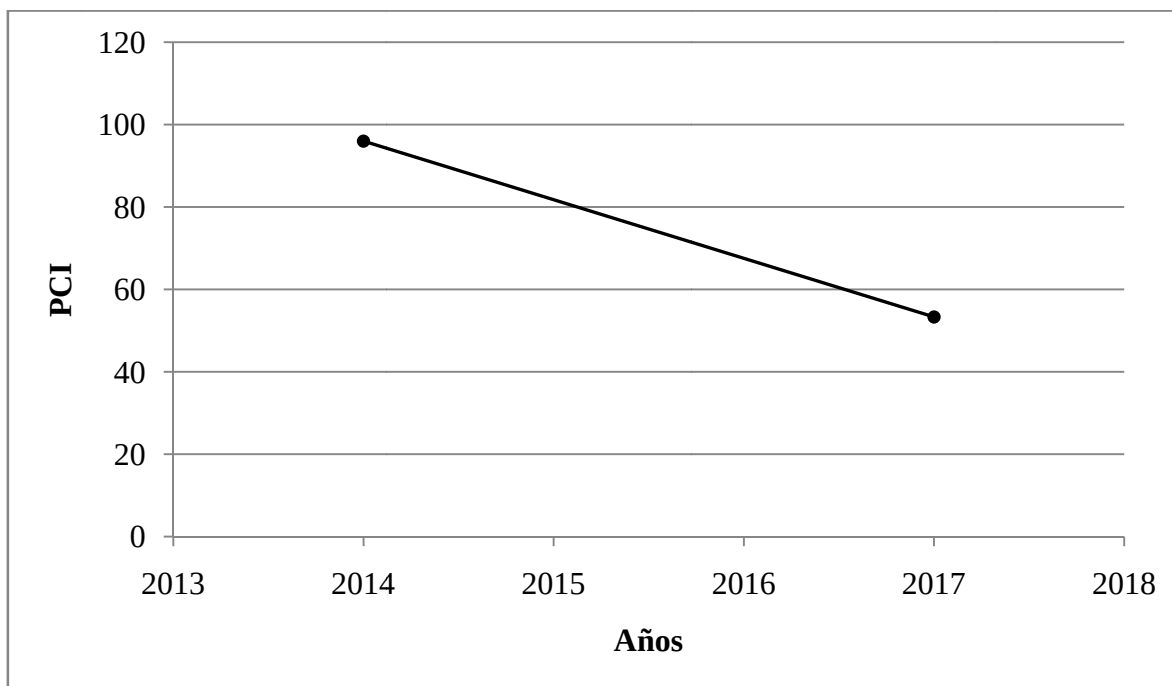


Figura 82. Índice de condición presente del Tramo #1 Sabalito-Las Mellizas

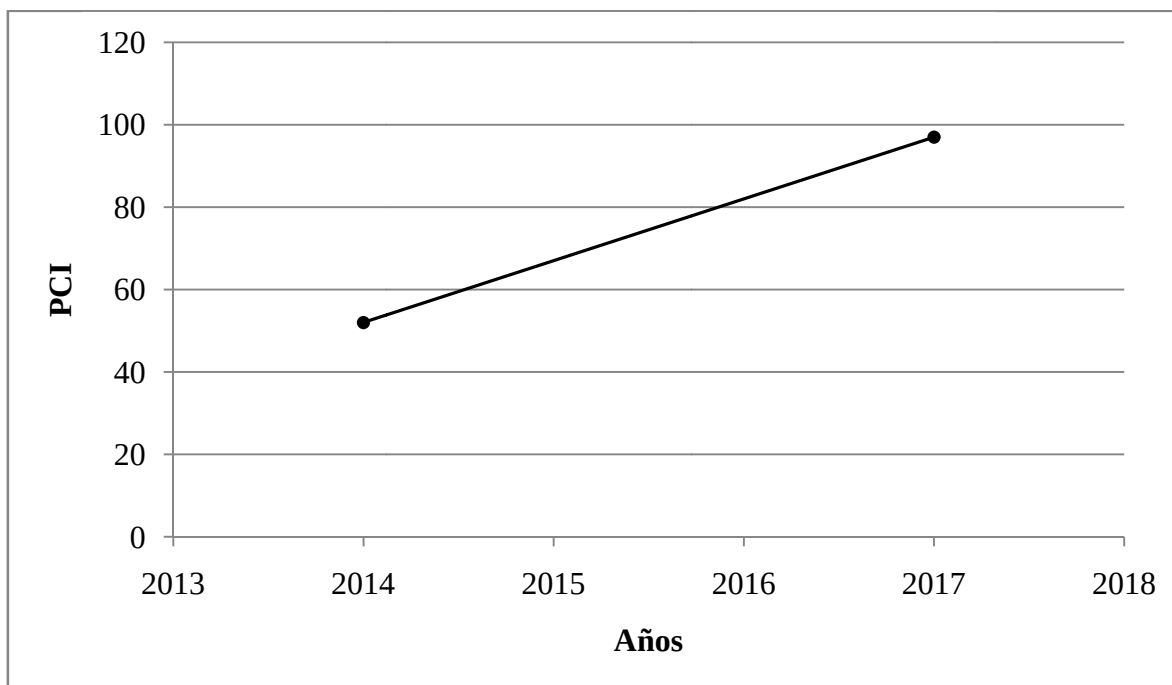


Figura 83. Índice de condición presente del Tramo #2 Quepos-Barú

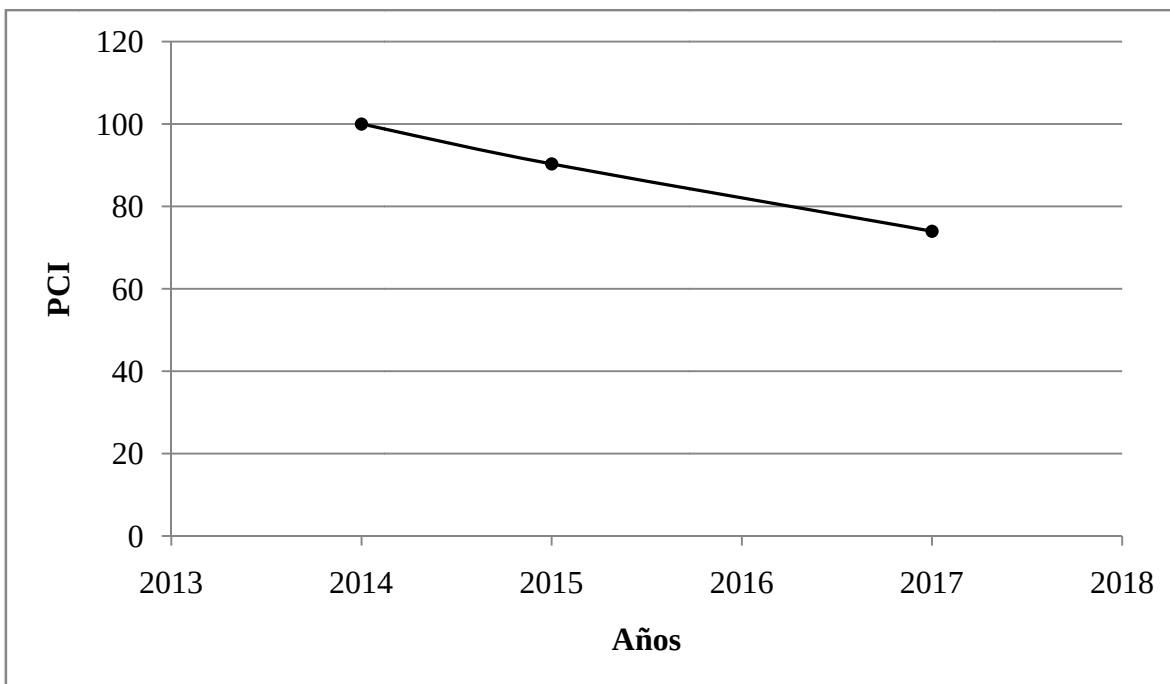


Figura 84. Índice de condición presente del Tramo #3 Moravia-Coronado

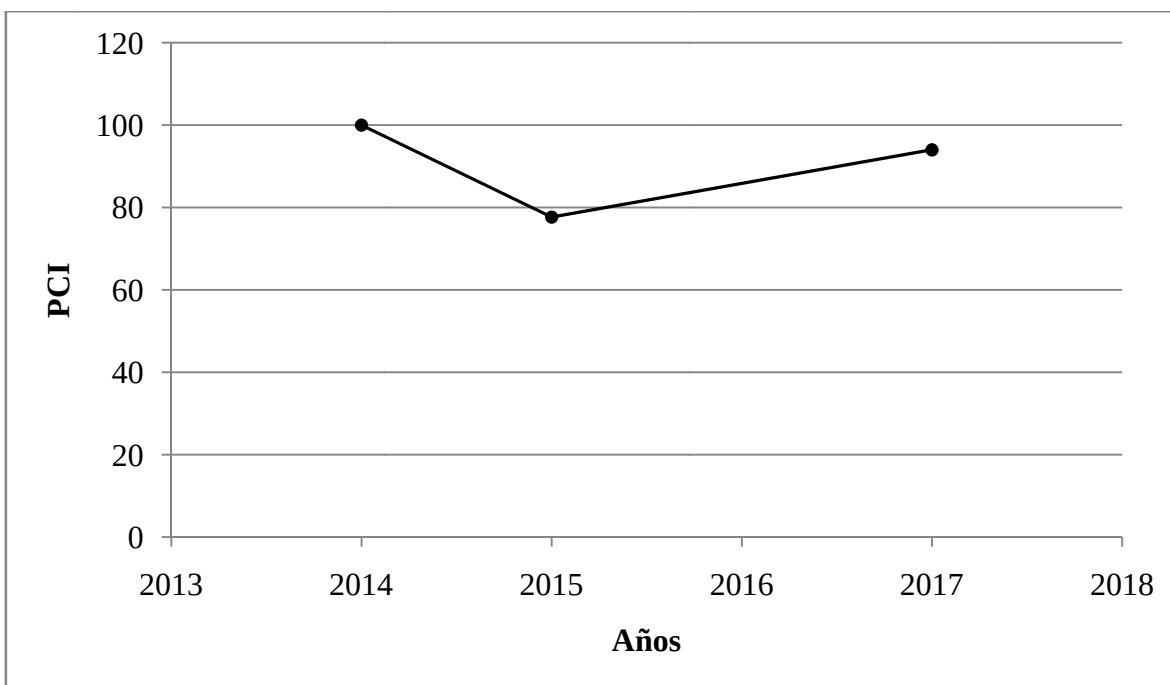


Figura 85. Índice de condición presente del Tramo #4 Cartago-Paraíso

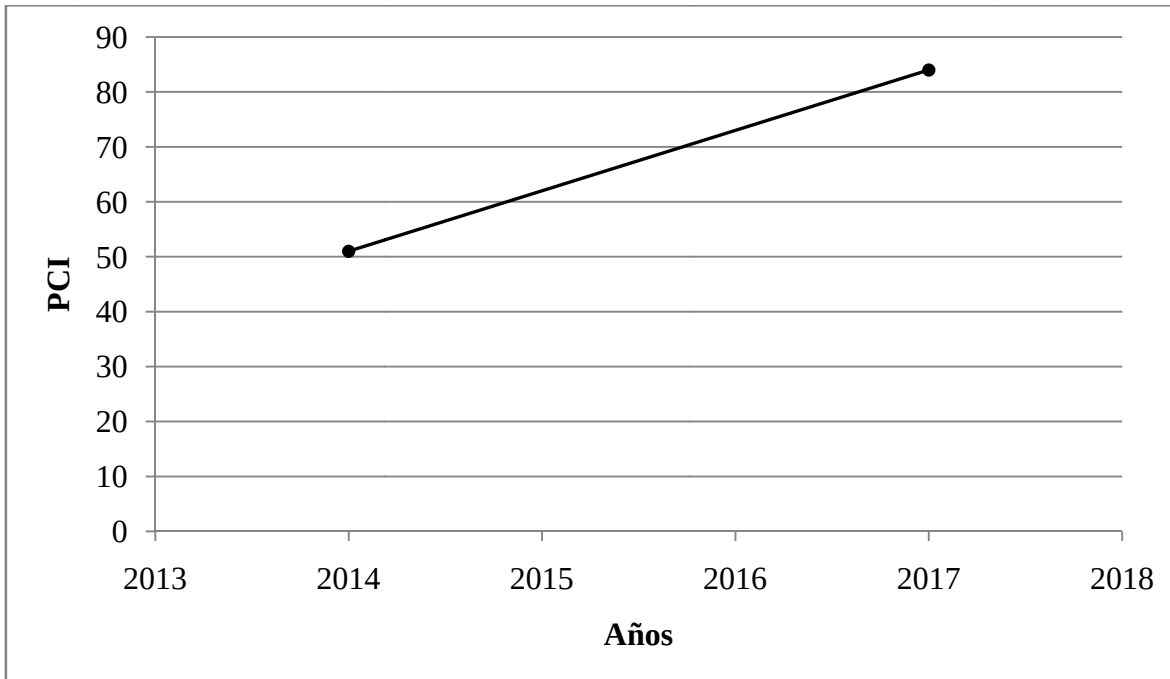


Figura 86. Índice de condición presente del Tramo #5 Barú-Piñuela

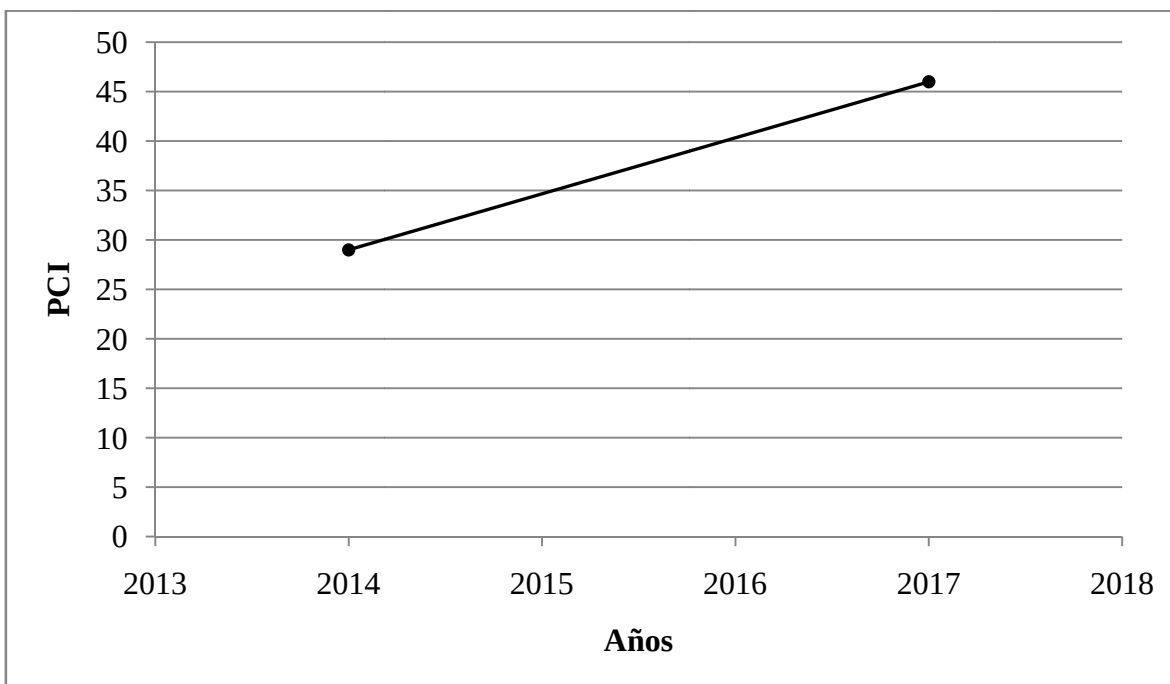


Figura 87. Índice de condición presente del Tramo #6 Jacó-Orotina

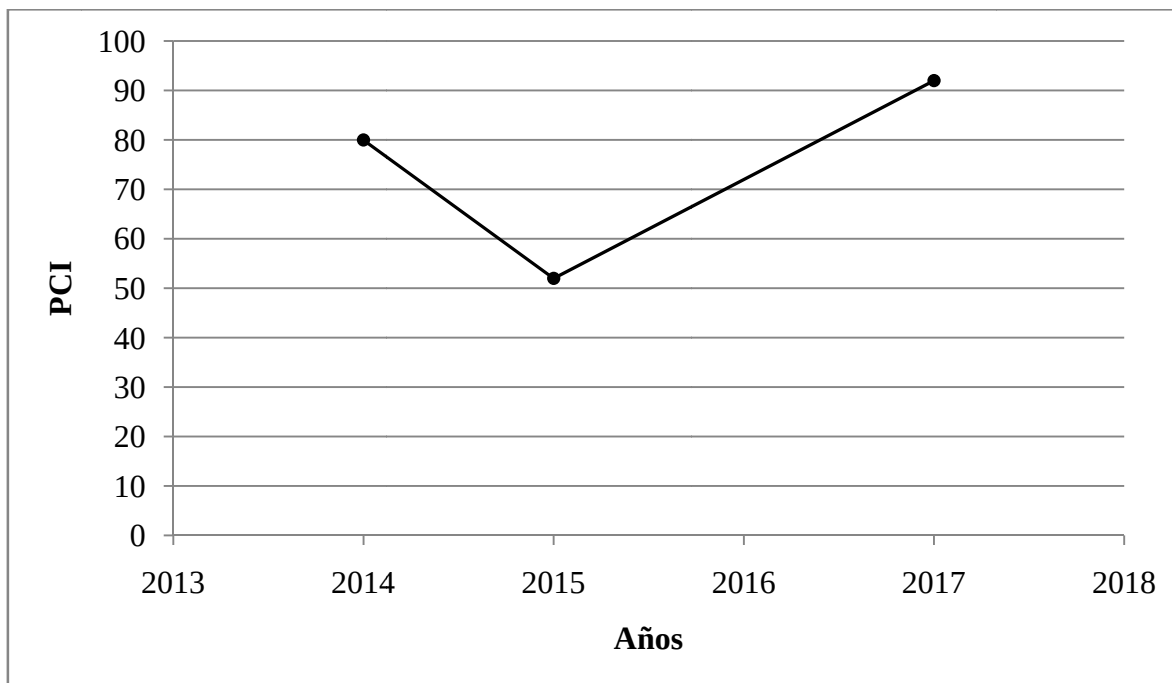


Figura 88. Índice de condición presente del Tramo #7 Interamericana-Caldera

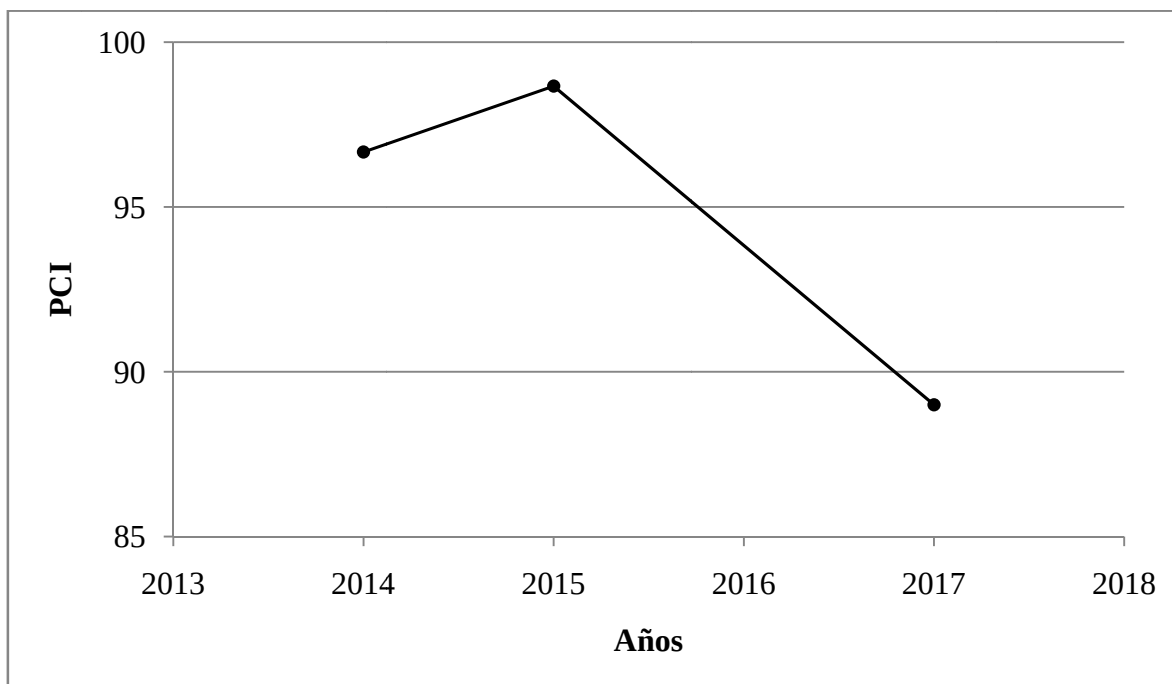


Figura 89. Índice de condición presente del Tramo #8 Los Ángeles-Santo Domingo

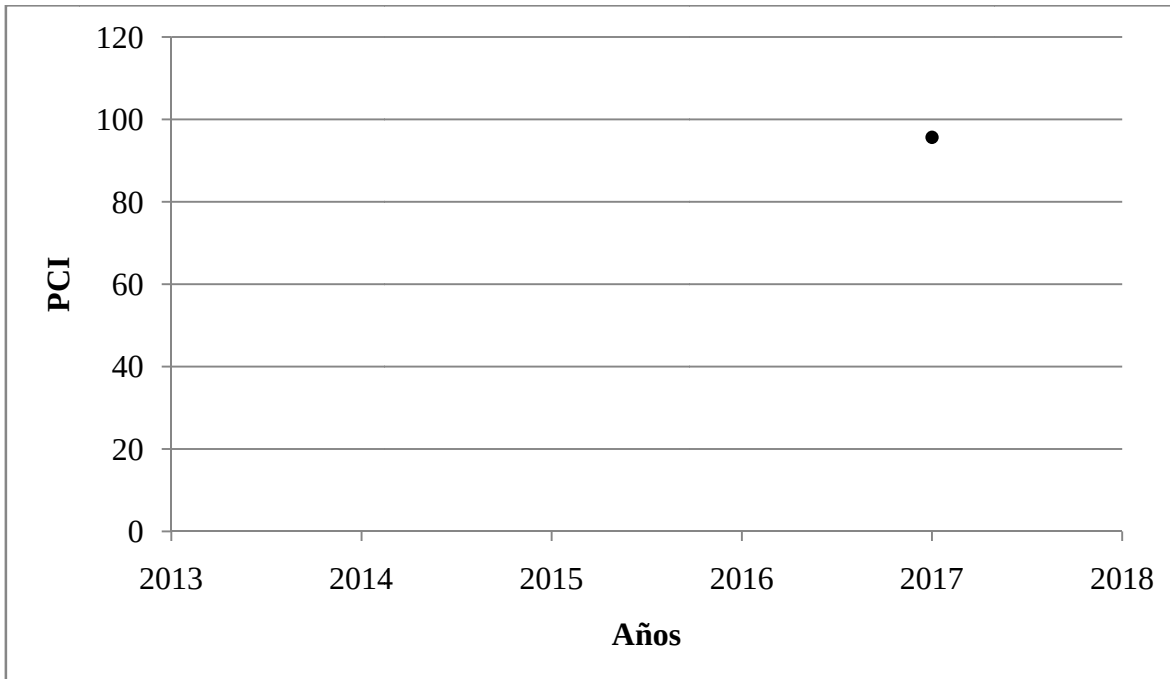


