

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE PAVIMENTOS  
COMPUESTOS CON DIAMOND GRID PARA EL  
MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO  
PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO,  
DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ.**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LLERENA DE LOS RIOS, PAOLA ANTUANET**

**ASESOR: Ing. CARLOS ALBERTO HUERTA CAMPOS**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mis padres, por haberme enseñado el valor humano fundamental de la perseverancia, todos mis logros son gracias a ustedes. A mis hermanos por todo su apoyo incondicional y a mis amigos que me acompañaron en esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por darme la oportunidad de lograr culminar mis estudios en la universidad Ricardo Palma y haber sido quienes siempre confiaron en mí, acompañándome en este camino tan importante para mi vida.

De igual manera, agradezco a mis hermanos quienes en todo momento me ayudaron siendo esa contención que necesite día a día.

También agradecer a mis maestros, quienes me guiaron continuamente en mi camino profesional, siendo una herramienta fundamental.

Finalmente, a mis amistades que desinteresadamente me ayudaron dándome un aliento cuando más lo necesite.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	2
1.1.1. Problema general.....	3
1.1.2. Problemas específicos.....	3
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.1. Objetivo general .....	4
1.2.2. Objetivos específicos .....	4
1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	4
1.4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1. MARCO HISTÓRICO.....	6
2.1.1. A nivel internacional .....	6
2.1.2. A nivel nacional .....	9
2.2. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL TEMA .....	13
2.3. ESTRUCTURA TEÓRICA Y CIENTÍFICA QUE SUSTENTA EL ESTUDIO.....	15
2.3.1. Pavimentos .....	15
2.3.2. Estructura del pavimento .....	17
2.3.3. Diseño de pavimentos .....	19
2.3.4. Losas de concreto .....	21
2.3.5. Agregados del concreto.....	21
2.3.6. Requisitos de trabajabilidad.....	23
2.3.7. Normas aplicables.....	24
2.3.8. Definición de geosintéticos.....	25
2.3.9. Geomallas (Diamond Grid) .....	28
2.3.10. Metodología utilizada para instalación de las losas de concreto con Diamond Grid .....	31
2.3.11. Costos de construcción.....	42
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	42
<b>CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>45</b>
3.1. HIPÓTESIS .....	45
3.1.1. Hipótesis principal.....	45
3.1.2. Hipótesis secundarias .....	45
3.2. VARIABLES.....	46
3.2.1. Variable independiente.....	46
3.2.2. Variable dependiente.....	46
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	47

<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>48</b>
4.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	48
4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	48
4.3. DISEÑO MUESTRAL .....	48
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
4.5. PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	50
4.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	50
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>52</b>
5.1. PREPARAR LAS LOSETAS DE CONCRETO DE PRUEBA DEL NUEVO SISTEMA DE PAVIMENTOS COMPUESTOS CON DIAMOND GRID .....	52
5.2. DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS PROBETAS DE CONCRETO DE PRUEBA DEL NUEVO SISTEMA DE PAVIMENTOS COMPUESTOS CON DIAMOND GRID .....	57
5.3. EVALUAR LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE PAVIMENTOS COMPUESTOS CON DIAMOND GRID .	66
5.4. MONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	71
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN .....</b>	<b>75</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Operacionalización de las variables.....	47
Tabla N°2. Diseño muestral. ....	49
Tabla N°3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades. ....	58
Tabla N°4. Resistencia a la compresión promedio del concreto sin el compuesto. ....	58
Tabla N°5. Resultados de los ensayos a compresión a la flexión del concreto a diferentes edades sin el compuesto. ....	60
Tabla N°6. Resistencia a la flexión promedio del concreto sin el compuesto. ....	60
Tabla N°7. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades con el compuesto Diamond Grid. ....	62
Tabla N°8. Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades con el compuesto Diamond Grid. ....	62
Tabla N°9. Resultados de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto a diferentes edades con el compuesto Diamond Grid. ....	64
Tabla N°10. Resistencia a la flexión del compuesto Diamond Grid. ....	64
Tabla N°11. Presupuesto para el movimiento de tierras y colocación de sistema Diamond Grid en el Centro Portuario Tramarsa. ....	67
Tabla N°12. Flujo económico (soles) proyectado a 5 años de ejercicio. ....	69
Tabla N°13. Factibilidad económica para el proyecto de colocación de una losa de concreto armado con el sistema Diamond Grid para el Centro Portuario Tramarsa. ....	69
Tabla N°14. Análisis de mantenimiento Preventivo para Pavimento Flexible y para Pavimento compuesto con Diamond Grid. ....	70
Tabla N°15. Estadística descriptiva de la prueba de muestra única para la resistencia a la compresión de los concreto convencional y compuesto Diamond Grid. ....	71
Tabla N°16. Estadística descriptiva de la prueba de muestra única para la resistencia a la flexión de los concreto convencional y compuesto Diamond Grid. ....	71
Tabla N°17. Comparación de medias de la resistencia a la compresión del concreto convencional y compuesto Diamond Grid. ....	72
Tabla N°18. Comparación de medias de la resistencia a la flexión del concreto convencional y compuesto Diamond Grid. ....	73
Tabla N°19. Índice de rugosidad internacional para tres tramos. ....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Requisitos mínimos para diferentes tipos de pavimentos.....	15
Figura 2. Tipos y conformación de los pavimentos flexibles y rígidos.....	17
Figura 3. Proceso de separación.....	26
Figura 4. Proceso de refuerzo.....	26
Figura 5. Proceso de filtración.....	27
Figura 6. Proceso de drenaje planar.....	27
Figura 7. Proceso de barrera impermeable.....	28
Figura 8: Diagrama de celda de cuadrícula de diamante.....	29
Figura 9: Disposición del clip.....	29
Figura 10. Geomalla Diamond Grid.....	30
Figura 11. Colocación de la geomalla Diamond Grid.....	36
Figura 12. Colocación de la geomalla Diamond Grid.....	37
Figure 13. Compactación de la geomalla Diamond Grid.....	37
Figura 14. Planchado compactador del sistema concreto-Diamond Grid.....	38
Figura 15. Consolidar la superficie con la ayuda de la alisadora.....	39
Figura 16. Aplicación del curado químico.....	40
Figura 17. Verificación de acabado de la losa con el sistema Diamond Grid.....	40
Figura 18. Compactación del suelo.....	52
Figura 19. Compactado de Sistema Diamond Grid.....	53
Figura 20. Elaboración de probetas.....	54
Figura 21. Probetas de Diamond Grid con concreto.....	55
Figura 22. Probetas de Diamond Grid con concreto.....	55
Figura 23. Vibrado de concreto.....	56
Figura 24. Vibrado de concreto.....	57
Figure 25. Ensayos a la compresión de concreto.....	59
Figure 26. Ensayos a la compresión de concreto.....	61
Figure 27. Compresión de Probetas de Concreto con Diamond Grid.....	63
Figura 28. Compresión a la Flexión de Probetas de Concreto con Diamond Grid.....	65
Figura 29. Compresión de Probetas de Concreto con Diamond Grid.....	65

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general implementar el nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú. La metodología aplicada fue de tipo cuantitativa, con un nivel descriptivo, además de un diseño experimental, se tuvo un diseño muestral de 18 especímenes sin geomallas triaxiales Diamond Gris y 18 especímenes con geomallas triaxiales Diamond Grid, se le aplicó como instrumento de recolección de datos: la ficha de registro, para los procedimientos de recolección de datos se emplearon las normas NTP 330.114 y NTP 339.183, se le aplicó estadísticas descriptivas determinando las medias por edades de la resistencia a la compresión y a la flexión, luego se realizó una comparación de medias para evidenciar la existencia de diferencias significativa. Como resultados se obtuvo que el concreto sin la geomalla Diamond Grid alcanzó su máxima resistencia a la compresión promedio a los 14 días con un valor de  $135.00 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que la máxima resistencia a la flexión promedio se alcanzó a los 14 días y fue de  $295.18 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que al evaluar el concreto con la geomalla Diamond Grid se obtuvo que la mayor resistencia a la compresión promedio fue a los 14 días con un valor de  $556.67 \text{ kg/cm}^2$  y la mayor resistencia a la flexión promedio fue a los 14 días con un valor de  $3010.79 \text{ kg/cm}^2$ , se obtuvo que las diferencias entre las medias son significativas para ambas pruebas. Por otro lado, el costo total de inversión fue de S/. 117,520.92, se obtuvo un VAN igual a S/. 199,955.59, una TIR de 58% y un tiempo de retorno de la inversión de 1.36 años. Se concluye que el sistema de geomallas triaxiales Diamond Grid mejora significativamente la resistencia a la compresión y a la flexión del pavimento, además se considera que el proyecto es económicamente factible.

*Palabras claves:* Pavimento, resistencia, compresión, flexión, Diamond Grid.

## ABSTRACT

The general objective of this research work was to implement the new system of composite pavements with Diamond Grid for the maintenance of deteriorated roads in the Tramarsa Port Center in the city of Ilo, Department of Moquegua, Peru. The methodology applied was of quantitative type, with a descriptive level, besides an experimental design, it was had a sample design of 18 specimens without triaxial Diamond Grid geogrids and 18 specimens with triaxial Diamond Grid geogrids, it was applied as an instrument of data collection: the registry card, for the procedures of data collection the NTP 330 norms were used. 114 and NTP 339.183, descriptive statistics were applied to it, determining the means by age of the compressive and bending strength, then a comparison of means was made to evidence the existence of significant differences. As a result, concrete without Diamond Grid Geogrid reached its maximum average compressive strength at 14 days with a value of 135.00 kg/cm<sup>2</sup>, while the maximum average flexural strength was reached at 14 days and was 295.18 kg/cm<sup>2</sup>, while evaluating concrete with Diamond Grid geogrid it was obtained that the highest average compressive strength was at 14 days with a value of 556.67 kg/cm<sup>2</sup> and the highest average flexural strength was at 14 days with a value of 3010.79 kg/cm<sup>2</sup>, it was obtained that the differences between the averages are significant for both tests. On the other hand, the total investment cost was S/. 117,520.92, a NPV equal to S/. 199,955.59 was obtained, an IRR of 58% and a return of investment time of 1.36 years. It is concluded that the Diamond Grid triaxial geogrid system significantly improves the compressive and bending strength of the pavement, and it is also considered that the project is economically feasible.

*Keywords:* Pavement, resistance, compression, bending, Diamond Grid.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú existe una gran demanda por la ocupación de espacios rurales, no urbanizados, para el desarrollo de proyectos de construcción de diversas estructuras. En el caso de las vías pavimentadas, estas no sólo sirven como proyectos, sino de por sí son necesarias para dar acceso al transporte de materiales y recursos de otros proyectos de construcción, por lo que su desarrollo y mantenimiento óptimo son de gran importancia.

En el campo de la ingeniería civil, se está en constante búsqueda de la mejora de los procesos actuales, a través de la inserción de tecnologías que se combinen con materiales que tengan propiedades físicas y mecánicas que permitan otorgarle mayor calidad a las obras civiles de manera eficiente y eficaz.

Bajo este precepto, una de las obras civiles que ha tenido mayor foco de atención por investigadores y expertos en el área, ha sido el proceso de elaboración de concretos con propiedades cada vez más exigentes en cuanto a parámetros importantes como la resistencia a la compresión y flexión, así como la permeabilidad y porosidad de estos.

Esto va de la mano con el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías que permitan crear vías con mayor calidad. Una de estas tecnologías son las geoceldas, las cuales forman parte de un 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 puede alcanzarse utilizando sistemas como el Diamond Grid. Con la aplicación del sistema de rejillas de geoceldas, las vías pueden tener una superficie firme, pareja y con buen drenaje (Diamond Grid, 2019).

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS**

Es preciso mencionar que, a nivel mundial, se ha distinguido el concreto permeable como una opción altamente viable para obras de pavimentación de carreteras, autopistas y zonas de aparcamiento, tanto a nivel metropolitano como a nivel urbanístico. Esto, motivado a que el mismo posee características que favorecen la escorrentía de aguas y proveen seguridad a los conductores, puesto que evitan eventos como el “hidroplaneo” de los vehículos.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos por emplear concretos permeables para mejorar las obras civiles, se ha evidenciado nuevos estudios en donde se realiza un análisis del futuro de los concretos flexibles en cuanto a las tecnologías empleadas para su implementación, que a pesar de que el proceso de elaboración de los concretos permeables es similar al del concreto convencional, la diferencia reside en la adición de agregados finos y gruesos, así como el contenido de vacíos, los cuales son parámetros claves para permitir que exista la porosidad en los concretos (Pólito, 2015).

Estas mezclas, cuyo principal objetivo es garantizar la permeabilidad y porosidad, en ocasiones, por falta de personal capacitado en el proceso de elaboración, no presentan las características físicas-mecánicas esperadas. Por lo cual, se ha introducido el uso de materiales como polímeros para mejorar propiedades como resistencia a la compresión y módulos de ruptura (Pólito, 2015).

Es así como, el proceso de elaboración de concreto ha introducido técnicas que van desde adición de tiras de polipropileno hasta el uso de geomallas fabricadas a base de materiales de polímeros (Córdova, 2018).

En cuanto a esto, las geomallas han resultado ser una de las opciones más viables en términos reducción de los recursos empleados para procesos de construcción de losas de concreto, dado que las mismas están fabricadas para el fácil acople en diversos tipos de terrenos de manera rápida y eficaz, además de ser altamente flexibles más no deformables, lo que le confiere otra ventaja sobre cualquier otro método convencional de pavimentación de vías (Diamond Grid, 2019).

Las geomallas Diamond Grid han sido altamente aceptadas en la industria civil, minera y en la agroindustria en general, puesto que las mismas pueden emplearse para construcción de senderos mineros, pistas de aterrizaje, boxes de caballerizas, camino de tránsito pesado, entre muchas otras aplicaciones (Diamond Grid, 2019).

Es por ello que, en base las consideraciones mencionado, el propósito de este estudio será el de implementar el nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.

#### 1.1.1. Problema general

¿De qué manera se puede implementar el nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?

#### 1.1.2. Problemas específicos

¿Cómo es la preparación de las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?

¿De qué forma se determinarán las propiedades físico-mecánicas de las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?

¿Cómo se podría evaluar la viabilidad económica de la implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?

## 1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1. Objetivo general

Implementar el nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Preparar las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.

Determinar las propiedades mecánicas de las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.

Evaluar la viabilidad económica de la implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.

## 1.3. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Este trabajo de investigación pretende demostrar la efectividad en la implementación de geomallas de tipo Diamond Grid para la fabricación de losas de concreto que posean características físico-mecánicas adecuadas en términos de durabilidad, bajo mantenimiento y bajos costos de instalación. Esto, para proporcionar información relevante que sirva como aporte a la industria de construcción, la cual busca constantemente de tecnologías nuevas de innovación que agilicen actividades como el mantenimiento de vías de pavimento deterioradas. También cabe destacar que, con los conocimientos plasmados en esta investigación, servirán como aportes a futuros trabajos que se desarrollen bajo esta misma línea investigativa en mejora de las propiedades del concreto.

Asimismo, este trabajo busca ampliar los conocimientos que se tienen sobre esta nueva tecnología (Diamond Grid). Haciendo uso de geomallas, se podrá determinar el beneficio de este tipo de concretos porosos en proyectos de pavimentación y mantenimiento de vías y de esta manera, proponer el mejor método de instalación de estos. Esto no solo permitirá ampliar la batería de conocimientos sobre este tipo de procedimientos, sino que también permite asegurar la calidad y efectividad en la implementación, que a su vez se traduzca en ahorros económicos. Del mismo modo, las geomallas Diamond Grid proporcionan estabilidad al terreno en el cual sean instalados, dado su origen de polímero, lo que le confiere alta resistencia a la deformación.

#### 1.4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Una de las limitaciones de este estudio debe ser las condiciones climáticas, que influyen de manera constante en los proyectos de construcción. Ya que puede afectar el costo a determinar de la obra, en el transporte de materiales y el buen desarrollo de las actividades en general.

De igual forma, el estudio será llevado a cabo de manera experimental y se limitará solo a determinar las propiedades físico-mecánicas de las losetas de concreto elaboradas con geomalla Diamond Grid, para posteriormente realizar la evaluación económica y proceder a realizar las comparaciones pertinentes con respecto a instalaciones de concreto convencional.

En ese sentido, este estudio también estará limitado a proponer el método instalación adecuado de concreto con Diamond Grid en términos de rellenos y especificaciones técnicas para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.

Una de las ventajas de las geoceldas es que brindan altas resistencias, siendo una opción estable para suelos irregulares. Además, es un producto es reutilizable y reubicable en caso de que se tengan que realizar cambios en el diseño a medida del avance del proyecto. Con esto también se espera optimizar los tiempos de trabajo.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. MARCO HISTÓRICO

#### 2.1.1. A nivel internacional

Alayon y Olivos (2019), en su trabajo de investigación, titulado “Evaluación del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica tipo MD-12 usando geosintéticos”, en la Universidad Católica de Colombia, tuvo como objetivo la evaluación de factores como el desempeño en el refuerzo de estructura de un pavimento flexible, así como la influencia del relleno granular en las capas de pavimento con geosintético tipo *Fortgrid Asphalt 70*, (geomalla biaxial). El tipo de investigación fue cuantitativa – de campo, bajo un diseño experimental. La muestra recolectada consistió en placas de pavimento con esta geomalla para su posterior análisis en el laboratorio. Con respecto a los ensayos practicados en las briquetas y placas de concreto asfáltico, se realizó la dureza y granulometría para la caracterización mecánica de las muestras, siguiendo el protocolo establecido en las normas AASHTO y USCS; y ensayos de Marshall, peso aire, peso H<sub>2</sub>O y S.S.S para la caracterización física. Los resultados obtenidos arrojaron valores de desgaste de 32%, una resistencia mecánica por el método de 10% de finos igual a 105 kN y 85% de relación húmedo/seco. Asimismo, la durabilidad fue de 16% y la gradación al 200% fue de 6.4. Partiendo de estos resultados, este trabajo concluye con que el uso de geomallas en las mezclas de pavimento, a pesar de tener costos elevados, garantizan la vida útil del pavimento, puesto que le confieren propiedades mecánicas elevadas, como mayor control de la fatiga.

Almendarez y Reyes (2017), en su artículo científico, titulado “Diseño de pavimentos flexibles con refuerzo de geomalla triaxial utilizando la metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras”, para la revista LACCEI, Honduras; tuvo como propósito la presentación para emplear una metodología de diseño adecuado para el uso de geomallas triaxiales, de acuerdo con sus especificaciones y procedimientos de construcción. En el procedimiento llevado a cabo, empleando una malla triaxial TriAx de Tensar, fue el Giroud-Han, el mismo considera parámetros como la geometría de la estructura sin pavimento, el tráfico,

ejes y cargas, profundidad de la huella y criterios de servicio y las propiedades del material de la capa base (0.10 m) para proceder al trabajo constructivo, el cual hace énfasis en la determinación del traslape de 30 cm como mínimo, según el CPR. En cuanto a los resultados, en donde se comparó una base ~~sin~~ pavimento con geomalla triaxial y otro sin el refuerzo, el método Giroud-Han muestra una reducción considerable de la capa granular al emplear la geomalla triaxial, reduciéndola en un 60 % en su espesor. Estos valores se traducen en un ahorro económico importante. Sin embargo, se recomienda validar estos resultados con análisis en laboratorios, dado que cada diseño depende de las características inherentes de los suelos, así como las cargas que éste soporte y el tipo de geomalla a implementar.

