

 <b>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA</b>	<h1>Informe de Ensayo</h1>	 <b>LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES</b> LanammeUCR
Código: RC-080-v16 Valido desde 03/01/2022	<b>EIC-Lanamme-INF-1155-2022</b>	ST-0713-2022 ST-0466-2022

1. El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento que se desarrollan los ensayos, es decir, bajo las condiciones ambientales y de uso de equipo, para las muestras indicadas en este informe.
2. Si el LanammeUCR no realiza el muestreo de las muestras y especímenes indicados en este informe, las cuales fueron suministradas por el cliente, se deberá entender que el LanammeUCR no puede garantizar la representatividad de los resultados, por lo que en este aspecto no asume responsabilidad alguna.
3. No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR. Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original y no podrá ser parte de procesos de contratación administrativa ni convierte al LanammeUCR partícipe de éstos.

**Advertencia:** cualquier alteración de los puntos anteriores podrá tener consecuencias legales (en cuanto a delitos como falsedad ideológica, entre otros).

Este informe complementa el informe EIC-Lanamme-INF-1011-2022.

## 1. Información del cliente:

**Nombre:** Fondo de Inversión de Desarrollo de Proyectos BN I

**Proyecto:** Prueba de placa en sitio

**Contacto:** Ing. Ileana Atan Chan; Ing. Pablo Ocampo Venegas.

## 2. Muestreos y métodos de ensayo:

Método de prueba estándar para pruebas de placas estáticas no repetitivas de suelos y componentes de pavimentos flexibles para su uso en la evaluación y diseño de pavimentos de aeropuertos y carreteras. Procedimiento para determinar el módulo de subrasante. (\*\*)

(\*\*) **Muestreo o método de ensayo no acreditado**

## 3. Información de las muestras o especímenes de ensayo:

<b><u>No. de identificación:</u></b>	<b><u>Descripción:</u></b>
M-1414-2022	Zona destinada para prueba de placa, identificada por el cliente como prueba de placa 1, arreglo de 2 botellas, área con dimensiones nominales de 0,82 m de largo x 1,1 m de ancho. (Prueba 1)
M-1415-2022	Zona destinada para prueba de placa, identificada por el cliente como prueba de placa 2, relleno lastre, área con dimensiones nominales de 0,82 m de largo x 1,1 m de ancho. (Prueba 2)

M-1416-2022

Zona destinada para prueba de placa, identificada por el cliente como prueba de placa 3, arreglo de 1 botella, área con dimensiones nominales de 0,41 m de largo x 1,1 m de ancho. (Prueba 3)

**Entregadas por:**

No aplica

**Fecha de recepción:**

El ensayo se elabora en sitio

**Fecha de realización del ensayo:**

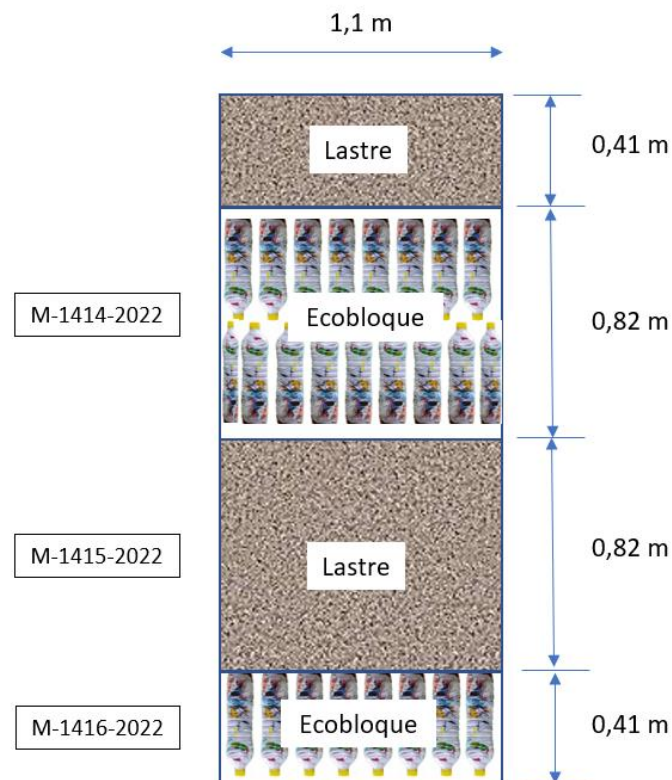
2022/08/18

**Lugar de realización del ensayo:**

Barrio El Socorro, Heredia, edificio de Bases de Datos del Banco Nacional

***4. Información del muestreo:***

Los puntos y zonas donde se realizaron los ensayos son establecidos por el cliente. Persona responsable de la ubicación de los puntos: Ing. Oscar Corrales.



