

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE
MATERIALES Y MODELOS
ESTRUCTURALES**

ROTONDA ALAJUELITA

DISEÑO DEL PAVIMENTO

ROTONDA ALAJUELITA

DISEÑO DEL PAVIMENTO

CONTENIDO

1. Metodología del estudio
2. Análisis de tránsito
3. Análisis deflectométrico
4. Análisis de laboratorio
5. Análisis estructural

Anexo 1: Proyección de cargas en el carril de diseño

Anexo 2: Análisis deflectométrico

Anexo 3: Croquis de ubicación de los sondeos

Anexo 4: Resultados de los ensayos de laboratorio

Anexo 5: Análisis de fatiga

DISEÑO DEL PAVIMENTO

ROTONDA ALAJUELITA

1. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

Para el diseño del pavimento en esta rotonda se realizaron los siguientes análisis:

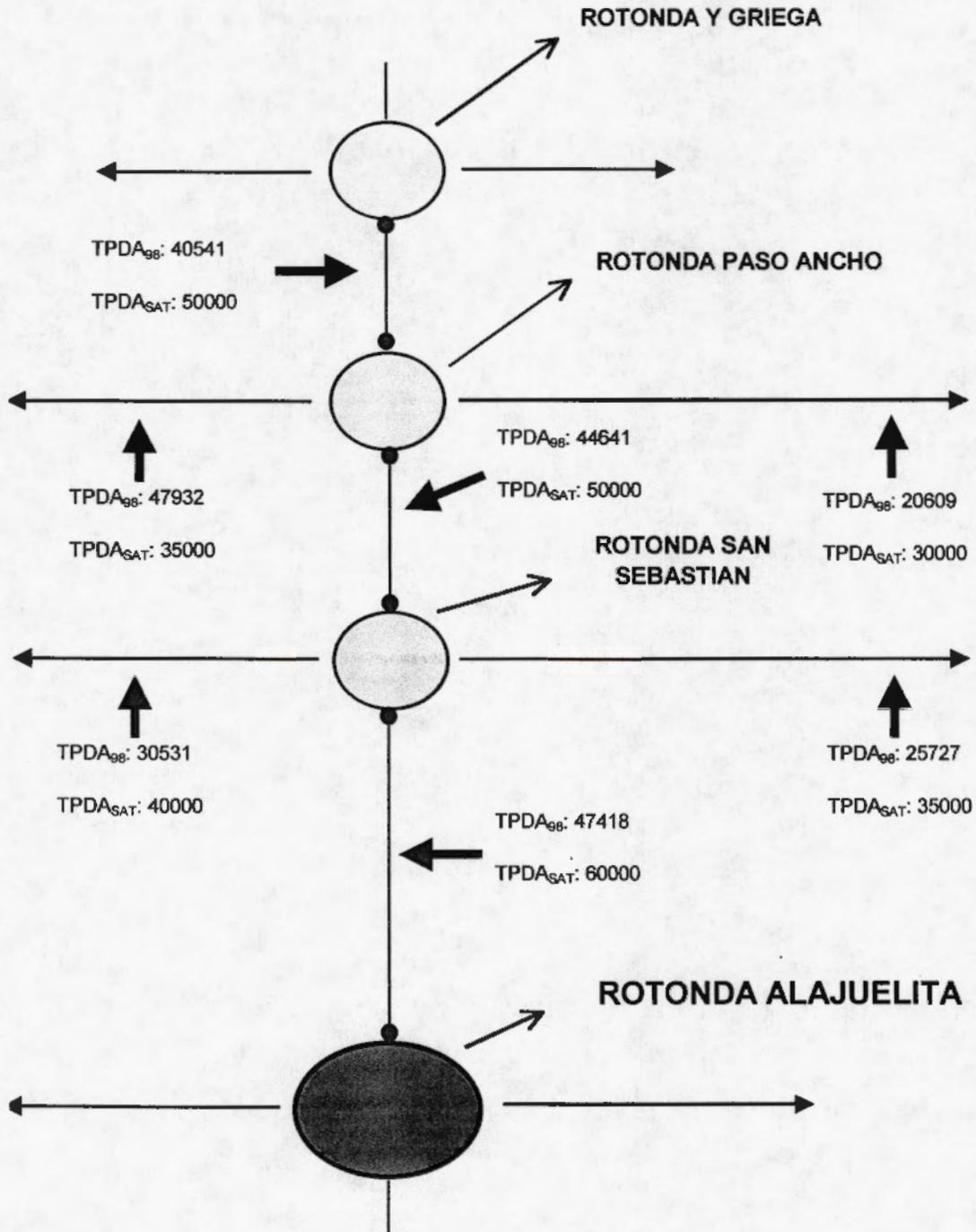
- Predicción de cargas de tránsito
- Estudio de deflexiones con viga Benkelman. En el croquis de ubicación se muestran los tramos analizados.
- Sondeos a cielo abierto y perforaciones.
- Ensayos de laboratorio a muestras extraídas según se muestra en el croquis adjunto.

Además se consideraron los siguientes aspectos:

- i. En la ruta principal, donde el pavimento tiene una adecuada capacidad estructural se propone construir un refuerzo estructural sobre el pavimento existente, con el propósito de que todos los accesos tengan una vida útil similar.
- ii. En las secciones donde se construirá totalmente un pavimento nuevo, así como en aquellos accesos donde el pavimento es estructuralmente deficiente, se propone construir una estructura de pavimento nueva, capaz de soportar las sollicitaciones del tránsito vehicular que se proyecta en este estudio.
- iii. Proponer una estructura de pavimento, de alta capacidad estructural que demande poco mantenimiento y que pueda mantener su nivel de servicio en el largo plazo.
- iv. Por el tipo de maniobras y las dificultades que se presentan, consecuencia de las interrupciones por mantenimiento en esta rotonda, se propone una capa de rodamiento especial en esta área que se está diseñando.

2. ANALISIS DE TRANSITO

Debido a la similitud de condiciones que presenta en la Rotonda de Alajuelita, los flujos principales de tránsito utilizados para el diseño del pavimento se basan en los datos recopilados del estudio realizado anteriormente para las rotondas: Paso Ancho y San Sebastián.



Con base en esta información de tránsito se formularon los escenarios probables de carga en el carril de diseño, en términos de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

Del análisis de tránsito se determinaron los siguientes parámetros para proyectar las cargas por eje en el carril de diseño:

⇒ TPD_{98} : 10000 vpd

⇒ $TPD_{saturación}$: 17500 vpd

Adicionalmente se analizaron los siguientes escenarios probables:

- i. Tasa de crecimiento: 3% y 5% (anual)
- ii. Composición vehicular en el carril de diseño:

% LIVIANOS	% PESADOS
88	12
85	15
80	20

- iii. Factor de carga por tipo de vehículo
⇒ Livianos = 0.001
⇒ Pesados = 0.85, 1.0 y 1.25
- iv. Período de análisis: 12 y 15 años

Con base en dichos escenarios probables se hizo un análisis de sensibilidad para proyectar las cargas por eje de diseño, y así obtener el escenario probable de carga.

En el Anexo 1 se muestra un resumen de los resultados de este análisis, del cual se obtuvo lo siguiente:

- Para un período de 12 años es de esperar en el carril de diseño, un nivel de carga que oscila entre 9.5×10^6 y 11×10^6 ejes equivalentes de 8.2 toneladas.
- Para un período de 15 años se proyecta un escenario probable de carga que oscila entre 11.5×10^6 y 13×10^6 ejes equivalentes.

Por tanto, se diseñará el pavimento para un nivel de cargas de 11×10^6 ejes equivalentes, con lo cual la vida útil de diseño se aproxima a 15 años.

3. ANALISIS DEFLECTOMETRICO

Se hizo un análisis deflectométrico en la Rotonda de Alajuelita en los tramos que se indican en el Anexo 2.

En resumen se obtiene la siguiente información:

- **Acceso Norte:**

$$\xi = 92 \text{ mmx}10^{-2}$$
$$\sigma = 10.3$$

- **Acceso Sur:**

$$\xi = 94 \text{ mmx}10^{-2}$$
$$\sigma = 8.5$$

- **Acceso Este:**

$$\xi = 38 \text{ mmx}10^{-2}$$
$$\sigma = 24$$

- **Acceso Oeste:**

$$\xi = 41 \text{ mmx}10^{-2}$$
$$\sigma = 28.8$$

4. ANALISIS DE LABORATORIO

Se realizaron dos sondeos a cielo abierto y tres perforaciones con horadador manual (auger), según se muestra en el croquis de ubicación del Anexo 3.

- Sondeos a cielo abierto: son trincheras de 60 x 70 cm que permiten determinar espesores y tomar muestras del conjunto de materiales existentes, para posterior análisis en el laboratorio. Además,
- Sondeo con auger: estas perforaciones de 10 cm de diámetro, permiten determinar el perfil de la capa de suelo, y las muestras extraídas, son luego clasificadas en el laboratorio por evaluación visual.

A continuación se presenta el perfil típico en cada una de las perforaciones realizadas.

El problema fundamental que se detectó fue la presencia de arcillas de alta plasticidad y a poca profundidad, la cual oscila entre 0.20 m y 1.10 m, con respecto al nivel actual del terreno.

Estos materiales arcillosos se deben remover de acuerdo con las recomendaciones que se especifican en el perfil del pavimento propuesto.

Como se muestra en los sondeos realizados sobre los accesos secundarios a la rotonda, se encontró, un pavimento con alto nivel de fatiga y estructuralmente deficiente.

En el Anexo 4 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio.

5. ANALISIS ESTRUCTURAL

▪ Parámetros de diseño

De acuerdo con los análisis realizados se establecen los siguientes parámetros para diseñar la estructura del pavimento:

- Ejes equivalentes en el carril de diseño: 1.1×10^7
- Capacidad de soporte de la sub-rasante: CBR > 4%
- Módulo resiliente de la sub-rasante: > 450 kg/cm² (6400 psi)
- Desviación estándar global: 0.35 (Método AASHTO)
- Modelo de fatiga para la capa asfáltica: Instituto del Asfalto
- Confiabilidad (%R): 90%
- Pérdida de nivel de servicio (Δ PSI): 1.7; 1.9, teniendo en cuenta el alto nivel de cargas.

