

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autores:

Bach. Martín Eduardo Lázaro Linarez
Bach. Luisa Stephanie Telles Córdova

Asesor:

Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2018

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme salud, paciencia y sabiduría, para así llegar hasta estas instancias importantes de mi formación como profesional.

A mis padres, Javier y Norith, quienes me inculcaron desde muy pequeño valores como respeto y responsabilidad, así como también; que con su amor, paciencia y esfuerzo permitieron que pueda lograr una de mis metas.

Martín Eduardo Lázaro Linarez

A Dios, por guiarme, otorgarme salud y fortaleza a lo largo de mi vida.

A mis padres, Héctor y Sara, porque son mis pilares en mi formación, por brindarme su sacrificio y apoyo incondicional en mis sueños.

Luisa Stephanie Telles Córdova

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios, por ser nuestro guía, inspirarnos y darnos fuerza para así poder continuar con el proceso de cumplir nuestras metas.

A nuestros padres, por confiar y creer en nuestras metas, por los consejos, valores y principios inculcados, que han sido piezas fundamentales en nuestros procesos de crecimiento tanto personales como profesionales brindándonos su esfuerzo y dedicación en todo momento.

A nuestro asesor, Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina, por darse el tiempo y dedicación, quien durante todo este proceso nos orientó con su experiencia, conocimiento y motivación durante esta investigación.

De igual manera, agradecer infinitamente a nuestros hermanos, padrinos y demás familiares que nos dieron su apoyo y motivación para seguir adelante en el proceso de cumplimiento de la investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	43
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	72
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	96
REFERENCIAS.....	110
APÉNDICE	112
ANEXOS	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes metodológicos y referenciales de la hipótesis general.....	42
Tabla 2. Disposición de probetas a ensayar según diseño.....	44
Tabla 3. Probetas patrón.....	44
Tabla 4. Guía de observación para ensayo de resistencia a la compresión	45
Tabla 5. Guía de observación para ensayo de deformación	46
Tabla 6. Gradación de las muestras de ensayo	51
Tabla 7. Categorías de Subrasante.....	53
Tabla 8. Métodos de Proctor Modificado	54
Tabla 9. Tamices de malla.....	55
Tabla 10. Tamices de malla (alternativa).....	56
Tabla 11. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	56
Tabla 12. Métodos de Límite Líquido	58
Tabla 13. Tabla de K (Factor para límite líquido)	59
Tabla 14. Tabla de estimados de precisión	59
Tabla 15. Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad	61
Tabla 16. Especificación de cantidades según tipo de agregado.....	63
Tabla 17. Especificación de cantidades según tipo de agregado.....	64
Tabla 18. Cantidades requeridas de peso del agregado en función del tamaño nominal.....	64
Tabla 19. Resumen de esfuerzo de probetas patrón.....	72
Tabla 20. Resumen de esfuerzo de celda individual sin relleno.....	73
Tabla 21. Resumen de deformación de celda individual sin relleno	74
Tabla 22. Resumen de esfuerzo de celda individual con relleno	75
Tabla 23. Resumen de deformación de celda individual con relleno	76
Tabla 24. Resumen de esfuerzo de celda compuesta sin relleno.....	77
Tabla 25. Resumen de deformación de celda compuesta sin relleno	78
Tabla 26. Resumen de esfuerzo de celda compuesta con relleno.....	79
Tabla 27. Resumen de deformación de celda compuesta con relleno	80
Tabla 28. Resumen de esfuerzo de celda sin bordes (en “x”) sin relleno.....	81
Tabla 29. Resumen de deformación de celda sin bordes (en “x”) sin relleno	82
Tabla 30. Resumen de esfuerzo de celda sin bordes (en “x”) con relleno.....	83
Tabla 31. Resumen de deformación de celda sin bordes (en “x”) con relleno	84
Tabla 32. Planilla de metrados para pavimento a nivel de afirmado.....	90
Tabla 33. Precio por kilómetro de pavimento a nivel de afirmado	91
Tabla 34. Planilla de metrados para pavimento con el sistema Diamond Grid.....	91
Tabla 35. Precio por kilómetro de pavimento con el sistema Diamond Grid.....	91
Tabla 36. Planilla de metrados para pavimento a nivel de carpeta asfáltica.	92
Tabla 37. Precio por kilómetro de pavimento a nivel de carpeta asfáltica	92
Tabla 38. Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de probetas patrón.....	93
Tabla 39. Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas individuales sin relleno	93
Tabla 40. Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas individuales con relleno	93
Tabla 41. Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas compuestas sin relleno	94
Tabla 42. Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas compuestas con relleno	94
Tabla 43. Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celda sin bordes (en “x”) sin relleno	94
Tabla 44. Prueba de Shapiro – Wilk de celda sin bordes (en “x”) con relleno.....	95
Tabla 45. Análisis de varianza de probetas patrón y de celdas con relleno.....	95
Tabla 46. Análisis de comparaciones de tipos de diseños.....	95
Tabla 47. Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 18.....	161
Tabla 48. Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 22.....	162
Tabla 49. Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 25.....	163

Tabla 50. Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 04	164
Tabla 51. Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 08	165
Tabla 52. Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 21	166
Tabla 53. Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 27	167
Tabla 54. Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 09	168
Tabla 55. Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 15	169
Tabla 56. Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 14	170
Tabla 57. Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 04	171
Tabla 58. Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 18	172
Tabla 59. Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 08	173
Tabla 60. Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 24	174
Tabla 61. Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 21	175
Tabla 62. Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 06	176
Tabla 63. Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 25	177
Tabla 64. Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 07	178
Tabla 65. Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 01	179
Tabla 66. Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 05	180
Tabla 67. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 11	181
Tabla 68. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 12	182
Tabla 69. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 13	183
Tabla 70. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 14	184
Tabla 71. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 15	185
Tabla 72. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 21	186
Tabla 73. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 22	187
Tabla 74. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 23	188
Tabla 75. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 24	189
Tabla 76. Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 25	190

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de pavimento flexible	27
Figura 2. Estructura de pavimento flexible.....	28
Figura 3. Enrejillado entrelazable del sistema Diamond Grid	37
Figura 4. Diseño del sistema Diamond Grid.....	39
Figura 5. Dimensiones de celdas	39
Figura 6. Tipos de diseño de probetas	43
Figura 7. Trazo de planchas del sistema Diamond Grid	65
Figura 8. Corte de celdas compuestas.....	66
Figura 9. Probetas patrón (material base)	67
Figura 10. Ensayo de esfuerzo a probeta patrón	67
Figura 11. Compactación de celdas individuales y celdas compuestas.....	68
Figura 12. Compactación de celdas sin bordes (en “x”)	68
Figura 13. Clasificación de celdas con relleno	69
Figura 14. Clasificación de celdas sin relleno	69
Figura 15. Realización de ensayo de resistencia a la compresión	70
Figura 16. Realización de ensayo de deformación	71
Figura 17. Esfuerzo de probetas patrón de material base	72
Figura 18. Esfuerzo de celdas individuales sin relleno	73
Figura 19. Deformación de celdas individuales sin relleno	74
Figura 20. Esfuerzo de celdas individuales con relleno	75
Figura 21. Deformación de celdas individuales con relleno	76
Figura 22. Esfuerzo de celdas compuestas sin relleno	77
Figura 23. Deformación de celdas compuestas sin relleno	78
Figura 24. Esfuerzo de celdas compuestas con relleno.....	79
Figura 25. Deformación de celdas compuestas con relleno	80
Figura 26. Esfuerzo de celdas sin bordes (en “x”) sin relleno	81
Figura 27. Deformación de celdas sin bordes (en “x”) sin relleno.....	82
Figura 28. Esfuerzo de celdas sin bordes (en “x”) con relleno	83
Figura 29. Deformación de celdas sin bordes (en “x”) con relleno.....	84
Figura 30. Corte transversal de pavimento a nivel de afirmado	90
Figura 31. Corte transversal de pavimento con el sistema Diamond Grid	91
Figura 32. Corte transversal de pavimento a nivel de carpeta asfáltica.....	92
Figura 33. Análisis de resultados de esfuerzo de probetas con y sin relleno.....	96
Figura 34. Comparación de esfuerzo de probetas con relleno y probetas patrón	97
Figura 35. Análisis de deformación de celdas individuales con y sin relleno	98
Figura 36. Análisis de deformación de celdas compuestas con y sin relleno	99
Figura 37. Análisis de deformación de celdas sin bordes (en “x”) con y sin relleno	99
Figura 38. Comparación de curva deformación de los tres tipos de celdas sin relleno	100
Figura 39. Comparación de curva deformación de los tres tipos de celdas con relleno	101
Figura 40. Comparación de costo por kilómetro para cada sistema	102
Figura 41. Diferencia entre resultados de grupos – Prueba de Tukey	106
Figura 42. Deformación de celda individual probeta N°18	161
Figura 43. Deformación de celda individual probeta N°22	162
Figura 44. Deformación de celda individual probeta N°25	163
Figura 45. Deformación de celda individual probeta N°04	164
Figura 46. Deformación de celda individual probeta N°08	166
Figura 47. Deformación de celda individual probeta N°21	167
Figura 48. Deformación de celda individual probeta N°27	168
Figura 49. Deformación de celda individual probeta N°09	169

Figura 50. Deformación de celda individual probeta N°15	170
Figura 51. Deformación de celda individual probeta N°14	171
Figura 52. Deformación de celda compuesta probeta N°04.....	172
Figura 53. Deformación de celda compuesta probeta N°18.....	173
Figura 54. Deformación de celda compuesta probeta N° 08.....	174
Figura 55. Deformación de celda compuesta probeta N° 24.....	175
Figura 56. Deformación de celda compuesta probeta N° 21.....	176
Figura 57. Deformación de celda compuesta probeta N° 06.....	177
Figura 58. Deformación de celda individual compuesta N° 25	178
Figura 59. Deformación de celda compuesta probeta N° 07.....	179
Figura 60. Deformación de celda compuesta probeta N° 01.....	180
Figura 61. Deformación de celda compuesta probeta N° 05.....	181
Figura 62. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 11	182
Figura 63. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 12	183
Figura 64. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 13	184
Figura 65. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 14	185
Figura 66. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 15	186
Figura 67. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 21	187
Figura 68. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 22	188
Figura 69. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 23	189
Figura 70. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 24	190
Figura 71. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 25	191
Figura 72. Clasificación de probetas según tipo de diseño	193
Figura 73. Codificación de probetas.....	193
Figura 74. Medición de probetas	194
Figura 75. Probetas de celda sin bordes (en “x”) con relleno	194
Figura 76. Ensayo de esfuerzo de celda compuesta sin relleno	195
Figura 77. Probetas de celda individual y compuesta antes de realizar el capping	195
Figura 78. Realizando capping a probetas con relleno	196
Figura 79. Probeta de celda compuesta sin relleno después de ensayo de deformación	196
Figura 80. Probeta de celda compuesta con relleno en ensayo de deformación.....	197
Figura 81. Probeta de celda sin bordes (en “x”) con relleno en ensayo de deformación.....	197
Figura 82. Probetas patrón después de ensayo de resistencia a la compresión	198

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, tiene como objetivo determinar de qué manera influye el sistema Diamond Grid en la resistencia a la compresión en el mejoramiento del pavimento.

La investigación es de tipo experimental puro, se consideraron tres tipos de diseño: celda individual, celda compuesta y celda sin bordes (en “x”). Se tomaron en cuenta datos del Manual para el Diseño de Carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MTC, 2008). Con esta información, se comparó una vía de bajo tránsito con y sin el uso del sistema con el fin de apreciar la ventaja económica.

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y deformación para cada tipo de diseño con y sin relleno y se determinó que las probetas de celda individual y celda compuesta obtuvieron un mayor esfuerzo con relleno que siendo ensayadas sin relleno. El esfuerzo en la celda individual con relleno incrementa con un factor de mejoramiento de 1.58 a comparación del esfuerzo sin relleno obtenido. Asimismo, el esfuerzo de la celda compuesta con relleno incrementa con un factor de mejoramiento de 4.27 comparado con el esfuerzo sin relleno del mismo tipo. En el caso de la celda sin bordes (en “x”) el esfuerzo con relleno decrece con un factor de inflexión de 0.43.

El costo de una vía con aplicación del sistema Diamond Grid es intermedio comparado con la ejecución de un pavimento a nivel de afirmado y pavimento flexible. La aplicación del sistema Diamond Grid muestra un ahorro de 19% del precio de un pavimento flexible.

Para concluir, el sistema Diamond Grid mejora considerablemente las propiedades mecánicas del suelo y su aplicación es rentable disminuyendo gastos en mantenimiento.

Palabras clave: Diamond Grid, suelos, estabilización.

ABSTRACT

The present investigation has been carried out in the city of Trujillo, its objective determinates how the Diamond Grid system influences the resistance to compression in the improvement of the pavement.

The research is pure experimental type, three types of design were considered: single cell, compound cell and cell without borders (in "x"). Data from the Manual for the Design of Unpaved Roads of Low Volume of Traffic (MTC, 2008) were taken into account. With this information, a low traffic path was compared with and without the use of the system in order to appreciate the economic advantage.

Compression and deformation resistance tests were made for each type of design with and without filling and it was determined that the individual cell and composite cell specimens obtained a greater stress with filling than being tested without filling. The stress in the individual cell with filling increases with a factor of improvement of 1.58 compared to the stress without filling obtained. Additionally, the stress of the composite cell with filler increases with a factor of improvement of 4.27 compared with the effort without filler of the same type. In the case of the cell without borders (in "x") the stress with filling decreases with a turning factor of 0.43.

The cost of a road with the application of the Diamond Grid system is a mid-priced compared to the execution of a pavement at the level of affirmed and flexible pavement. The application of the Diamond Grid system shows a 19% saving in the price of a flexible pavement.

To conclude, the Diamond Grid system considerably improves the mechanical properties of the soil and its application is profitable, reducing maintenance costs.

Key words: Diamond Grid, soils, stabilization.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las geoceldas son el producto del desarrollo de nuevos métodos constructivos. Este sistema innovador que ayuda al mejoramiento del suelo por su alta resistencia a cargas verticales también reduce tiempos muertos, costos de mano de obra y maquinaria.

El éxito de la estabilización del suelo en accesos a minas en Australia se debe al uso del sistema Diamond Grid. Los costos directos del mantenimiento permanente y los costos asociados a la imposibilidad de acceder a los sitios de explotación eran restringidos hasta que los caminos fueran reparados, obteniendo resultados negativos económicamente en tiempo. Con la aplicación del sistema de rejillas de geoceldas, los caminos tienen una superficie firme, pareja y con buen drenaje manteniendo a los trabajadores lejos del lodo en periodos de lluvia (Diamond Grid International).

En los últimos años en Canadá, específicamente en Toronto, se destacan signos de solución de senderos resbaladizos y ubicados en pendientes muy inclinadas. Utilizar concreto en esos casos resulta ser una opción onerosa y lenta. Con la aplicación del sistema Diamond Grid la instalación es rápida, no hay problemas de transporte de materiales, el relleno de las geoceldas es práctico y el resultado es satisfactorio.

En Nueva Zelanda, el mejoramiento de superficies sólidas de uso industrial en especial en época de lluvias se debe al uso del sistema Diamond Grid. Las costas de Nueva Zelanda se ven afectadas en tiempo de precipitación generando

superficies lodosas donde las maquinarias se quedan atrapadas. La aplicación del sistema de geoceldas permite tener una superficie nivelada durante cualquier época del año reduciendo altos costos de mantenimiento en superficies irregulares (Diamond Grid International).

El sector construcción peruano es uno de los sectores más dinámicos de la economía, pues sus actividades involucran a otras industrias relacionadas. Sin embargo, aún no se hacen uso en su totalidad de sistemas innovadores de geoceldas de estabilización de suelos. La implementación adecuada del sistema genera optimización de recursos. Actualmente, se están realizando estudios de este tipo de tecnología para ser aplicados y obtener una óptima productividad en este rubro.

El sector construcción en los últimos años viene aportando de manera importante al PBI (producto bruto interno) de La Libertad. Este aporte se incrementaría si las empresas se enfocaran en el mejoramiento de los recursos viales, esto daría como producto un mayor dinamismo a nivel nacional. Actualmente, en la región se ven muchas carencias. Como toda actividad de carácter económico como este sector, tiene como funciones principales el mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial motivo por el cual se necesita de un conjunto de instituciones públicas o privadas que permitan desarrollar su actividad (Cámara De Comercio Y Producción De La Libertad, 2019).

En la ciudad de Trujillo, se invierte mucho tiempo y dinero en el mantenimiento y reparación de las vías urbanas debido a que no se realizan los correctos diseños y no se utilizan los materiales adecuados. Tal es el punto, que vemos hoy en día

proyectos que tienen elevados costos de operación. Definitivamente muestra carencia de aplicación de nuevas tecnologías en problemas estabilización de suelos.

En la actualidad, los profesionales han desarrollado sistemas de estabilización, Diamond Grid, el cual mediante sus geoceldas de polipropileno reciclado brindan resistencia a las superficies aplicadas. La estructura del armazón del sistema permite hacer ahorros importantes comparados a una superficie tradicional optimizando gastos en los materiales y la mano de obra.

Maceda, E. (2015) encontró que las nuevas tecnologías de la Bio técnica de protección de márgenes fluviales, permitió optar la aplicación del diseño la alternativa del Sistema Geocelular Geoweb + relleno con concreto. El sistema de confinamiento geocelular es versátil y fácil de instalar, presenta altos rendimientos, las losas flexibles a utilizar no requieren de juntas ni encofrados, y por último en su mayoría el sistema emplea materiales disponibles en la zona de trabajo.

Soto, H. (2009) encontró que después de varios meses de que los trabajos de geomantas (22,000 m²), geotextiles (2,500 m²) y geomantas bi-orientadas (25,000 m²) fueron terminados, ninguna erosión en la superficie o deslizamientos eran visibles. La estructura del camino se mezcló en el ambiente local debido a la presencia de la vegetación y arbustos que se habían plantado. La técnica especial prevenía la erosión de la superficie, la cual permite relativamente a bajos costos y altos beneficios ambientales.

Aguilar, D. (2016) encontró que el resultado del análisis de las variables identificadas (resistencia a la erosión, durabilidad, rugosidad de la superficie y la

estabilidad del sistema de protección) ha podido determinar que las geoceldas con relleno de concreto son el revestimiento más adecuado para funcionar como sistema de protección en el proyecto de defensas ribereñas del río Zarumilla, debido a que poseen una mayor magnitud de velocidad de arrastre crítica y una mejor performance ante las fuerzas de arrastre.

La construcción a lo largo de las últimas décadas ha tenido pequeños cambios importantes en sus procedimientos y estos cambios se deben a las nuevas tecnologías tanto en equipos como en materiales que se han desarrollado. La aplicación de las tecnologías con la mano de obra capacitada y la especialización de profesionales disminuyen los errores en obras obteniendo óptimos resultados. Es por ello, que los profesionales investigan los recursos y las necesidades en campo para innovar los materiales y estos tengan una buena aplicación.

Las tesis nos indican que los sistemas de estabilización se originan debido a que se incrementa la necesidad más crítica en los proyectos, alta de calidad técnica en las obras de ingeniería buscando un equilibrio económico y disminuyendo el impacto ambiental con productos o sistemas que promuevan la protección del medio ambiente. Los estudios analizan y dan a conocer las ventajas al emplear estos materiales innovadores para el diseño de estructuras de protección.

La empresa minera BHP Billiton (Australia) aplicó el sistema Diamond Grid en los caminos de acceso al sitio de exploración y senderos en las plantas de la mina por lo que estos se volvían inestables durante y después de la época de lluvia, debido a que el material base siempre era arrastrado por el agua generando costos en el mantenimiento e inaccesibilidad. Se procedió a nivelar la base existente, se colocó

el geotextil sobre la base en donde se instaló la malla, creando una barrera entre la base y la capa superior. El sistema Diamond Grid se instaló sobre el geotextil, se esparció gravilla de 12 mm sobre las celdas y se compactó.

La empresa All Earth Group (Australia) realizó la instalación del sistema Diamond Grid en el estacionamiento en la estación de servicio donde las máquinas recargaban combustible, el sector estaba lodoso y resbaladizo ocasionando problemas de seguridad ya que los conductores después de cargar combustible mostraban sus botas enlodadas causando que sus pies resbalaran de los pedales de conducción. El área fue excavada de 40 mm más abajo del nivel de la zona circundante, nivelada y compactada, se instaló el sistema y las geoceldas se llenaron con material base y luego se volvió a compactar el área.

El negocio minero Thiess (Canadá) instaló el sistema Diamond Grid en la planta de manejo y preparación de carbón (CHPP). En algunas áreas de las oficinas de Thiess siempre estaban mojadas, lodosas y el agua empozada en el sector hacía imposible el tránsito. Las geoceldas se instalaron sobre el área nivelada y fueron llenadas con grava de 10 mm hasta el tope de la superficie. Los resultados fueron excelentes en el área aplicada y de fácil instalación.

La empresa Energex. Instaló el sistema Diamond Grid en un garaje para camiones en una zona costera (Nueva Zelanda) en donde en época de lluvia, los camiones se quedaban atrapados en el lodo y la superficie del patio se volvía irregular por lo cual la empresa requería una superficie sólida que sirviera de garaje transitorio. Las geoceldas fueron instaladas sobre el área nivelada y las celdas se llenaron con grava de 10 mm.

Si se desplanta el terraplén inmediatamente sobre el suelo blando después del paso de los primeros vehículos se producirán problemas de hundimiento en la grava de la base o movimientos horizontales y verticales. Es necesario aumentar y distribuir la capacidad de carga del suelo de la base para evitar hundimientos diferenciales y desplazamientos. Un terraplén sobre suelo blando puede padecer asentamientos excesivos, con consecuentes rompimientos en su cuerpo e incluso fallas por cortante, para limitar los movimientos laterales y verticales del terreno.

La erosión es un proceso natural causado por las fuerzas del agua y el viento. Este es influenciado por un cierto número de factores, como el tipo de suelo, vegetación y geografía, puede ser acelerado por varias actividades que ocurren dependiendo del uso de suelo. Procesos de erosión sin control pueden causar daños mayores a estructuras existentes y al medio ambiente. Una obra de protección en taludes puede requerir el uso de suelo clavado, tirantes o anclajes para garantizar la estabilidad. La vegetación complementaria del talud protege contra pérdidas de suelo debido a las acciones del agua y del viento.

Cuando un relleno excede su capacidad, es usualmente cubierto para asegurar que el agua de lluvia no infiltre la superficie. La filtración de agua de lluvia a través del relleno puede provocar contaminación del agua del subsuelo y superficies de agua cercanas. Cubiertas como estas siempre son requeridas sobre rellenos completados. Una cubierta compuesta, la cual suele haber sido hecha de suelos y materiales sintéticos, pueden eliminar efectivamente la infiltración, pero debe ser cuidadosamente diseñada para tomar en cuenta consideraciones tales como estabilidad del talud, degradación a largo plazo y erosión. Además, ascensiones

significativas de gas pueden ser producidas por la descomposición de desechos y un sistema apropiado de Ventilación de Gases en rellenos deberá ser diseñado.

El inadecuado estudio de suelos puede ocasionar asentamientos en la estructura del pavimento, debido a que no se realizan los correctos ensayos de estos materiales, no se toman en cuenta algunas características del suelo como licuefacción, nivel freático, porcentajes de limos y arcillas. Es importante realizar un estudio minucioso para que el diseño del pavimento cumpla con los parámetros establecidos.

Las condiciones climáticas influyen de manera constante en los proyectos de construcción, estos se pueden ver afectados en términos de incremento de costos de la obra, en el transporte de materiales y el buen desarrollo de las actividades en general., problema que se ve más acentuado en nuestro país por su gran diversidad de microclimas. Es por ello que según el clima se deben aplicar los materiales más convenientes.

Los materiales a utilizarse en el sistema de estabilización de suelos, deben ser acorde a su uso y que estos sean de calidad. La mala aplicación de estos no solo genera pérdidas económicas sino también en el tiempo que se emplea, cotización, transporte e instalación. Por lo tanto, se debería llevar a cabo un control estricto en el requerimiento de materiales justificando su aplicación y de esa forma de evitará realizar gastos innecesarios. Díaz, J., Escobar, O. (2009)

El sistema Diamond Grid permite optimizar los recursos de costo y tiempo, debido a que se reduce significativamente el mantenimiento y operación de las vías

aplicadas. Esta rejilla innovadora de polipropileno reciclado no solo es ecoamigable por su origen sino también por su relleno a emplear, pues se reducen los materiales de relleno a un 60% y estos pueden ser extraídos de la misma zona donde se encuentra el proyecto sin tener que pagar excesivamente en el transporte.

Las geoceldas brindan altas resistencias, siendo una opción estable para suelos irregulares. Además, este producto es reutilizable se puede reubicar en caso se realicen cambios en el diseño o a medida del avance del proyecto se tengan que ir trasladando ciertos senderos, en el caso de los campamentos. Sin la aplicación de nuevas tecnologías se invertiría mucho tiempo y dinero en procesos tradicionales.

Aguilar, D. (2016)

1.2. Antecedentes

I. “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN MATERIAL DE SUBRASANTE TÍPICO DE BOGOTÁ ESTABILIZADO CON UN SISTEMA DE GEOCELAS ANTE LA APLICACIÓN DE CICLOS DE CARGA Y DESCARGA MEDIANTE PRUEBAS DE LABORATORIO”.

Duarte & Sierra (2015), tuvo como objetivo evaluar los esfuerzos y deformaciones de un suelo típico de Bogotá estabilizado con un sistema de geoceldas al aplicar ciclos de carga y descarga, en modelos de laboratorio.

Se utilizó una caja de dimensiones de 120 cm x 90 cm x 160 cm conformándose de material subrasante, el cual se estabilizó de manera convencional (subrasante con una capa de material granular) y con un

sistema de geoceldas. Se determinó que el comportamiento de una subrasante mejora con la aplicación de un sistema de estabilización, utilizar un sistema de geoceldas reduce los asentamientos de la subrasante en un 97,2% y utilizar un sistema de estabilización convencional reduce los asentamientos de la subrasante en un 95,8%, estos valores fueron obtenidos a una distancia de 20 cm de punto de aplicación de carga.

Los asentamientos presentan una reducción del 34% al utilizar un sistema de geoceldas respecto a un sistema de estabilización convencional. Por otra parte, los esfuerzos se reducen en un 53% al utilizar un sistema de geoceldas como alternativa de estabilización, respecto a un sistema de estabilización convencional.

Este estudio aportará el análisis de un sistema estabilizado con geoceldas, que servirá para tener en cuenta que es fundamental usar un sistema de estabilización para suelos con característica desfavorables.

II. “LA APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS A TERRAPLENES”.

Soto, H. (2009), tuvo como objetivo divulgar y promover los geosintéticos, así como sus usos y beneficios a través de una descripción sencilla, técnica y concreta de éstos. El diseño fue realizado por el departamento de Ingeniería del Ministerio de Defensa, requirió la inclusión de una capa a base de geomalla integral de 40 kN/m x 40 kN/m y otra de 20 kN /m x 20 kN /m en zonas no sujetas a la presencia de corrientes de marea. En zonas que serían afectadas por corrientes de mareas, así como con una capacidad de carga muy baja a nivel subrasante, con valores de CBR menores de 2.0, 2 capas de 40

kN /m x 40 kN /m y una de 20 kN /m x 20 kN /m serian instaladas. Se propusieron las geomallas bi-orientadas tipo 440 y 220 por ser las que cubrían los requerimientos y especificaciones de diseño. La isla artificial que formaría la instalación militar costera se construyó usando también 2 capas de geomalla tipo 440 y un tipo 220. El diseño del acceso de 550 m lo realizó el proveedor y fabricante de geosintéticos. La altura del acceso que conectaría la isla artificial con el muelle variaba de 1.7 a 3.0 m de altura. La aplicación de las distintas geomallas para el camino de 9 Km sujeto a corrientes de marea y con un bajo CBR, la isla artificial y el acceso, así como los gaviones, permitieron aumentar la capacidad de carga de la sub-base reducir el espesor requerido de material de préstamo sin reducir su funcionamiento en el largo plazo, se optimizó el tiempo de construcción debido a la fácil instalación de las geomallas aminorando los costos al utilizar una cantidad mucho menor de material de relleno. Se determinó que los productos y métodos descritos pueden ser combinados para obtener un resultado mejor; así como también tipo de diseño y construcción dependen del espacio, accesibilidad, necesidades a corto y largo plazo, tipo de suelo y opciones de solución. Este estudio es muy importante ya que brinda opciones ante múltiples problemáticas en campo donde se aplican productos geosintéticos. Además, aporta amplia información sobre los diversos usos que tiene un geosintético.

III. “APLICACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS Y EN OBRAS DE DRENAJE PARA CARRETERAS”

Díaz, Escobar & Olivo (2012), tuvo como objetivo analizar la utilización de

los geosintéticos en la construcción de carreteras y conocer los diferentes tipos de materiales que existen y los diferentes usos que se pueden aplicar para solucionar los problemas que generalmente se presentan en la construcción de carreteras. En el diseño de subdrenes longitudinales con 10.5 m de ancho y 1% de pendiente longitudinal se consideró cubrir el perímetro del subdrén con geotextil acomodándolo correctamente a la base de la trinchera y la parte inferior de las paredes laterales asegurando un contacto íntimo entre el geotextil y el material adyacente, dejando por encima una cantidad de tela necesaria para que una vez acomodada el material filtrante, se cubra la totalidad del subdrén, con un traslape de 30 cm. El proceso de instalación de los geosintéticos en las obras fue relativamente simple, por lo que el control de calidad debe ser estricto con el fin de evitar que se cometan errores durante la colocación, tales como inadecuadas longitudes en los traslapes, costuras, falta de preparación del sitio de colocación, flujo de equipo pesado sobre el geosintético colocado, exposición del geosintético a la intemperie, etc. Defectos que fácilmente pueden ser pasados por alto y ocasionar que el geosintético presente un bajo desempeño en su funcionalidad durante la vida útil del proyecto. Se determinó que para establecer el tipo de geotextil a emplear en una determinada obra, la norma AASTHO M - 288-05 nos brinda los requerimientos mínimos que estos deben poseer de acuerdo a la función para la cual será utilizado ya sea separación, refuerzo, repavimentación, filtración y drenaje dividiéndolos a su vez en tres clases, de acuerdo a la severidad de condiciones de instalación y desempeño a la que estos estarán sometidos. La clase I para condiciones de alta severidad,

la Clase II para nivel de severidad media y la Clase III para condiciones de baja severidad.

Este estudio es de importancia debido a que su enfoque primordial fue la calidad del geosintético, brindando características en tres tipos fundamentales de requerimientos: funcional, instalación y supervivencia. Con el fin de establecer criterios que tienden a asegurar que el geotextil no solo cumpla su función principal de retención de asfalto a lo largo de su vida útil, sino que esta no resulte limitada a causa de los esfuerzos a que estará sometido durante su instalación en la obra.

IV. “PLANEAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA DEFENSA RIBEREÑA DEL PUENTE TAHUAMANU UTILIZANDO GEOESTRUCTURAS – MADRE DE DIOS”

Garavito, J. (2016), tuvo como objetivo describir los criterios considerados en la realización del planteamiento integral de la Defensa Ribereña del Río Tahuamanu, enumerando el uso de geoestructuras para diferentes proyectos de ingeniería y describir metodologías de llenado. Para los trabajos Aguas Arriba y Aguas Debajo de Margen Derecho y Margen Izquierdo correspondientemente las actividades correspondientes a la protección del talud con geoestructuras, las partidas básicas que la componen son colocación y llenado de geoestructuras respectivamente y serán agrupadas por frentes de trabajo. Se tuvo especial consideración con las geoestructuras debido a la complejidad de su distribución, además el llenado de estas estructuras se

puede suponer que conformará la ruta crítica del proyecto. Es por ello que solo para las actividades correspondientes a geoestructuras se dividió en siete frentes de trabajo, tres de protección del talud y cuatro de construcción del dique. Las duraciones de trabajos de llenado de geoestructuras se ve reducido en 100 días o 3.3 meses comparado con el tradicional obteniendo un resultado de 300 días. Otro aspecto comparativo, entre ambas soluciones, es que el uso de geoestructuras produce menor impacto al medio ambiente en cuestiones de emisiones durante la ejecución de la obra. Debido a que la cantera más cercana para la extracción de piedra se encuentra a 314 Km del frente de trabajo; para atender el suministro de piedra se requiere de una gran cantidad de volquetes que transiten diariamente, esto aumenta, evidentemente, las emisiones de CO₂ en el ambiente. A diferencia de la alternativa utilizando geoestructuras, pues al reutilizar el material de excavación de encauzamiento se reduce este exceso de emisiones. De acuerdo a las condiciones de la zona, se determinó que la alternativa que incluía el uso de geoestructuras era la más adecuada, debido a que significaba una reducción del plazo hasta en un 30%; por otro lado, en el aspecto económico, disminuye considerablemente los costos hasta en un 70%, teniendo en cuenta la misma configuración de soluciones para proteger el talud.

Este estudio es importante debido a que su enfoque de diseño del proyecto desde cero, realiza comparaciones en costo de material, tiempo en mano de obra y el impacto ambiental que este genera en campo. La investigación resalta los beneficios del uso de geoestructuras para proyectos de defensas ribereñas debido a sus características de resistencia, estanqueidad y

revegetación, sobre todo para zonas de altas precipitaciones y con poca disponibilidad de material para agregados.

v. “COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE EL USO DE GAVIONES Y GEOCELDAS COMO ESTRUCTURAS DE DEFENSA RIBEREÑA”.

Aguilar, D. (2016), tuvo como objetivo identificar las variables técnicas que permitan comparar el comportamiento de los sistemas de revestimiento contra la erosión de colchones de gaviones y de geoceldas con relleno de concreto en el proyecto de defensa ribereña del río Zarumilla. Se desarrolló mediante la recopilación de información para sustentar y comparar las variables establecidas. Se usaron variables cuantitativas. La población en la que se realizó el análisis corresponde al proyecto de defensas ribereñas del río Zarumilla. Los instrumentos utilizados fueron la revisión de bibliografía en libros, artículos de investigación, bases de datos, expedientes técnicos, guías de diseño, catálogos de productos y fuentes de primer orden. Las etapas que se siguieron en el proyecto son las siguientes: Preparación del proyecto, revisión de la literatura y el marco teórico, formulación de la metodología, ejecución del análisis y redacción del informe. Se obtuvo como resultado que las geoceldas son el recubrimiento con mejor desempeño en el análisis de estabilidad comparativo respecto a los colchones de gaviones. Estas características deben tener un mayor factor de seguridad (8.8) en el análisis de deslizamiento de la armadura (1.48) en dirección del flujo bajo condición sumergida, debido a que la armadura está compuesta por bloques de concreto que otorgan al sistema un alto grado de resistencia respecto a las fuerzas de

arrastre y deslizamiento. Se determinó la identificación de las variables técnicas que permiten la comparación entre ambos revestimientos. Las variables definidas son las siguientes: La resistencia a la erosión y durabilidad, la rugosidad de la superficie y la estabilidad del sistema de protección.

Este estudio aportará mediante los resultados de factor de seguridad, la importancia de considerar este material en las obras, debido a su identificación mediante los análisis de resistencia a la erosión y durabilidad. Asimismo, la investigación da a conocer que no es permisible que se diseñe un sistema que requiera un alto nivel de mantenimiento para prolongar las condiciones óptimas de su vida útil y no sean parte del proyecto las operaciones de mantenimiento.

VI. “EVALUACIÓN DEL USO DE GEOSINTÉTICOS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO ZARUMILLA – TUMBES”.

Maceda, E. (2015), tuvo como objetivo validar el uso de geosintéticos para el control de la erosión hídrica del margen izquierdo del río Zarumilla. Se tomó en cuenta la metodología “diseño en función” debido a que es la más indicada para determinar la elección del geosintético más conveniente a ser aplicado en la obra de Defensa de la Margen Izquierda del río Zarumilla. La aplicación del diseño permitió detectar la función primaria que el geosintético cumplirá dentro del proyecto, con el fin de relacionarse numéricamente con las propiedades necesarias y el grado de vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y resiliencia. Se determinó dentro del diseño la aplicación del

Sistema Geocelular Geoweb con relleno de concreto, debido a que el sistema de confinamiento geocelular es versátil y de fácil instalación, presentando altos rendimientos, por ejemplos, las losas flexibles que se utilizarán no van a requerir juntas ni encofrados y el sistema permitirá emplear en su mayoría material disponible en la zona de trabajo.

Este estudio es importante ya que demuestra que el uso de geosintéticos tiene un buen desarrollo en el proyecto por sus bondades, como práctica instalación y la optimización de recursos en campo y a futuros trabajos de mantenimiento. Además, resalta la importancia de elegir la metodología adecuada para emplear un material con estas características, pues debe cumplir con ciertos parámetros para ser aplicado según la necesidad de la obra.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Pavimento

1.3.1.1. Definición

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de la terracería y la superficie de rodamiento.

Sus principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la intemperie y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, el pavimento es la súper estructura de una obra vial que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con las comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto. (Rico & Del Castillo, 2005).

1.3.1.2. Tipos de pavimentos

A. Pavimento flexible: Es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta construida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente (MTC, 2013)

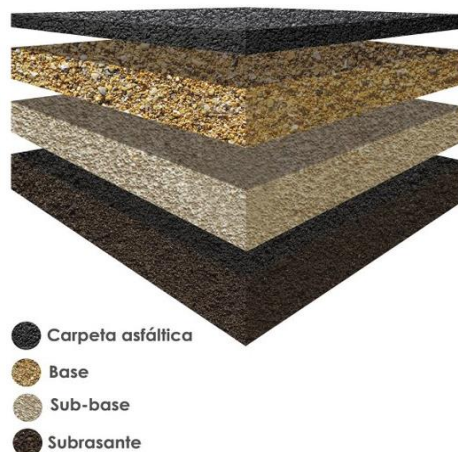


Figura 1. Estructura de pavimento flexible

B. Pavimento rígido: Según el Manual de Carreteras (MTC, 2013), es una estructura de pavimento compuesta

específicamente por una capa de subbase granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso, aditivos. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas.
- Pavimento de concreto con junta y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

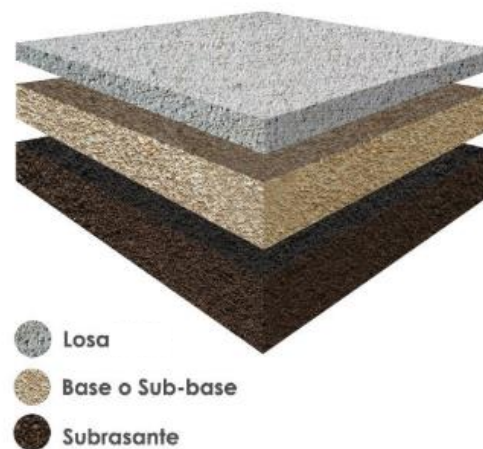


Figura 2. Estructura de pavimento flexible

C. Pavimento Semirrígido: Es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con

cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados (MTC, 2013).

1.3.1.3. Funciones de las capas

A. Pavimento flexible

a. Carpeta asfáltica

Tiene tres funciones principales: servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura para evitar en lo posible la percolación del agua al interior del pavimento y ser resistente a los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas.

b. Base

Sirve como apoyo a la carpeta asfáltica y transmite los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores en un nivel adecuado.

c. Sub-base

Principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del pavimento. Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar sólo base o sub-base y base. Con la construcción de la sub-base, puede ser que el espesor final de

la capa sea mayor pero aun así resultar en un diseño más económico. Además, puede servir como una capa de transición ya que actúa como un filtro que separa a la base de la subrasante impidiendo que los finos penetren en la primera y la dañen estructuralmente. Esta capa ayuda a controlar los cambios volumétricos que podrían tomar lugar en la subrasante debido a cambios en su contenido de agua o a cambios de temperatura. De esta manera, las deformaciones serían absorbidas por la sub-base evitando que se reflejen en la carpeta asfáltica. En cuanto a resistencia cumple la misma función que las capas superiores de transmitir los esfuerzos a la subrasante. Por último, a través de esta capa se puede drenar el agua e impedir la ascensión capilar (Huang, 2004).

B. Pavimento rígido

a. Base o sub-base

Servir como apoyo uniforme a la losa. Control de bombeo: se debe tratar de evitar el bombeo, eyección de agua con suelo (mayormente finos), a través de las juntas, grietas y extremos del pavimento. El agua proviene de la infiltración por medio de las juntas, luego por acción de los movimientos repetitivos de la losa, por las pesadas cargas axiales del tránsito, los finos se van segregando y se licúan para posteriormente salir a la superficie. Para que ocurra el

bombeo se necesita que el suelo se encuentre saturado, por ello contar con un adecuado sistema de drenaje es una de las medidas más eficientes para contrarrestar ese efecto.

Mejorar el drenaje: otra opción a la situación descrita en el párrafo anterior es el uso de la sub-base para elevar el pavimento en caso la napa freática se encuentre muy superficial. Además, utilizar material uniformemente gradado para que conforme la capa, permitiría que el agua sea drenada rápidamente evitando la acumulación.

Reducir las consecuencias del congelamiento de los suelos: el limo es más susceptible al congelamiento que la arcilla por lo que habría que limitar el porcentaje existente en la sub-base. Para que se produzca congelamiento debe haber una fuente continua de agua, entonces si la napa freática se encuentra muy cercana a la sub-base se podría optar por deprimirla. Controlar los cambios de volumen de la subrasante y disminuir los efectos que tales cambios puedan producir en la superficie.

Aumentar un poco la capacidad portante del suelo de la subrasante.

Facilitar la construcción: la sub-base se puede usar como plataforma para el paso de los equipos pesados de construcción (Huang, 2004).

b. Losa de concreto

Soluciones analíticas: son tres, la fórmula de Goldbeck, el análisis de Westergaard basado en fundaciones o cimientos líquidos y el análisis de Pickett basado en cimientos sólidos. La primera considera al pavimento como una viga con una cara concentrada en la esquina. La segunda asume que la presión reactiva entre la losa y la subrasante en un punto es proporcional a la deflexión en ese mismo punto, así como que la losa y la capa inferior se encuentran en contacto pleno. El método de la PCA se basa en este análisis. Soluciones numéricas: en las soluciones analíticas se asumió que la losa y la capa adyacente se encontraban en contacto total, pero en la realidad este hecho no se cumple. Por ende, se desarrollaron métodos de elementos discretos y de elementos finitos.

Fatiga del concreto: un esfuerzo de flexión repetido no causa necesariamente la ruptura del concreto siempre y cuando no se exceda el cincuenta por ciento del módulo de ruptura.