**Figura 1. Esquema del arreglo de sitio para prueba de placa (pruebas 1, 2 y 3).**

## 5. Resultados:

Se realizaron en sitio 3 pruebas de placa, para la zona de prueba 1, M-1414-202 se utilizó un arreglo de 3 placas para la realización del ensayo (610 mm, 450 mm y 346 mm). De igual forma para la zona de prueba de placa 2, M-1415-2022, se utilizó un arreglo de 3 placas. En la zona de prueba 3, M-1416-2022, se utilizó una sola placa (346 mm de diámetro). (ver notas finales aclaratorias). En cada una de las zonas de ensayo, se colocó “pegamix”, tamizado por tamiz No.20 (850  $\mu$ m), sobre el punto donde se realiza la prueba, donde el material se utiliza para que las placas queden totalmente niveladas. Se utiliza una viga de sección alada, sobre el eje trasero del vehículo, como eje de reacción (ver fotografía 1). El vehículo es un camión clase C2, marca Mercedes Benz, con un peso de 15,8 Ton (según su ficha técnica), suministrado por la empresa ESTRUCTURAS S.A. Se colocan los discos de mayor a menor diámetro, se colocan los deformímetros apoyados sobre las placas a 120° entre sí, anclados a una estructura, cuyo soporte queda fuera del área de ensayo (ver fotografía 3). Sobre las placas se coloca el pistón/celda de carga, quien es el que suministra la carga, la cual se registra en un equipo de adquisición de datos.

La norma solicita únicamente una aplicación de carga y su descarga, debido a solicitud del Ingeniero Miguel Cruz (por parte del cliente) se realiza una segunda carga en el mismo punto y la respectiva descarga para las muestras M-1414 -2022 y M-1415 -2022. En todos los casos los resultados, los valores para el módulo de reacción vertical, Tabla 1, que se muestran corresponden al primer ciclo de carga tal como lo define la norma.

**Tabla 1. Resumen resultados para prueba de placa: M-1414-2022, M1415-2022 y M-1416-2022.**

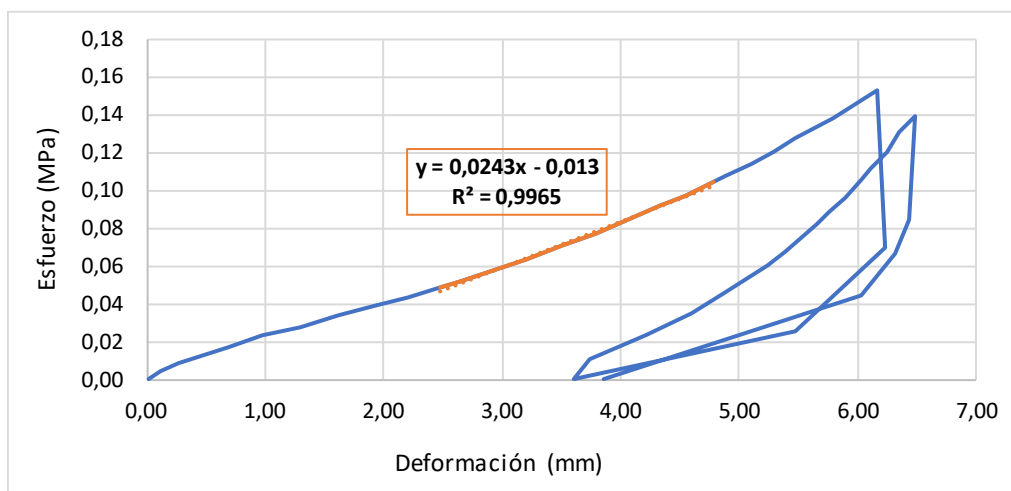
Muestra	Velocidad de aplicación carga promedio (mm/min)	Esfuerzo máximo (Mpa)	Deformación máxima (mm)	0,3 $\sigma_{\text{máx}}$ (Mpa)	0,7 $\sigma_{\text{máx}}$ (Mpa)	Módulo de reacción vertical (rango 0,3 $\sigma_{\text{máx}}$ - 0,7 $\sigma_{\text{máx}}$ ) (N/mm <sup>3</sup> )
M-1414-2022	0,27	0,1538	6,23	0,0461	0,1077	0,0243
M-1415-2022	0,28	0,1983	5,58	0,0595	0,1388	0,0426
M-1416-2022	0,48	0,5711	11,75	0,1713	0,3998	0,0554