Para dimensionar el pavimento se definen, dentro del área a reconstruir según el diseño geométrico propuesto, los siguientes dos casos:

- i. Las secciones donde se debe construir totalmente nuevo el pavimento. Este caso corresponde a todos los accesos que actualmente están sobre rutas secundarias (pavimentos estructuralmente débiles), así como aquellos tramos que serán pavimentados por primera vez.
- ii. Las secciones donde se reforzará la estructura del pavimento existente. Este es el caso de la ruta principal a las rotondas (vías de circunvalación), donde se propone un refuerzo estructural, de modo que toda el área de la intersección tenga un estándar similar desde el punto de vista de capacidad estructural.

Para dimensionar la estructura del pavimento, primero se hizo una aproximación por el método AASHTO y luego se obtiene el dimensionamiento final por medio de un análisis de fatiga.

En el Anexo 5 se presenta la memoria de cálculo del análisis de fatiga.

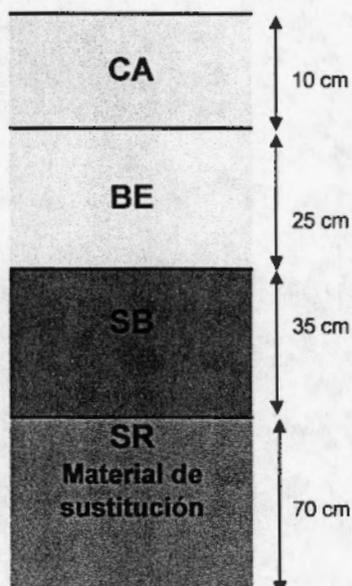
• Verificación de la capacidad a fatiga

- ⇒ Número estructural (SN) de diseño: **5.39** (> 5.1 , SN requerido)
- ⇒ Capacidad a fatiga de la mezcla asfáltica: esta capa queda en compresión, por tanto no falla a fatiga por esfuerzos de tensión.
- ⇒ Capacidad a fatiga de la sub-rasante: **3.19×10^8** . Cumple satisfactoriamente los requerimientos de diseño.
- ⇒ Relación esfuerzo aplicado/esfuerzo resistente en la base estabilizada: **0.5**

Como resultado del análisis se propone la siguiente estructura de pavimento:

CASO 1: Construcción de pavimento nuevo

Este pavimento se debe construir también en todos los accesos secundarios.



- La base estabilizada debe ser una BE-35.
- El material de sustitución debe tener un CBR mayor a 7.0%.

CASO 2: Refuerzo del pavimento existente en la ruta principal

- ⇒ Escarificar 13 cm del pavimento existente
- ⇒ Colocar una capa asfáltica intermedia de 6.0 cm
- ⇒ Colocar una capa de rodamiento de 7.0 cm

Nota: En todos los casos, la capa de rodamiento debe ser una mezcla asfáltica de alto módulo resiliente, altamente resistente a las deformaciones permanentes y a la fatiga, construida con aditivos poliméricos, con un asfalto de PG 76 (según método SUPERPAVE). Típicamente la dosificación del aditivo polimérico es de un 3% por peso del asfalto.

ANEXO 1
**Proyección de cargas en el carril de
diseño**

RANGO PROBABLE DE CRECIMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR. PERIODO DE ANALISIS 12 AÑOS

TPD		TASA
ANO		3%
1998	10000	
1999	10300	
2000		10609
2001		10927
2002		11255
2003		11593
2004		11941
2005		12299
2006		12668
2007		13048
2008		13439
2009		13842
2010		14258
2011		14685
SUMATORIA		150563

ESCENARIOS DE COMPOSICION VEHICULAR

LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
88	12	85	15	80	20

EJES EQUIVALENTES EN EL CARRIL DE DISEÑO, SEGUN FACTOR DE CARGA

FACTOR DE CARGA	0.001	0.85	0.001	0.85	0.001	0.85
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	4.84E+04	5.61E+06	4.67E+04	7.01E+06	4.40E+04	9.34E+06
TOTAL	5.65E+06		7.05E+06		9.39E+06	

FACTOR DE CARGA	0.001	1	0.001	1	0.001	1
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	4.84E+04	6.59E+06	4.67E+04	8.24E+06	4.40E+04	1.10E+07
TOTAL	6.64E+06		8.29E+06		1.10E+07	

FACTOR DE CARGA	0.001	1.25	0.001	1.25	0.001	1.25
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	4.84E+04	8.24E+06	4.67E+04	1.03E+07	4.40E+04	1.37E+07
TOTAL	8.29E+06		1.04E+07		1.38E+07	

RANGO PROBLABLE DE CRECIMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR. PERIODO DE ANALISIS 15 AÑOS

TPD		TASA
ANO		3%
1998	10000	
1999	10300	
2000		10609
2001		10927
2002		11255
2003		11593
2004		11941
2005		12299
2006		12668
2007		13048
2008		13439
2009		13842
2010		14258
2011		14685
2012		15126
2013		15580
2014		16047
SUMATORIA		197316

ESCENARIOS DE COMPOSICION VEHICULAR

LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
88	12	85	15	80	20

EJES EQUIVALENTES EN EL CARRIL DE DISEÑO, SEGUN FACTOR DE CARGA

FACTOR DE CARGA	0.001	0.85	0.001	0.85	0.001	0.85
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	6.34E+04	7.35E+06	6.12E+04	9.18E+06	5.76E+04	1.22E+07
TOTAL	7.41E+06		9.24E+06		1.23E+07	

FACTOR DE CARGA	0.001	1	0.001	1	0.001	1
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	6.34E+04	8.64E+06	6.12E+04	1.08E+07	5.76E+04	1.44E+07
TOTAL	8.71E+06		1.09E+07		1.45E+07	

FACTOR DE CARGA	0.001	1.25	0.001	1.25	0.001	1.25
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	6.34E+04	1.08E+07	6.12E+04	1.35E+07	5.76E+04	1.80E+07
TOTAL	1.09E+07		1.36E+07		1.81E+07	

RANGO PROBLABLE DE CRECIMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR. PERIODO DE ANALISIS 12 AÑOS

TPD		TASA
ANO		5%
1998	10000	
1999	10500	
2000		11025
2001		11576
2002		12155
2003		12763
2004		13401
2005		14071
2006		14775
2007		15513
2008		16289
2009		17500
2010		17500
2011		17500
SUMATORIA		174068

ESCENARIOS DE COMPOSICION VEHICULAR

LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
88	12	85	15	80	20

EJES EQUIVALENTES EN EL CARRIL DE DISEÑO, SEGUN FACTOR DE CARGA

FACTOR DE CARGA	0.001	0.85	0.001	0.85	0.001	0.85
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	5.59E+04	6.48E+06	5.40E+04	8.10E+06	5.08E+04	1.08E+07
TOTAL	6.54E+06		8.15E+06		1.09E+07	

FACTOR DE CARGA	0.001	1	0.001	1	0.001	1
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	5.59E+04	7.62E+06	5.40E+04	9.53E+06	5.08E+04	1.27E+07
TOTAL	7.68E+06		9.58E+06		1.28E+07	

FACTOR DE CARGA	0.001	1.25	0.001	1.25	0.001	1.25
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	5.59E+04	9.53E+06	5.40E+04	1.19E+07	5.08E+04	1.59E+07
TOTAL	9.59E+06		1.20E+07		1.59E+07	

RANGO PROBLABLE DE CRECIMIENTO DEL FLUJO VEHICULAR. PERIODO DE ANALISIS 15 AÑOS

TPD		TASA
ANO		5%
1998	10000	
1999	10500	
2000		11025
2001		11576
2002		12155
2003		12763
2004		13401
2005		14071
2006		14775
2007		15513
2008		16289
2009		17500
2010		17500
2011		17500
2012		17500
2013		17500
2014		17500
SUMATORIA		226568