Bombeo: con el incremento del tráfico en las carreteras, se hizo evidente el importante rol que desempeñaba el tipo de subrasante que existía bajo el pavimento para su funcionamiento. Es así como se determinó que el uso de material granular como base ayudaba a contrarrestar el bombeo. (Huang, 2004).

1.3.1.4. Estudios necesarios para el diseño

Aunque algunas metodologías pueden variar entre sí, los siguientes factores son necesarios para el diseño del pavimento en la mayoría de ellas (MTC, 2013).

I. Estudios de tráfico

- Clasificación de los vehículos
- Estimación de la tasa de crecimiento
- Factores destructivos
- Proyección del tráfico

II. Estudios de mecánica de suelos

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422,
MTC E 107

- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E 110
- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E 111
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Contenido Sulfatos ASTM D-516
- Contenido Cloruros ASTM D-512
- Contenido Sales Solubles Totales MTC – E219
- Clasificación AASHTO M-145

Ensayos Especiales:

- California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC – E132, o Módulo resiliente de suelosde subrasante AASHTO T 274, MTC – E128
- Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC – E115
- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC – E114
- Ensayo de Expansión Libre ASTM D-4546
- Colapsabilidad Potencial ASTM D-5333
- Consolidación Uniaxial ASTM D-2435

III. Estudios hidrológicos-pluviométricos

El informe a necesitar se basa en la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada todos los días durante varios años para poder tener un registro confiable.

Estos datos son cruciales para definir el coeficiente de drenaje (Cd) necesario en la metodología de la AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor de que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles.

Además, se puede obtener la temperatura promedio del aire durante el año. Esta sería el parámetro del Mean Annual Air Temperature (MAAT) requerido para elegir el gráfico correspondiente y hallar el espesor de la carpeta asfáltica en la metodología del Instituto del Asfalto (MTC, 2013).

IV. Estudios de canteras y fuentes de agua

Otro aspecto a tomar en cuenta es el tipo de material que se encuentra disponible en la zona porque de ello dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares y, por tanto, del pavimento como estructura.

Las especificaciones que debe cumplir el material granular son muchas, pero dos de las más importantes son la granulometría y el CBR mínimo. En cuanto a las fuentes de agua, se debe

tener en consideración la cantidad de sulfatos, sólidos en suspensión y el pH del agua (MTC, 2013).

1.3.2. Sistema Diamond Grid

1.3.2.1. Historia

Diamond Grid se diseñó originalmente para su uso en granjas para resolver problemas con áreas fangosas. La solución fue fácil, estabilizó el terreno y desarrolló un sistema de drenaje, mejor aún, un producto que haga ambas cosas: estabilizar y drenar.

Después de tres años en el mercado australiano, cada vez más aplicaciones para el producto se hicieron evidentes, no solo en la industria rural, sino también en minería, civil y paisajismo.

Actualmente, la lista de clientes incluye las tres empresas mineras más grandes de Australia, las principales empresas de construcción, los departamentos gubernamentales, Olympic Equestrian Studs, los principales entrenadores de caballos de carreras, algunas de las tiendas minoristas y ferreterías rurales más grandes de Australia y los EE. UU.

1.3.2.2. Definición

Diamond Grid es un sistema de enrejillado entrelazable (*Figura 3*) que reduce la erosión, baches, acanalado y elimina toda superficie barrosa en cualquier terreno.

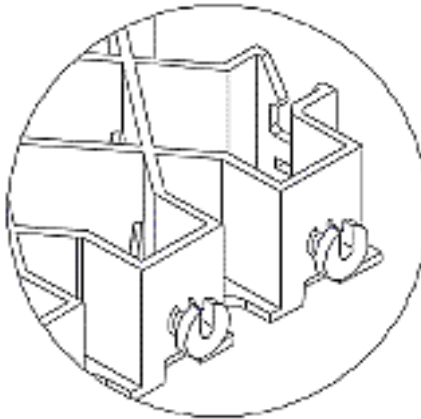


Figura 3. Enrejillado entrelazable del sistema Diamond Grid

Diamond Grid es un producto innovador llamado también un “todo terreno”, de tecnología australiana, el sistema ha sido creado para la construcción de carreteras, caminos y estacionamientos. Su uso es un gran éxito en Australia, Australasia, Papua Nueva Guinea, Canadá y en USA, en donde se ha utilizado en vías de acceso, zonas inundadas, desiertos, zonas rurales, aeropuertos, etc.

Además, ha conseguido excelentes resultados en la optimización de costos de mantenimiento en carreteras, caminos, pisos de almacenes, talleres y otras áreas que requieren superficies sólidas y resistentes, aptas para todo tipo de vehículos.

1.3.2.3. Características

- Está fabricado a base de polipropileno 100% reciclado.
- Cuenta con una larga vida útil.
- No requiere mantenimiento los primeros 3 años (costo cero en mantenimiento de vías.
- Crea una superficie sólida y segura, incluso con el uso constante y fuertes lluvias.
- En climas extremos, como los desiertos tienden a expandirse y regresar a su estado original, sin deformarse.
- De fácil instalación y reubicación.
- Tiene una capacidad de carga de 280 Ton/m² cuando se encuentra vacío y 1,000 Ton/m² cuando se encuentra con material de relleno.
- Tiene una flexibilidad de hasta un 96%, lo que permite adecuarse a las diferentes condiciones del terreno.
- Es un producto de no inflamable (en caso de incendio, el producto se derrite)
- Retracta los Rayos UV.

1.3.2.4. Diseño

El diseño de la estructura (*Figura 4*) permite reforzar superficies expuestas a carga pesada y uso frecuente. En la parte inferior cuenta con espacios vacíos que permiten mayor permeabilidad del agua; además de contar con pines de anclaje, los cuales evitan que el sistema se deslice en la superficie. El tamaño es adaptable, permite ser colocado en cualquier superficie.

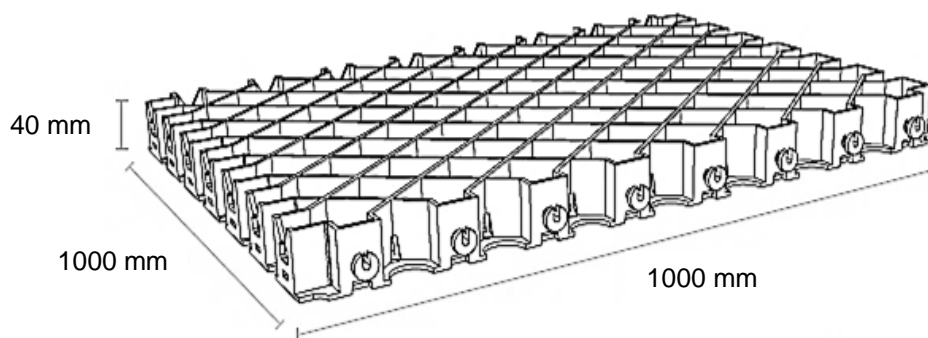


Figura 4. Diseño del sistema Diamond Grid

La medida de las celdas es de 6cm x 6cm x 4cm. Su diseño permite tener mayores aplicaciones civiles y mineras permitiendo su alta resistencia a la compresión.

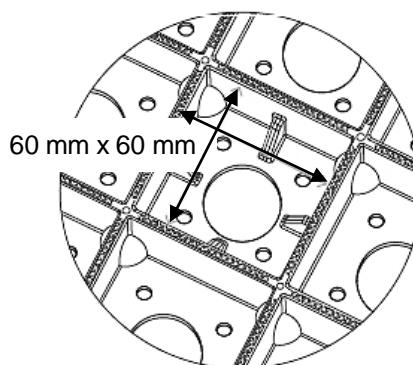


Figura 5. Dimensiones de celdas

1.3.2.5. Aportes del Sistema Diamond Grid al pavimento

- **Senderos a plantas mineras**

La instalación de senderos costo-efectivo es estable y resistente al uso intenso, pues no son arrastrados por la lluvia ni cubiertos bajo el lodo soportando severas condiciones climáticas conservando una superficie segura y resistente. Eliminando el gasto permanente de cuadrillas y maquinaria de mantenimiento de caminos.

- **Piso de talleres**

Al ser mucho más económico que el concreto. Diamond Grid es la solución perfecta para cubrir el suelo de galpones. Las rejillas resisten hasta 400 ton/m² haciéndolas ideales para guardar equipos y vehículos.

- **Pistas aéreas**

Diamond Grid es la solución ideal para construir pistas aéreas económicas y resistentes, en especial en área remotas, manteniendo la pista libre de fango y erosión, incluso en zonas de alta pluviosidad.

- **Senderos para campamentos**

El uso del sistema de rejillas en campamentos ofrece una solución costo-efectiva y estable, debido a que son reinstalables cuando los campamentos son trasladados.

- **Cruce de arroyos**

La aplicación del sistema en el cruce de arroyos impedirá que el material base y la grava sea arrastrada por el agua, creando una solución permanente para el cruce de camiones y otros vehículos.

- **Estacionamientos de alta resistencia**

El sistema se puede usar para crear superficies sólidas para estacionamientos de alta resistencia, sin costos asociados a los productos impermeabilizantes comunes, como el concreto y alquitrán.

- **Caminos de transporte**

Diamond Grid permite realizar cubiertas superiores en los caminos para evitar formación de baches, surcos y erosión. Son fáciles de usar, debido a que no necesitan una estructura, no dañan el medio ambiente, son económicos, con el tiempo no se agrietan

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera influye el sistema Diamond Grid en la resistencia a la compresión en el mejoramiento de un pavimento en la ciudad de Trujillo?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- ✓ Determinar de qué manera influye el sistema Diamond Grid en la resistencia a la compresión en el mejoramiento del pavimento.

1.5.2. Objetivos específicos

- ✓ Explicar características, propiedades y especificaciones del sistema Diamond Grid.
- ✓ Realizar ensayos de probetas para cada tipo de diseño sin relleno.
- ✓ Realizar ensayos de probetas para cada tipo de diseño utilizando el material base como relleno.
- ✓ Analizar estadísticamente las probetas ensayadas.
- ✓ Analizar el aumento de la resistencia a compresión del material bajo la influencia del sistema Diamond Grid.
- ✓ Evaluar los costos por kilómetro de las partidas para una vía con y sin la aplicación del sistema Diamond Grid, en base al análisis de costos unitarios.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La aplicación del sistema Diamond Grid aumentará la resistencia a la compresión de un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018.

Tabla 1.

Componentes metodológicos y referenciales de la hipótesis general

HIPÓTESIS GENERAL	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	EI espacio	EI tiempo
La aplicación del Sistema Diamond Grid aumentará la resistencia a compresión de un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018.	V.I: Sistema Diamond Grid V.D: Resistencia a compresión	Pavimento	Aumentará	Trujillo	Año 2018

Elaboración: Propia.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Población y muestra

2.1.1. Población

La población de la siguiente investigación es el pavimento sin la influencia del sistema Diamond Grid y el sistema bajo la influencia del sistema Diamond Grid de la ciudad de Trujillo.

2.1.2. Muestra

El tipo de muestreo considerado es el muestreo no probabilístico, porque el proceso de selección de los elementos de la muestra será por conveniencia donde se variará el diseño del sistema Diamond Grid.

Las probetas del sistema Diamond Grid serán aplicadas bajo los ensayos de resistencia a la compresión y deformación. Las cuales irán variando según el diseño: celda individual, celda compuesta y celda sin bordes (en “x”), con y sin relleno respectivamente (*Figura 6*).

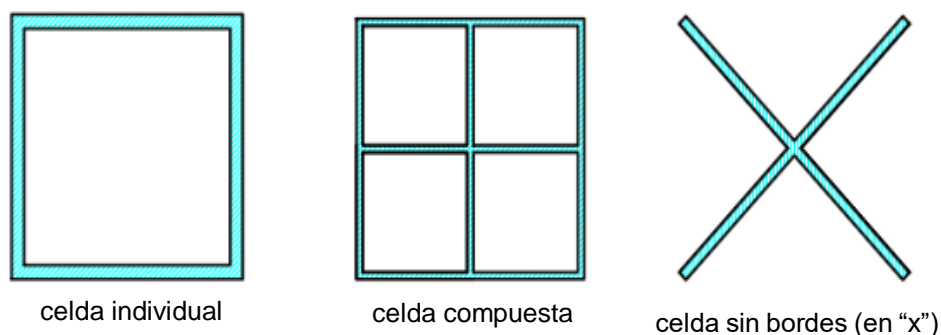


Figura 6. Tipos de diseño de probetas

En las siguientes tablas se especifican las cantidades de probetas según los diseños del sistema y los ensayos a realizar.

Tabla 2.

Disposición de probetas a ensayar según diseño

DISEÑO DE PROBETA	CON RELLENO / SIN RELLENO	ENSAYOS	NÚMERO DE PROBETAS	SUBTOTAL DE NÚMERO DE PROBETAS
CELDA INDIVIDUAL	SIN RELLENO	COMPRESIÓN	10	25
		DEFORMACIÓN	5	
	CON RELLENO	COMPRESIÓN	5	
		DEFORMACIÓN	5	
CELDA COMPUESTA	SIN RELLENO	COMPRESIÓN	10	25
		DEFORMACIÓN	5	
	CON RELLENO	COMPRESIÓN	5	
		DEFORMACIÓN	5	
CELDA SIN BORDES (EN "X")	SIN RELLENO	COMPRESIÓN	10	25
		DEFORMACIÓN	5	
	CON RELLENO	COMPRESIÓN	5	
		DEFORMACIÓN	5	
TOTAL DE NÚMERO DE PROBETAS				75

Elaboración: Propia.

Tabla 3.

Probetas patrón

DESCRIPCIÓN	DETALLES
ENSAYO	COMPRESIÓN
INÚMERO DE PROBETAS	5
MATERIAL	AFIRMADO

Elaboración: Propia.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.2.1. Recolección de datos

- ✓ Técnica

La presente investigación utilizará la técnica de observación ya que es

una técnica que implica seleccionar, ver y registrar sistemáticamente la conducta y características de las probetas.

✓ Instrumento

El instrumento que se utilizará será la guía de observación, debido a que permitirá una mayor descripción del comportamiento de nuestra unidad de estudio. Son dos guías de observación a utilizar, para ensayo de resistencia a la compresión (Tabla 4) y para ensayo de deformación (Tabla 5).

Tabla 4.

Guía de observación para ensayo de resistencia a la compresión

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE SISTEMA DIAMOND GRID	FICHA N° _____	PROBETA N° _____
1. DATOS GENERALES		
1.1 NOMBRES DE INVESTIGADORES	Martín Eduardo Lázaro Linarez Luisa Stephanie Telles Córdova	
1.2 UBICACIÓN	Trujillo	
1.3 FECHA Y HORA DE ENSAYO		
2. DATOS ESPECÍFICOS		
2.1 DISEÑO DE SISTEMA	2.2 DATOS DE PROBETA	
A. Celda Individual	A. Área de contacto (cm ²)	
B. Celda sin bordes (en "X")	B. Carga máxima (kg)	
C. Celda compuesta	C. Con relleno/sin relleno	

Elaboración: Propia.

Tabla 5.

Guía de observación para ensayo de deformación

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE SISTEMA DIAMOND GRID		FICHA N° _____	PROBETA N° _____
1. DATOS GENERALES			
1.1 NOMBRES DE INVESTIGADORES		Martín Eduardo Lázaro Linarez Luisa Stephanie Telles Córdova	
1.2 UBICACIÓN		Trujillo	
1.3 FECHA Y HORA DE ENSAYO			
2. DATOS ESPECÍFICOS			
2.1 DISEÑO DE SISTEMA		2.2 DATOS DE PROBETA	
A. Celda Individual		A. Área de contacto (cm ²)	
B. Celda sin bordes (en "X")		B. Carga máxima (kg)	
C. Celda compuesta		C. Con relleno/sin relleno	
PUNTO	CARGA (Kg)	DEFORMACIÓN (mm)	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

Elaboración: Propia.

2.2.2. Análisis de datos

✓ Método

En la presente investigación, para el análisis estadístico se utilizará el método de inferencia estadística, porque permitirá inducir a partir de la información empírica proporcionada de una muestra, cuál es el comportamiento de una determinada población con un riesgo de error medible en términos de probabilidad.

✓ Instrumento

- Prueba de normalidad

Se utilizará la prueba de Shapiro – Wilk para determinar la normalidad, pues nos ayudará a comprobar que los valores estadísticos presenten el orden normal estándar. Ésta prueba es una de las más sencillas y potentes, siendo su única condición que el tamaño de la muestra debe ser igual o menos a 50. Las pruebas de hipótesis se definen de la siguiente manera:

H_0 = Hipótesis nula, la variable no tiene una distribución normal.

H_1 : Hipótesis alternativa, la variable tiene una distribución normal.

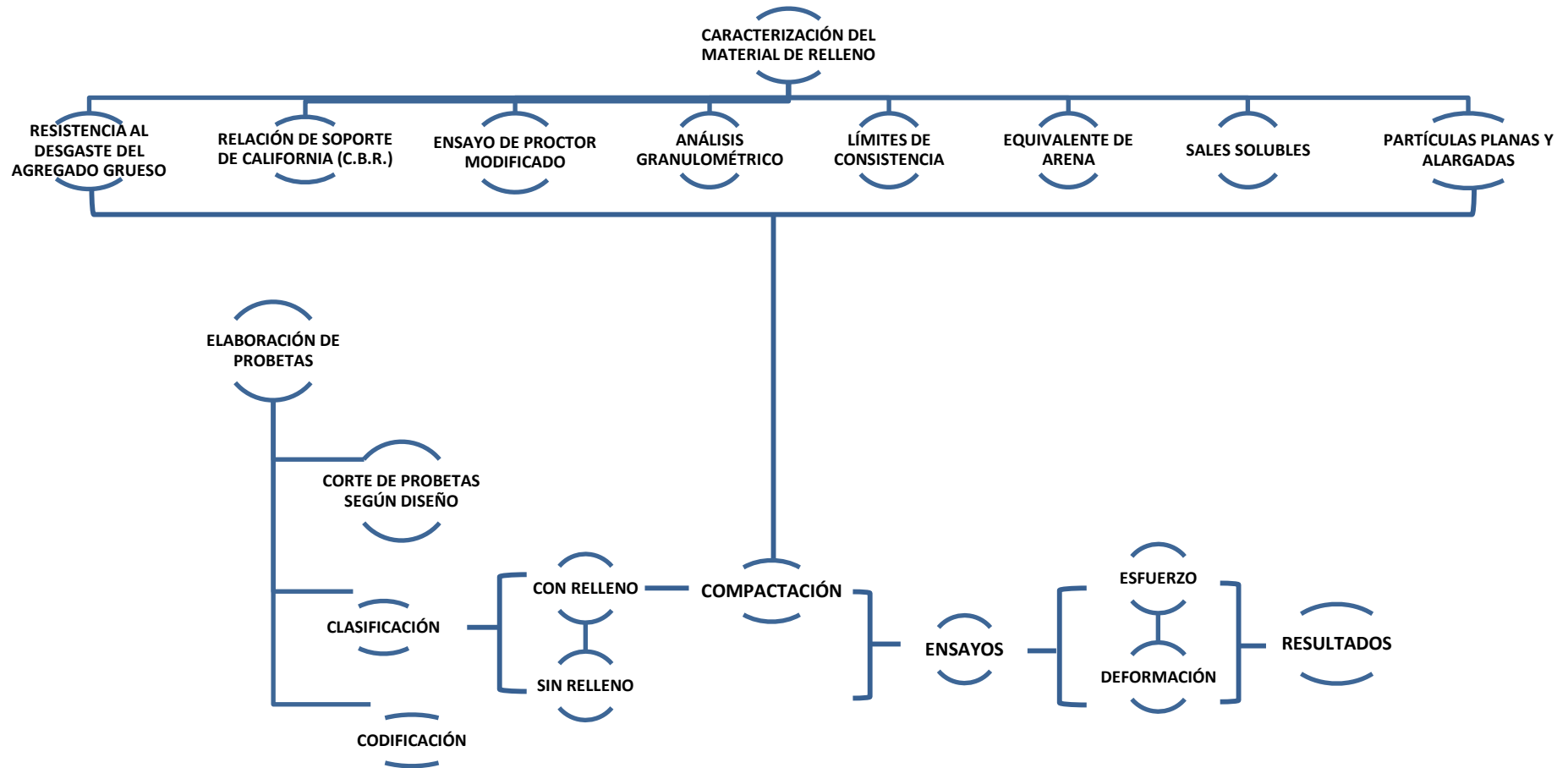
- Análisis de varianza

El análisis de varianza conocido como ANOVA, es una prueba por la cual se determina si existe o no diferencia entre las variables.

- Prueba de Tukey

Esta prueba determinar la diferencia entre las variables. Mediante el análisis de varianza (ANOVA) evalúa la existencia de diferencia. Por ello, de no haberlo se omite esta prueba. Para realizar el análisis de diferencia, se tomará la base de datos de ANOVA, para ello determinar la diferencia honestamente significativa (HDS). Según los resultados absolutos de la diferencia de media de los grupos a evaluar se obtiene la variabilidad, siempre y cuando los datos obtenidos sean mayores al valor del HDS.

2.3. Procedimiento



2.3.1. Resistencia al desgaste del agregado grueso – Máquina de los Ángeles (ASTM – 131) – (MTC E 207)

Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados hasta se 37.5 mm (1 ½ “) por medio de la máquina de Los Ángeles. El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva (ICG, 2000).

Este modo operativo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esperas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar, el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional y serán considerados como estándar (MTC, 2016).

Tabla 6.
Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: (MTC, 2016)

2.3.2. Relación de soporte de California (C.B.R) – (ASTM D – 1883, MTC E 132)

Se determina el índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). Esta resistencia o valor de soporte del suelo, estará referido al 95% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 2.54 mm.

El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Se evalúa la resistencia potencial del material base, para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje.

Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4")

sea superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra. De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas. Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte (MTC, 2016).

Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según la siguiente tabla:

Tabla 7.
Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	De CBR ≥ 3%

Fuente: (MTC, 2013)

Elaboración: Propia

2.3.3. Ensayo Proctor Modificado (Norma AASHTO T – 180, ASTM D 1557)

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 ó 152.4 mm (4 o 6 pulgadas) de diámetro con un pisón de 44.5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulgadas), produciendo una Energía de Compactación de (2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/ pie³)).

Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material (MTC, 2016).

Tabla 8.
Métodos de Proctor Modificado

	MÉTODO "A"	MÉTODO "B"	MÉTODO "C"
MOLDE	101.6 mm de diámetro (4 pulgadas)	101.6 mm de diámetro (4 pulgadas)	152.4 mm de diámetro (6 pulgadas) No es usado con los métodos A o B.
MATERIAL	Se emplea el que pasa por el tamiz 4.75 mm (4 pulgadas)	Se emplea el que pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulgadas)	Se emplea el que pasa por el tamiz 19.0 mm (3/4 pulgadas)
N° DE CAPAS	5	5	5
GOLPES POR CAPA	25	25	56
USOS	Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4)	Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 9.5 mm (3/8 pulgadas)	Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 9.5 mm (3/8 pulgadas) y menos de 30% en peso del material es retenido en el tamiz 19.0 mm (3/4 pulgadas)
OTROS USOS	Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.	Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.	

Fuente: (MTC, 2016)

Elaboración: Propia

2.3.4. Análisis Granulométrico (ASTM D 422 – MTC E 107)

Este Modo operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200). Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar, además

las obligaciones de su uso e interpretación (MTC, 2016).

Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

Tabla 9.

Tamices de malla

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Fuente: (MTC, 2016)

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

Tabla 10.
Tamices de malla (alternativa)

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 ½"	38,100
¾"	19,000
⅜"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

Fuente: (MTC, 2016)

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos.:

Tabla 11.
Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC, 2013)

2.3.5. Límites de Consistencia (Norma AASHTO T – 89, T – 90, ASTM D 4318, MTC E 110, MTC E 111)

Los límites de consistencia representan la estabilidad de los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un

suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido.

Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (L.L., según ensayo MTC E 110), el límite plástico (L.P., según ensayo MTC E 111), (MTC, 2013).

- Límite Líquido (L.L.) (Norma AASHTO T – 89, MTC E 110)

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando se deja caer la copa de Casagrande 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo (MTC, 2016).

Tabla 12.

Métodos de Límite Líquido

MÉTODOS	MULTIPUNTO	UN PUNTO
PROCEDIMIENTO	Colocar una porción de suelo preparado en la copa de Casagrande, presionar y esparcir hasta una profundidad de 10 mm. Realizar una ranura a través del suelo siguiendo una línea del punto más alto al más bajo de 13 mm. Verificar que no haya restos. Levantar y soltar la copa girando el manubrio de 1.9 a 2.1 golpes por segundo. Registrar el número de golpes necesarios hasta que las dos mitades de suelo estén unidas. Para realizar las pruebas posteriores de 25 a 35 golpes, de 20 a 30 golpes y de 15 a 25 golpes tener en cuenta de lavar y secar previamente los instrumentos. Determinar el contenido de humedad del espécimen de suelo de cada prueba después de los ensayos.	
CÁLCULO	Representar la relación entre el contenido de humedad (ordenada, escala aritmética) y el número de golpes (abscisa, escala logarítmica) en un gráfico semilogarítmico. La línea debe pasar por los tres puntos o más puntos graficados. Tomar el contenido de humedad que interseca correspondiente al golpe N° 25.	Determinar el límite líquido para cada espécimen para el contenido de humedad. $LL = W^0 \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$ o $LL = kW^n$ Donde: N = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura. W ⁿ = Contenido de humedad del suelo K = factor dado en la tabla 13.

Fuente: (MTC, 2016)

Elaboración: Propia

Tabla 13.

Tabla de K (Factor para límite líquido)

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente: (MTC, 2016)

Tabla 14.

Tabla de estimados de precisión

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

Fuente: (MTC, 2016)

- **Límite Plástico (L.P.) (Norma AASHTO T – 90, MTC E 111)**

Si se quiere determinar sólo el L.P., se considera 20 g de la muestra del ensayo de líquido plástica, que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40). Se amasa con agua destilada hasta que fácilmente pueda formarse una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo. Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la

Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado.

Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro. El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños. Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108. Repetir el proceso con el resto de masa.

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

- **Índice plástico (I.P.)**

Se define el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico: I.P. = L.L. – L.P.

- Cuando el L.L. o el L.P. no puedan determinarse, el I.P. se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el L.P. resulte igual o mayor que el L.L., el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico), (MTC, 2016).

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un I.P. grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un I.P. pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Tabla 15.

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: (MTC, 2013)

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua (MTC, 2013).

2.3.6. Equivalente de arena (Norma AASHTO T – 176, ASTM D 2419, MTC E 114)

Este ensayo se propone servir como una prueba de correlación rápida de campo. El propósito de este método es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4,75mm). El término “equivalente de arena”, expresa el concepto de que la mayor parte de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseables.

Algunos realizan la prueba sobre material con un tamaño máximo más pequeño que el tamiz N°4 (4,75mm). Esto se hace para evitar que se atrapen los finos arcillosos o plásticos y el polvo en las partículas comprendidas entre los tamices N°4 a 8 (4,75mm a 2,36 mm). El ensayo de materiales con tamaño máximo más pequeño, puede disminuir los resultados numéricos de la prueba (MTC, 2016).

2.3.7. Ensayo de sales solubles (MTC E 219)

El ensayo determina el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases estabilizadas y mezclas asfálticas. El agregado se somete a continuos lavados con agua destilada a la temperatura de ebullición, hasta la extracción total de las sales. La presencia de éstas se detecta mediante reactivos químicos que, al menor indicio de sales, forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de

lavado se toma una alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes.

La cantidad de la muestra debe ajustarse a lo que se indica en la siguiente tabla:

Tabla 16.

Especificación de cantidades según tipo de agregado

Agregado Pétreo	Cantidad mínima (g)	Aforo mínimo (mL)
Grava 50 - 20 mm	1000	500
Grava 20 - 5 mm	500	500
Arena 20 mm	100	500

Fuente: (MTC, 2016)

2.3.8. Ensayo de partículas planas y alargadas (ASTM D – 4791, MTC E 221)

Este ensayo se aplica a los agregados de origen natural o artificial, incluyendo los agregados ligeros y no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3mm (1/4”) o mayores de 63mm (2 ½”).

Se define como índice de aplanamiento de una fracción de agregado el porcentaje en peso, de las partículas que la forman, cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

Se define como índice de alargamiento de una fracción de agregado el porcentaje en peso, de las partículas que la forman, cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.

Los pesos mínimos deben registrarse según las tablas a continuación:

Tabla 17.

Especificación de cantidades según tipo de agregado

Dimensiones de los calibradores grosor y longitud y peso mínimo para subdivisión de la fracción						
Tamices				Dimensiones del calibrador (mm)		Peso mínimo para subdivisión (kg)
Pasa		Retiene		Aplanamiento	Alargamiento	
mm	(pulg)	mm	(pulg)	Abertura de la ranura ⁽¹⁾	Separación de las barras ⁽²⁾	
63,0	(2 ½")	50,0	(2")	33,9	-----	50
50,0	(2 ")	37,5	(1 ½")	26,3	78,8	35
37,5	(1 ½")	25,0	(1")	18,8	56,3	15
25,0	(1 ")	19,0	(¾")	13,2	39,6	5
19,0	(¾")	12,5	(½")	9,5	28,4	2
12,5	(½")	9,5	(⅜")	6,6	19,8	1
9,5	(⅜")	6,3	(¼")	4,7	14,2	0,5

⁽¹⁾ Esta dimensión es igual a 0,6 veces el promedio de las aberturas de los tamices que definen la fracción.

⁽²⁾ Esta dimensión es igual a 1,8 veces el promedio de las aberturas de los tamices que definen la fracción.

Fuente: (MTC, 2016)

Tabla 18.

Cantidades requeridas de peso del agregado en función del tamaño nominal

TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO mm (pulg)		PESO MÍNIMO DEL MATERIAL PARA ENSAYO, TAMAÑO DEL AGREGADO ENTRE 63,0 mm (2 ½") Y 6,3 mm (¼") kg
mm	(Pulg)	kg
50,0	(2)	35
40,0	(1 ½)	15
25,0	(1)	5
20,0	(¾)	2
12,5	(½)	1
10,0	(⅜)	0,5

Fuente: (MTC, 2016)

El valor obtenido para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de aplanamiento como del porcentaje de alargamiento, se redondeará al número entero más próximo (MTC, 2016).

2.3.9. Elaboración de probetas

Se inició con la investigación del diseño adecuado de las probetas en donde se pueda apreciar el comportamiento del material. Se determinó usar el diseño considerado en las especificaciones técnicas del sistema Diamond Grid. El diseño consiste en tres tipos: celda individual, celda sin bordes (en “x”) y celda compuesta (*Figura 6*).

El muestreo procedió mediante la extracción de las probetas según cada tipo de diseño mediante el corte de las planchas del sistema Diamond Grid. La plancha mide 1 m x 1 m. Primero, se trazó la plancha según los diseños de celda individual y celda compuesta. Luego, se cortaron las probetas con hojas de sierra y con los residuos se obtuvieron las probetas de celdas sin bordes (en “x”).

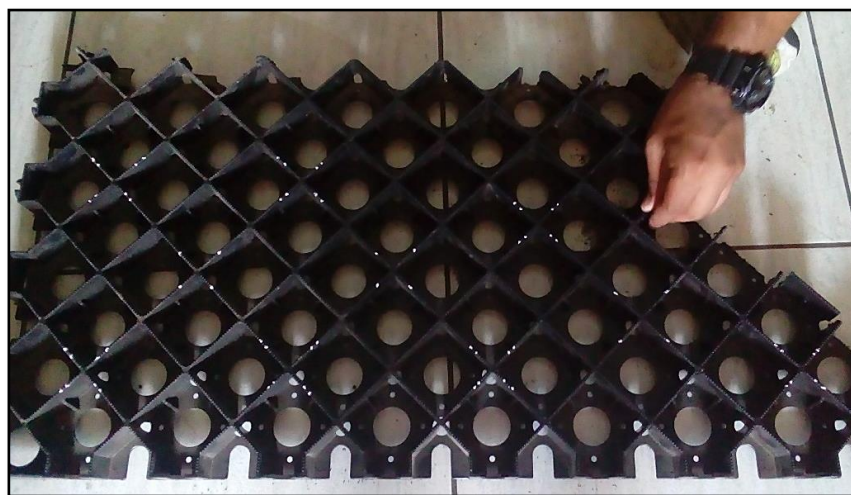


Figura 7. Trazo de planchas del sistema Diamond Grid

Finalmente, las probetas fueron llevadas al laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, para realizar los ensayos de compresión y deformación con y sin material de relleno.



Figura 8. Corte de celdas compuestas

El material de relleno fue extraído de la cantera Cruz Blanca ubicada en el distrito de Simbal, ubicado aproximadamente a 32 km de Trujillo, el relleno que se empleó es material base (afirmado); a las muestras extraídas se le realizaron los ensayos correspondientes en el laboratorio SL DE INGENIERIA E.I.R.L. Laboratorio geotécnico y ensayo de materiales.

Los ensayos que se realizaron son los siguientes:

- Resistencia al desgaste del agregado grueso
- Relación de soporte de california (CBR)
- Ensayo Proctor modificado
- Análisis granulométrico

- Límites de consistencia
- Equivalente de arena
- Sales solubles
- Partículas planas y alargadas
- Resistencia a compresión (único ensayo realizado en Universidad Privada del Norte)



Figura 9. Probetas patrón (material base)



Figura 10. Ensayo de esfuerzo a probeta patrón

Con los datos obtenidos de porcentaje de humedad del ensayo de CBR se realizó la compactación del material en las probetas que se ensayaron con relleno.



Figura 11. Compactación de celdas individuales y celdas compuestas



Figura 12. Compactación de celdas sin bordes (en “x”)

Para los ensayos de deformación y compresión se clasificaron las probetas de acuerdo al tipo de diseño y relleno (con y sin relleno).



Figura 13. Clasificación de celdas con relleno



Figura 14. Clasificación de celdas sin relleno

2.3.10. Ensayo de compresión de plásticos rígidos (ASTM D – 695)

Este ensayo es útil para determinar el módulo de elasticidad, el esfuerzo en fluencia, la resistencia a la compresión y la deformación más allá del punto de fluencia. Se recomienda para el ensayo: Dos platos de compresión

de acero reforzado montados en un equipo de ensayo de tracción y un dispositivo de medición de la deformación, como un extensómetro unido directamente a la probeta, o un LVDT (transductor diferencial variable lineal), que mide el desplazamiento exacto de los platos. A menudo es necesario un dispositivo de medición de la deformación para probetas rígidas en las que el cumplimiento del sistema puede afectar los resultados de los ensayos. El estándar requiere que la probeta se cargue para compresión con una tasa de 1,3 mm/min hasta la rotura. Antes del ensayo, debe asegurarse de que todas las probetas tengan los tamaños especificados en el estándar y carezcan de defectos visibles en la superficie debido a que la alineación de la probeta desarrolla un papel importante para lograr una distribución uniforme de la carga, lo que contribuye a la coherencia de los resultados (INSTRON, 2019).



Figura 15. Realización de ensayo de resistencia a la compresión



Figura 16. Realización de ensayo de deformación

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Probetas patrón

Tabla 19.
Resumen de esfuerzo de probetas patrón

PROBETA	CARGA kg	ESFUERZO kg/cm ²
1	320.00	15.79
2	285.00	14.06
3	257.00	12.68
4	244.00	12.04
5	217.00	10.71

Elaboración: Propia

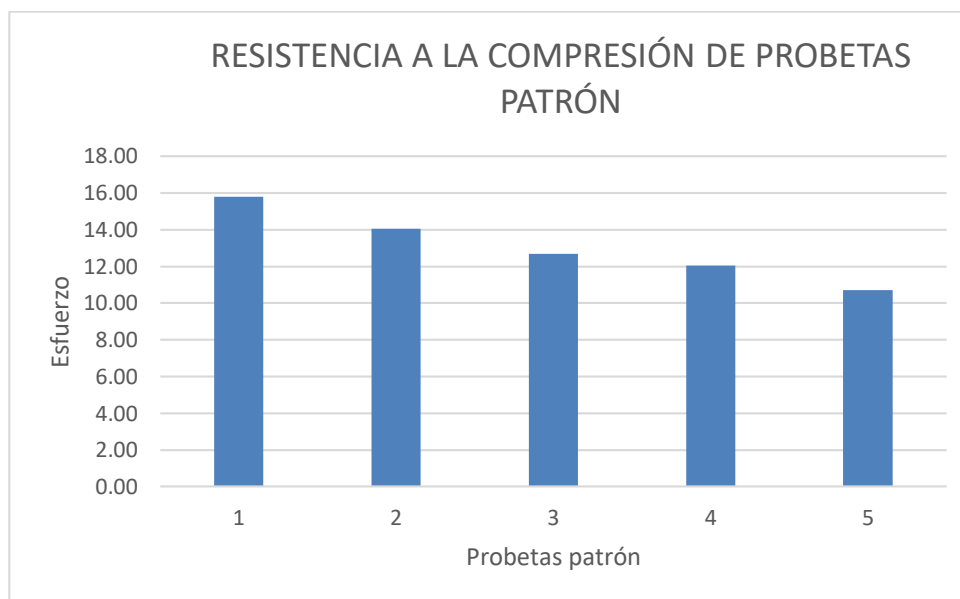


Figura 17. Esfuerzo de probetas patrón de material base

3.2. Celda individual

3.2.1. Sin relleno

I. Resistencia a la compresión

Tabla 20.

Resumen de esfuerzo de celda individual sin relleno

PROBETAS	ÁREA NETA (cm ²)	CARGA kg	ESFUERZO kg/cm ²
2	9.20	421.00	45.761
3	9.20	375.00	40.761
5	9.20	411.00	44.674
6	9.20	404.00	43.913
7	9.20	413.00	44.891
12	9.20	270.00	29.348
19	9.20	332.00	36.087

Elaboración: Propia

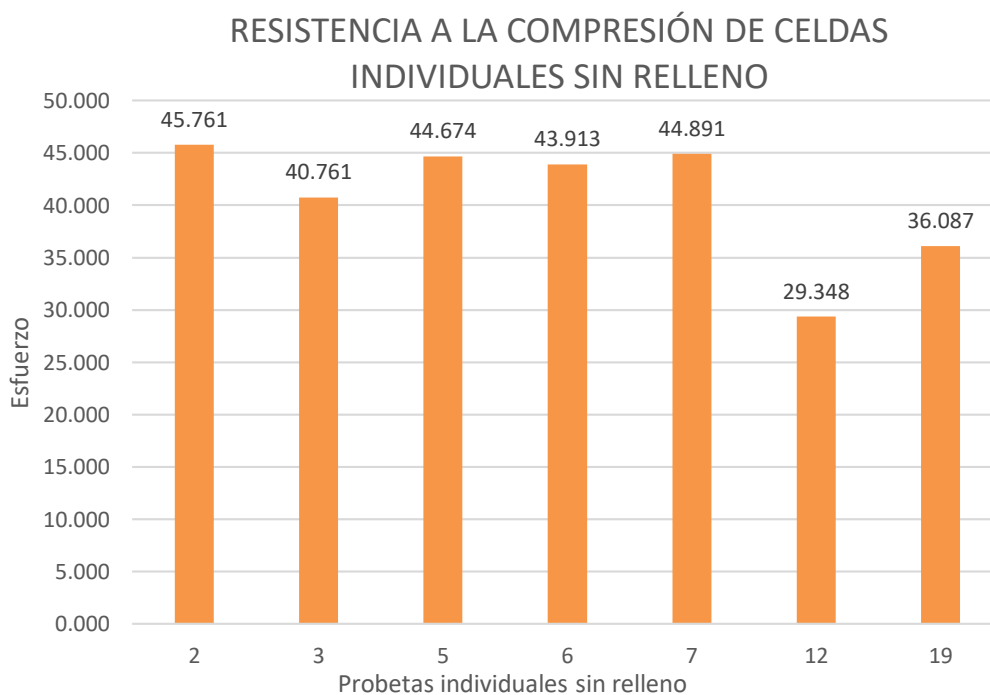


Figura 18. Esfuerzo de celdas individuales sin relleno

II. Ensayo de deformación

Tabla 21.

Resumen de deformación de celda individual sin relleno

N° DE PROBETA	N° 18	N° 22	N° 25	N° 4	N° 8	ESFUERZO	
PTO	CARGA kg	εu mm	εu mm	εu mm	εu mm	kg/cm2	
1	0	0	0	0	0	0.00	
2	40	0.0023	0.0035	0.0023	0.0025	0.0050	4.35
3	80	0.0050	0.0070	0.0048	0.0073	0.0095	8.70
4	120	0.0073	0.0113	0.0073	0.0110	0.0138	13.04
5	160	0.0098	0.0143	0.0120	0.0140	0.0170	17.39
6	200	0.0123	0.0168	0.0128	0.0163	0.0200	21.74
7	240	0.0143	0.0188	0.0148	0.0190	0.0228	26.09
8	280	0.0155	0.0215	0.0170	0.0205	0.0248	30.43
9	320	0.0188	0.0248	0.0190	0.0223	0.0268	34.78
10	360	0.0205	0.0273	0.0210	0.0245	0.0288	39.13
11	400	0.0225	0.0298	0.0228	0.0265	0.0305	43.48
12	440	0.0245	0.0323	0.0250	0.0273	0.0323	47.83
13	480	0.0268	0.0353	0.0263	0.0303	0.0340	52.17
14	520	0.0305	0.0375	0.0285	0.0328	0.0358	56.52
15	560	0.0340	0.0423	0.0305	0.0338	0.0378	60.87
16	600	0.0368	0.0450	0.0333	0.0355	0.0400	65.22
17	640	0.0490	0.0478	0.0353	0.0380	0.0413	69.57

Elaboración: Propia

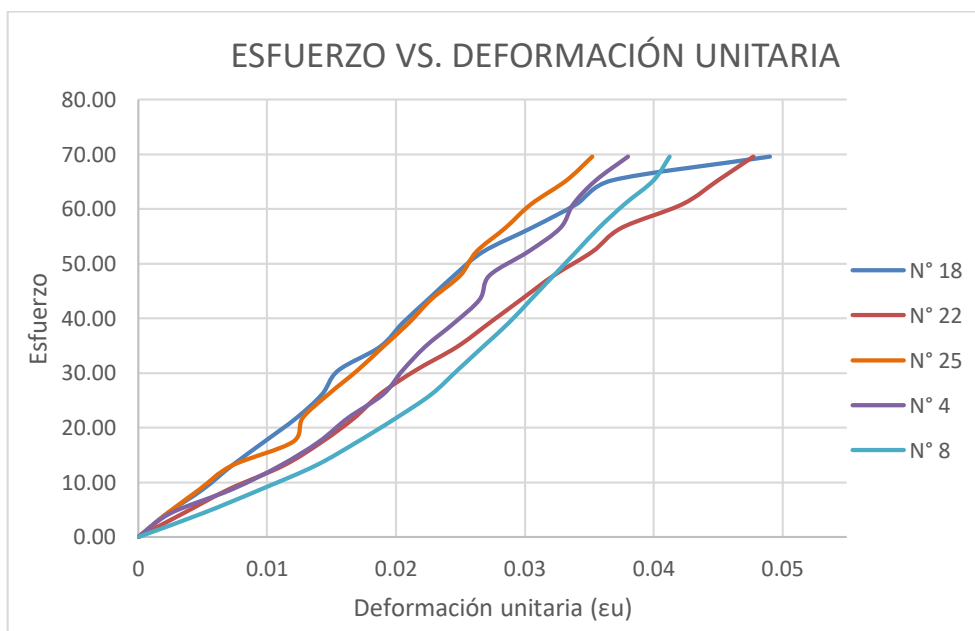


Figura 19. Deformación de celdas individuales sin relleno

3.2.2. Con relleno

I. Resistencia a la compresión

Tabla 22.