Figura 90. Índice de condición presente del Tramo #9 Guácimo-Pocora



Figura 91. Índice de condición presente del Tramo #10 Limón-Siquirres

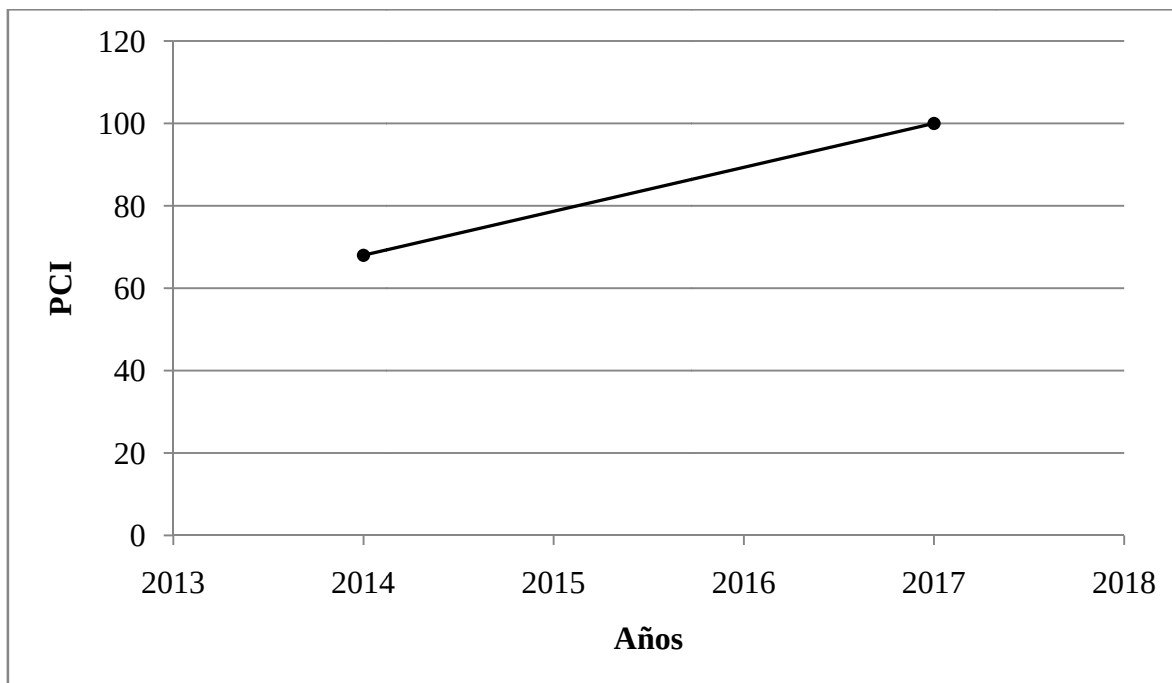


Figura 92. Índice de condición presente del Tramo #11 Playa Hermosa-Esterillos

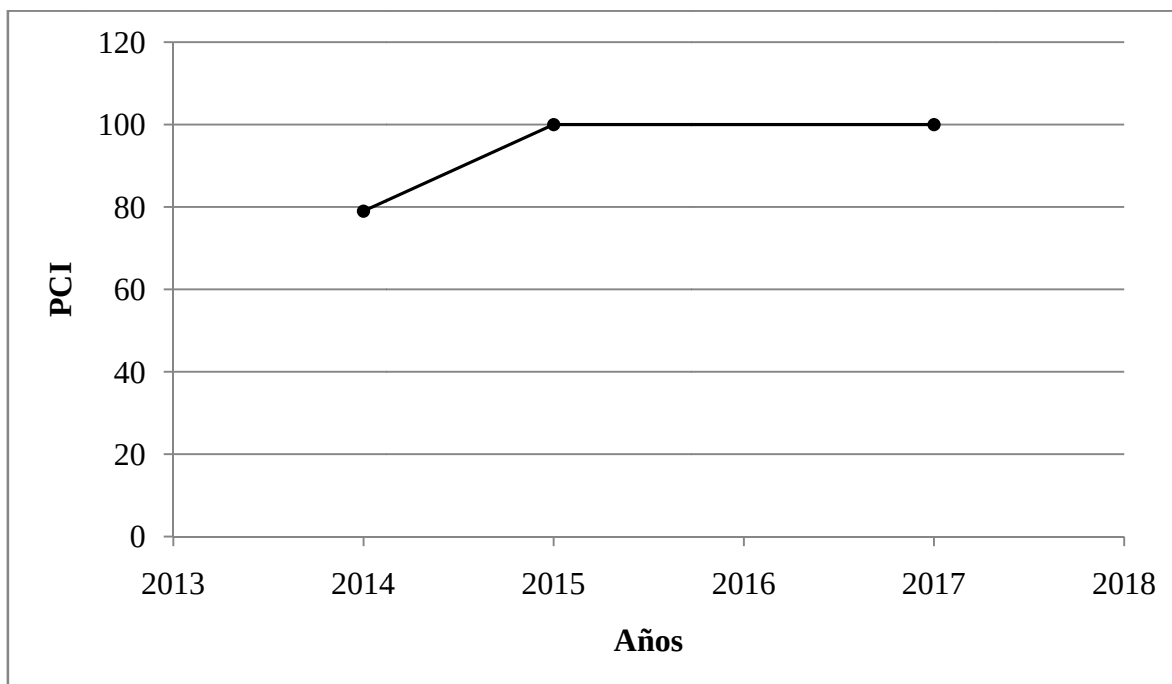


Figura 93. Índice de condición presente del Tramo #12 Santa Cruz-Nambí

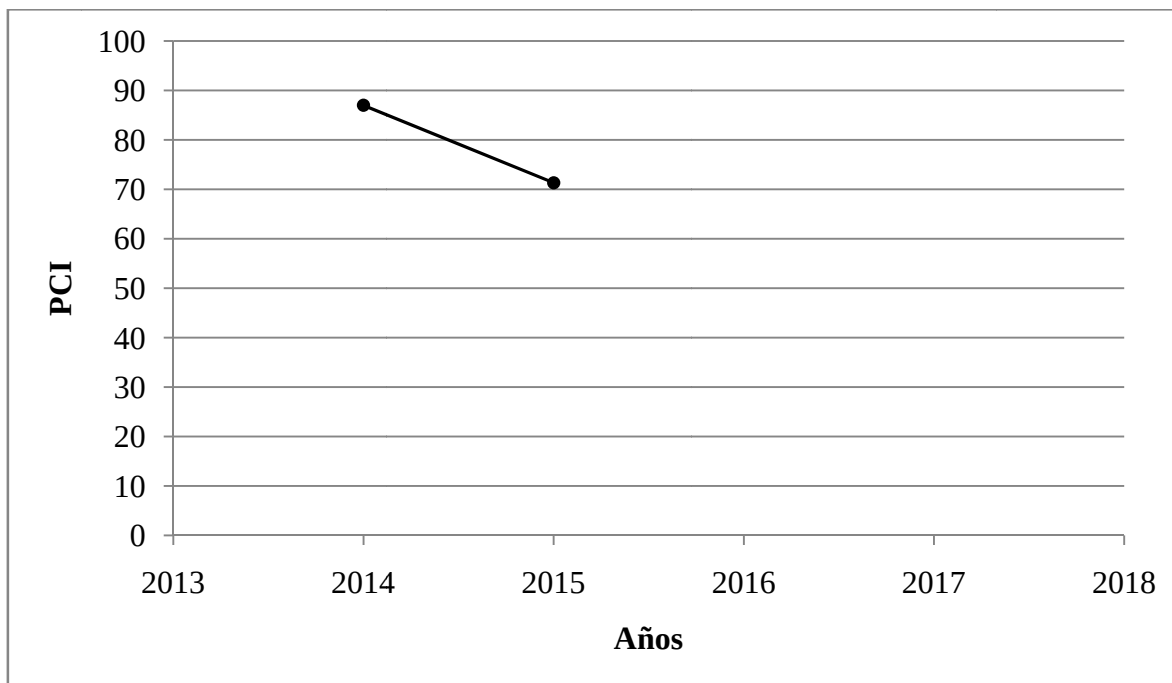


Figura 94. Índice de condición presente del Tramo #13 Cot-Volcán-Irazú

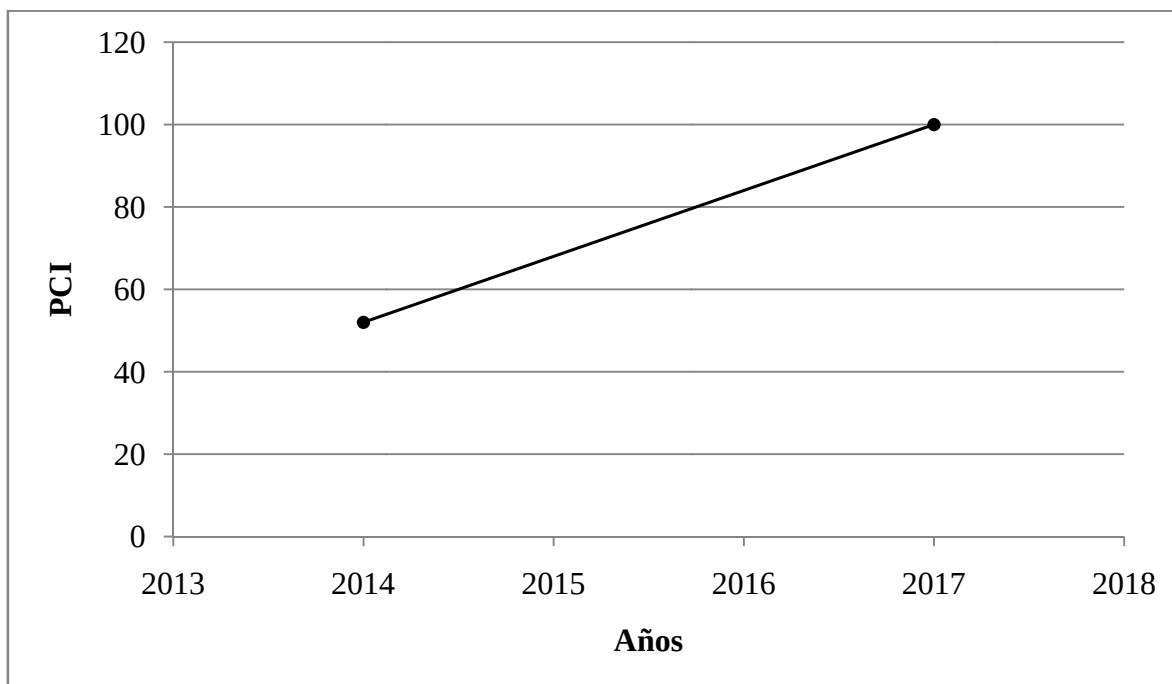


Figura 95. Índice de condición presente del Tramo #14 Buenos Aires-Cajón

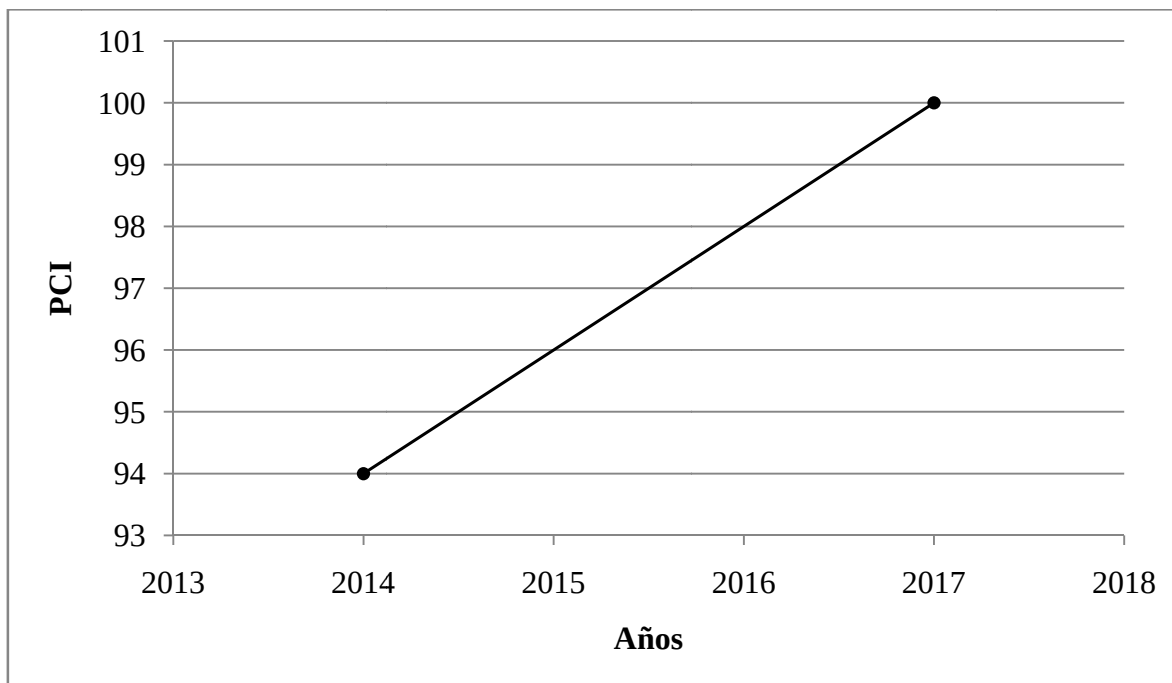


Figura 96. Índice de condición presente del Tramo #15 Pérez Zeledón-Río Convento

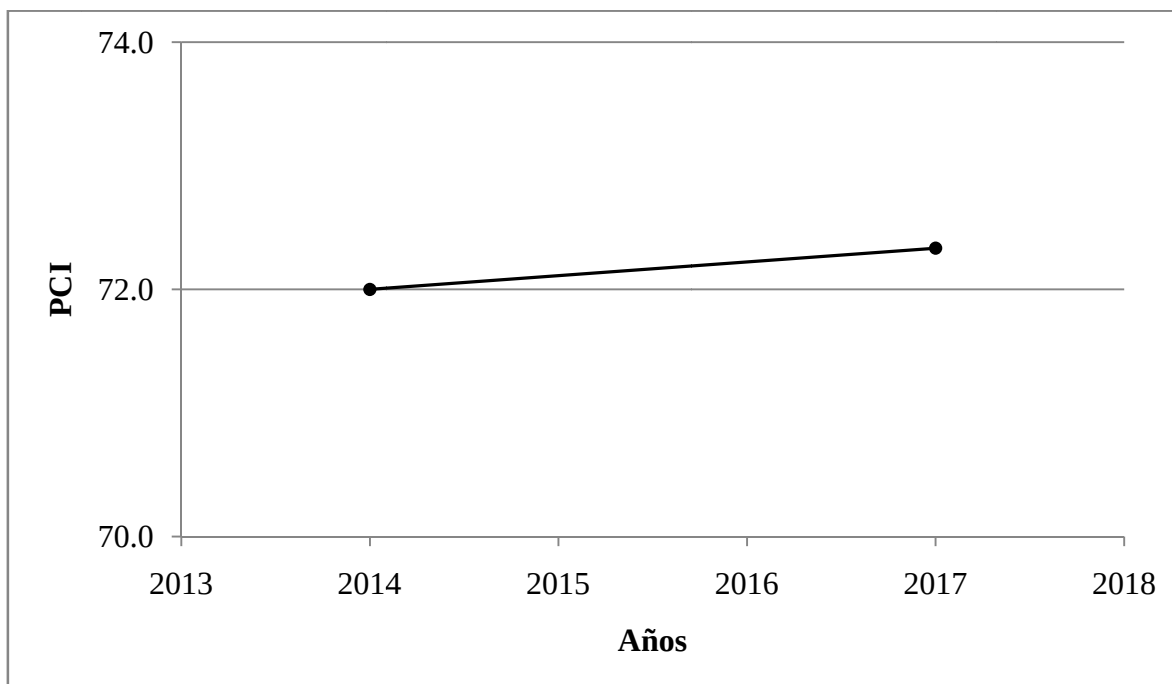


Figura 97. Índice de condición presente del Tramo #16 Florencia-Santa Clara

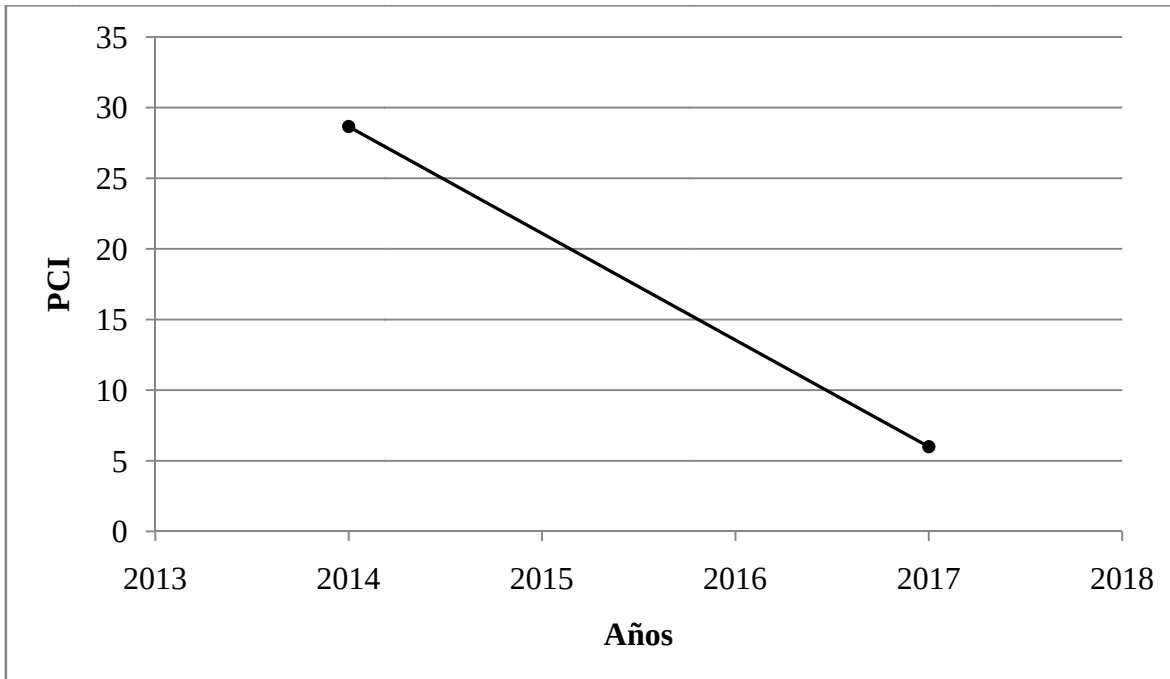


Figura 98. Índice de condición presente del Tramo #17 Ciudad Neilly-Paso Canoas