ESCENARIOS DE COMPOSICION VEHICULAR

LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
88	12	85	15	80	20

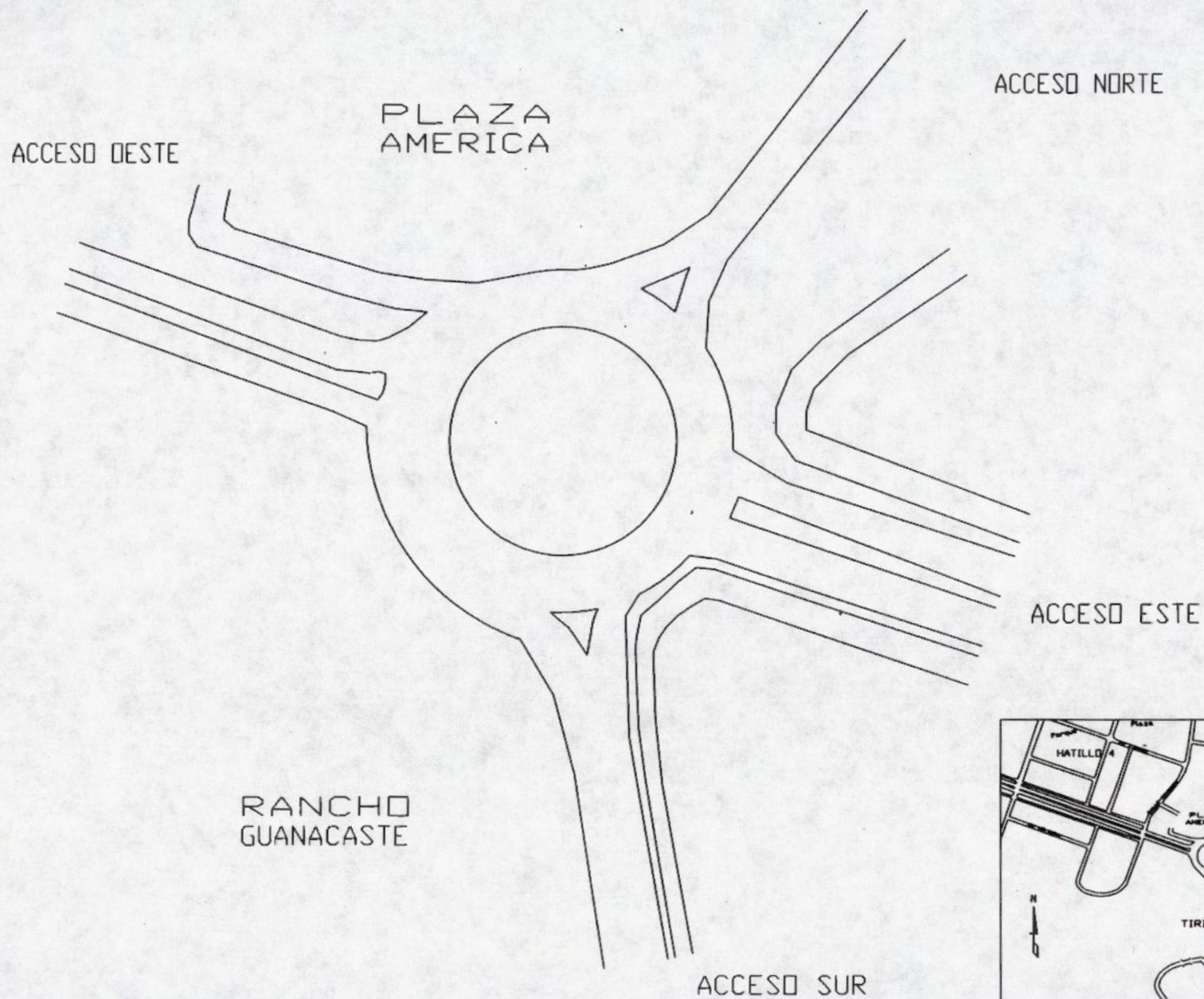
EJES EQUIVALENTES EN EL CARRIL DE DISEÑO, SEGUN FACTOR DE CARGA

FACTOR DE CARGA	0.001	0.85	0.001	0.85	0.001	0.85
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	7.28E+04	8.44E+06	7.03E+04	1.05E+07	6.62E+04	1.41E+07
TOTAL	8.51E+06		1.06E+07		1.41E+07	

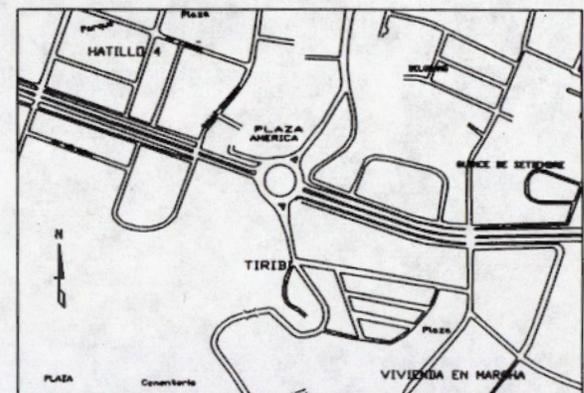
FACTOR DE CARGA	0.001	1	0.001	1	0.001	1
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	7.28E+04	9.92E+06	7.03E+04	1.24E+07	6.62E+04	1.65E+07
TOTAL	1.00E+07		1.25E+07		1.66E+07	

FACTOR DE CARGA	0.001	1.25	0.001	1.25	0.001	1.25
TIPO VEHICULO	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS
EJES EQUIVALENTES	7.28E+04	1.24E+07	7.03E+04	1.55E+07	6.62E+04	2.07E+07
TOTAL	1.25E+07		1.56E+07		2.07E+07	

ANEXO 2
Análisis deflectométrico



Ubicación de accesos: Rotonda de Alajuelita



Localización: Rotonda de Alajuelita

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN**

Acceso Norte de la Rotonda del Rancho Guanacaste

PESO DEL EJE : **8200 Kg**

FECHA: **17 Abril 2000**

PRECISION DEL MICROMETRO : **0.01mm**

MEDICIONES CADA **30 METROS**

PRESION DE LLANTAS: **80 Lbs**

PUNTO Nº	DEFLEXION mm*10 ⁻²	TEMPER PAVIM (°C)	TEMPER AIRE (°C)	TEMP PAVIM (° F)
1	20	36	29	96.8
2	22			
3	40			
4	18			
5	48			
6	80			
7	94			
8	96			
9	110			

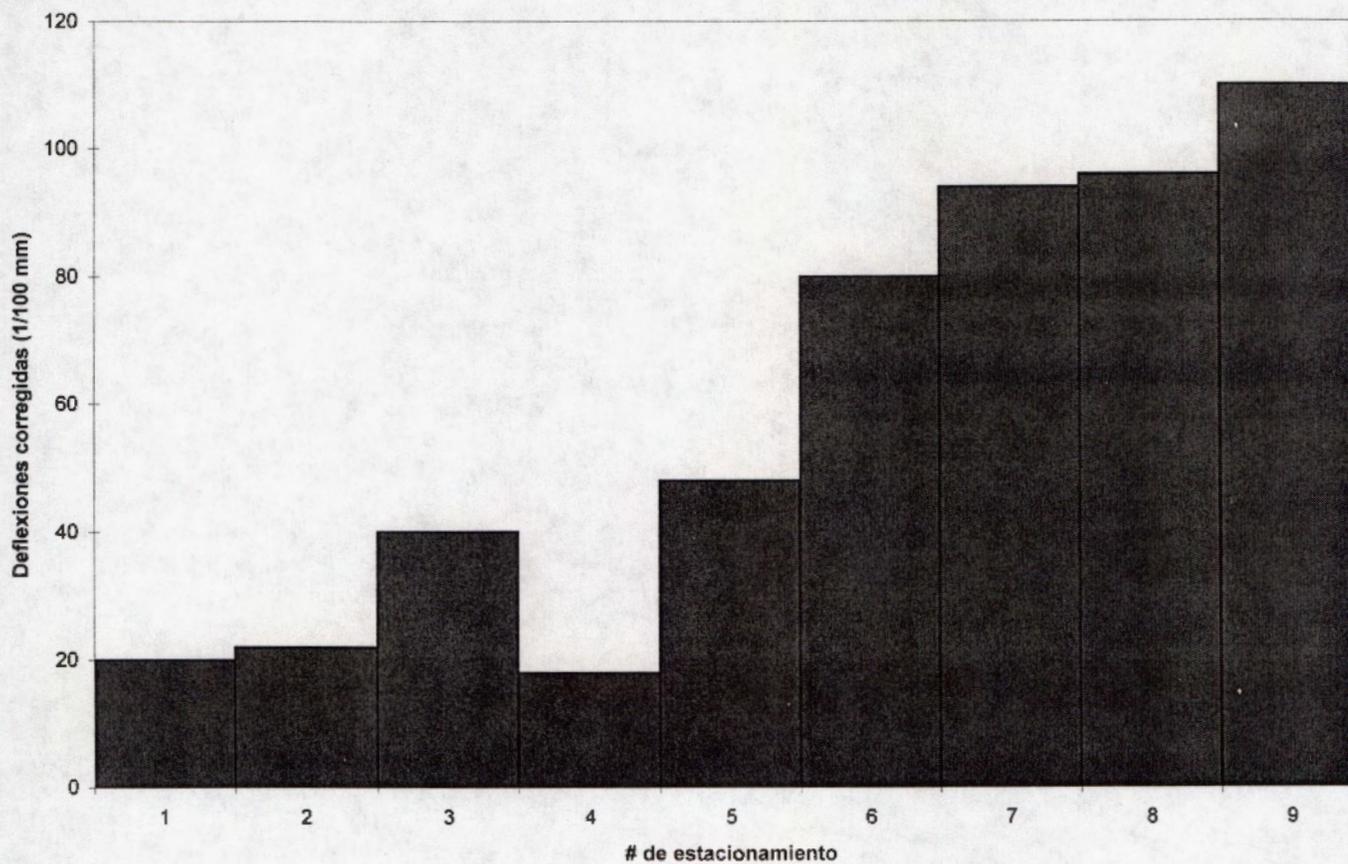
PROMEDIO (D): 58.67
DESV. EST. (σ): 36.55

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN

RUTA N°: 39

TRAMO: Acceso Norte de la Rotonda del Rancho Guanacaste
MEDICIONES CADA 30 METROS

ESTUDIO DEFLECTOMETRICO



FECHA:	17 abril 00
PROMEDIO (D):	58.67
DESV. EST. (σ):	36.55
MIN	18
D - 2σ	-14.44
D + 1.282σ	105.53
D + 2σ	131.77
MAX	110