Tapia et al. (2017), en su artículo científico, titulado “Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de Chanduy – Aguas verdes – Pocito (ABSC. 2+900 hasta ABSC. 3+600)”, para la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador; tuvo como objetivo la presentación de un diseño de pavimento empleando geomallas biaxiales para mostrar su ventaja económica con respecto a los métodos convencionales. La metodología del trabajo fue de campo y descriptiva. Para los ensayos de módulo de resiliencia (CBR = 1500), espesor de las capas (12 mm) y otros ensayos, provinieron de las normas GRID-GG2-87, American Society of Testing Materials (ASTM) D5732-95, ASTM D5818, ASTM D6637, EPA 9090 de la norma americana. Mientras que, por otra parte, el método de diseño del pavimento se rigió en lo establecido en la Guía de Pavimentos Flexibles de la AASHTO. En los resultados de este análisis, se obtuvo valores de resistencia de la subrasantes (CBR) iguales a 1%, 3% y 8%; mientras que no hubo diferencia de espesor para la carpeta asfáltica, sin embargo, si las hubo para la capa de base y capa sub-base con un porcentaje iguales a 44,44% y 14,53% respectivamente; también, se presentó la ventaja económica del diseño de pavimentos sin geomalla, cuya estructura comprende costos de la carpeta asfáltica, capa de base y capa de subbase, en un total de \$180.301,66; mientras que el diseño de pavimentos con geomalla resultó ser de \$164.804,64, siendo el

costo la geomalla de \$16.445,10. Asimismo, se concluye mencionando que el empleo de subrasantes con geomallas aumenta la resistencia del pavimento flexible y representa un ahorro en recursos como materia prima, mano de obra y tiempo de transporte, tendido y compactado del material.

Bustamante (2016), en su trabajo de maestría, titulado “Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil”, en la Universidad de Cuenca, Ecuador; tuvo por objetivo la determinación del nivel de resistencia de manera simultánea al usar un geotextil y una geomalla biaxial en la capa subrasante del pavimento para reforzar su estructura. La metodología fue de campo y experimental, en donde se recolectó una muestra de suelo durante la etapa de excavación a 1 m de profundidad desde la capa de rodadura en la abscisa 62+115. Los ensayos físicos y mecánicos fueron adecuados a las normas de la *American Association of State Highway* (AASHTO) y la *Unified Soil Classification* (SUCS), los cuales comprendieron la determinación de parámetros como humedad natural, límite líquido, límite plástico, entre otros. Del mismo modo, se determinó el *California Bearing Ratio* (CBR) de la subrasante a 12, 25 y 55 golpes, puesto que éste determinaría el nivel de resistencia del suelo de cimentación. Los ensayos se dividieron en 4: sin reforzamiento, solo geotextil, con geotextil y geomalla y solo con geomalla. Entre los resultados observados, se obtuvo que el comportamiento de las curvas carga/deformación, mostrando una relación proporcional entre la carga aplicada y el desplazamiento resultante. Por otra parte, se concluye destacando que existe una reducción importante en el espesor de la capa de material granular adecuado a la subrasante (325.70 kg y 403.67 kg a 2.032 cm de penetración para los ensayos 3 y 4, respectivamente), lo cual confirma que no ocurren mayores cambios cuando se emplean geotextiles y geomallas simultáneamente.

Miranda y Sánchez (2015), en su trabajo de maestría, titulado “Evaluación del módulo resiliente y deformación permanente de una base granular mecánicamente estabilizada con geomalla”, en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador; el cual tuvo como objetivo la evaluación mecánica de las ventajas del uso de geomalla estructural en una base

granular, bajo ensayos de la AASHTO T-307 para el módulo resiliente y la *National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP) para la deformación permanente, así como la caracterización de la base granular comparando ambas normativas. La metodología del estudio fue de tipo cuantitativa – de campo y experimental. Luego de calcular el CBR (81.5 %) de la base granular, se realizó un análisis estadístico correlacional para el Método de Diseño Shell, Cuerpo de Ingenieros de EEUU, *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL), Consejo de Sudáfrica y Colombia; se obtuvieron varios valores de Módulo Resiliente y se procedió a establecer una media, la cual fue empleada en el cálculo del Módulo Resiliente y la deformación permanente con y sin Geomalla. En los resultados se tuvieron los siguientes valores: gravedad específica para agregado grueso (A.G) (2.42) y agregado fino (A.F) (2.40), porcentaje de abrasión (25 %), durabilidad al ataque de sulfatos para A.G (0.28) y A.F (3.74). En el mismo orden, el resultado del Módulo Resiliente (301 MPa) y del ensayo de deformación (13 mm), mostraron el uso de la geomalla en la base granular aumentaba la rigidez del pavimento, llevándolo a sufrir de una deformación a largo plazo y al aumento de la resistencia a la fatiga.

#### 2.1.2. A nivel nacional

Chávez y Odar (2019), en su trabajo de investigación, titulado “Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oryón – Ambo”, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú; la cual tuvo como objetivo general la evaluación, por medio de un análisis comparativo, de los beneficios del empleo de geomallas biaxiales y geotextiles para la estabilización de suelos arcillosos de baja plasticidad, mediante el uso de cal como agente estabilizador. El nivel de la investigación fue descriptivo, bajo un diseño experimental. La muestra recolectada consistió en la toma de tres tipos de suelos en la progresiva km 170+830 de la zona de estudio. Entre las técnicas empleadas para el análisis de la capacidad portante del terreno y el espesor de la estructura, se realizaron mediante el ensayo de

CBR y mediante la observación directa, tomando como referencia la metodología AASHTO 93 y SUCS. Los resultados obtenidos fueron el porcentaje óptimo de dosificación de cal (10 %) y el CBR del suelo (6 % - 20 %), incrementándose 7 veces más de su valor inicial, hasta alcanzar el 60 % sugerido por la norma peruana del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Asimismo, luego de aplicar la correlación entre el CBR y el Módulo Resiliente para la interacción de la subrasante (663 psi), se concluye que el uso de geomallas y geotextiles representaban una solución en el expediente técnico para la estabilización del tramo 1 la carretera Oryón – Ambo.

Ramírez (2017), en su trabajo de investigación, titulado “Análisis del terreno natural – aplicando material geosintético mejorando su resistencia para la base granular de la carretera de Yangas – Lima 2017”, en la Universidad César Vallejo, Perú; tuvo como objetivo la determinación de la relación entre el terreno natural con relación al uso de geomallas para mejorar su resistencia. La metodología fue de tipo aplicada y experimental, donde se practicaron ensayos de laboratorio basándose en la norma RNE – CE.010 para determinar el CBR adecuado como referencia. El procedimiento consistió en la colocación de las mallas biaxiales entre las capas del pavimento hasta la superficie a una altura de 2.5 cm y posteriormente practicar ensayos granulometría, así como la clasificación de acuerdo con las normas AASHTO y SUCS y la determinación de límite de consistencias físicas. Mientras que para el mejoramiento de la resistencia se ensayó la relación de soporte de california (expansión, absorción y CBR), así como el óptimo contenido de humedad y densidad del suelo. En cuanto a los resultados de la variación de expansión, se obtuvo un valor de 0.44 y de absorción de 3.4, con un contenido de humedad óptimo de 6.5 % y de densidad máxima seca de 2.267 para el pavimento con geomalla. Entre las conclusiones se destaca que, al colocar el material geosintético entre la base y la subrasante a 7.5 cm, aumentaba el CBR en comparación con el pavimento convencional sin geosintético, siendo ésta de 63.2 %.

Chura y Romero (2017), en su trabajo de investigación, titulado “Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca”, En la Universidad Peruana Unión, Perú; el cual tuvo como objetivo la estabilización de los suelos cohesivos empleando geomallas, geotextil, cal y cemento para incrementar la capacidad de resistencia y a su vez reforzar la sub-base sobre la subrasante para incrementar la capacidad de carga. La metodología del estudio fue de tipo cuantitativo, bajo un diseño experimental y comparativo. Las muestras fueron cuatro calicatas entre las progresivas km 00+000 al km 00+750, a 1.5 m de profundidad. Se midieron tres variables: Características físicas (LL, LP, IP), CBR (%), compactación de suelo (k). Las técnicas empleadas consistieron en la observación directa y el uso de hoja de datos como instrumento de recolección para la estratigrafía del suelo, granulometría, humedad óptima y densidad máxima seca. En los resultados de los análisis, se obtuvo una estabilización óptima en las calicatas 1 y 4, con un contenido de cemento de 6 % y CBR de 29.30 % para la primera y cemento de 6 % con un CBR de 44 % para la cuarta. Asimismo, la incorporación de cemento, cal y las geomallas, mostraron resultados positivos alcanzar la estabilización óptima de los suelos cohesivos.

Hinostroza (2018), en su trabajo de investigación, titulado “Diseño de un pavimento flexible reforzado con geomallas para la reducción de la estructura del pavimento”, en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú; tuvo por objetivo diseñar un pavimento flexible que mejorase la estructura del pavimento, así como demostrar los beneficios que trae el uso de geomallas como mecanismo de refuerzo de estos pavimentos. La metodología del estudio fue de tipo cuantitativo – descriptivo – explicativo, enfocándose en las normas AASHTO R-50 y especificaciones técnicas de geosintéticos para el diseño, así como se corroboró su efectividad a través del análisis de elementos finitos. Las herramientas consistieron en los Software Microsoft Excel y Plaxis. Entre las conclusiones de este trabajo se observó que, de acuerdo a su ubicación,

en este caso entre la capa base y la sub-base, la misma mejoró el confinamiento del pavimento, permitiendo la resistencia al movimiento lateral y menor deformación vertical (0.27 mm), dado que facilitaba la distribución de los esfuerzos. Por otra parte, se observó un ahorro del 0.53%, lo cual no representaba mayor diferencia con respecto a los métodos convencionales, sin embargo, esto podría ser una solución viable cuando no se cuente con material granular. Por último, se menciona que otra de las ventajas además de reforzar, también evita la contaminación de materiales granulares en la base y finos en la subrasante, lo que podría modificar el parámetro de CBR y que, para fines de construcción, la recomendación es de una capa base de 15 cm y 20 cm para la subrasante.

Núñez (2015), en su trabajo de investigación, titulado ‘‘Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos’’, en la Universidad Nacional del Altiplano, tuvo como objetivo principal la evaluación del espesor de la base y sub-base de una carretera por medio de la aplicación de geosintéticos, específicamente de una geomalla biaxial, con el propósito de caracterizar sus propiedades físico-mecánicas para optimizar variables como el costo, tiempo de ejecución, así como la evaluación de las ventajas y desventajas a largo plazo. El diseño de la investigación fue de tipo experimental y los métodos de ensayo se basaron las normas de la *American of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), *American Society of Testing Materials* (ASTM) y Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). En las principales conclusiones de este trabajo se encontró que el uso de una geomalla biaxial MacGrid EGB 40, compuesta de polipropileno, poseía características físico-mecánicas que mejoraban, de manera, considerable, las propiedades principales del concreto permeable como la resistencia a la compresión, el porcentaje de porosidad y el módulo de ruptura del material, para ser empleado en capas de rodaduras de pavimentos sobre terrenos de subrasante de *California Bearing Ratio* (CBR), donde se evidenciaron sus ensayos, a 10 cm de altura con CBR promedio de 114.87 %, mientras que para una altura de 2.5 fue de 71.47%. Asimismo, se observó que al emplear la geomalla biaxial MacGrid EBG 40, la granulometría se reducía el

espesor de 20 cm a 5 cm, lo cual reflejaba notablemente una optimización en costos de un 22.15%. Finalmente, se encontró que el uso de las geomallas biaxiales refuerza de manera notoria el concreto permeable, aumentando su resistencia a la flexión (40KN/m), método comprobable a través del ensayo de ruptura. En líneas generales, su uso representa una optimización tanto en costos como en durabilidad, puesto que se proyecta que dure 30 años luego de su implementación, a diferencia de pavimentos tradicionales, los cuales son diseñados para 20 años.

## 2.2. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL TEMA

En cuanto a suelos de tipo arcilloso, López-Lara, Hernández-Zaragoza, y Horta-Rangel (2010), señalan que la arcilla expansiva, como resultado de las fluctuaciones de humedad producto de infiltraciones, está sujeta a las posibles alteraciones del volumen. En toda construcción donde su base sea este tipo de suelos, estará expuesta a deformaciones por la expansión de la arcilla. Estos movimientos provocan grietas en muros y en el suelo en general, por lo que se buscan soluciones para reducir las variaciones de volumen de la arcilla. En este sentido, se ha utilizado poliuretano para dar solución a la problemática planteada. Uno de los resultados más importantes de la investigación antes mencionada es la expansión, las pruebas han demostrado que la mezcla de polímero de suelo muestra una reducción de expansión de aproximadamente el 40% en comparación con la expansión natural del suelo. La conclusión de este estudio es que la mezcla de pavimento y polímero no mejora las propiedades de resistencia, aspecto que no es esencial en un pavimento grande, ya que a menudo tiene una alta resistencia.

Con respecto al estudio de materiales elaborados a partir de polímeros, Sol-Sánchez, Rubio-Gámez y Moreno-Navarro (2017), estudiaron el comportamiento estructural de los conglomerados bituminosos para el revestimiento de carreteras, tomando en cuenta el costo de la ejecución y el rendimiento, además se analizó la factibilidad de la utilización de estos materiales para la rehabilitación de carreteras de tráfico medio y bajo. Los resultados mostraron que los materiales modificados con polímeros pueden ser estructural y económicamente más eficientes que los materiales no modificados y proporcionaron una solución para los diseñadores en la rehabilitación de carreteras de tráfico bajo y medio.

Asimismo, se comenzó a estudiar de manera analítica y experimental, la posibilidad de incluir geoceldas, tal como lo hicieron Sierra y Duarte (2011), cuya finalidad se fundamentó en la evaluación de los esfuerzos y deformaciones de un suelo en Bogotá por medio de la inclusión de geoceldas, comparando los esfuerzos con los asentamientos al aplicar cargas monotónicas entre ciclos de carga y descarga en una subrasante no estabilizada y una estabilizada con geoceldas. Los resultados indicaron que el uso de un sistema de geoceldas y un sistema convencional disminuyen la tensión y la sedimentación en la capa subrasante; la sedimentación representa una reducción del 34% en el primer sistema en comparación con el segundo. Análogamente, si se utiliza un sistema de geoceldas como alternativa a un sistema convencional, el esfuerzo se reduciría en un 53%.

En ese sentido, al comenzar a observarse resultados positivos, los investigadores se encargaron de estudiar más a profundidad la utilidad de estos materiales geosintéticos.

De acuerdo con Cuelho y Perkins (2017), se encargaron de construir secciones de prueba con el propósito de establecer una comparación entre el rendimiento operativo de los geosintéticos y la estabilidad de las bases subrasantes de pavimentos. Para ello, construyeron 12 geosintéticos conformados por diversos materiales de geomallas y geotextiles y probaron en varias secciones de corte el efecto de la resistencia en la subrasante, así como el espesor de la capa base y la presencia adecuada del geosintético para potenciar su rendimiento.

La evaluación se realizó a través de una regresión lineal, cuyo indicador de rendimiento fue medido con la “longitudinal rut” para determinar, a su vez, el factor de rigidez en la resistencia de la subrasante y el grosor de la capa base. Si bien los materiales geotextiles y estabilizadores de plataforma utilizados en el estudio funcionaron bien, las propiedades de los materiales asociados en esta aplicación fueron difíciles de determinar debido al limitado número de secciones de prueba y a la falta de pruebas adecuadas para caracterizar de forma apropiada este tipo de material. Utilizando la rutina longitudinal como principal indicador de rendimiento, el análisis de regresión lineal mostró que la rigidez de las conexiones de la geomalla en la dirección transversal de la máquina es la mejor correlación con el rendimiento en esta aplicación y bajo estas condiciones. Basándose en estos resultados, la ecuación de diseño del método Giroud-Han fue calibrada de tal manera que la rigidez de la conexión de la geomalla en la dirección transversal de la máquina se

convierte en la propiedad más importante de los geosintéticos y por lo tanto reemplaza el módulo de estabilidad en la apertura de la geomalla.

Hufenus et al. (2006), por su parte, observaron un incremento significativo de la capacidad de carga de una capa geosintética reforzada con un espesor inferior a 0,5 m y en suelos con un CBR inferior o igual a 2. También observaron que la compactación de capas finas con suelos geosintéticos reforzados podía mejorarse con un CBR por debajo de un 3 %.

## 2.3. ESTRUCTURA TEÓRICA Y CIENTÍFICA QUE SUSTENTA EL ESTUDIO

### 2.3.1. Pavimentos

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. Es el material que está conformado por una losa de concreto que ha sido diseñado para la transferencia de esfuerzos al suelo de forma reducida, es decir, la losa de concreto trabaja como componente estructural, a diferencia del pavimento flexible que el componente estructural vendría a ser las capas base y sub-base. El pavimento rígido ha de ser colocado sobre una capa o varias capas base o directamente sobre la subrasante que va a depender directamente de la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

Existen ciertos requisitos mínimos que todo tipo de pavimentos deberían cumplir, los cuales se muestra en la figura N° 1.

Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Elemento				
Sub-rasante	95% de compactación: Suelos Granulares – Proctor Modificado Suelos Cohesivos – Proctor Estándar			
	Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas			
Sub-base	CBR ≥ 40% 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30% 100% compactación Proctor Modificado		
Base	CBR ≥ 80% 100% Compactación Proctor Modificado	N.A. *	CBR ≥ 80% 100% Compactación Proctor Modificado	
Imprimación/capa de apoyo	Penetración de la imprimación ≥ 5 mm	N.A. *	Cama de arena fina de espesor comprendido entre 25	
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material	Vías locales	Concreto asfáltico ***	MR ≥ 3.4 Mpa (34 kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> ≥ 38 Mpa (380 kg/cm <sup>2</sup> )
	Vías colectoras			
	Vías arteriales			
	Vías expresas			

Figura 1. Requisitos mínimos para diferentes tipos de pavimentos

Fuente: Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción, (2010).

Notas: \*N.A.: No aplicable, \*\*N.R.: No Recomendable, \*\*\*El concreto debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

Para el uso de pavimentos en un puerto, no se aplica las normas de diseño de pavimentos urbanos ( fig 1 ) así como las del manual de suelos del MTC. Estas se guían de la norma de pavimentos portuarios de Inglaterra, donde se recomienda el uso de pavimento semiflexible o adoquinado, debido a su alta relación entre resistencia y deformación, lo que en función a las cargas según sea la arquitectura recomienda el tipo de pavimento.