Resumen de esfuerzo de celda individual con relleno

PROBETA	CARGA kg	ESFUERZO kg/cm ²
10	2405.00	53.208
11	2996.00	66.283
23	3197.00	70.730
24	2653.00	58.695
13	3327.00	73.606

Elaboración: Propia

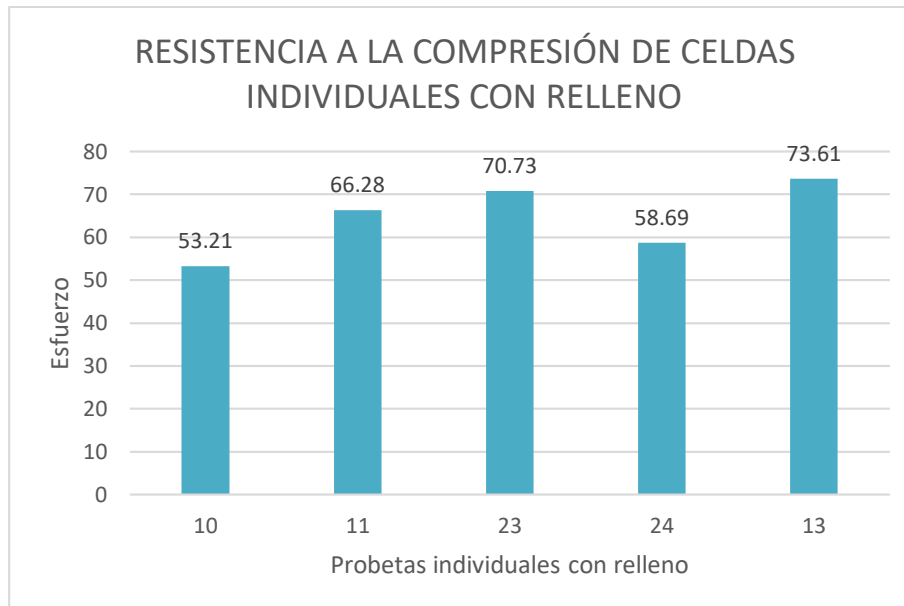


Figura 20. Esfuerzo de celdas individuales con relleno

II. Ensayo de deformación

Tabla 23.

Resumen de deformación de celda individual con relleno

N° DE PROBETA	N° 21	N° 23	N° 9	N° 15	N° 14	ESFUERZO	
PTO	CARGA	εU	εU	εU	εU	εU	
	kg	mm	mm	mm	mm	kg/cm2	
1	0	0	0	0	0	0	
2	300	0.0065	0.0030	0.0108	0.0030	0.0033	6.64
3	600	0.0115	0.0060	0.0178	0.0060	0.0080	13.27
4	900	0.0178	0.0120	0.0245	0.0120	0.0150	19.91
5	1200	0.0233	0.0180	0.0298	0.0160	0.0200	26.55
6	1500	0.0280	0.0230	0.0348	0.0210	0.0240	33.19
7	1800	0.0333	0.0290	0.0388	0.0260	0.0290	39.82
8	2100	0.0378	0.0340	0.0450	0.0310	0.0340	46.46
9	2400	0.0440	0.0470	0.0500	0.0380	0.0410	53.10
10	2700	0.0490	0.0800	0.0695	0.0510	0.0480	59.73

Elaboración: Propia

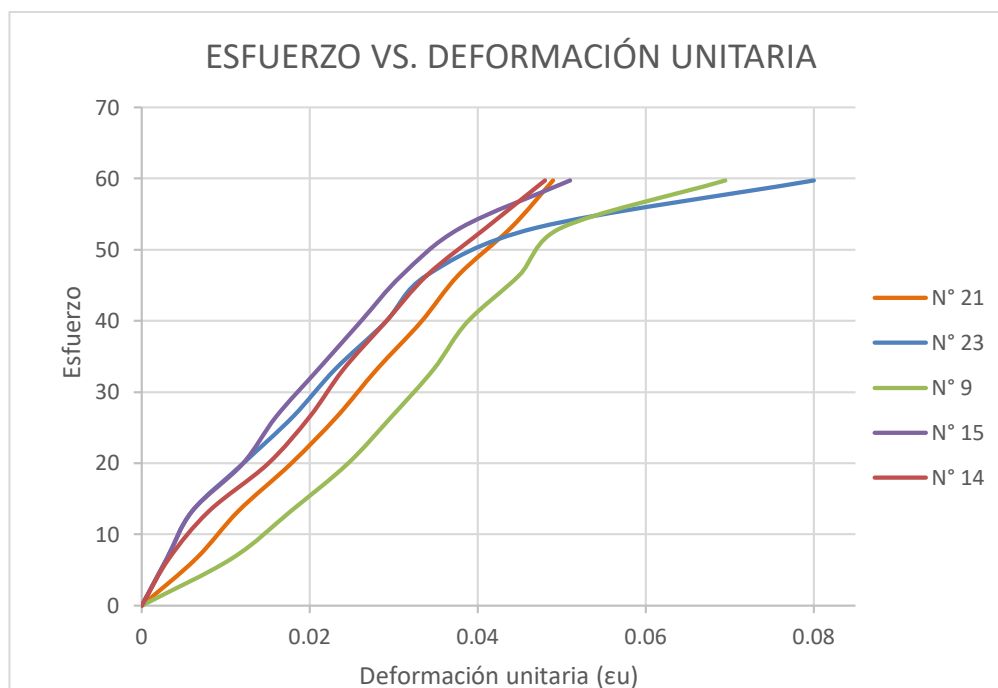


Figura 21. Deformación de celdas individuales con relleno

3.3. Celda compuesta

3.3.1. Sin relleno

I. Resistencia a la compresión

Tabla 24.

Resumen de esfuerzo de celda compuesta sin relleno

PROBETA	ÁREA NETA (cm ²)	CARGA kg	ESFUERZO kg/cm ²
9	27.1	1916.00	70.701
10	27.1	2394.00	88.339
11	27.1	2379.00	87.786
13	27.1	1999.00	73.764
14	27.1	2307.00	85.129
15	27.1	1810.00	66.790
16	27.1	2048.00	75.572
17	27.1	2303.00	84.982
20	27.1	2280.00	84.133

Elaboración: Propia

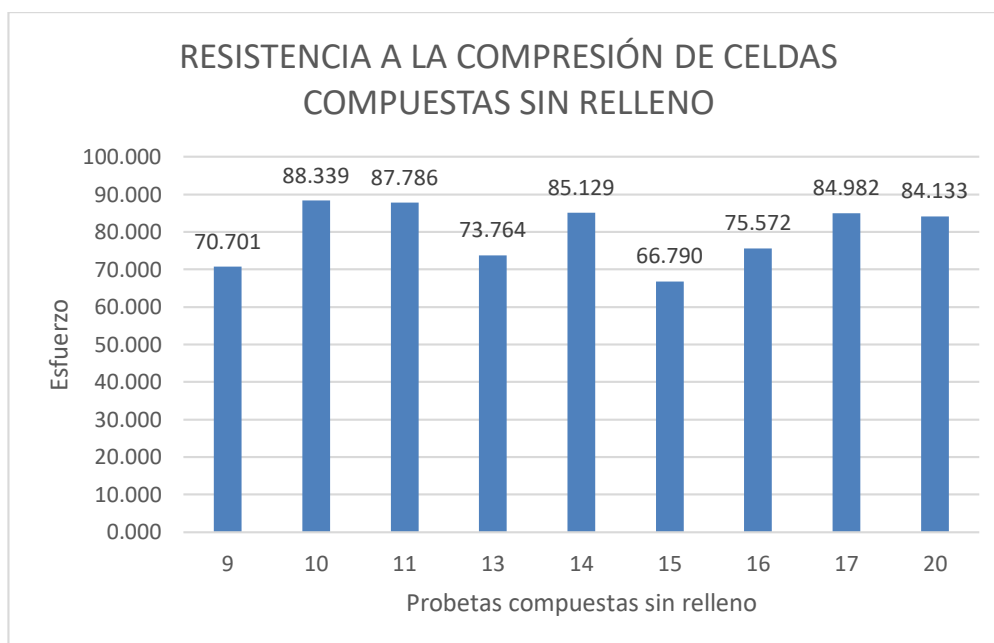


Figura 22. Esfuerzo de celdas compuestas sin relleno

II. Ensayo de deformación

Tabla 25.

Resumen de deformación de celda compuesta sin relleno

N° DE PROBETA	N° 4	N° 18	N° 8	N° 24	N° 21	ESFUERZO	
PTO	CARGA kg	εu mm	εu mm	εu mm	εu mm	kg/cm2	
1	0	0	0	0	0	0	
2	250	0.0113	0.0118	0.0090	0.0173	0.0030	9.23
3	500	0.0163	0.0178	0.0133	0.0273	0.0075	18.45
4	750	0.0218	0.0225	0.0170	0.0350	0.0118	27.68
5	1000	0.0263	0.0275	0.0200	0.0398	0.0160	36.90
6	1250	0.0313	0.0318	0.0233	0.0448	0.0203	46.13
7	1500	0.0358	0.0363	0.0260	0.0513	0.0248	55.35
8	1750	0.0403	0.0420	0.0303	0.0580	0.0273	64.58
9	2000	0.0460	0.0490	0.0330	0.0663	0.0315	73.80
10	2250	0.0518	0.0590	0.0375	0.0750	0.0355	83.03

Elaboración: Propia

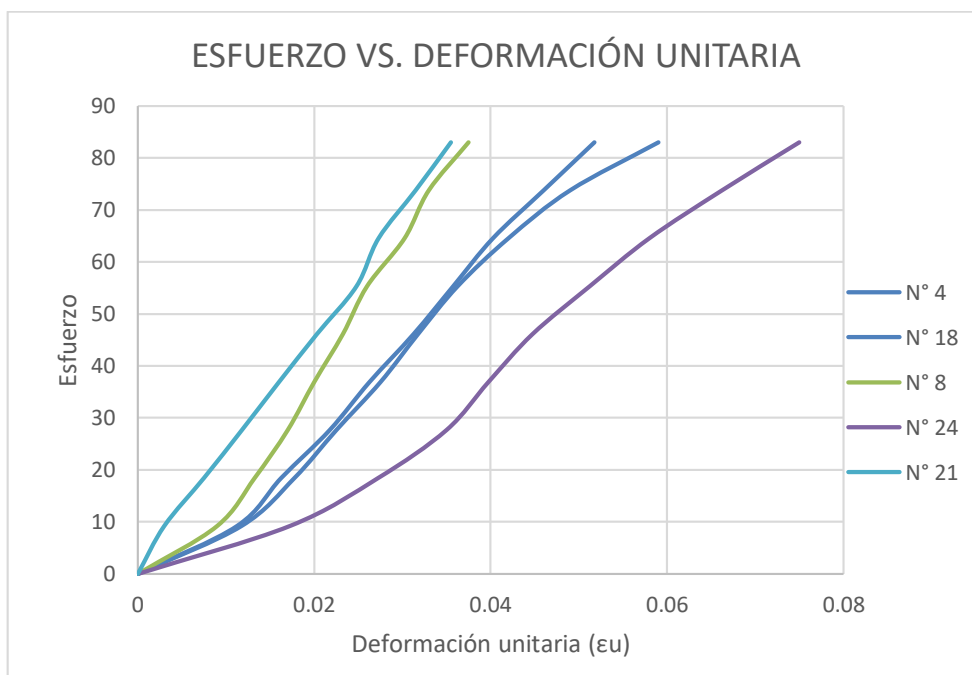


Figura 23. Deformación de celdas compuestas sin relleno

3.3.2. Con relleno

I. Resistencia a la compresión

Tabla 26.

Resumen de esfuerzo de celda compuesta con relleno

PROBETA	CARGA kg	ESFUERZO kg/cm ²
2	59852.00	349.828
3	57611.00	336.729
12	57821.00	337.957
22	57184.00	334.233
23	58275.00	340.610

Elaboración: Propia

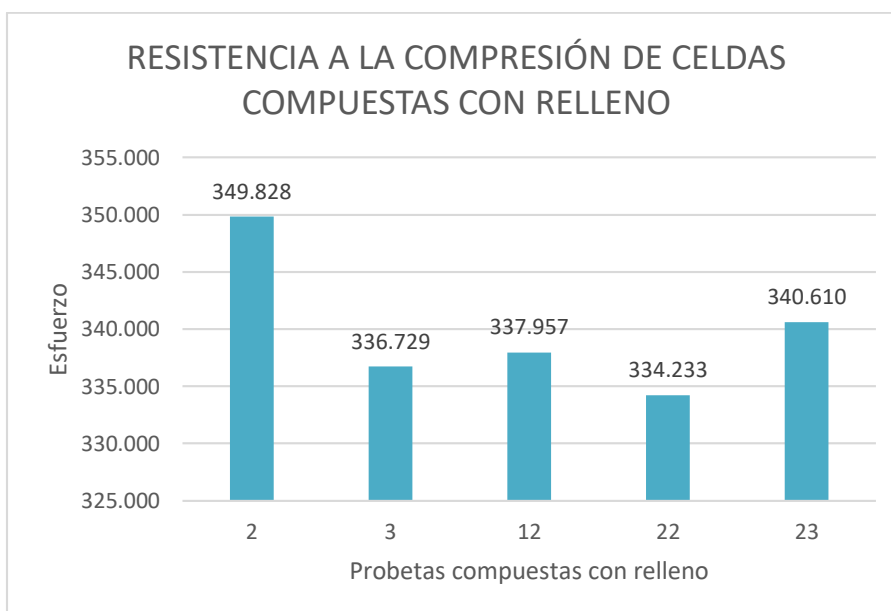


Figura 24. Esfuerzo de celdas compuestas con relleno

II. Ensayo de deformación

Tabla 27.

Resumen de deformación de celda compuesta con relleno

N° DE PROBETA	N° 6	N° 25	N° 7	N° 1	N° 5	ESFUERZO	
PTO	CARGA kg	ϵu mm	ϵu mm	ϵu mm	ϵu mm	kg/cm ²	
1	0	0	0	0	0	0	
2	5000	0.0090	0.0098	0.0280	0.0110	0.0420	29.22
3	10000	0.0190	0.0220	0.0500	0.0210	0.0695	58.45
4	15000	0.0390	0.0420	0.0730	0.0390	0.0813	87.67
5	20000	0.0650	0.0630	0.0975	0.0550	0.1238	116.90
6	25000	0.0930	0.0860	0.1203	0.0730	0.1330	146.12
7	30000	0.1210	0.1090	0.1405	0.0890	0.1568	175.35
8	35000	0.1510	0.1350	0.1620	0.1090	0.1763	204.57
9	40000	0.1780	0.1640	0.1848	0.1210	0.2165	233.80

Elaboración: Propia

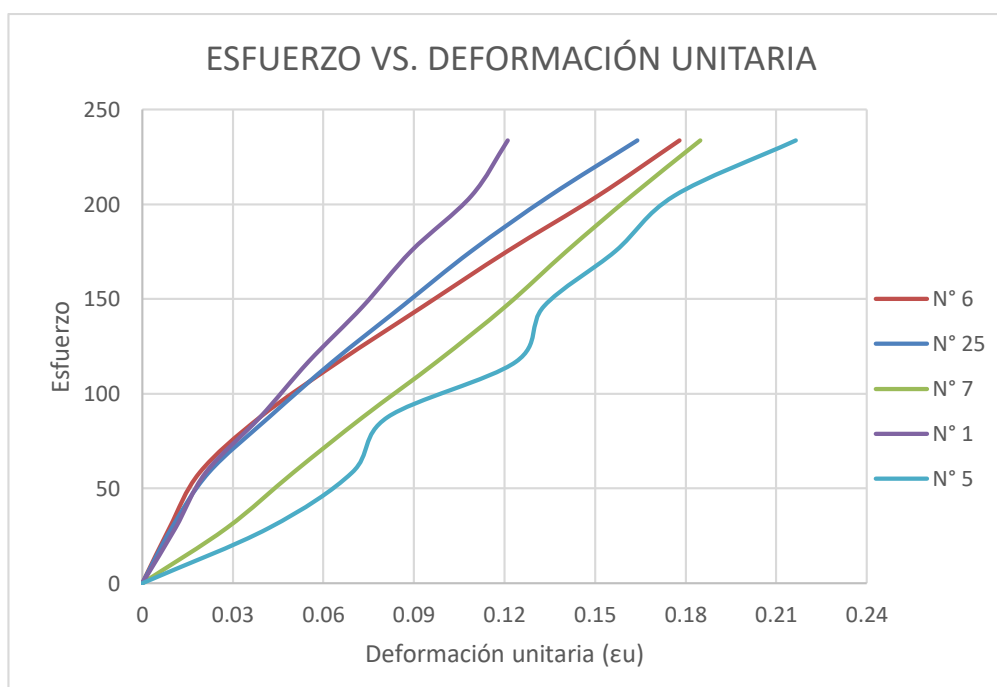


Figura 25. Deformación de celdas compuestas con relleno

3.4. Celda sin bordes (en “x”)

3.4.1. Sin relleno

I. Resistencia a la compresión

Tabla 28.

Resumen de esfuerzo de celda sin bordes (en “x”) sin relleno

PROBETA	ÁREA NETA (cm ²)	CARGA kg	ESFUERZO kg/cm ²
3	8.8	596	67.727
4	8.8	712	80.909
5	8.8	756	85.909
6	8.8	530	60.227
7	8.8	572	65.000
8	8.8	657	74.659
9	8.8	719	81.705
10	8.8	768	87.273

Elaboración: Propia

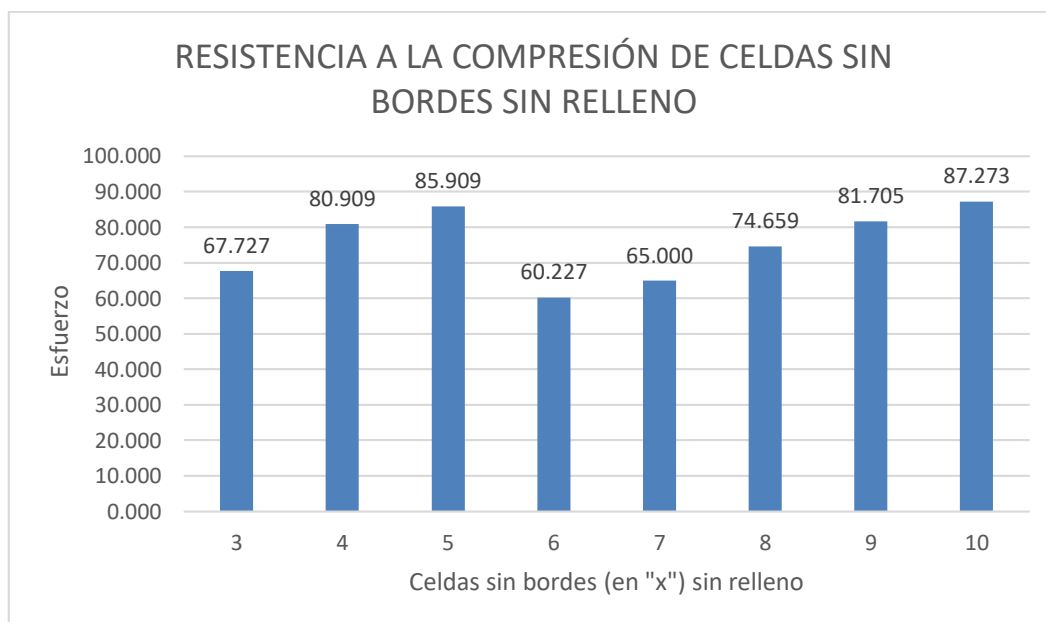


Figura 26. Esfuerzo de celdas sin bordes (en “x”) sin relleno

II. Ensayo de deformación

Tabla 29.

Resumen de deformación de celda sin bordes (en "x") sin relleno

N° DE PROBETA	N° 11	N° 12	N° 13	N° 14	N° 15	ESFUERZO	
PTO	CARGA	εu	εu	εu	εu	εu	
	kg	mm	mm	mm	mm	mm	
1	0	0	0	0	0	0	
2	100	0.0103	0.0080	0.0038	0.0063	0.0058	11.36
3	200	0.0180	0.0148	0.0085	0.0138	0.0138	22.73
4	300	0.0223	0.0195	0.0123	0.0185	0.0193	34.09
5	400	0.0265	0.0233	0.0163	0.0228	0.0240	45.45
6	500	0.0325	0.0288	0.0195	0.0265	0.0295	56.82
7	600	0.0380	0.0373	0.0238	0.0365	0.0355	68.18
8	700	0.0435	0.0423	0.0295	0.0445	0.0470	79.55
9	800	0.0523	0.0868	0.0375	0.0488	0.0530	90.91

Elaboración: Propia

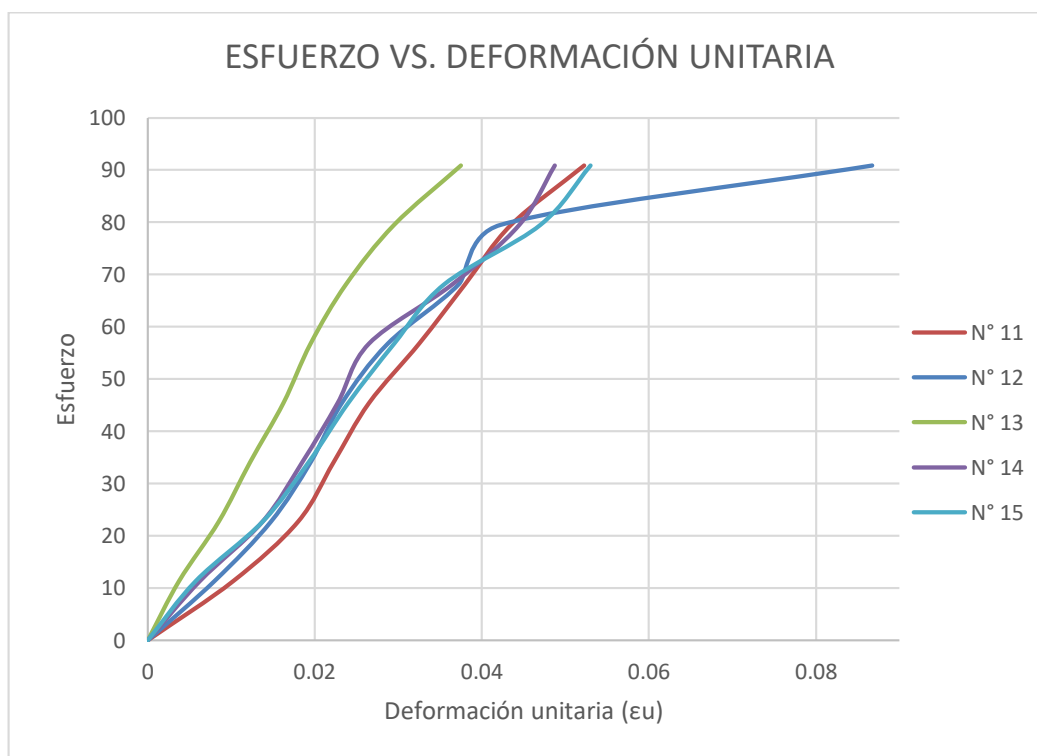


Figura 27. Deformación de celdas sin bordes (en "x") sin relleno

3.4.2. Con relleno

I. Resistencia a la compresión

Tabla 30.

Resumen de esfuerzo de celda sin bordes (en "x") con relleno

PROBETA	CARGA kg	ESFUERZO 1 kg/cm ²
16	2834.00	35.07
17	2673.00	33.08
18	2329.00	28.82
19	2506.00	31.01
20	2792.00	34.55

Elaboración: Propia

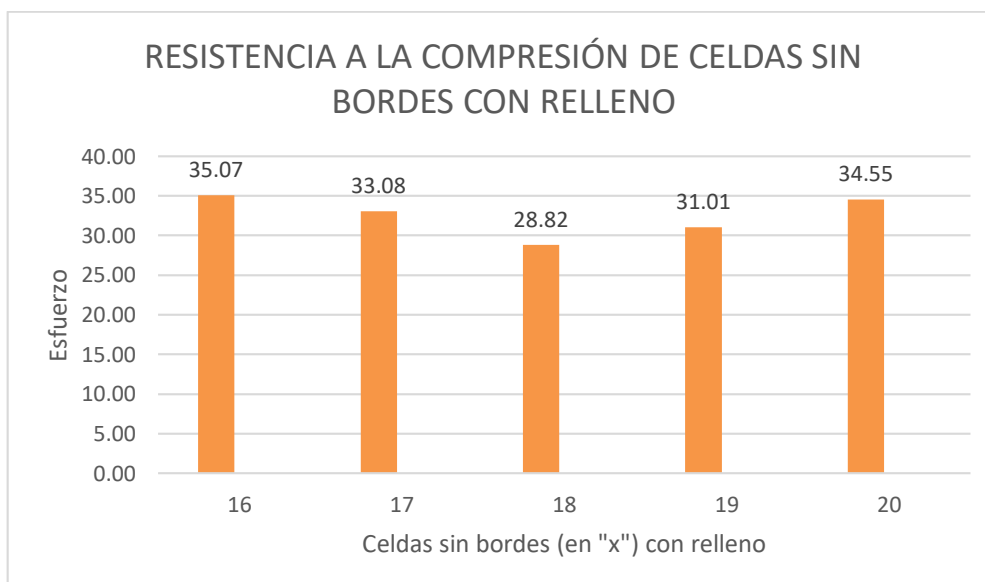


Figura 28. Esfuerzo de celdas sin bordes (en "x") con relleno

II. Ensayo de deformación

Tabla 31.

Resumen de deformación de celda sin bordes (en "x") con relleno

N° DE PROBETA	N° 21	N° 22	N° 23	N° 24	N° 25	ESFUERZO	
PTO	CARGA	εU	εU	εU	εU	εU	
	kg	mm	mm	mm	mm	mm	kg/cm2
1	0	0	0	0	0	0	0
2	300	0.0020	0.0103	0.0118	0.0138	0.0160	3.71
3	600	0.0060	0.0212	0.0220	0.0243	0.0273	7.43
4	900	0.0185	0.0325	0.0352	0.0440	0.0368	11.14
5	1200	0.0292	0.0405	0.0447	0.0570	0.0428	14.85
6	1500	0.0375	0.0477	0.0520	0.0673	0.0485	18.56
7	1800	0.0467	0.0562	0.0595	0.0753	0.0553	22.28
8	2100	0.0545	0.0672	0.0675	0.0833	0.0625	25.99
9	2400	0.0617	0.0832	0.0760	0.0948	0.0743	29.70

Elaboración: Propia

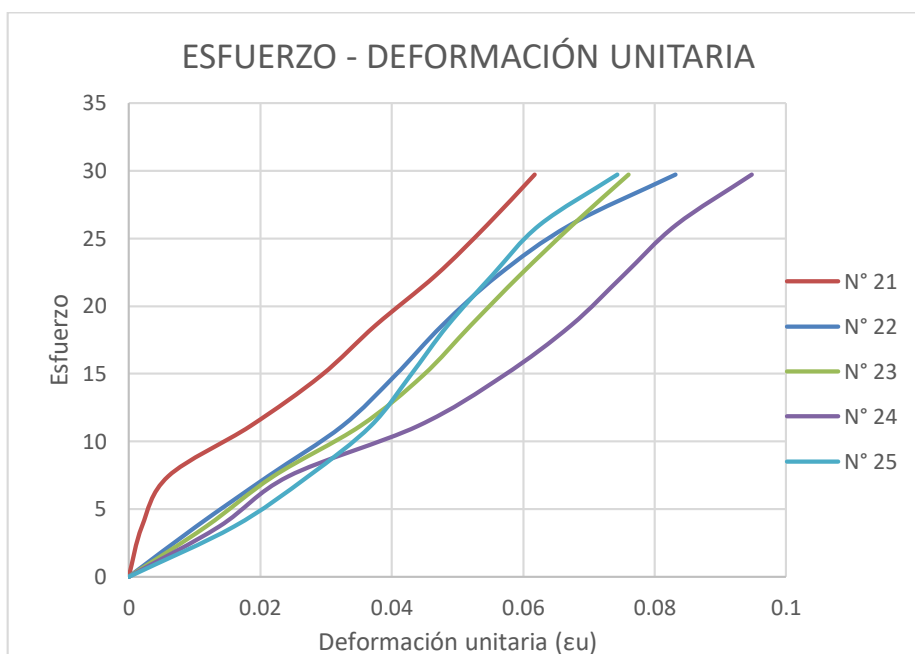


Figura 29. Deformación de celdas sin bordes (en "x") con relleno

3.5. Análisis de costos unitarios

3.5.1. Análisis de precios unitarios

3.5.1.1. Pavimento a nivel afirmado

Partida	01.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE				
Rendimiento	M2/DIA	2,250.0000	EQ.	2,250.0000	COSTO POR M2	2.43
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0036	26.26	0.09
0101010004	OFICIAL	HH	1.0000	0.0036	17.52	0.06
0101010005	PEON	HH	4.0000	0.0142	15.79	0.22
0.37						
Materiales						
0207070002	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.0800	8.02	0.64
0.64						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.37	0.01
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	HM	1.0000	0.0036	156.84	0.56
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	1.0000	0.0036	235.16	0.85
1.42						
Partida	02.01	SUB-BASE GRANULAR				
Rendimiento	M3/DIA	424.0000	EQ.	424.0000	COSTO POR M3	121.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0189	26.26	0.50
0101010005	PEON	HH	4.0000	0.0755	15.79	1.19
1.69						
Materiales						
02070400010001	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE	M3		1.9000	57.96	110.12
0207070002	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.2600	8.02	2.09
112.21						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.69	0.05
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	HM	1.0000	0.0189	156.84	2.96
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	1.0000	0.0189	235.16	4.44
7.45						
Partida	02.02	BASE GRANULAR				
Rendimiento	M3/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	COSTO POR M3	126.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	1.0000	0.0229	26.26	0.60
0101010005	PEON		HH	4.0000	0.0914	15.79	1.44
							2.04
Materiales							
02070400010002	MATERIAL GRANULAR PARA BASE		M3	1.9000		59.47	112.99
0207070002	AGUA PARA LA OBRA		M3	0.2600		8.02	2.09
							115.08
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3.0000		2.04	0.06
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton		HM	1.0000	0.0229	156.84	3.59
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP		HM	1.0000	0.0229	235.16	5.39
							9.04

Fuente: (Costos, enero 2019)

Elaboración: Propia

3.5.1.2. Pavimento con el sistema Diamond Grid

Partida	01.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE P/RECIBIR SISTEMA DIAMOND GRID					
Rendimiento	M3/DIA	2,250.0000	EQ.	2,250.0000	COSTO POR M3	0.97	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0036	26.26	0.09	
0101010004	OFICIAL	HH	1.0000	0.0036	17.52	0.06	
0101010005	PEON	HH	4.0000	0.0142	15.79	0.22	
							0.37
Materiales							
0207070002	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.0300	8.02	0.24	
							0.24
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.37	0.01	
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	HM	0.2500	0.0009	156.84	0.14	
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	0.2500	0.0009	235.16	0.21	
							0.36
Partida	02.01	INSTALACION DE SISTEMA DIAMOND GRID					
Rendimiento	M2/DIA	1,000.0000	EQ.	1,000.0000	COSTO POR M2	56.94	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	HH	1.0000	0.0080	21.88	0.18	
0101010005	PEON	HH	2.0000	0.0160	15.79	0.25	
							0.43
Materiales							
0210110001	DIAMOND GRID	PZA		1.0000	56.50	56.50	
							56.50

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.43	0.01	0.01
Partida	03.01	BASE GRANULAR E= 0.04 M					
Rendimiento	M3/DIA	450.0000	EQ.	450.0000	COSTO POR M3	74.41	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	HH	0.5000	0.0089	26.26	0.23	
0101010005	PEON	HH	1.0000	0.0178	15.79	0.28	
							0.51
Materiales							
02070400010002	MATERIAL GRANULAR PARA BASE	M3		1.2000	59.47	71.36	
0207070002	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1000	8.02	0.80	
							72.16
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.51	0.02	
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	HM	0.2500	0.0044	156.84	0.69	
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	0.2500	0.0044	235.16	1.03	
							1.74

Fuente: (Costos, enero 2019)

Elaboración: Propia

3.5.1.3. Pavimento a nivel de carpeta asfáltica

Partida	01.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE					
Rendimiento	M2/DIA	2,250.0000	EQ.	2,250.0000	COSTO POR M2	2.43	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0036	26.26	0.09	
0101010004	OFICIAL	HH	1.0000	0.0036	17.52	0.06	
0101010005	PEON	HH	4.0000	0.0142	15.79	0.22	
							0.37
Materiales							
0207070002	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.0800	8.02	0.64	
							0.64
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.37	0.01	
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	HM	1.0000	0.0036	156.84	0.56	
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	1.0000	0.0036	235.16	0.85	
							1.42
Partida	02.01	SUB-BASE GRANULAR					
Rendimiento	M3/DIA	424.0000	EQ.	424.0000	COSTO POR M3	121.35	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	1.0000	0.0189	26.26	0.50
0101010005	PEON		HH	4.0000	0.0755	15.79	1.19
							1.69
Materiales							
02070400010001	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE		M3	1.9000		57.96	110.12
0207070002	AGUA PARA LA OBRA		M3	0.2600		8.02	2.09
							112.21
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3.0000		1.69	0.05
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton		HM	1.0000	0.0189	156.84	2.96
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP		HM	1.0000	0.0189	235.16	4.44
							7.45
Partida	02.02	BASE GRANULAR					
Rendimiento	M3/DIA	350.0000	EQ.	350.0000		COSTO POR M3	126.16
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	1.0000	0.0229	26.26	0.60
0101010005	PEON		HH	4.0000	0.0914	15.79	1.44
							2.04
Materiales							
02070400010002	MATERIAL GRANULAR PARA BASE		M3		1.9000	59.47	112.99
0207070002	AGUA PARA LA OBRA		M3		0.2600	8.02	2.09
							115.08
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	2.04	0.06
0301100007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton		HM	1.0000	0.0229	156.84	3.59
0301200002	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP		HM	1.0000	0.0229	235.16	5.39
							9.04
Partida	02.03	BARRIDO Y LIMPIEZA P/LA IMPRIMACIÓN					
Rendimiento	M2/DIA	230.0000	EQ.	230.0000		COSTO POR M2	1.23
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	0.1000	0.0035	26.26	0.09
0101010005	PEON		HH	2.0000	0.0696	15.79	1.10
							1.19
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.19	0.04
							0.04
tida	02.04	IMPRIMACIÓN ASFALTICA					
Rendimiento	M2/DIA	2,500.0000	EQ.	2,500.0000		COSTO POR M2	6.42
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	0.5000	0.0016	26.26	0.04

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

0101010004	OFICIAL	HH	0.7000	0.0022	17.52	0.04
0101010005	PEON	HH	4.0000	0.0128	15.79	0.20
0.28						

Materiales

0201050006	EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA IMPRIMACIÓN	GAL		0.3600	15.00	5.40
5.40						

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.28	0.01
0301140009	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250-330 PCM	HM	1.0000	0.0032	78.96	0.25
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	HM	1.0000	0.0032	151.14	0.48
0.74						

Partida **02.05 BARRIDO Y LIMPIEZA P/LA CARPETA ASFÁLTICA**

Rendimiento	M2/DIA	230.0000	EQ.	230.0000	COSTO POR M2	1.23	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	0.1000	0.0035	26.26	0.09
0101010005	PEON		HH	2.0000	0.0696	15.79	1.10
							1.19
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.19	0.04
							0.04

Partida **02.06 PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE**

Rendimiento	M3/DIA	338.0000	EQ.	338.0000	COSTO POR M3	63.02	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	1.0000	0.0237	26.26	0.62
0101010003	OPERARIO		HH	1.0000	0.0237	21.88	0.52
0101010005	PEON		HH	6.0000	0.1420	15.79	2.24
							3.38
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	3.38	0.10
0301100008	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 111-130 HP 9-11 ton		HM	1.0000	0.0237	180.00	4.27
0301100009	RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9-26 ton		HM	1.0000	0.0237	180.00	4.27
0301220009	CAMION VOLQUETE 4x2 210-280 HP 8M3		HM	10.0000	0.2367	199.69	47.27
0301390009	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 10-16 ton		HM	1.0000	0.0237	157.55	3.73
							59.64

PREPARACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

SubPartida							
Rendimiento	M3/DIA	MO.338.00	EQ.	338.00	COSTO POR M3	282.14	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		HH	1.0000	0.0237	26.26	0.62
0101010004	OFICIAL		HH	2.0000	0.0473	17.52	0.83
0101010003	OPERARIO		HH	2.0000	0.0473	21.88	1.03
0101010005	PEON		HH	6.0000	0.1420	15.79	2.24
							4.73

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Materiales						
0201040003	PETRÓLEO		GAL	6.4000	8.76	56.06
02070200010003	ARENA CHANCADA (P/ASFALTO)		M3	0.3900	145.87	56.89
0207020003	ARENA ZARANDEADA (P/ASFALTO)		M3	0.6800	92.91	63.18
0207010011	PIEDRA (P/ASFALTO)		M3	0.6700	124.29	83.27
						259.41
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3.0000	4.72	0.14
0301250002	GRUPO ELECTRÓGENO 116 HP 75 KW		HM	1.0000	0.0237	2.82
0301250003	GRUPO ELECTRÓGENO 230 HP 150 KW		HM	1.0000	0.0237	3.49
0301160004	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3		HM	1.0000	0.0237	4.21
0301390010	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 150 TON/H		HM	1.0000	0.0237	7.36
						18.03

Fuente: (Costos, enero 2019)

Elaboración: Propia

3.5.2. Costo de pavimento por kilómetro según partidas principales

3.5.2.1. Pavimento a nivel de afirmado

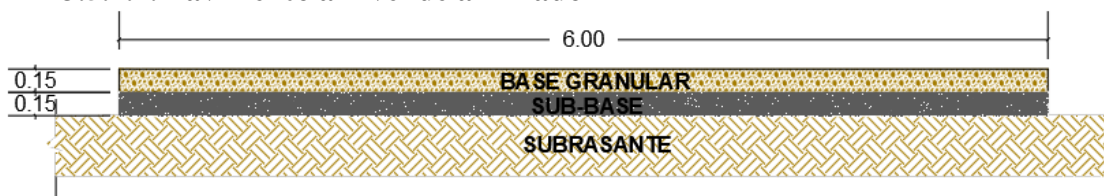


Figura 30. Corte transversal de pavimento a nivel de afirmado

Tabla 32.

Planilla de metrados para pavimento a nivel de afirmado

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	SUB TOTAL	TOTAL
01.01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	1.00	1,000.00	6.00	-	6,000.00	6,000.00
02.01	SUB BASE GRANULAR E= 0.15 M	M2	1.00	1,000.00	6.00	0.15	900.00	900.00
02.03	BASE GRANULAR E= 0.15 M	M3	1.00	1,000.00	6.00	0.15	900.00	900.00

Elaboración: Propia

Tabla 33.

Precio por kilómetro de pavimento a nivel de afirmado

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M	METRADO	P.U	PARCIAL
01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	6,000.00	2.19	13,140.00
02	SUB BASE GRANULAR E= 0.15 M	M3	900.00	102.00	91,800.00
03	BASE GRANULAR E= 0.15 M	M3	900.00	107.51	96,759.00
COSTO DIRECTO (S/)					201,699.00

Elaboración: Propia

3.5.2.2. Pavimento con el sistema Diamond Grid

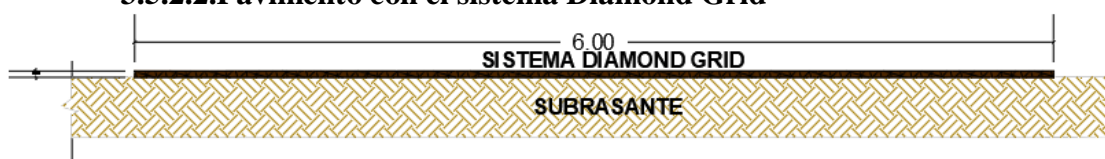


Figura 31. Corte transversal de pavimento con el sistema Diamond Grid

Tabla 34.

Planilla de metrados para pavimento con el sistema Diamond Grid

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	SUB TOTAL (S/)	TOTAL (S/)
01.01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE P/RECIBIR SISTEMA DIAMOND GRID	M3	1.00	1,000.00	6.00	0.04	240.00	240.00
02.01	INSTALACIÓN DIAMOND GRID	M2	1.00	1,000.00	6.00	-	6,000.00	6,000.00
03.01	BASE GRANULAR E= 0.04 M	M3	1.00	160.00	Según sección		160.00	160.00

Elaboración: Propia

Tabla 35.

Precio por kilómetro de pavimento con el sistema Diamond Grid

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M	METRADO	P.U	PARCIAL
01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE P/RECIBIR SISTEMA DIAMOND GRID	M2	240.00	0.97	232.80
02	INSTALACIÓN DIAMOND GRID	M3	6,000.00	56.94	341,640.00
03	BASE GRANULAR E= 0.04 M	M3	160.00	74.41	11,905.60
COSTO DIRECTO (S/)					353,778.40

Elaboración: Propia

3.5.2.3. Pavimento a nivel carpeta asfáltica

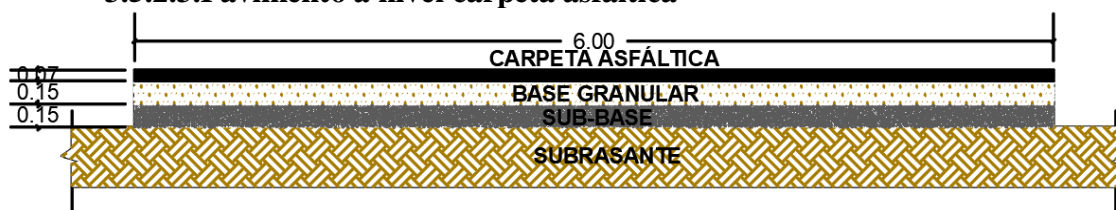


Figura 32. Corte transversal de pavimento a nivel de carpeta asfáltica

Tabla 36.