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN

Acceso Sur de la Rotonda del Rancho Guanacaste

PESO DEL EJE : 8200 Kg

FECHA: 17 Abril 2000

PRECISION DEL MICROMETRO : 0.01mm

MEDICIONES CADA 30 METROS

PRESION DE LLANTAS: 80 Lbs

PUNTO Nº	DEFLEXION mm*10 ⁻²	TEMPER PAVIM (°C)	TEMPER AIRE (°C)	TEMP PAVIM (°F)
1	88	36	29	96.8
2	44			
3	100			
4	50			

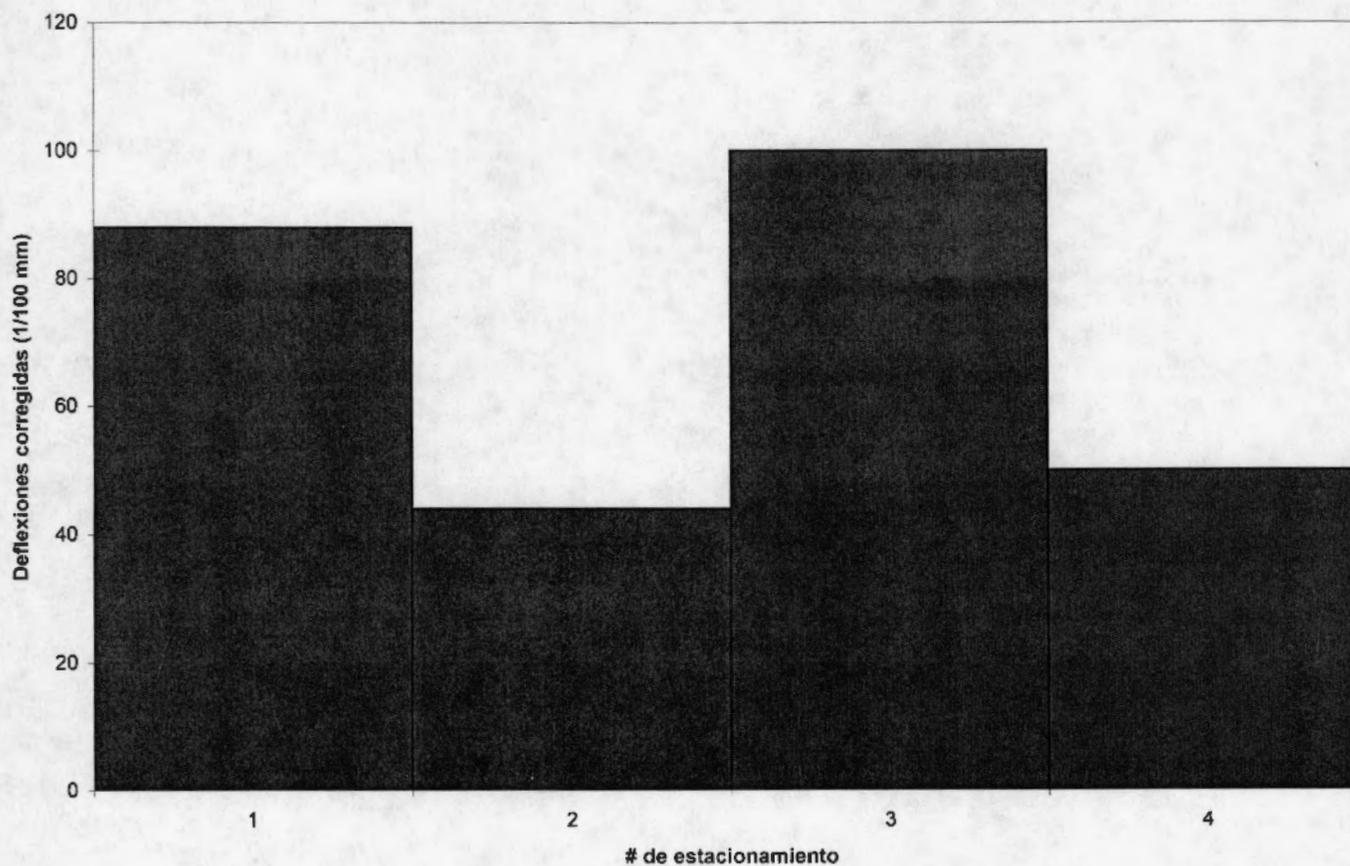
PROMEDIO (D): 70.50
DESV. EST. (σ): 27.68

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN

RUTA N°: 39

TRAMO: Acceso Sur de la Rotonda del Rancho Guanacaste
MEDICIONES CADA 30 METROS

ESTUDIO DEFLECTOMETRICO



FECHA:	17 abril 00
PROMEDIO (D):	70.50
DESV. EST. (σ):	27.68
MIN	44
D - 2σ	15.13
D + 1.282σ	105.99
D + 2σ	125.87
MAX	100

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN

Acceso Este de la Rotonda del Rancho Guanacaste

PESO DEL EJE : 8200 Kg
PRECISION DEL MICROMETRO : 0.01mm

FECHA: 17 Abril 2000

MEDICIONES CADA 30 METROS
PRESION DE LLANTAS: 80 Lbs

PUNTO N ^o	DEFLEXION mm*10 ⁻²	TEMPER PAVIM (°C)	TEMPER AIRE (°C)	TEMP PAVIM (°F)
1	22	36	27	96.8
2	18			
3	38			
4	24			
5	40			
6	98			
7	38			
8	22			
9	42			

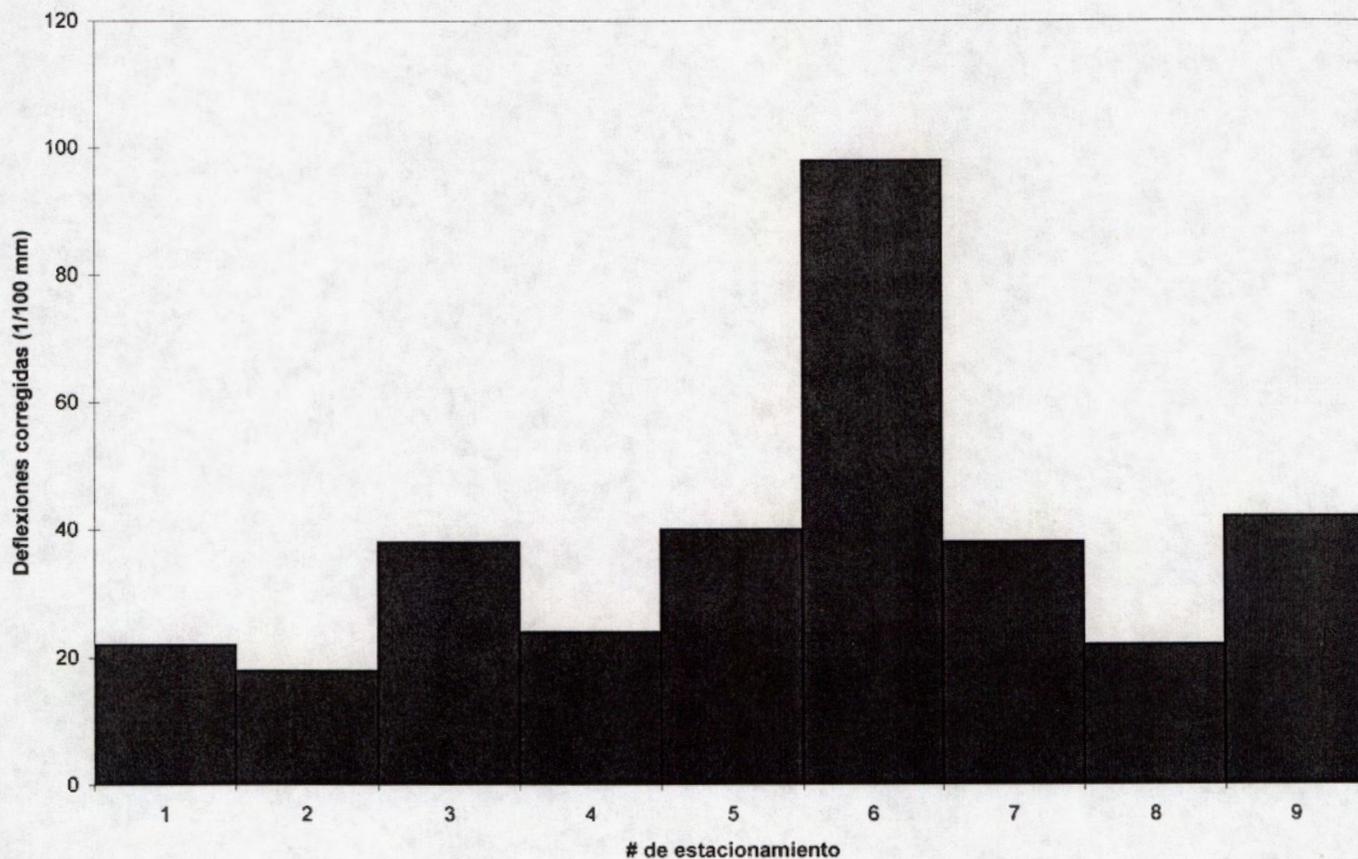
PROMEDIO (D): 38.00
DESV. EST. (σ): 24.31

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN

RUTA N°: 39

TRAMO: Acceso Este de la Rotonda del Rancho Guanacaste
MEDICIONES CADA 30 METROS

ESTUDIO DEFLECTOMETRICO



FECHA:	17 abril 00
PROMEDIO (D):	38.00
DESV. EST. (σ):	24.31
MIN	18
D - 2σ	-10.62
D + 1.282σ	69.17
D + 2σ	86.62
MAX	98

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN**

Acceso Oeste de la Rotonda del Rancho Guanacaste

PESO DEL EJE : **8200 Kg**

FECHA: **17 Abril 2000**

PRECISION DEL MICROMETRO : **0.01mm**

MEDICIONES CADA **30 METROS**

PRESION DE LLANTAS: **80 Lbs**

PUNTO N ^o	DEFLEXION mm*10 ⁻²	TEMPER PAVIM (°C)	TEMPER AIRE (°C)	TEMP PAVIM (°F)
1	10	34	24	93.2
2	100			
3	46			
4	20			
5	28			
6	26			
7	58			
8	16			
9	62			