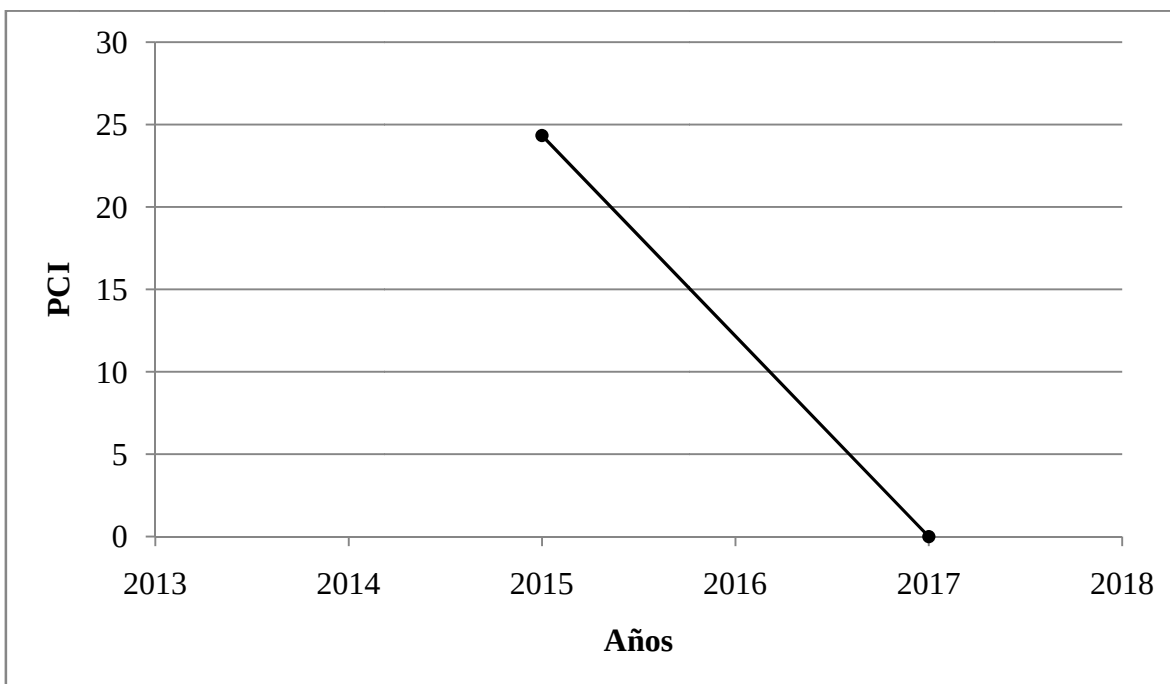


Figura 99. Índice de condición presente del Tramo #18 Liberia-Peñas Blancas

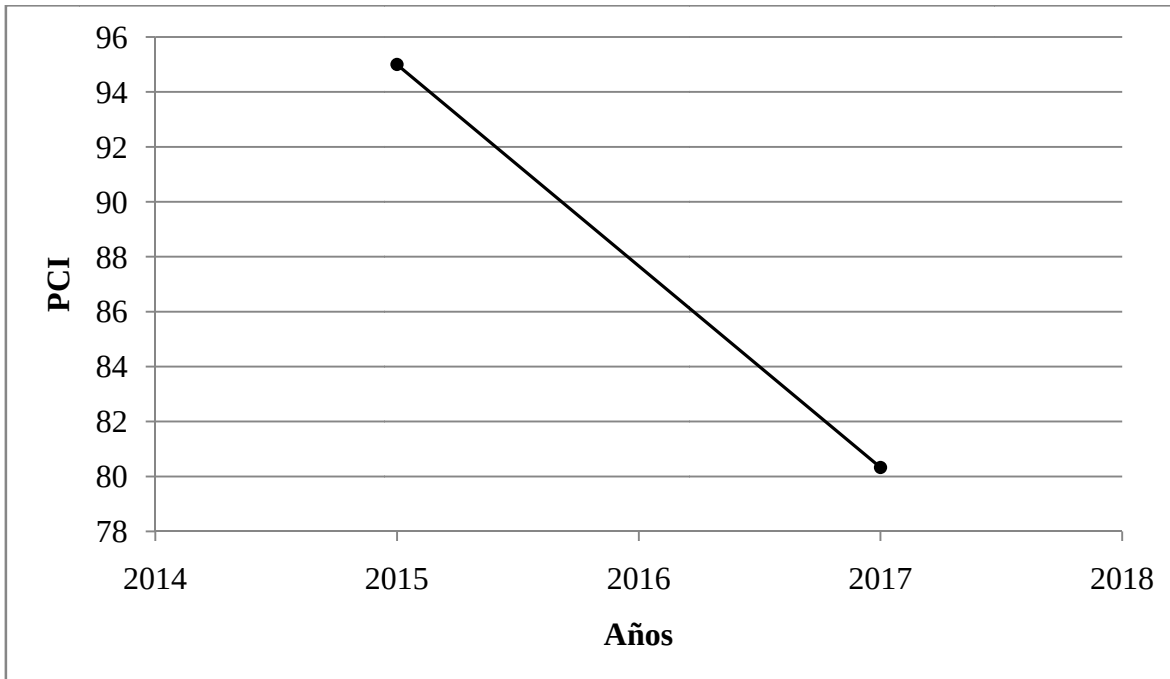


Figura 100. Índice de condición presente del Tramo #19 Carrillo-Lajas

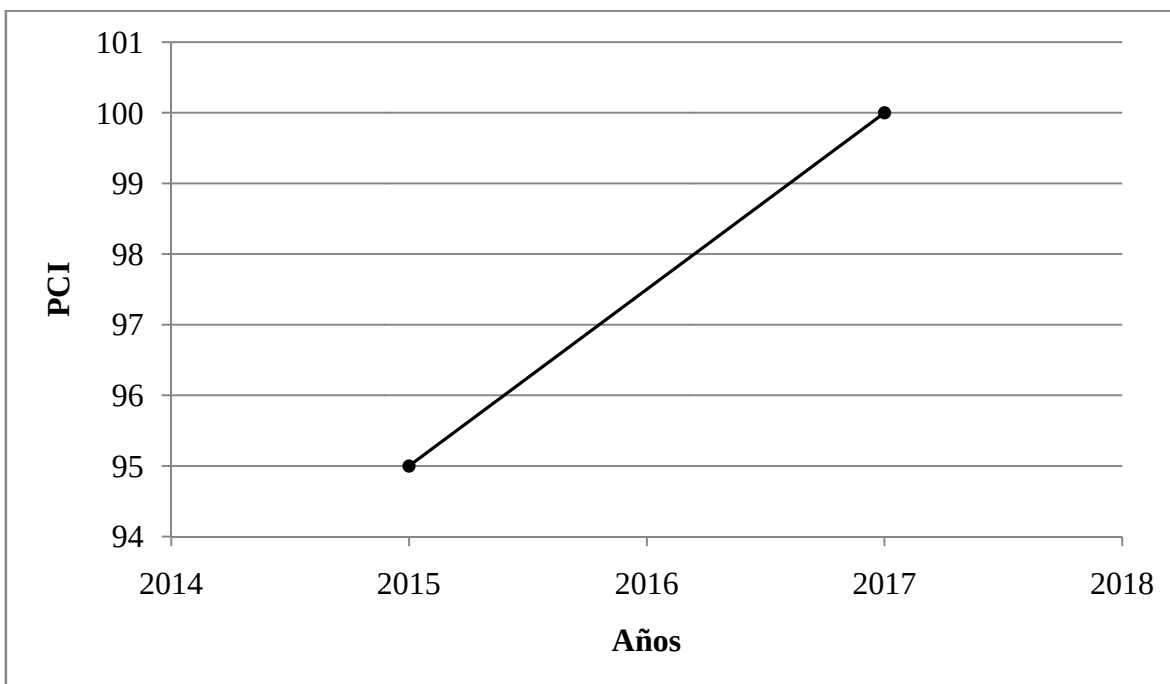


Figura 101. Índice de condición presente del Tramo #20 Cañas-Liberia

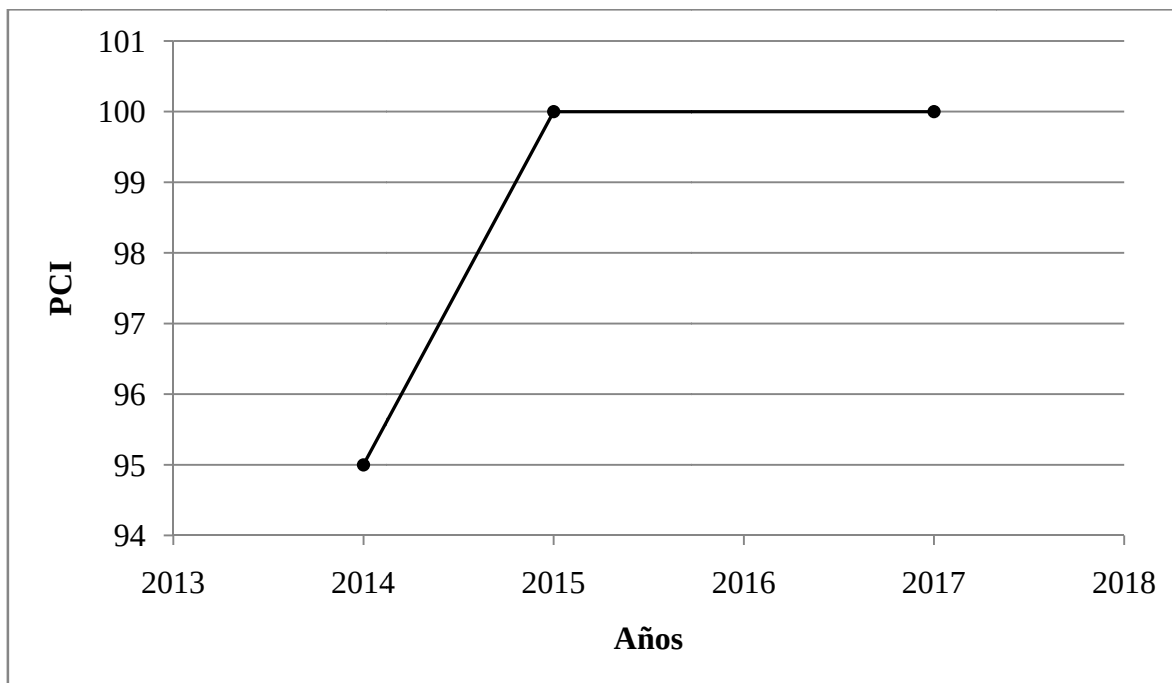


Figura 102. Índice de condición presente del Tramo #21 La República-Virilla

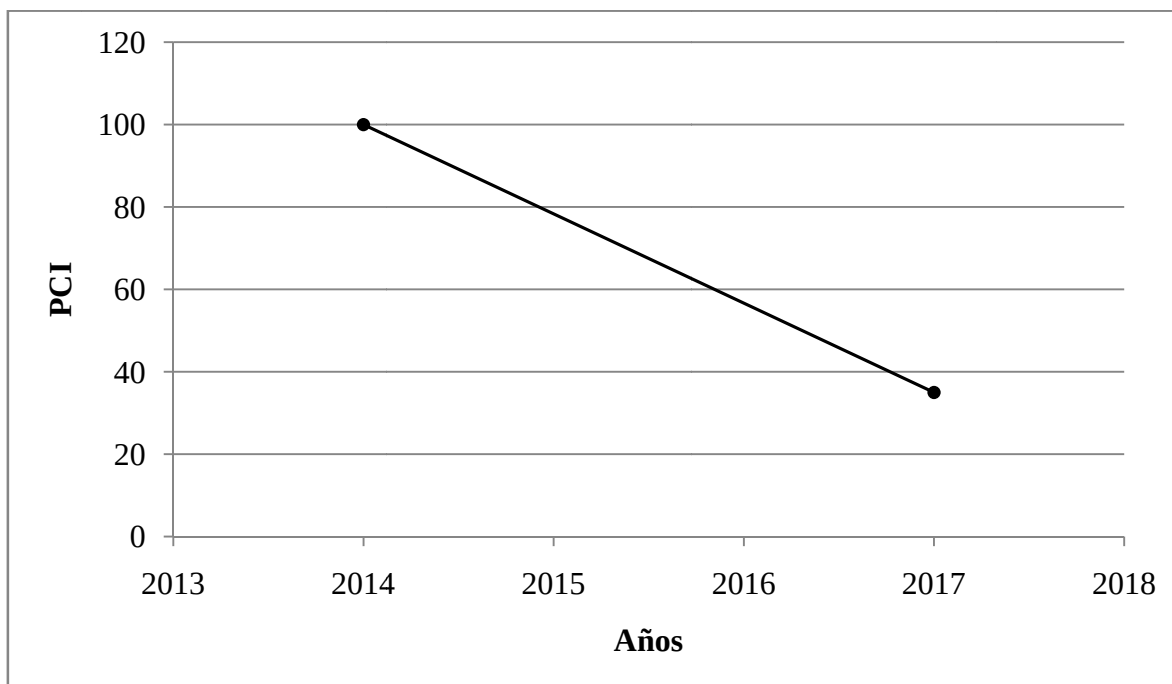


Figura 103. Índice de condición presente del Tramo #22 Circunvalación

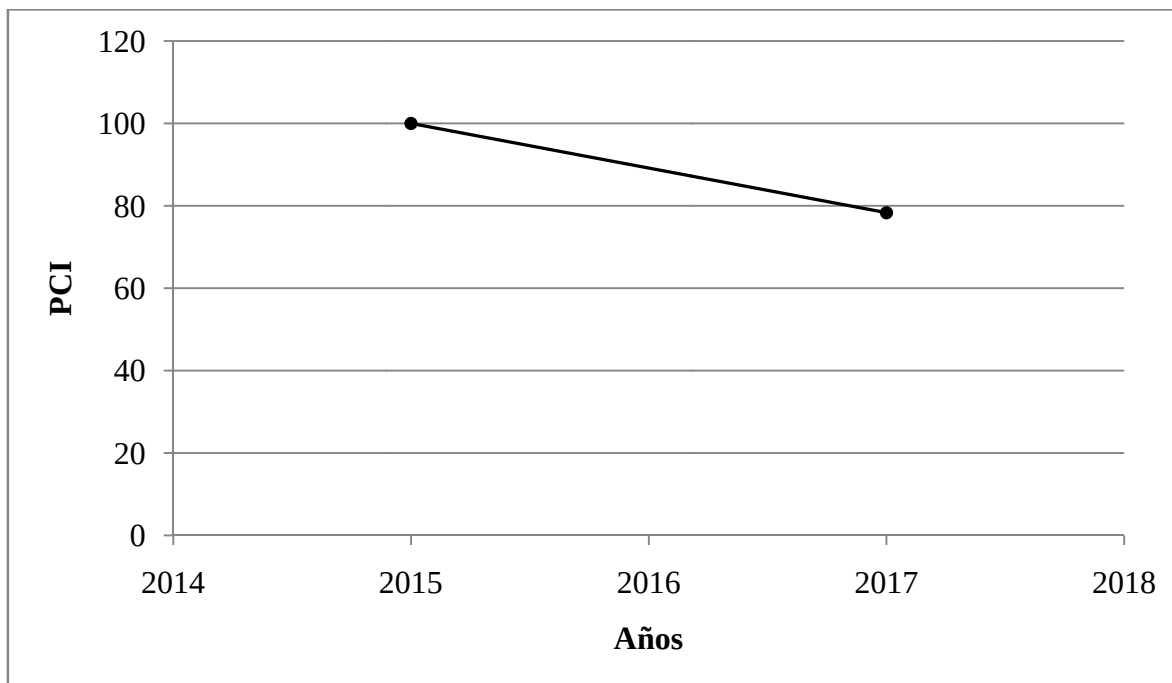


Figura 104. Índice de condición presente del Tramo #23 Tamarindo

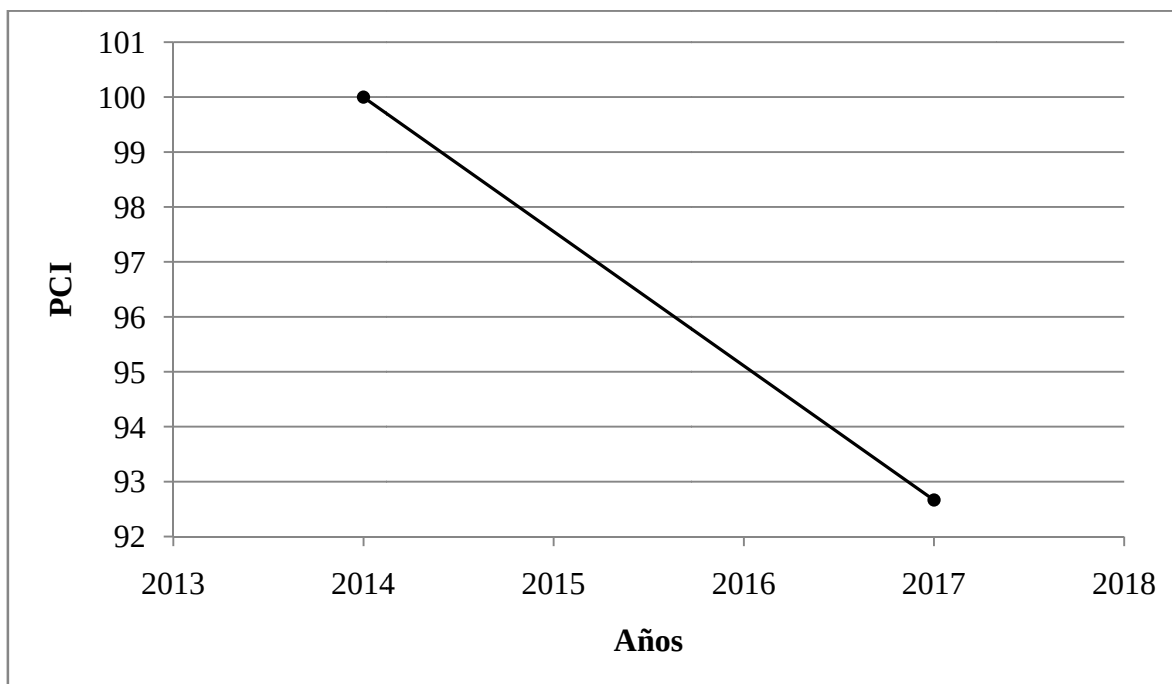


Figura 105. Índice de condición presente del Tramo #24 Cahuita-Penhurst

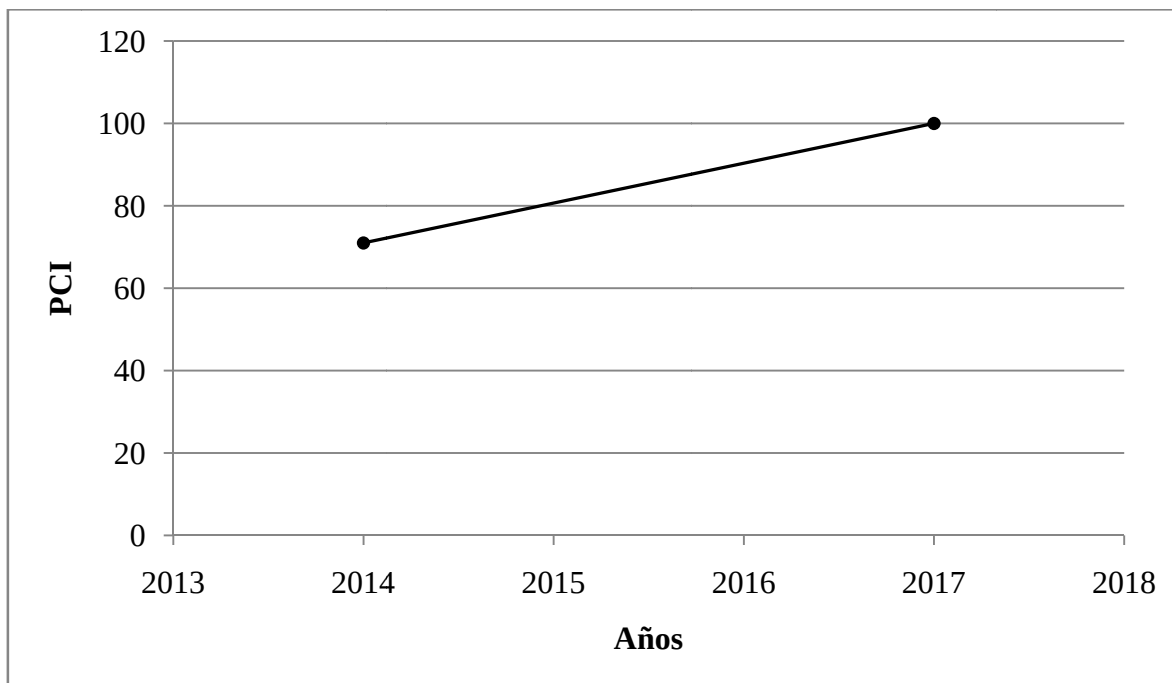


Figura 106. Índice de condición presente del Tramo #25 San Clemente-Bananito Sur



APÉNDICE 6: FRICCIÓN SUPERFICIAL (GRIP)