### Nota:

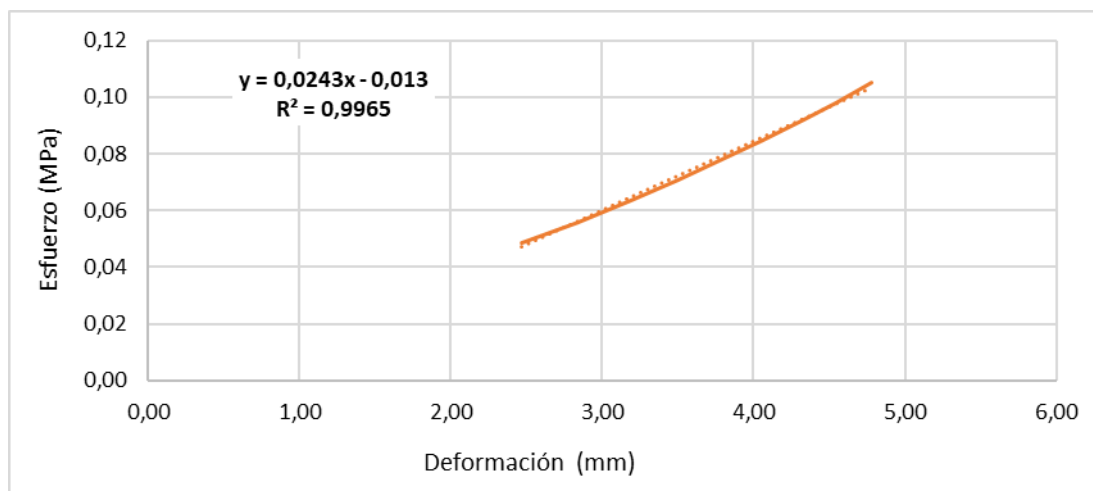
-El rango 0,3  $\sigma_{\text{máx}}$  y 0,7  $\sigma_{\text{máx}}$  está basado en el gráfico de la norma ASTM D1196-21. Figura 5.

**Tabla 2. Resultados de esfuerzo, desplazamiento y tiempo, prueba de placa: M-1414-2022.**

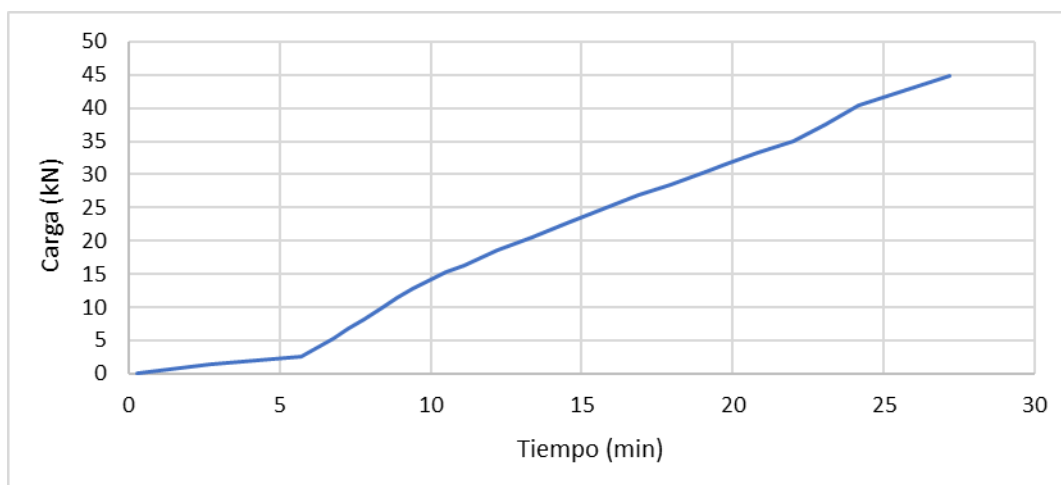
Fuerza aplicada		Esfuerzo	Deformación (mm)	Tiempo
kN	Tonf	MPa	Promedio	min
0,00	0,00	0,0000	0,01	0,30
1,43	0,16	0,0049	0,11	2,68
2,53	0,28	0,0087	0,26	5,70
5,17	0,57	0,0178	0,68	6,77
6,78	0,75	0,0233	0,97	7,28
8,14	0,90	0,0279	1,29	7,80
9,94	1,10	0,0341	1,62	8,40
11,54	1,27	0,0396	1,94	8,92
12,83	1,41	0,0440	2,20	9,40
14,18	1,56	0,0487	2,47	9,98
15,27	1,68	0,0524	2,65	10,52
16,30	1,80	0,0559	2,84	11,10
18,54	2,04	0,0637	3,19	12,22
20,59	2,27	0,0707	3,50	13,33
22,71	2,50	0,0779	3,79	14,52
24,75	2,73	0,0850	4,06	15,70
26,87	2,96	0,0922	4,33	16,87
28,53	3,14	0,0979	4,54	17,95
30,64	3,38	0,1052	4,78	19,20
31,59	3,48	0,1085	4,88	19,75
33,32	3,67	0,1144	5,10	20,80
35,04	3,86	0,1203	5,29	22,00
37,47	4,13	0,1286	5,48	23,08
40,33	4,44	0,1385	5,79	24,18
44,79	4,94	0,1538	6,16	27,20
20,46	2,26	0,0703	6,23	32,08
7,62	0,84	0,0262	5,48	32,60
0,00	0,00	0,0000	3,60	33,42
3,18	0,35	0,0109	3,73	0,77
6,98	0,77	0,0240	4,21	1,85
10,39	1,14	0,0357	4,60	2,90
13,34	1,47	0,0458	4,86	3,98
15,46	1,70	0,0531	5,05	5,05
17,64	1,94	0,0606	5,23	6,08
19,76	2,18	0,0678	5,38	7,15
21,87	2,41	0,0751	5,53	8,28
24,05	2,65	0,0826	5,66	9,35
26,10	2,88	0,0896	5,76	10,42
28,02	3,09	0,0962	5,89	11,50
30,83	3,40	0,1058	6,02	13,07
32,62	3,59	0,1120	6,11	14,12
35,30	3,89	0,1212	6,25	15,67
38,29	4,22	0,1315	6,35	16,72
40,59	4,47	0,1393	6,48	17,77
24,82	2,73	0,0852	6,43	18,62
19,44	2,14	0,0667	6,31	18,80
13,09	1,44	0,0449	6,02	18,98
0,00	0,00	0,0000	3,86	20,18