En los pavimentos flexibles la estructura total del pavimento se deflecta o flexiona adaptándose a las cargas. Si bien algunas capas superficiales pueden ser bituminosas, estas producen “efecto de losa” que puede ser despreciado debido al bajo límite de fluencia de los materiales, ya que al fin fallan por traslado en sus fibras inferiores, aun bajo el efecto de cargas livianas, en particular si estas son estáticas y de acción prolongada.

En el caso de las cargas pesadas, es conocido que originan el deterioro de los pavimentos y bajo la acción de estas cargas, el “efecto de losa” desaparece y el material bituminoso pasa a ser considerado como material homogéneo. Debido a esto, en los pavimentos flexibles se pueden emplear las proposiciones clásicas de colocación de presiones de los suelos. De ellas se concluye que el valor de las presiones en un punto dado dentro de un terreno uniforme guarda relación con el grosor de la calzada arriba de dicho punto y no de la calidad de las capas superiores que forman el pavimento (Scipion, 2018).

A diferencia de los pavimentos flexibles, los pavimentos rígidos son aquellos en los que la losa de concreto de cemento Portland (C.C.P.) es el principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión, cuando se generan tensiones y deformaciones de tracción debajo la losa produce su fisuración por fatiga, después de un cierto número de repeticiones de carga. Debido a esto la subbase de este tipo de pavimento puede estar conformada por materiales cuya capacidad

de soporte sea inferior a la requerida por los materiales de la capa base de los pavimentos flexibles.

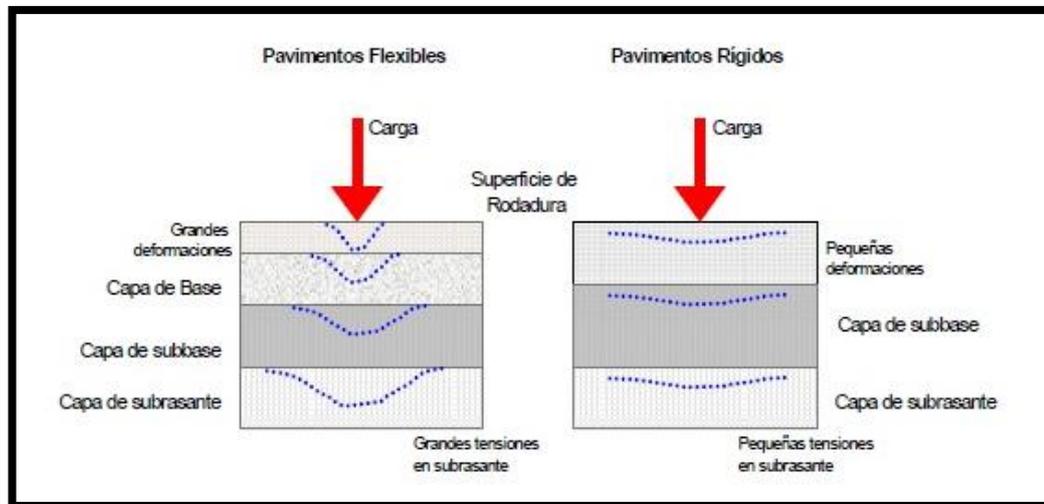


Figura 2. Tipos y conformación de los pavimentos flexibles y rígidos

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos, 2002.

### 2.3.2. Estructura del pavimento

Según Hernández (2017), la estructura del pavimento está compuesta de los siguientes elementos:

Base: es la capa bajo el aglutinante (tierra blanda). Su función es muy resistente, absorbe la mayoría de las tensiones verticales, además su rigidez o resistencia a la deformación bajo fuerzas de tráfico repetido, dependerá de los sustratos granulares empleados. Así, los sustratos granulares tradicionales se utilizan para el tráfico medio y ligero, mientras que los materiales granulares tratados con un agente cementante se utilizan para el tráfico pesado.

Sub-base: En el caso de los revestimientos flexibles, es la capa que se encuentra debajo de la capa de base y por encima de la capa subrasante que garantice un soporte uniforme y duradero de la calzada. En un suelo rígido, esta capa se encuentra directamente debajo de las losas de concreto y puede no ser necesaria si la capa de sustrato tiene una alta capacidad de carga.

Su tarea consiste en dotar al soporte de una base uniforme y de una plataforma de trabajo adaptada a su ubicación y compactación. Debe ser un elemento

permeable para que también tenga un efecto drenante, por lo que es importante que los materiales utilizados estén libres de polvo fino y en todo caso constituyan una capa de transición necesaria.

Esta capa no debe ser bombeada y debe servir como plataforma de trabajo y superficie de apoyo para las extendedoras. En casos de baja densidad de tráfico, especialmente con ausencia de vehículos pesados, se puede evitar esta capa y aplicar las losas directamente sobre la capa base. Por regla general, se utilizan sustratos granulares de materiales tamizados o parcialmente triturados, suelos estabilizados con cemento, entre otros.

Subrasante: Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona el nivel necesario para la subrasante y protege al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes. Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95 % de su grado de compactación.

Características que debe cumplir el pavimento.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir las siguientes características (Gómez, 2014):

- Ser resistente a las cargas del tránsito.
- Ser resistente ante los agentes naturales y de causa humana.
- Ser resistente al efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal.
- Debe ser duradero y económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos.

### 2.3.3. Diseño de pavimentos

De acuerdo con Hernández (2017), un suelo es un conjunto de capas seleccionadas de material que absorben directamente las cargas de tráfico y las transfieren a las capas inferiores, creando una superficie de apoyo que debe funcionar eficazmente.

Los orígenes de la construcción y planeamiento de pavimentos flexibles comienzan durante la época del imperio Romano y ha evolucionado hasta nuestros días con el uso de técnicas de última generación. El dimensionamiento está basado en el principio de construir un conjunto de capas, llamadas estructura del pavimento, que sirvan como una capa protectora de la sub-rasante, esta capa protectora mejora la capacidad portante del sitio y permite que se soporte el tráfico, las cargas dinámicas y los factores ambientales (Jimenez *et al.*, 2017).

Dentro de otros requisitos que debe cumplir un pavimento para su funcionamiento correcto son: Desplazamiento ancho, horizontal y vertical, suficiente resistencia a la carga para evitar roturas y fisuras, además de suficiente adherencia entre el vehículo y la superficie de la carretera, incluso en condiciones de humedad. Debe ser suficientemente resistente al tráfico destructivo, a las inclemencias del tiempo y al estrés hídrico. Debe tener suficiente visibilidad y un paisaje agradable para evitar el cansancio.

El dimensionamiento de Pavimentos propuesto por la AASHTO es uno de los métodos más utilizados en el mundo. Este método considera el pavimento como un sistema elástico de multicapa con un número estructural global “SN” que refleja el espesor total del pavimento y su resistencia a las repetidas aplicaciones de cargas de tráfico. El “SN” determina si el pavimento soporta las cargas de tráfico previstas y si experimentará una pérdida en su capacidad a lo largo de su servicio. El “SN” se determina usando un nomograma que resuelve la Ec. 1. (AASHTO, 1993)

Ecuación 1. Ecuación AASHTO

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Fuente. AASHTO, 1993.

Donde,

- $W_{t18}$ : Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño (n)
- $Z_R$ : Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad de diseño (R) o grado de confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento
- $S_o$ : desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio
- $\Delta PSI$ : Pérdida de serviciabilidad (Condición de servicio) prevista en el diseño y medida como la diferencia entre la planitud (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad inicial  $P_o$ ) y su planitud al final de periodo del diseño (Serviciabilidad final  $P_i$ )
- $M_R$ : Modulo resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares)
- SN: Número estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

El modelo de ecuación de diseño se basa en la pérdida del índice de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) durante la vida útil del pavimento. Mientras que la confiabilidad en el diseño (R) puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga igual o mejor comportamiento que lo previsto en el diseño.

Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente de ( $Z_R$ ) que es la desviación estándar del modelo. De igual forma,  $Z_R$  y " $S_o$ " determinan un valor para la confiabilidad.

Este método es de naturaleza empírica y no tiene en cuenta directamente la mecánica de la estructura del pavimento, efectos climáticos, o cambios en las cargas de tráfico y las propiedades del material.

#### 2.3.4. Losas de concreto

El concreto es esencialmente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, que consiste en cemento Portland y agua, se combina con los agregados (arena y grava o piedra triturada) en una masa rocosa, mientras que la pasta se endurece a través de la reacción química entre el cemento y el agua (Benites, 2014).

Esta parte del pavimento conforma la capa superior de la estructura, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

Según AASHTO 93, el tamaño de las losas determina en cierta forma la disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales. La longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m. En zonas de altura mayores a 3000 msnm se recomienda que las losas sean cuadradas o en todo caso, losas cortas conservando el espesor definido.

#### 2.3.5. Agregados del concreto

Los agregados se clasifican generalmente en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados pequeños son arenas naturales o artificiales con un tamaño máximo de grano de 10 mm; los agregados grandes son los retenidos en la red n° 16 de tamiz y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de los agregados de uso frecuente es de 19 mm o 25 mm. Asimismo, la mezcla está conformada por cemento tipo Portland, agua y aire, cuya composición responde al 25% o 40% del volumen total del concreto (Benites, 2014).

##### *i. Agregados gruesos*

Los agregados gruesos son grava o una combinación de grava o agregados triturados con partículas predominantemente mayores de 5 mm y generalmente entre 9,5 mm y 38 mm. Los agregados gruesos han de cumplir

con ciertas reglas para un uso óptimamente adecuado: deben estar compuestos de productos químicos duraderos, limpios, duros y resistentes, libres de productos químicos absorbidos, revestimientos de arcilla y otros finos que puedan perjudicar la hidratación y la adhesión de la pasta de cemento. No se desean partículas de agregados sueltos o agrietados (Benites, 2014).

### *ii. Agregados finos*

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables (Benites, 2014).

### *iii. Aditivos*

Según la Norma ASTM-C494 (2008), se define como aditivo como la:

“Sustancia que, a diferencia del agua, los agregados, el cemento hidráulico o las fibras de refuerzo, se utiliza como ingrediente en el mortero o el hormigón y se añade al lote inmediatamente antes o durante la mezcla. Los aditivos se emplean como componentes del hormigón o mortero para modificar una o varias propiedades con el objetivo de adaptarlas a la obra realizada, facilitar su instalación y reducir los costes de trabajo.” (p. 3)

Los aditivos se utilizan en los concretos porosos para obtener propiedades específicas, por ejemplo, en el hormigón convencional. Los aditivos deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C494. Dependiendo de la relación a/c, se utilizan aditivos reductores de agua (rango medio-alto). Los aditivos retardantes se utilizan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento. Los aditivos retardantes son a menudo preferidos en el tratamiento de mezclas rígidas como el concreto permeable, especialmente en climas cálidos. Los aditivos retardantes pueden servir como lubricantes para descargar el concreto de una mezcladora y mejorar las propiedades de manejo

y el rendimiento de juego. Los aceleradores se pueden utilizar cuando se vierte concreto permeable en climas fríos. Los aditivos retenedores de aire no se han utilizado a menudo en el concreto poroso, pero se pueden utilizar en ambientes expuestos a la congelación y descongelación. Sin embargo, no existe una forma fiable de cuantificar el volumen de aire contenido en estos materiales (Benites, 2014).

#### *iv. Agua*

El agua es uno de los componentes primordiales en el diseño, dado que de ella depende la reacción de hidratación de la mezcla (Fernández, 2013).

La cantidad de agua debe ser suficiente, de modo que permita la reacción, sin comprometer las propiedades del concreto una vez que se haya endurecido. El agua es la misma que se utiliza en concretos convencionales, siempre y cuando cumplan con los requerimientos establecidos en las normas ASTM C1602/C1602M (ASTM, 2018a).

#### 2.3.6. Requisitos de trabajabilidad

Según lo descrito en la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.114, el concreto utilizado en pavimentos necesita una mínima trabajabilidad para que sea colocado. Siendo los factores que afectan a la trabajabilidad el contenido de agua, el contenido de vacíos y la gradación de los agregados. Por otra parte, el *slump* necesario para los pavimentos con encofrados deslizantes se da entre 15 a 40 mm. En el caso del concreto colocado a mano, vibradora o rodillo se tendrá un *slump* mayor, siendo no menor a 100mm (INDECOPI, 2012). Se hace referencia a estas normativas ya que son las existentes, actualizadas y aprobadas en la legislación peruana para este tipo de trabajos.

### 2.3.7. Normas aplicables

Las siguientes normas son aplicables a los análisis necesarios para el sistema propuesto de pavimento, ya que es necesario realizar una comparación entre el sistema de pavimentos implementado con Diamond Grid y uno sin este agregado. De esta forma, se estandarizan los análisis de normas internacionales y nacionales aprobadas y utilizadas para la caracterización de las propiedades en cuestión (compresión, tracción y flexión).

- *Norma ASTM C642 (Contenido de vacíos).*

Por medio de esta norma, se determinará la densidad, el porcentaje absorción y el porcentaje de vacío en el concreto permeable en estado duro, el cual tiene como resultado del contenido de vacío y debe presentarse en porcentaje (ASTM, 2013).

- *Norma ASTM C39/C39M (Resistencia a la compresión).*

Este método de ensayo permite determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos, ya sea moldeado u obtenido por extracción; a su vez esta norma se limita a concretos que tengan peso unitario superior de 800 kg/m<sup>3</sup>, se calcula dividiendo la carga máxima soportado sobre el área del mismo y se reporta en kg/cm<sup>2</sup> (ASTM, 2018b).

- *Norma ACI-522R (Permeabilidad).*

Este método de ensayo permite conocer el parámetro característico del concreto permeable, que es el coeficiente de permeabilidad, se utiliza un permeámetro de carga constante recomendado por la ACI-522R para los ensayos (ACI, 2010).

### 2.3.8. Definición de geosintéticos

Durante las últimas décadas, la construcción de carreteras ha requerido el uso de nuevas tecnologías que mejoran el rendimiento estructural del pavimento, que extiendan su vida útil y que sean respetuosas con el medio ambiente y económicas. Los geosintéticos se pueden definir como productos hechos de materiales poliméricos termoplásticos mezclados con fibras naturales que tienen propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas que los hacen adecuados para su uso en diversas aplicaciones de ingeniería civil (Gamez, Guzman, y Renderos, 2016).

El uso de geosintéticos en la construcción de carreteras parece ser una alternativa válida, ya que cumple con todas las características anteriores, también se consigue otras ventajas, entre las que podemos mencionar: facilidad de instalación, ahorro en tiempo de ejecución, utilización de mano de obra no cualificada para la colocación, entre otros. Los geosintéticos están hechos de materiales poliméricos termoplásticos como el polietileno, el polipropileno, el poliéster y el PVC (cloruro de polivinilo); también se pueden utilizar otros tipos de fibra como la fibra de vidrio y algunas fibras naturales (Gamez, Guzman, y Renderos, 2016).

- *Funciones de los geosintéticos.*

Separación: Los geosintéticos pueden utilizarse para separar las capas de la subestructura de la vía con diferentes propiedades y dimensiones de los agregados. Esto permite que las partículas finas sean bombeadas desde el vertedero a las capas de granulado, lo que reduce la resistencia y la capacidad de drenaje de estas capas. Además, los geosintéticos pueden reducir la penetración de partículas granulares en un sustrato blando, preservando el espesor y la integridad de las capas granulares y prolongando la vida útil de la pista. Para realizar esta función, los geosintéticos deben soportar cargas concentradas (tracción y punzonado) y tener aberturas compatibles con el tamaño de las partículas del material a sujetar (Gamez *et al.*, 2016).

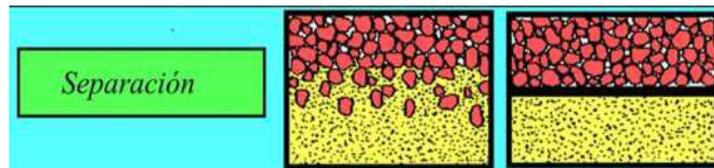


Figura 3. Proceso de separación

Fuente: Gamez *et al.* (2016)

Refuerzo: Los geosintéticos (geotextiles, geomallas y geoceldas) instalados en subsuelos inestables pueden eliminar la necesidad de reemplazar estos suelos y así aumentar la capacidad de carga del sistema mediante una mejor distribución de la tensión. Los geosintéticos incrustados en la capa de soporte o sustrato pueden ayudar a reducir los depósitos asociados con la dispersión lateral de los materiales de base y sustrato. Las principales características a considerar para esta función son la interacción entre el suelo geosintético, la resistencia mecánica, el módulo de tensión y la resistencia a la tracción (Gamez *et al.*, 2016).

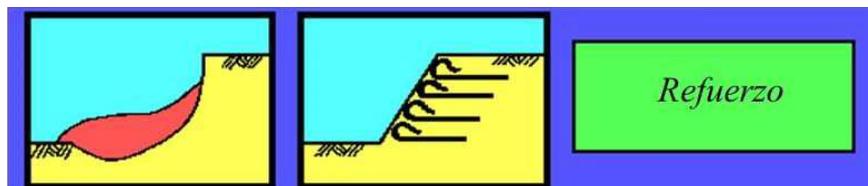


Figura 4. Proceso de refuerzo

Fuente: Gamez *et al.* (2016).

Filtración: El caudal de agua desde el sustrato hasta las capas superiores de gránulos puede transportar las partículas finas del sustrato. Esto también puede ocurrir debido al aumento de la carga de tráfico en la capa subrasante. En este caso, un geotextil puede actuar como un filtro que permite el libre flujo de agua y retiene las partículas sólidas del sustrato. Para jugar este papel, el geosintético debe tener suficientes propiedades de retención y permeabilidad y ser resistente a la obstrucción (permeabilidad reducida debido a la acumulación de polvo fino) (Gamez *et al.*, 2016).

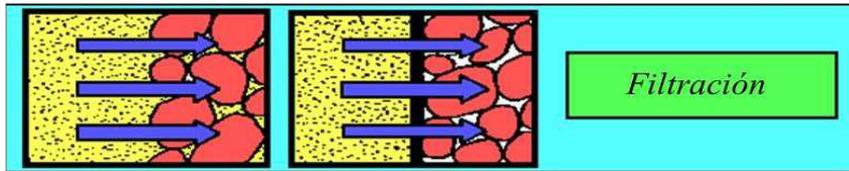


Figura 5. Proceso de filtración

Fuente: Gamez et al. (2016).

Drenaje planar: Un drenaje adecuado es esencial para evitar el deterioro de las condiciones de la carretera, ya que las precipitaciones caen sobre ella o son bombeadas desde el vertedero hacia las capas estructurales del pavimento. Un geocompuesto drenante instalado en puntos relevantes de la estructura de la carretera puede asegurar el drenaje a través de la carretera, evitando así la acumulación de agua.