PROMEDIO (D): 40.67

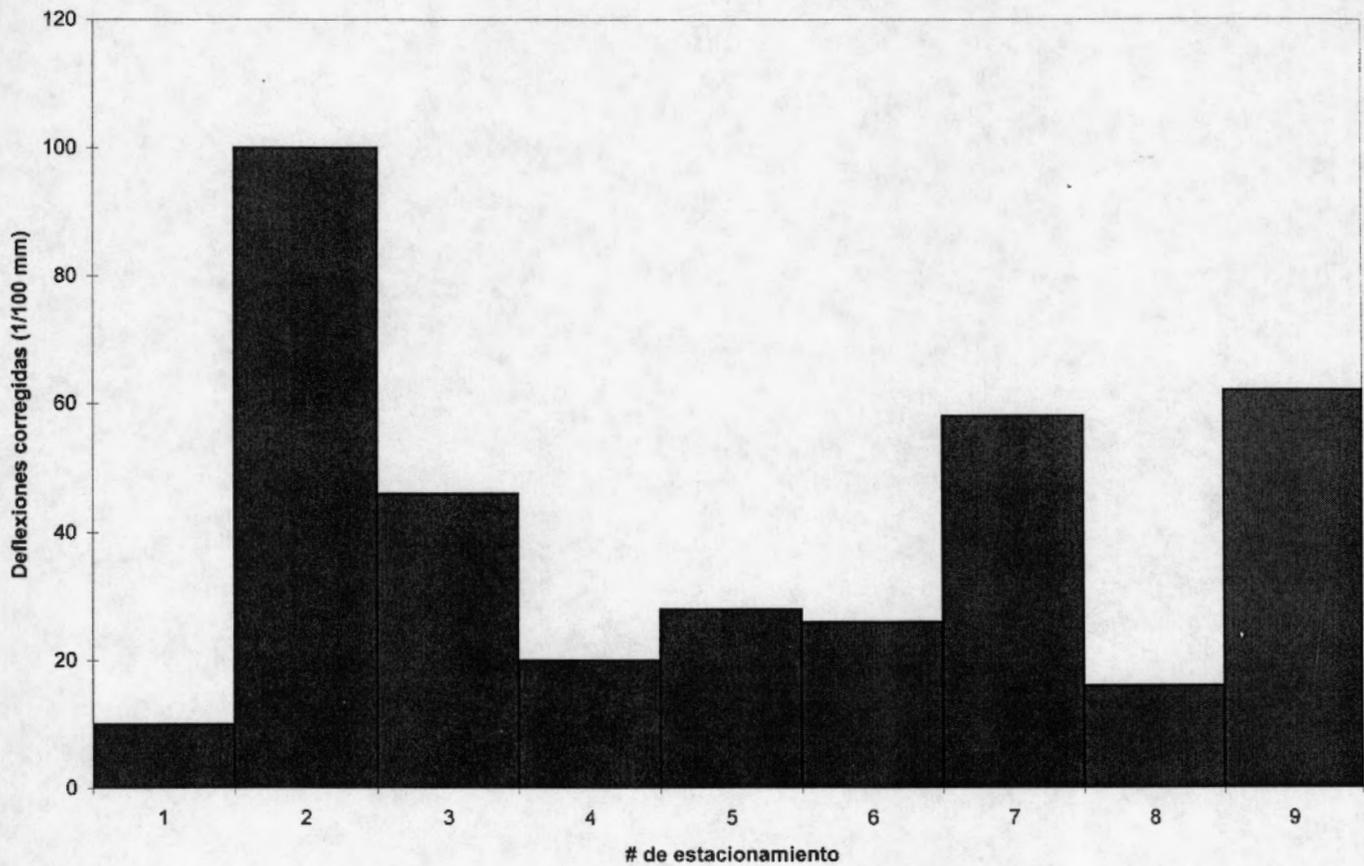
DESV. EST. (σ): 28.84

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA CON VIGA BENKELMAN

RUTA N°: 39

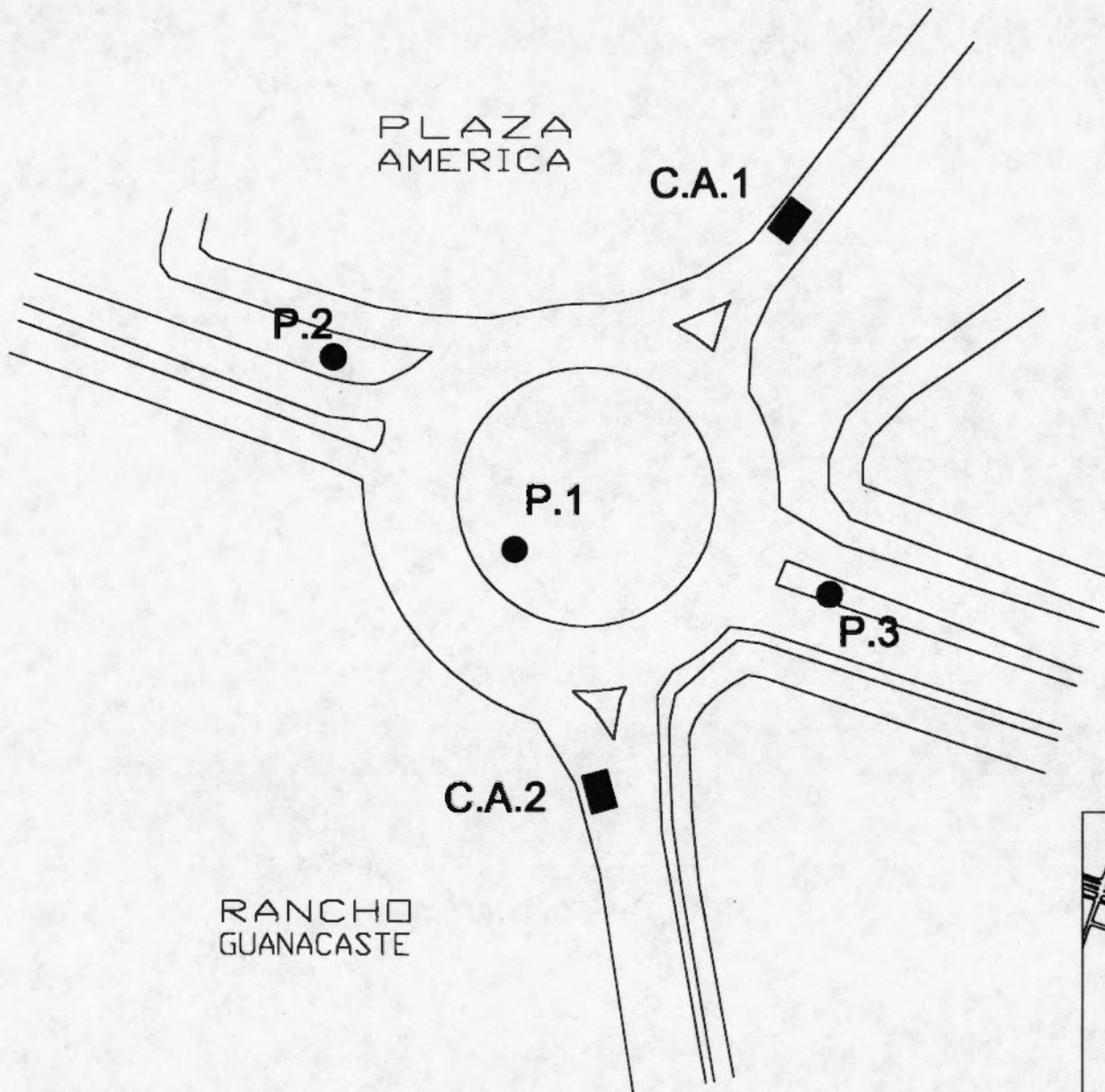
TRAMO: Acceso Oeste de la Rotonda del Rancho Guanacaste
MEDICIONES CADA 30 METROS

ESTUDIO DEFLECTOMETRICO



FECHA: 17 abril 00
PROMEDIO (D): 40.67
DESV. EST. (σ): 28.84
MIN 10
D - 2σ -17.02
D + 1.282σ 77.65
D + 2σ 98.36
MAX 100

ANEXO 3
Croquis de ubicación de los sondeos



NOMENCLATURA:

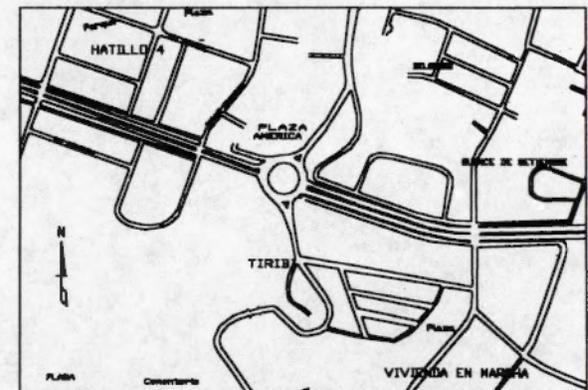
C.A.1: Cielo abierto No.1

C.A.2: Cielo abierto No.2

P.1: Sondeo No.1

P.2: Sondeo No.2

P.3: Sondeo No.3



Ubicación de sondeos: Rotonda de Alajuelita

Localización: Rotonda de Alajuelita

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
DESCRIPCION DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

CARRETERA: ROTONDA DE ALAJUELITA

SONDEO: CA-1

UBICACIÓN: 100 m Sur de la entrada principal de Plaza América, carril derecho
 (Ver croquis de ubicación adjunto)

FECHA : 14-04-00

ESPESOR (cm)	CAPA	DESCRIPCION
12.0	SOBRE-CAPA ASFALTICA	Concreto asfáltico, sin fisuras ni desprendimiento. Textura medianamente lisa, sin deformaciones o ahuellamineto Mezcla de reciente colocación.
15.0	BASE ESTABILIZADA	Base estabilizada sin fisuramiento apreciable, muy compacta
10.0	SUB-BASE	Sub-base granular Lastre gris mal graduado Tamaño máximo: 14.0 cm. Medianamente compacto
70.0	MATERIAL DE RELLENO	Material granular Lastre gris con menor presencia de finos que el primer material Tamaño máximo: 9.0 cm. Medianamente compacto
	SUB-RASANTE	Arcilla gris con vetas de color café Plasticidad alta Codición de saturación presente en el material CBR sitio = 2.1 LIMITES DE ATTERBERG LL = 75.4 LP = 28.1 IP = 47.4

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
DESCRIPCION DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

CARRETERA: ROTONDA DE ALAJUELITA

SONDEO: CA-2

UBICACIÓN: 50 m Norte de la entrada a Rancho Guanacaste, carril derecho
 (Ver croquis de ubicación adjunto)

FECHA : 17-04-00

ESPESOR (cm)	CAPA	DESCRIPCION
8.0	CAPA ASFALTICA	Concreto asfáltico, sin fisuras ni desprendimiento. Textura medianamente lisa, sin deformaciones o ahuellamineto Mezcla de reciente colocación.
12.0	SEGUNDA CAPA ASFALTICA	Concreto asfáltico altamente oxidado. Fisuramiento severo
5.0	BASE ESTABILIZADA	Base estabilizada con agrietamiento de moderado a severo
48.0	SUB-BASE	Lastre gris claro, mal graduado, presenta ligera plasticidad. Material medianamente compacto, humedad media. Tamaño máximo : 10 cm
	SUB-RASANTE	Material arcillo-limoso con vetas amarillentas y grises en menor grado Alta plasticidad, alto contenido de humedad CBR sitio = 4.2 LIMITES DE ATTERBERG LL = 56.4 LP = 31.3 IP = 25.0

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

DESCRIPCION DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

CARRETERA: ROTONDA DE ALAJUELITA

SONDEO: P1
PERFORACION SOBRE
SUELO EXISTENTE.