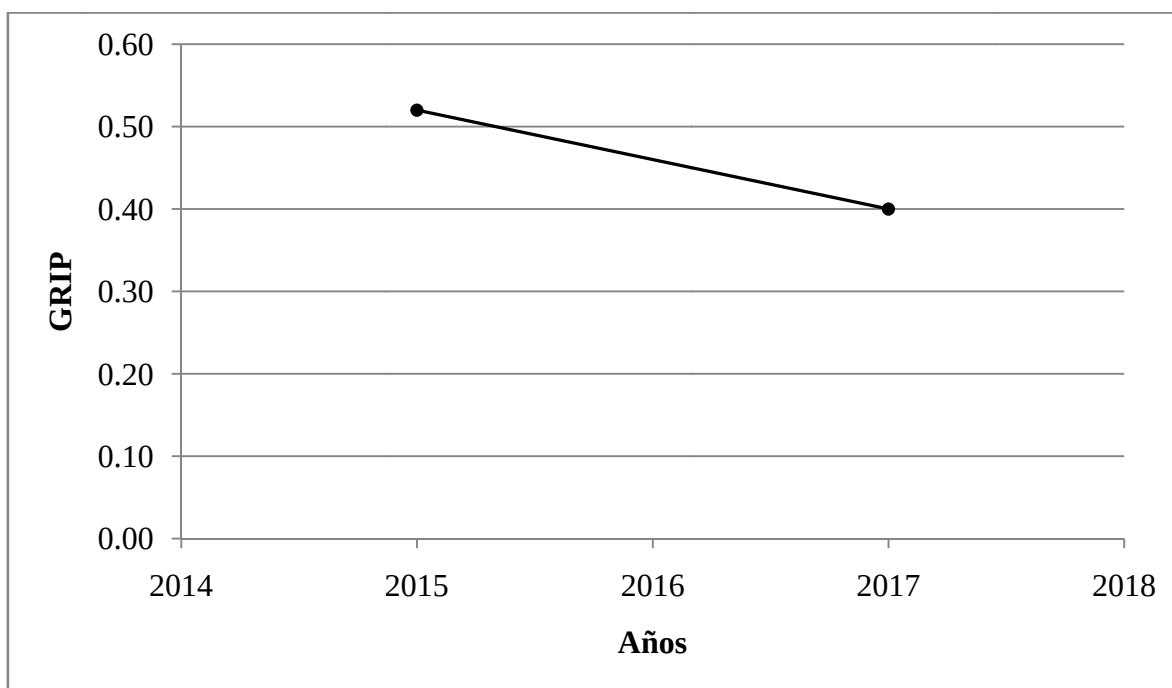


Figura 107. Índice de agarre (fricción) del Tramo #1 Sabalito-Las Mellizas

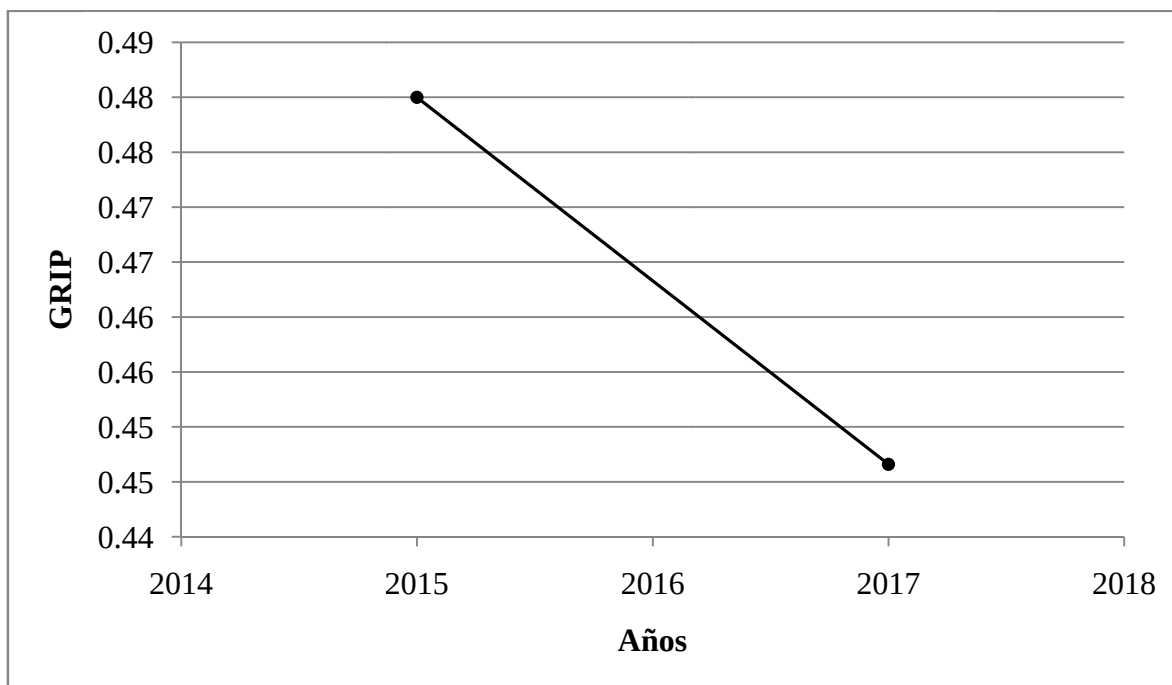


Figura 108. Índice de agarre (fricción) del Tramo #2 Quepos-Barú

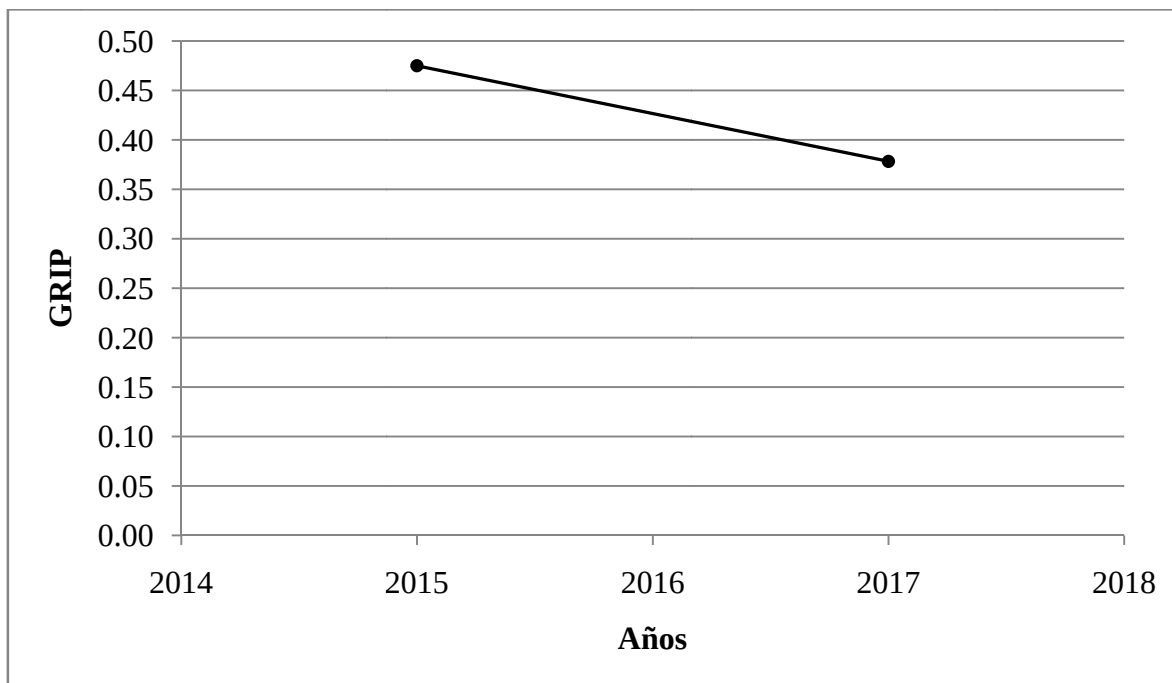


Figura 109. Índice de agarre (fricción) del Tramo #3 Moravia-Coronado

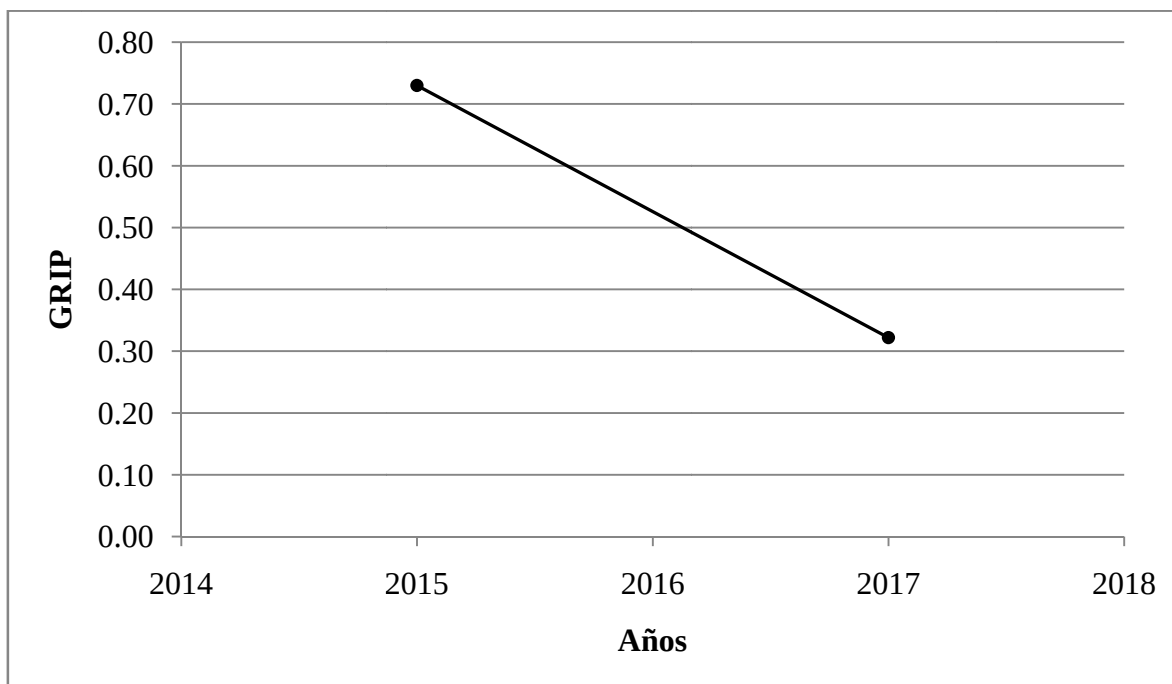


Figura 110. Índice de agarre (fricción) del Tramo #4 Cartago-Paraíso



Figura 111. Índice de agarre (fricción) del Tramo #5 Barú-Piñuela

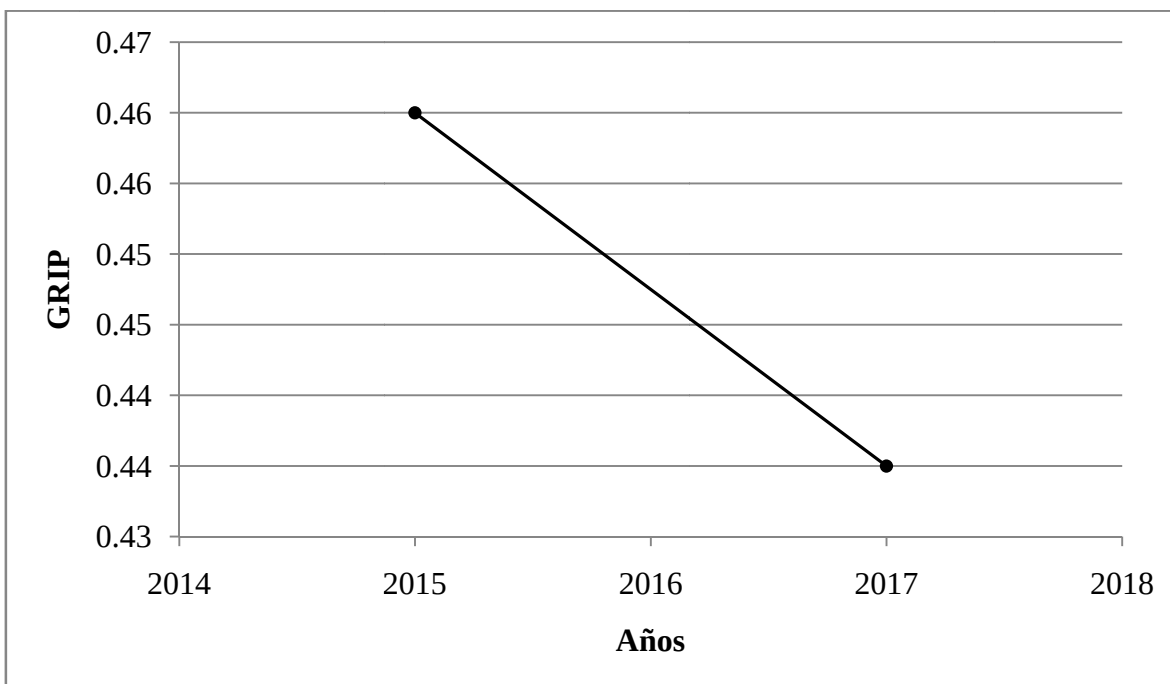


Figura 112. Índice de agarre (fricción) del Tramo #6 Jacó-Orotina

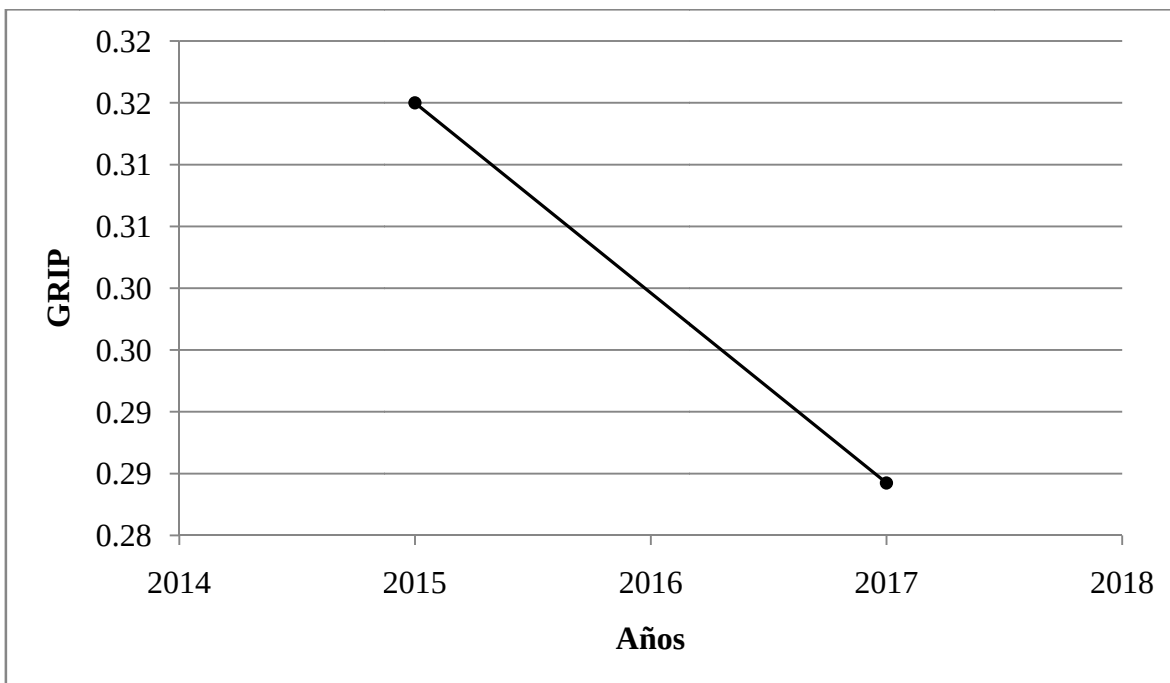


Figura 113. Índice de agarre (fricción) del Tramo #7 Interamericana-Caldera