Planilla de metrados para pavimento a nivel de carpeta asfáltica.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	SUB TOTAL (S/)	TOTAL (S/)
01.01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	1.00	1,000.00	6.00	-	6,000.00	6,000.00
02.01	SUB BASE GRANULAR E= 0.15 M	M3	1.00	1,000.00	6.00	0.15	900.00	900.00
02.02	BASE GRANULAR E= 0.15 M	M3	1.00	1,000.00	6.00	0.15	900.00	900.00
02.03	BARRIDO Y LIMPIEZA P/LA IMPRIMACIÓN	M2	1.00	1,000.00	6.00	-	6,000.00	6,000.00
02.04	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	1.00	1,000.00	6.00	-	6,000.00	6,000.00
02.05	BARRIDO Y LIMPIEZA P/LA CARPETA ASFÁLTICA	M2	1.00	1,000.00	6.00	-	6,000.00	6,000.00
02.06	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	1.00	1,000.00	6.00	0.07	420.00	420.00

Elaboración: Propia

Tabla 37.

Precio por kilómetro de pavimento a nivel de carpeta asfáltica

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M	METRADO	P.U	PARCIAL
01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	6,000.00	2.43	14,580.00
02	SUB BASE GRANULAR E= 0.15 M	M3	900.00	121.35	109,215.00
03	BASE GRANULAR E= 0.15 M	M3	900.00	126.16	113,544.00
04	BARRIDO Y LIMPIEZA P/LA IMPRIMACIÓN	M2	6,000.00	1.23	7,380.00
05	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	6,000.00	6.42	38,520.00
06	BARRIDO Y LIMPIEZA P/LA CARPETA ASFÁLTICA	M2	6,000.00	1.23	7,380.00
07	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	420.00	345.16	144,967.20
COSTO DIRECTO (S/)					435,586.20

Elaboración: Propia

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Prueba de normalidad

Tabla 38.

Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de probetas patrón

i	X_i	X_i	$X_{(n-i+1)}$	$X_{(n-i+1)} - X_i$	a_i	$a_i(X_{(n-i+1)} - X_i)$	$(X_i - \text{media})^2$
1	15.79	10.71	15.79	5.08	0.6646	3.3762	5.5037
2	14.06	12.04	14.06	2.02	0.2413	0.4874	1.0323
3	12.68	12.68	12.68	0	0	0	0.1414
4	12.04	14.06	12.04	-2.02	0	0	1.0080
5	10.71	15.79	10.71	-5.08	0	0	7.4748
Sumatoria						3.8636	15.1601
Media							13.056
Valor esperado (W_c)							0.762
Valor estadístico (W_c)							0.9846

Elaboración: Propia

Tabla 39.

Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas individuales sin relleno

i	X_i	X_i	$X_{(n-i+1)}$	$X_{(n-i+1)} - X_i$	a_i	$a_i(X_{(n-i+1)} - X_i)$	$(X_i - \text{media})^2$
1	45.761	29.348	45.761	16.413	0.6233	10.230	130.61
2	40.761	36.087	44.891	8.804	0.3031	2.668	21.99
3	44.674	40.761	44.674	3.913	0.1401	0.548	0.00
4	43.913	43.913	43.913	0.000	0	0.000	9.84
5	44.891	44.674	40.761	-3.913	0	0.000	15.19
6	29.348	44.891	36.087	-8.804	0	0.000	16.93
7	36.087	45.761	29.348	-16.413	0	0.000	24.85
Sumatoria						13.447	219.405
Media							40.776
Valor esperado (W_c)							0.803
Valor estadístico (W_c)							0.8241

Elaboración: Propia

Tabla 40.

Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas individuales con relleno

i	X_i	X_i	$X_{(n-i+1)}$	$X_{(n-i+1)} - X_i$	a_i	$a_i(X_{(n-i+1)} - X_i)$	$(X_i - \text{media})^2$
1	53.208	53.208	73.606	20.398	0.6233	12.714	127.61
2	66.283	58.695	70.730	12.035	0.3031	3.648	33.75
3	70.730	66.283	66.283	0.000	0.1401	0.000	3.16
4	58.695	70.730	58.695	-12.035	0	0.000	38.76
5	73.606	73.606	53.208	-20.398	0	0.000	82.84
Sumatoria						16.362	286.118
Media							64.504
Valor esperado (W_c)							0.767
Valor estadístico (W_c)							0.9357

Elaboración: Propia

Tabla 41.

Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas compuestas sin relleno

i	X_i	X_i	$X_{(n-i+1)}$	$X_{(n-i+1)} - X_i$	a_i	$a_i(X_{(n-i+1)} - X_i)$	$(X_i - \text{media})^2$
1	70.701	66.790	88.339	21.549	0.5888	12.688	166.37
2	88.339	70.701	87.786	17.085	0.3244	5.542	80.77
3	87.786	73.764	85.129	11.365	0.1976	2.246	35.10
4	73.764	75.572	84.982	9.410	0.0947	0.891	16.95
5	85.129	84.133	84.133	0.000	0	0.000	19.75
6	66.790	84.982	75.572	-9.410	0	0.000	28.02
7	75.572	85.129	73.764	-11.365	0	0.000	29.60
8	84.982	87.786	70.701	-17.085	0	0.000	65.57
9	84.133	88.339	66.790	-21.549	0	0.000	74.83
Sumatoria						21.367	516.966
Media							79.688
Valor esperado (W_c)							0.829
Valor estadístico (W_c)							0.8832

Elaboración: Propia

Tabla 42.

Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celdas compuestas con relleno

i	X_i	X_i	$X_{(n-i+1)}$	$X_{(n-i+1)} - X_i$	a_i	$a_i(X_{(n-i+1)} - X_i)$	$(X_i - \text{media})^2$
1	349.828	334.233	349.828	15.595	0.6233	9.720	31.79
2	336.729	336.729	340.610	3.881	0.3031	1.176	9.87
3	337.957	337.957	337.957	0.000	0.1401	0.000	3.66
4	334.233	340.610	336.729	-3.881	0	0.000	0.55
5	340.610	349.828	334.233	-15.595	0	0.000	99.13
Sumatoria						10.897	145.011
Media							339.871
Valor esperado (W_c)							0.762
Valor estadístico (W_c)							0.8188

Elaboración: Propia

Tabla 43.

Prueba de Shapiro – Wilk esfuerzo de celda sin bordes (en "x") sin relleno

i	X_i	X_i	$X_{(n-i+1)}$	$X_{(n-i+1)} - X_i$	a_i	$a_i(X_{(n-i+1)} - X_i)$	$(X_i - \text{media})^2$
1	67.727	60.227	87.273	27.046	0.6052	16.368	231.01
2	80.909	65.000	85.909	20.909	0.3164	6.616	108.70
3	85.909	67.727	81.705	13.978	0.1743	2.436	59.28
4	60.227	74.659	80.909	6.250	0.0561	0.351	0.59
5	65.000	80.909	74.659	-6.250	0	0.000	30.06
6	74.659	81.705	67.727	-13.978	0	0.000	39.42
7	81.705	85.909	65.000	-20.909	0	0.000	109.89
8	87.273	87.273	60.227	-27.046	0	0.000	140.35
Sumatoria						25.771	719.308
Media							75.426
Valor esperado (W_c)							0.818
Valor estadístico (W_c)							0.9233

Elaboración: Propia

Tabla 44.

Prueba de Shapiro – Wilk de celda sin bordes (en “x”) con relleno

i	X _i	X _i	X _(n-i+1)	X _(n-i+1) - X _i	a _i	a _i (X _(n-i+1) -X _i)	(X _i -media) ²
1	35.07	28.82	35.07	6.250	0.6233	3.896	13.59
2	33.08	31.01	34.55	3.540	0.3031	1.073	2.24
3	28.82	33.08	33.08	0.000	0.1401	0.000	0.33
4	31.01	34.55	31.01	-3.540	0	0.000	4.18
5	34.55	35.07	28.82	-6.250	0	0.000	6.57
Sumatoria						4.969	26.906
Media							32.506
Valor esperado (W_c)							0.762
Valor estadístico (W_c)							0.9175

Elaboración: Propia

3.6.2. Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 45.

Análisis de varianza de probetas patrón y de celdas con relleno

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F experimental	F teórico
Entre grupos	835,010.2473	3	278,336.75	9,388.3722	3.24
Dentro grupos	474.3515	16	29.65		
Total	418,073.9783	19			

Elaboración: Propia

3.6.3. Prueba de Tukey


Tabla 46.

Análisis de comparaciones de tipos de diseños

Variantes del factor	PATRÓN	CELDA INDIVIDUAL	CELDA COMPUESTA	CELDA SIN BORDES
Resultados de la resistencia a la compresión (kg/cm ²)	15.790	53.208	349.828	35.070
diferentes tipos de diseño	14.060	66.283	336.729	33.080
relleno de material base	12.680	70.730	337.957	28.820
	12.040	58.695	334.233	31.010
	10.710	73.606	340.610	34.550
Media aritmética	13.0560	64.5044	339.8714	32.5060
Media global				54.9721

Elaboración: Propia

	PATRÓN	C. INDIVIDUAL	C. COMPUESTA	C. SIN BORDES
PATRÓN		-51.4484	-326.8154	-19.4500
C. INDIVIDUAL			-275.3670	31.9984
C. COMPUESTA				307.3654
C. SIN BORDES				

 > a HSD (números absolutos)

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Resistencia a la compresión

En las Tablas 20, 22, 24, 26, 28 y 30 se muestran los datos obtenidos de realizar los ensayos de esfuerzo de probetas con y sin relleno de los tres tipos de diseño que se está utilizando en esta investigación.

Como se muestra en la *Figura 33* las probetas de celda individual y celda compuesta obtuvieron un mayor esfuerzo con relleno que siendo ensayadas sin relleno. El esfuerzo en la celda individual con relleno incrementa con un factor de mejoramiento de 1.58 a comparación del esfuerzo sin relleno obtenido. Asimismo, el esfuerzo de la celda compuesta con relleno incrementa con un factor de mejoramiento de 4.27 comparado con el esfuerzo sin relleno del mismo tipo. En el caso de la celda sin bordes (en “x”) el esfuerzo con relleno decrece con un factor de inflexión de 0.43.

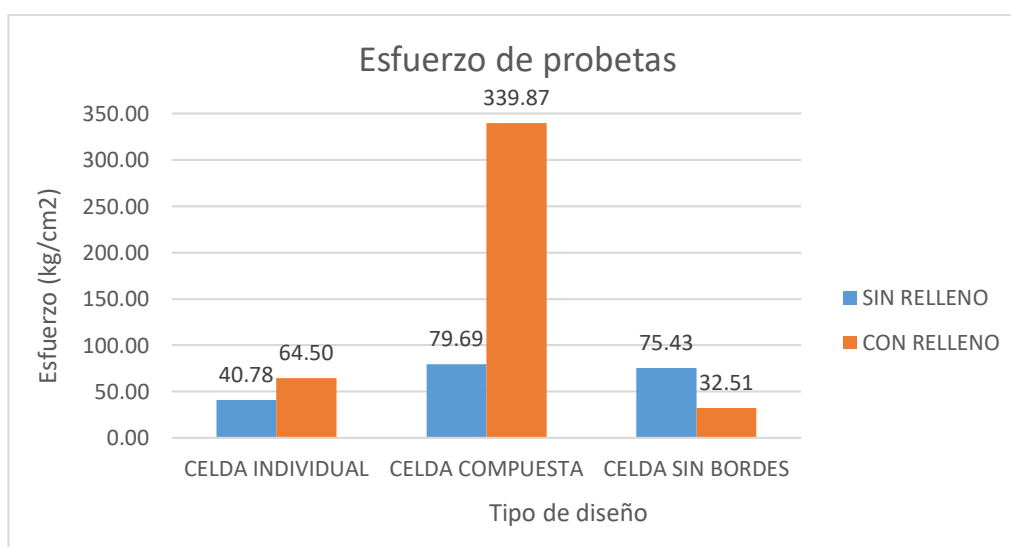


Figura 33. Análisis de resultados de esfuerzo de probetas con y sin relleno

En la *Figura 34* se muestran los resultados de esfuerzo de las probetas con relleno comparados con el esfuerzo del material (probeta patrón). Se puede apreciar el aumento significativo que aportan las celdas al material siendo el de celda compuesta el mayor de todos.

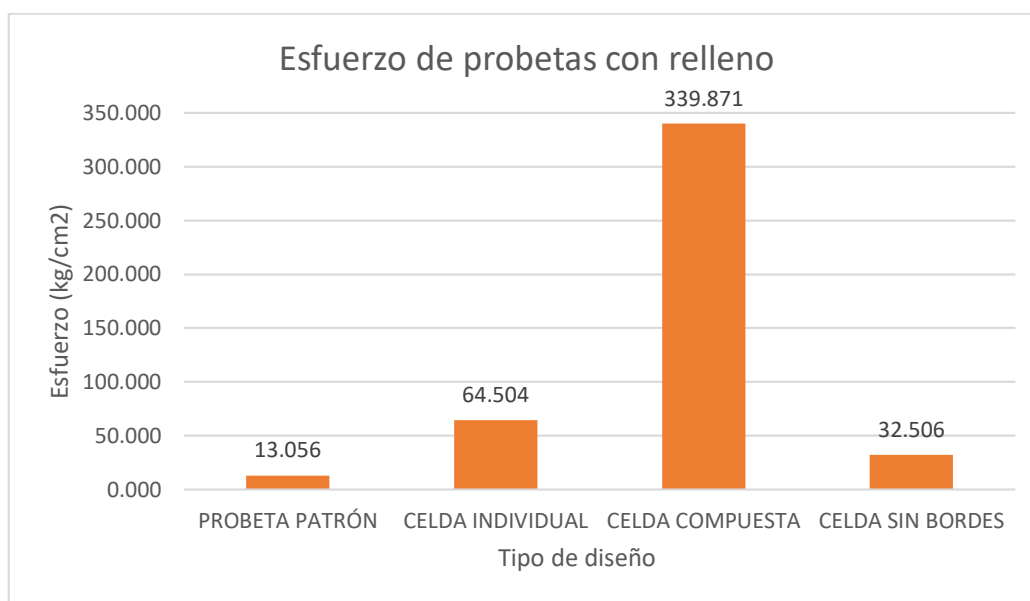


Figura 34. Comparación de esfuerzo de probetas con relleno y probetas patrón

4.1.2. Deformación

Los resultados obtenidos en las *Figuras 35, 36 y 37* muestran la deformación de las probetas con y sin relleno de las celdas individuales, compuestas y sin bordes (en “x”), correspondientemente. En la *Figura 35* muestra que ambas curvas en el rango elástico son similares y la curva de las celdas con relleno llegan al rango inelástico. Comparando la deformación para el caso de celdas compuestas con y sin relleno se puede apreciar en la *Figura 36*, que la curva esfuerzo-deformación en las

probetas sin rellenos es frágil y para las probetas con relleno, la curva alcanza la zona plástica.

En el caso de la deformación de las celdas sin bordes (en “x”), *Figura 37*, las celdas sin relleno muestran un alto rango elástico comprado con el de celdas con relleno, esto se debe a que el esfuerzo es diferente, pues el área de celdas sin relleno es menor a las celdas con relleno.

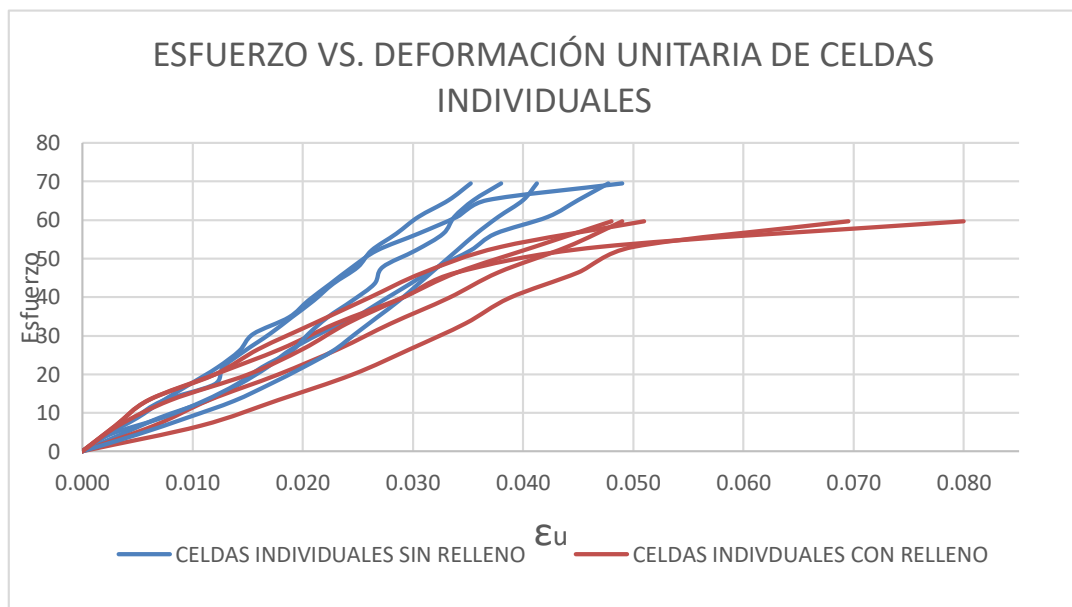


Figura 35. Análisis de deformación de celdas individuales con y sin relleno

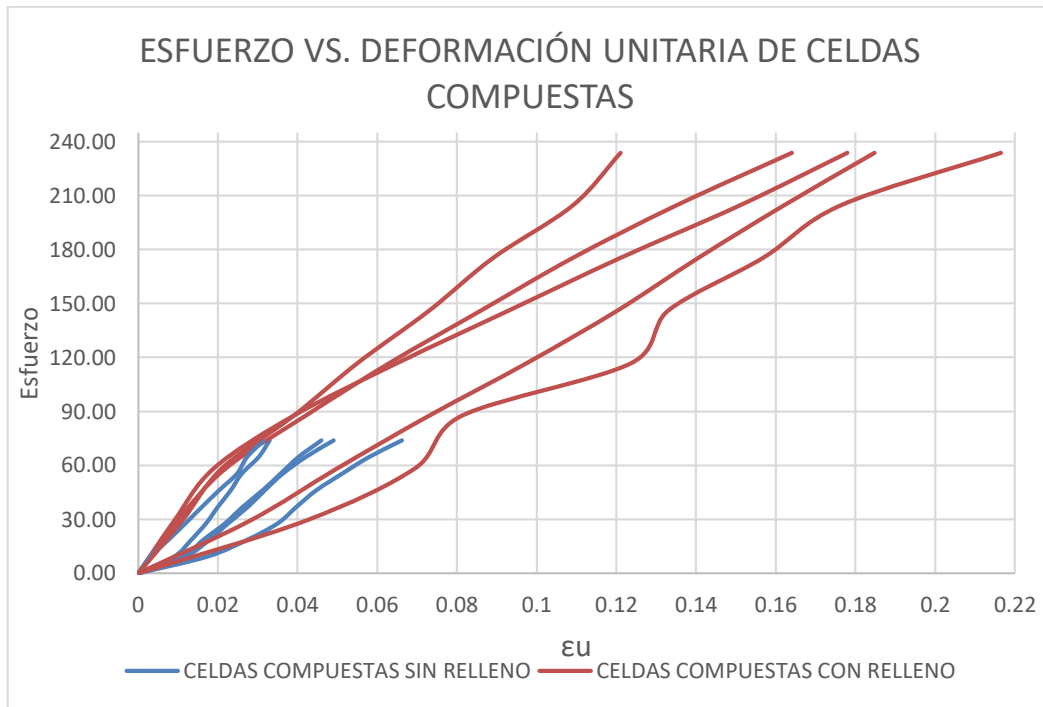


Figura 36. Análisis de deformación de celdas compuestas con y sin relleno

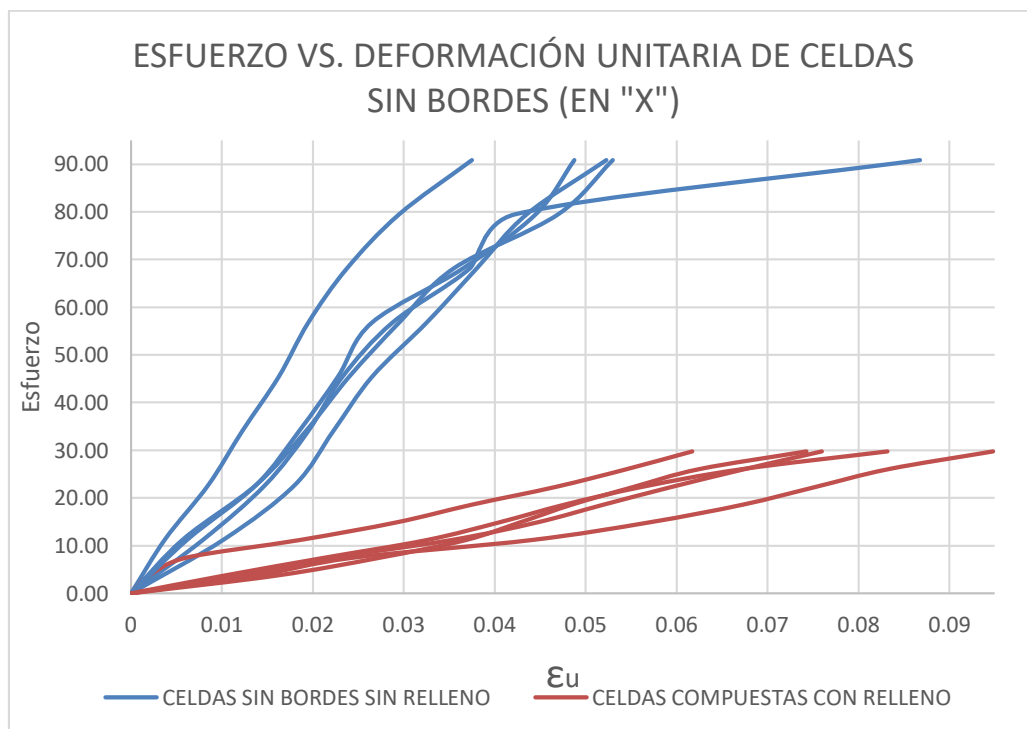


Figura 37. Análisis de deformación de celdas sin bordes (en "x") con y sin relleno

En la *Figura 38* se aprecia la comparación de los tres tipos de celdas, todas ensayadas sin relleno. La forma de las curvas es parecida en los diferentes tipos, esto demuestra que independientemente el tipo de diseño que se ha considerado, el material muestra un comportamiento homogéneo.

En la *Figura 39* se aprecia la comparación de los tres tipos de celdas, todas ensayadas con relleno. Siendo la celda compuesta con relleno la que muestra un mejor comportamiento de deformación.

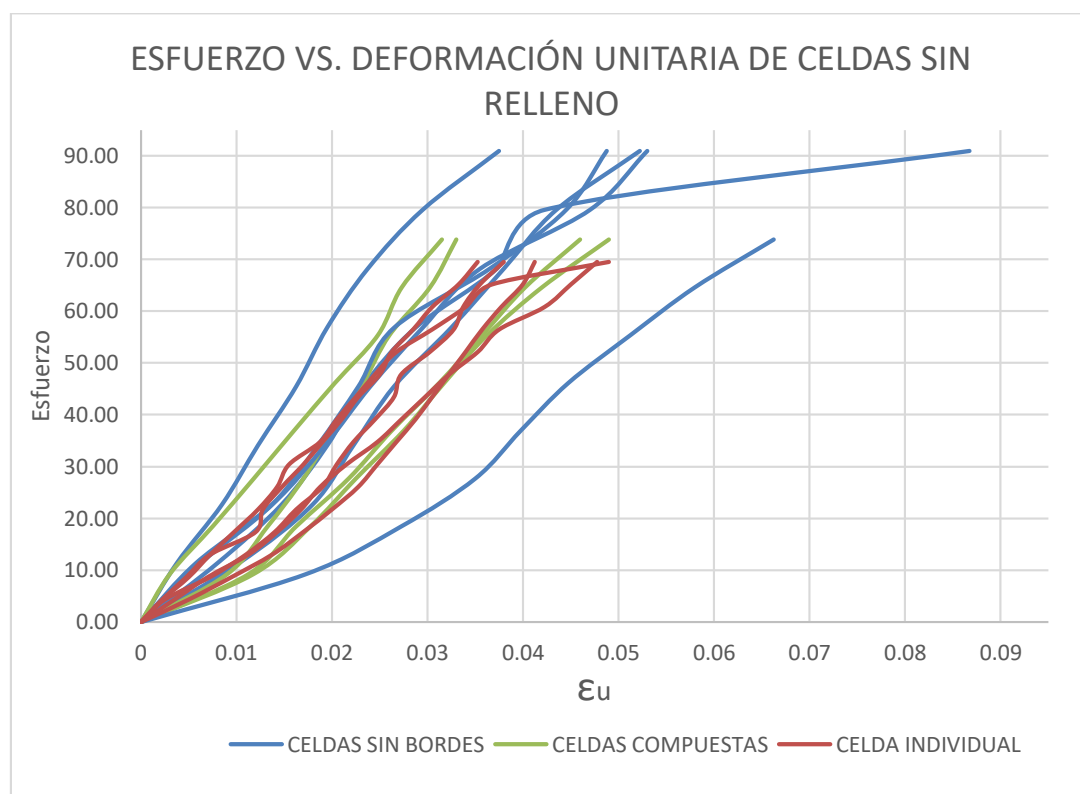


Figura 38. Comparación de curva deformación de los tres tipos de celdas sin relleno

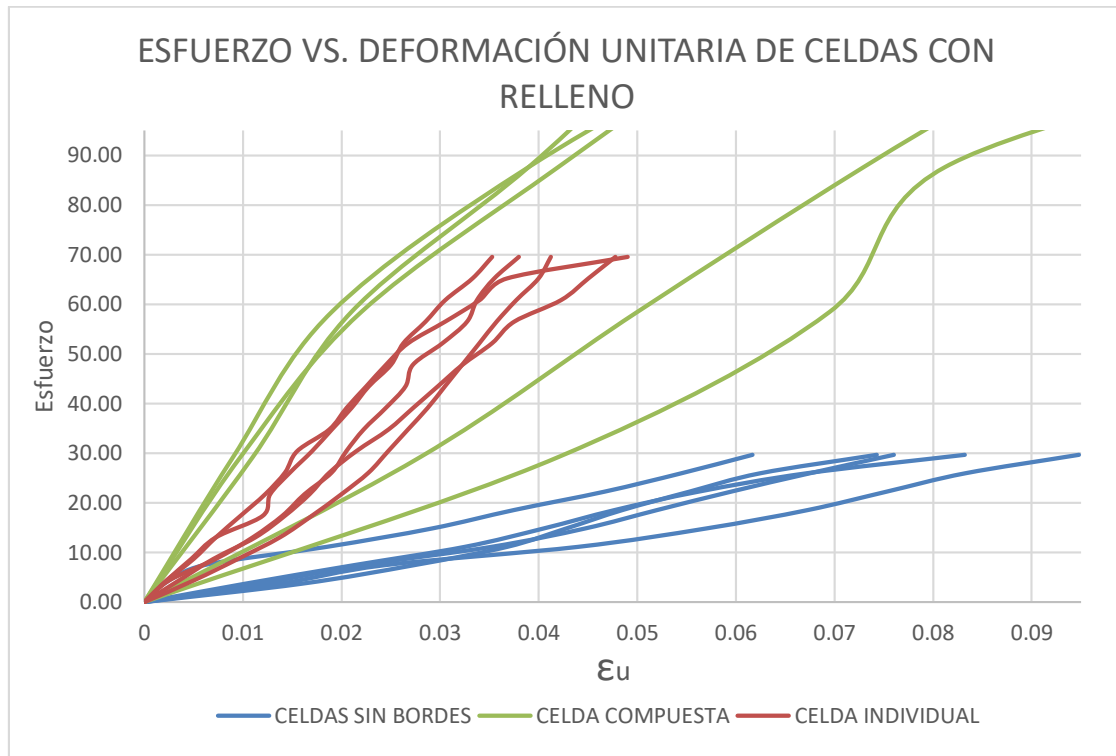


Figura 39. Comparación de curva deformación de los tres tipos de celdas con relleno

4.1.3. Análisis de costos

Se elaboró una evaluación por costos, para determinar si el sistema Diamond Grid es conveniente en la aplicación de vías. Se tuvo en cuenta los espesores de las capas según el Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentos de Bajo Volumen de Tránsito del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) para un pavimento a nivel de afirmado y el Manual de Carreteras En Diseño Geométrico del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) para un pavimento a nivel de carpeta asfáltica. Los precios se obtuvieron de un análisis de precios unitarios. Se determinó que el costo por kilómetro de una vía con aplicación del sistema Diamond Grid es mayor que al de la ejecución de un pavimento a nivel de

afirmado y menor que el de un pavimento a nivel de carpeta asfáltica, tablas 33, 35 y 37. Comparado el sistema Diamond Grid con un pavimento a nivel de afirmado, el beneficio se muestra a largo plazo, pues una la aplicación del sistema Diamond Grid reduce la frecuencia de mantenimiento. Como se puede observar en la *Figura 41* el sistema Diamond Grid muestra un monto intermedio, representado un 19% menos que el del pavimento a nivel de carpeta asfáltica, siendo un resultado óptimo para su utilización por el beneficio económico y el aumento de esfuerzo del suelo.

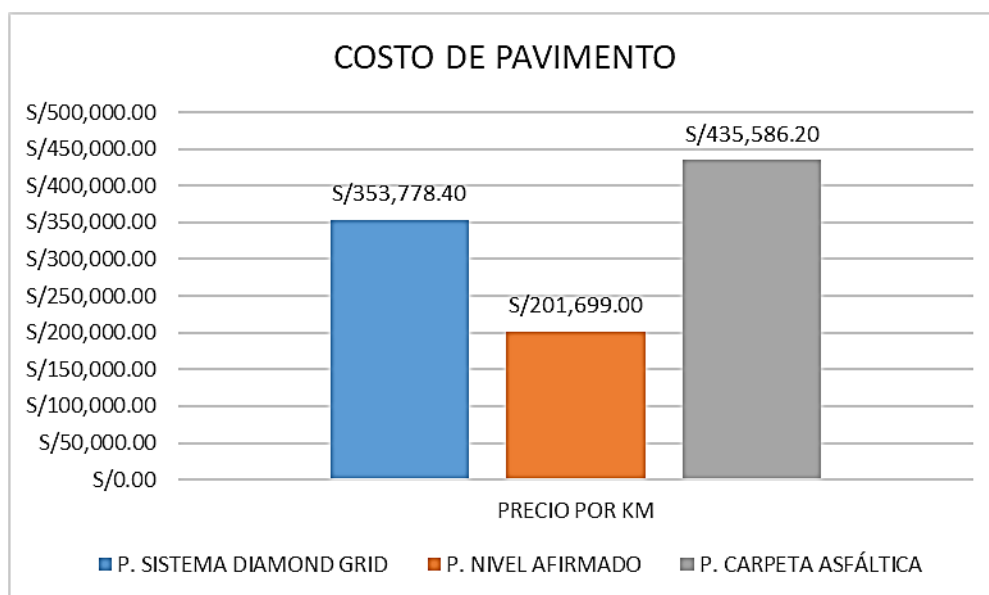


Figura 40. Comparación de costo por kilómetro para cada sistema

4.1.4. Análisis de datos

- Prueba de normalidad

En la prueba de Shapiro – Wilk se determinaron las siguientes hipótesis:

H_0 = Hipótesis nula, la variable no tiene una distribución normal.

H_1 : Hipótesis alternativa, la variable tiene una distribución normal.

De los resultados de la Tabla 36, se determina que el valor de $W_c = 0.9846$ es mayor al valor esperado $W_c (0.95;5) = 0.762$ se rechaza H_0 , por lo tanto, se concluye que se tiene una confianza del 95% que la variable se distribuye normalmente.

De los resultados de la Tabla 37, se determina que el valor de $W_c = 0.8241$ es mayor al valor esperado $W_c (0.95;7) = 0.803$ se rechaza H_0 , por lo tanto, se concluye que se tiene una confianza del 95% que la variable se distribuye normalmente.

De los resultados de la Tabla 38, se determina que el valor de $W_c = 0.9357$ es mayor al valor esperado $W_c (0.95;5) = 0.762$ se rechaza H_0 , por lo tanto, se concluye que se tiene una confianza del 95% que la variable se distribuye normalmente.

De los resultados de la Tabla 39, se determina que el valor de $W_c = 0.8832$ es mayor al valor esperado $W_c (0.95;9) = 0.829$ se rechaza H_0 , por lo tanto, se concluye que se tiene una confianza del 95% que la variable se distribuye normalmente.

De los resultados de la Tabla 40, se determina que el valor de $W_c = 0.8188$ es mayor al valor esperado $W_c (0.95;5) = 0.762$ se rechaza H_0 , por lo tanto, se concluye que se tiene una confianza del 95% que la variable se distribuye normalmente.

De los resultados de la Tabla 41, se determina que el valor de $W_c = 0.9233$ es mayor al valor esperado $W_c (0.95;8) = 0.818$ se rechaza H_0 , por lo tanto, se concluye que se tiene una confianza del 95% que la variable se distribuye normalmente.

De los resultados de la Tabla 42, se determina que el valor de $W_c = 0.9175$ es mayor al valor esperado $W_c (0.95;5) = 0.762$ se rechaza H_0 , por lo tanto, se concluye que se tiene una confianza del 95% que la variable se distribuye normalmente.

- **Análisis de varianza (ANOVA)**

Determinada la normalidad de las muestras, se realizó la prueba de hipótesis de Análisis de varianza para verificar si se encuentran diferencias significativas entre los diferentes tipos de diseño.

Se tuvieron en cuenta las siguientes hipótesis:

H_0 = La aplicación del sistema Diamond Grid no mejora la resistencia a compresión del pavimento.

H_1 : La aplicación del sistema Diamond Grid mejora la resistencia a compresión del pavimento.

La base de datos de la Tabla 43, son los resultados de la resistencia a la compresión de los diferentes tipos de diseño relleno con material base, siendo $F_{\text{experimental}} > F_{\text{teórico}}$, se acepta hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza hipótesis nula (H_0). Lo que significa que existe diferencia entre los valores promedios entre los diferentes diseños.

- **Prueba de Tukey**

Como se indicó que existe diferencia entre los resultados de esfuerzo según los tipos de diseño del sistema. Para ello, se consideraron cuatro grupos:

- ✓ probetas patrón
- ✓ probetas de celda individual con relleno
- ✓ probetas de celda compuesta con relleno
- ✓ probetas de celda sin bordes (en “x”) con relleno

Se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 = La media de esfuerzo en los cuatro grupos es igual, con 95% de confiabilidad.

H_1 : En al menos un grupo, la media de esfuerzo es diferente, con 95% de confiabilidad.

Se obtiene el factor HDS (Diferencia honestamente significativa)

$$HSD = q_\alpha \sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

<i>HSD = Diferencia honestamente significativa</i>	Donde:	
<i>Multiplicador = q_α (según tabla)</i>	$q_\alpha =$	4.05
<i>MSE = Error medio 2</i>	MSE =	29.65
<i>n = tamaño de muestra</i>	n =	5

Cuyo valor es: 9.86. Este resultado determinará qué hipótesis de rechaza o acepta. La diferencia absoluta de la media aritmética de cada grupo con la media global de Tabla 44 se compararán con el HDS, para indicar qué hipótesis se tomará en cuenta.

	PATRÓN	C. INDIVIDUAL	C. COMPUESTA	C. SIN BORDES
PATRÓN		-51.4484	-326.8154	-19.4500
C. INDIVIDUAL			-275.3670	31.9984
C. COMPUESTA				307.3654
C. SIN BORDES				

Figura 41. Diferencia entre resultados de grupos – Prueba de Tukey

Los datos resaltados en la *Figura 21* son mayores al HSD. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0). A la vez, representan diferencias significativas entre grupos en los resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

4.2. Conclusiones

- Determinamos que la influencia del Sistema Diamond Grid mejora hasta 2603.18 % resultado obtenido en celda compuesta, celda individual en 494.06% y celda sin bordes (en “x”) en 248.97% respecto a resultados de probetas patrón (*Figura 31*), las propiedades mecánicas del suelo, debido a que la capacidad de soporte aumenta considerablemente. Esto se vio reflejado en los ensayos realizados a los tres tipos de diseño; en el ensayo de resistencia a compresión los resultados fueron óptimos mientras más área de contacto existe mayor es el esfuerzo que soporta el material; por lo que el material queda encerrado en la celda y no permite que falle por aplastamiento.
- De los ensayos de resistencia a compresión de las probetas sin relleno, se obtuvieron como mayor resultado al esfuerzo de 88.34 kg/cm^2 en las celdas compuestas los cuales son parámetros que garantizan alcanzar las propiedades óptimas buscadas.
- Se realizó la evaluación a probetas rellenas de material base (afirmado) para tipo de diseño, obteniendo como mayor resultado 349.83 kg/cm^2 en las celdas compuestas, esto se debe a que a mayor área la resistencia a compresión del material es mayor; así como también que el material base es encapsulado y no permite que este se expanda. Es por eso que si realizamos un ensayo a una plancha completa de $1.00 \times 1.00 \times 0.04 \text{ m}$. esta resistiría 1000 Ton/m^2 .
- Se realizó la evaluación de costos por kilómetro de carretera para un pavimento a nivel de afirmado, pavimento utilizando el sistema Diamond Grid con relleno de afirmado y pavimento a nivel de carpeta asfáltica. El primero tiene un costo de S/

201,699.00 por kilómetro, mientras que el que utiliza el Sistema Diamond Grid es de S/ 353,778.40 por kilómetro y el pavimento nivel de carpeta asfáltica S/ 435,586.20. La diferencia de costos radica en el precio del Diamond Grid por lo que la inversión se ve reflejada a largo plazo; es decir el mantenimiento de ésta es menor en comparación a la vía no pavimentada sin el sistema el cual su mantenimiento es anual y tiene menos vida útil y el pavimento a nivel carpeta asfáltica tiene mayor costo y su mantenimiento incrementa el precio. Esto demuestra que el uso del sistema Diamond Grid, además de mejorar las propiedades mecánicas del suelo, también reduce costos para la construcción de carreteras.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda realizar más investigación sobre este sistema innovador que es el Diamond Grid para poder así utilizarlo como opción en los nuevos proyectos, el cual permite obtener resistencias mayores y menos gastos de mantenimiento.
- Se recomienda realizar pruebas con probetas diferentes medidas; así como también de toda la plancha del sistema Diamond Grid (plancha de 1.00 m x 1.00 m), para observar su comportamiento y comparar con las especificaciones del producto.
- Para futuras investigaciones se recomienda utilizar otro tipo de relleno en el sistema Diamond Grid con el fin de obtener otro tipo de resultados para poder comparar con qué tipo de relleno el sistema se comporta mejor.

- Se recomienda realizar otros tipos de ensayos al material para evaluar un comportamiento distinto al estudiado.
- Se recomienda que las condiciones donde se almacene el material sean las óptimas, para que de esta forma los resultados no se vean afectados.
- Se recomienda utilizar una superficie totalmente plana al momento de compactar las probetas, de esta manera no existirán desniveles que puedan afectar los resultados al momento de realizar los ensayos de compresión.

REFERENCIAS

- *Aguilar, D. (2016). Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña.*
- *Cámara De Comercio Y Producción De La Libertad. (07 de febrero de 2019). La Libertad: economía regional repuntaría para el año 2019. Mercados & Regiones. Recuperado de <https://www.mercadosyregiones.com/2019/02/07/la-libertad-economia-regional-repuntaria-para-el-ano-2019/>*
- *Diamond Grid (s.f.). Especificaciones Recuperado de <https://www.diamondgrid.com/pe-es/especificaciones/>*
- *Díaz, Escobar & Olivo (2012). Aplicación de los geosintéticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras.*
- *Duarte & Sierra (2015). Estudio del comportamiento de un material de subrasante típico de Bogotá estabilizado con un sistema de geoceldas ante la aplicación de ciclos de carga y descarga mediante pruebas de laboratorio.*
- *Garavito, J. (2016). Planeamiento de la construcción de la defensa ribereña del puente Tahuamanu utilizando geoestructuras – Madre de Dios.*
- *Huang, Y. H. (2004). Pavement Analysis and Design. Upper Saddle River, N. J.:Prentice-Hall.*
- *Instron (s.f.). ISO 604 Propiedades de compresión de plástico. Recuperado de <https://www.instron.es/es-es/testing-solutions/by-material/plastics/compression/iso-604>*
- *Maceda, E. (2015). Evaluación del uso de geosintéticos para el control de la erosión hídrica en la margen izquierda del río Zarumilla – Tumbes.*

- *Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Manual Para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.*
- *Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Junio de 2013). Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.*
- *Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Mayo de 2016). Manual de Ensayo de Materiales.*
- *Rico, A., & Del Castillo, H. (2005). La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. México, D.F.: Limusa S.A.*
Recuperado de
https://www.academia.edu/13449751/La_ingenier%C3%ADa_de_suelos_en_las_%C3%ADas_terrestres?auto=download
- *Soto, H. (2009). La aplicación de geosintéticos a terraplenes.*

APÉNDICE

APÉNDICE n.º 1. Especificaciones Técnicas del sistema Diamond Grid



ACERCA DE DIAMOND GRID

MINERÍA Y PROYECTOS CIVILES

Reduzca costos de
infraestructura y elimine gastos
de mantenimiento permanente

Los sistemas de estabilización de suelos Diamond Grid son utilizados con excelentes resultados por importantes empresas mineras de todo el mundo para reducir los costos por recubrimiento de caminos, pisos de galpones y otras áreas que requieren superficies sólidas, aptas para todo tipo de vehículos.

Diamond Grids también eliminan la necesidad de mantenimiento permanente de caminos no pavimentados cuya reparación requiere maquinaria, en forma regular.