UBICACIÓN: Sondeo realizado en isla central sección oeste
(Ver croquis de ubicación adjunto)

FECHA : 17-04-00

ESPESOR (cm)	CAPA	DESCRIPCION
80.0	PRIMERA CAPA DE SUELO	Arcilla café claro con vetas grises Alta humedad. Plasticidad alta. LIMITES DE ATTERBERG LL = 61.7 LP = 28.3 IP = 33.5
30.0	SEGUNDA CAPA RELLENO DE LASTRE	Capa de lastre gris fino con poco material grueso con tamaño máximo de 5.0 cm.
60.0	TERCERA CAPA ARCILLA	Arcilla amarilla de alta plasticidad con vetas grises y humedad severa
35.0	CUARTA CAPA ARCILLA	Arcilla café con vetas amarillentas y grises en menor grado Alta plasticidad, alto contenido de humedad LIMITES DE ATTERBERG LL = 54.8 LP = 28.6 IP = 26.1

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
DESCRIPCION DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

CARRETERA: ROTONDA DE ALAJUELITA

SONDEO: P2
PERFORACION SOBRE
SUELO EXISTENTE

UBICACIÓN: Sondeo realizado en isla frente a Lavacar Plaza América
 (Ver croquis de ubicación adjunto)

FECHA : 17-04-00

ESPESOR (cm)	CAPA	DESCRIPCION
20.0	PRIMERA CAPA RELLENO	Material de relleno con presencia de varios tipos de suelo y lastre
40.0	SEGUNDA CAPA ARCILLA	Arcilla gris de alta plasticidad en condición de saturación. Presencia de suelo orgánico LIMITES DE ATTERBERG LL = 62.4 LP = 32.8 IP = 29.6

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
DESCRIPCION DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

CARRETERA: ROTONDA DE ALAJUELITA

SONDEO: P3
PERFORACION SOBRE
SUELO EXISTENTE

UBICACIÓN: Sondeo realizado en isla central hacia San José
 (Ver croquis de ubicación adjunto)

FECHA : 17-04-00

ESPESOR (cm)	CAPA	DESCRIPCION
35.0	PRIMERA CAPA LASTRE GRIS	Capa de lastre gris, fino con poco material grueso. Tamaño máximo de 7.5 cm
30.0	SEGUNDA CAPA ARCILLA	Arcilla de color café amarillenta con vetas grises Plasticidad media alta LIMITES DE ATTERBERG LL = 55.4 LP = 33.5 IP = 21.8

ANEXO 4
Resultados de los ensayos de
laboratorio

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERIZACION DE SUELOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO
 ASTM C-136 Y ASTM C-117**

FECHA: 04 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO: ROTONDA DE ALAJUELITA

MUESTRA N°: 2697 B
 UBICACION: Rotonda Alajuelita
 100 m sur Plaza América
 CONTRATISTA:
 DESCRIPCION: SUB BASE GRANULAR
 CA-1

ANALISIS MECANICO LAVADO

PESO INICIAL: 11515.5 g

PESO FINAL: 9655.5 g

Malla No.	Abertura (mm)	Peso Ret.	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
6"	150.00	0.0	0.0	0.0	100
5"	125.00	1703.3	14.8	14.8	85
3"	76.20	0.0	0.0	14.8	85
1 1/2"	38.10	255.8	2.2	17.0	83
1"	25.00	761.7	6.6	23.6	76
N°4	4.75	2228.1	19.3	43.0	57
N°40	0.425	3223.1	28.0	71.0	29
N°200	0.075	1484.8	12.9	83.9	16



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERIZACION DE SUELOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO
 ASTM C-136 Y ASTM C-117**

FECHA: 04 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO: ROTONDA DE ALAJUELITA

MUESTRA Nº: 2697 C
 UBICACION: Rotonda de Alajuelita
 100 m sur Plaza América

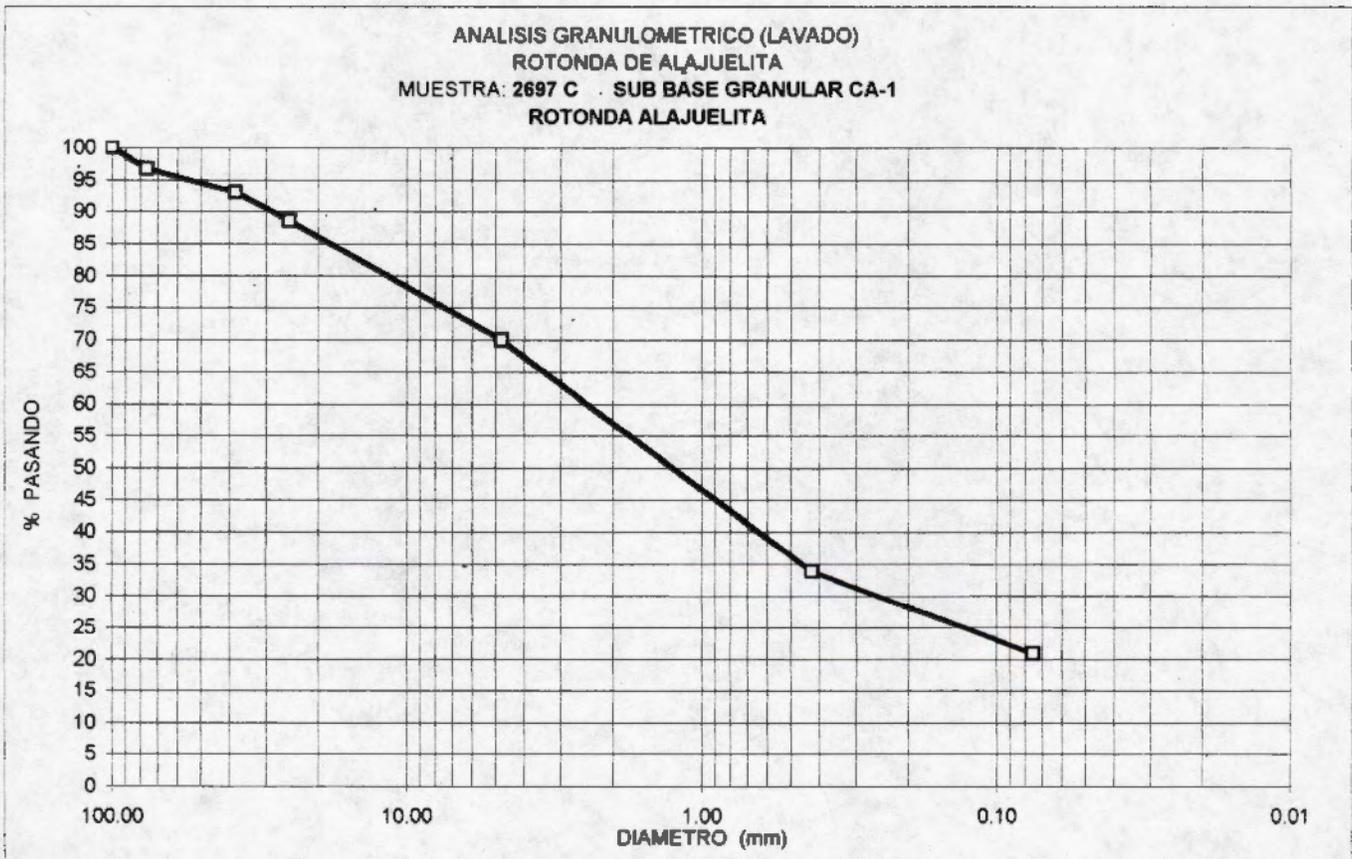
CONTRATISTA:
 DESCRIPCION: SUB BASE GRANULAR
 CA-1

ANALISIS MECANICO LAVADO

PESO INICIAL: 11917.4 g

PESO FINAL: 9431.0 g

Malla No.	Abertura (mm)	Peso Ret.	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
4"	100.00	0.0	0.0	0.0	100
3"	76.20	391.6	3.3	3.3	97
1 1/2"	38.10	441.5	3.7	7.0	93
1"	25.00	532.1	4.5	11.5	89
Nº4	4.75	2221.6	18.6	30.1	70
Nº40	0.425	4295.5	36.0	66.1	34
Nº200	0.075	1545.2	13.0	79.1	21



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITE DE ATTERBERG

ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA: 04 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO: ROTONDA DE ALAJUELITA

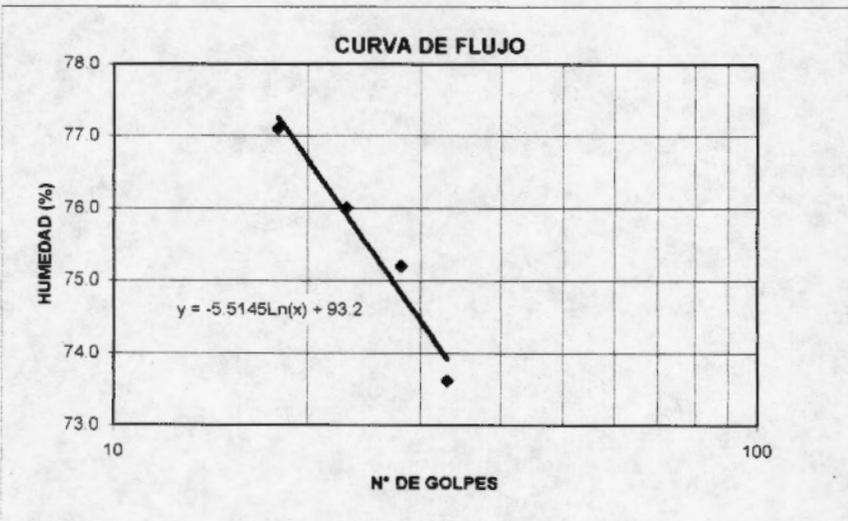
MUESTRA N°:
 UBICACION: Rotonda Rancho Guanacaste
 DESCRIPCION: SUBRASANTE
 CA-1
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: Arcilla café grisácea plasticidad alta

LIMITE LIQUIDO

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	28	23	18	
Wc + Ww (g)	31.807	42.503	32.121	46.138	
Wc + Ws (g)	24.742	33.822	24.647	38.377	
Ww	7.065	8.681	7.474	7.761	
Wc	15.144	22.277	14.814	28.311	
Ws	9.598	11.545	9.833	10.066	
% W	73.6	75.2	76.0	77.1	

LIMITE PLASTICO

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	19	50	13
Wc + Ww (g)	9.403	9.270	8.895
Wc + Ws (g)	8.846	8.721	8.434
Ww	0.557	0.549	0.461
Wc	6.878	6.758	6.782
Ws	1.968	1.963	1.652
% W	28.3	28.0	27.9
PROMEDIO			28.1