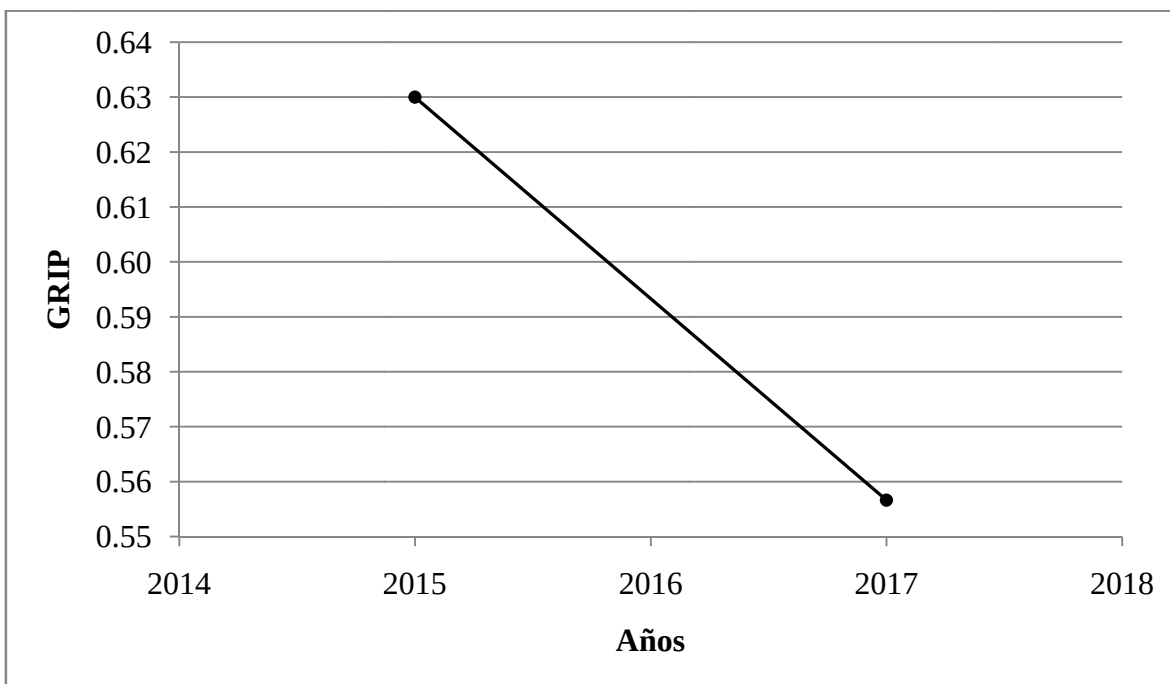


Figura 114. Índice de agarre (fricción) del Tramo #8 Los Ángeles-Santo Domingo

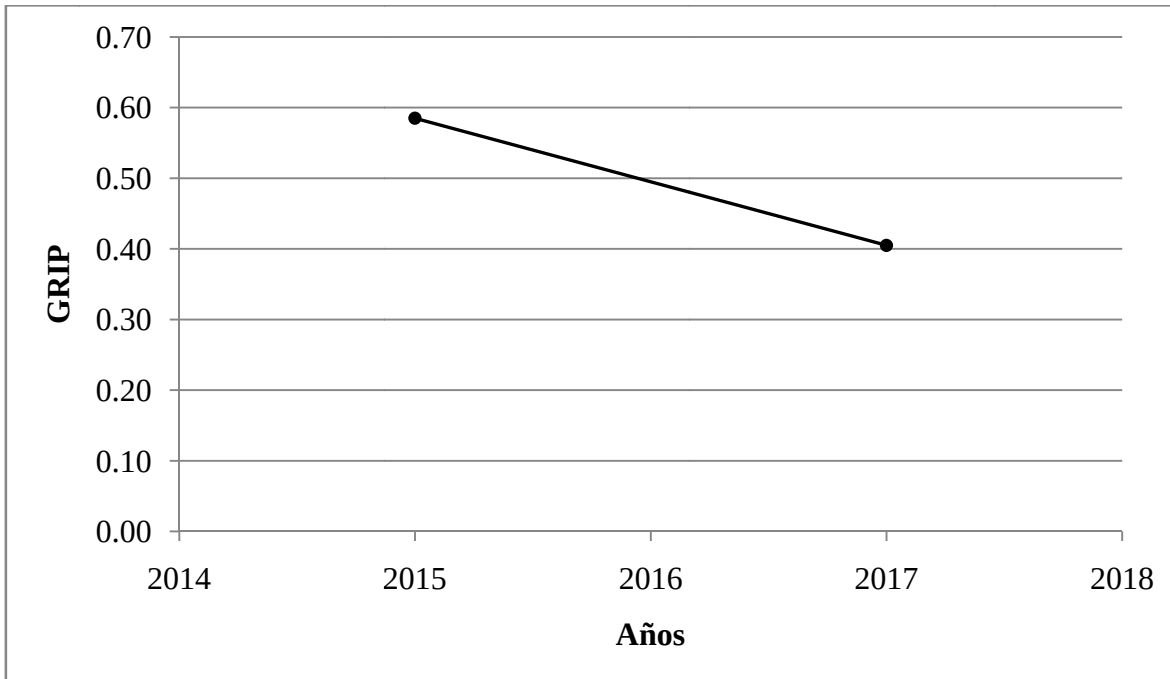


Figura 115. Índice de agarre (fricción) del Tramo #9 Guácimo-Pocora

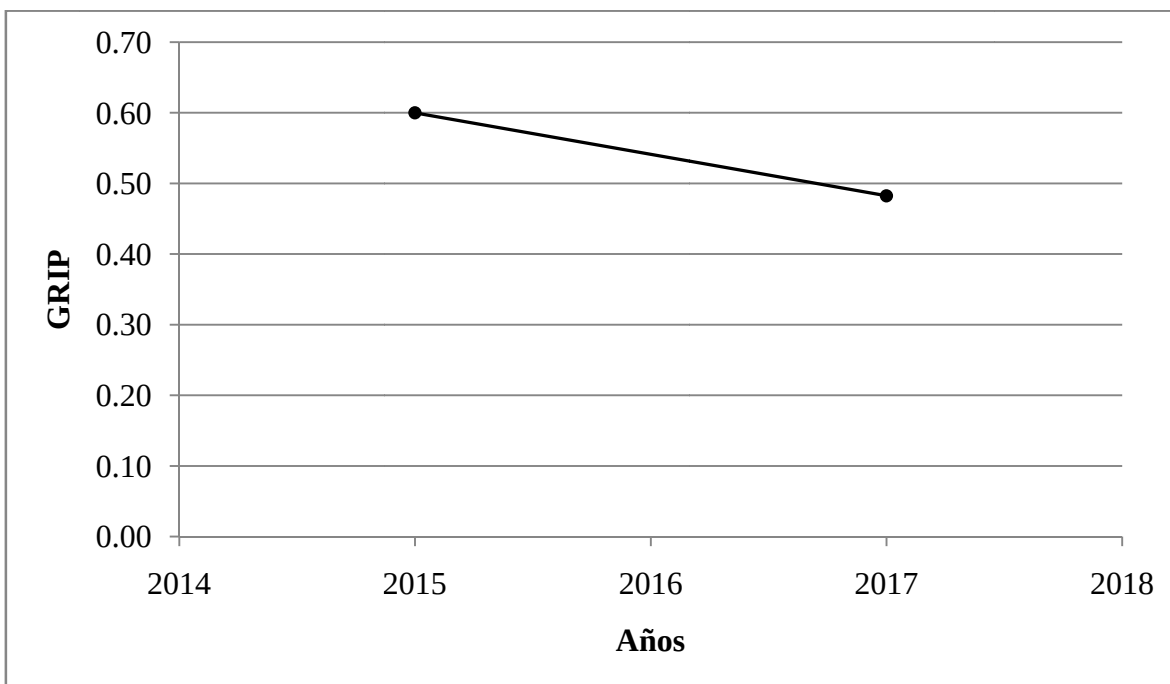


Figura 116. Índice de agarre (fricción) del Tramo #10 Limón-Siquirres

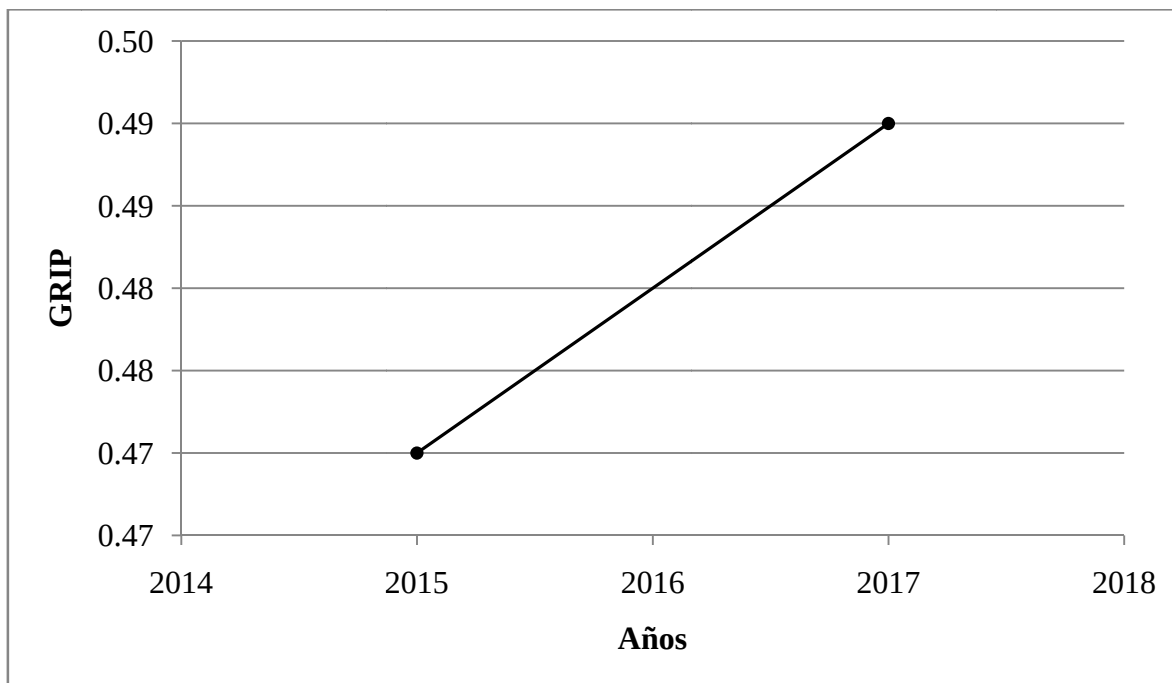


Figura 117. Índice de agarre (fricción) del Tramo #11 Playa Hermosa-Esterillos

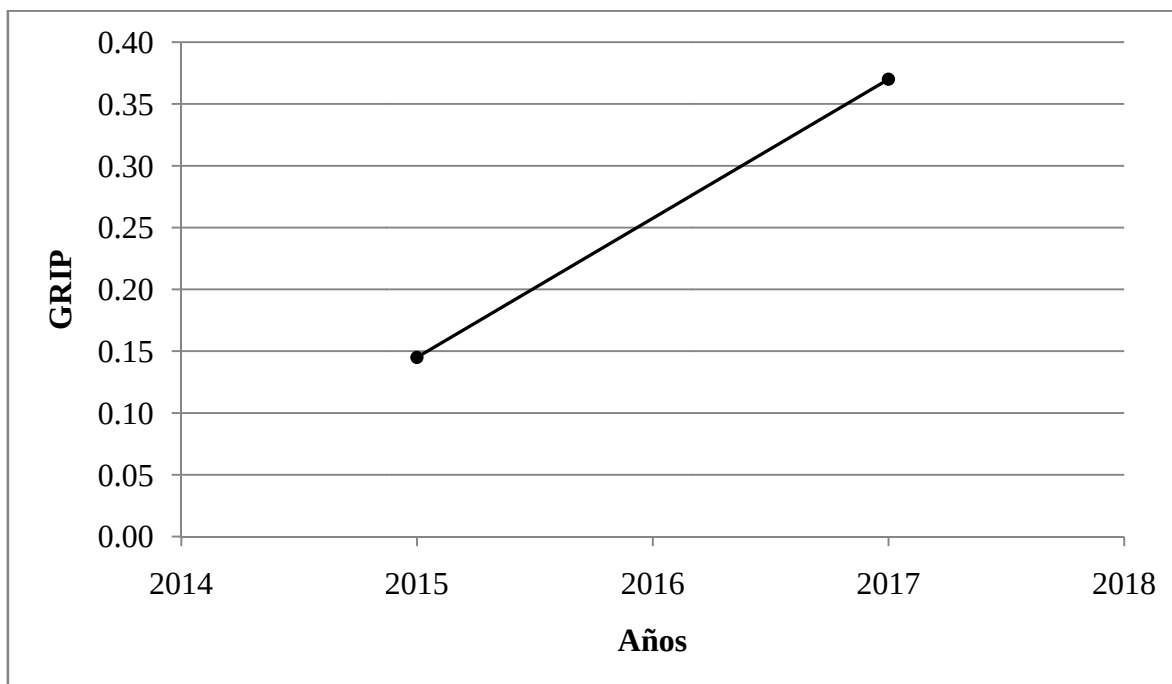


Figura 118. Índice de agarre (fricción) del Tramo #12 Santa Cruz-Nambí



No existe información asociada con el agarre superficial del Tramo #13 Cot-Volcán Irazú, dado que las condiciones de la carretera no permiten la medición del mismo.