En esta aplicación, el geocompuesto debe tener suficiente capacidad de drenaje y resistencia a los daños mecánicos. La eficacia del drenaje del suelo depende de la capacidad de drenaje de los geosintéticos utilizados y del gradiente de presión a lo largo de la ruta de drenaje del fluido. Para que el drenaje sea satisfactorio, el espesor debe ser suficiente para aumentar la tensión normal en el nivel de la tubería.

Además, el geosintético debe evitar el lavado o transporte de polvo fino, lo que reduce su permeabilidad horizontal después de ser depositado en el geomalla, y debe asegurarse de que el agua sea transportada en su plano sin causar pérdidas de presión significativas (Gamez *et al.*, 2016).

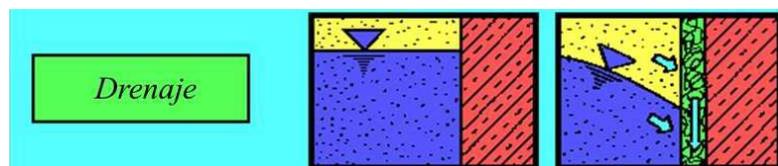


Figura 6. Proceso de drenaje planar

Fuente: Gamez *et al.* (2016).

Barrera Impermeable: Los geosintéticos sirven, entre otras cosas, como barrera impermeable a los líquidos entre las capas del pavimento y/o para encapsular suelos extensos. Por ejemplo, las geomembranas, los geotextiles delgados y los geotextiles impregnados con asfalto, elastómeros u otros tipos de mezclas de polímeros se utilizan como barreras para el ciclo líquido.

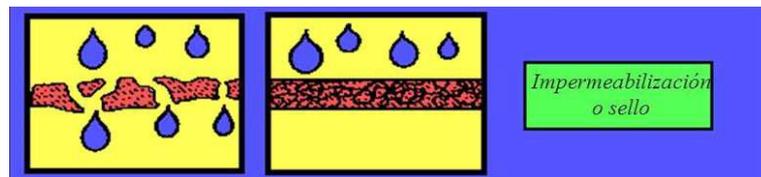


Figura 7. Proceso de barrera impermeable

Fuente: Gamez *et al.* (2016).

#### 2.3.9. Geomallas (Diamond Grid)

Las geomallas son estructuras poliméricas que consisten en una red regular de nervaduras interconectadas por extrusión, con aberturas de tamaño suficiente para permitir la formación de cadenas de tierra, piedra u otros materiales geotécnicos circundantes. La función de las geomallas es reforzar; existen varios tipos de geomallas, incluyendo geomallas de una o una sola orientación, que son más fuertes y rígidas en longitud que en la dirección transversal. Las geomallas biaxiales se utilizan en estructuras donde la fuerza se disipa aleatoriamente y en todas las direcciones, tales como estructuras de carreteras o cimientos de superficies. La capacidad de la geomalla es distribuir las fuerzas en la superficie y aumentar la resistencia de la estructura al desplazamiento bajo cargas estáticas y dinámicas (Núñez, 2015).

Las aplicaciones de las geomallas varían dependiendo del uso al que se le dé. Para trabajos más sofisticados y de mayor exigencia de calidad, se emplea una malla multiaxial de la marca Diamond Grid.

Diamond Grid es un producto de polipropileno reciclado que proporciona estabilización de la superficie. Se compone de una matriz de rejillas de diamantes que se pueden rellenar con base de carretera u hormigón. La rejilla de diamante tiene una profundidad de 40 mm y se suministra en paneles de 900 mm de ancho y paneles de 560 mm de largo o más grandes con piezas de 1 m<sup>2</sup>. Cada panel se une a los paneles adyacentes utilizando clips integrales de ajuste a presión. Las unidades comprenden una serie de celdas con forma de diamante de 70 mm por 56 mm en las diagonales como se muestra en la Figura 8. La disposición del clip se muestra en la Figura 9.

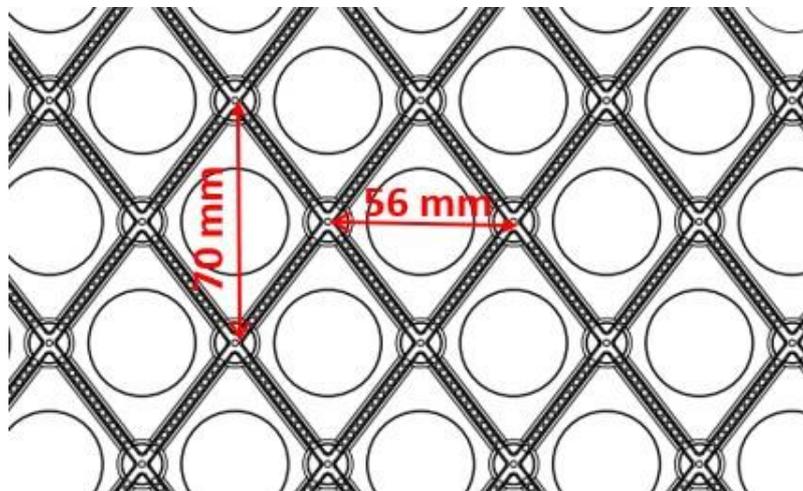


Figura 8: Diagrama de celda de cuadrícula de diamante

Fuente: Talis – Delivering solutions (Mayo 2020)

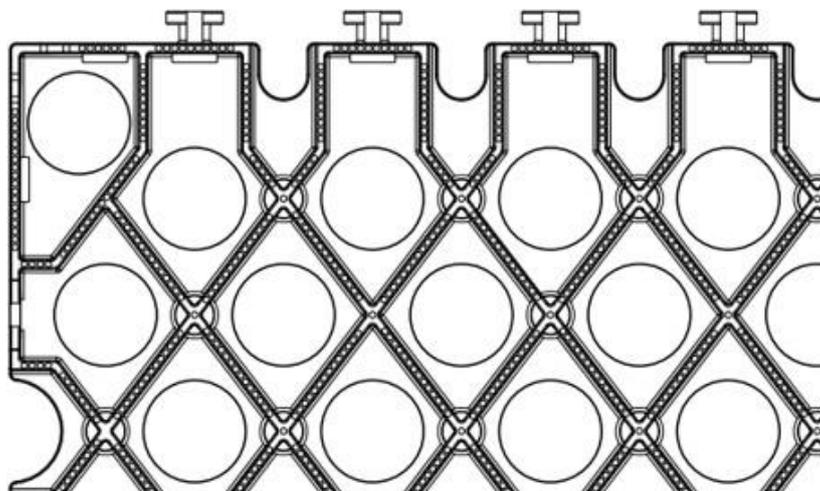


Figura 9: Disposición del clip

Fuente: Talis – Delivering solutions (Mayo 2020)

La aplicación de Diamond Grid es para pavimentos e inicialmente estaba destinada a provisión de aplicaciones de bajo costo en condiciones de terrenos pobres en áreas rurales, Sin embargo, Diamond Grid (Australia) ha reconocido un mercado más amplio en aplicaciones de servicio y en aplicaciones como entradas de estaciones de servicio, pavimentos industriales y aplicaciones de minería.

La rejilla se puede rellenar con hormigón, asfalto o materiales granulares para proporcionar pavimentos impermeables o permeables.

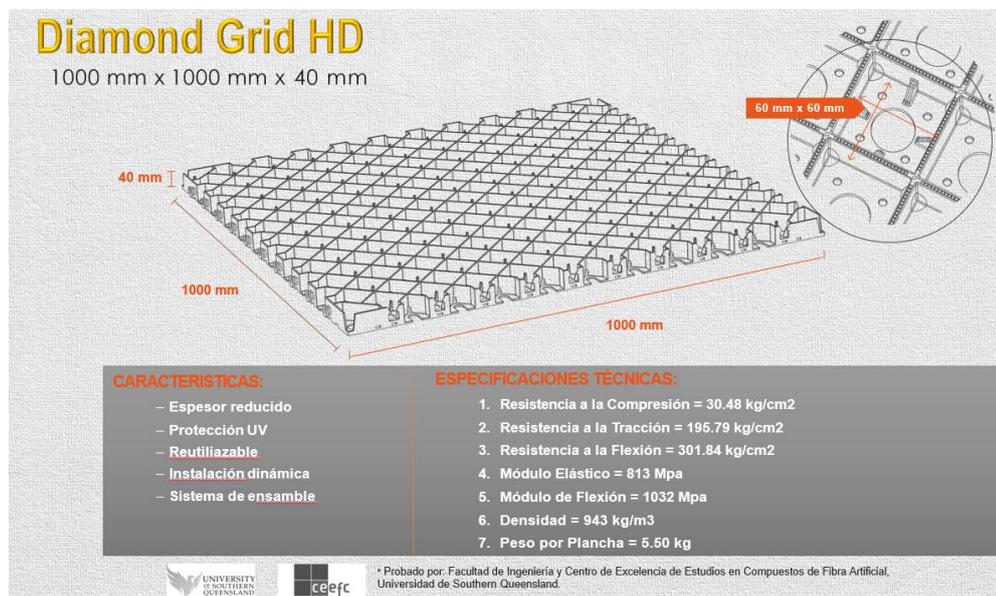


Figura 10. Geomalla Diamond Grid

Fuente: Diamond Grid (2020)

• *Geomallas multiaxiales*

Las geomallas multiaxiales son geomallas cuyos nudos trabajan en diferentes direcciones, dado que de esta manera son más resistentes. Se trata de geomallas rígidas resistentes a las tensiones "radiales", es decir, en todas las direcciones. Este tipo de material fue desarrollado como una "evolución" de la geomalla biaxial y se eligió para utilizar aberturas triangulares porque es la forma geométrica más estable. Del mismo modo, ofrece un alto rendimiento gracias a sus propiedades únicas (Núñez, 2015).

### 2.3.10. Metodología utilizada para instalación de las losas de concreto con Diamond Grid

Ahora bien, se presenta el procedimiento para la instalación de concreto con Diamond Grid, su objetivo, alcance, responsable, recursos y mano de obra, procedimiento y documentos de referencias.

- **Objetivo**

Establecer por medio de la presente propuesta, las acciones de control aplicables en forma previa y durante todos los procesos de ejecución de pavimento compuesto con Diamond Grid en los diferentes proyectos a aplicar.

- **Alcance**

El alcance de este procedimiento de construcción tiene como objetivo la explicación paso a paso antes y durante el proceso de ejecución del pavimento compuesto con Diamond Grid.

- **Responsabilidades**

A. Jefe de operaciones e ingeniería

- Liderar el proceso de elaboración del presente procedimiento.
- Organizar, coordinar y supervisar la adecuada implementación del presente procedimiento.
- Coordinar con el área de producción la elaboración y el cumplimiento del cronograma (planeamiento y recursos) de acuerdo con el procedimiento aquí descrito.
- Velar por el cumplimiento de los Planes de Calidad, Prevención de Riesgos y Gestión Ambiental.
- Aprobar la provisión de los equipos de protección y sistemas de seguridad necesarios.
- Elaborar el presente documento.

## B. Ingenieros y supervisores de campo

- Asegurar la difusión, registro y entendimiento del presente procedimiento a todos los trabajadores previo al inicio de los trabajos.
- Elaborar el programa de trabajo, definir y distribuir los recursos necesarios para cumplir con la programación.
- Revisar los aspectos técnicos incluidos en los planos y especificaciones del proyecto.
- Coordinar las actividades diarias de producción en función al planeamiento, aspectos técnicos y recursos.
- Cumplir y hacer cumplir todas las disposiciones de seguridad y medio ambiente durante el desarrollo de las actividades expresas en el presente procedimiento, siendo responsables de reportar las desviaciones de este, que se generen en el trabajo diario.
- Realizar la inspección previa a los trabajos y registrar la conformidad en los formatos de calidad firmando en el casillero correspondiente (liberación).
- Mantener el procedimiento y planos aprobados para construcción en el lugar de trabajo.

## C. Supervisor de seguridad

- Asesorar y facilitar la gestión de trabajo seguro a supervisores y personal de campo, para realizar las tareas en condiciones seguras.
- Verificar el cumplimiento del presente procedimiento.
- Inspeccionar el área de trabajo, identificando y evaluando los riesgos. Asimismo, tomar acciones de corrección.
- Coordinar con el Supervisor de Producción o de Campo para establecer las condiciones de seguridad antes de realizar los trabajos.
- Evaluar, analizar, corregir y aprobar el A.T.S.
- Verificar el registro de Check List de Pre-uso de equipo.
- Hacer seguimiento a las observaciones emitidas en el A.T.S, Check List de pre-uso de equipo, inspecciones, otros.
- Verificar el permiso de trabajo de acuerdo a la actividad ejecutada.
- Validar el permiso de trabajo de acuerdo a la actividad.
-

#### D. Capataz o jefe de grupo

- Difundir, registrar difusión y cumplimiento del presente procedimiento con todos los trabajadores previo inicio de los trabajos.
- Elaborar el ATS correspondiente junto con la cuadrilla de trabajo y documentos requeridos en la tarea.
- Verificar la conformidad de los recursos a utilizar en su frente.
- Asegurar la existencia de elementos de seguridad adecuados para las labores asignadas al personal bajo su responsabilidad.
- Cumplir con los estándares internos de Calidad y Seguridad.
- Mantener el procedimiento y planos aprobados para construcción en el lugar de trabajo.

#### E. Trabajadores

- Recibir la capacitación del presente procedimiento. Cumplirlo fielmente.
- Participar en la elaboración Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y Permisos para Trabajos Critico al inicio de cada actividad, así como los documentos requeridos.
- Mantener en buen estado las herramientas y accesorios.
- Reportar al supervisor inmediato sobre actos y condiciones inseguras que se presenten en la ejecución de su tarea.
- Hacer uso de la política de negación al trabajo riesgoso en caso considere su aplicación.
- Cumplir con los estándares internos de Calidad y Seguridad.

#### F. Recursos y mano de obra

- Mano de obra:
  - Supervisor
  - Capataz
  - Operarios
  - Ayudantes

- Equipos, herramientas y materiales:

Equipos y Materiales	Materiales y herramientas	Equipos de protección
Generador eléctrico	Diamond Grid	Pantalón de Uniforme
cortadora radial de 7"	Concreto Premezclado	Camisa de Uniforme
Camión Mixer	Endurecedor de concreto	Zapatos de Seguridad
Rodillo compactador	Curador Químico	Botas de Jefe con Punta de Acero
Plancha Compactadora	Agua	Casco
Alisadora	Anclajes de Fierro corrugado de 1/2" x 15 cm	Guantes de Spider
Mochila Fumigadora	Regla de Aluminio	Guantes de Jefe
	Jalador de Jefe	Lentes de Seguridad
	Lampas	Protector Auricular Tipo Copa
	Pico	Tapón Auditivo
	Comba	Careta para Esmerilar
	Plancha de Pulir	
	Cilindro o Balde	
	Carretilla o Buggy	
	Disco de Concreto Diamantado de 7"	
	Extensión de 30 m	

Consideraciones finales:

- Aguardar por lo menos cinco días para liberar el tráfico sobre el pavimento compuesto con el Diamond Grid.
- Documentos de referencia:
  - NTE G.050: Seguridad en la Construcción.
  - Ley N° 29783 y su Reglamento 005 – 2012 TR Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria la Ley 30222.
  - OHSAS 18001: Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.
  - Ficha Técnica N°01: Diamond Grid.
  - Ficha Técnica N°02: Solihard (Endurecedor Superficial para Piso No Metálico)
  - Ficha Técnica N°03: Solikure 03 (Compuesto Líquido Base Acuosa para el Cuidado del Concreto)
  - AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993.
- Conservación de la estructura de los pavimentos
 

Los caminos y la red vial son fundamentales para el funcionamiento de la economía de cualquier país, la preservación de estos permite mantener y aumentar los beneficios a lo largo y ancho del Perú. Para esto, se pueden aplicar diversos tipos de mantenimientos a una estructura de pavimentos

para mantener su vida útil. De igual forma existen los trabajos de rehabilitación como los de reconstrucción y la aplicación de estos depende del grado de daño que tenga un pavimento (Molina López, 2020)

- Procedimiento:

Aspectos básicos

- Realizar las charlas diarias o semanales y registrarlas.
- Realizar la identificación de peligros, evaluación de riesgos, y establecer las medidas preventivas para controlar los riesgos identificados según el IPERC de la actividad.
- Todo el personal involucrado deberá realizar el ATS correspondiente.
- El uso del EPP Básico es considerado obligatorio para todas las actividades. La supervisión y los trabajadores deben determinar el uso correcto del EPP específico.
- En coordinación con la supervisión, el personal deberá verificar los materiales y equipos a utilizar (Cinta del mes respectivo). Así como las hojas de seguridad de los productos químicos a utilizar.
- El área de trabajo estará señalizada con conos, mallas de seguridad, reflectores destellantes y/o cintas amarillas y rojas. Se señalizará el área de trabajo para evitar que todo personal que no esté involucrado directamente en la actividad de ejecución del pavimento compuesto con Diamond Grid entre en contacto con los productos químicos.
- La secuencia lógica inicia con la verificación la plataforma conformada, luego el armado y colocación del Diamond Grid.
- Finalmente, el tendido, conformación, reglado, vibrado, aplicación del endurecedor y curado del concreto.
- Todos los incidentes y accidentes deberán ser reportados al supervisor inmediato, siguiendo el procedimiento para estos casos.
- El presente procedimiento deberá ser de conocimiento de todo el personal involucrado en las operaciones, debiendo de contar con un registro firmado por los mismos, así como mantener una copia en el área de trabajo.
- El cliente realizará permanentemente el monitoreo de gases en el área de trabajo.

- Muy importante, la base debe presentar la compactación y condiciones según las especificaciones técnicas del diseño y los planos aprobados para la construcción. Se debe realizar todos los ensayos necesarios de compactación para su buena funcionalidad y no tener problemas a futuro con la ejecución del pavimento compuesto.
- Proceso de ejecución
  - En primer lugar, se realiza el armado de las planchas del Diamond Grid sobre la plataforma completamente nivelada y compactada. Se iniciará por el vértice de los machos para que la otra cara del producto realice la unión de la siguiente pieza con el vértice de las hembras, haciendo un proceso machimbrado.



Figura 11. Colocación de la geomalla Diamond Grid.

Fuente: Fotografía obtenida de la empresa Diamond Grid.

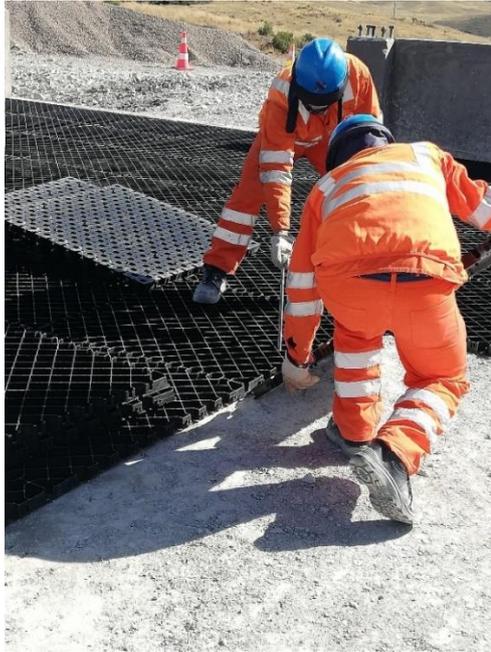


Figura 12. Colocación de la geomalla Diamond Grid

Fuente: Fotografía obtenida de la empresa Diamond Grid..