1000

T/M² LLENO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

300

T/M² VACÍO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

100

POR CIENTO POLIPROPILENO
RECICLADO

"DURANTE AÑOS, VIMOS CÓMO NUESTRO PATIO SE CONVERTÍA EN UNA POZA DE LODO CADA VEZ QUE LLEGABA EL INVIERNO. EL AGUA APOZADA Y LAS MÁQUINAS CONSTANTEMENTE REMOVIENDO EL TERRENO HACÍAN QUE SE FORMARA GRAN CANTIDAD DE LODO, LO CUAL NOS IMPEDÍA TRABAJAR. PASÁBAMOS HORAS RETIRANDO EL BARRO, ETC. DE LAS MÁQUINAS HASTA QUE NOS DIMOS CUENTA DE QUE PERDÍAMOS MUCHO TIEMPO LIMPIANDO NUESTROS ZAPATOS, LOS VEHÍCULOS Y LAS OFICINAS.

HACE POCO TIEMPO INSTALAMOS DIAMOND GRID Y DESCUBRIMOS QUE, INCLUSO CON MÁQUINAS DE MÁS DE 50 TONELADAS, LA CIRCULACIÓN Y LOS GIROS NO HAN AFECTADO LA RESISTENCIA NI LA CONFIABILIDAD DEL PRODUCTO. Y, LO MÁS IMPORTANTE, NO MÁS "POZAS DE LODO".

CON MUCHO AGRADO, LOADEX HIRE RECOMIENDA DIAMOND GRID Y AVALA ESTE PRODUCTO."

LOADEX HIRE

EQUIPO ADMINISTRATIVO,
LOADEX HIRE, AUSTRALIA
OCCIDENTAL

"HEMOS USADO DIAMOND GRID UN PAR DE VECES EN LA VÍA FÉRREA DE LA COSTA NORTE DE QUEENSLAND PARA CONSTRUIR PELDAÑOS DE ACCESO A NUESTROS PUENTES FERROVIARIOS, POR EJEMPLO. SIEMPRE HABÍAMOS TENIDO PROBLEMAS PARA ENCONTRAR UNA FORMA SEGURA Y COSTO-EFECTIVA DE HACERLO Y DIAMOND GRID HA FUNCIONADO PERFECTO EN ESTA APLICACIÓN.

LA AYUDA Y EL SERVICIO POST VENTA HAN SIDO MAGNÍFICOS YA QUE OTRAS EMPRESAS CON LAS QUE HEMOS TRABAJADO SENCILLAMENTE HAN DESAPARECIDO DESPUÉS DE VENDER NOS EL PRODUCTO. AFORTUNADAMENTE, ÉSTE NO FUE EL CASO CON DIAMOND GRID.

RECOMENDARÍA EL PRODUCTO HA CUALQUIER PERSONA QUE DEBA SOLUCIONAR PROBLEMAS CON CAMINOS DE ACCESO O ÁREAS INESTABLES."



RODNEY SHEA,
COORDINATOR ACTIVOS CIVILES,
FERROCARRIL DE QUEENSLAND

APLICACIONES

SENDEROS A PLANTAS MINERAS ▶

Instale senderos costo-efectivos, resistentes al uso intenso, estables, que no son arrastrados por la lluvia ni quedan cubiertos bajo el lodo, incluso después de severas condiciones climáticas.

◀ PISO DE TALLERES

Al ser mucho más económico que el concreto, Diamond Grid es la solución perfecta para cubrir el suelo de galpones. Las mallas resisten hasta 400 toneladas por metro cuadrado, lo que las hace ideales para guardar equipos y vehículos. El sencillo sistema de ensamblado que ofrece Diamond Grid es fácil de instalar y se puede reinstalar, si usted decide reubicar su galpón.

SENDEROS PARA CAMPAMENTOS ▶

El uso de Diamond Grids en senderos de campamentos mineros ofrece una solución costo-efectiva y estable. También son reinstalables cuando los campamentos son trasladados.



◀ **PISTAS AÉREAS**
Diamond Grid es la solución ideal para construir pistas aéreas económicas y resistentes; en especial, en áreas remotas, manteniendo la pista libre de lodo y erosión, incluso en zonas de alta pluviosidad.



CAMINOS DE ACCESO A MINAS ▶
Diamond Grid elimina el gasto permanente de cuadrillas y maquinaria de mantenimiento de caminos y entrega una superficie segura y resistente.



◀ **CRUCE DE ARROYOS**
Al instalar Diamond Grid en el cruce de arroyos impedirá que el material base y la grava sea arrastrada por el agua, creando una solución permanente para el cruce de camiones y otros vehículos.

ESTACIONAMIENTOS DE ALTA RESISTENCIA ▶

Diamond Grid se puede usar para crear superficies sólidas para estacionamientos de alta resistencia, sin los costos asociados a los productos impermeabilizantes comunes, como el concreto y alquitrán.

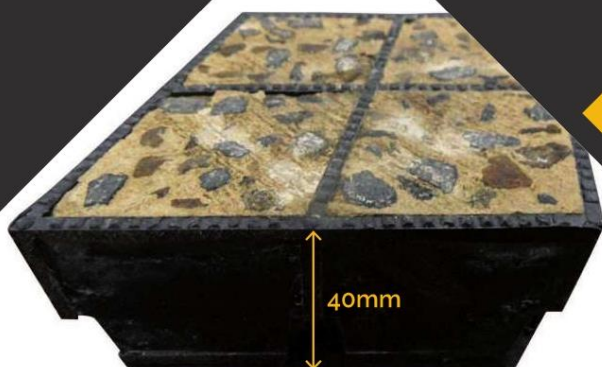
◀ CAMINOS DE TRANSPORTE

Diamond Grid se puede usar como cubierta superior en los caminos de transporte para evitar la formación de baches, surcos y la erosión de los bordes del camino. Las mallas reducen los tiempos muertos y disminuyen los costos por mano de obra y maquinaria, en comparación al concreto. También reducen los costos por el uso de motoniveladoras para reparar el camino.

ESTACIONAMIENTOS DE AUTOS ▶

Diamond Grid le permite construir estacionamientos para autos que son atractivos, no dañan el medioambiente, son económicos y resistentes. Son fáciles de instalar pues no necesitan una estructura y, con el tiempo, no se agrietan como el concreto o el pavimento.

ARMAZÓN PARA EL CONCRETO



AHORRE
HASTA

60%

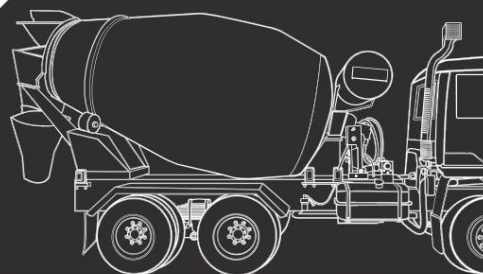
DEL COSTO DE
PLANCHAS DE
CONCRETO

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN*

RESISTENCIA PROMEDIO A LA
COMPRESIÓN DE SOLO 4
CELDA DE LA MALLA
- 25 MPa



* Pruebas realizadas por Australian
Laboratory Services



LOS COSTOS POR CONCRETO SE PUEDEN REDUCIR HASTA 60 POR
CIENTO AL USAR DIAMOND GRIDS COMO ESTRUCTURA DE ARMAZÓN,
YA QUE LA PROFUNDIDAD DE CONCRETO REQUERIDA ES **DE SOLO**
40MM. SE PUEDEN HACER IMPORTANTES AHORROS EN NECESIDADES
DE CONCRETO Y MANO DE OBRA.

DIAMOND GRID GUÍA DE INFORMACIÓN E INSTALACIÓN | 7

ESTUDIOS DE CASO

EL PROBLEMA

BHP tenía problemas porque los caminos se volvían intransitables durante y después de la época de lluvia porque el material base siempre era arrastrado por el agua. Esto generaba costos directos de mantenimiento permanente y costos asociados a la imposibilidad de acceder a los sitios de exploración hasta que los caminos fueran reparados.

LA SOLUCIÓN

- ◆ Se niveló la base existente.
- ◆ Se extendió un geotextil sobre la base donde se instalaría la malla, creando una barrera entre la base y la capa superior.
- ◆ Se instaló Diamond Grid sobre el geotextil.
- ◆ Se esparció gravilla.
- ◆ Luego, la gravilla se esparció sobre las celdas y se compactó con una compactadora.

CAMINO DE ACCESO AL SITIO DE EXPLORACIÓN



SENDEROS EN LA PLANTAS DE LA MINA

EL PROBLEMA

BHP necesitaba que los senderos existentes cerca de las plantas de la mina tuvieran una superficie firme, pareja y con buen drenaje para mantener a los trabajadores lejos del lodo en los periodos de lluvia.

LA SOLUCIÓN

- ◆ Se niveló el área.
- ◆ Se instalaron Diamond Grids.
- ◆ Las Diamond Grids se llenaron con grava de 12mm.





SENDEROS A LA PLANTA DE MANEJO
Y PREPARACIÓN DE CARBÓN (CHPP)

"SE INSTALÓ DIAMOND GRID ENTRE
ALGUNAS DE NUESTRAS OFICINAS
EN LA CHPP. LAS TERMINACIONES
DE LA SUPERFICIE FUERON
EXCELENTES Y FUE FÁCIL DE
INSTALAR. SIN DUDA QUE
INSTALAREMOS OTRAS CUANDO
SE NECESITE".

THIESS

EL PROBLEMA
Alrededor de las oficinas que tiene
Thiess dentro de la planta de manejo y
preparación de carbón existían algunas
áreas que siempre estaban mojadas y
lodosas y el agua apozada en el sector
hacía imposible el tránsito.

LA SOLUCIÓN

- ◆ Se niveló el área.
- ◆ Se instalaron Diamond Grids sobre el
área.
- ◆ Las celdas fueron llenadas con grava
de 10mm hasta el tope de la superficie.



 **Fortescue**
The New Force in Iron Ore

ÁREA DE
ESTACIONAMIENTOS
PARA GRÚAS HORQUILLA

EL PROBLEMA
Fortescue Metals Group tenía problemas
porque sus grúas horquilla quedaban
atrapadas en el lodo de la zona de
estacionamientos de alta resistencia. Esto
reducía el ritmo de producción, creaba
problemas de seguridad en el lugar de
trabajo y obligaba a reparar el daño de la
superficie provocado por los neumáticos
de los vehículos.

LA SOLUCIÓN

- ◆ La zona se niveló y compactó con un
compactador pequeño.
- ◆ Se instalaron Diamond Grids en el
sector.
- ◆ Se vertió granito descompuesto
sobre las celdas, el que fue esparcido
con una pala Bobcat y una barra
espaciadora.
- ◆ El granito de las celdas fue
compactado nuevamente.



EL PROBLEMA

La gente de All Earth Group tenía problemas con la zona de estacionamiento, donde las máquinas recargan combustible; el sector se había vuelto lodoso y resbaladizo. Los conductores se bajaban de sus vehículos para cargar combustible y volvían a ellos con las botas enlodadas, lo cual creaba molestias y un problema de seguridad ya que el lodo hacía que sus pies resbalaran de los pedales de conducción.

LA SOLUCIÓN

- ◆ El área fue excavada 40mm más abajo del nivel de la zona circundante.
- ◆ Dicha área fue nivelada y compactada.
- ◆ Se instalaron Diamond Grids.
- ◆ Las celdas de las Diamond Grids se llenaron con material base.
- ◆ El sector se compactó con un compactador para asegurar que las celdas quedaran completamente llenas.

ESTACIONAMIENTO EN ESTACIÓN DE SERVICIO



GARAJE PARA CAMIONES

EL PROBLEMA

Energex requería una superficie sólida que sirviera de garaje transitorio para camiones en la isla MacLeay, frente a las costas de Queensland. En la época de lluvia, los camiones quedaban atrapados en el lodo y la superficie del patio se volvía irregular.

LA SOLUCIÓN

- ◆ El área fue nivelada.
- ◆ Se instaló Diamond Grid en todo el garaje.
- ◆ Las celdas se llenaron con grava de 10mm.



"HACE POCO TIEMPO INSTALAMOS DIAMOND GRID Y DESCUBRIMOS QUE, INCLUSO CON MÁQUINAS DE MÁS DE 50 TONELADAS, LA CIRCULACIÓN Y LOS GIROS NO HAN AFECTADO LA DURABILIDAD NI LA CONFIABILIDAD DE ESTE PRODUCTO. Y, LO MÁS IMPORTANTE, NO MÁS "POZAS DE LODO".



PATIO DE EXCAVADORAS

EL PROBLEMA

Loadex mantiene cerca de 30 excavadoras, motoniveladoras, compactadoras y otros equipos pesados en su patio de arriendo de maquinaria, con un peso cercano a las 50 toneladas. Se requería una superficie que impidiera que las máquinas rompieran el suelo, formando un terreno irregular y lodoso.

LA SOLUCIÓN

- ◆ El área fue nivelada y compactada.
- ◆ Se instalaron Diamond Grids en el sector.
- ◆ Se vertió material base en las celdas con una pala Bobcat.
- ◆ Luego, el material base fue compactado con compactador de placa vibratoria.
- ◆ Las celdas fueron cubiertas con una capa de material base de 10mm para ser compactado por las excavadoras.



"DESDE LA PRIMERA VEZ QUE COMPRAMOS DIAMOND GRID PARA SOLUCIONAR UN PROBLEMA CON UNA VÍA DE ACCESO QUE SE CUBRÍA DE LODO, HEMOS MANTENIDO DIAMOND GRIDS EN NUESTRAS BODEGAS PARA SOLUCIONAR CUALQUIER PROBLEMA CON LOS SENDEROS O CON LOS CAMINOS. DIAMOND GRID SE HA CONVERTIDO EN PARTE FUNDAMENTAL DE TODOS NUESTROS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA".



PATHWAYS

EL PROBLEMA

Mandalay Resources tenía problemas porque sus senderos se volvían resbaladizos, lodosos e inseguros durante la época de lluvias. Partes de estos senderos están ubicados en pendientes muy inclinadas, lo cual hacía del concreto una opción onerosa y lenta.

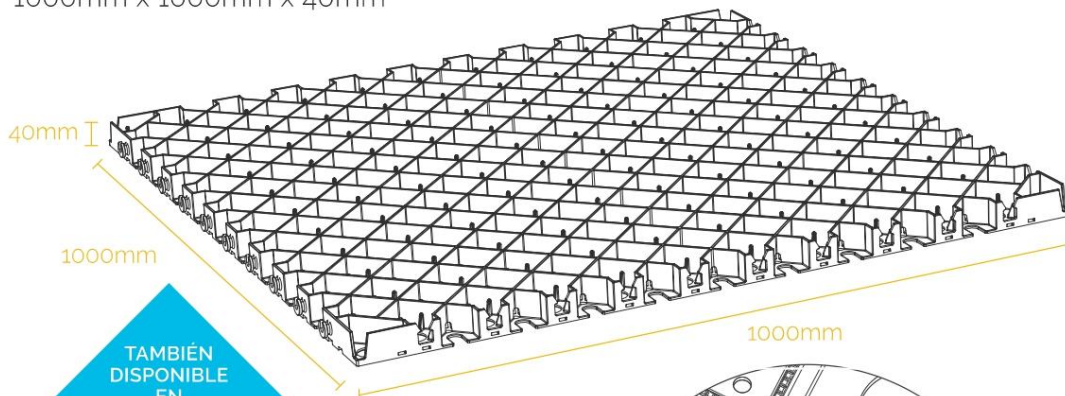
LA SOLUCIÓN

- ◆ El área fue nivelada.
- ◆ Se instaló Diamond Grid.
- ◆ Se transportó material de relleno en carretillas, se vertió en la superficie y se esparció sobre las celdas.

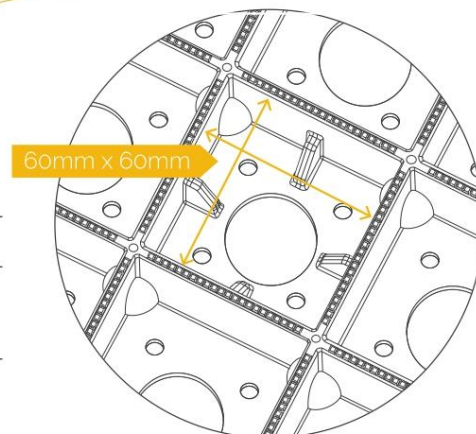
ESPECIFICACIONES

DIAMOND GRID HD

1000mm x 1000mm x 40mm



Medidas	1000mm W x 1000mm L x 40mm H
Resistencia a la compresión (lleno con gravilla/ material base)	1000+ toneladas x m ² *
Resistencia a la compresión (celda vacía)	300 toneladas x m ² *
Peso por celda	6.1kg
Razón de llenado por celda	1 metro cúbico de relleno x 25m ²
Permeabilidad	Hasta 96%
Fill	Material base, grava, guijarros, pasto, tierra, concreto, alquitrán
Instalación	Visite www.diamondgrid.com o consulte la página siguiente

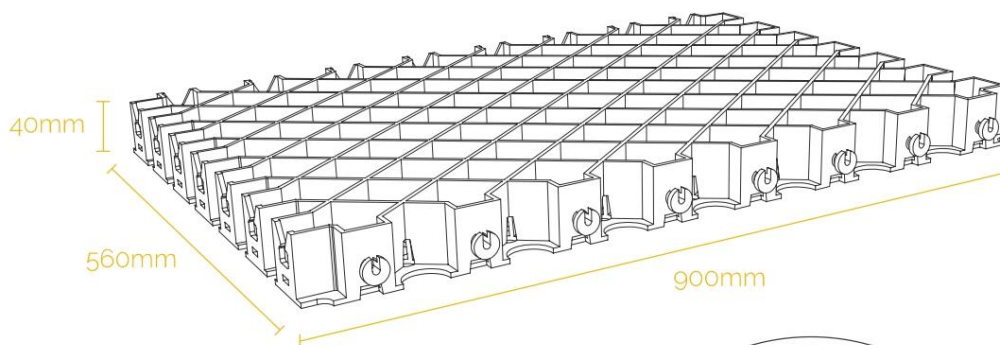


Diamond Grid HD está reforzado con escuadras de alta resistencia al desgaste y más espacios vacíos para permitir mayor permeabilidad del agua.

Diamond Grid HD posee la celda más grande de nuestros productos y está especialmente diseñado para aplicaciones civiles y mineras. Su tamaño extremadamente adaptable de 1,000mm x 1,000mm fortifica desde terrenos de estacionamientos de alta resistencia, drenajes, caminos de transporte, senderos de campamentos y estacionamientos de autos hasta pistas aéreas y refuerzos de alquitrán. Es perfecto para reforzar superficies expuestas a carga pesada y uso permanente.

DIAMOND GRID

900mm x 560mm x 40mm

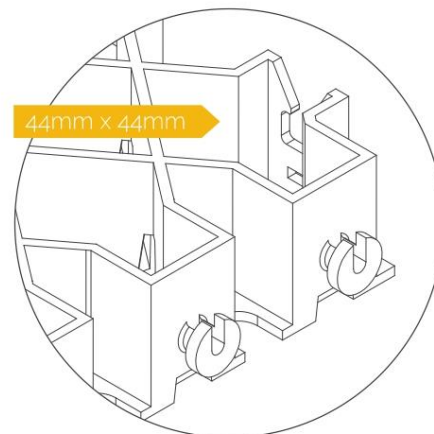


- | Protección UV
- | Reinstalable
- | Instalación propia
- | Sistema de ensamble

Medidas	900mm W x 590mm L x 40mm H
Resistencia a la compresión (lleno con gravilla/ material base)	1000+ toneladas x m2'
Resistencia a la compresión (celda vacía)	280 toneladas x m2'
Peso por celda	1.42kg
Razón de llenado por celda	1 metro cúbico de relleno x 25m2
Permeabilidad	Hasta 96%
Fill	Material base, grava, guijarros, pasto, tierra, concreto, alquitrán
Instalación	Visite www.diamondgrid.com o consulte la página siguiente



* Probado por: Facultad de Ingeniería y Centro de Excelencia de Estudios en Compuestos de Fibra Artificial, Universidad de Southern Queensland.



El sistema de ensablado de Diamond Grid es robusto y fácil de instalar.

Nuestro tamaño de malla clásico es el indicado para la mayoría de las aplicaciones rurales y domésticas. Es perfecto para áreas de menor superficie que requieren estabilización y reforzamiento. Es muy recomendable para bateas de agua y comida, pisos de establos, sectores lodosos, corrales para el día, senderos, drenajes, caminos de acceso para vehículos, senderos para carros de golf, rampas para embarcaciones y cualquier lugar de su propiedad o lugar de trabajo que requiera reforzamiento.

DIAMOND GRID GUÍA DE INFORMACIÓN E INSTALACIÓN | 13

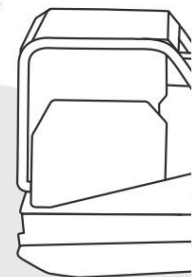
OPCIONES DE RELLENO



GUÍA DE INSTALACIÓN BÁSICA

APLICACIONES:

PISTAS AÉREAS
 ANFITEATROS
 CARRIL PARA BICICLETAS
 RAMPAS PARA EMBARCACIONES
 ESTACIONAMIENTOS DE AUTOS
 CORRALES PARA GANADO
 COCHERAS DE CONCRETO
 CRUCE DE ARROYOS
 SENDEROS EN GRANJAS
 LECHERAS
 CORRALES PARA EL DÍA
 DRENAJES
 CAMINOS DE ACCESO PARA
 VEHÍCULOS
 BATEAS DE AGUA Y COMIDA
 CAMINOS DE ACCESO A
 INCENDIOS
 SENDEROS PARA CARROS DE
 GOLF
 ESTACIONAMIENTOS DE ALTA
 RESISTENCIA
 CAMINOS DE TRANSPORTE
 PISOS DE INVERNADEROS
 HELIPUERTOS
 CAMINOS DE ACCESO A MINAS
 SENDEROS DE CAMPAMENTOS
 MINEROS
 SENDEROS EN PLANTAS DE MINAS
 CAMINOS LODOSOS
 VÍAS DE ACCESO
 COBERTIZOS PARA CORRALES
 PISOS DE GALPONES
 PISOS DE ESTABLOS
 PISOS DE TALLERES



PREPARACIÓN MÍNIMA DE LA BASE

- 1 CON UNA MOTONIVELADORA O UNA PALA A BOBCAT Y UNA BARRA ESPACIADORA, EMPAREJE EL TERRENO EN PREPARACIÓN PARA INSTALAR SU DIAMOND GRID.
- 2 EXTIENDA UN GEOTEXTIL SOBRE LA ZONA NIVELADA.
- 3 SI EL TERRENO SIGUE DESNIVELADO, PUEDE ESPARCIR UNA CAPA DE 10MM DE FINOS Y PIEDRA MOLIDA DE MENOS 5MM COMO SUSTRATO.
- 4 INSTALE LAS DIAMOND GRIDS COMENZANDO EN UNA ESQUINA CON LAS OREJETAS MACHO MIRANDO HACIA AFUERA EN AMBOS LADOS MACHOS.
- 5 LLENE LA DIAMOND GRID CON UNA PALA BOBCAT Y UNA BARRA ESPACIADORA O ALGO SIMILAR Y SU OPCIÓN DE MATERIAL*.

PREPARACIÓN MEDIA DE LA BASE

- 1 EXTIENDA UN GEOTEXTIL SOBRE LA ZONA DONDE SE INSTALARÁN LAS MALLAS.
- 2 CUBRA EL GEOTEXTIL CON MATERIAL BASE Y COMPACTE A 40MM MÁS ABAJO QUE EL NIVEL DE TERMINACIÓN.
- 3 COMPACTE EL MATERIAL BASE CON UN COMPACTADOR O PLACA VIBRADORA.
- 4 CON UNA MOTONIVELADORA O UNA PALA A BOBCAT Y UNA BARRA ESPACIADORA, EMPAREJE EL TERRENO EN PREPARACIÓN PARA INSTALAR SU DIAMOND GRID.
- 5 SI EL TERRENO SIGUE DESNIVELADO, PUEDE ESPARCIR UNA CAPA DE 10MM DE FINOS Y PIEDRA MOLIDA DE MENOS 5MM COMO SUSTRATO.
- 6 INSTALE LAS DIAMOND GRIDS COMENZANDO EN UNA ESQUINA CON LAS OREJETAS MACHO MIRANDO HACIA AFUERA EN AMBOS LADOS MACHOS.
- 7 LLENE LA DIAMOND GRID CON UNA PALA BOBCAT Y UNA BARRA ESPACIADORA O ALGO SIMILAR Y SU OPCIÓN DE MATERIAL*.

EXCAVACIÓN Y PREPARACIÓN MAYOR DE LA BASE

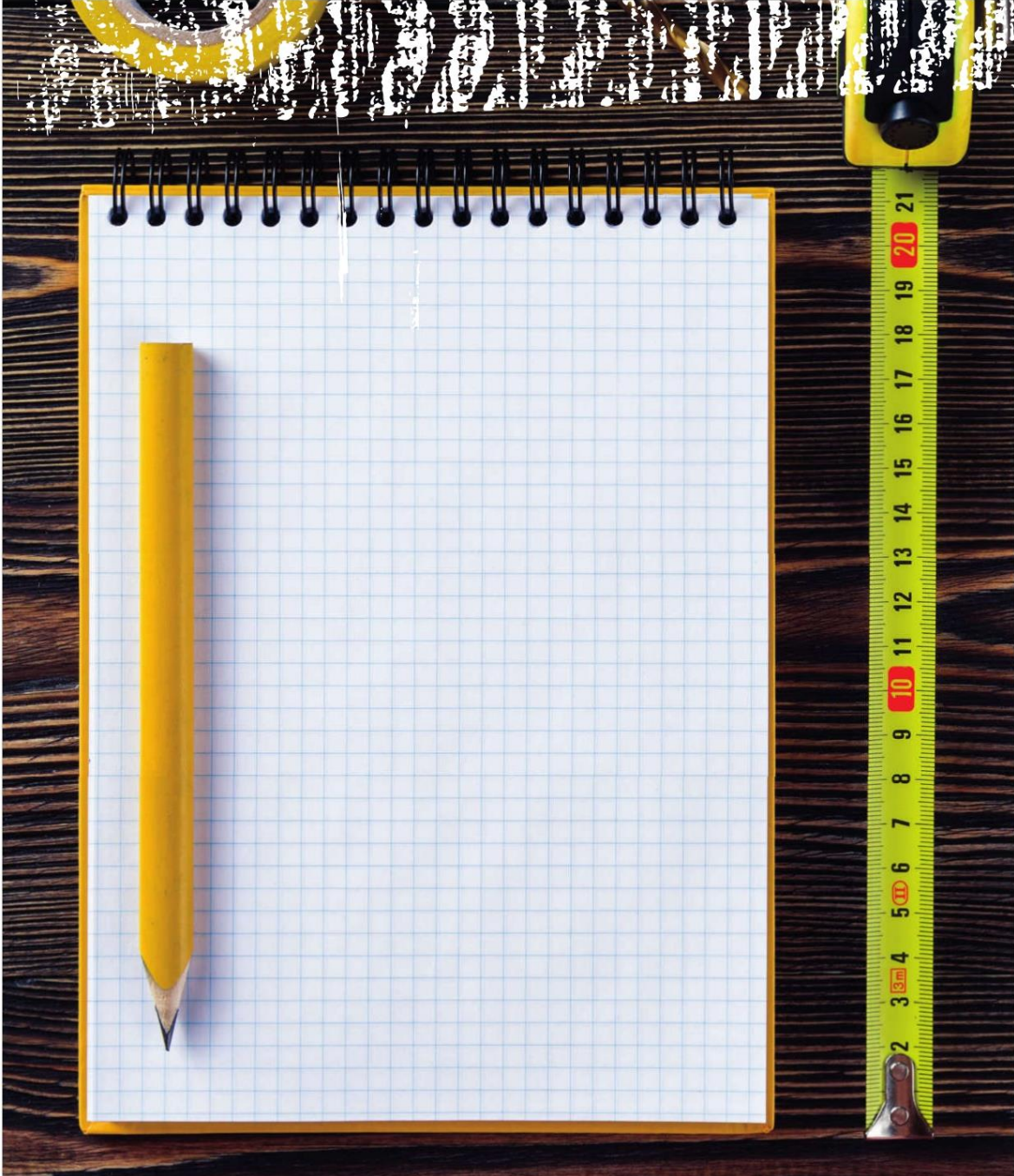
- 1 EXCAVE EL TERRENO A UNA PROFUNDIDAD DE 200-350MM, DEPENDIENDO DE LA CONSISTENCIA DEL SUBNIVEL.
- 2 EXTIENDA UN GEOTEXTIL SOBRE LA ZONA DONDE SE INSTALARÁN LAS MALLAS.
- 3 CUBRA EL GEOTEXTIL CON MATERIAL BASE Y COMPACTE A 40MM MÁS ABAJO QUE EL NIVEL DE TERMINACIÓN.
- 4 COMPACTE EL MATERIAL BASE CON UN COMPACTADOR O PLACA VIBRADORA.
- 5 CON UNA MOTONIVELADORA O UNA PALA A BOBCAT Y UNA BARRA ESPACIADORA, EMPAREJE EL TERRENO EN PREPARACIÓN PARA INSTALAR SU DIAMOND GRID.
- 6 SI EL TERRENO SIGUE DESNIVELADO, PUEDE ESPARCIR UNA CAPA DE 10MM DE FINOS Y PIEDRA MOLIDA DE MENOS 5MM COMO SUSTRATO.
- 7 INSTALE LAS DIAMOND GRIDS COMENZANDO EN UNA ESQUINA CON LAS OREJETAS MACHO MIRANDO HACIA AFUERA EN AMBOS LADOS MACHOS.
- 8 LLENE LA DIAMOND GRID CON UNA PALA BOBCAT Y UNA BARRA ESPACIADORA O ALGO SIMILAR Y SU OPCIÓN DE MATERIAL*.








*Galahad Geosystems no declara ni garantiza la idoneidad del producto Diamond Grid para ninguna de las aplicaciones individuales de los clientes. La información que entrega esta guía es solo de carácter general y los clientes deberán solicitar asesoría antes de comenzar la instalación para asegurar que se estén atendiendo las condiciones de su proyecto.

Galahad Geosystems no asumirá responsabilidad alguna cuando el producto Diamond Grid sufra algún daño como resultado de no haber solicitado la adecuada asesoría para la instalación antes de comenzar el proyecto.

DIAMOND GRID GUÍA DE INFORMACIÓN E INSTALACIÓN | 15



edf MATERIALES
EDF Materiales
Necochea 1517 (Norte)
Santa Lucía - 5411 - San Juan Argentina
(+54 264) 420-4420 / 420-4827
info@edfmateriales.com.ar
www.edfmateriales.com.ar

DIAMONDGRID™
www.diamondgrid.com

APÉNDICE n.º 2. Especificaciones Técnicas del sistema Diamond Grid – Ensayo de resistencia a la compresión



Client: DIAMOND GRID
Attention: Ben Kirkup
Your Reference: Purchase Order COD
Date: 3 September 2015

REPORT NO: 42151157-REVO

DIAMOND GRID SYSTEM – COMPRESSIVE STRENGTH ASSESSMENT OF THE SUPPLIED CONCRETE FILLED SAMPLE



Rebecca Newby
Civil Engineer



Corporate Signatory

Assisting: Andrew Tamulevicius
Engineering Technician

Supervising
Consultant: Robert Bell
Principal Civil Engineer

All work is subject to our standard terms and conditions, available on our ALS Global website via the following link; [terms and conditions link](#).



Report No.:4215-1157-R

Table of Contents

1	Introduction	3
2	Conclusions	4
3	Procedure	5
3.1	Compressive Strength Testing	5
4	Results	8
4.1	Compressive Strength Testing	8
5	Discussion	9



Report No.:4215-1157-R

1 INTRODUCTION

ALS was engaged by Ben Kirkup from Diamond Grid to undertake compressive strength testing on the supplied composite concrete and polypropylene surface stabiliser.

The trafficable composite area is used for various applications with various grid fill options. The supplied sample consists of an infill concrete matrix.

Various testing configurations were adopted during the testing process to understand the behaviour of the supplied material. The testing configurations consisted of the following:

- A single cell with polypropylene on each of the four sides, refer **Error! Reference source not found.**
- A sample with concrete exposed on all four sides, refer Figure 3
- Samples consisting of 4 cells with polypropylene on each of the four sides, refer Figure 4

This report shall detail the result from each of the compressive tests undertaken on the supplied sample.

The samples as supplied to ALS are provided below in Figure 1



Figure 1: Sheetting before infill is applied. Sheetting after concrete infill is applied (as supplied to ALS)



Report No.:4215-1157-R

2 CONCLUSIONS

A summary of the testing results is provided below

- SAMPLE GROUP B: In the situation where the sample was cut so that the polypropylene was removed from the exterior testing surface, an average strength of the 16.38 MPa was recorded. Refer Figure 3
- SAMPLE GROUP A: A single cell with the polypropylene on all four edges recorded an average strength of 19.84 MPa. Refer Figure 2
- SAMPLE GROUP C: A configuration of 4 cells with polypropylene on all four edges recorded an average strength of 24.23 MPa. Refer Figure 4

The tests indicate that the larger configuration of the product with the concrete infill yielded the highest compressive strength. This is sample group C as may be seen in Figure 4

It is held that the most realistic in-situ representation of the DIAMOND GRID system is sample C which yielded an average of 24.23MPa.



Report No.:4215-1157-R

3 PROCEDURE

3.1 Compressive Strength Testing

Two samples were supplied to the ALS office in form of 2 sheets of 0.4m by 0.6m. These were filled with concrete as may be seen in Figure 1. The sheets were cut into sections to allow for compressive strength testing to be undertaken. Various configurations were tested during the process, these include:

- Single cell with polypropylene around the 4 edges - sample reference group A
- Multi-cell cut so concrete was exposed on the edges - sample reference group B
- Multi-cell (4) with polypropylene around the 4 edges - sample reference group C

A total of three samples of each configuration were prepared to gain a measure as to the consistency of performance of the material under the varying configurations.

The configurations were chosen as it was not practically possible to test a full panel. The most realistic in-situ configuration is taken as where 4 cells are tested as shown in Figure 4.

The three sample configurations are shown below in **Error! Reference source not found.** to Figure 4



Figure 2: Testing configuration A - a single cell of the grid was extracted and the compression stress of the unit assessed.



Report No.:4215-1157-R



Figure 3: Testing configuration B - The compression of an alternate configuration was cut from the sheet to encompass four cells not constrained about the perimeter.



Figure 4: Testing configuration c - The compression of an alternate configuration was cut from the sheet to encompass four cells that are constrained about the perimeter.



Report No.:4215-1157-R

The samples were capped with sulphur to allow for uniform compression during crushing as shown in Figure 5 below.

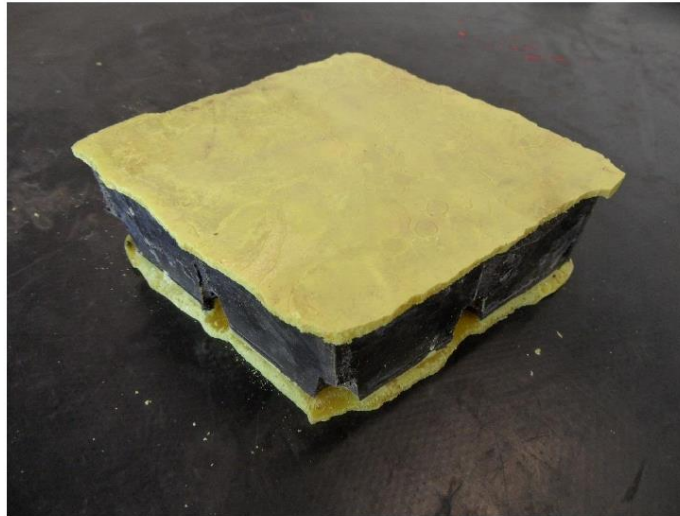


Figure 5: Sulphur capped sample

The samples are then crushed in accordance with procedure as laid down AS1012.9:2014 to point of fracture with their fracture strength recorded. AS the samples were not to the dimensions and geometry as required in the standard, these should be read as nonstandard tests. The fracture point is converted into a compressive strength for the each of the specific samples. The results are presented within the results section of this report.



Report No.:4215-1157-R

4 RESULTS

4.1 Compressive Strength Testing

The compressive strength test results have been provided in Table 1

Table 1: Determined compressive strengths (MPa)

Sample Reference	Sample description	Compressive strength (MPa)
A1	Single cell	17.03
A2	Single cell	17.62
A3	Single cell	24.88
B1	Sample without plastic on edges	18.87
B2	Sample without plastic on edges	15.17
B3	Sample without plastic on edges	15.10
C1	4 cells with plastic on edges	26.87
C2	4 cells with plastic on edges	24.10
C3	4 cells with plastic on edges	19.71
C4	4 cells with plastic on edges	26.24



5 DISCUSSION

The above results demonstrate a variable result based on the testing configuration.

In the testing scenario where the sample was cut so that the polypropylene was removed from the exterior testing surface (sample group B), an average strength of the 16.38 MPa was recorded.

A single cell with the polypropylene on all four edges (sample A) recorded an average strength of 19.84 MPa

A configuration of 4 cells with polypropylene on all four edges (sample C) recorded an average strength of 24.23 MPa.

The results indicate that it would be likely that an increased strength would be obtained if more cells were tested in a single configuration. It also indicates that when the polypropylene plastic remained about the perimeter of the sample as would be the case in-situ, the resultant strength increased.

Testing scenario B involved the removal of the polypropylene so that the concrete surfaces were exposed. This testing scenario is not realistic of the in-situ conditions for which the product would be used. This test allows for the developed understanding of the stress-strain relationship between the concrete and polypropylene interaction. The edges of the plastic confine the concrete allowing for a greater strength to be achieved than when the edges are unrestrained from movement. This tests also allows for the exclusion of the strength occurring simply from the concrete as this particular test group resulted in the lowest average compressive strength.



Report No.:4215-1157-R

CONCRETE TEST CERTIFICATE (4215-1157-001UCS)

UCS - Unconfined Compression Strength Test



ALS Industrial

7 Brisbane Road, Riverview, QLD, 4303
P.O.Box 6062, Riverview, QLD, 4303
Telephone : (07) 3816 5500
Fax: (07) 3282 0118

Client:
Diamond Grid
PO Box 34
Beaudesert QLD 4285

Notes:
1. Density to AS 1012.12.1
2. Cap type key:
R-rubber / G-grind / P-plaster / S-sulphur

3. Compressive strength to AS 1012.9
4. Correction factor to AS 1012.14
5. Comment by exception
6. NATA test undertaken for ALS by Cement Australia

4/09/2015

Details of the samples supplied to the ALS offices on the:
Sample Identification : Supplied Diamond Gi

Date sampled: unknown

Client purchase order: COD

Preconditioning: none

Project description: Diamond Grid pavement wearing course

Test Results

Sample Identification	Dimensions			Density (kg/m ³)	Condition Time days	Cap Type (note 2)	Test Date	Age days	Uncorrected Strength MPa (note 3)	Correction Factor (note 4)	Corrected Strength MPa (note 4)	Comments
	Length (mm)	Breadth (mm)	Height (mm)									
A1	48.7	48.7	43.9	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	17.03	
A2	48.7	48.5	44.3	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	17.62	
A3	48.8	49.4	45.1	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	24.88	
B1	77.1	58.0	44.8	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	18.87	
B2	58.8	73.7	46.7	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	15.17	
B3	74.5	55.6	46.5	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	15.10	
C1	94.9	94.7	45.9	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	26.87	
C2	94.2	94.4	46.5	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	24.10	
C3	94.5	94.5	46.3	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	19.71	
C4	94.6	84.3	46.4	n/a	n/a	S	2/09/2015	n/a	n/a	n/a	26.24	

Signed on behalf of ALS Industrial by:



Robert Ball (Principal civil engineer & team leader)

APÉNDICE n.º 3. Ensayos de laboratorio de material de relleno



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

ENSAYOS DE LABORATORIO- BASE GRANULAR (AFIRMADO)

CANTERA SECTOR 2 CRUZ BLANCA

SOLICITANTE : MARTÍN LAZARO LINAREZ

STEPHANIE TELLES CÓRDOVA

PROYECTO : "REPARACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE
EN LA REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL-2.6KM
EN CAMINO VECINAL EMP.PE.R70 EN LA LOCALIDAD
CRUZ BLANCA, DISTRITO SIMBAL, PROVINCIA
TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD."