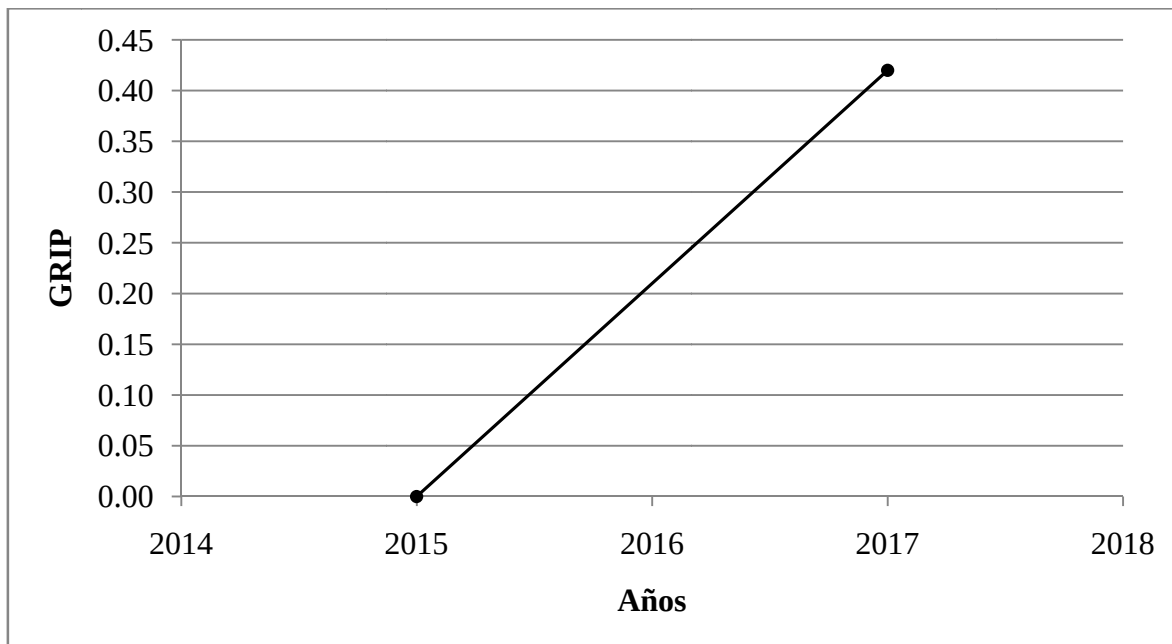


Figura 119. Índice de agarre (fricción) del Tramo #14 Buenos Aires-Cajón

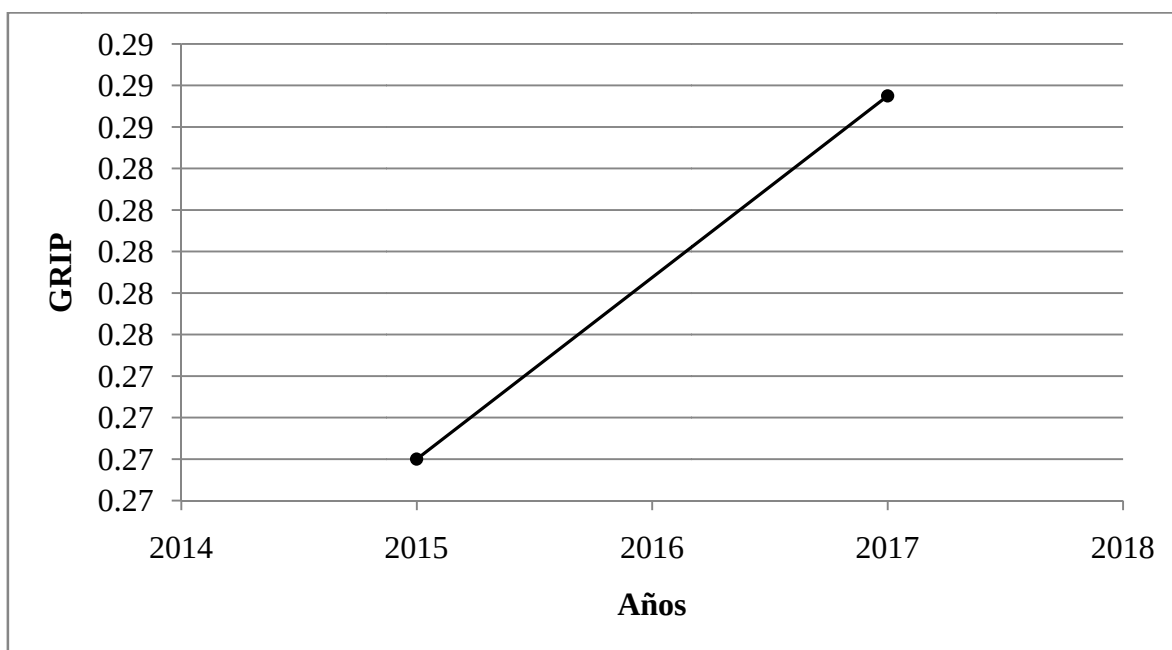


Figura 120. Índice de agarre (fricción) del Tramo #15 Pérez Zeledón-Río Convento

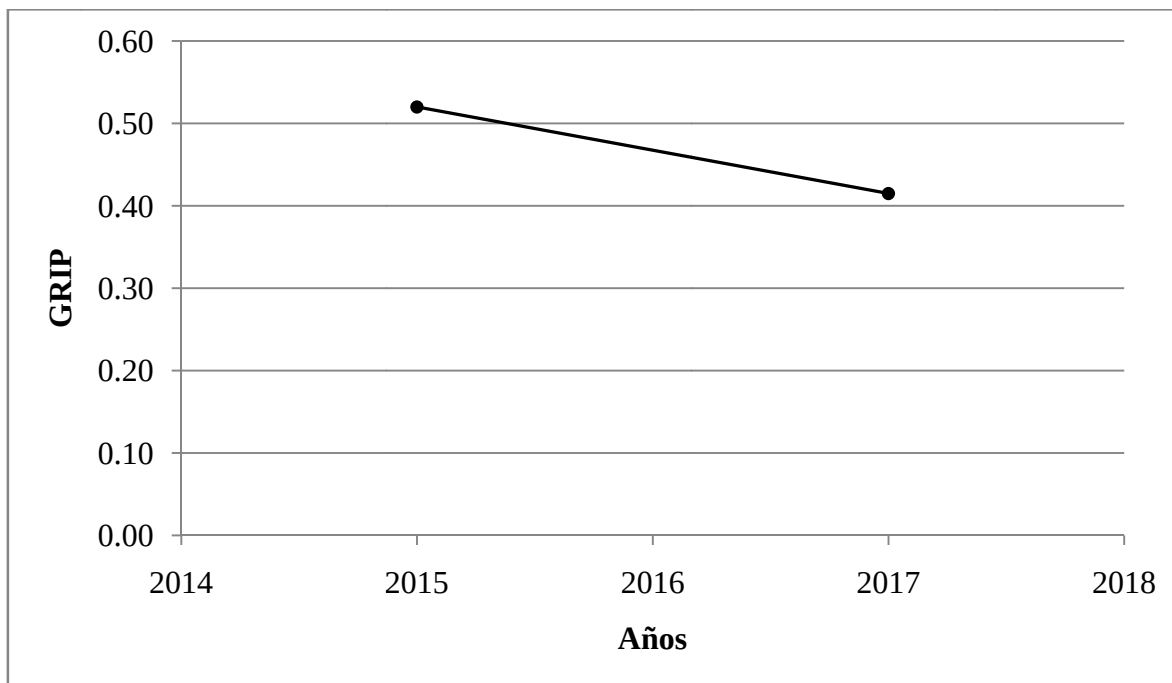


Figura 121. Índice de agarre (fricción) del Tramo #16 Florencia-Santa Clara

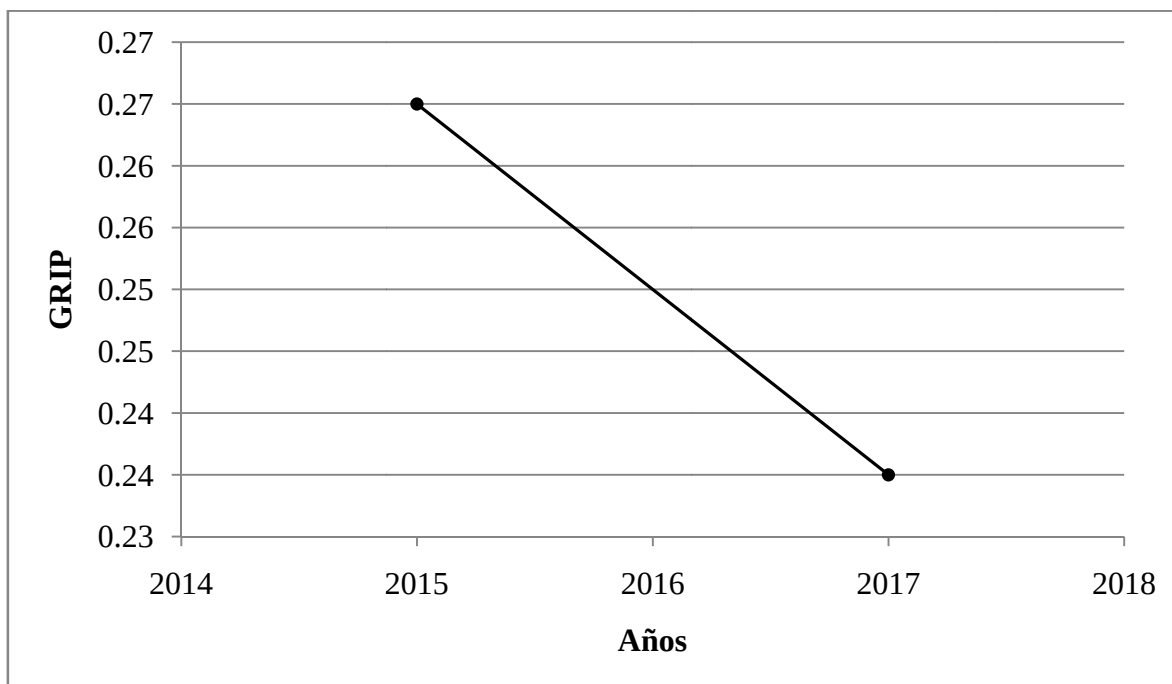


Figura 122. Índice de agarre (fricción) del Tramo #17 Ciudad Neilly-Paso Canoas

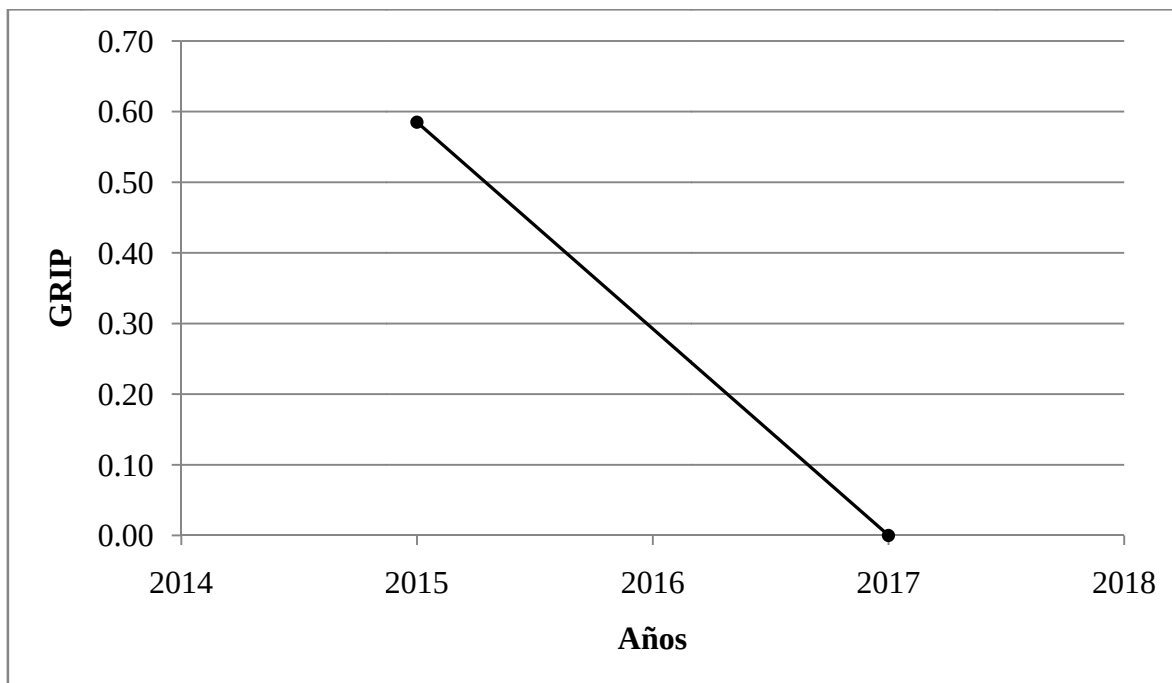


Figura 123. Índice de agarre (fricción) del Tramo #18 Liberia-Peñas Blancas

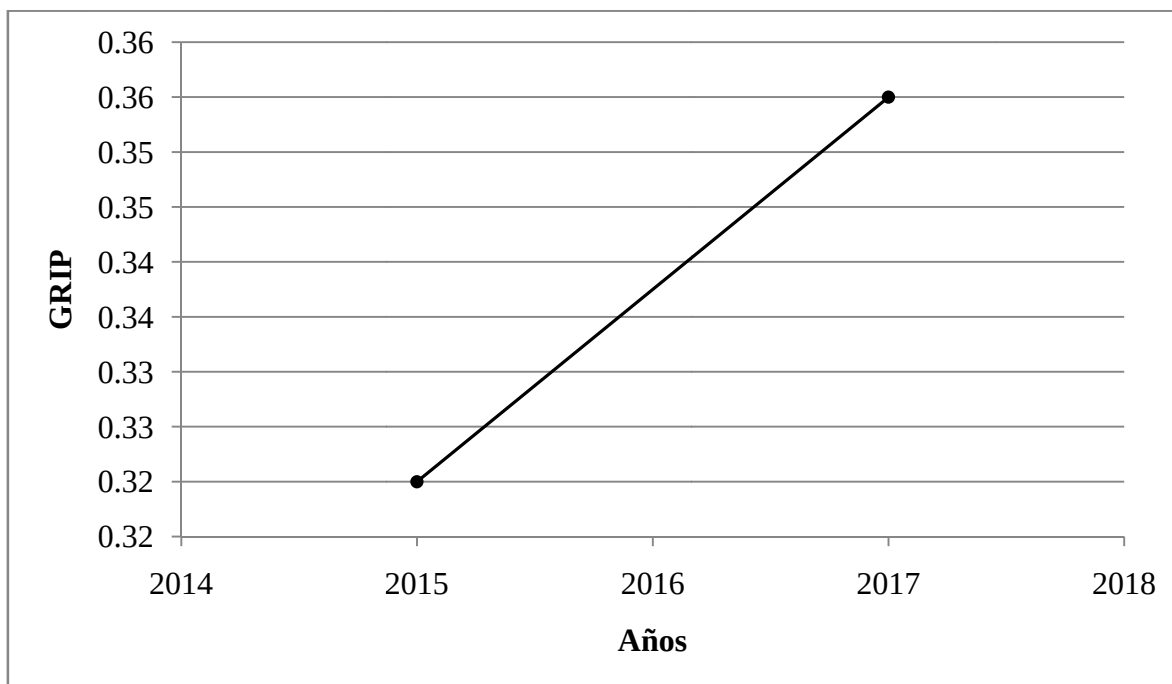


Figura 124. Índice de agarre (fricción) del Tramo #19 Carrillo-Lajas

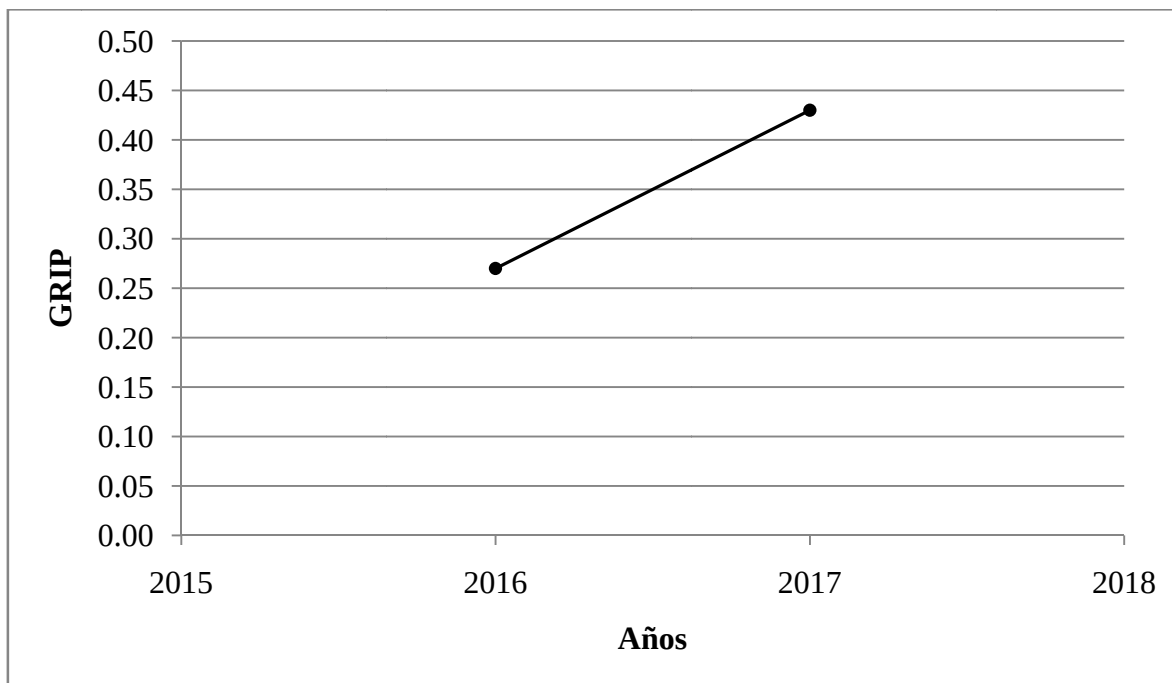


Figura 125. Índice de agarre (fricción) del Tramo #20 Cañas-Liberia

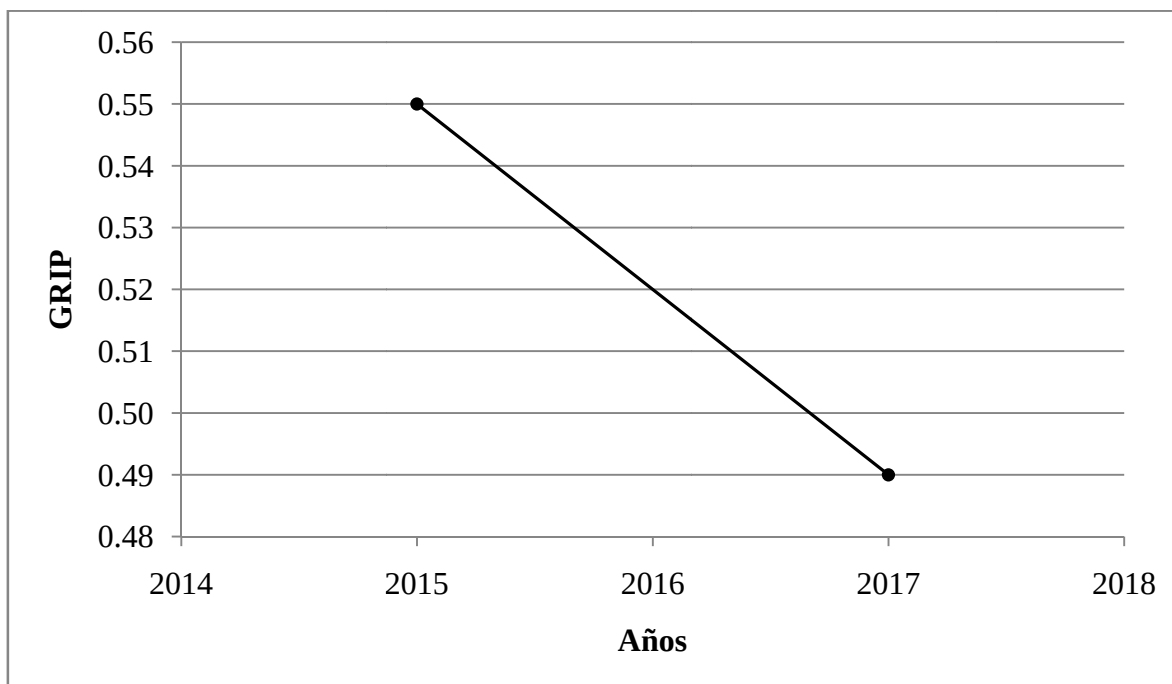


Figura 126. Índice de agarre (fricción) del Tramo #21 La República-Virilla

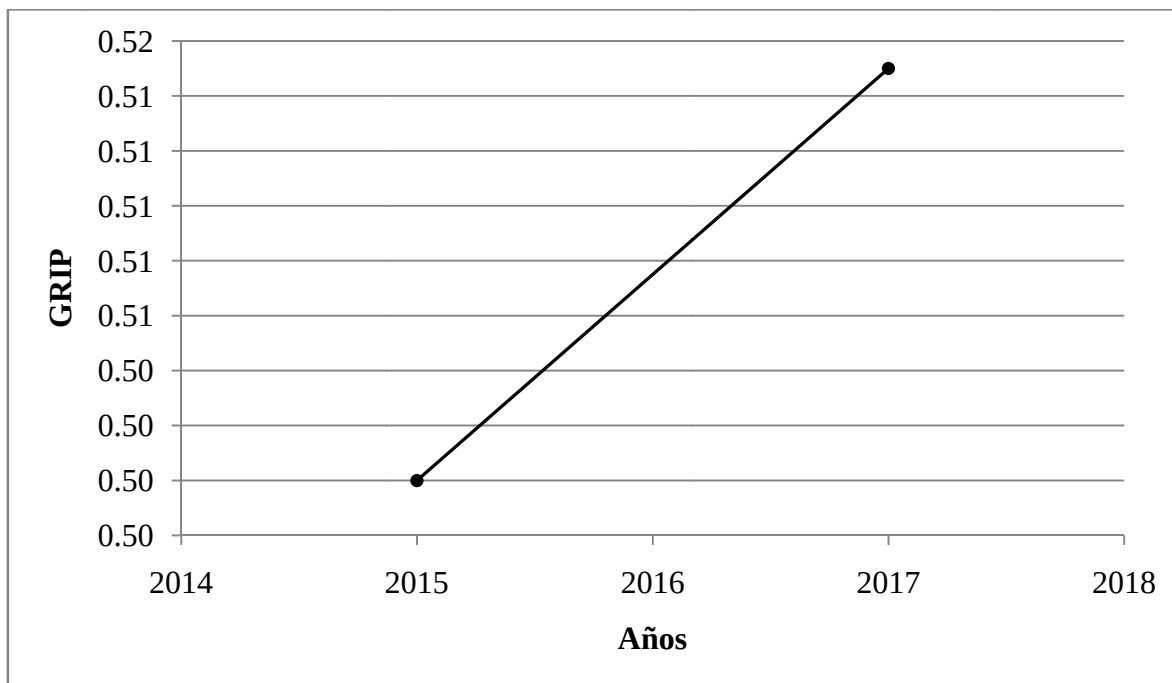


Figura 127. Índice de agarre (fricción) del Tramo #22 Circunvalación

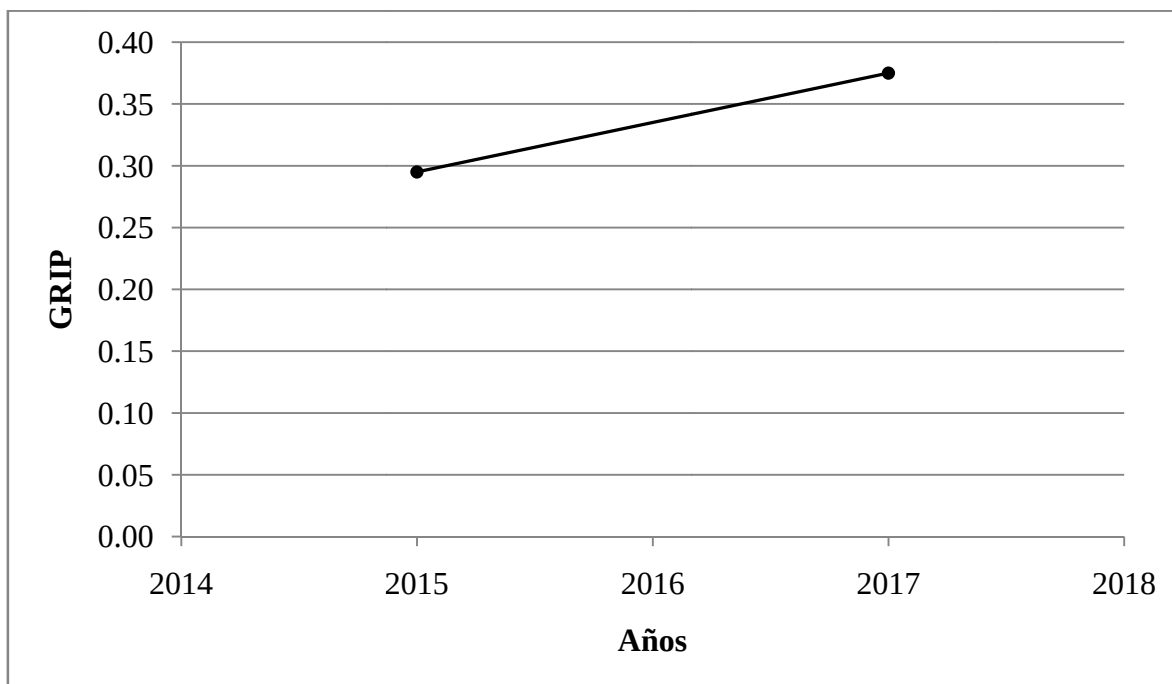


Figura 128. Índice de agarre (fricción) del Tramo #23 Tamarindo

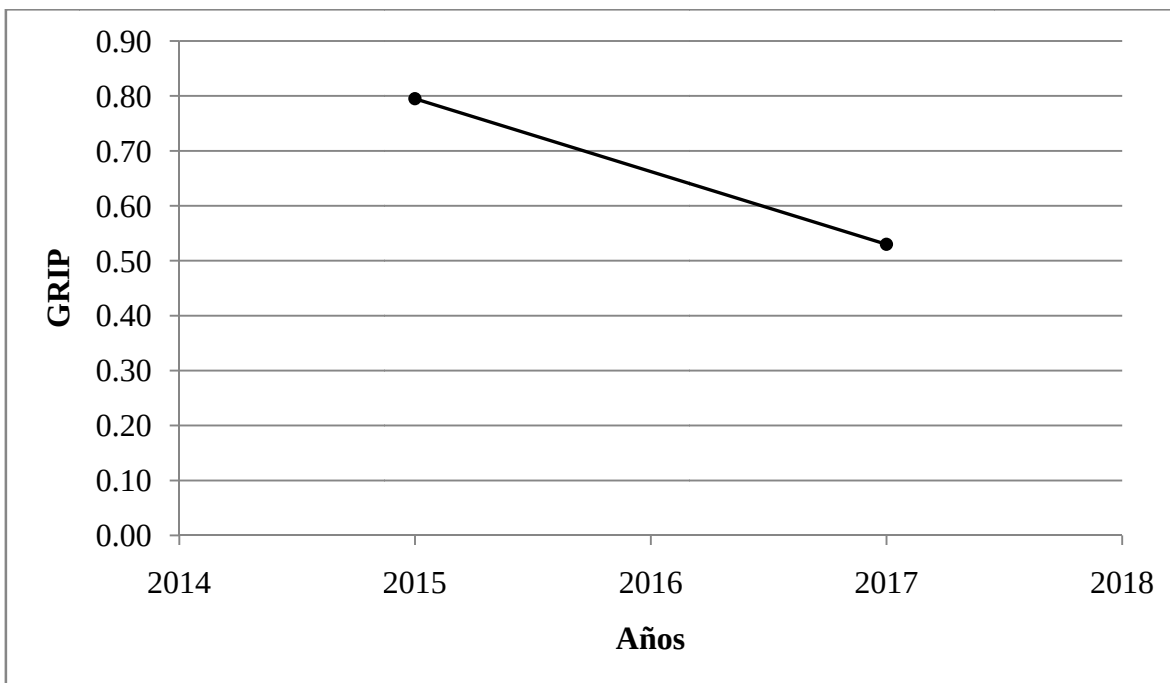


Figura 129. Índice de agarre (fricción) del Tramo #24 Cahuita-Penhurst