- Las planchas se insertarán a la base conformada. Para ello, se deberá colocar anclajes de fierro corrugado de  $\frac{1}{2}$ " x 15 cm y luego compactar con rodillo para fijar los dos sistemas en uso. Los cortes del Diamond Grid se desarrollarán con la ayuda de la cortadora radial para completar los cierres perimetrales.



Figure 13. Compactación de la geomalla Diamond Grid

Fuente: Fotografía tomada en los exteriores de la planta de Diamond Grid.

- Se realizará la coordinación con la planta de concreto premezclado, para dejar en claro los requerimientos para el proyecto y crear una responsabilidad de tal manera que ante un incumplimiento de lo pactado se devolverá el mixer de concreto. Se establece la cantidad de concreto, resistencia a la compresión del concreto igual a  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , tipo de cemento I, huso granulométrico Huso 8 (confitillo), slump a pie de obra de 6" a 8", temperatura del concreto no mayor a  $29 \text{ }^\circ\text{C}$  y la frecuencia del envío y la llegada de los mixers.
- Una vez enviado el primer mixer a obra, deberá de ser premezclado. Consta de esparcir el concreto, sobre el Diamond Grid instalado, de lado a lado sin dejar espacios vacíos. Se esparce el concreto dejándolo a nivel de acabado para posterior pasar la plancha compactadora sobre el pavimento compuesto. Este equipo hace la función de vibrar el concreto que se encuentra en las celdas del Diamond Grid.



Figura 14. Planchado compactador del sistema concreto-Diamond Grid

Fuente: Fotografía obtenida de la empresa Diamond Grid.

- Una vez, que el concreto se encuentre regleado y a un solo nivel. Aplicar el endurecedor al concreto, para luego amasar y consolidar la superficie con la ayuda de la alisadora. En este proceso se verifica que el vaciado del concreto se encuentre al ras de la malla Diamond Grid, de no estar al ras de la malla se hará lo necesario para que el concreto quede al ras, se puede verter más concreto si fuera el caso de que está muy bajo el nivel o retirar concreto si fuera el caso de que está muy alto el nivel.



Figura 15. Consolidar la superficie con la ayuda de la alisadora

Fuente: Fotografía obtenida de la empresa Diamond Grid..

- Se aplicará curador químico Solikure después de haber fraguado el concreto, vertiendo dos capas con ayuda de la mochila de esparción o fumigadora en la losa ejecutada. O regar continuamente con agua durante siete días para realizar el correcto curado del pavimento compuesto.



Figura 16. Aplicación del curado químico

Fuente: Fotografía obtenida de la empresa Diamond Grid.

- Por último, verificar el acabado de la superficie. Para dar la conformidad de lo ejecutado y culminar el proceso constructivo.

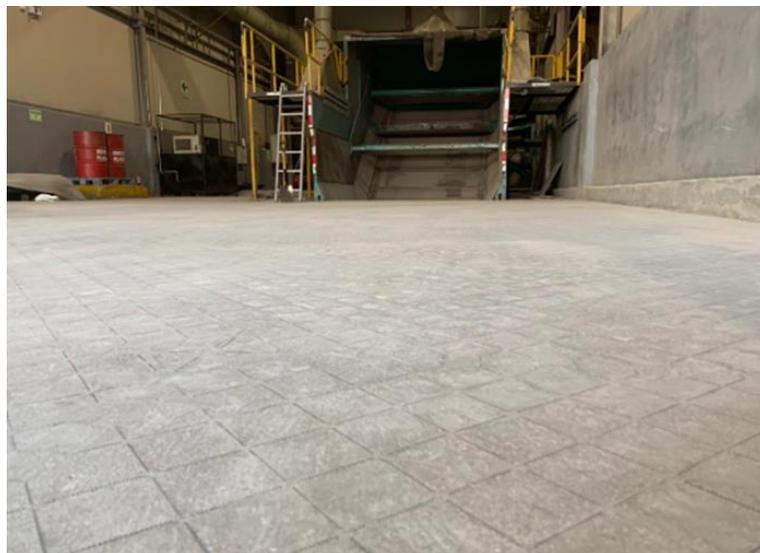


Figura 17. Verificación de acabado de la losa con el sistema Diamond Grid

Fuente: Fotografía obtenida de la empresa Diamond Grid.

- **Mantenimiento rutinario**

Se realizan de forma periódica y tienen la finalidad de mantener a la estructura en buenas condiciones; la limpieza de alcantarillas, cunetas, limpieza de zonas verdes, además de aquellas labores para la recuperación de daños menores como lo son barandales de puentes, señalización vertical y horizontal, muros de retención entre otras.

- **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento considera aquellas acciones para proteger y corregir fallas sin ningún aporte estructural al pavimento, consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas defectuosas o de alto riesgo antes de que estas sucedan a mayor escala.

- **Mantenimiento correctivo**

Se aplica en casos de corrección de aquellas fallas que ya tienen un grado de deterioro considerable en el pavimento y afectan de una manera más directa al usuario, ya que se ve disminuido el servicio, esto con el fin de evitar que aumente aún más el deterioro detectado. El mantenimiento correctivo se aplica en un tramo de vía o en una sección importante y se emplean acciones como tratamientos superficiales, colocación de capa asfáltica, remoción, nivelación entre otros, a diferencia del mantenimiento preventivo las acciones en este mantenimiento si pueden llegar a aportar en la parte estructural del pavimento.

- **Rehabilitación**

También es llamado reforzamiento, se aplica cuando el caso de la estructura ya presenta signos de deterioro estructural y se requiere ampliar el periodo de diseño, es muy común que la rehabilitación se de en tramos cortos. Por lo general se realizan pruebas para establecer el estado, la capacidad estructural y las deformaciones que presenta el pavimento para determinar si es necesario una rehabilitación o algo mayor; la rehabilitación puede ser temprana cuando se colocan sobrecapas de 5,00-10,00 cm y es tardía cuando se realizan trabajos de sustitución o estabilización de base o sub-base más una sobrecapa de 10,00 cm.

- **Reconstrucción**

La reconstrucción se define como la renovación completa de la estructura de pavimento con previa demolición o parcial del mismo, se puede recuperar parte de los materiales de las capas o eliminar el material por completo. Se intervienen todas las capas del pavimento para reproducir la capacidad de carga original, se presenta cuando existe una falla estructural o cuando el pavimento ha alcanzado un índice de servicio menor a dos.

#### 2.3.11. Costos de construcción

Este es uno de los aspectos más importantes al momento de seleccionar la estructura que se adapte a las necesidades de un proyecto. Para determinar el costo de una obra de infraestructura vial es importante contar con el alcance y las restricciones que puede tener el proyecto a realizar. Se debe mantener actualizado las bases de datos de precios de materiales, mano de obra, equipo y maquinaria, rendimientos, recursos disponibles, planos, estudios básicos, entre otros, pues, esto permite obtener un costo de construcción más preciso (Molina López, 2020).

Normalmente los precios de los pavimentos varían según el tipo de estructura, por ejemplo, los pavimentos flexibles tienen un menor costo inicial, pero el costo del mantenimiento es mayor si se compara con los pavimentos semi-rígidos y rígidos.

#### 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Aditivo:** Producto utilizado para la mezcla de hormigón en cantidades no superiores al 5 % en peso de masa para modificar las características de la mezcla en estado fresco y/o endurecido (Chura y Romero, 2017).
- **Arcillas:** Contienen sólo una parte de la arcilla, que proviene de la sedimentación en el cauce de los ríos o de la erosión causada por cambios geológicos. Son susceptibles a la humedad. Si las tensiones de las arcillas son por compresión, sus fallas permanecen cerradas y conserva sus propiedades mecánicas durante largo tiempo, mientras si sus tensiones son de tipo tracción, las fallas se abren y dan paso a la entrada de agua, lo que produce cambios negativos en sus propiedades resistentes, dado que las debilita (Chura y Romero, 2017).

- Arenas: La arena es el término utilizado para describir los materiales de grano fino resultantes del adelgazamiento de las rocas o de su trituración artificial y cuyas partículas tienen un diámetro de entre 2 mm y 0,05 mm. El origen y la existencia de la arena son similares a los de la grava: ambos se encuentran generalmente en la misma cuenca. La arena de los ríos a menudo contiene porcentajes relativamente altos de grava y arcilla. La arena limpia no se encoge durante el secado, no es plástica, es mucho menos comprimible que la arcilla y se comprime casi inmediatamente cuando el relleno se aplica a su superficie (Chura y Romero, 2017).
- Capacidad de Carga: La capacidad portante es una característica de cualquier sistema de suelo y no sólo de la calidad del suelo. La capacidad de carga varía según el tipo de suelo, pero a veces la capacidad de carga también varía según el tipo, la forma, el tamaño y la profundidad del elemento de cimentación que soporta la presión (Chura y Romero, 2017).
- Estabilidad: La sensibilidad de los valores medidos de un instrumento para ser leídos bajo condiciones de operación definidas, repetidas en diferentes momentos, separadas por largos intervalos de tiempo requeridos para una medición (Chura y Romero, 2017).
- Límite Líquido (LL): La humedad del suelo, que después de 25 golpes en la cuchara de Casagrande provoca contacto con los bordes de la muestra (Chura y Romero, 2017).
- Límite Plástico (LP): Humedad del suelo que permite hacer rodar cilindros de 3 mm de diámetro sin que éstos se desplieguen (Chura y Romero, 2017).
- Mecánica de Suelos: La mecánica de suelos, en el campo de la ingeniería, hace referencia a la aplicación de leyes físicas y científicas a problemas de cargas en la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada en 1925 por Karl von Terzaghi (Chura y Romero, 2017).
- Parámetro: Variable o constante arbitraria que interviene en una expresión matemática (Chura y Romero, 2017).
- Resistencia Cortante del Suelo: La resistencia al corte de una masa de suelo es la resistencia interna por unidad de área proporcionada por la masa de suelo para prevenir la rotura y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro del suelo. Los ingenieros necesitan entender la naturaleza de la resistencia al corte

para analizar los problemas de estabilidad del suelo, como la capacidad de carga, la estabilidad y la presión transversal en las estructuras de fijación del suelo (Chura y Romero, 2017).

- Plástico: Son materiales compuestos de resinas, proteínas y otras sustancias, son fácilmente moldeables y pueden cambiar de forma permanentemente por encima de una cierta compresión y temperatura (Chura y Romero, 2017).
- Polietileno: Polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno (Quispe y Ticona, 2017).
- Polímero: Macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena (Quispe y Ticona, 2017).
- Polipropileno: Polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno) (Quispe y Ticona, 2017).

## CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1. HIPÓTESIS

#### 3.1.1. Hipótesis principal

La implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú, mejorará sus propiedades mecánicas en un 80 % con respecto a los pavimentos convencionales.

#### 3.1.2. Hipótesis secundarias

- La preparación de las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.
- La determinación de las propiedades físico mecánicas de las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú, permitirá mejorar los valores la compresión, tracción y flexión para el sistema de pavimentos.
- La evaluación de la viabilidad económica de la implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú, permitirá obtener hasta una reducción del 30 % en los costos de obras de pavimentos.

## 3.2. VARIABLES

### 3.2.1. Variable independiente

Se definen como las causas que generan y en la variable explican los cambios dependientes. En los diseños experimentales la variable independiente es el tratamiento que se aplica y manipula en el grupo experimental (Arias, 2012).

En esta investigación la variable independiente está conformado por el sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid, se puede definir como un sistema constituido por una losa de concreto reforzada con una geomalla que ha sido diseñado para la transferencia de esfuerzos al suelo de forma reducida.

### 3.2.2. Variable dependiente

Esta sería la variable que es afectada por la presencia o acción de la variable independiente. Utilizada para describir o medir el problema estudiado (Arias, 2012).

En el caso de esta investigación la variable dependiente es el mantenimiento de las vías deterioradas, la cual se puede definir como el conjunto de actividades adecuadas y oportunas que se realizan para conservar a largo plazo en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen la vía, de esta manera, se preservará las condiciones iguales o similares de cuando fue construida o rehabilitada, preservando el capital ya invertido en la vía y evitando su deterioro físico prematuro; garantizando así la prestación de un servicio aceptable en forma permanente, donde el transporte sea cómodo, seguro y económico para los usuarios (Perafán, 2013).

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla N° 1. Operacionalización de las variables

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Categorías/Métodos</b>
<b>Sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid</b>	Ensayos de propiedades mecánicas	Compresión	Se determinaron según procedimientos del Manual de Ensayo de Materiales (2016)
		Tracción	
		Flexión	
<b>Mantenimiento de las vías deterioradas</b>	Indicadores económicos	TIR (Tasa Interna de Retorno)	Fichas de registro
		VAN (Valor actual neto)	

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

### **4.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo con los objetivos de este trabajo, el tipo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo – descriptivo dado que el mismo consistió en describir los fenómenos observados con respecto a la elaboración de las losetas de concreto, haciendo uso de geomallas Diamond Grid para el reforzamiento e implementando el mismo en pavimentos para el mantenimiento de vías deterioradas (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

El diseño de esta investigación fue experimental, puesto que se evaluaron las propiedades mecánicas del concreto reforzado con geomallas Diamond Grid en función de los agregados correspondientes que permitieron obtener un diseño de mezcla de concreto óptimo (Palella y Martins, 2012).

### **4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población de estudio de este trabajo de investigación estuvo compuesta por las vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa, en la ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.

### **4.3. DISEÑO MUESTRAL**

El diseño muestral estuvo formado por 9 probetas y 9 losetas de concreto de pruebas reforzadas con geomallas triaxiales Diamond Grid. Para cada una de estos especímenes se realizaron tres ensayos de compresión y flexión a los 8, 14 y 16 días de curado el concreto. En ese sentido, se presenta en la tabla 2, la relación del diseño muestral y los ensayos a practicar para cada muestra:

Tabla N° 2. Diseño muestral.

Especímenes	Ensayos	8 días (und)	14 días (und)	16 días (und)	Sub Total (und)	Total (und)
Probetas sin Diamond Grid	Compresión	3	3	3	9	36
Probetas con Diamond Grid	Compresión	3	3	3	9	
Losetas sin Diamond Grid	Flexión	3	3	3	9	
Losetas con Diamond Grid	Flexión	3	3	3	9	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En cuanto a las técnicas de recolección de datos, las mismas se apoyaron en la observación directa y la revisión documental, las cuales, de acuerdo con Arias (2012) permiten recopilar la información necesaria para el estudio del fenómeno al observarlo en su entorno y, al consultar la bibliografía inherente al tema, se logró proponer nuevas soluciones a los problemas planteados por el investigador.

Por otra parte, el instrumento de recolección de datos escogido por el investigador fue la ficha de registro, la cual sirvió de apoyo para recopilar los datos de la evaluación experimental de las propiedades mecánicas de las mezclas de concreto reforzadas con las geomallas triaxiales Diamond Grid. De igual forma, se registraron los costos de operación del movimiento de tierra y colocación del sistema Diamond Grid, para así contrastar el método con mejores resultados en cuanto a sus propiedades mecánicas con su costo final.

#### 4.5. PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Principalmente, para la elaboración del concreto, se empleó como referencia la NTP 339.114 – Concreto. Concreto Premezclado y la NTP 339.183 - Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

Asimismo, para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con geomallas Diamond Grid, se hizo uso del Manual de Ensayo de Materiales (2016), en sus secciones MTC E 704 (Determinación de compresión) y MTC E 711 (Resistencia a la flexión).

#### 4.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En este contexto, Hernández et al. (2014), explica que las técnicas de análisis de datos se refieren a que: “los datos son recolectados mediante cuestionarios, entrevistas, escalas de actitudes, observación, grupos de enfoque u otros métodos que deben analizarse para responderlas preguntas de investigación y aprobar o desaprobar si es que se establecieron”. (p. 252)

Una vez aplicadas las pruebas de laboratorio en la presente investigación, los resultados se desarrollaron mediante herramientas estadísticas, a través de un sistema de tabulación, que facilitó el procesamiento y análisis de cada dato recopilado. En este sistema, los datos se agruparon por categorías asociadas a las variables estudiadas.

Específicamente para el análisis estadístico se utilizó el método de inferencia estadística, porque permitió inducir de la información empírica que proporcionaron los experimentos aplicados a las muestras, el comportamiento de una determinada población con un riesgo de error medible en términos de probabilidad.

Asimismo, las pruebas de laboratorio se realizaron de acuerdo con las normas técnicas peruanas, que definen las características de los equipos a utilizar. Estas pruebas fueron llevadas a cabo en el Laboratorio de Análisis de Materiales de la Universidad Ricardo Palma el cual dispone de equipos calibrados de acuerdo a los estándares para que los resultados obtenidos de este estudio sean confiables.

La información fue procesada de acuerdo a cada estándar para cada prueba, ya que cada prueba tiene sus propios índices de medición. El análisis y la comparación de

los datos se estudiaron de manera estadística para comprobar o refutar las hipótesis planteadas, y también se realizaron comparaciones fotográficas.

## CAPÍTULO V. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos propuestos.

### 5.1. PREPARAR LAS LOSETAS DE CONCRETO DE PRUEBA DEL NUEVO SISTEMA DE PAVIMENTOS COMPUESTOS CON DIAMOND GRID

Para dar inicio a los resultados de la presente tesis, se prepararon las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el centro portuario Tramarsa en la ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua.

La preparación de las losetas de concreto dependió del siguiente procedimiento:

Una vez que el terreno a trabajar se compactó a un 98% de su Proctor modificado, se procedió al tendido y armado del Diamond Grid. Cada unidad de Diamond Grid consta de 1000 mm x 1000 mm x 40 mm, dicho cuenta con sistema de machimbrado al unir pieza con pieza, lo que genera que este proceso sea rápido.



Figura 88. Compactación del suelo.

Fuente: Fotografía tomada por Diamond Grid.

Luego de instalar el Diamond Grid en el terreno a trabajar, se procedió como indica el proceso constructivo de Diamond Grid, a la instalación de las varillas de fierro corrugado de ½” x 15 cm y luego compactar con rodillo para fijar los dos sistemas en uso. El sistema Diamond Grid cuenta con uñas de anclaje en la parte inferior, cara al terreno natural, por lo que se hace uso nuevamente del rodillo compactador, esto con el fin de anclar las uñas al terreno.



Figura 99. Compactado de Sistema Diamond Grid.

Fuente: Fotografía tomada por Diamond Grid

Parte de la preparación de las losetas de concreto es el vaciado y tendido del concreto mismo, este paso se realizó después de evaluar el concreto que se recibe directamente en la obra. Primero se elaboraron las probetas de concretos sin el compuesto, a las cuales se le midió las resistencias a la compresión para diferentes edades. Los ensayos se realizaron de acuerdo a las normas peruanas ASTM C39/NTP 339.034.