RESUMEN

LIMITE LIQUIDO	75.4
LIMITE PLASTICO	28.1
INDICE DE PLASTICIDAD	47.4

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERIZACION DE SUELOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO
 ASTM C-136 Y ASTM C-117**

FECHA: 04 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO: ROTONDA DE ALAJUELITA

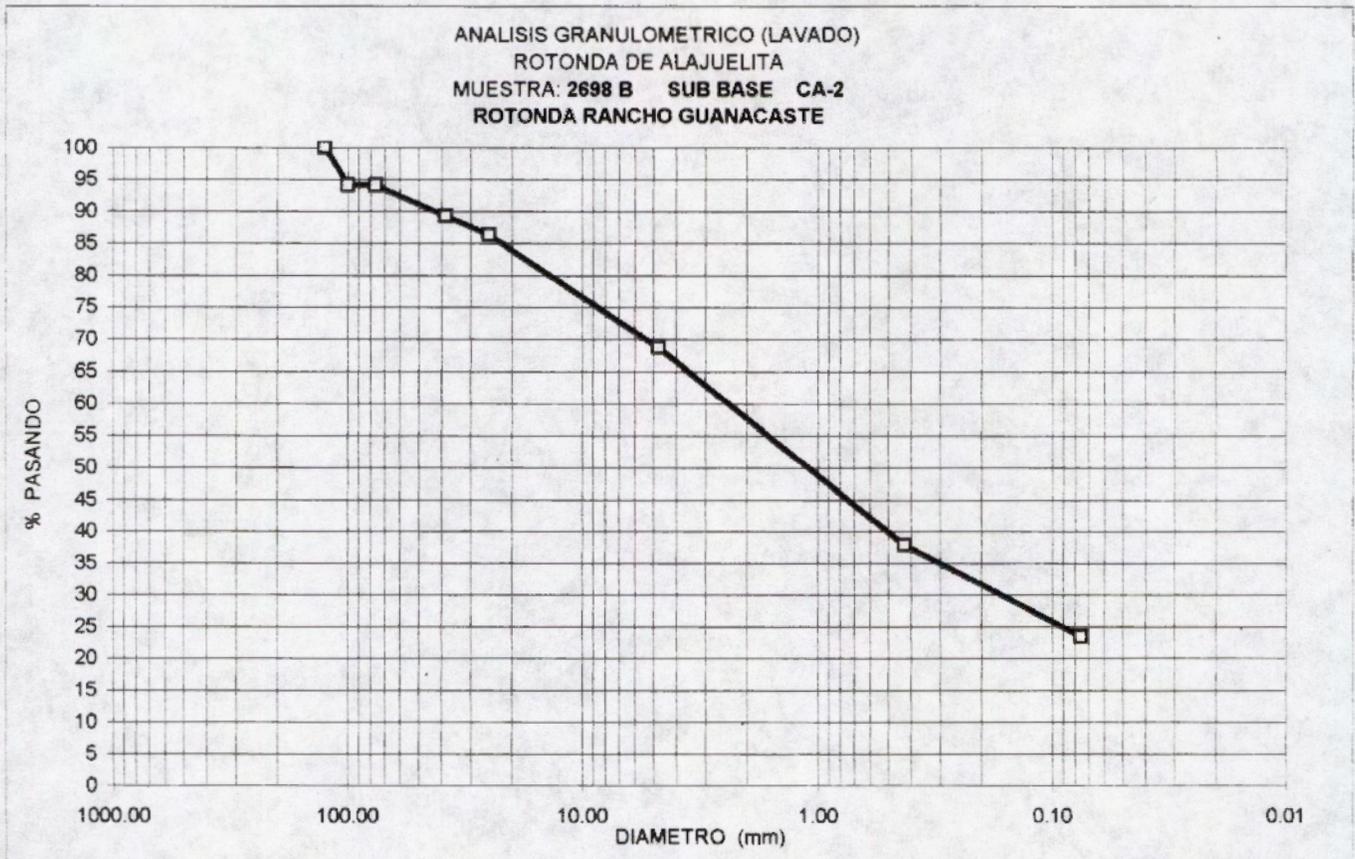
MUESTRA N°: 2698 B
 UBICACION: Rotonda Rancho Guanacaste
 CONTRATISTA:
 DESCRIPCION: SUB BASE
 CA-2

ANALISIS MECANICO LAVADO

PESO INICIAL: 12101.2 g

PESO FINAL: 9294.4 g

Malla No.	Abertura (mm)	Peso Ret.	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
5"	125.00	0.0	0.0	0.0	100
4"	100.00	719.2	5.9	5.9	94
3"	76.20	0.0	0.0	5.9	94
1 1/2"	38.10	580.1	4.8	10.7	89
1"	25.00	361.7	3.0	13.7	86
N°4	4.75	2118.2	17.5	31.2	69
N°40	0.425	3740.4	30.9	62.1	38
N°200	0.075	1753.7	14.5	76.6	23



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITES DE ATTERBERG
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA: 09 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO: ROTONDA DE ALAJUELITA

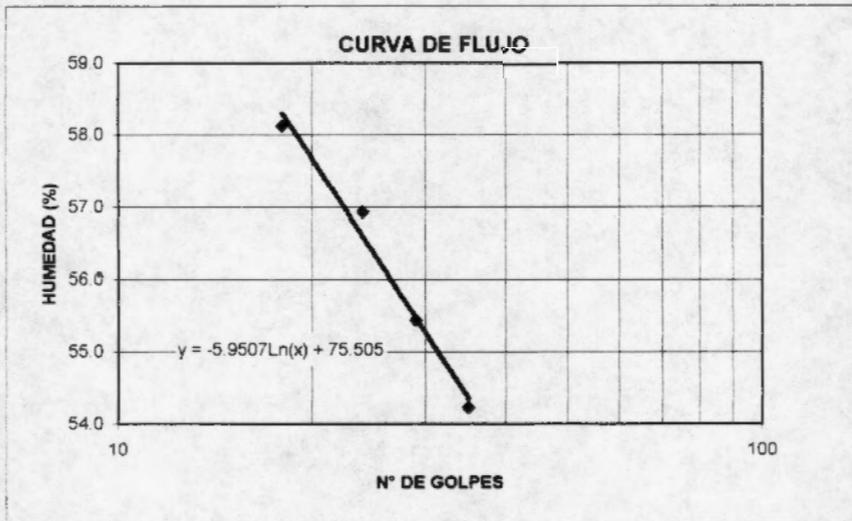
MUESTRA N°:
 UBICACION: Rotonda Rancho Guanacaste
 DESCRIPCION: SUBRASANTE
 CA-2
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: Limo arcillo café claro

LIMITE LIQUIDO

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	35	29	24	18	
Wc + Ww (g)	39.225	32.792	40.436	33.028	
Wc + Ws (g)	33.041	26.525	33.463	26.230	
Ww	6.184	6.267	6.973	6.798	
Wc	21.637	15.219	21.215	14.534	
Ws	11.404	11.306	12.248	11.696	
% W	54.2	55.4	56.9	58.1	

LIMITE PLASTICO

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	3	53	54
Wc + Ww (g)	14.352	14.756	13.187
Wc + Ws (g)	13.529	13.909	12.290
Ww	0.823	0.847	0.897
Wc	10.897	11.198	9.441
Ws	2.632	2.711	2.849
% W	31.3	31.2	31.5
PROMEDIO			31.3



RESUMEN

LIMITE LIQUIDO	56.4
LIMITE PLASTICO	31.3
INDICE DE PLASTICIDAD	25.0

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITE DE ATTERBERG
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

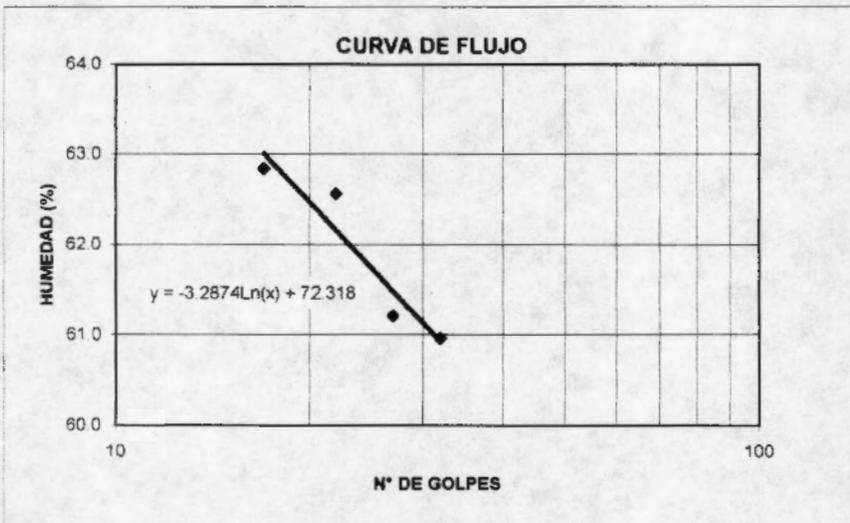
FECHA: 04 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO: ROTONDA DE ALAJUELITA

MUESTRA N°: P 1 (primer material)
 UBICACION: Rotonda Rancho Guanacaste
 DESCRIPCION:

DESCRIPCION DEL MATERIAL: Arcilla café claro plasticidad media a alta

LIMITE LIQUIDO					
DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	32	27	22	17	
Wc + Ww (g)	37.549	40.388	43.765	30.416	
Wc + Ws (g)	31.702	33.829	35.907	24.399	
Ww	5.847	6.559	7.858	6.017	
Wc	22.111	23.113	23.346	14.824	
Ws	9.591	10.718	12.561	9.575	
% W	61.0	61.2	62.6	62.8	

LIMITE PLASTICO			
DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	24	18	y
Wc + Ww (g)	9.459	9.061	9.490
Wc + Ws (g)	8.885	8.477	8.850
Ww	0.574	0.584	0.640
Wc	6.847	6.416	6.592
Ws	2.038	2.061	2.258
% W	28.2	28.3	28.3
PROMEDIO			28.3



RESUMEN	
LIMITE LIQUIDO	61.7
LIMITE PLASTICO	28.3
INDICE DE PLASTICIDAD	33.5

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITES DE ATTERBERG
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA 05 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO ROTONDA DE ALAJUELITA