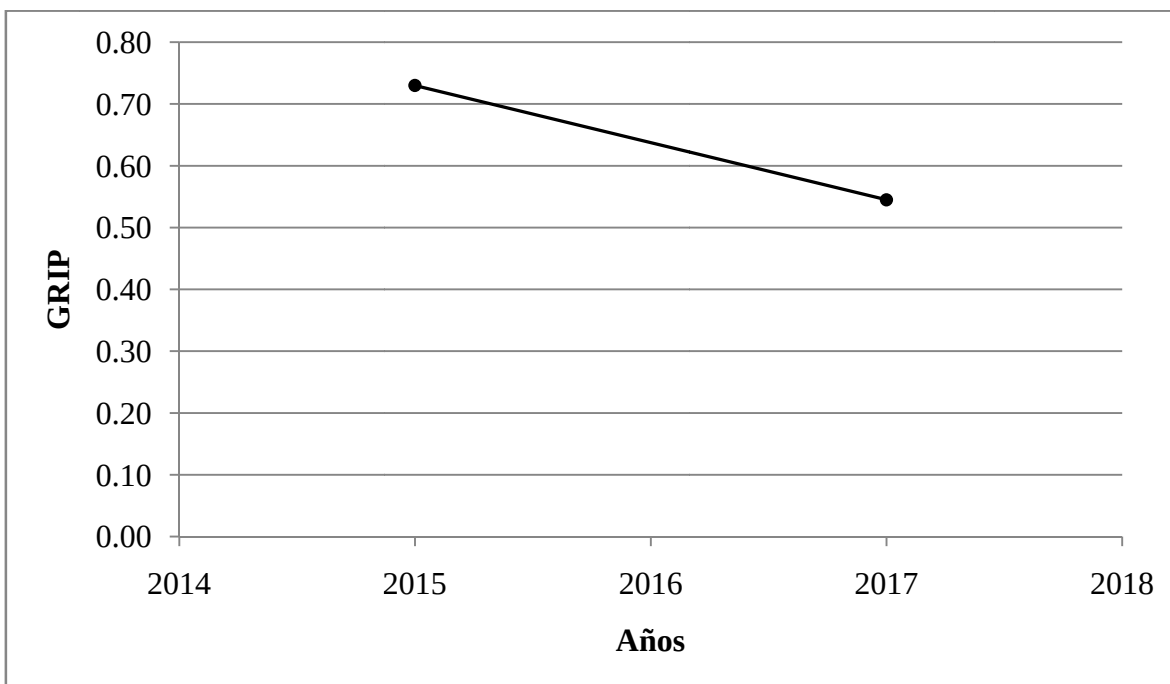


Figura 130. Índice de agarre (fricción) del Tramo #25 San Clemente-Bananito Sur



ANEXO A

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN
Unidad de Gestión de Proyectos
INFORME PARCIAL

1. Información básica:

Código:	B5A43		
Nombre del proyecto, actividad o programa:	Primer ensayo acelerado de pavimentos a escala natural		
Programa de adscripción:	Ley 8114 Impuesto a combustibles		
Unidad base	LanammeUCR	Unidad de apoyo	NA
Período vigencia:	Del 05 de enero de 2015 al 01 de diciembre de 2019		
Fecha de presentación:	Noviembre 2017		

2. Descripción general:

Resumen ejecutivo (entre 200 y 500 palabras), incluya objetivo, metas, método y resultados esperados:

En su cuarto objetivo este proyecto busca desarrollar modelos de transferencia para convertir la respuesta estructural del pavimento en medidas de daño o desempeño, al seleccionar tramos de prueba en carreteras y monitorear su desempeño. Los programas de Desempeño de Pavimentos a Largo Plazo (LTPP, por sus siglas en inglés), desarrollados principalmente en Estados Unidos y Canadá, han estudiado el comportamiento de diferentes secciones de pavimento en el tiempo; abarcando más de 2500 secciones de prueba en pavimentos (flexibles y rígidos).