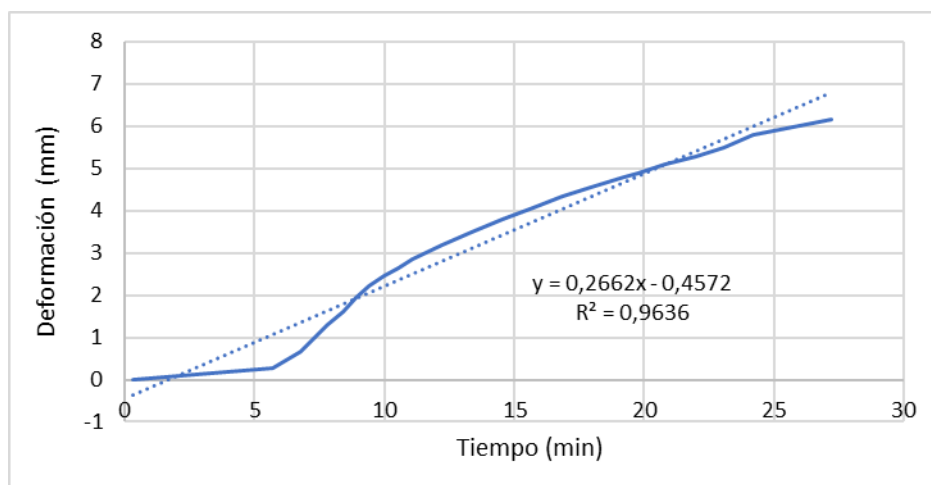
**Gráfico 1. Gráfico esfuerzo versus desplazamiento, prueba de placa: M-1414-2022.**



**Gráfico 2. Gráfico esfuerzo versus desplazamiento tramo entre  $0,3 \sigma_{\text{máx}}$  y  $0,7 \sigma_{\text{máx}}$ , prueba de placa: M-1414-2022.**



**Gráfico 3. Gráfico carga versus tiempo, prueba de placa: M-1414-2022.**



**Gráfico 4. Gráfico desplazamiento versus tiempo, prueba de placa: M-1414-2022.**

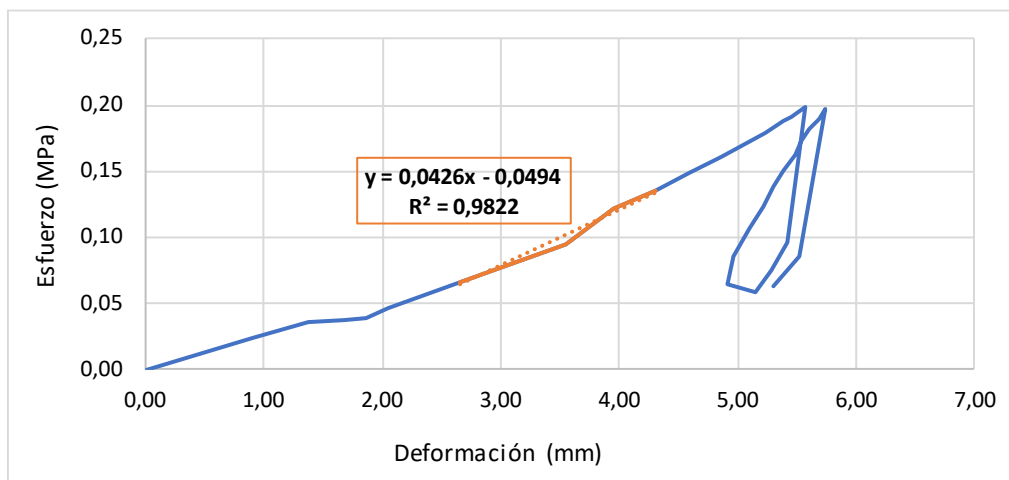
**Tabla 3. Resultados de esfuerzo, desplazamiento y tiempo para prueba de placa: M-1415-2022.**