Figura 20. Elaboración de probetas

Fuente: Fotografía tomada por Diamond Grid.

En paralelo también se elaboraron las probetas de concreto con el compuesto Diamond Grid, para ello, ya que las probetas de Diamond Grid no se encuentran normadas, se procedió a tomar muestras pequeñas cortadas con ayuda de una amoladora con las dimensiones de 120 mm x 120 mm x 40 mm ( como se observa en la Figura 19), esto con fines de practicidad y que pueda ser debidamente ensayado en las maquinas respectivas para los ensayos a la compresión, mientras que para los ensayos a la flexión se tomaron muestras con las dimensiones de 1000 mm x 160 mm x 40 mm (Como se observa en la Figura 18). El proceso de elaboración de estas probetas, se realizaron según indicaciones de la empresa DIAMOND GRID LATIN AMERICA S.A.C. donde basándose en la norma peruana ASTM C39/NTP 339.034, se trato de simular el proceso de los testigos de concreto, llenando las muestras de Diamond Grid siguiendo la teoría de la norma.



Figura 21. Probetas de Diamond Grid con concreto

Fuente: Fotografía tomada por Diamond Grid.



Figura 22. Probetas de Diamond Grid con concreto.

Fuente: Fotografía tomada por Diamond Grid.

Se realizó el vaciado de concreto en el área establecida, el concreto fue esparcido uniformemente a lo largo de toda el área de trabajo; para evitar la generación de vacíos en el concreto se realizó un vibrado con una plancha compactadora, avanzando ordenadamente por toda el área.



Figura 23. Vibrado de concreto

Fuente: Fotografía tomada por Diamond Grid.

Finalmente, para el acabado de las losetas de concreto se procedió a usar alisadoras, dejando un acabado frotachado. Durante el proceso de las alisadoras, se aplicó endurecedor de concreto en cantidad de  $4 \text{ kg/m}^2$ . Una vez, logrado el acabo de las losetas de concreto, con el concreto ya fraguado se procedió a la aplicación del curador químico Solikure, vertiendo dos capas con ayuda de la mochila de esparción o fumigadora en la losa ejecutada.



Figura 24. Vibrado de concreto

Fuente: Fotografía tomada por Diamond Grid.

## 5.2. DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS PROBETAS DE CONCRETO DE PRUEBA DEL NUEVO SISTEMA DE PAVIMENTOS COMPUESTOS CON DIAMOND GRID

Para determinar las propiedades mecánicas de las probetas de concreto de prueba del sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid, se procedió a realizar ensayos a la compresión y flexión de: concreto usado en obra, Diamond Grid y Diamond Grid con concreto.

Los ensayos realizados no sólo del compuesto Diamond Grid, Diamond Grid + concreto, sino también del mismo concreto fueron realizados, con muestras tomadas a pie de obra. Mientras que para los ensayos del concreto se realizó siguiendo las normas peruanas ASTM C39/NTP 339.034. Los ensayos para el Diamond Grid y Diamond Grid + Concreto se realizaron con según indicaciones de la empresa DIAMOND GRID LATIN AMERICA S.A.C. donde basándose en la norma peruana ASTM C39/NTP 339.034, se trató de simular el proceso de los testigos de concreto, llenando las muestras de Diamond Grid siguiendo la teoría de la norma.

### 5.2.1. Ensayos de Concreto.

Para poder determinar las propiedades mecánicas del nuevo sistema, debemos también ensayar el concreto con el que se trabajó, y con ello poder realizar las comparaciones necesarias y a su vez realizar los análisis necesarios.

Tabla N° 3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades.

$f_c$ (Kg/m <sup>2</sup> )	Edad del espécimen (días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia (%)	Tipo de falla <sup>1</sup>
280	8	10.1	80.12	24529	306	109	1
				24174	302	108	1
				21712	271	97	5
280	14	10.1	80.12	31346	391	140	1
				28556	356	127	1
				31020	387	138	1
280	16	10.1	80.12	28644	358	128	1
				27550	344	123	1
				28648	358	128	2

Fuente: elaboración propia (Se anexa ensayos de laboratorio).

Nota: Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.

Tabla N° 4. Resistencia a la compresión promedio del concreto sin el compuesto.

Edad del espécimen (días)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia promedio (%)
8	293	104.67
14	378	135
16	353.33	126.33

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, cuando el concreto tiene una edad de ocho días posee una resistencia a la compresión promedio de  $293 \text{ kg/cm}^2$ , esta resistencia aumenta cuando su edad aumenta a 14 días ubicándose en  $378 \text{ kg/cm}^2$ , siendo este el valor más alto conseguido, posteriormente comienza a observarse una reducción de la resistencia a los 16 días de edad, perdiéndose 8.67% ( $353.33$ ) de su valor máximo obtenido.

Figura 25. Ensayos a la compresión de concreto.



Fuente: Fotografía tomada en el laboratorio de ensayos MATESTLAB S.A.C, en los ensayos realizados por DIAMOND GRID.

También se realizaron ensayos resistencia a la flexión para el concreto convencional. Estos resultados se presentan en la tabla N° 5. Para los ensayos de flexión se aplicó la norma ASTM C-293.

Tabla N° 5. Resultados de los ensayos a compresión a la flexión del concreto a diferentes edades sin el compuesto.

Edad del espécimen (días)	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
8	215.11
	217.55
	210.55
14	296.13
	299.68
	289.73
16	275.21
	277.69
	273.24

Fuente: Elaboración propia (Se anexa ensayos de laboratorio).

Tabla N° 6. Resistencia a la flexión promedio del concreto sin el compuesto.

Edad del espécimen (días)	Resistencia a la flexión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
8	214.4
14	295.18
16	275.38

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar el concreto convencional sin el compuesto, muestra un comportamiento similar en su resistencia a la flexión como en la resistencia a la compresión, es decir, a edad temprana (8 días) su resistencia a la flexión tiene un promedio 214,40 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que a los 14 días de edad su resistencia fue de 295,18 Kg/cm<sup>2</sup> y luego se observó una reducción a los 16 días de edad su resistencia fue de 275.38 Kg/cm<sup>2</sup>



Figura 26. Ensayos a la compresión de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.2. Ensayos del Sistema Diamond Grid con Concreto.

Seguidamente, primero se elaboraron las probetas de concretos sin el sistema Diamond Grid, luego se le midió las resistencias a la compresión para diferentes edades. Los ensayos se realizaron de acuerdo con las normas peruanas ASTM C39/NTP 339.034.

Para ensayar las probetas de concreto con Diamond Grid, Realizamos cortes del Diamond Grid con medidas de 130 mm x 130 mm x 40 mm, para ser ensayados con concreto. El proceso para este ensayo, fue llenar el corte de muestra de Diamond Grid con concreto, procediendo luego a usar un martillo de goma, con el cual golpeamos la probeta , por sus 4 lados, 10 veces por lado para evitar los

vacíos y tener una mejor distribución del concreto dentro del Diamond grid; se volvió a completar con concreto hasta llegar al ras del Diamond Grid .

Finalmente se dejó secar las probetas de ensayo de Diamond Grid con Concreto, teniendo según se muestra en la Tabla N° 7 las edades en las que se llevó a realizar las roturas.

Tabla N° 7. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades con el compuesto Diamond Grid.

Edad del espécimen (días)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
8	4	13	13	169	346,28
					344,97
					345,54
14	4	13	13	169	553,00
					560,00
					557,00
16	4	13	13	169	545,00
					553,00
					549,00

Fuente: elaboración propia (Se anexa ensayos de laboratorio).

Tabla N° 8. Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades con el compuesto Diamond Grid.

Edad del espécimen (días)	Resistencia a la compresión promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
8	345.6
14	556.67
16	549

Fuente: elaboración propia.



Figura 27. Compresión de Probetas de Concreto con Diamond Grid

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, las resistencias a la compresión a las mismas edades tuvieron un aumento importante al compararlo con el concreto convencional, a la edad de 8 días la resistencia

fue de  $345.60 \text{ Kg/cm}^2$ , mientras que la resistencia a los 14 días tuvo aumento de  $178 \text{ kg/cm}^2$  al compararla con el valor del concreto convencional, es decir se obtuvo un valor de  $556.67 \text{ Kg/cm}^2$ , finalmente para la edad de 16 días se obtuvo un valor de  $549.00 \text{ Kg/cm}^2$ , siendo un valor mayor que el obtenido para con el concreto convencional a la misma edad.

De la misma manera se realizaron ensayos resistencia a la flexión para el concreto con el compuesto Diamond Grid. Estos resultados se presentan en la tabla N° 10. Para los ensayos de flexión se aplicó la norma ASTM C-293.

Tabla N° 9. Resultados de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto a diferentes edades con el compuesto Diamond Grid.

Edad del espécimen (días)	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
8	2151,35
	2168,22
	2185,54
14	3016,72
	3009,45
	3006,21
16	2897,77
	2971,32
	2861,46

Fuente: elaboración propia (Se anexa ensayos de laboratorio).

Tabla N° 70. Resistencia a la flexión del compuesto Diamond Grid.

Edad del espécimen (días)	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
8	2151,35
10	3010,79
14	2910,18

Fuente: elaboración propia.



Figura 28. Compresión a la Flexión de Probetas de Concreto con Diamond Grid

Fuente: Elaboración propia.



Figura 29. Compresión de Probetas de Concreto con Diamond Grid

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar los resultados de los 3 promedios el concreto 280 kg/cm<sup>2</sup> al ser llenado dentro del Diamond Grid consigue obtener una mayor resistencia a la flexión, casi 10 veces más flexible en comparación con los resultados obtenidos del concreto convencional.

Este ensayo es muy importante para analizar la resistencia de la superficie de cualquier vía o losa que transite equipos pesados, ya que el motivo principal por la que se generen fisuras en las losas es la poca resistencia a la flexión del concreto. Lo que demuestra que el empleo del Diamond Grid mejora las propiedades mecánicas del pavimento.

- 5.3. EVALUAR LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE PAVIMENTOS COMPUESTOS CON DIAMOND GRID
- A continuación, en la tabla N° 11 se presenta el presupuesto de la construcción que comprende el movimiento de tierra y la colocación de una losa de concreto armado con el sistema Diamond Grid de un área de 320 m<sup>2</sup>.

Tabla N° 11. Presupuesto para el movimiento de tierras y colocación de sistema Diamond Grid en el Centro Portuario Tramarsa.

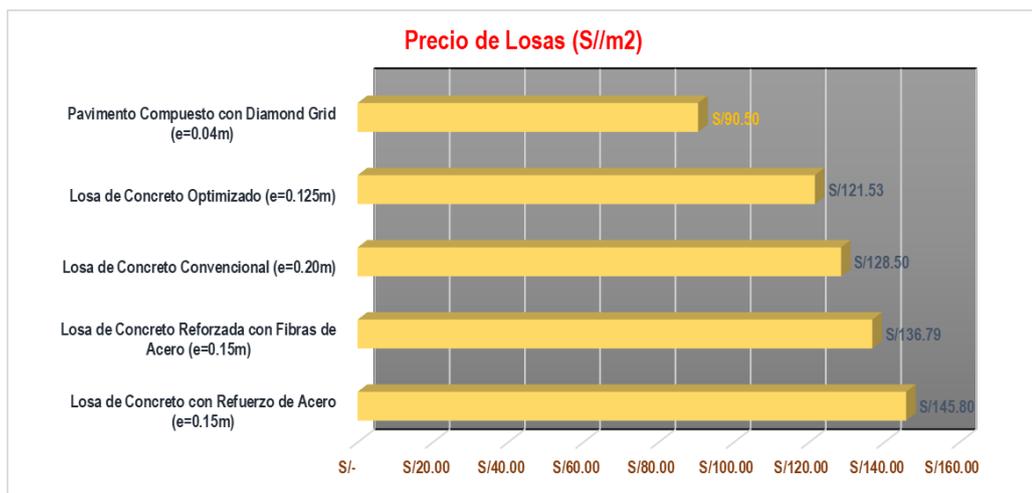
Presupuesto: 125-19 movimiento de tierras / colocación de sistema Diamond Grid					
Obra: Tramarsa llo					
Cliente: Diamond Grid					
Fecha: 17-01-19					
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Total (S/.)
<b>Obras preliminar y provisionales</b>					
1	Movilización de equipos, materiales, herramientas y personal	Glb	1	10.000,00	10.000,00
2	Hospedaje y viáticos de personal (10 personas)	Glb	1	8.500,00	8.500,00
3	Gastos de prevencionista en obra, incluye señalización y EPP	Glb	1	3.500,00	3.500,00
4	Topografía - verificación de niveles	Glb	1	3.000,00	3.000,00
<b>Movimiento de tierra</b>					
5	Corte de terreno trabajo manual h=0.15m.	m <sup>2</sup>	320	20,00	6.400,00
6	Eliminación de excedente	m <sup>2</sup>	67	25,00	1.675,00
7	Conformación de sub base h=0.15m	m <sup>2</sup>	320	10,00	3.200,00
8	Conformación de base h=0.15m	m <sup>2</sup>	320	35,00	11.200,00
<b>Colocación de geo grid dg</b>					
9	Suministro Diamond Grid	m <sup>2</sup>	320	58,00	18.560,00
10	Instalación de Diamond Grid (incluye anclajes)	m <sup>2</sup>	320	2,50	800,00
11	Suministro de concreto 201 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	320	20,00	6.400,00
12	Suministro y colocado de endurecedor superficial	m <sup>2</sup>	320	3,50	1.120,00
13	Suministro y colocado de curador químico	m <sup>2</sup>	320	2,00	640,00
14	Vaciado y acabado de losa incl. Alisado, regleado, etc.	m <sup>2</sup>	320	25,00	8.000,00
					Total (S/.)
Costo directo (S/)					82.995,00
Utilidad (S/)					20% 16.599,00
Costo parcial sin IGV (S/)					99.594,00
IGV (S/)					18% 17.926,92
Total+IGV					117.520,92

Fuente: Diamond Grid Latin America SAC.

Una vez realizado el análisis presupuestario de los costos relacionado con el movimiento de tierra y colocación de la losa con el sistema Diamond Grid, para conocer que el monto de inversión asciende a S/. 117,520,92 para un área de 320 m<sup>2</sup>.

Ahora bien, el análisis económico se realizó con el propósito de mostrar los beneficios económico del proyecto de colocación de una losa de concreto armado con el sistema Diamond Grid para el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú. Para lo cual también podemos hacer un comparativo entre las losas de concreto armado convencionales, usadas generalmente para el mantenimiento de vías como es nuestro caso versus la implementación del nuevo sistema Diamond Grid, como se muestra en el Gráfico N° 1.

Grafico N° 1: Comparativo de precios por metro cuadrado



Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, una vez calculados los costos, presentado en la tabla anterior, se realizó una revisión de los estados financieros de los años 2019 de la empresa Tramarsa, para realizar una proyección del flujo económico para un periodo de tiempo de 5 años como se puede observar en la tabla 12.

Tabla N° 12. Flujo económico (soles) proyectado a 5 años de ejercicio.

Detalle	Inversión	Año 1 (2020) en Soles (s/.)	Año 2 (proyección 2021) Soles (s/.)	Año 3 (proyección 2021) Soles (s/.)	Año 4 (proyección 2022) Soles (s/.)	Año 5 (proyección 2023) Soles (s/.)
Ingresos	117,520.92	1'535,976.00	1'566,695.52	1'598,029.43	1'629,990.02	1'662,589.82
Costos de Venta		1'340,100.00	1'340,099.98	1'340,099.97	1'340,099.95	1'340,099.94
Resultado bruto		195,876.00	226,595.54	257,929.46	289,890.07	322,489.88
Gatos de ventas		49,000.00	48,999.99	48,999.97	48,999.96	48,999.94
Gasto Administrativo		58,600.00	82,626.00	90,888.60	99,977.46	109,975.21
Utilidad antes de Impuesto		88,276.00	94,969.55	118,040.89	140,912.65	163,514.74
29.5% Impuesto a la Renta		22,069.00	28,016.02	34,822.06	41,569.23	48,236.85
Resultado ejercicio.	-11,520.92	66,207.00	66,953.53	83,218.83	99,343.42	115,277.89

Fuente: Tramarsa (2019).

Tabla N° 13. Factibilidad económica para el proyecto de colocación de una losa de concreto armado con el sistema Diamond Grid para el Centro Portuario Tramarsa.

Tasa de descuento (%)	10
Valor Actual Neto (S/.)	199.955,69
Tasa Interna de Retorno (%)	58
Tiempo de retorno (Payback) (año)	1,36

Fuente: Elaboración propia.

El uso del Valor Actual Neto (VAN), corresponde al valor de traer cantidades futuras al presente, usando una tasa de descuento del 10%, llamada así porque descuenta el valor del dinero en el tiempo futuro a su equivalente en el presente y así, a los flujos traídos al tiempo presente (momento “cero” en que se acomete la inversión, es decir el año 2020).

Se aprecia que el  $VAN > 0$ , lo cual significa que los ingresos nominales estimados del proyecto superan los costos reales estimados y producen una ganancia equivalente a S/. 199.955,69. Con respecto a la TIR, el valor obtenido fue de 58% y un tiempo de retorno de la inversión de 1.36 años. Por lo que se puede considerar que el proyecto de colocación de una losa de concreto armado con el sistema Diamond Grid para el Centro Portuario Tramarsa es factible, dado que,  $TIR > VAN > 0$ , por lo que el criterio de decisión financiera debe ser aceptar la inversión en el proyecto.

Finalmente, respecto al mantenimiento de las Vías con la implementación del nuevo sistema Diamond Grid para 5 años en adelante, sé realizo un comparativo con el Pavimento Flexible, esto debido a que las vías del Centro Portuario son de Pavimento Flexible. Sé logro percibir un ahorro del 22.22% (como se muestra en la tabla N° 14.) realizando el mantenimiento a lo largo de 5 años para el pavimento compuesto con Diamond Grid versus un Pavimento Flexible convencional.

Tabla N° 14. Análisis de mantenimiento Preventivo para Pavimento Flexible y para Pavimento compuesto con Diamond Grid.

Tipos de pavimento	Costo de Construcción por m <sup>2</sup>	Costo de Mantenimiento Preventivo por m <sup>2</sup>	Costo de mantenimiento Correctivo por m <sup>2</sup>	Costo total (después de 5 años) por m <sup>2</sup>
Pavimento Flexible	S/ 60.00	S/ 45.00	S/ 30.00	S/ 135.00
Pavimento compuesto con Diamond Grid	S/ 80.00	S/ 20.00	S/ 5.00	S/ 105.00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 2. Línea de Tiempo para el análisis de mantenimiento Preventivo para Pavimento Flexible y para Pavimento compuesto con Diamond Grid.



Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4. MONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la determinar si estas diferencias en las medias de los resultados obtenidos son significativas, se realizó un análisis de comparación de medias para una muestra (prueba t), para los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión y a la flexión. Para este análisis se calcula inicialmente la estadística descriptiva para los datos, estos resultados se presentan en la tabla N° 7 para la resistencia a la compresión y en la tabla N° 9 para la resistencia a la flexión.