MUESTRA N° P 1
 UBICACION: Rotonda Rancho Guanacaste
 DESCRIPCION: SUBRASANTE

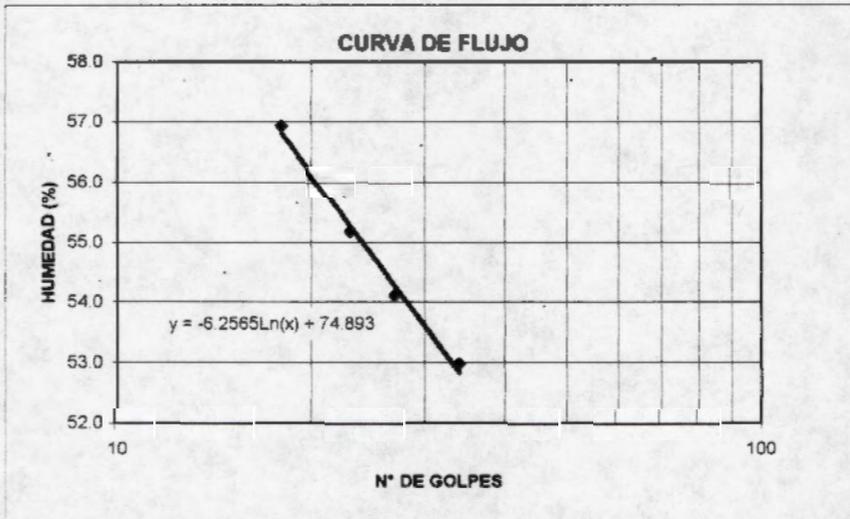
DESCRIPCION DEL MATERIAL: Arcilla café claro plasticidad media a alta

LIMITE LIQUIDO

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	34	27	23	18	
Wc + Ww (g)	40.661	34.769	26.921	34.989	
Wc + Ws (g)	36.384	30.383	22.616	30.318	
Ww	4.277	4.386	4.305	4.671	
Wc	28.310	22.277	14.814	22.113	
Ws	8.074	8.106	7.802	8.205	
% W	53.0	54.1	55.2	56.9	

LIMITE PLASTICO

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	13	18	50
Wc + Ww (g)	10.134	10.335	9.809
Wc + Ws (g)	9.385	9.459	9.137
Ww	0.749	0.876	0.672
Wc	6.783	6.419	6.759
Ws	2.602	3.040	2.378
% W	28.8	28.8	28.3
PROMEDIO			28.6



RESUMEN

LIMITE LIQUIDO	54.8
LIMITE PLASTICO	28.6
INDICE DE PLASTICIDAD	26.1

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITES DE ATTERBERG
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA: 10 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO: ROTONDA DE ALAJUELITA

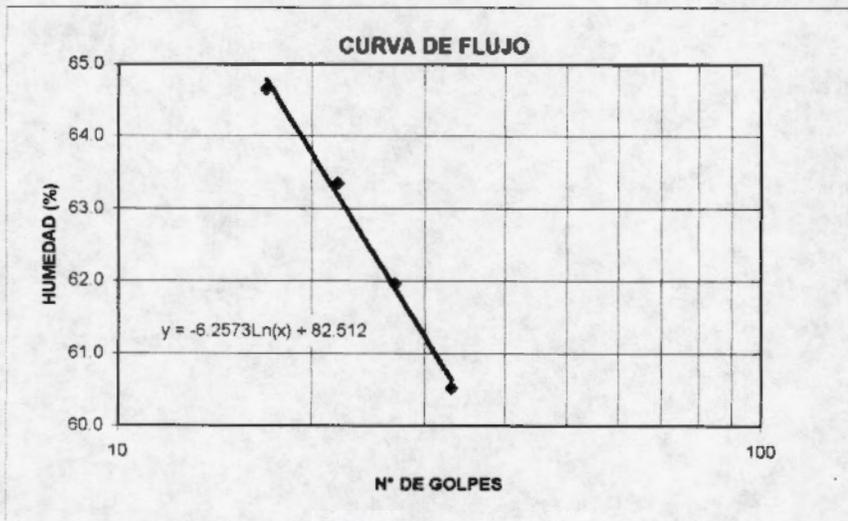
MUESTRA N°:
 UBICACION: Rotonda Rancho Guanacaste
 DESCRIPCION: SUBRASANTE
 P-2
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: Arcilla café oscuro

LIMITE LIQUIDO

DETERMINACION No.	1	2	3	4	5
No DE GOLPES	33	27	22	17	
Wc + Ww (g)	34.269	33.217	29.726	31.105	
Wc + Ws (g)	29.748	28.787	25.568	26.295	
Ww	4.521	4.430	4.158	4.810	
Wc	22.277	21.637	19.005	18.855	
Ws	7.471	7.150	6.563	7.440	
% W	60.5	62.0	63.4	64.7	

LIMITE PLASTICO

DETERMINACION No.	1	2	3
RECIPIENTE No.	19	x	27
Wc + Ww (g)	10.206	9.388	10.202
Wc + Ws (g)	9.381	8.698	9.377
Ww	0.825	0.690	0.825
Wc	6.879	6.592	6.846
Ws	2.502	2.106	2.531
% W	33.0	32.8	32.6
PROMEDIO			32.8



RESUMEN

LIMITE LIQUIDO	62.4
LIMITE PLASTICO	32.8
INDICE DE PLASTICIDAD	29.6

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PARAMETROS DE SUELOS

LIMITES DE ATTERBERG
 ASTM D 423, ASTM D 424 Y AASHTO T 89-94, AASHTO T 9094

FECHA 10 DE MAYO DE 2000
 PROYECTO ROTONDA DE ALAJUELITA

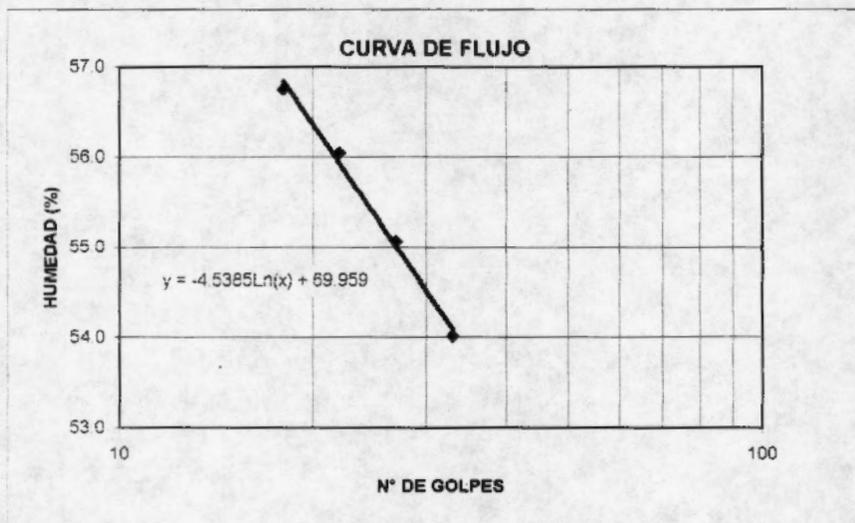
MUESTRA N°:
 UBICACION: Rotonda Rancho Guanacaste
 DESCRIPCION: SE SACO HASTA 3m
 P-3
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: Arcilla café

LIMITE LIQUIDO

DETERMINACION No	1	2	3	4	5
No. DE GOLPES	33	27	22	18	
Wc + Ww (g)	27.890	34.454	35.650	32.445	
Wc + Ws (g)	23.420	30.071	31.147	28.445	
Ww	4.470	4.383	4.503	4.000	
Wc	15.144	22.111	23.112	21.396	
Ws	8.276	7.960	8.035	7.049	
% W	54.0	55.1	56.0	56.7	

LIMITE PLASTICO

DETERMINACION No	1	2	3
RECIPIENTE No.	50	18	13
Wc + Ww (g)	9.383	9.165	10.031
Wc + Ws (g)	8.727	8.479	9.208
Ww	0.656	0.686	0.823
Wc	6.758	6.418	6.783
Ws	1.969	2.061	2.425
% W	33.3	33.3	33.9
PROMEDIO			33.5



RESUMEN

LIMITE LIQUIDO	55.4
LIMITE PLASTICO	33.5
INDICE DE PLASTICIDAD	21.8

ANEXO 5
Análisis de Fatiga

FATIGA
 ROTONDA ALAJUELITA

E_1 (Psi)	E_1 (kg/cm ²)	E_2	E_3	E_4	$U_z : z=0$ (pulg)	$U_z : z=0$ (mm*10 ⁻²)	$e_t = (3.54")$	$\sigma_t = (13.38")$ (psi)	$e_v = (27.61")$	σ/σ
CA (9 cm)										
300000	21127	500000	18000	6400	0.0208	52.8	-1.40E-05	52.00	-1.77E-04	0.60
200000	14085	500000	18000	6400	0.0216	54.9	-3.31E-05	54.80	-1.90E-04	0.63
300000	21127	600000	20000	6400	0.0201	51.1	-2.26E-05	55.30	-1.67E-04	0.64
350000	24648	650000	25000	10000	0.0141	35.8	-1.71E-05	50.90	-1.26E-04	0.59
CA (10 cm)										
350000	24648	500000	25000	10000	0.0145	36.8	-1.22E-05	43.10	-1.32E-04	0.50
350000	24648	600000	25000	10000	0.0141	35.8	1.05E-05	47.00	-1.25E-04	0.54

Estructura propuesta:		
	cm	in
CA	10	3.94
BE	25	9.84
SB	35	13.78
SR		

SN= 5.39

ROTONDA ALAJUELITA

ECUACION AASHTO- PAVIMENTO FLEXIBLE

W_{18}	$\text{LOG}_{10}(W_{18})$	R (%)	Z_R	S_0	SN	SN+1	Δ PSI	M_R	Error	$\text{LOG}_{10}(W_{18})$
1.10E+07	7.041392685	90	-1.282	0.35	5.1	6.1	1.7	6400	-8.3059E-05	7.04130963
1.10E+07	7.041392685	90	-1.282	0.35	4.9	5.9	1.9	6400	-6.88861E-05	7.0413238



73



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES

ROTONDA
ALAJUELITA

DISEÑO DEL PAVIMENTO