El programa LTPP de Costa Rica busca reproducir el modelo desarrollado exitosamente en los Estados Unidos y Canadá. El proyecto pretende profundizar en el análisis y conocimiento del comportamiento de los pavimentos construidos en Costa Rica, al darles un seguimiento a lo largo de los años. Para esto se busca abarcar la mayor cantidad de secciones de carretera y parámetros posibles.

Dentro de los parámetros a analizar se incluyen: tráfico de la zona, clima, espesores de las capas que componen la estructura de pavimento y sus materiales. Dichas secciones clasifican como estudio de tipo general (GPS), al ser pavimentos existentes y con parámetros no controlados previamente, por lo que se recurre a una comparación con las secciones específicas (SPS) generadas en el laboratorio PaveLab y ensayadas con el HVS, siendo tramos con parámetros controlados. Así como la recolección de información e instrumentación de proyectos nuevos cuando esto fuera posible.

Además se obtendrán año a año indicadores tales como el índice de condición presente, índice de regularidad superficial, deflectometría de impacto, índice de fricción, entre otros; con los que se busca medir el desempeño de los tramos a lo largo del tiempo.

Finalmente con la información obtenida, tanto de los parámetros de diseño de los tramos como de



los indicadores de desempeño, se realizarán modelos matemáticos, que a la larga servirán de insumo para poder realizar una mejor gestión y un mejor diseño de nuestras carreteras.

3. Desarrollo y ejecución (qué se hizo y cómo):

Objetivos específicos y metas	% de logro	Actividades desarrolladas	Dificultades y formas de resolverlas
OBJETIVO ESPECÍFICO: 04 Desarrollar modelos de transferencia para convertir la respuesta estructural del pavimento en medidas de daño o desempeño. METAS: 1) Elaborar tramos de prueba y monitorear su desempeño. Indicador: Mejora del comportamiento físico y mecánico inicial del tramo sostenido en el tiempo.	50%	Monitoreo de los tramos establecidos. Análisis de la información obtenida a la fecha. Realización de informes parciales.	NA

*Agregar las celdas que sean necesarias

4. Resultados globales (utilice la cantidad de palabras necesarias):

Resultados principales: Los resultados principales de esta investigación son: Desarrollar modelos de desempeño de los tramos de pavimento.
Impacto del proyecto en los ámbitos que corresponda: El impacto de este proyecto se espera que sea en el campo de la infraestructura vial del país para provocar que se mejore el diseño y gestión de los pavimentos.
Beneficios para la unidad académica y la Universidad de Costa Rica: Los beneficios son: Acción social y Transferencia de tecnología.
Interrogantes y nuevas investigaciones: Producto de los datos obtenidos con este proyecto existe mucha apertura para desarrollar investigaciones paralelas en el ámbito de la gestión de pavimentos.
Actividades pendientes: NA

5. Producción académica (adjuntar anexos):

Referencias de los artículos u otros productos que se proyectan: NA
Títulos de las ponencias y participación en eventos, lugar y fechas: NA
Impacto en procesos de enseñanza aprendizaje:



NA
Otros productos:
NA

6. Trabajos de graduación y participación estudiantil:

Asistentes	Labores ejecutadas
NA	NA

*Agregar las celdas que sean necesarias

Título de las tesis involucradas en el proyecto	Nombre de los/las estudiantes	Grado
NA	NA	NA

*Agregar las celdas que sean necesarias

7. Comentarios generales:

Ninguno

8. Informe financiero (adjuntar informe respectivo):

Comentarios:
Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria

9. Aspectos éticos (adjuntar la “Aplicación para revisión continua o para cerrar el estudio” del CEC):

Comentarios:
Ninguno

10. Autorización para incorporar el informe final ejecutivo en los repositorios de la UCR.

(x) SI () NO Autorizo a la Vicerrectoría de Investigación para incluir en los repositorios institucionales el anterior informe.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

(x) SI () NO Autorizo a la Vicerrectoría de Investigación para incluir en los repositorios institucionales los productos académicos adjuntos al informe.

11 de diciembre de 2017

Ing. Tania Ávila Esquivel

Fecha

Firma

Investigador(a) principal

Versión 20-11-2017.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ANEXO B



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

COMITÉ ÉTICO CIENTIFICO

LanammeUCR

Teléfonos:(506) 2511-5006 Telefax: (506) 224-9367

Aplicación para revisión continua o para cerrar el estudio*

Por favor complete TODAS las secciones ya sea en el caso de revisión continua o cierre del estudio

Proyecto #: B5A43

Fecha de expiración de la vigencia de la revisión inicial otorgada por el CEC: 01 de diciembre de 2019

Investigador(a) principal: Ing. Tania Ávila Esquivel

Título de la investigación: Primer ensayo acelerado de pavimentos a escala natural

1. ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN

Marque la opción que describe mejor el estado actual de esta investigación:

☐ A la fecha no se ha enrolado ningún participante.

☒ Continúa el reclutamiento de participantes nuevos / revisión de registros / recolección de muestras.

☐ Se acabó el reclutamiento, pero los participantes permanecen recibiendo intervenciones relacionadas con la investigación.



☐ Ya no se recluta más y los participantes completaron las intervenciones relacionadas con la investigación. El estudio permanece activo solamente para darles seguimiento a largo plazo.

☐ El reclutamiento se ha cerrado permanentemente, los participantes han completado todas las intervenciones relacionadas con el estudio y se ha completado el seguimiento a largo plazo. Las actividades de investigación remanentes se limitan a análisis de datos que puede requerir contacto con información sobre la que usted normalmente no tiene acceso, tal como registros médicos, académicos, especímenes de laboratorio, patología, etc.

☐ Estudio cerrado. El reclutamiento y el seguimiento se han completado y no se anticipa un contacto futuro con los participantes / registros / especímenes, para obtener información a la que usted normalmente no tiene acceso.

2. CANTIDAD DE PARTICIPANTES

Complete con la información correspondiente:

A. Máximo número de participantes, a quienes se les va a solicitar consentimiento para participar y que el CEC aprobó previamente, por toda la vigencia de este estudio:

Edgar Camacho Garita, investigadora principal, sin carga académica

Fabricio Leiva Villacorta, investigadora principal, sin carga académica

José Pablo Aguiar Moya, investigador asociado, sin carga académica

Luis Guillermo Loría Salazar, investigador asociado, sin carga académica

B. Número total de participantes que han consentido a la fecha:

3

C. Número total de participantes que luego de firmar el consentimiento, se han retirado por cuenta propia o han sido retirados por no satisfacer criterios de inclusión, a la fecha:

1

D. Total que ha consentido desde la última revisión continua:

3

E. Total que ha consentido pero se ha retirado por cuenta propia o han sido retirados por no satisfacer criterios de inclusión, desde la última revisión continua:

Ninguna



3. RESUMEN DEL AVANCE DENTRO DEL ÚLTIMO PERIODO DE APROBACIÓN DEL CEC

Conteste todas las preguntas, para las que no aplican a su estudio indique NO.

- A. ☐ SI ☒ NO ¿El estudio está en la fase de reclutamiento de participantes?
- B. ☒ SI ☐ NO ¿El estudio ha estado reclutando participantes? Si la respuesta es NO, pero la de A. fue SI, incluya un resumen describiendo las razones por las cuales no se ha producido.
- C. ☒ SI ☐ NO ¿Alguno de los participantes se ha retirado del estudio, ha sido sacado o se ha perdido? Si la respuesta es SI, incluya un resumen narrativo describiendo las razones para esto.
- El Ingeniero Fabricio Leiva Villacorta dejó de laborar para la institución desde Agosto de 2016 debido a que el mismo presentó su renuncia y se retiró de la institución.
- D. ☐ SI ☒ NO ¿Algún participante se ha quejado de la investigación? Si la respuesta es SI, incluya un resumen narrativo de las quejas recibidas.
- E. ☐ SI ☒ NO ¿Se ha publicado literatura científica relevante para esta investigación, durante este periodo, que pueda alterar las apreciaciones iniciales de riesgos o de beneficios asociados a este estudio? Si la respuesta es SI, adjunte copias de esta publicación y un resumen narrativo.
- F. ☐ SI ☒ NO ¿Ha habido hallazgos preliminares, incluyendo informes interinos, manuscritos, resúmenes, publicaciones y hallazgos clínicos, que puedan tener impacto sobre el estudio? Si la respuesta es SI, adjunte copias de estos informes y un resumen narrativo. Anote cualquier evento o descubrimiento que pueda alterar la razón riesgo/beneficio del estudio, incluyendo informes favorables.
- G. ☐ SI ☒ NO ¿Se han realizado informes de avance del estudio como los que se envían a la Vicerrectoría de Investigación, a las agencias financiadoras y otros? En caso afirmativo, adjunte las copias y un resumen narrativo.
- H. ☐ SI ☒ NO ¿Se han realizado informes de avance del estudio por parte de otros investigadores participantes, fuera de la UCR, para enviar a sus respectivas instituciones (estudios multicéntricos y otros)? En caso afirmativo, adjunte las copias y un resumen narrativo.



- I. ☐SI ☒NO ¿Se ha descubierto alguna otra información relevante a este estudio, sobre todo relacionada con los posibles riesgos y beneficios asociados al mismo? *En caso afirmativo, adjunte copias de esta información y un resumen narrativo.*
- J. ☐SI ☒NO ¿Se ha detectado algún problema no anticipado, relacionado con riesgos para los participantes u otras personas, en la UCR o algún otro sitio donde se desarrolle el estudio? *En caso afirmativo, enumere y describa estos problemas en un resumen narrativo.*
- K. ☐SI ☒NO ¿Se han reportado al CEC todos los problemas no anticipados que conllevan riesgo para los participantes u otras personas, que requieren ser informados con prontitud? *Si la respuesta es negativa, envíe al CEC la información requerida antes de que transcurran 5 días hábiles. Indique si estos eventos o problemas cambiaron la razón riesgo/beneficio o requirieron cambios en el documento de consentimiento informado.*
- L. ☐SI ☒NO ¿El perfil de reacciones adversas experimentado por los participantes difiere del esperado? (reacción adversa/evento adverso significa cualquier acontecimiento desfavorable e indeseado, tanto serio como no serio, esperado o inesperado, relacionado o no con el estudio). *Si la respuesta es afirmativa, adjunte un resumen narrativo describiendo las diferencias entre el perfil de reacciones adversas esperado y el encontrado.*
- M. ☐SI ☒NO ¿Se ha asignado a un Comité Independiente de Monitorización de Datos la revisión periódica de los riesgos para los participantes? *Si la respuesta es afirmativa indique la frecuencia con que se realiza esta tarea y un resumen narrativo de sus informes.*
- N. ☐SI ☒NO ¿Los participantes han experimentado algún beneficio derivado del estudio? *En caso afirmativo, adjunte un resumen narrativo describiendo estos beneficios.*

4. INFORMACIÓN SOBRE EL DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

☐SI ☒NO ¿El CEC requiere el uso de un documento escrito de consentimiento informado para la ejecución de este estudio?

En caso afirmativo, adjunte una copia del documento aprobado y sellado que ha estado en uso Y otra copia idéntica y limpia para volver a sellar una vez aprobada la revisión continua, para ser usado durante el siguiente periodo de aprobación (excepto si ya concluyó el reclutamiento).



5. INFORMACIÓN SOBRE CONTACTOS

Investigador principal:

Nombre:	Apellido:	Cédula #	Unidad académica:
Tania	Ávila Esquivel	1-1295-0236	LanammeUCR
Teléfono:	Celular:	Fax:	Email:
25112794	88106902	25114440	tania.avilaesquivel@ucr.ac.cr

Profesor(a) tutor(a) (complete si el investigador principal es estudiante):

Nombre:	Apellido:	Cédula #	Unidad académica:
NA	NA	NA	NA
Teléfono:	Celular:	Fax:	Email:
NA	NA	NA	NA

Persona encargada del contacto con el estudio (complete si el contacto primario no es alguno de los anteriores):

Nombre:	Apellido:	Cédula #	Unidad académica:
Teléfono:	Celular:	Fax:	Email:

6. DECLARACIÓN SOBRE CONFLICTOS DE INTERESES DEL INVESTIGADOR(A)

☐ SI ☒ NO ¿Se ha desarrollado algún nuevo conflicto de intereses para el investigador(a) principal o para el personal clave del estudio? *En caso afirmativo adjunte una narración detallada de las características del conflicto cuando los investigadores, personal clave o cualquier otra persona responsable del diseño, ejecución o reporte del estudio tiene un interés financiero en, o actúa en representación de, una entidad externa cuyos intereses financieros, pareciera razonable pensar, que podrían afectarse por la investigación.*

7. DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL

Informe LM-PI-UMP-043-R3	Diciembre, 2017	Página 104 de 110
--------------------------	-----------------	-------------------



**UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA**



**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

Lea cuidadosamente esta declaración antes de firmar.

Adicionalmente a las respuestas anteriores, yo confirmo que el documento de consentimiento informado en uso, aprobado por el CEC, ha sido firmado, fechado y guardado en mis archivos para cada participante enrolado en este estudio y una copia del mismo fue entregada a la persona que lo firmó como participante (cuando el uso de documento de consentimiento informado fue requerido). Asimismo confirmo que no se han realizado cambios en los procedimientos del estudio o en el documento de consentimiento sin previa aprobación por parte del CEC.

11 de diciembre de 2017

Firma del investigador(a) principal

Fecha

*Adaptado de las fórmulas #1101 y #1129 del IRB de la Universidad de Vanderbilt.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ANEXO C

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Gestión de Proyectos

Unidad de Gestión de Calidad

Tel.: 2511-5845

Formulario para la evaluación de informes parciales, finales y solicitud de ampliación de vigencia

Instrucciones

Los informes parciales, finales y las solicitudes de ampliación de vigencia se consideran parte de la evaluación de seguimiento; en ellos se revisan los resultados y productos alcanzados en un momento determinado, también las circunstancias y condiciones en que se produjeron. Las evaluaciones obtenidas son utilizadas como insumos para la asignación de recursos, tanto para la continuación de ejecución como para las propuestas nuevas por parte de los(as) investigadores(as) encargados(as).

Los informes y solicitudes contemplan cuatro componentes: (I) Información sustantiva de la propuesta, (II) una autoevaluación de parte del/los(as) investigadores(as), (III) una evaluación de los alcances y logros reportados y (IV) una evaluación del informe.

Los informes parciales y las solicitudes de ampliación de vigencia deben ser evaluados por las Comisiones de Investigación y/o los Consejos Científicos y aprobados por la Dirección de la Unidad Académica. En el caso de los informes finales de los proyectos de investigación, éstos deben ser evaluados adicionalmente por pares académicos, internos y/o externos a criterio de la

Comisión de Investigación o del Consejo Científico. Por su parte, la Vicerrectoría de Investigación evalúa tanto los informes parciales como los finales, siendo la entidad que en última instancia aprueba éstos y las solicitudes de ampliación de vigencia.

Las dimensiones a evaluar son las siguientes:

Autoevaluación: Evaluación de las condiciones, Evaluación de los colaboradores, Evaluación del apoyo institucional recibido.

Evaluación de alcances y logros: Solidez de las evidencias y resultados reportados, Productividad, Impacto y Visibilidad potencial.

Evaluación del informe: Exhaustividad, Claridad, Rigurosidad.

A continuación encontrará cuatro apartados con los ítems correspondientes a cada una de las dimensiones a evaluar. Para cada ítem considere el informe y califíquelo luego en una escala de 1 a 100. En donde 0 indica una muy mala calificación y 100 una excelente calificación. En caso de que al evaluar considere que el componente evaluado en el ítem no debería ser aplicado a la propuesta, marque con una X en el espacio “No aplica”.



TITULO DE LA PROPUESTA:

Primer ensayo acelerado de pavimentos a escala natural

I. Autoevaluación

Este apartado debe ser llenado por el/la/las investigador(a)(as).

Criterio	Calificación	No aplica
1. Evaluación de la ejecución de la propuesta en general.	100	
2. Valoración del aporte de los colaboradores no académicos.	100	
3. Evaluación del nivel de integración de los colaboradores académicos.		X
4. Evaluación del trabajo de los/las asistentes.	100	
5. Valoración del apoyo administrativo de la unidad académica para esta propuesta.	100	
6. Valoración del apoyo de la Vicerrectoría de Investigación para esta propuesta.		X
7. Valoración del aporte de otras instancias universitarias para esta propuesta.		X
8. Valoración el apoyo de FUNDEVI para esta propuesta.		X
9. Grado de satisfacción con los resultados y logros alcanzados.	100	
Calificación promedio (sin considerar los no aplica)	100	



TITULO DE LA PROPUESTA:

Primer ensayo acelerado de pavimentos a escala natural

II. Evaluación de alcances y logros

Criterio	Calificación	No aplica
10. Los logros y alcances académicos del trabajo realizado.		
11. Los productos académicos aportados.		
12. La visibilidad potencial de los resultados y productos.		
13. El impacto potencial de los resultados y productos en los procesos de enseñanza aprendizaje.		
14. El impacto potencial de los resultados y productos en la unidad académica de adscripción.		
15. El impacto potencial de los resultados y productos en el área disciplinar de adscripción del trabajo.		
16. El impacto potencial de los resultados y productos en el ámbito extraacadémico.		
Calificación promedio (sin considerar los no aplica)		

III. Evaluación del informe

Criterio	Calificación	No aplica
17. Grado de exhaustividad en la presentación de resultados y logros.		
18. Grado de claridad en la presentación de los resultados y logros.		
19. Grado de rigurosidad argumentativa en la presentación de resultados y logros.		
20. Evidencias aportadas para sustentar conclusiones y argumentos.		
Calificación promedio (sin considerar los no aplica)		



IV. Evaluación de Vicerrectoría de Investigación

Criterio	Calificación	No aplica
21. Puntualidad en la presentación de informes.		
22. Ejecución y uso de los recursos financieros.		
23. Productos académicos logrados versus proyectados.		
24. Visibilidad de resultados y logros.		
25. Impacto alcanzado versus proyectado.		
Calificación promedio (sin considerar los no aplica)		
Calificación global		

Versión 12-09-2012.