LUGAR :

Distrito : SIMBAL

Provincia : TRUJILLO

Departamento : LA LIBERTAD

23 DE NOVIEMBRE DEL 2018



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460





*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

I. INFORME TECNICO




Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MsSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460





Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO				
MÁQUINA DE LOS ÁNGELES ASTM C - 131 (MTC E 207)				
PROYECTO:	REPARACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN LA REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL-2.6KM EN CAMINO VECINAL EMP.FE.R70 EN LA LOCALIDAD CRUZ BLANCA, SIMBAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD.			
MATERIAL:	BASE GRANULAR (AFIRMADO)	FECHA:	23 noviembre 2008	
GRADO:	*A* (12 Esferas)			
MALLAS			PESOS POR TAMAÑOS (gr)	
PASA (%)	RET (%)		ESPECIFICADOS	ENSAVADOS
1 1/2"	-	1"	1,250.0	2,500.0
1"	-	3/4"	1,250.0	2,500.0
3/4"	-	1/2"	1,250.0	2,500.0
1/2"	-	3/8"	1,250.0	2,500.0
CÁLCULOS DE ENSAYO				
- PESO TOTAL DEL MATERIAL (gr)			10,000.0	
- PESO DEL MAT. RETENIDO EN MALLA Nº 12 (gr)			3,400.0	
- PESO DEL MAT. PASANTE LA MALLA Nº 12 (gr)			2,150.0	
- PORCENTAJE DE DESGASTE (%)			21.5	
RESULTADOS DE ENSAYO				
RESISTENCIA AL DESGASTE POR MÁQUINA DE LOS ÁNGELES			21.5 %	



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460



INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018



Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (ASTM D-1585)				
PROYECTO:	REPARACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO VECINAL 2.8KM EN CAMINO VECINAL EMP. P. 179 EN LA LOCALIDAD CHUZ. BLANCA, SIMBAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD.			
MATERIAL:	BASE GRANULAR (APRIMADO)			
COMPACTACION				
Molde N°	9	10	10	10
Capas N°	5	5	5	5
Capas por capa N°	56	26		12
Condición de la muestra:	NO SATURADO	NO SATURADO		NO SATURADO
Diámetro de molde + suelo húmedo (g)	1298.00	1205.00		1485.00
de molde (g)	785.00	708.00		798.00
Peso del suelo húmedo (g)	513.00	497.00		687.00
Volumen del molde (cm³)	2203.00	3150.00		3185.00
Densidad húmeda (g/cm³)	2.348	1.589		2.154
Toro (Nº)				
Peso suelo húmedo + toro (g)	659.00	690.00		650.00
Peso suelo seco + toro (g)	616.00	685.00		610.00
Peso de toro (g)	0.00	0.00		0.00
Peso de agua (g)	32.00	32.00		38.00
Peso de suelo seco (g)	616.00	653.00		617.00
Contenido de humedad (%)	5.2	4.9		5.5
Densidad seca (g/cm³)	2.223	2.197		2.101

EXPANSION

MATERIAL NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº 9		MOLDE Nº 10		MOLDE Nº 10							
		STANDE	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	kg/cm²	Diad (di)	kg/cm²	kg/cm²	%	Diad (di)	kg/cm²	kg/cm²	%	Diad (di)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.000		0.0	0.00			0	0.00			0.00	0.00		
0.035		80.0	8.42			59	13.59			84.00	7.81		
1.270		125.0	28.79			71	16.35			89.00	11.26		
1.905		274.0	63.10			108	23.72			97.00	8.43		
2.540	70.8	441.0	18.58	82.12	117.45	115	26.00	40.88	91.15	114.00	10.34	23.37	33.24
3.175		429.0	97.41			274	63.10			178.00	40.99		
5.080	125.46	507.0	150.56	148.54	140.85	348	19.53	95.23	90.24	225.00	65.56	59.81	36.71
6.350		463.0	140.46			573	18.14			315.00	73.54		
7.620		718.0	181.76			658	34.078			488.00	113.61		
8.890		870.0	36.54			709	16.70			678.00	113.11		

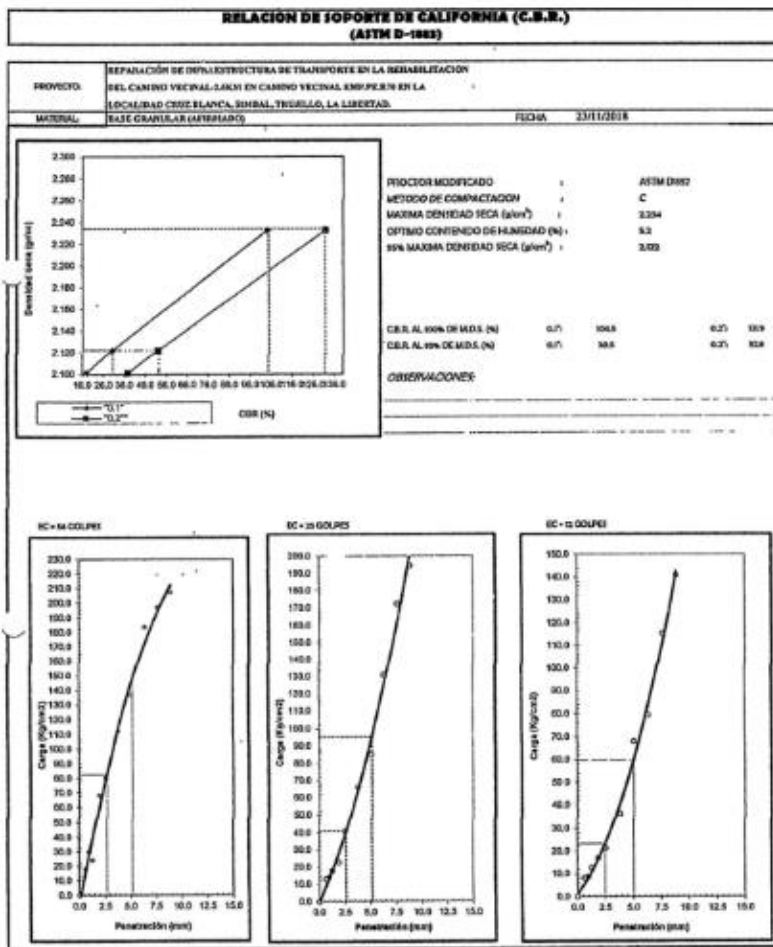



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460





Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos



Enrique Francisco Luján Silva

Ing. Civil - MSc Ing. Geotécnica
CIP. 94463





Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

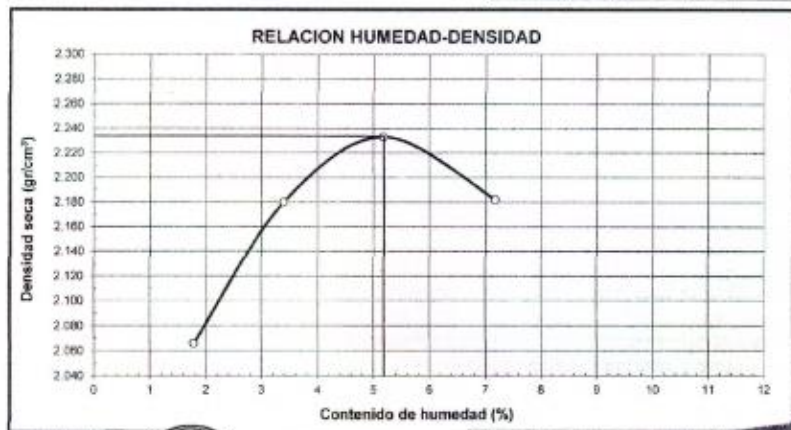
ENJAYO PROCTOR MODIFICADO

(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
PROYECTO:	REPARACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN LA REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL-2AKM EN CAMINO VECINAL EMP. PE. R06 EN LA LOCALIDAD CRUZ BLANCA, SIMBAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD.
MATERIAL:	BASE GRANULAR (AFIRMADO)
DATOS DE LA MUESTRA	
CANTERA:	SECTOR 2 CRUZ BLANCA

METODO DE COMPACTACION - AASTHO Tipo (D, Con Bombeo)

Peso suelo + molde	gr	7050.00	7355.00	7523.00	7541.00	
Peso molde	gr	2660.00	2660.00	2660.00	2660.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4390.00	4705.00	4903.00	4881.00	
Volumen del molde	cm ³	2087.00	2087.00	2087.00	2087.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.105	2.254	2.349	2.339	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	961.00	851.00	750.00	865.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	944.00	823.00	713.00	807.00	
Tara	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso de agua	gr	17.00	28.00	37.00	58.00	
Peso del suelo seco	gr	944.00	823.00	713.00	807.00	
Contenido de agua	%	1.80	3.40	5.20	7.20	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	3.066	3.980			
				Densidad máxima (gr/cm ³)		2.294
				Humedad óptima (%)		5.20

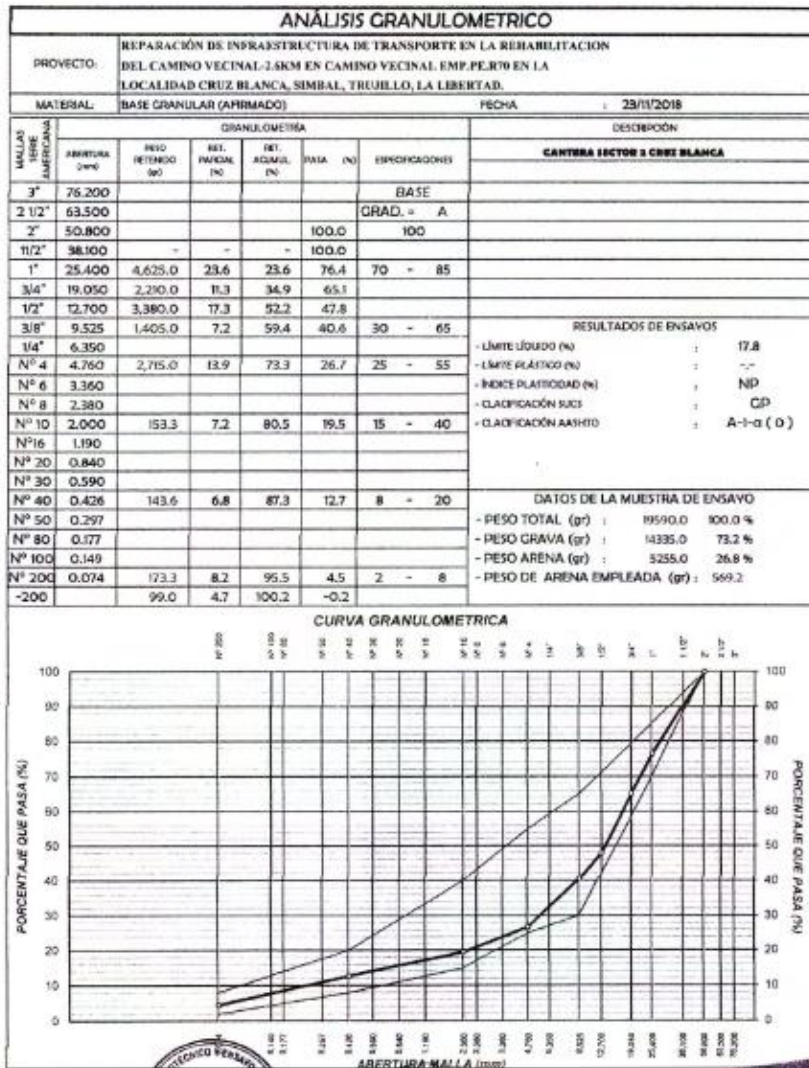


Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MEdo Ing. Geotécnica
C.R. 64480





Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MsSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460





Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

LIMITES DE CONSISTENCIA
NORMA AASHTO T-99, T-90, ASTM D-438

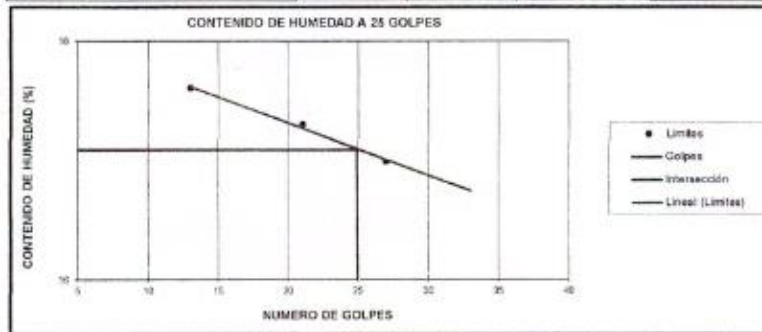
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	REPARACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN LA REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL-2.6KM EN CAMINO VECINAL EMP. PERU EN LA LOCALIDAD CRUZ BLANCA, SIMBAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD.		
MATERIAL:	BASE GRANULAR (AFIRMADO)	FECHA:	23/11/2018
LIMITE LIQUIDO			
Nº TARRO	2	10	18
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	46.04	44.88	45.24
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	42.71	41.51	42.03
PESO DE AGUA (g)	3.33	3.37	3.21
PESO DEL TARRO (g)	23.80	22.41	23.14
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.91	19.10	18.89
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.61	17.69	16.99
NUMERO DE GOLPES	15	31	27

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)			
PESO DE AGUA (g)			
PESO DEL TARRO (g)			
PESO DEL SUELO SECO (g)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			

NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	17.09
LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD	--



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MsSc Ing. Geométrica
CIP. 54460





Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

EQUIVALENTE DE ARENA							
NORMA AASHTO T-176 (MTC E 114)							
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS							
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS							
PROYECTO:	REPARACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN LA REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL-2.6KM EN CAMINO VECINAL EMP.FE.R79 EN LA LOCALIDAD CRUZ BLANCA, SIMBAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD.						
MATERIAL:	BASE GRANULAR (AFIRMADO)					FECHA:	23/11/2018
DESCRIPCION		IDENTIFICACION				Promedio	
Nº DE ENSAYO		1	2	3	4		
Tamaño Máximo (para malla Nº 4)		4.76	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		8:20	8:22	8:24	8:26		
Hora de salida de saturación (mas 10")		8:30	8:32	8:34	8:36		
Hora de entrada a decantación		8:32	8:34	8:36	8:38		
Hora de salida de decantación (mas 20")		8:52	8:54	8:56	8:58		
Altura máxima de material fino	pulg	7.30	7.50	7.40	7.30		
Altura máxima de la arena	pulg	3.60	3.60	3.50	3.50		
Equivalente de Arena	%	49.3	48.0	47.3	47.9	48	




Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MaSc Ing. Geotécnica
CIP. 64480





Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos

SALES SOLUBLES

NORMA MTC E319

PROYECTO:	REPARACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN LA REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL-163M EN CAMINO VECINAL EMP. PE. 034 EN LA LOCALIDAD CRUZ BLANCA, SIMBAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD.							
MATERIAL:	BASE GRANULAR (AFIRMADO)	FECHA:	23/11/2018					
PESO DEL MATERIAL (grs):	200	AGUA DESTILADA:	2					
C = CONSTITUYENTES SOLUBLES EN p.p.m.		D = DISOLUCION DE LA MEZCLA (agua tibia)	10					
p = PORCENTAJE DE CONSTITUYENTES SOLUBLES POR PESO SECO								
MUESTRA	RECIPIENTE	CAPSLA	VOLUMEN DE FILTRADO EN	PESO DE CAPSULA + RESIDUO	PESO DE CAPSULA	PESO DE RESIDUO	C =	p =
Nº	Nº	Nº	V Cc	g	g	g	(M/1000000)N	C/100000
MATERIAL			V Cc	g	g	g	PSMILLON	%
SUELO	II	III	430	8425	840	0.08	196	4.566




Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MaSe Ing. Geotécnica
CIP. 54460



*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*



PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS
NORMA ASTM D4957 (MTC-ESPI-3000)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

SEPARACIÓN DE INFRAMICROCLUSTROS TRANSPARENTES EN LA RESISTENCIA DEL CAMBIO VISUAL EN EL CAMBIO VISUAL EMPACADO EN LA LOCALIDAD QUEMILANCA, JIRÓN, LA LIBERTAD.

MATERIAL: BASE GRANULADA (DIAMOND GRID) Estado: ELS Fecha de Muestreo: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2018

YAMICES				MEDIDA DE ENGAÑO				RELACION EMPLEADA MI				
Pesa	mm	Mallas		Pesa de Material Retenido	Nº de Partículas Retenido	Nº de Partículas por m ² %	Pesa Partículas por m ²	PARTICULAS PLANAS		PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS		
		mm	#10					Por de Partículas Planas (%)	Por de Partículas Planas y Alargadas (%)			
45	7.10"	20	2"	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	
50	2"	20	2"	200.0	200	200	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
55	1.875"	20	2"	2200.0	200	200	10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
60	1.75"	20	2"	4100.0	200	200	10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
65	1.625"	20	2"	2300.0	200	200	10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
70	1.5"	20	2"	1300.0	200	200	10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
75	1.375"	20	2"	1000.0	200	200	10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
80	1.25"	20	2"	1000.0	200	200	10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
TOTAL				8000.0	800.0	800.0	30.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
								% PLANAS	49	% PLANAS Y ALARGADAS		10



Enrique Francisco Luján Silva
Ing. Civil - MSc Ing. Geotécnica
CIP. 54460





*Proyecto y Construcción de Obras Civiles
Laboratorio de Control
en Ingeniería de Suelos y Pavimentos*

II. REFERENCIAS

- Norma E - 050, Suelos y Cimentaciones.
- Norma E - 030, Diseño Sismorresistente
- Alva Hurtado J. E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Juárez Badillo - Rico Rodríguez : Mecánica de Suelos, Tomos I,II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck : Mecánica de suelos en la Ingeniería Practica. Segunda Edición 1973.
- T. William Lambe / Robert V. Whitman. Primera Edición 1972.
- Roberto Michelena / Mecánica de Suelos Aplicada. Primera Edición 1991
- Reglamento Nacional de Construcciones - CAPECO. Quinta . Edición 1987.
- RNC Normas de Diseño Sismo Resistente.
- Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones - ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1993.
- Supervisión de Obras de Concreto - ACI American Concrete Institute. Tercera Edición 1995.
- Geotecnia para Ingenieros, Principios Básicos. Alberto J. Martínez Vargas / CONCYTEC 1990.




Enrique Francisco Lajda Silva
Ing. Civil - MSc Ing. Geotécnico
CIP. 54460



APÉNDICE n.º 4. Costos de equipos, maquinarias y mano de obra

EDICIÓN 298 / FEBRERO - MARZO 2019

COSTOS

REVISTA ESPECIALIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN

PLAZA CORPORATIVA
MORE

Señores
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SAC
Atte.: MITCHELL CRUZ
CA. 31 S/N DEL CASERIO MANSICHE URB. SAN ISIDRO II ETAPA
Lugar: Trujillo Ciudad: Trujillo
Usuario Web: usuario04943

PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA
DE LOS NUEVOS GOBIERNOS REGIONALES

BIM PARA LA GESTIÓN
DE PROYECTOS PÚBLICOS

NAVES INDUSTRIALES: TENDENCIAS
EN DISEÑO E INNOVACIONES

ESTRUCTURAS METÁLICAS
EN INFRAESTRUCTURA

OPTIMIZANDO LOS COSTOS
DE LA PARTIDA DE ACERO

PERÚ S/. 39



7 751642 000011 >
ISSN 2223-0017

SUPLEMENTO TÉCNICO
TIPOLOGÍA G: CAMPAMENTO MINERO MÓDULO DE OBREROS - PRECIOS PARTIDAS DESAGREGADAS - ANÁLISIS DE PRECIOS - PRECIOS DE MATERIALES, COSTOS DE MANO DE OBRA - TARIFAS DE EQUIPO - INDICADORES DEL SECTOR - ÍNDICES UNIFICADOS

Incluye acceso digital para suscriptores

www.costosperu.com



INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Precios de Mano de Obra

COSTO DE HORA HOMBRE EN OBRAS DE EDIFICACIÓN
(VIGENTE AL 01 DE ENERO DE 2019)

ITEM	CONCEPTO	CATEGORÍA		
		OPERARIO	OFICIAL	PEÓN
1.00	REMUNERACIÓN BÁSICA VIGENTE (RB) (vigente del 01.06.2018 al 31.05.2019)	67,20	53,70	48,10
2.00	BONIFICACIÓN UNIFICADA DE CONSTRUCCIÓN (BUC) (vigente del 01.06.2018 al 31.05.2019)	21,50	16,11	14,43
3.00	LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES SOBRE LA RB 113,28%	76,12	60,83	54,49
4.00	LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES SOBRE EL BUC 12,00%	2,58	1,93	1,73
5.00	BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD ACUMULADA	7,20	7,20	7,20
6.00	OVEROL (2 und anuales)	0,40	0,40	0,40
COSTO DÍA HOMBRE (DH)		S/.	175,00	140,17
COSTO HORA HOMBRE (HH)		S/.	21,88	17,52

Fuente: Ing. Jesús Ramos Salazar

1.- El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2018-2019, Expediente N° 120-2018-MTPE/2.14-NC de 10.08.2018, ítem I Incremento de Remuneraciones, Cláusula Primera, acuerda a partir del 1 de junio de 2018 un aumento general sobre el jornal básico diario, según las siguientes categorías: Operario: S/. 2.90 Oficial: S/. 1.70 Peón: S/. 1.60

2.- El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2015-2016, ítem II Condiciones de Trabajo conviene en crear la BONIFICACIÓN POR TRABAJOS CON ALTAS TEMPERATURAS EN INFRAESTRUCTURA VIAL (Mezcla Asfáltica) por un monto de S/. 3.50 por día de trabajo, para la compra de una bebida hidratante solo para la cuadrilla que labora en contacto con altas temperaturas en Obras de Infraestructura Vial en los trabajos con mezcla asfáltica. No es base de cálculo para las leyes sociales y/o beneficios sociales tales como CTS, Gratificaciones, vacaciones, horas extras y otros; y se pagará los días domingo y feriados eventualmente trabajados.

3.- El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2013-2014, ítem II Condiciones de Trabajo conviene en elevar la BONIFICACIÓN POR ALTA ESPECIALIZACIÓN - BAE, bajo las mismas condiciones establecidas en el Convenio 2012-2013 de la siguiente manera: - Operario Operador de Equipo Mediano, del 6% al 8% de su Jornal Básico. - Operario Operador de Equipo Pesado, del 8% al 10% de su Jornal Básico. - Operario Electromecánico, del 13% al 15% de su Jornal Básico. La BAE debe tenerse en consideración al formular el costo de hora-hombre para dichos operarios, que principalmente participan en obras de infraestructura. Asimismo, el Acuerdo Tercero incluye al Topógrafo dentro de los alcances de la Bonificación por Alta Especialización - BAE siendo su monto equivalente al 9% de su jornal básico.

CUADRO DE REMUNERACIONES SEMANALES VIGENTE AL 1 DE ENERO DE 2019

OPERARIO

	DIARIO (S/.)	DIAS	SEMANAL (S/.)
INGRESOS			
JORNAL BASICO	67,20	6	403,20
DOMINICAL			67,20
BUC	21,50	6	129,02
MOVILIDAD ACUMULADA	7,20	6	43,20
TOTAL DE INGRESOS (1)			642,62
DESCUENTOS			
S.N.P. 13%			77,92
CONAFOVICER 2%			9,41
TOTAL DE DESCUENTOS (2)			87,33
NETO A PAGAR SEMANAL (1-2)			555,29

4.- En concordancia con el Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2006-2007, Expediente N° 82052-2006-DRTPEL-DPSC-SDNC de 2006-06-27, ítem II Condiciones de Trabajo, Uniformes de trabajo, Cláusula Segunda, Cuando la obra pública privada requiera veinte (20) o más trabajadores, o los empleadores entregarán al inicio de su relación laboral a cada uno de sus trabajadores, dos (02) uniformes consistentes en overoles tipo estándar, sin que exista la obligación del trabajador de devolverlos al término de su relación laboral.

5.- El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2016-2017, Expediente N° 142-2016-MTPE/2.14-NC, ítem II Condiciones de Trabajo, Cláusula Segunda, conviene en elevar la Bonificación por Altitud de S/. 1.80 a S/. 2.00 por día laborado, a sus trabajadores que presten servicios en obras o centros de trabajo ubicados a partir de los tres mil metros sobre el nivel del mar, sin tener en cuenta su lugar de procedencia, en tanto se mantenga dicha condición de trabajo. No será computable para el cálculo de los beneficios sociales.

6.- El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2012-2013, Expediente N° 42494-2012-MTPE/1/20.21, ítem II Condiciones de Trabajo, Cláusula Quinta, conviene en elevar la bonificación del 5% al 7% sobre el jornal básico, la Bonificación por derecho de Altura, el cual será de aplicación cuando implique riesgo de caída libre.

7.- El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2013-2014, Expediente N° 029-2013-MTPE/2.14, ítem II Condiciones de Trabajo Bonificación por Riesgo de trabajo bajo la cota cero, Acuerdo Quinto se acuerda en elevar de S/. 1.50 a S/. 1.90, en las obras de Edificación, la bonificación por riesgo de trabajo bajo la cota cero, para los trabajadores de construcción civil que laboren en un nivel inferior al segundo sótano o cinco metros bajo la cota cero. Aspecto que debe preverse en la estructura del costo de HH para este tipo de obras.

8.- El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2014-2015, Expediente N° 079-2014-MTPE/2.14, ítem II Condiciones de Trabajo, Seguros de Vida, a partir del 1 de enero de 2015 cuando el costo de la obra presupuestada sea mayor a 50 UIT (siendo la UIT vigente para el 2 017 de S/. 4 050,00), es decir, para obras mayores de S/. 202 500,00; los empleadores de la construcción contratarán la Póliza de Seguro de ESSALUD-VIDA (actualmente *Vida Seguro de Accidentes) por un monto de S/. 5,00 mensuales (vigente a partir de mayo-2007) por cada uno de los trabajadores. En tal sentido, se incrementará el monto en el Costo de Hora Hombre (HH) para las obras mayores al citado costo.

OFICIAL

	DIARIO (S/.)	DIAS	SEMANAL (S/.)
INGRESOS			
JORNAL BASICO	53,70	6	322,20
DOMINICAL			53,70
BUC	16,11	6	96,66
MOVILIDAD ACUMULADA	7,20	6	43,20
TOTAL DE INGRESOS (1)			515,76
DESCUENTOS			
S.N.P. 13%			61,43
CONAFOVICER 2%			7,52
TOTAL DE DESCUENTOS (2)			68,95
NETO A PAGAR SEMANAL (1-2)			446,81

PEÓN

	DIARIO (S/.)	DIAS	SEMANAL (S/.)
INGRESOS			
JORNAL BASICO	48,10	6	288,60
DOMINICAL			48,10
BUC	14,43	6	86,58
MOVILIDAD ACUMULADA	7,20	6	43,20
TOTAL DE INGRESOS (1)			466,48
DESCUENTOS			
S.N.P. 13%			55,03
CONAFOVICER 2%			6,73
TOTAL DE DESCUENTOS (2)			61,76
NETO A PAGAR SEMANAL (1-2)			404,72

CUADRO DE REMUNERACIONES VIGENTE A PARTIR DEL 1 DE ENERO DE 2019 EN CONSTRUCCION CIVIL

Categoría/Jornal	HORAS EXTRAS			ASIGNACIÓN ESCOLAR(*)/HIJO		GRATIFICACIÓN				LIQUIDACIÓN						
	Simple	60%	100%	Diario	Mensual	Fiestas Patrias		Navidad		Indemnización	Horas	Comp. Vac.				
						Diario	Mensual	Diario	Mensual			Diario	Semanal	Diario	Semanal	
Operario 67.20	8,40	13,44	16,80	5,60	168,00	12,80	384,00	2.688,00	17,92	537,60	2.688,00	10,08	60,48	1,26	6,72	40,32
Oficial 53.70	6,71	10,74	13,43	4,48	134,25	10,23	306,86	2.148,00	14,32	429,60	2.148,00	8,06	48,33	1,01	5,37	32,22
Peón 48.10	6,01	9,62	12,03	4,01	120,25	9,16	274,86	1.924,00	12,83	384,80	1.924,00	7,22	43,29	0,90	4,81	28,86

Fuente: Ing. Jesús Ramos Salazar

(*) A partir del 1 de junio de 2016, según el Acuerdo Tercero del Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2006-2007 suscrita entre CAPECO y la FTCCP de 2006-06-27 fijada en el Expediente N° 82052-2006-DRTPEL-DPSC-SDNC, la Bonificación por Asignación Escolar se hace extensivo a los hijos de los trabajadores que cursen estudios técnicos o superiores hasta los 21 años de edad, cuyo derechos se encuentran establecidos en las normas pertinentes al respecto. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2015-2016, Expediente N° 045-2015-MTPE/2.14 de 6 de agosto de 2015 extiende la Bonificación por Asignación Escolar a los hijos de los trabajadores que cursen estudios técnicos o superiores hasta los 22 años cumplidos.

costos - 121

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Tarifa de Alquiler de Maquinaria y Equipos

Las tarifas han sido calculadas en base al programa "El Equipo y sus Costos de Operación" elaborado por el Ing. Jesús Ramos Salazar y actualizado y procesado por el área técnica de Costos. Considerando los criterios técnicos recopilados de las empresas propietarias de equipos y de los manuales de fabricantes y que han servido de base para la metodología que con mucho acierto ha sido editada en la publicación "El equipo y sus Costos de Operación" del Ing. Jesús Ramos Salazar.

La Tarifa horaria incluye los siguientes conceptos:

Costo de Posesión (POSES.): valor de reposición, gastos financieros, derecho de importación, desaduanaje, seguros, flete de aduana a almacén.

Costo de Operación (OPERAC.): combustibles y lubricantes, filtros, neumáticos, reparaciones y mantenimiento, operador.

(*) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de equipo

(**) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de equipo, Combustibles, Lubricantes, Filtros

(***) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de equipo, Combustibles, Lubricantes, Filtros, Fuente de Poder

(****) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de Planta, Combustibles, Lubricantes, Filtros, Fuente de Poder

EQUIPO	POT. (HP)	CAPAC.	PESO (KG)	COSTO POSES S/	COSTO OPER. S/	TARIFA HORA S/	OBS
EQUIPOS PARA PERFORACION							
COMPRESORAS NEUMATICAS	76 HP	125-175 PCM	2000	8,47	66,61	75,09	
COMPRESORAS NEUMATICAS	87 HP	250-330 PCM	2300	13,89	76,83	90,72	
COMPRESORAS NEUMATICAS	93 HP	335-375 PCM	2500	16,89	104,55	121,44	
COMPRESORAS NEUMATICAS	150 HP	380-590 PCM	3500	19,05	152,33	171,39	
COMPRESORAS NEUMATICAS	196 HP	600-690 PCM	5000	22,65	169,72	192,37	
COMPRESORAS NEUMATICAS	240 HP	700-900 PCM	6500	30,69	200,83	231,53	
MARTILLOS NEUMATICOS		21-24 KG.	24	3,89	0,98	4,87	(**)
MARTILLOS NEUMATICOS		25-29 KG	29	4,58	1,16	5,74	(**)
MOTOPERFORADORA	1400 RPM	185 CC	26	7,29	5,22	12,51	
PERFORADORA SOBRE ORUGAS		660-690 PCM	6000	57,58	38,04	95,62	(**)
EQUIPO PARA MOV. DE TIERRA							
CARGADORES SOBRE ORUGA	110-135 HP	2.0-2.25 YD3	16275	77,11	147,65	224,76	
CARGADORES SOBRE ORUGA	150-180 HP	2.5-2.75 YD3	18387	86,09	189,45	275,54	
CARGADORES SOBRE ORUGA	190-225 HP	3.2-3.75 YD3	25173	137,50	221,00	358,50	
CARGADORES SOBRE ORUGA	245 HP	4.0-4.0 YD3	28000	166,79	259,16	425,95	
CARGADOR RETROEXCAVADOR	62 HP	1.0 YD3	8000	37,85	97,76	135,61	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	80-95 HP	1.5-1.75 YD3	9631	63,08	89,91	152,99	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	100-115 HP	2.0-2.35 YD3	10308	65,35	105,20	170,55	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	100-125 HP	2.5 YD3	11500	67,69	105,68	173,37	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	125-155 HP	3 YD3	16584	72,09	129,77	201,86	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	160-195 HP	3.5 YD3	18585	81,12	154,01	235,12	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	200-250 HP	4.0-4.1 YD3	20826	94,52	172,94	267,46	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	200-260 HP	4.60 YD3	22000	134,23	176,27	310,50	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	260-300 HP	5.0-5.5 YD3	31105	174,33	213,23	387,56	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	375 HP	8.0 YD3	49738	215,43	260,93	476,36	
MOTOTRILLAS AUTOCARGABLE	140-210 HP	11.0 YD3	14200	157,72	151,53	309,25	
MOTOTRILLAS AUTOCARGABLE	210-300 HP	16.0 YD3	20600	164,49	212,68	377,18	
MOTOTRILLAS AUTOCARGABLE	310-350 HP	23.0 YD3	32800	150,90	254,31	405,21	
MOTOTRILLAS CARGABLES	310-400 HP	14-20 YD3	20000	162,82	274,56	437,38	
MOTOTRILLAS CARGABLES	405-480 HP	21-31 YD3	15500	190,62	343,30	533,92	
EXCAVADORA SOBRE LLANTAS	58 HP	1.0 YD3	9000	37,85	101,20	139,05	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	80-110 HP	0.50-1.3 YD3	17300	65,37	110,57	175,94	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	115-165 HP	0.75-1.6 YD3	23400	105,44	148,40	253,84	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	170-250 HP	1.1-2.75 YD3	33800	152,31	201,26	353,57	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	325 HP	2.0-3.8 YD3	61600	214,06	279,79	493,85	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	330 HP	2.5 YD3		215,41	287,37	502,78	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	385 HP	3.5 YD3		260,54	296,16	556,70	
MINICARGADOR	70 HP	0.5 YD3		22,35	76,91	99,26	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	60-70 HP		6711	54,52	99,36	153,88	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	75-100 HP		9090	62,19	116,76	178,95	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	105-135 HP		12300	119,87	142,71	262,58	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	140-160 HP		14900	119,87	167,24	287,11	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	190-240 HP		20520	166,79	224,63	391,42	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	270-295 HP		21863	196,63	278,76	475,39	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	310 HP		31980	211,03	287,43	498,46	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	335-410 HP		37170	246,93	395,59	642,52	
TRACTORES SOBRE LLANTAS	200-250 HP		20500	168,99	178,54	347,53	
TRACTORES SOBRE LLANTAS	300-350 HP		30380	264,07	251,68	515,75	
TRACTORES SOBRE LLANTAS	400-500 HP		46355	410,65	346,22	756,87	
EQUIPO DE COMPACTACION							
VIBRADOR DE CONCRETO	4 HP	18 PL(1.25")		1,87	4,03	5,90	(*)
VIBRADOR DE CONCRETO	4 HP	18 PL(1.50")		1,92	4,07	5,99	(*)
VIBRADOR DE CONCRETO	4 HP	18 PL(2.40")		2,03	4,15	6,18	(*)
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	4 HP		95	2,30	26,35	28,65	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	5.8 HP		145	2,42	28,41	30,83	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	7 HP		160	4,24	29,57	33,81	
ROD. LISO VIBRAT. MANUAL	10.8 HP	0.8-1.1 TON	800	6,54	32,08	38,62	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	70-100 HP	7-9 TON	7300	23,03	88,05	111,09	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	101-135 HP	10-12 TON	11100	50,92	124,30	175,21	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	136-170 HP	15-17 TON	13700	67,59	152,92	220,51	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	210 HP	19-23 TON	19600	72,09	176,95	249,04	
RODILLO LISO VIBRATORIO DE TIRO	50-80 HP	4.5-5 TON	3500	8,52	58,70	67,22	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	60-80 HP	3-5 TON	3700	43,69	72,77	116,46	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	81-100 HP	5.5-20 TON	5500	59,57	83,98	143,55	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	127 HP	8.23 TON	8000	61,95	98,67	160,63	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	135 HP	9.26 TON	9000	63,31	101,12	164,43	
RODILLO PATA DE CABRA VIB. AUTOPRO.	84 HP	8.10 TON	8200	14,61	76,44	91,05	
RODILLO PATA DE CABRA VIB. AUTOPRO.	100-135 HP	11-13 TON	11300	52,81	124,60	177,41	
RODILLO PATA DE CABRA VIB. AUTOPRO.	136-180 HP	15-17 TON	15300	73,47	159,11	232,58	
EQUIPOS PARA OBRA DE CONCRETO							
DOSEIFICADORA DE CONCRETO	M.E. 40 HP	50 M3	17000	27,62	60,90	88,52	(***)

Tarifas horarias en S/ al 31/01/2019

costos - 123

INFLUENCIA DEL SISTEMA DIAMOND GRID EN
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EN UN PAVIMENTO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2018

Tarifa de Alquiler de Maquinaria y Equipos

EQUIPO	POT (HP)	CAPAC	PESO (KG)	COSTO POSES S/	COSTO OPER. S/	TARIFA HORA S/	OBS
DOSIFICADORA DE CONCRETO	M.E. 45 HP	50-90 M3	20000	42,60	69,03	111,63	(***)
DOSIFICADORA DE CONCRETO	M.E. 60 HP	120 M3	23000	52,19	74,24	126,43	(***)
MEZCLADORA CONCRETO T. TROMPO	8 HP	9 P3	500	2,22	1,73	3,95	(**)
MEZCLADORA DE CONCRETO	18 HP	11-12p3 P3	1500	6,25	4,70	10,95	(**)
MEZCLADORA DE CONCRETO	20-35 HP	16 p3 P3	2700	10,29	7,65	17,94	(**)
EQUIPOS PARA REFINE Y AFIRMADO							
MOTONIVELADORA	125 HP		11515	67,33	116,11	183,44	
MOTONIVELADORA	130-135 HP		12365	72,35	131,08	203,43	
MOTONIVELADORA	145-150 HP		13540	87,76	147,40	235,16	
MOTONIVELADORA	180-200 HP		18370	94,12	158,72	252,84	
VEHICULOS							
CAMIONETA 4X4 PICK-UP CABINA SIMPLE	148 HP	3 Pasajeros	2740	10,57	104,13	114,70	
CAMIONETA 4X2 PICK-UP CABINA SIMPLE	84 HP	5 Pasajeros		8,30	47,16	55,46	
CAMIONETA 4X2 PICK-UP DOBLE CABINA	84 HP	5 Pasajeros		8,97	71,18	80,15	
CAMION IMPRIMADOR	210 HP	2000 GLN	13500	29,90	142,77	172,67	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	122 HP	1500 GLN	9900	37,86	102,54	140,40	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	145-165 HP	2000 GLN	13000	41,77	125,04	166,81	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	178-210 HP	3000 GLN	19000	47,61	149,00	196,61	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (COMBUSTIBLE)	122 HP	2000 GLN	13000	52,81	108,82	161,62	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (ASFALTO)	178-210 HP	2000 GLN	13000	47,59	148,99	196,58	
CAMION CONCRETERO	300 HP	8 M3	26000	93,24	212,00	305,24	
CAMION CONCRETERO	330 HP	10 M3	26000	96,68	223,17	319,85	
CAMION CONCRETERO	330 HP	12 M3	26000	101,52	225,17	326,69	
CAMION PLATAFORMA 4 x 2	122 HP	8 TON	13000	41,77	104,06	145,82	
CAMION PLATAFORMA 4 x 2	178-210 HP	12 TON	19000	49,68	149,85	199,53	
CAMION PLATAFORMA 6 x 4	300 HP	19 TON	26000	72,48	202,88	275,36	
SEMI-TRAYLER 6 x 4	330 HP	35 TON	42500	64,92	215,65	280,57	
SEMI-TRAYLER 6 x 4	330 HP	40 TON	54420	64,92	215,65	280,57	
VOLQUETE 4 x 2	210-280 HP	8 M3	19000	51,80	185,49	237,29	
VOLQUETE 6 x 4	330 HP	10 M3	26000	56,63	212,56	269,19	
VOLQUETE 6 X 4	330 HP	12 M3	26000	62,16	214,85	277,01	
VOLQUETE 6 X 4	330 HP	15 M3	26000	75,28	220,26	295,54	
EQUIPOS DIVERSOS							
GRUPO ELECTROGENO	89 HP	50 Kw	1150	4,55	122,92	127,47	(*)
GRUPO ELECTROGENO	116 HP	75 Kw	1500	5,16	144,86	150,02	(*)
GRUPO ELECTROGENO	140 HP	90 Kw	1700	5,83	160,98	166,81	(*)
GRUPO ELECTROGENO	230 HP	150 Kw	2000	7,70	177,44	185,14	(*)
GRUPO ELECTROGENO	380 HP	250 Kw	2700	16,27	199,72	215,99	(*)
GRUPO ELECTROGENO	480 HP	300 Kw	3500	17,08	249,46	266,54	(*)
MONTACARGAS	68 HP	3000 Kg	5200	13,72	67,65	81,37	
MONTACARGAS	80 HP	5000 Kg	8150	22,53	78,58	101,10	
MONTACARGAS	94 HP	7500 Kg	9150	30,64	91,60	122,24	
FAJA TRANSPORTADORA 18" x 40"	M.E. 3 HP	150 T/H	4000	4,50	2,06	6,56	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 18" x 50"	M.E. 3 HP	150 T/H	4000	4,50	2,06	6,56	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 30" x 40"	M.E. 5 HP	550 T/H	7800	6,77	3,04	9,81	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 30" x 50"	M.E. 5 HP	550 T/H	12000	6,77	3,04	9,81	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 30" x 60"	M.E. 7.5 HP	800 T/H	15000	7,11	3,20	10,31	(*)
MOTOBOMBAS	7-10 HP	3" 4"	135	0,96	7,67	8,63	(*)
MOTOBOMBAS (PETROLEO)	12 HP	4"	295	14,66	11,24	25,90	(*)
MOTOBOMBAS (PETROLEO)	17 HP	6"	340	21,99	16,34	38,33	(*)
MOTOBOMBAS (PETROLEO)	34 HP	8"	500	43,97	32,37	76,34	(*)
TRACTOR DE TIRO MF 290/4	80 HP		4320	14,05	73,48	87,52	
TRACTOR DE TIRO MF 296-B	115 HP		4565	16,45	93,04	109,49	
TRACTOR DE TIRO MF 2725/4	158 HP		7000	25,81	121,08	146,88	
EQUIPOS PRODUCTORES DE AGREGADOS							
CHANCADORA PRIMARIA 15 x 24	M.E. 30 HP	46-70 T/H	19000	34,66	37,26	71,91	(**)
CHANCADORA PRIMARIA 30x42"			21000	160,04	65,45	225,49	(**)
CHANCADORA SECUNDARIA 24" S	M.E. 30 HP	46-70 Tn/Hr.	22000	57,41	23,69	81,09	(**)
CHANCADORA SECUNDARIA 36" S	M.E. 75 HP	46-70 Tn/Hr.	23000	64,07	26,41	90,47	(**)
CHANCADORA SECUNDARIA C/ CONO 4 1/4"	M.E. 200			84,02	34,51	118,53	(**)
CHANCADORA CONICA + ZARANDA	200 HP			182,59	74,63	257,21	(***)
ZARANDA VIBRATORIA 4" x 6" x 14	M.E. 15 HP		7000	20,28	31,99	52,27	
EQUIPOS PARA PAVIMENTACION							
COCINA DE ASFALTO		320 GLN	2100	1,81	69,03	70,85	
BARREDORA MECANICA		7 LON	1000	8,36	47,69	56,05	
CALENTADOR DE ACEITE 48-S		468 P3	5700	14,43	8,83	23,26	(**)
SECADOR DE ARIDOS		30-64 T/H	8000	21,98	10,43	32,41	(**)
SECADOR DE ARIDOS		60-115 T/H	8500	32,57	15,46	48,03	(**)
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE		150 Tn/Hr.	46800	225,65	103,62	329,27	(****)
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE (CIFALLI)		205 Tn/Hr.	62000	382,05	175,45	557,50	(****)
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS	105 HP	10	12000	67,52	108,14	175,66	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS	224 HP	10	12000	136,92	199,23	336,15	
RECICLADORA EN FRIO	396 HP	295 KW	22900	379,05	383,74	762,79	(*)
FRESADORA	565 HP	421 KW	30000	455,77	500,80	956,57	(*)

COSTOS HH OPERADORES DE EQUIPO

Operador de equipo Electromecánico	S/ 23,29
Operador de equipo Pesado	S/ 22,82
Operador de equipo Mediano	S/ 22,63

ESTRUCTURA GENÉRICA DE FÓRMULA POLINÓMICA DE TARIFAS DE ALQUILER DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN.

La tarifa de alquiler de maquinarias proviene de la estructura de costos definidos por los costos de posesión y costos de operación.

Dentro de este contexto, según el D.S. N° 011-79-VC, Artículo 2°, las fórmulas polinómicas de reajuste automático de precios de las correspondientes estructuras de costos de la tarifa respectiva, se reajustarán con los coeficientes de incidencia que correspondan a: Costo de Posesión y Mantenimiento (según corresponda: Índice 48 - Maquinaria y equipo nacional ó Índice 49 - Maquinaria y equipo importado); Costos de operación se reajustará con el Índice de mano de Obra (Índice 47) para el operador y el Combustible con (Índice 34: Gasolina ó Índice 53: Petróleo Diesel); los Lubrificantes, Nitros y grasa con los (Índice 01: Aceite, Índice 30: Filtro, Índice 53: Grasa), si su incidencia es menor al 5%, se agrupará con insumos afines como el Combustible, además se debe considerar el Índice de los Gastos Generales (Índice 39: Índice General de Precios al Consumidor).