Tabla N° 85. Estadística descriptiva de la prueba de muestra única para la resistencia a la compresión de los concreto convencional y compuesto Diamond Grid.

<b>Estadísticas de muestra única</b>				
Descripción	N°	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
R_Cp_Conc_Conv	9	341,4444	40,42311	13,47437
R_Cp_Conc_DG	9	483,7544	103,70618	34,56873

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 16. Estadística descriptiva de la prueba de muestra única para la resistencia a la flexión de los concreto convencional y compuesto Diamond Grid.

<b>Estadísticas de muestra única</b>				
Descripción	N°	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
R_Fx_Conc_Conv	9	261,6544	36,60791	12,20264
R_Fx_Conc_DG	9	2695,8933	400,35908	133,45303

Fuente: elaboración propia

Estas comparaciones se pueden observar en la tabla N° 15 para la compresión y en la tabla N° 16 para la flexión.

En este sentido, se toma como criterio para el rechazo de la hipótesis nula, la comparación con el valor de significancia calculado para la data con el valor de significancia teórico de 0.05. Si el valor de significancia calculado  $\geq 0.05$ , se aceptará  $H_0$ . Pero, si el valor p calculado  $< 0.05$ , se aceptará  $H_1$  (Levin y Rubin, 2004).

Para la comprobación de la hipótesis se plantearon las denominadas hipótesis nulas ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), tal como se describe a continuación:

- $H_0$ : El empleo de la geomalla Diamond Grid mejorará significativamente la resistencia a la compresión del concreto para pavimento.
- $H_1$ : El empleo de la geomalla Diamond Grid no mejorará significativamente la resistencia a la compresión del concreto para pavimento.

Tabla N° 97. Comparación de medias de la resistencia a la compresión del concreto convencional y compuesto Diamond Grid.

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 0						
Descripción	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
R_Cp_Conc_Conv	25,340	8	,000	34,144,444	3,103,725	3,725,164
R_Cp_Conc_DG	13,994	8	,000	48,375,444	4,040,388	5,634,701

Fuente: Elaboración propia.

Para la comprobación de las hipótesis se puede evidenciar el niveles de significancia es igual a 0.000, encontrándose por debajo de 0.05, lo que quiere decir al comparar la media de la resistencia a la compresión del concreto convencional y con la media del concreto compuesto con el Diamond Grid existe una diferencia significativa, por lo tanto se acepta la  $H_0$ , es decir, el empleo de la geomalla Diamond Grid mejorará significativamente la resistencia a la compresión del concreto para pavimento.

Ahora bien, para la comprobación de la hipótesis de la mejora de la resistencia a la flexión al emplear la geomalla Diamond Grid se plantearon las denominadas hipótesis nulas ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), tal como se describe a continuación:

- $H_0$ : El empleo de la geomalla Diamond Grid mejorará significativamente la resistencia a la flexión del concreto para pavimento.
- $H_1$ : El empleo de la geomalla Diamond Grid no mejorará significativamente la resistencia a la flexión del concreto para pavimento.

Tabla N° 108. Comparación de medias de la resistencia a la flexión del concreto convencional y compuesto Diamond Grid.

Prueba de muestra única						
Valor de prueba = 0						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
R_Fx_Conc_Conv	21,442	8	,000	26,165,444	2,335,151	2,897,938
R_Fx_Conc_DG	20,201	8	,000	269,589,333	23,881,501	30,036,366

Fuente: Elaboración propia

Para la comprobación de las hipótesis se puede evidenciar el nivel de significancia es igual a 0.000, encontrándose por debajo de 0.05, lo que quiere decir al comparar la media de la resistencia a la flexión del concreto convencional y con la media del concreto compuesto con el Diamond Grid existe una diferencia significativa, por lo tanto, se acepta la  $H_0$ , es decir, El empleo de la geomalla Diamond Grid mejorará significativamente la resistencia a la flexión del concreto para pavimento.

Por lo antes expuesto, se puede afirmar que el empleo de la geomalla Diamond Grid mejora las propiedades mecánicas de la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto para pavimento.

Por otro lado, se evaluó la rugosidad de una losa construida con la geomalla Diamond Grid, esto con la finalidad de conocer si cumple con los estándares internacionales. De acuerdo con la norma EG-2013 para Pavimento de concreto

hidráulico estable que el IRI no debe ser mayor a 3.0 m/km, los resultados se pueden observar en la tabla N° 19.

Tabla N° 19. Índice de rugosidad internacional para tres tramos.

Tramo	Índice de rugosidad internacional (m/km)
I	2.43
II	2.12
III	0

Fuente: Elaboración propia. (Sé adjuntan ensayos)

Estos resultados demuestran que el concreto compuesto con Diamond Grid cumplen con la norma índice de rugosidad internacional, ya que arrojo valores de 2.34, 2.12 y 0.00 los tramos evaluados.

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Al evaluar la resistencia del concreto que se recibió en la obra, se observó un aumento de la resistencia a la compresión hasta los 14 días de edad y luego una disminución de la misma a partir de esta edad, obteniéndose a los 8 días de edad un valor promedio de 293.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para los 14 días de edad el valor promedio fue de 379.00 kg/cm<sup>2</sup> y para 16 días de edad la resistencia promedio fue de 353.33 kg/cm<sup>2</sup>. Con relación a la resistencia a la flexión se observó un comportamiento similar, un aumento hasta los 14 días de edad de los especímenes, luego una disminución después de la edad mencionada, consiguiéndose para los 8 días de edad un valor promedio de 214.40 kg/cm<sup>2</sup>, para los 14 días se encontró un valor promedio igual a 295.18 kg/cm<sup>2</sup> y para los 16 un valor promedio de 275.38 kg/cm<sup>2</sup>.

Ahora bien, una vez elaboradas las probetas de concretos con el sistema Diamond Grid, se evaluó la resistencia a la compresión, se observó un aumento hasta los 14 días de edad y luego una disminución de esta a partir de esta edad, obteniéndose a los 8 días de edad un valor promedio de 345.00 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para los 14 días de edad el valor promedio fue de 556.67 kg/cm<sup>2</sup> y para 16 días de edad la resistencia promedio fue de 353.33 kg/cm<sup>2</sup>. En el caso de la resistencia a la flexión se observó un comportamiento similar, un aumento hasta los 14 días de edad de los especímenes, luego una disminución después de la edad mencionada, consiguiéndose para los 8 días de edad un valor promedio de 2151.35 kg/cm<sup>2</sup>, para los 14 días se encontró un valor promedio igual a 3010.79 kg/cm<sup>2</sup> y para los 16 un valor promedio de 2910.18 kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo con lo anterior, se puede evidenciar que el sistema Diamond Grid incrementa la resistencia del concreto cuando se enfrenta a la compresión, así como a la flexión. Esto es debido a que su estructura en forma de malla permite una mejor compactación del concreto, reduciendo la porosidad de la pasta, lo cual impide el ingreso de humedad y sustancias abrasivas hacia el interior del elemento de concreto.

Al comparar los resultados a la flexión obtenido por Núñez (2015), el cual empleó geosintéticos para optimizar el espesor de pavimento, obtuvo un aumento de la resistencia a la flexión igual a 40 kN/m, siendo este un resultado similar al obtenido en la presente investigación, lo que demuestra que el sistema Diamond Grid mejora la resistencia del concreto convencional de la misma manera como lo mejora un material geosintético.

Al comprar los resultados obtenidos en relación a la resistencia mecánica en la presente investigación, con los reportados por Alayon y Olivos (2019), donde se evaluó el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica tipo MD-12 empleando geosintéticos (geomalla biaxial), donde se obtuvo una resistencia de 105 kN, lo que demostró que a pesar de los elevados costos de las geomallas, esta garantiza la vida útil del pavimento, aumentando la resistencia del mismo, para ambos casos investigados.

Al comparar las medias obtenidas de la resistencia a la compresión de las muestras del concreto convencional ( $341.44 \text{ kg/cm}^2$ ) con las muestras del concreto con el sistema Diamond Grid ( $483.75 \text{ kg/cm}^2$ ), se observó que esta diferencia es significativa (sig. Bilateral 0.000). Por otro lado, al comparar las medias obtenidas de la resistencia a la flexión de las muestras del concreto convencional ( $261.65 \text{ kg/cm}^2$ ) con las muestras del concreto con el sistema Diamond Grid ( $2695.89 \text{ kg/cm}^2$ ), se evidenció que esta diferencia es significativa (sig. Bilateral 0.000).

Asimismo, se evaluó la viabilidad económica de la implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramarsa en la Ciudad de Ilo, permitió conocer el costo de suministro de Diamond Grid igual a S/. 5,230.38 (USD 1,473.51) y costo de inversión de S/. 117,520.92, equivalente a USD 33,108.21 empleando como tipo de cambio igual a 3,5496 soles por dólar, de acuerdo con el Banco Nacional de Reserva del Perú (2020). Al comparar los resultados económicos obtenidos para losas de concreto convencional con espesores usados para un centro portuario debido a su carga, regularmente sería una losa de 20 cm de espesor, ó losas reforzadas con fibras de acero, ó losas reforzadas con acero, se obtiene un ahorro del 29.57%, 33.84% y 37.93% respectivamente vs el pavimento compuesto con Diamond Grid; como se evidencia en el Grafico N° 1, es decir, es mucho más viable el uso del sistema Diamond Grid para el diseño de pavimentos.

## CONCLUSIONES

1. Se prepararon 9 probeta de concretos sin el sistema Diamond Grid, obteniéndose una resistencia a la compresión promedio para 8 días igual a  $293.00 \text{ kg/cm}^2$ , para 14 días igual a  $378.00 \text{ kg/cm}^2$  y para 16 días igual a  $353.33 \text{ kg/cm}^2$ , obteniéndose una media de para los 9 ensayos realizados igual a  $341.44 \text{ kg/cm}^2$ ; mientras que para las 9 losetas preparadas se obtuvo una resistencia a la flexión promedio para 8 de  $214.40 \text{ kg/cm}^2$ , para 14 días fue de  $295.18 \text{ kg/cm}^2$  y para 16 días fue de  $275.38 \text{ kg/cm}^2$ , obteniéndose una media de para los 9 ensayos realizados igual a  $261.65 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Se prepararon 9 probeta de concretos con el sistema Diamond Grid, obteniéndose una resistencia a la compresión promedio para 8 días igual a  $345.60 \text{ kg/cm}^2$ , para 14 días igual a  $556.67 \text{ kg/cm}^2$  y para 16 días igual a  $549.00 \text{ kg/cm}^2$ , obteniéndose una media de para los 9 ensayos realizados igual a  $483.75 \text{ kg/cm}^2$ ; mientras que para las 9 losetas preparadas se obtuvo una resistencia a la flexión promedio para 8 de  $2151.35 \text{ kg/cm}^2$ , para 14 días fue de  $3010.79 \text{ kg/cm}^2$  y para 16 días fue de  $2910.18 \text{ kg/cm}^2$ , obteniéndose una media de para los 9 ensayos realizados igual a  $2695.89 \text{ kg/cm}^2$ ; lo que demuestra que el sistema de geomallas triaxiales Diamond Grid mejora significativamente la resistencia a la compresión y a la flexión del pavimento.
3. Se desarrolló un método para la instalación de pavimento compuesto con Diamond Grid para diferentes proyectos, el cual establece las responsabilidades de las personas involucradas en el proceso, los recursos y mano de obra a utilizar y pasos a seguir para la instalación.
4. El costo del suministro Diamond Grid fue igual a S/. 5,230.38 y el costo total de inversión fue de S/. 117,520.92, obteniéndose un VAN de S/. 199,955.59, una TIR de 58% y un tiempo de retorno de la inversión de 1.36 años, por lo cual se considera un proyecto económicamente factible.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar evaluaciones de carga y deformación resultante para el concreto con el compuesto Diamond Grid.
2. Se deben realizar evaluaciones de módulo resiliente para el concreto con el compuesto Diamond Grid.
3. Se debe buscar estandarizar el proceso de instalación con el nuevo sistema de pavimento compuesto Diamond Grid.
4. Para los ensayos de las probetas de Diamond Grid con concreto no sé cuenta con una Norma, por lo que se sugiere guiarse de la norma peruana ASTM C39/NTP 339.034, al momento de ensayar probetas con Diamond Grid.
5. Se debe aplicar el método propuesto para la instalación de pavimento con compuesto Diamond Grid en diferente proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Arias, F. (2012).* El proyecto de investigación. Caracas: Editorial Episteme.

ACI-R522 (2010). 522R-10 Report on Pervious Concrete (Reapproved 2011). Recuperado de [https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52210&Format=PROTECTED\\_PDF&Language=English&Units=US\\_AND\\_METRIC](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52210&Format=PROTECTED_PDF&Language=English&Units=US_AND_METRIC)

*Alayon, Y., y Olivos, J. (2019).* Evaluación del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica tipo MD-12 usando geosintéticos (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

*Almendarez, L., y Reyes, J. (julio, 2017).* Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han : Caso de Aplicación en Honduras. Trabajo presentado en la 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education, Boca Raton, FL. Resumen recuperado de [http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/student\\_Papers/SP495.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/student_Papers/SP495.pdf)

*American Association of State Highway and Transportation Officials 1993.* AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington, DC, USA.

*American Society of Testing Materials. (2008).* Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. (ASTM C494 / C494M-08a). doi: [https://doi.org/10.1520/C0494\\_C0494M-08A](https://doi.org/10.1520/C0494_C0494M-08A)

*American Society of Testing Materials. (2013).* Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. (ASTM C642-13). doi: <https://doi.org/10.1520/C0642-13>

*American Society of Testing Materials. (2018a).* Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete. (ASTM C1602 / C1602M-18). doi: [https://doi.org/10.1520/C1602\\_C1602M-18](https://doi.org/10.1520/C1602_C1602M-18)

*American Society of Testing Materials. (2018b).* Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. (ASTM C39 / C39M-18). doi: [https://doi.org/10.1520/C0039\\_C0039M-18](https://doi.org/10.1520/C0039_C0039M-18)

*Banco Central de Reserva del Perú. (2020).* Tipo de cambio. Banco Central de Reserva del Perú. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/>

*Benites, J. (2014).* Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera río Jequetepeque y el aditivo chemaplast (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

*Bustamante, A. (2016).* Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

*Chávez, D., y Odar, G. (2019).* Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

*Chura, E., y Romero, S. (2017).* Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.

*Córdova, D. (2018).* Mejoramiento de la mezcla del concreto permeable adicionando polipropileno en el Jirón La Libertad provincia de Recuay, Ancash - 2017 (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

*Corredor, G. (2008).* Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Universidad Nacional de Ingeniería, Managua-Nicaragua.

*Cuelho, E., y Perkins, E. (2017).* Geosynthetic subgrade stabilization - Field testing and design method calibration. *Transportation Geotechnics*, (10), 22–34. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2016.10.002>

*Diamond Grid. (2019).* Guía de información e instalación de Geogrid. Recuperado de <https://www.diamondgrid.com/pe-es/aplicaciones/>

*Fernández, C. (2013).* Diseño de hormigones con porosidad controlada (Tesis de maestría). Escuela Técnica de Catalunya, Barcelona, España.

*Gamez, J., Guzman, C., y Renderos, F. (2016).* Evaluación del comportamiento en el módulo de ruptura en concretos permeables para carpetas de rodadura de pavimentos

rígidos utilizando geosintéticos en su estructura (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria, El Salvador.

*Gomez Vallejos, S. J. (2014).* Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau-Trujillo-la Libertad.

*Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010).* Metodología de la investigación. D.F: McGraw Hill.

*Hernández, M. (2017).* Concreto permeable con adición de tiras de plástico y su aplicación en pavimentos rígidos de tráfico liviano (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Hinojosa, H. (2018).* Diseño de pavimento flexible reforzado con geomallas para la reducción de la estructura del pavimento (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

*Hufenus, R., Rueegger, R., Banjac, R., Mayor, P., Springman, S., y Bronnimann, R. (2006).* Full-scaled field tests on geosynthetic reinforced unpaved roads on soft subgrade. *Geotextiles and Geomembranes*, 24, 21–37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2005.06.002>

Jiménez, J. V., Theurer, M. M., Rizo, J. C., Maza, C., Zambrano, I. B., Cevallos, G. V., ... & Lucio, S. (2017). La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. *Ingeniería*, 21(1).

*Levin, R., y Rubin, D. (2004).* Estadística para administración y economía. México D.F.: Pearson Educación.

*López-Lara, T., Hernández-Zaragoza, J., y Horta-Rangel, J. (2010).* Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo;jsessionid=7ED5AFB1330769AC25469045E0BB0A23.dialnet02?codigo=3694127>

*Miranda, F., y Sánchez, E. (2015).* Evaluación del módulo resiliente y deformación permanente de una base granular mecánicamente estabilizada con geomalla (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Molina López, G. A. (2020). Diseño estructural de pavimento y viabilidad económica de

tres rutas cantonales en la comunidad de Turrialba.

*Norma Técnica Peruana (2012)*. Concreto. Concreto Premezclado. (NTP 339.114 )  
Recuperado de [https://www.academia.edu/35493330/Norma\\_concreto\\_premezclado](https://www.academia.edu/35493330/Norma_concreto_premezclado)

*Norma Técnica Peruana (2013)*. Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. (NTP 339.183). Recuperado de <https://www.scribd.com/document/372901325/NTP-339-183-2013-pdf>

*Núñez, A. (2015)*. Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

*Parella, M. y Martins, F. (2012)*. Metodología de la investigación cuantitativa. Caracas: Fedupel.

*Perafán, W. (2013)*. Guía para el mantenimiento rutinario de vías no pavimentadas (Tesis de postgrado). Universidad de Medellín, Medellín Colombia.

*Quispe, I., y Ticona, E. (2017)*. Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

*Ramírez, J. (2017)*. Análisis del terreno natural - aplicando material geosintético mejorando su resistencia para la base granular de la carretera de Yangas - Lima 2017 (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

*Scipion Piñella, O. (2018)*. Diseño de pavimentos portuarios con adoquines para la durabilidad del patio de contenedores del puerto del Callao, 2018.

*Sol-Sánchez, M., Rubio-Gámez, M., y Moreno-Navarro, F. (2017)*. Structural analysis of polymer modified bitumious materials in the rehabilitation of light-medium traffic volume roads. *Construction and Building Materials*, (156), 621–631. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.006>

*Tapia, A., Barona, F., Inga, L., y Santos, E. (2017)*. Diseño de un Pavimento Utilizando Geomallas en Tramo de la Carretera Bajada de Chanduy – Aguas Verdes -Pocito (Absc. 2+900 Hasta Absc. 3+600). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado de [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7649/1/Diseño de un Pavimento utilizando geomallas.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7649/1/Diseño%20de%20un%20Pavimento%20utilizando%20geomallas.pdf)

## ANEXOS

Anexo 1: Carta N°00001-2021-DG – Aprobación para el uso de información.....	84
Anexo 2: Ensayos a la compresión en el laboratorio MATESTLAB.....	85
Anexo 3: Anexo 03: Tabla N° 20. Matriz de consistencia. ....	97

## ANEXOS

### Anexo 01: Carta N°0001-2021-DG – Aprobación para el uso de información

DIAMOND GRID LATIN AMERICA S.A.C.  
RUC: 20602446167  
Av. Los Tulipanes Mz. G Lote 14  
Lurin, Lima 18. Perú  
Tel: 334-0005



**CARTA N°0001-2021-DG.**

**SRTA. LLERENA DE LOS RIOS PAOLA ANTUANET**  
Avenida La Encolada 1471, Santiago de Surco

**ASUNTO:** Aprobación para el uso de información del proyecto: MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS CON PAVIMENTO COMPUESTOS DIAMOND GRID EN EL CENTRO PORTUARIO TIAPASA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ.