Fuerza aplicada		Esfuerzo	Deformación (mm)	Tiempo
kN	Tonf	MPa	Promedio	min
0,00	0,00	0,0000	0,01	0,00
6,72	0,74	0,0231	0,90	1,40
10,19	1,12	0,0350	1,37	1,68
10,77	1,19	0,0370	1,67	3,38
11,48	1,27	0,0394	1,86	7,50
13,66	1,51	0,0469	2,04	7,57
19,31	2,13	0,0663	2,66	7,67
27,70	3,05	0,0951	3,54	7,92
32,87	3,62	0,1128	3,81	9,10
35,23	3,88	0,1210	3,96	9,68
39,57	4,36	0,1358	4,31	10,77
43,52	4,80	0,1494	4,60	11,83
46,89	5,17	0,1610	4,87	12,90
49,69	5,48	0,1706	5,05	13,95
52,30	5,76	0,1795	5,24	15,05
54,78	6,04	0,1881	5,39	16,13
55,86	6,16	0,1918	5,46	16,73
57,76	6,37	0,1983	5,58	17,63
27,76	3,06	0,0953	5,42	19,00
21,94	2,42	0,0753	5,28	18,92
17,13	1,89	0,0588	5,15	19,00
18,93	2,09	0,0650	4,92	0,57
24,95	2,75	0,0856	4,97	1,62
30,96	3,41	0,1063	5,10	2,72
35,68	3,93	0,1225	5,21	3,77
40,08	4,42	0,1376	5,30	4,83
43,90	4,84	0,1507	5,39	5,88
47,47	5,23	0,1630	5,48	6,93
50,33	5,55	0,1728	5,54	7,98
52,94	5,83	0,1817	5,61	9,05
55,16	6,08	0,1894	5,69	10,10
57,32	6,32	0,1968	5,74	11,12
24,69	2,72	0,0848	5,52	12,93
18,16	2,00	0,0623	5,31	13,07

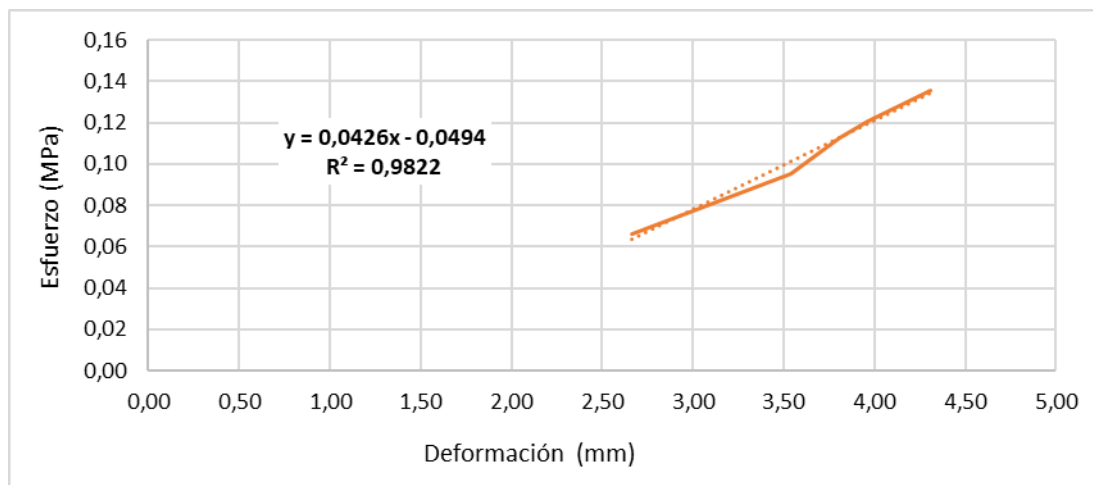
**Nota:**

-La prueba M-1415-2022, corresponde al ensayo de la zona únicamente con lastre. Se utilizaron dos tarimas extra de bloques, por lo tanto, en los gráficos de velocidad se denotan discontinuidades (desplazamiento versus tiempo).

-Para la repetición de la prueba de placa M-1415-2022, en el proceso de descarga, no es posible llegar a “0” carga, porque las tarimas deforman más que la altura mínima del conjunto de discos y pistón.