APÉNDICE n.º 5. Costos de sistema Diamond Grid



DIAMOND GRID LATIN AMERICA S.A.C

Av. Los Tulipanes Mz. G Lote 14. Lurín

RUC: 20602446167

LIMA – PERU

Señores: DISSIER CONTRATISTAS GENERALES S.R.L

Atención: Ing. Martín Lázaro

Mediante la presente carta nos es grato saludarlo y presentarle nuestra cotización formal para 4,092m² de área a cubrir con DiamondGrid®.

COTIZACIÓN Q19-0068 DGL

CANT.	UNID.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
4092	Pza	DIAMOND GRID 1000x1000mm	S/. 56.50	S/. 231,198.00

Descripción: Sistema DiamondGrid® para vías y áreas de alto rendimiento.

Mat. Prima: 100 % Polipropileno HD.
Empaque: Parihuela de 62 unidades enzunchado
Plazo de entrega: 7 días (Una vez recibido la O/C)

Lugar de entrega: En Proyecto (Trujillo – La Libertad).

Moneda: Nuevos Soles

Impuestos: **No incluye IGV**

Procedencia: Diseño australiano, fabricado en el Perú.

Forma de pago: 100% contra despacho de pedido de Grids.
(Vía Factoring – a tratar)

Cta. Cte. BCP Dólares: 194-2490256-1-09

Cta. Cte. BCP Soles: 194-2502177-0-14

Cta. Cte. Scotia Dólares: 000-4838221

Cta. Cte. Scotia Soles: 000-5568170

Fecha de cotización: 21.Mayo.2019

Validez de la oferta: 15 días



Diamond Grid Latin America
+51 949 232 479 | latam@diamondgrid.com
www.diamondgrid.com





DIAMOND GRID LATIN AMERICA S.A.C

Av. Los Tulipanes Mz. G Lote 14. Lurín
RUC: 20602446167
LIMA – PERU

Nuestra cotización Incluye:


- Entrega de Diamond Grid en Proyecto Trujillo – La Libertad.
- Supervisión técnica por personal calificado de DiamondGrid™, incluye pasajes, alimentación y hospedaje.

Recomendaciones para la instalación:

- Base bien nivelada (máximo error en planimetría de 1cm).
- Base compactada al 98% de la máxima densidad seca del proctor modificado. (buena calidad de afirmado).
- Después de instalar DiamondGrid® pasar rodillo compactador sin vibrado.
- En caso de concreto usar:
 - o Concreto 280 Kg/cm², Tipo I, Huso granulométrico H8, Slump de 6-8"
- Para el acabado de la losa es importante que una vez vaciado el concreto, vibrado con plancha y reglado se use alisadoras para que deje el concreto al ras y llene bien las celdas para que dejar vacios. (se debe llenar con concreto al **RAS** del Grid).

Para cualquier consulta estamos a su disposición

Atentamente,


Approved by:
Walter R. Félix
Gerente General



Diamond Grid Latin America
+51 949 232 479 | latam@diamondgrid.com
www.diamondgrid.com



APÉNDICE n.º 6. Calibración de equipo de laboratorio

 METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 172 - 2018	
<i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Fuerza</i>		Página 1 de 3	
1. Expediente	18375	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.	
3. Dirección	Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra. El Cortijo San Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.	
Capacidad	250000 lbf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	
Marca	FORNEY		
Modelo	F-25EX-F-CPILOT		
Número de Serie	12117		
Procedencia	U.S.A.		
Identificación	NO INDICA		
Indicación	DIGITAL		
Marca	FORNEY		
Modelo	NO INDICA		
Número de Serie	TA-1252		
Resolución	1 kgf		
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO Y ESTRUCTURAS.		
5. Fecha de Calibración	2018-07-02		
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello	
2018-07-05	 JUAN C. QUISPE MORALES		
Metrología & Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ Telf.: (511) 540-0642 Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282 RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282 RPC: 940037490		email: metrologia@metrologiatecnicas.com ventas@metrologiatecnicas.com WEB: www.metrologiatecnicas.com	

APÉNDICE n.º 7. Coeficientes estadísticos Shapiro – Wilk

j	n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	–	0'7071	0'7071	0'6872	0'6646	0'6431	0'6233	0'6052	0'5888	0'5739
2	–	–	0'0000	0'1677	0'2413	0'2806	0'3031	0'3164	0'3244	0'3291
3	–	–	–	–	0'0000	0'0875	0'1401	0'1743	0'1976	0'2141
4	–	–	–	–	–	–	0'0000	0'0561	0'0947	0'1224
5	–	–	–	–	–	–	–	–	0'0000	0'0399

APÉNDICE n.º 8. Distribución Shapiro – Wilk para el contraste de normalidad

n	α								
	0'01	0'02	0'05	0'1	0'5	0'9	0'95	0'98	0'99
3	0'753	0'756	0'767	0'789	0'959	0'998	0'999	1'000	1'000
4	0'687	0'707	0'748	0'792	0'935	0'987	0'992	0'996	0'997
5	0'686	0'715	0'762	0'806	0'927	0'979	0'986	0'991	0'993
6	0'713	0'743	0'788	0'826	0'927	0'974	0'981	0'986	0'989
7	0'730	0'760	0'803	0'838	0'928	0'972	0'979	0'985	0'988
8	0'749	0'778	0'818	0'851	0'932	0'972	0'978	0'984	0'987
9	0'764	0'791	0'829	0'859	0'935	0'972	0'978	0'984	0'986
10	0'781	0'806	0'842	0'869	0'938	0'972	0'978	0'983	0'986
11	0'792	0'817	0'850	0'876	0'940	0'973	0'979	0'984	0'986
12	0'805	0'828	0'859	0'883	0'943	0'973	0'979	0'984	0'986
13	0'814	0'837	0'866	0'889	0'945	0'974	0'979	0'984	0'986
14	0'825	0'846	0'874	0'895	0'947	0'975	0'980	0'984	0'986
15	0'835	0'855	0'881	0'901	0'950	0'975	0'980	0'984	0'987
16	0'844	0'863	0'887	0'906	0'952	0'976	0'981	0'985	0'987
17	0'851	0'869	0'892	0'910	0'954	0'977	0'981	0'985	0'987
18	0'858	0'874	0'897	0'914	0'956	0'978	0'982	0'986	0'988
19	0'863	0'879	0'901	0'917	0'957	0'978	0'982	0'986	0'988
20	0'868	0'884	0'905	0'920	0'959	0'979	0'983	0'986	0'988
21	0'873	0'888	0'908	0'923	0'960	0'980	0'983	0'987	0'989
22	0'878	0'892	0'911	0'926	0'961	0'980	0'984	0'987	0'989
23	0'881	0'895	0'914	0'928	0'962	0'981	0'984	0'987	0'989
24	0'884	0'898	0'916	0'930	0'963	0'981	0'984	0'987	0'989
25	0'888	0'901	0'918	0'931	0'964	0'981	0'985	0'988	0'989

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
¿De qué manera influye el sistema Diamond Grid en la resistencia a la compresión en el mejoramiento de un pavimento en la ciudad de Trujillo?	<p>Objetivo general Determinar de qué manera influye el sistema Diamond Grid en la resistencia a la compresión en el mejoramiento del pavimento.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicar características, propiedades y especificaciones del sistema Diamond Grid. - Realizar ensayos de probetas para cada tipo de diseño sin relleno. - Realizar ensayos de probetas para cada tipo de diseño utilizando el material base como relleno. - Analizar estadísticamente las probetas ensayadas. - Analizar el aumento de la resistencia a compresión del material bajo la influencia del sistema Diamond Grid. - Evaluar los costos por kilómetro de las partidas para una vía con y sin la aplicación del sistema Diamond Grid, en la base al análisis de costos unitarios. 	La aplicación del sistema Diamond Grid aumentará la resistencia a la compresión de un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018	<p>Variable independiente: Sistema a Diamond Grid La aplicación del sistema Diamond Grid aporta ventajas como minimizar fallas en el pavimento debido a su capacidad semi-rígida de resistencia a la carga por lo que reduce la frecuencia de mantenimiento en 70%, es permeable en 96% y está compuesta al 100% de polipropileno reciclado</p> <p>Variable dependiente: Resistencia a compresión Consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas. En este caso será a través del uso del sistema Diamond Grid. Este mejoramiento será verificado a través del ensayo de resistencia a la compresión.</p>

Elaboración: Propia

ANEXO n.º 2. Resultados de ensayo de deformación

Tabla 47.

Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 18

PROBETA N°18 SIN RELLENO					
RELLENO		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	9.2
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	ε _u mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	40	0.09	0.0023	4.35	
3	80	0.20	0.0050	8.70	
4	120	0.29	0.0073	13.04	
5	160	0.39	0.0098	17.39	
6	200	0.49	0.0123	21.74	
7	240	0.57	0.0143	26.09	
8	280	0.62	0.0155	30.43	
9	320	0.75	0.0188	34.78	
10	360	0.82	0.0205	39.13	
11	400	0.90	0.0225	43.48	
12	440	0.98	0.0245	47.83	
13	480	1.07	0.0268	52.17	
14	520	1.22	0.0305	56.52	
15	560	1.36	0.0340	60.87	
16	600	1.47	0.0368	65.22	
17	640	1.96	0.0490	69.57	

Elaboración: Propia

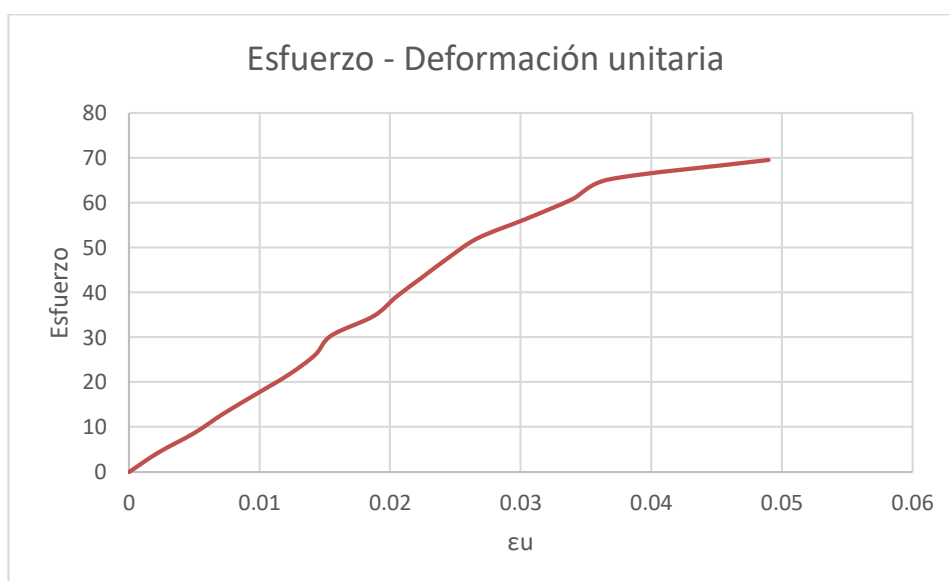


Figura 42. Deformación de celda individual probeta N°18

Tabla 48.

Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 22

PROBETA N° 22 SIN RELLENO				
	H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	9.2
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	ϵu mm	ESFUERZO kg/cm ²
1	0	0	0	0
2	40	0.14	0.0035	4.35
3	80	0.28	0.0070	8.70
4	120	0.45	0.0113	13.04
5	160	0.57	0.0143	17.39
6	200	0.67	0.0168	21.74
7	240	0.75	0.0188	26.09
8	280	0.86	0.0215	30.43
9	320	0.99	0.0248	34.78
10	360	1.09	0.0273	39.13
11	400	1.19	0.0298	43.48
12	440	1.29	0.0323	47.83
13	480	1.41	0.0353	52.17
14	520	1.50	0.0375	56.52
15	560	1.69	0.0423	60.87
16	600	1.8	0.0450	65.22
17	640	1.91	0.0478	69.57
18	680	2.09	0.0523	73.91
19	720	2.21	0.0553	78.26
20	760	2.47	0.0618	82.61

Elaboración: Propia

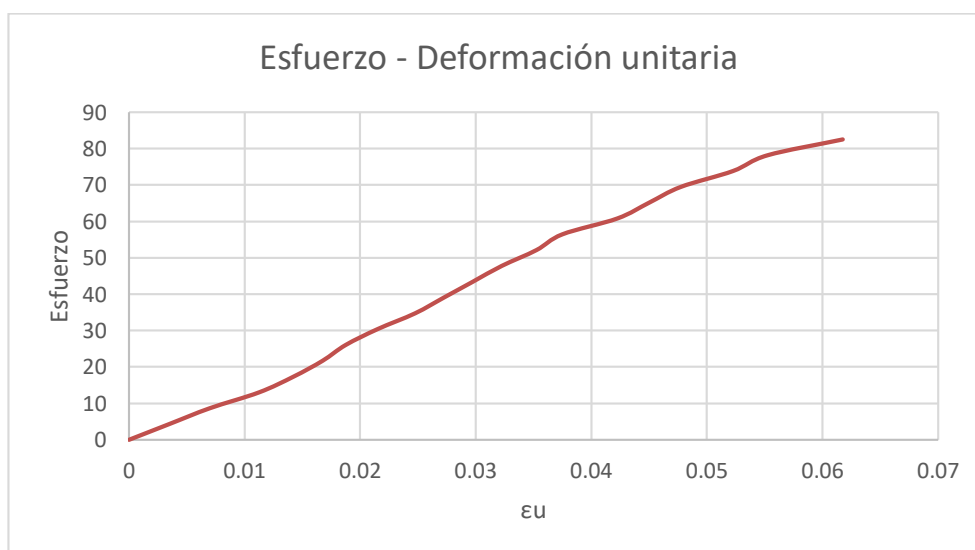


Figura 43. Deformación de celda individual probeta N°22

Tabla 49.

Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 25

PROBETA N° 25 SIN RELLENO				
	H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	9.2
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	ϵ_u mm	ESFUERZO kg/cm ²
1	0	0	0	0
2	40	0.09	0.0023	4.35
3	80	0.19	0.0048	8.70
4	120	0.29	0.0073	13.04
5	160	0.48	0.0120	17.39
6	200	0.51	0.0128	21.74
7	240	0.59	0.0148	26.09
8	280	0.68	0.0170	30.43
9	320	0.76	0.0190	34.78
10	360	0.84	0.0210	39.13
11	400	0.91	0.0228	43.48
12	440	1.00	0.0250	47.83
13	480	1.05	0.0263	52.17
14	520	1.14	0.0285	56.52
15	560	1.22	0.0305	60.87
16	600	1.33	0.0333	65.22
17	640	1.41	0.0353	69.57
18	680	1.54	0.0385	73.91
19	720	1.65	0.0413	78.26
20	760	1.77	0.0443	82.61
21	800			86.96
22	840			91.30
23	880			95.65

Elaboración: Propia

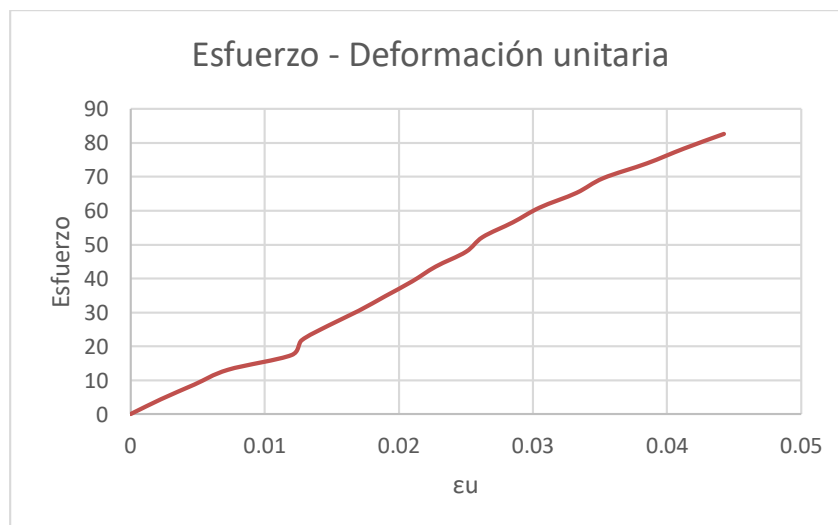


Figura 44. Deformación de celda individual probeta N°25

Tabla 50.

Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 04

PROBETA N° 4 SIN RELLENO				
	H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	9.2
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	ϵ_u mm	ESFUERZO kg/cm ²
1	0	0	0	0
2	40	0.10	0.0025	4.35
3	80	0.29	0.0073	8.70
4	120	0.44	0.0110	13.04
5	160	0.56	0.0140	17.39
6	200	0.65	0.0163	21.74
7	240	0.76	0.0190	26.09
8	280	0.82	0.0205	30.43
9	320	0.89	0.0223	34.78
10	360	0.98	0.0245	39.13
11	400	1.06	0.0265	43.48
12	440	1.09	0.0273	47.83
13	480	1.21	0.0303	52.17
14	520	1.31	0.0328	56.52
15	560	1.35	0.0338	60.87
16	600	1.42	0.0355	65.22
17	640	1.52	0.0380	69.57
18	680	1.58	0.0395	73.91
19	720	1.68	0.0420	78.26
20	760	1.71	0.0428	82.61
21	800	1.77	0.0443	86.96
22	840	1.88	0.0470	91.30
23	880	1.98	0.0495	95.65
24	920	2.06	0.0515	100.00
25	960	2.21	0.0553	104.35
26	1000	2.45	0.0613	108.70

Elaboración: Propia

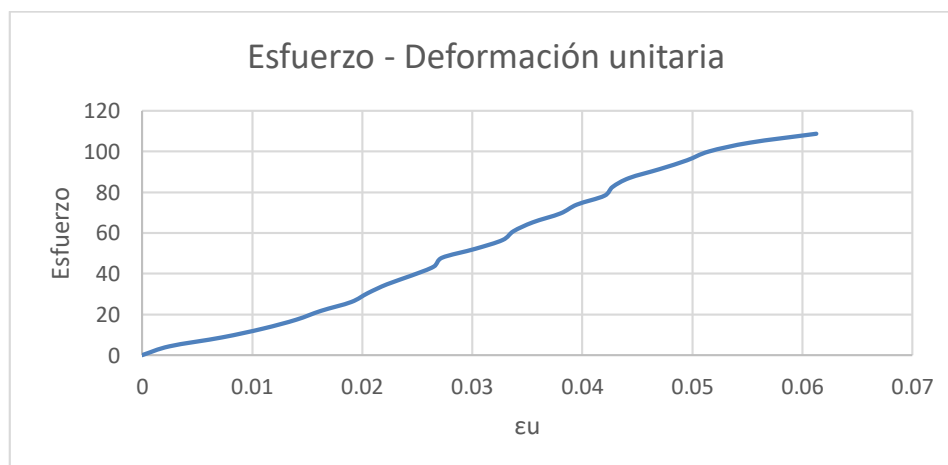


Figura 45. Deformación de celda individual probeta N°04

Tabla 51.

Ensayo de deformación de celda individual sin relleno probeta N° 08

PROBETA N° 8 SIN					
RELLENO		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	9.2
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	40	0.2	0.0050	4.35	
3	80	0.38	0.0095	8.70	
4	120	0.55	0.0138	13.04	
5	160	0.68	0.0170	17.39	
6	200	0.8	0.0200	21.74	
7	240	0.91	0.0228	26.09	
8	280	0.99	0.0248	30.43	
9	320	1.07	0.0268	34.78	
10	360	1.15	0.0288	39.13	
11	400	1.22	0.0305	43.48	
12	440	1.29	0.0323	47.83	
13	480	1.36	0.0340	52.17	
14	520	1.43	0.0358	56.52	
15	560	1.51	0.0378	60.87	
16	600	1.6	0.0400	65.22	
17	640	1.65	0.0413	69.57	
18	680	1.79	0.0448	73.91	
19	720	1.89	0.0473	78.26	
20	760	1.93	0.0483	82.61	
21	800	1.94	0.0485	86.96	
22	840	2.01	0.0503	91.30	
23	880	2.13	0.0533	95.65	
24	920	2.2	0.0550	100.00	
25	960	2.26	0.0565	104.35	
26	1000	2.35	0.0588	108.70	
27	1040	2.46	0.0615	113.04	
28	1080	3.13	0.0783	117.39	
29	1120	3.73	0.0933	121.74	
30	1160	3.87	0.0968	126.09	

Elaboración: Propia

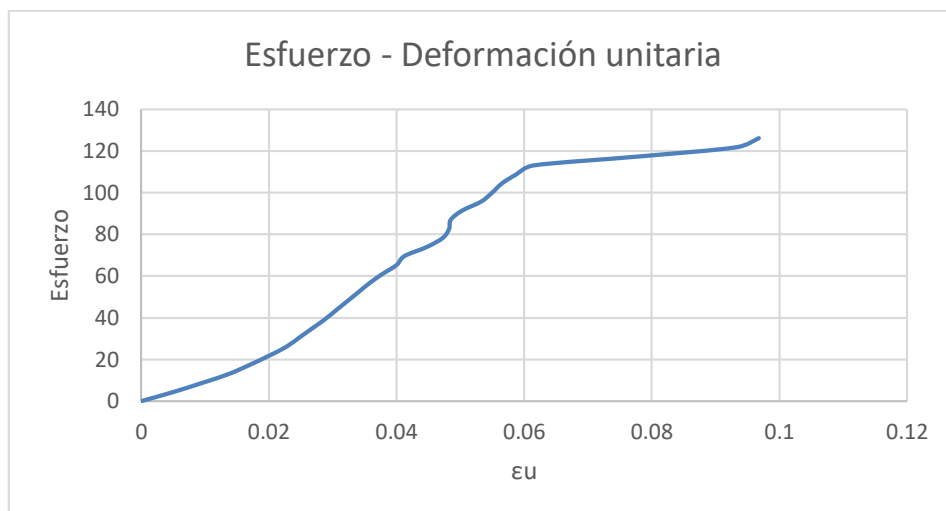


Figura 46. Deformación de celda individual probeta N°08

Tabla 52.

Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 21

PROBETA N° 21 CON RELLENO			ÁREA NETA (cm ²)		
			H (mm)	40	45.20
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	300	0.26	0.0065	6.64	
3	600	0.46	0.0115	13.27	
4	900	0.71	0.0178	19.91	
5	1200	0.93	0.0233	26.55	
6	1500	1.12	0.0280	33.19	
7	1800	1.33	0.0333	39.82	
8	2100	1.51	0.0378	46.46	
9	2400	1.76	0.0440	53.10	
10	2700	1.96	0.0490	59.73	
11	3000	2.15	0.0538	66.37	
12	3300	2.37	0.0593	73.01	
13	3600	2.66	0.0665	79.65	
14	3900	3.12	0.0780	86.28	

Elaboración: Propia

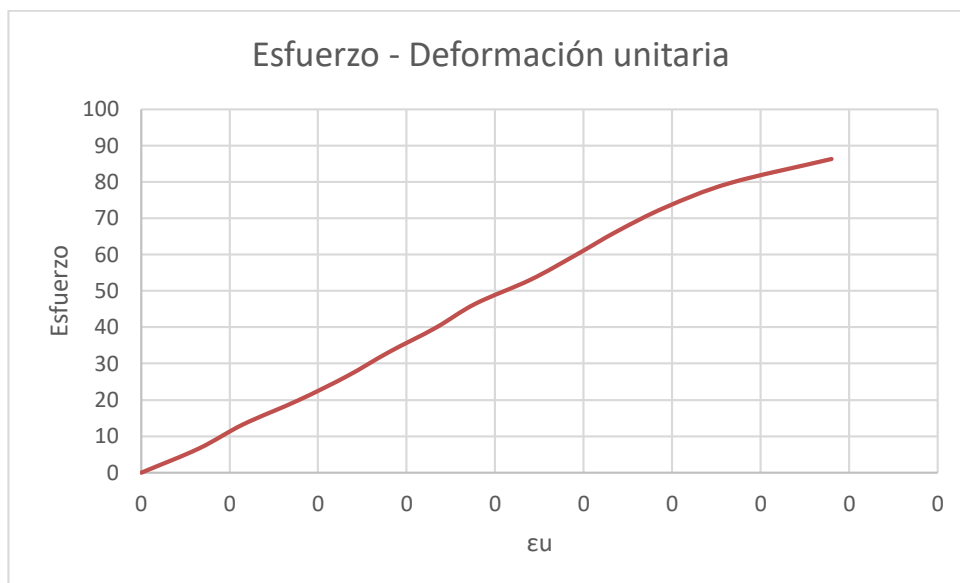


Figura 47. Deformación de celda individual probeta N°21

Tabla 53.

Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 27

PROBETA N° 27 CON RELLENO			H (mm)	ÁREA NETA (cm ²)
			40	45.20
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²
1	0	0	0	0
2	300	0.12	0.0030	6.64
3	600	0.24	0.0060	13.27
4	900	0.48	0.0120	19.91
5	1200	0.72	0.0180	26.55
6	1500	0.92	0.0230	33.19
7	1800	1.16	0.0290	39.82
8	2100	1.36	0.0340	46.46
9	2400	1.88	0.0470	53.10
10	2700	3.2	0.0800	59.73

Elaboración: Propia

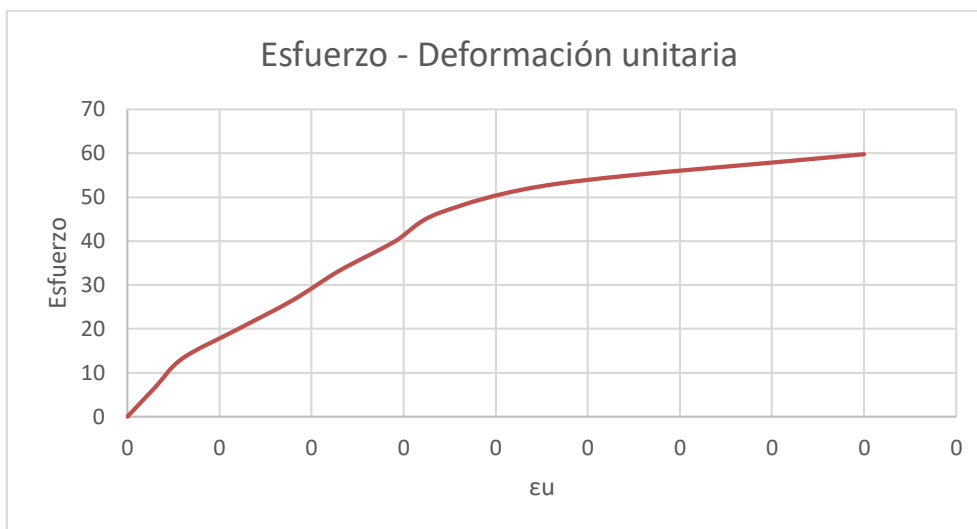


Figura 48. Deformación de celda individual probeta N°27

Tabla 54.

Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 09

PROBETA N° 9 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	300	0.43	0.0108	6.64	
3	600	0.71	0.0178	13.27	
4	900	0.98	0.0245	19.91	
5	1200	1.19	0.0298	26.55	
6	1500	1.39	0.0348	33.19	
7	1800	1.55	0.0388	39.82	
8	2100	1.80	0.0450	46.46	
9	2400	2.00	0.0500	53.10	
10	2700	2.78	0.0695	59.73	

Elaboración: Propia

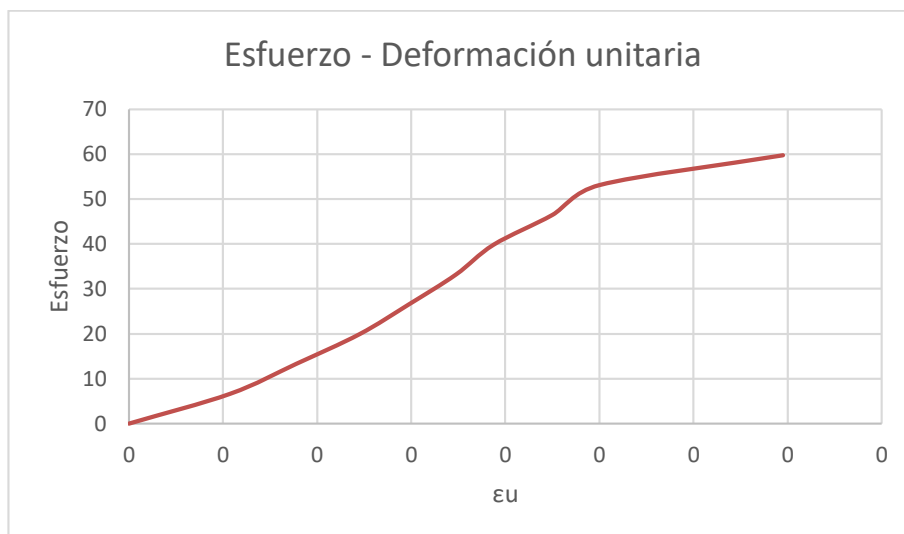


Figura 49. Deformación de celda individual probeta N°09

Tabla 55.

Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 15

PROBETA N° 15 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	300	0.12	0.0030	6.64	
3	600	0.24	0.0060	13.27	
4	900	0.48	0.0120	19.91	
5	1200	0.64	0.0160	26.55	
6	1500	0.84	0.0210	33.19	
7	1800	1.04	0.0260	39.82	
8	2100	1.24	0.0310	46.46	
9	2400	1.52	0.0380	53.10	
10	2700	2.04	0.0510	59.73	
11	3000	2.28	0.0570	66.37	
12	3300	2.88	0.0720	73.01	
13	3600	3.68	0.0920	79.65	

Elaboración: Propia

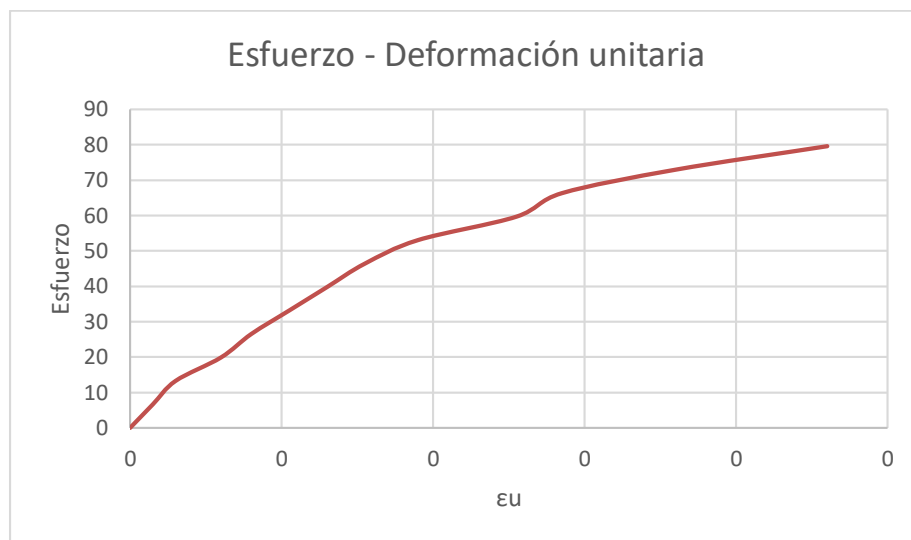


Figura 50. Deformación de celda individual probeta N°15

Tabla 56.

Ensayo de deformación de celda individual con relleno probeta N° 14

PROBETA N° 14 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	45.20	ESFUERZO kg/cm ²
1	0	0	0		0
2	300	0.13	0.0033		6.64
3	600	0.32	0.0080		13.27
4	900	0.6	0.0150		19.91
5	1200	0.80	0.0200		26.55
6	1500	0.96	0.0240		33.19
7	1800	1.16	0.0290		39.82
8	2100	1.36	0.0340		46.46
9	2400	1.64	0.0410		53.10
10	2700	1.92	0.0480		59.73
11	3000	2.36	0.0590		66.37
12	3300	3.16	0.0790		73.01

Elaboración: Propia

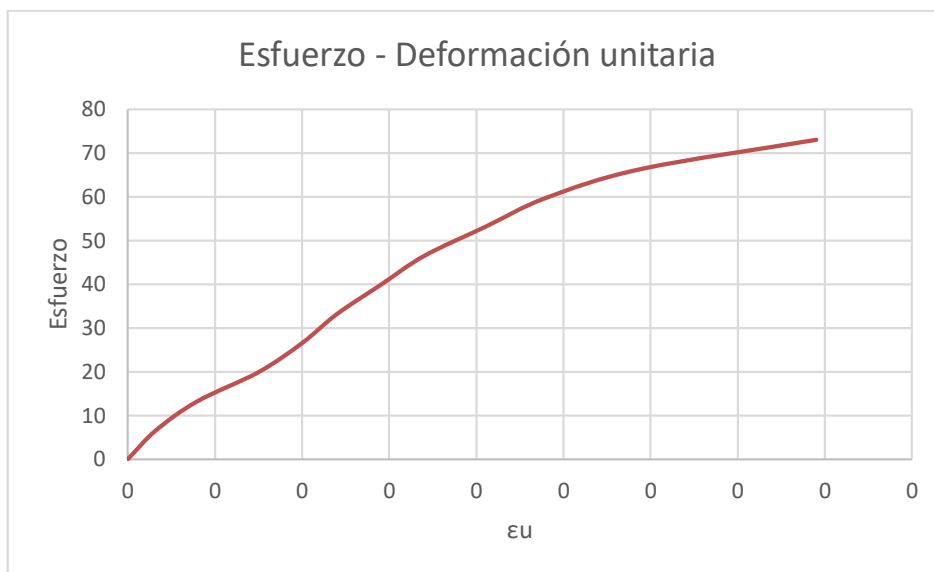


Figura 51. Deformación de celda individual probeta N°14

Tabla 57.

Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 04

PROBETA N° 4 SIN RELLENO				
		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)
				27.10
PTO	CARGA	DEFOR. 1	εU	ESFUERZO
	kg	mm	mm	kg/cm ²
1	0	0	0	0
2	250	0.45	0.0113	9.23
3	500	0.65	0.0163	18.45
4	750	0.87	0.0218	27.68
5	1000	1.05	0.0263	36.90
6	1250	1.25	0.0313	46.13
7	1500	1.43	0.0358	55.35
8	1750	1.61	0.0403	64.58
9	2000	1.84	0.0460	73.80
10	2250	2.07	0.0518	83.03
11	2500	2.44	0.0610	92.25
12	2750			101.48

Elaboración: Propia

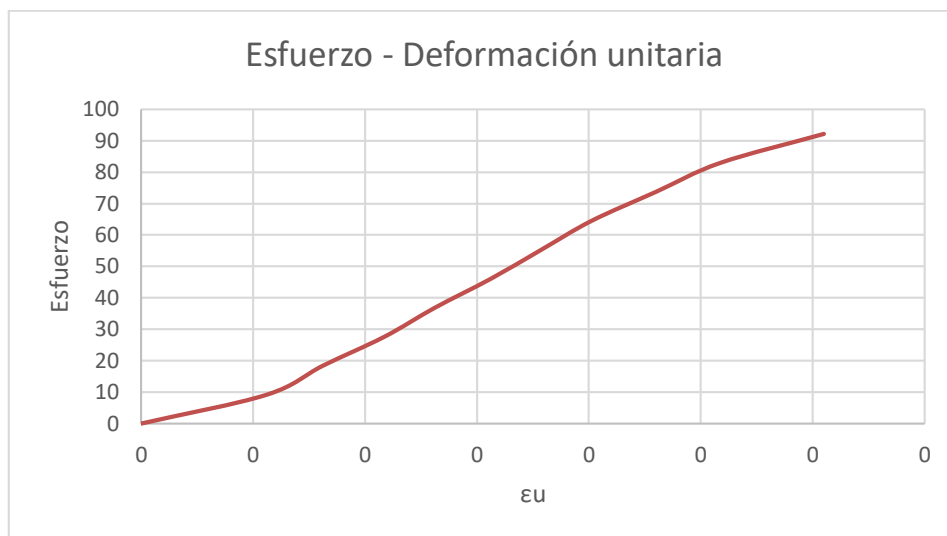


Figura 52. Deformación de celda compuesta probeta N°04

Tabla 58.

Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 18

PROBETA N° 18 SIN RELLENO		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	27.10
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0.00	
2	250	0.47	0.0118	9.23	
3	500	0.71	0.0178	18.45	
4	750	0.90	0.0225	27.68	
5	1000	1.10	0.0275	36.90	
6	1250	1.27	0.0318	46.13	
7	1500	1.45	0.0363	55.35	
8	1750	1.68	0.0420	64.58	
9	2000	1.96	0.0490	73.80	
10	2250	2.36	0.0590	83.03	
11	2500			92.25	

Elaboración: Propia

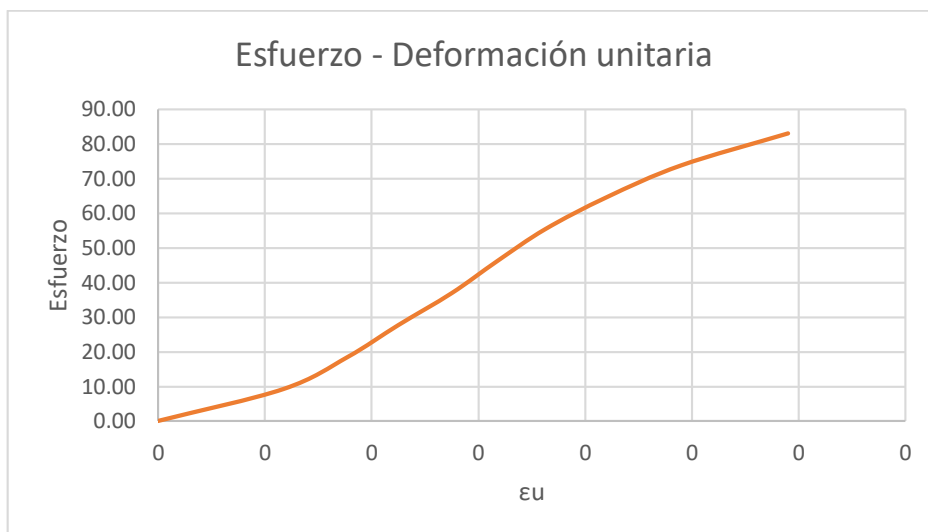


Figura 53. Deformación de celda compuesta probeta N°18

Tabla 59.

Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 08

PROBETA N° 8 SIN RELLENO		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	27.10
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	250	0.36	0.0090	9.23	
3	500	0.53	0.0133	18.45	
4	750	0.68	0.0170	27.68	
5	1000	0.80	0.0200	36.90	
6	1250	0.93	0.0233	46.13	
7	1500	1.04	0.0260	55.35	
8	1750	1.21	0.0303	64.58	
9	2000	1.32	0.0330	73.80	
10	2250	1.50	0.0375	83.03	
11	2500	1.69	0.0423	92.25	
12	2750	1.87	0.0468	101.48	
13	3000	2.05	0.0513	110.70	
14	3250	2.74	0.0685	119.93	

Elaboración: Propia

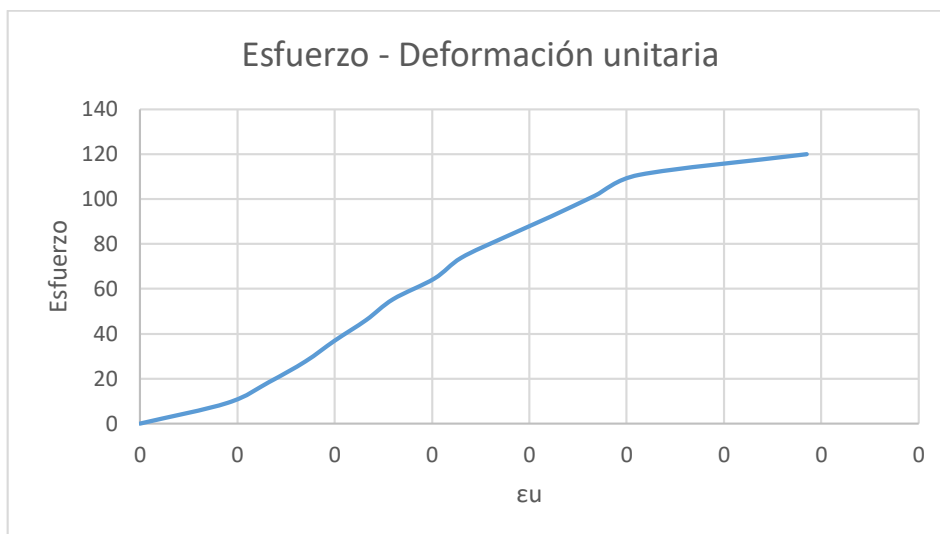


Figura 54. Deformación de celda compuesta probeta N° 08

Tabla 60.

Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 24

PROBETA N° 24 SIN RELLENO		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	27.10
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm²	
1	0	0	0	0	
2	250	0.69	0.0173	9.23	
3	500	1.09	0.0273	18.45	
4	750	1.40	0.0350	27.68	
5	1000	1.59	0.0398	36.90	
6	1250	1.79	0.0448	46.13	
7	1500	2.05	0.0513	55.35	
8	1750	2.32	0.0580	64.58	
9	2000	2.65	0.0663	73.80	
10	2250	3.00	0.0750	83.03	

Elaboración: Propia

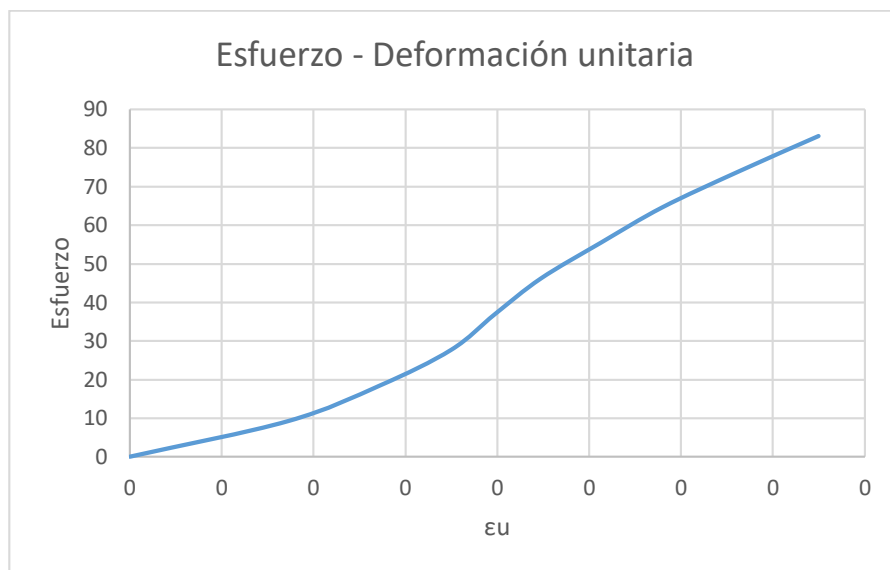


Figura 55. Deformación de celda compuesta probeta N° 24

Tabla 61.

Ensayo de deformación de celda compuesta sin relleno probeta N° 21

PROBETA N° 21 SIN RELLENO					
		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	27.10
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	250	0.12	0.0030	9.23	
3	500	0.30	0.0075	18.45	
4	750	0.47	0.0118	27.68	
5	1000	0.64	0.0160	36.90	
6	1250	0.81	0.0203	46.13	
7	1500	0.99	0.0248	55.35	
8	1750	1.09	0.0273	64.58	
9	2000	1.26	0.0315	73.80	
10	2250	1.42	0.0355	83.03	
11	2500	1.63	0.0408	92.25	
12	2750	2.28	0.0570	101.48	

Elaboración: Propia

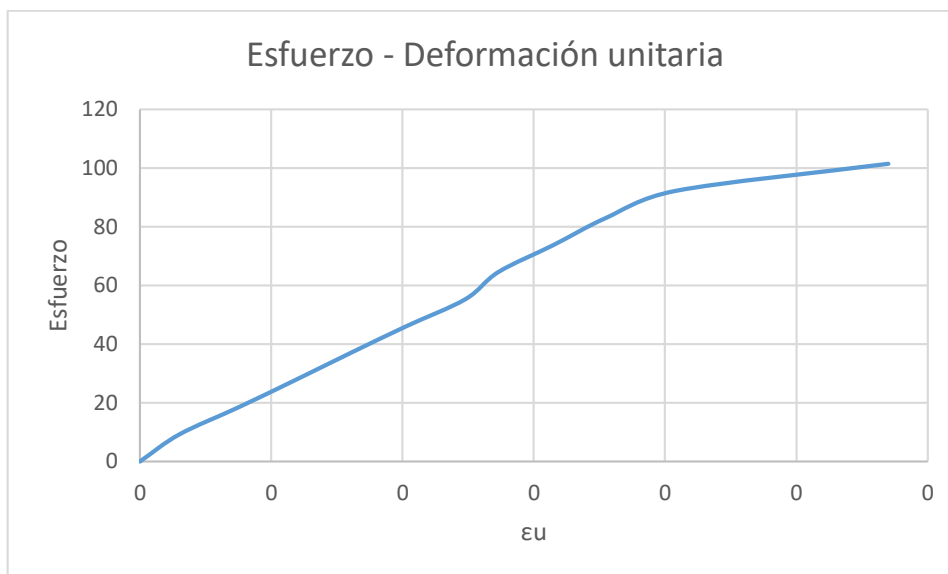


Figura 56. Deformación de celda compuesta probeta N° 21

Tabla 62.

Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 06

PROBETA N° 6 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA	DEFOR.	εU	ESFUERZO	
	kg	mm	mm	kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	5000	0.36	0.0090	29.22	
3	10000	0.76	0.0190	58.45	
4	15000	1.56	0.0390	87.67	
5	20000	2.6	0.0650	116.90	
6	25000	3.72	0.0930	146.12	
7	30000	4.84	0.1210	175.35	
8	35000	6.04	0.1510	204.57	
9	40000	7.12	0.1780	233.80	

Elaboración: Propia

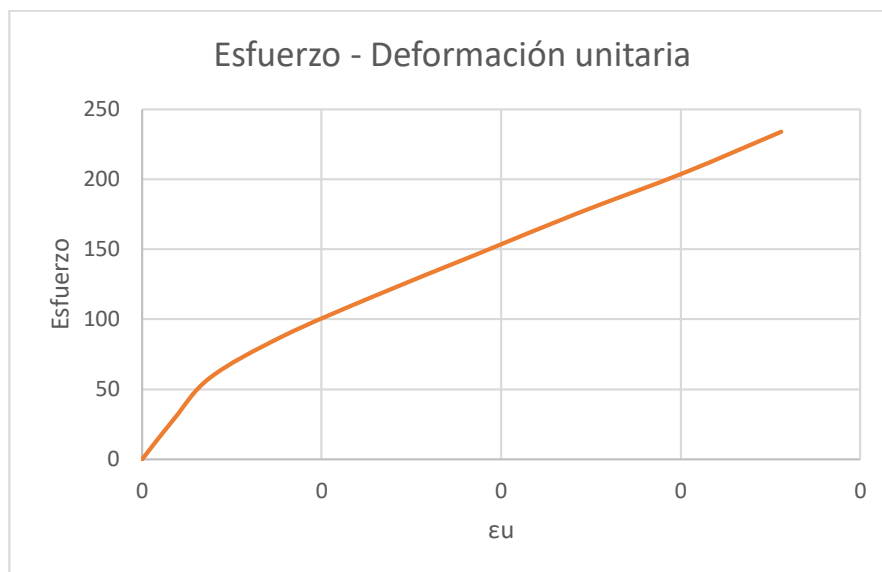


Figura 57. Deformación de celda compuesta probeta N° 06

Tabla 63.

Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 25

PROBETA N° 25 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	5000	0.39	0.0098	29.22	
3	10000	0.88	0.0220	58.45	
4	15000	1.68	0.0420	87.67	
5	20000	2.52	0.0630	116.90	
6	25000	3.44	0.0860	146.12	
7	30000	4.36	0.1090	175.35	
8	35000	5.4	0.1350	204.57	
9	40000	6.56	0.1640	233.80	
10	45000	7.64	0.1910	263.02	

Elaboración: Propia

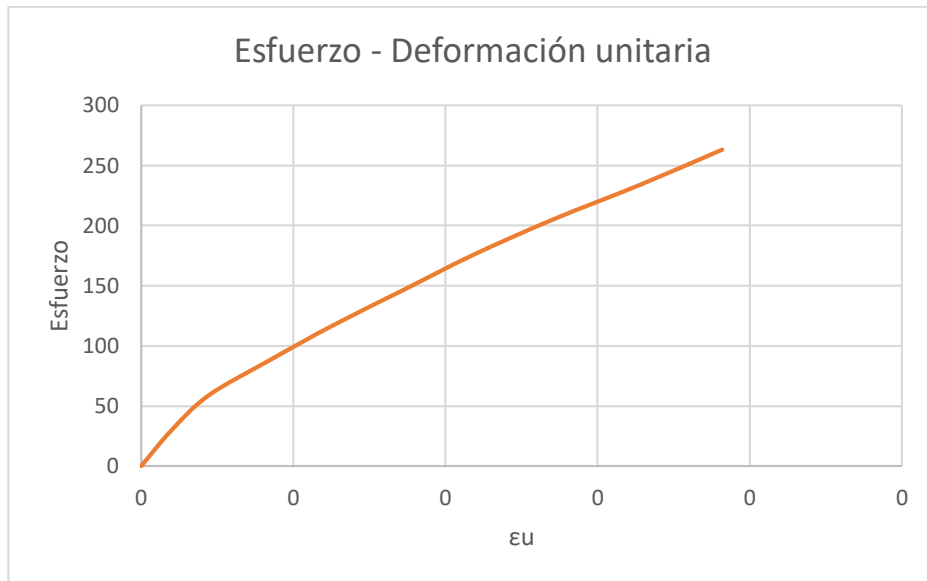


Figura 58. Deformación de celda individual compuesta N° 25

Tabla 64.

Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 07

PROBETA N° 7 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	5000	1.12	0.0280	29.22	
3	10000	2.00	0.0500	58.45	
4	15000	2.92	0.0730	87.67	
5	20000	3.9	0.0975	116.90	
6	25000	4.81	0.1203	146.12	
7	30000	5.62	0.1405	175.35	
8	35000	6.48	0.1620	204.57	
9	40000	7.39	0.1848	233.80	
10	45000	8.35	0.2088	263.02	
11	50000	9.28	0.2320	292.24	

Elaboración: Propia

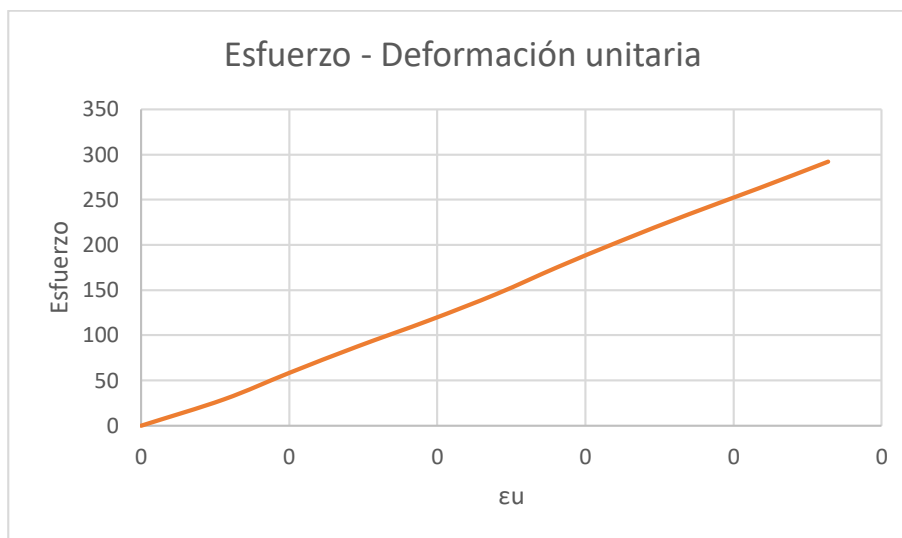


Figura 59. Deformación de celda compuesta probeta N° 07

Tabla 65.

Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 01

PROBETA N° 1 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	5000	0.44	0.0110	29.22	
3	10000	0.84	0.0210	58.45	
4	15000	1.56	0.0390	87.67	
5	20000	2.2	0.0550	116.90	
6	25000	2.92	0.0730	146.12	
7	30000	3.56	0.0890	175.35	
8	35000	4.36	0.1090	204.57	
9	40000	4.84	0.1210	233.80	
10	45000	5.8	0.1450	263.02	
11	50000	6.64	0.1660	292.24	
12	55000	7.56	0.1890	321.47	

Elaboración: Propia

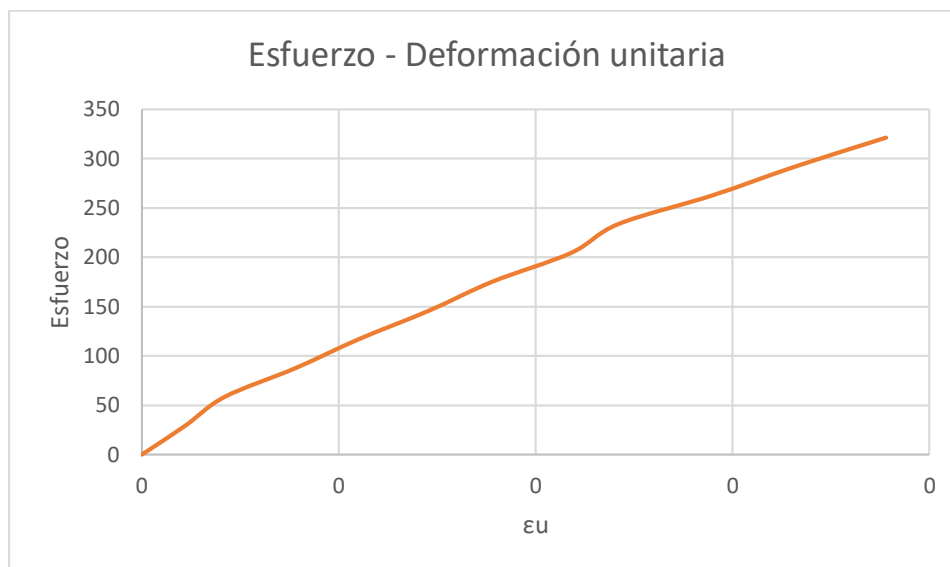


Figura 60. Deformación de celda compuesta probeta N° 01

Tabla 66.

Ensayo de deformación de celda compuesta con relleno probeta N° 05

PROBETA N° 5 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA TOTAL (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	5000	1.68	0.0420	29.22	
3	10000	2.78	0.0695	58.45	
4	15000	3.25	0.0813	87.67	
5	20000	4.95	0.1238	116.90	
6	25000	5.32	0.1330	146.12	
7	30000	6.27	0.1568	175.35	
8	35000	7.05	0.1763	204.57	
9	40000	8.66	0.2165	233.80	

Elaboración: Propia

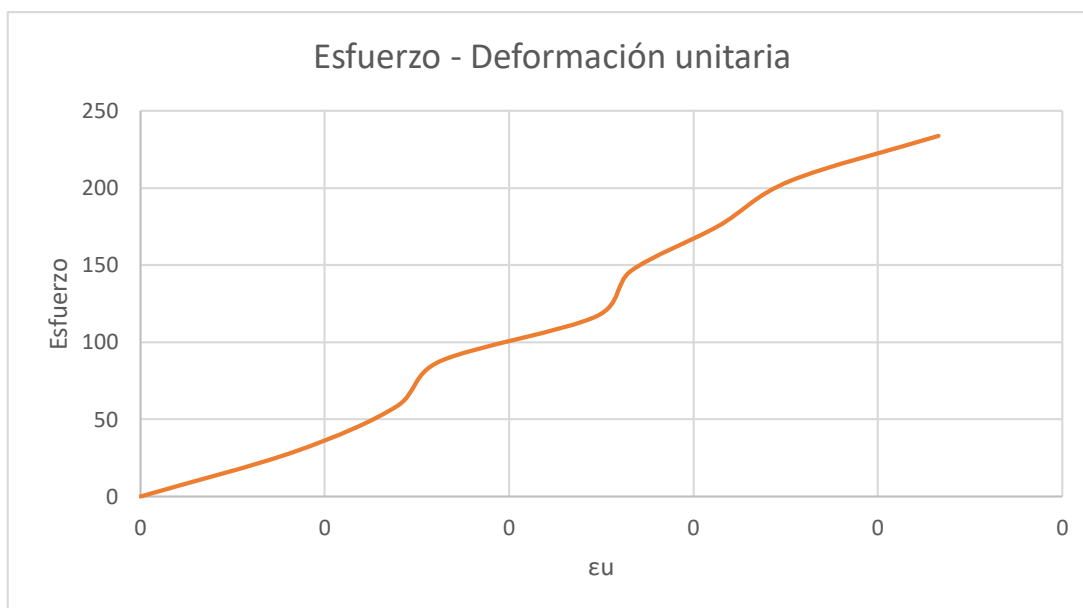


Figura 61. Deformación de celda compuesta probeta N° 05

Tabla 67.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en "x") sin relleno probeta N° 11

PROBETA N° 11 SIN RELLENO					
		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	8.80
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	100	0.41	0.0103	11.36	
3	200	0.72	0.0180	22.73	
4	300	0.89	0.0223	34.09	
5	400	1.06	0.0265	45.45	
6	500	1.30	0.0325	56.82	
7	600	1.52	0.0380	68.18	
8	700	1.74	0.0435	79.55	
9	800	2.09	0.0523	90.91	

Elaboración: Propia

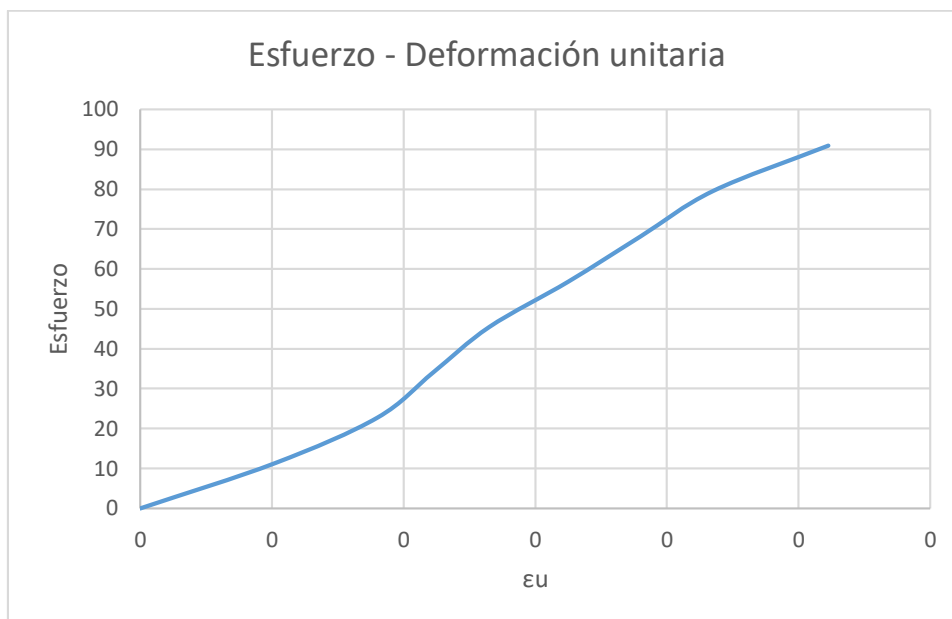


Figura 62. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 11

Tabla 68.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 12

PROBETA N° 12 SIN RELLENO		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	8.80
PTO	CARGA	DEFOR.	εU	ESFUERZO	
	kg	mm	mm	kg/cm²	
1	0	0	0	0	
2	100	0.32	0.0080	11.36	
3	200	0.59	0.0148	22.73	
4	300	0.78	0.0195	34.09	
5	400	0.93	0.0233	45.45	
6	500	1.15	0.0288	56.82	
7	600	1.49	0.0373	68.18	
8	700	1.69	0.0423	79.55	
9	800	3.47	0.0868	90.91	

Elaboración: Propia

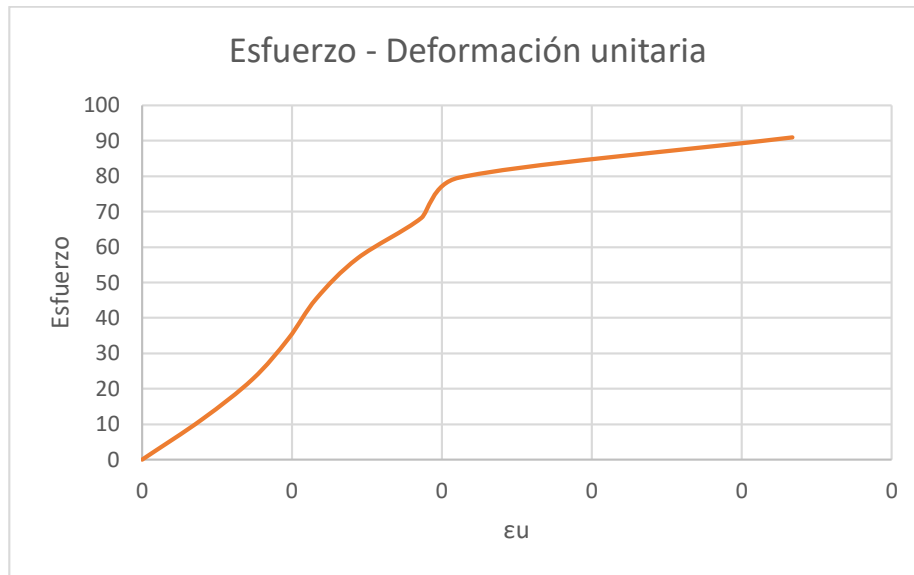


Figura 63. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 12

Tabla 69.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 13

PROBETA N° 13 SIN RELLENO		H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	8.80
PTO	CARGA kg	DEFOR. 1 mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	100	0.15	0.0038	11.36	
3	200	0.34	0.0085	22.73	
4	300	0.49	0.0123	34.09	
5	400	0.65	0.0163	45.45	
6	500	0.78	0.0195	56.82	
7	600	0.95	0.0238	68.18	
8	700	1.18	0.0295	79.55	
9	800	1.5	0.0375	90.91	
10	900	3.44	0.0860	102.27	

Elaboración: Propia

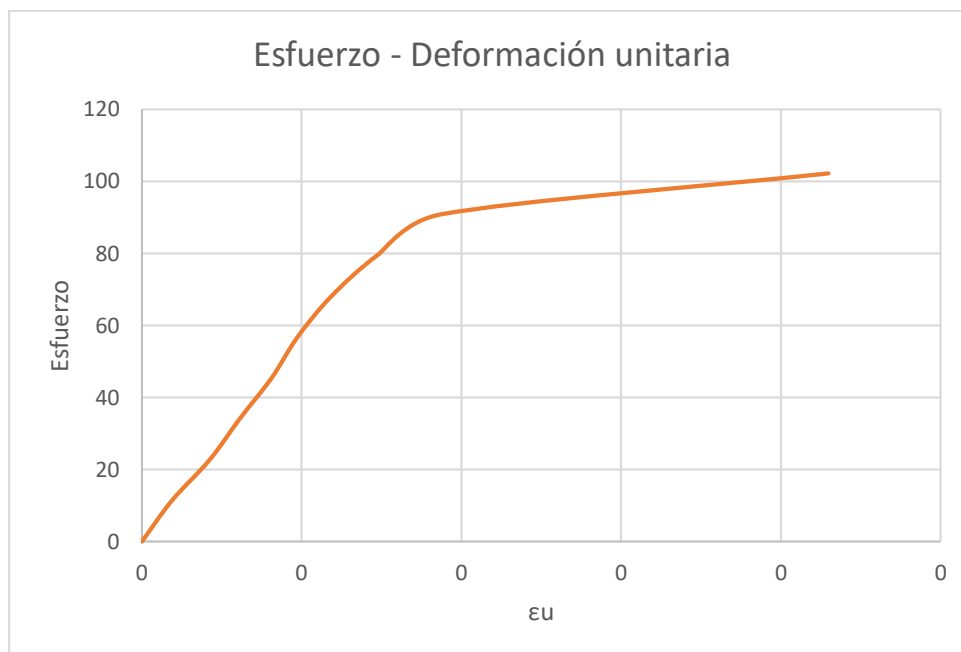


Figura 64. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 13

Tabla 70.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 14

PROBETA N° 14 SIN RELLENO				
	H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	8.80
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²
1	0	0	0	0
2	100	0.25	0.0063	11.36
3	200	0.55	0.0138	22.73
4	300	0.74	0.0185	34.09
5	400	0.91	0.0228	45.45
6	500	1.06	0.0265	56.82
7	600	1.46	0.0365	68.18
8	700	1.78	0.0445	79.55
9	800	1.95	0.0488	90.91
10	900			102.27

Elaboración: Propia

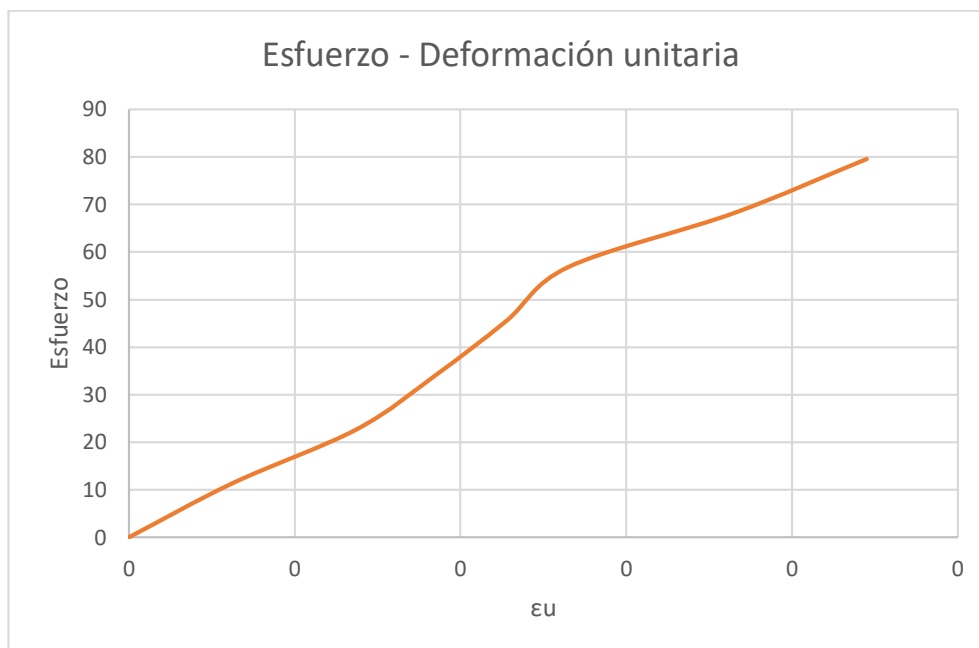


Figura 65. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 14

Tabla 71.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) sin relleno probeta N° 15

PROBETA N° 15 SIN RELLENO				
	H (mm)	40	ÁREA (cm ²)	8.80
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²
1	0	0	0	0.00
2	100	0.23	0.0058	11.36
3	200	0.55	0.0138	22.73
4	300	0.77	0.0193	34.09
5	400	0.96	0.0240	45.45
6	500	1.18	0.0295	56.82
7	600	1.42	0.0355	68.18
8	700	1.88	0.0470	79.55
9	800	2.12	0.0530	90.91

Elaboración: Propia

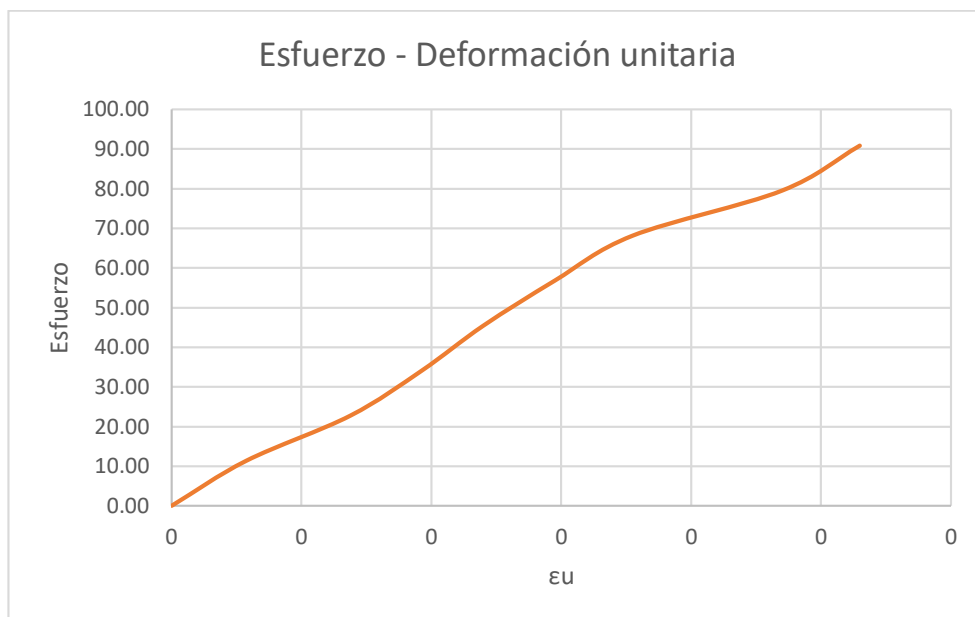


Figura 66. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 15

Tabla 72.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 21

PROBETA N° 21 CON RELLENO				H (mm)	ÁREA NETA (cm ²)
				40	80.80
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	300	0.08	0.0020	3.71	
3	600	0.24	0.0060	7.43	
4	900	0.74	0.0185	11.14	
5	1200	1.17	0.0292	14.85	
6	1500	1.50	0.0375	18.56	
7	1800	1.87	0.0467	22.28	
8	2100	2.18	0.0545	25.99	
9	2400	2.47	0.0617	29.70	
10	2700	2.83	0.0707	33.42	
11	3000	3.14	0.0785	37.13	
12	3300	3.55	0.0887	40.84	
13	3600	4.13	0.1032	44.55	
14	3900	4.55	0.1137	48.27	
15	4200	5.55	0.1387	51.98	

Elaboración: Propia

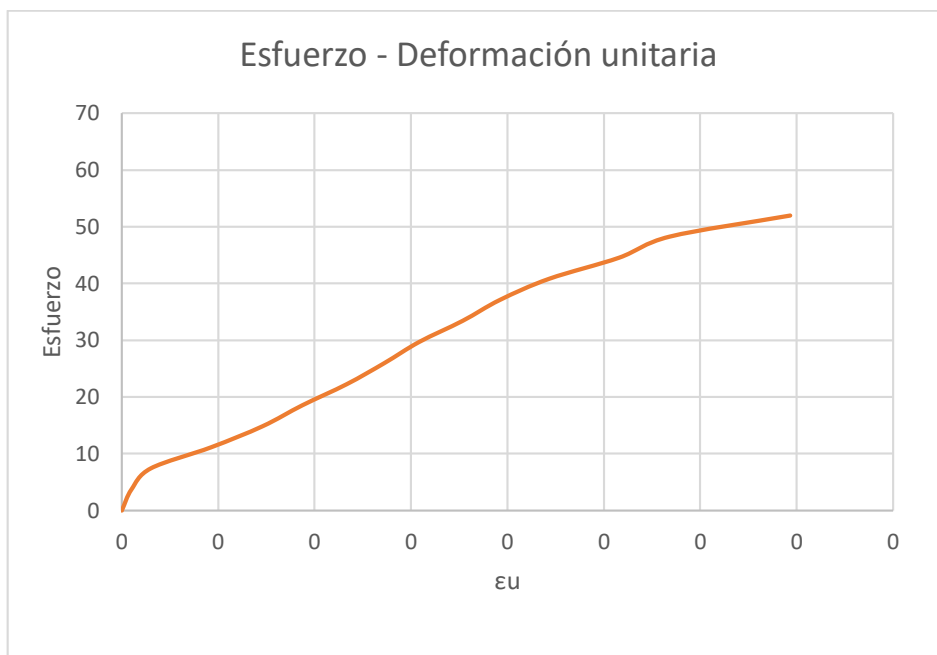


Figura 67. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 21

Tabla 73.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 22

				ÁREA NETA (cm ²)	
PROBETA N° 22 CON RELLENO			H (mm)	40	80.80
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	300	0.41	0.0103	3.71	
3	600	0.85	0.0212	7.43	
4	900	1.30	0.0325	11.14	
5	1200	1.62	0.0405	14.85	
6	1500	1.91	0.0477	18.56	
7	1800	2.25	0.0562	22.28	
8	2100	2.69	0.0672	25.99	
9	2400	3.33	0.0832	29.70	

Elaboración: Propia

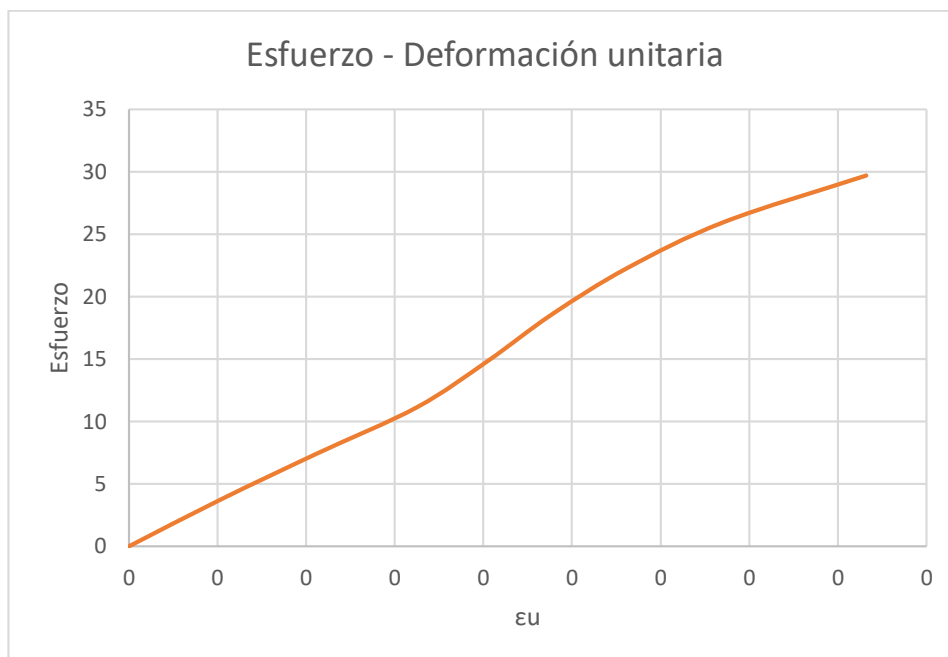


Figura 68. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 22

Tabla 74.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 23

				ÁREA NETA (cm ²)	
PROBETA N° 23 CON RELLENO			H (mm)	40	80.80
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εU mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	300	0.47	0.0118	3.71	
3	600	0.88	0.0220	7.43	
4	900	1.41	0.0352	11.14	
5	1200	1.79	0.0447	14.85	
6	1500	2.08	0.0520	18.56	
7	1800	2.38	0.0595	22.28	
8	2100	2.70	0.0675	25.99	
9	2400	3.04	0.0760	29.70	
10	2700	3.47	0.0867	33.42	
11	3000	4.14	0.1035	37.13	

Elaboración: Propia

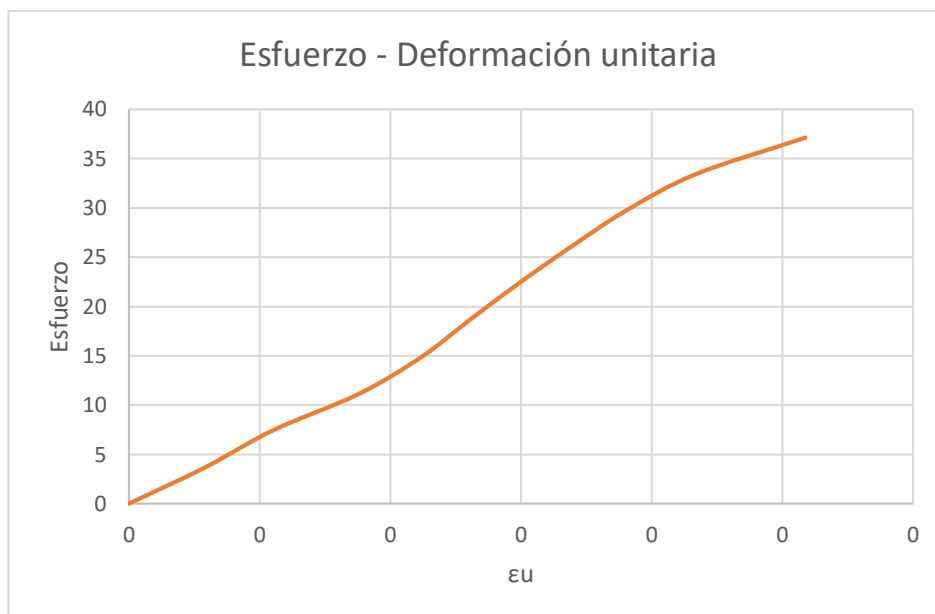


Figura 69. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 23

Tabla 75.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 24

PROBETA N° 24 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA NETA (cm ²)
PTO	CARGA kg	DEFOR. mm	εu mm	ESFUERZO kg/cm ²	
1	0	0	0	0	
2	300	0.55	0.0138	3.71	
3	600	0.97	0.0243	7.43	
4	900	1.76	0.0440	11.14	
5	1200	2.28	0.0570	14.85	
6	1500	2.69	0.0673	18.56	
7	1800	3.01	0.0753	22.28	
8	2100	3.33	0.0833	25.99	
9	2400	3.79	0.0948	29.70	
10	2700	4.47	0.1118	33.42	

Elaboración: Propia

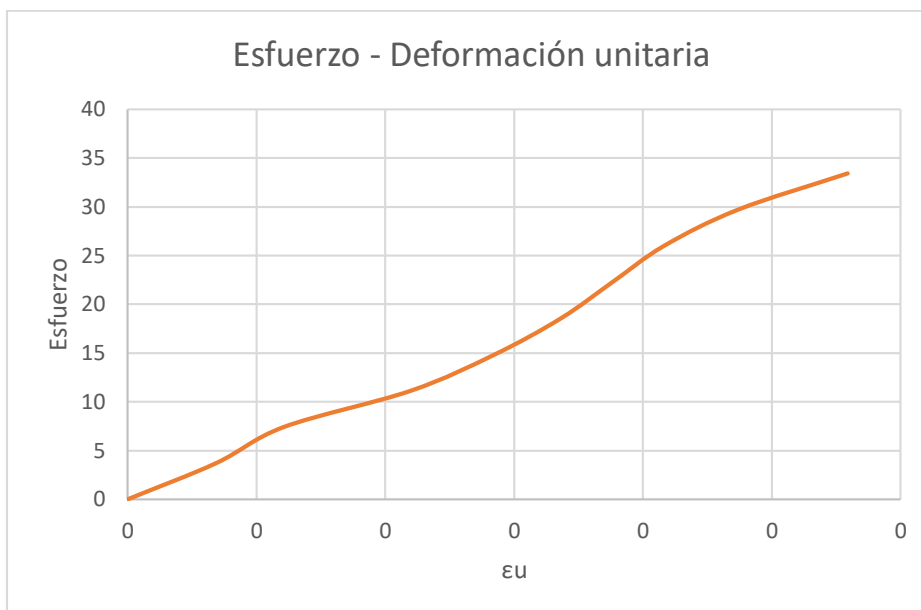


Figura 70. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 24

Tabla 76.

Ensayo de deformación de celda sin borde (en “x”) con relleno probeta N° 25

PROBETA N° 25 CON RELLENO			H (mm)	40	ÁREA NETA (cm ²)	80.80
PTO	CARGA	DEFOR.	εU	ESFUERZO		
	kg	mm	mm	kg/cm²		
1	0	0	0	0		
2	300	0.64	0.0160	3.71		
3	600	1.09	0.0273	7.43		
4	900	1.47	0.0368	11.14		
5	1200	1.71	0.0428	14.85		
6	1500	1.94	0.0485	18.56		
7	1800	2.21	0.0553	22.28		
8	2100	2.50	0.0625	25.99		
9	2400	2.97	0.0743	29.70		
10	2700	3.81	0.0953	33.42		

Elaboración: Propia

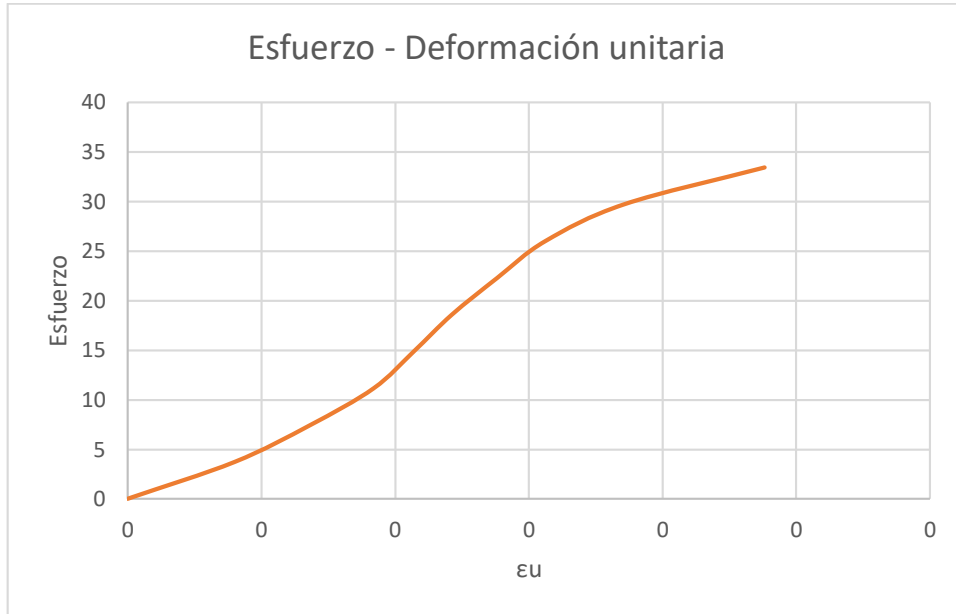


Figura 71. Deformación de celda sin borde (en “x”) probeta N° 25

ANEXO n.º 3. Certificado de ensayos en laboratorios

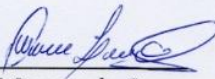


CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que los Sres. Martín Eduardo Lázaro Linarez y Luisa Stephanie Telles Córdova, identificados con D.N.I N° 46745403 y 70919803 respectivamente, han realizado los ensayos de compresión y deformación del material Diamond Grid, en las instalaciones del *Laboratorio de Concreto* de esta universidad, requeridos para la tesis *"Influencia del sistema Diamond Grid en el mejoramiento de la resistencia a la compresión en un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018"*; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud de los interesados, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 26 de junio del 2019



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

ANEXO n.º 4. Panel fotográfico



Figura 72. Clasificación de probetas según tipo de diseño



Figura 73. Codificación de probetas



Figura 74. Medición de probetas



Figura 75. Probetas de celda sin bordes (en "x") con relleno



Figura 76. Ensayo de esfuerzo de celda compuesta sin relleno



Figura 77. Probetas de celda individual y compuesta antes de realizar el capping



Figura 78. Realizando capping a probetas con relleno

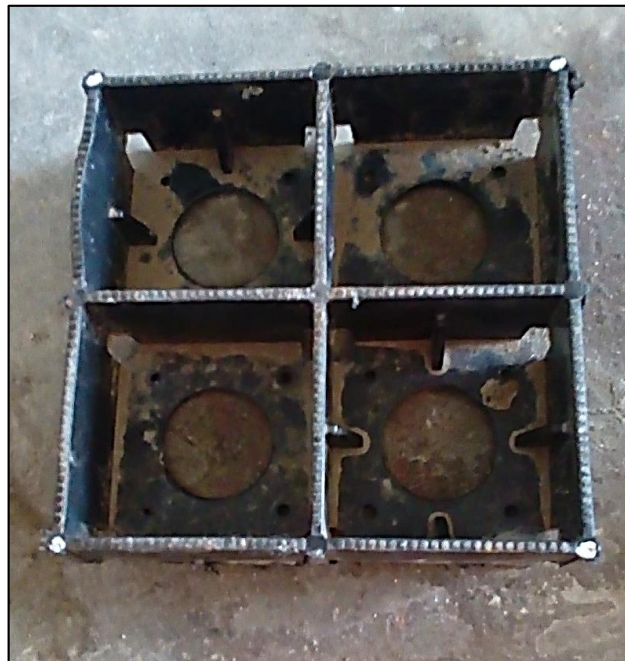


Figura 79. Probeta de celda compuesta sin relleno después de ensayo de deformación



Figura 80. Probeta de celda compuesta con relleno en ensayo de deformación



Figura 81. Probeta de celda sin bordes (en "x") con relleno en ensayo de deformación



Figura 82. Probetas patrón después de ensayo de resistencia a la compresión