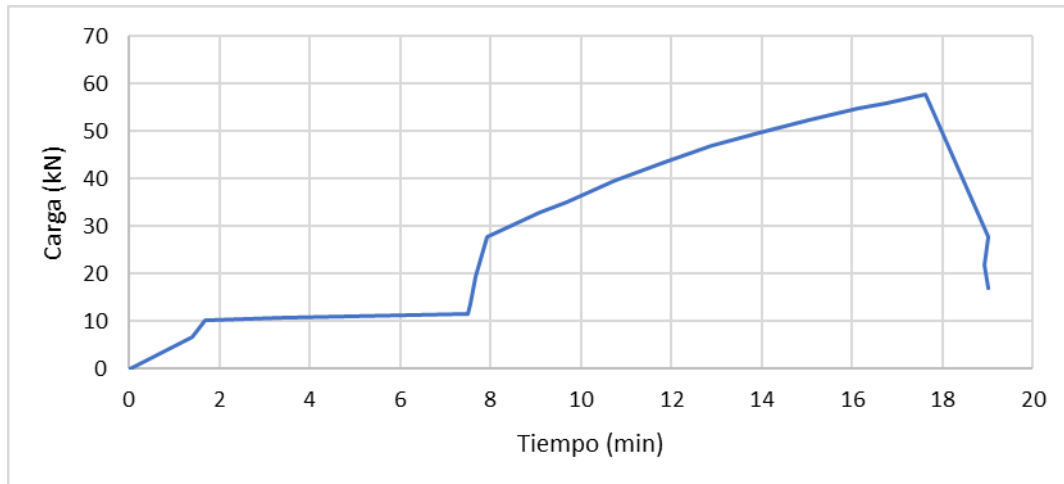


**Gráfico 5. Gráfico esfuerzo versus desplazamiento, para prueba de placa: M-1415-2022.**

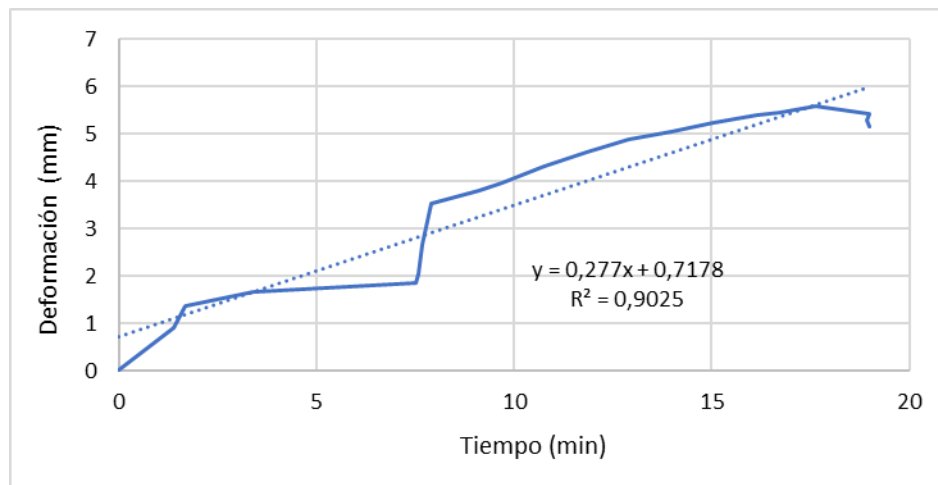


**Gráfico 6. Gráfico esfuerzo versus desplazamiento del tramo entre  $0,3 \sigma_{máx}$  y  $0,7 \sigma_{máx}$ , para prueba de placa: M-1415-2022.**





**Gráfico 7. Gráfico carga versus tiempo, para prueba de placa: M-1415-2022.**



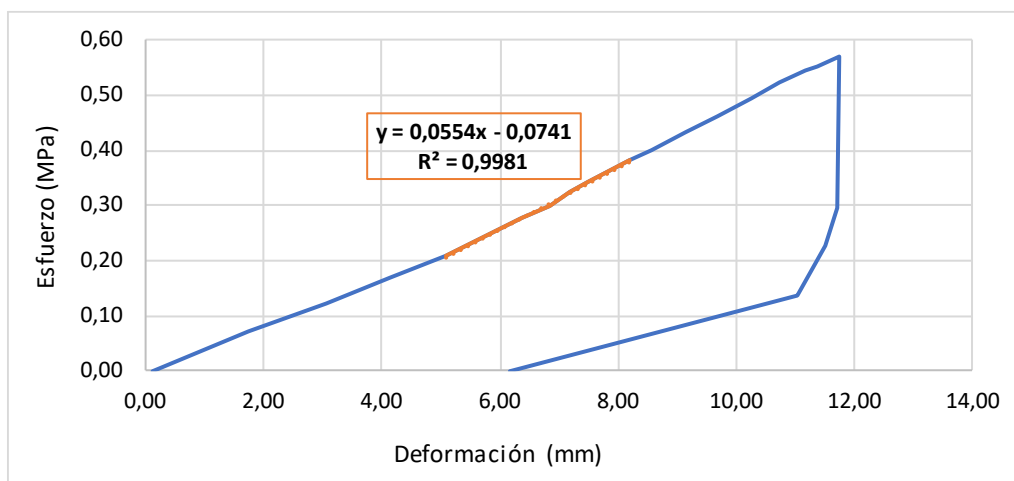
**Gráfico 8. Gráfico desplazamiento versus tiempo, para prueba de placa M-1415-2022.**

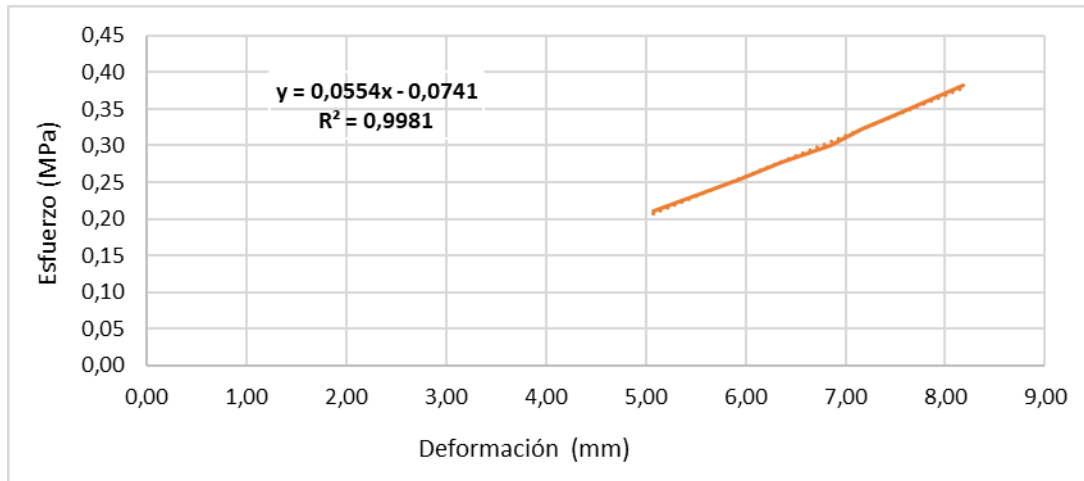
**Tabla 4. Resultados de esfuerzo, desplazamiento y tiempo para prueba de placa: M-1416-2022.**

Fuerza aplicada		Esfuerzo	Deformación (mm)	Tiempo
kN	Tonf	MPa	Promedio	min
0,00	0,00	0,0000	0,10	0,07
6,59	0,73	0,0703	1,75	1,70
11,35	1,25	0,1210	3,04	2,75
15,72	1,73	0,1676	4,15	3,78
19,70	2,17	0,2100	5,07	4,82
23,92	2,64	0,2550	5,95	5,92
25,97	2,86	0,2768	6,36	6,45
28,21	3,11	0,3007	6,84	7,03
30,32	3,34	0,3232	7,17	7,60
32,17	3,54	0,3429	7,50	8,10
35,81	3,95	0,3817	8,18	9,13
37,72	4,16	0,4021	8,58	9,72
40,53	4,47	0,4320	9,14	10,75
43,46	4,79	0,4632	9,67	11,83
46,51	5,13	0,4958	10,26	13,05
49,06	5,41	0,5229	10,74	14,08
51,03	5,62	0,5440	11,18	15,15
51,92	5,72	0,5535	11,36	15,67
53,57	5,90	0,5711	11,75	16,85
27,63	3,05	0,2946	11,73	18,02
21,36	2,35	0,2277	11,52	18,15
12,96	1,43	0,1381	11,03	18,35
0,00	0,00	0,0000	6,16	20,52

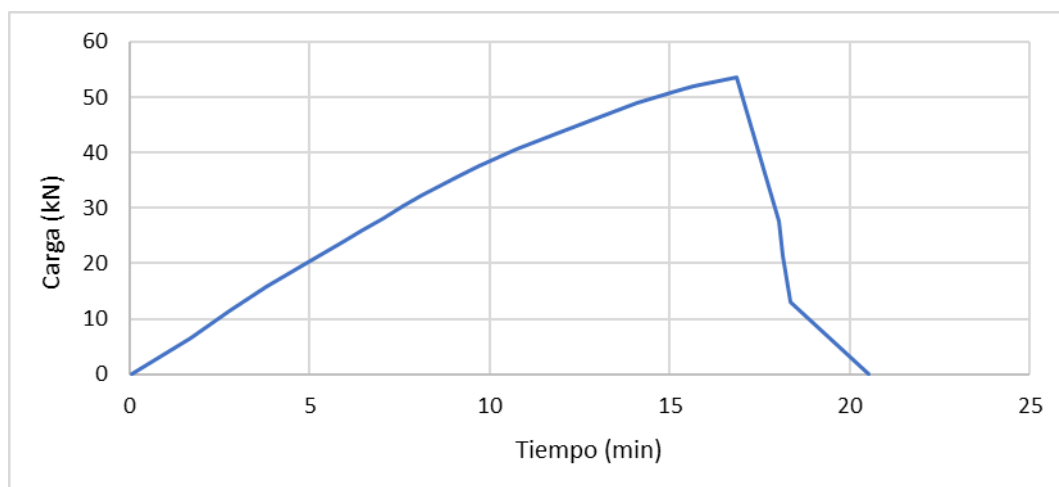
**Nota:**

-Prueba adicional solicitada por el cliente en la zona, con una sola hilera de ecobloques, para esta se utiliza la placa circular de 346 mm de diámetro.

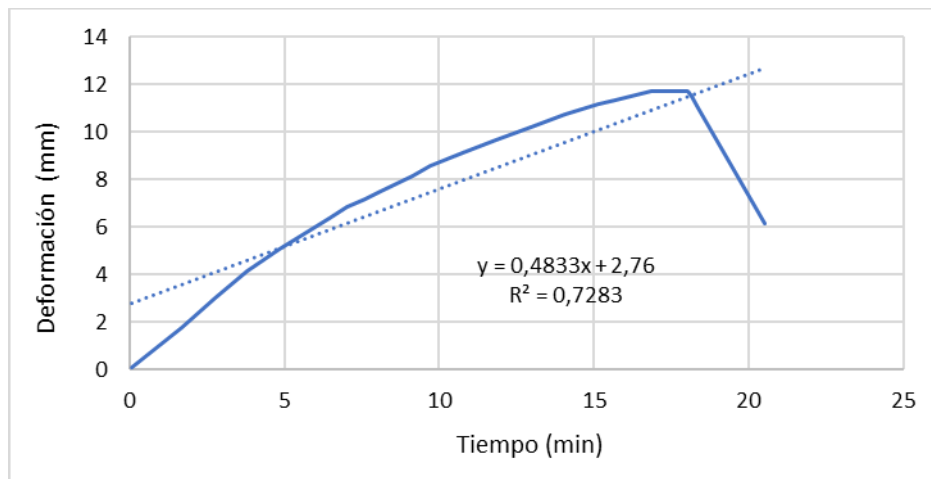
**Gráfico 9. Gráfico esfuerzo versus desplazamiento, para prueba de placa: M-1416-2022.**



**Gráfico 10. Gráfico esfuerzo versus desplazamiento tramo entre  $0,3 \sigma_{\text{máx}}$  y  $0,7 \sigma_{\text{máx}}$ , para prueba de placa: M-1416-2022.**



**Gráfico 11. Gráfico carga versus tiempo, para prueba de placa: M-1416-2022.**



**Gráfico 12. Gráfico desplazamiento versus tiempo, para prueba de placa: M-1416-2022.**

## 6. Fotografías

A continuación, se muestran fotografías del montaje y ejecución de los ensayos de prueba de placa realizados.



**Fotografía 1. Instalación de viga de carga en ejes del chasis del vehículo de reacción.**



**Fotografía 2. Arreglo de 3 discos para prueba de placa: M-1414-2022.**



**Fotografía 3. Montaje final prueba de placa: M-1414-2022.**





**Fotografía 4. Detalle ubicación de deformímetros, celda y pistón de aplicación de carga para prueba de placa: M-1414-2022.**



**Fotografía 5. Preparación del sitio para la prueba de placa: M-1415-2022.**



**Fotografía 6. Tarimas adicionales colocadas para la prueba de placa: M-1415-2022.**



**Fotografía 7. Ejecución de prueba de placa: M-1415-2022.**





**Fotografía 8. Preparación del sitio para prueba de placa: M-1416-2022.**



**Fotografía 9. Preparación de la viga de reacción para la prueba de placa: M-1416-2022.**





**Fotografía 10. Montaje para la prueba de placa: M-1416-2022.**



**Fotografía 11. Sitios de aplicación de las pruebas de carga (pruebas 1, 2 y 3).**

**Notas:**

-La prueba de placa realizada sobre zona con arreglo con 2 botellas de Ecobloque, corresponde a la M-1414-2022, ver Figura 1 y fotografía 11.

-La prueba de placa realizada sobre la zona solo lastre, corresponde a la M-1415-2022, ver Figura 1 y fotografía 11.

-La prueba de placa realizada sobre la zona con 1 sola hilera de botellas de Ecobloque, corresponde a la M-1416-2022, ver Figura 1 y fotografía 11.

-La ubicación de los sitios para la prueba de placa y la construcción de la zona de ensayo fueron llevadas a cabo por la Empresa Estructuras S.A.

- Para las pruebas de placa, para las M-1414-2022 y M-1415-2022, fueron realizadas con un arreglo de 3 placas circulares de 610 mm, 450 mm y 346 mm aproximadamente. Donde la placa de mayor diámetro es la placa que se encuentra en contacto con el terreno.

-Para la M-1416-2022, solo se utilizó placa de diámetro de 346 mm.

-Se hace mención que las condiciones de frontera entre pruebas son diferentes.

Para prueba de placa M-1414-2022, una frontera es suelo en condición natural y otra de lastre compactado en sitio.

Para la M-1415-2022, posee ambas fronteras longitudinales con Ecobloques, 1 frontera de Ecobloques en 2 hileras, y otra frontera, de 1 hilera de Ecobloques.

Para la M-146-2022, una frontera es lastre compactado en sitio, y la otra frontera suelo natural.

-En fotografía 11, las pruebas de placa se ubican del siguiente modo, M-1414-2022 (círculo derecho de la fotografía); M-1415-2022 (círculo central) y la M-1416-2022 (círculo de la izquierda).

-Para la aplicación de la carga, se fue suministrando presión con la viga de reacción y el pistón o celda de carga. Y se efectúan lecturas de desplazamiento de las placas en forma vertical.

**Revisó:****Aprobó:**

---

**Ing. Oscar Valerio Salas, M.Sc.**  
**Jefe Laboratorio Geotecnia**

---

**Ing. Luis Carlos Meseguer Quesada, MBA.**  
**Coordinador Laboratorios**  
**Área de Construcción**

---

Nota: La fecha de emisión de este informe de ensayo corresponde con la fecha indicada en la firma digital de aprobación del Coordinador respectivo o su sustituto. Lo anterior no aplica para una emisión en físico de este documento.

-----ÚLTIMA LÍNEA-----