Por medio de la presente, el suscrito Walter Ricardo Félix Zúñiga, identificado con DNI N° 46315579, representante legal de la empresa DIAMOND GRID LATIN AMERICA S.A.C, identificada con RUC 20602446167, con domicilio en Av. Los Tulipanes Mz. G Lt. 14 – Urb. Huertos de Santa Genoveva, Lurin, me presento y expongo lo siguiente:

Que con fecha 12 de julio del 2021, se le brinda la autorización para el uso de la información del proyecto mencionado en el asunto de la presente carta a la Srta. Paola Antuanet Llerena De Los Rios, identificada con DNI N° 46109597.

Así mismo, de acuerdo con el informe de la Unidad de Obras Públicas Estudios y Formulación de Proyectos, se solicita realizar el recorrido correspondiente a fin de verificar los avances de obra a nivel de metas verificables.

Agradecido por anticipado la atención a lo presente, me despido de usted.

Atentamente;

Lurin, 12 de julio del 2021



Walter Ricardo Félix Zúñiga  
GERENTE GENERAL



DIAMOND GRID LATIN AMERICA  
peru@diamondgrid.com  
www.diamondgrid.com



Environmental and Quality Certifications: ISO 9001, ISO 14001, and ISO 45001.

Anexo 02: Ensayos a la compresión en el laboratorio MATESTLAB.

INFORME		Código	AE-FD-024
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
		Fecha	25-06-2019
		Página	1 de 1

PROYECTO	MAINTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ.	REGISTRO N°	MTL - 28 - 282
SOLICITANTE	Diamond Grid	REALIZADO POR	J. GUETO
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	H. SANTIAGO
UBICACIÓN DE PROYECTO	Puerto Tramarisa Ilo - Moquegua	FECHA DE ENSAYO	---
FECHA DE EMISIÓN	---	TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Placas de concreto 13 x 13 x 4 cm.		
Po de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LIZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Losetas con Diamond Grid	08/06/2019	25/06/2019	16 días	TERCIO CENTRAL	45.0	2807.77 kg/cm <sup>2</sup>
Losetas con Diamond Grid	08/06/2019	25/06/2019	16 días	TERCIO CENTRAL	45.0	2971.32 kg/cm <sup>2</sup>
Losetas con Diamond Grid	08/06/2019	25/06/2019	16 días	TERCIO CENTRAL	45.0	2801.66 kg/cm <sup>2</sup>

**C 78 - 08**

fuente: ASTM C78

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO/IM	JEF. LAB.	GER. LAB.
 <b>HENRY V. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL	

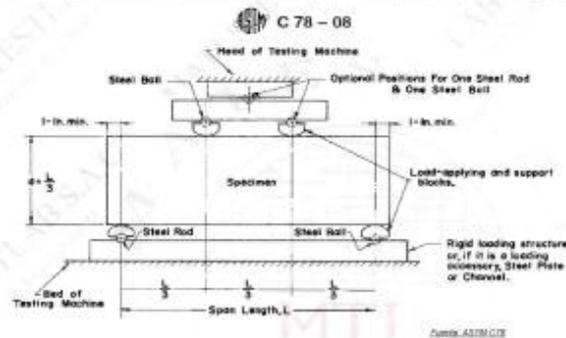

---

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal 2da etapa, 15023, San Martín de Porres	948650513 912462558	informes@laboratoriomatestlab.com www.laboratoriomatestlab.com
--	------------------------	---

	<b>INFORME</b>		Código	AR.FD.138
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>		Versión	01
			Fecha	23-06-2019
			Página	1 de 1
PROYECTO	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ.	REGISTRO N°:	MTL - 20 - 281	
SOLICITANTE	Diamond Grid	REALIZADO POR	J. CUETO	
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	H. SANTIAGO	
UBICACIÓN DE PROYECTO	Puerto Tramarisa (Ilo - Moquegua)	FECHA DE ENSAYO	---	
FECHA DE EMISIÓN	---	TURNO	Díaño	
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Prismas de concreto 13 x 13 x 4 cm			
Peso de diseño	200 kg/cm <sup>2</sup>			

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	3016.72 kg/cm <sup>2</sup>
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	3009.45 kg/cm <sup>2</sup>
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	3068.21 kg/cm <sup>2</sup>



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LAB	JEFE LAB	DIR. LAB
 	 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>MATESTLAB S.A.C</b> RUC 20004738572 <b>NICOLÉE CYNTHIA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, San Martín de Porres

948650513  
912462558

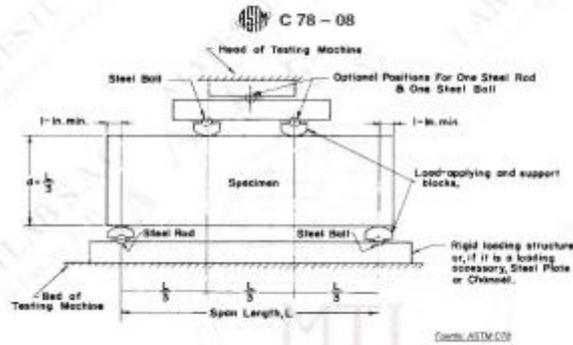
informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

	<b>INFORME</b>	Código	AC-F0-104
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>	Versión	01
		Fecha	17-08-2019
		Página	1 de 1

PROYECTO	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ	REGISTRO N°	MIL - 20 - 284
SOLICITANTE	Diamond Grid	REALIZADO POR	J. CUETO
CODIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	H. SANTIAGO
UBICACIÓN DE PROYECTO	Puerto Tramarza II - Moquegua	FECHA DE ENSAYO	---
FECHA DE EMISIÓN	---	TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Placas de concreto 15 x 13 x 4 cm		
F'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8 días	TERCIO CENTRAL	45,8	2191,35 kg/cm <sup>2</sup>
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8 días	TERCIO CENTRAL	45,0	2168,32 kg/cm <sup>2</sup>
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8 días	TERCIO CENTRAL	45,0	2185,54 kg/cm <sup>2</sup>



- OBSERVACIONES:**
- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
  - \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LIM	JEFE LAB	COC - LAB
 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales	Nombre y Firma:  <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	Nombre y Firma:  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC 2060738572 <b>NICOLLE C. JAMPA GARRETO</b> GERENTE GENERAL

 Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, San Martín de Porres

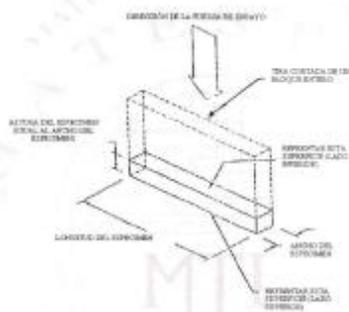
 948650513  
912462558

 informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

	<b>INFORME</b>		Código	MS-10-102
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS Y LOSETAS DE CONCRETO		Escala	1:1
			Fecha	28.08.2019
			Página	1 de 1
PROYECTO	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ	REGISTRO N°:	MTL-20-203	
SOLICITANTE	Diamond Grid	REALIZADO POR:	J. Guzmán	
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR:	---	
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima	FECHA DE ENVÍO:	18/08/19	
FECHA DE EMISIÓN	Indicada	TURNO:	Diurno	
Tipo de muestra	Losetas de concreto 4 x 13 x 13 cm			
Presentación	---			
Resistencia de diseño (F <sub>td</sub> )	280 kg/cm <sup>2</sup>			

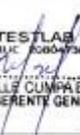
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C140 / NTP 389.804**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	ANCHO (cm)	LONGITUD (cm)	ALTURA (cm)	N°	Factor de Corrección	FUERZA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO F <sub>td</sub>	% F <sub>td</sub>
Losetas con Diamond Grid	08/06/2019	25/06/2019	18	13	13	4	0.31	0.49	189107	99,0	545,90 kg/cm <sup>2</sup>	194,6%
Losetas con Diamond Grid	08/06/2019	25/06/2019	18	13	13	4	0.31	0.48	181964	99,0	553,00 kg/cm <sup>2</sup>	197,3%
Losetas con Diamond Grid	08/06/2019	25/06/2019	18	13	13	4	0.31	0.48	180576	99,0	549,00 kg/cm <sup>2</sup>	196,1%



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de MATESTLAB S.A.C.
- \* Los recursos para la elaboración de los bloques fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LEM	JEC LEM	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
 	 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC 2004738572 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

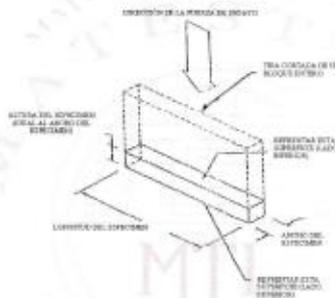
	<b>INFORME</b>	Código	ALFO 102
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS Y LOSETAS DE CONCRETO	Revisión	01
		Fecha	21-06-2019
		Página	1 de 1

PROYECTO	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ.	REGISTRO N°:	MTL - 20 - 277
SOlicitANTE	Diamond Grid	REALIZADO POR:	J. Canto
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR:	---
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima	FECHA DE ENSAYO:	Indicada
		TURNO:	Diurno

Tipo de muestra	Losetas de concreto 4 x 13 x 13 cm
Presentación	---
Resistencia de diseño (f'm)	280 kg/cm <sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C140 / NTP 399.504**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	ANCHO (mm)	LONGITUD (mm)	ALTURA (mm)	h <sup>2</sup>	Factor de Corrección	FUERZA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO F'm	% F'm
Losetas con Diamond Grid	04/06/2019	23/06/2019	14	13	13	4	0,31	0,48	191064	100,0	553,00 kg/cm <sup>2</sup>	197,5%
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14	13	13	4	0,31	0,48	184394	99,0	500,00 kg/cm <sup>2</sup>	206,0%
Losetas con Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14	13	13	4	0,31	0,48	193303	99,0	557,00 kg/cm <sup>2</sup>	198,0%



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestras realizadas en el laboratorio de MATESTLAB SAC  
 \* Los insumos para la elaboración de los bloques fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de MATESTLAB SAC

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y Firma: 	Nombre y Firma: 	Nombre y Firma: 
 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales	<b>HENRY F. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. C.P. N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	<b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC: 20064730172 <b>NICOLLE COMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

 Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, San Martín de Porres

 948650513  
 912462558

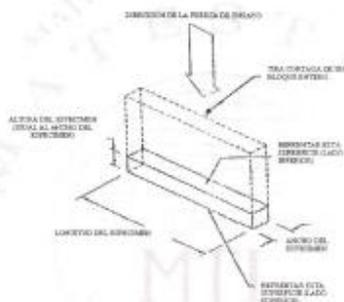
 informes@laboratoriomatestlab.com  
 www.laboratoriomatestlab.com

	<b>INFORME</b>	Código	45-00-100
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS Y LOSETAS DE CONCRETO</b>	Versión	01
		Fecha	17.05.2019
		Página	1 de 1

PROYECTO	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARCA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ	REGISTRO N°	MTL-20-079
SOLICITANTE	Diamond Grid	REALIZADO POR	J. QUETO
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	---
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima	FECHA DE ENVÍO	15/05/2019
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Loetas de concreto 4 x 13 x 13 cm		
Presentación	---		
Resistencia de diseño (P <sub>in</sub> )	280 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
ASTM C140 / NTP 399.804**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	ANCHO (cm)	LONGITUD (cm)	ALTURA (cm)	SA*	Factor de Corrección	FUERZA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO P <sub>in</sub>	% P <sub>in</sub>
Loetas con Diamond Grid	09/05/2019	15/05/2019	7	13	13	4	0,31	0,49	120255	169,0	346,26 kg/cm <sup>2</sup>	123,7%
Loetas con Diamond Grid	09/05/2019	15/05/2019	7	13	13	4	0,31	0,49	119750	169,0	344,07 kg/cm <sup>2</sup>	123,2%
Loetas con Diamond Grid	09/05/2019	15/05/2019	7	13	13	4	0,31	0,49	119648	169,0	345,54 kg/cm <sup>2</sup>	123,4%



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras realizadas en el laboratorio de MATESTLAB S.A.C.
- \* Los ensayos para la elaboración de los bloques fueron provistos por el solicitante y ensayados en el laboratorio de MATESTLAB S.A.C.

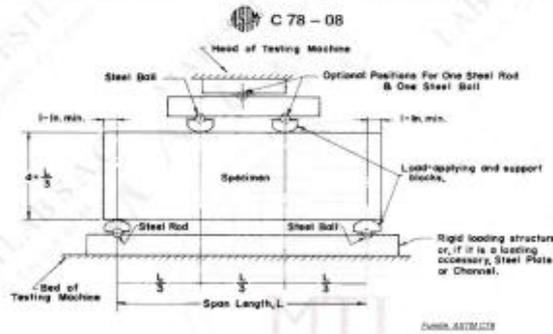
<b>MATESTLAB S.A.C.</b>		
<b>TECNICO LEM</b>	<b>JEFES LEM</b>	<b>COO - LEM</b>
Nombre y Firma:  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales	Nombre y Firma:  <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	Nombre y Firma:  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC 20804734572 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

	INFORME	Código	AE-PC-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Varante	01
		Fecha	25-08-2019
		Página	1 de 1

PROYECTO	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ.	REGISTRO N°:	MIL-20-279
SOLICITANTE	— Diamond Grid	REALIZADO POR	J. CUETO
CÓDIGO DE PROYECTO	—	REVISADO POR	H. SANTIAGO
UBICACIÓN DE PROYECTO	— Puerto Tramarisa - Moquegua	FECHA DE ENSAYO	—
FECHA DE EMISIÓN	—	TURNO	Díamo
Tipo de muestra	— Concreto endurecido		
Presentación	— Planchas de concreto 15 x 15 x 50 cm		
Fuente de datos	— 250 kg/cm <sup>2</sup>		

REFERENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VAGADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Pruebas sin Diamond Grid	09/05/2019	25/06/2019	16 días	TERCIO CENTRAL	45.0	275.21 kg/cm <sup>2</sup>
Pruebas sin Diamond Grid	09/06/2019	25/06/2019	16 días	TERCIO CENTRAL	45.0	277.89 kg/cm <sup>2</sup>
Pruebas sin Diamond Grid	09/06/2019	25/06/2019	16 días	TERCIO CENTRAL	45.0	273.24 kg/cm <sup>2</sup>



- OBSERVACIONES:
- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
  - \* LAS MUESTRAS CUMPLEN CON LAS EXIGENCIAS ESTABLECIDAS EN LA NORMA DE ENSAYO.

INGENIERO EN	INGENIERO EN	INGENIERO EN
 	 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC 20064738572 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, San Martín de Porres

948650513  
912462558

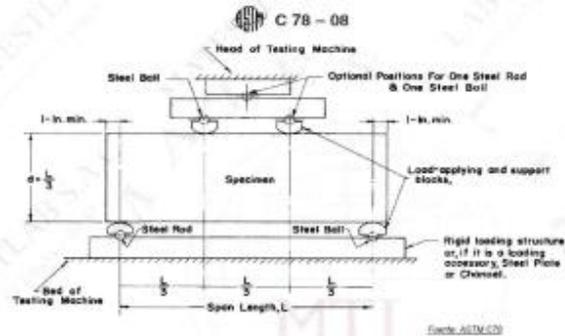
informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

	<b>INFORME</b>	Código	42-F0-04
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>	Versión	01
		Fecha	23.06.2019
		Página	1 de 1

PROYECTO	MANTEENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERU.	REGISTRO N°	MTL - 29 - 278
SOLICITANTE	Diamond 094	REALIZADO POR	J. CUETO
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	H. SANTIAGO
UBICACIÓN DE PROYECTO	Puerto Tramarisa Ilo - Moquegua	FECHA DE ENSAYO	---
		TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Pruebas de concreto 15 x 15 x 50 cm		
f'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup>		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Pruebas sin Diamond Grid	08/06/2019	23/06/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	298,13 kg/cm <sup>2</sup>
Pruebas sin Diamond Grid	08/06/2019	23/06/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	299,88 kg/cm <sup>2</sup>
Pruebas sin Diamond Grid	08/06/2019	23/06/2019	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	283,73 kg/cm <sup>2</sup>



**OBSERVACIONES:**

\* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LEA	JEFE LEA	COD. LEA
 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales	 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC: 2040478872 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

 Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, San Martín de Porres

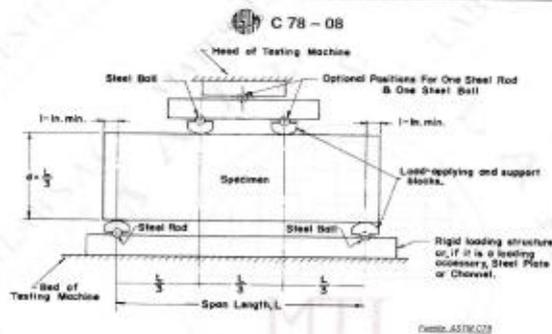
 948650513  
912462558

 informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

	<b>INFORME</b>	Código	AS-PO-126
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>	Versión	01
		Fecha	17-06-2019
		Página	1 de 1
<b>PROYECTO</b> MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ. <b>SOLICITANTE</b> Diamond Grid <b>CÓDIGO DE PROYECTO</b> --- <b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b> Puerto Tramarisa Ilo - Moquegua <b>FECHA DE EMISIÓN</b> ---	<b>REGISTRO N°:</b> MTL - 28 - 286 <b>REALIZADO POR:</b> J. CUETO <b>REVISADO POR:</b> H. SANTIAGO <b>FECHA DE ENSAYO:</b> --- <b>TURNO:</b> Diurno		
<b>Tipo de muestra:</b> Concreto endurecido <b>Presentación:</b> Probetas cilíndricas de concreto 15 x 15 x 50 cm <b>Fu de diseño:</b> 280 kg/cm <sup>2</sup>			

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VULNERADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8 días	TERCIO CENTRAL	45,0	215,11 kg/cm <sup>2</sup>
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8 días	TERCIO CENTRAL	45,0	217,55 kg/cm <sup>2</sup>
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8 días	TERCIO CENTRAL	45,0	210,65 kg/cm <sup>2</sup>



- OBSERVACIONES:**
- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
  - Las muestras cumplir con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LEM Nombre y Firma  	JEFE LEM Nombre y Firma  <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	GERENTE LEM Nombre y Firma  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC 20604739572 <b>NICOLLE CUMBA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, San Martín de Porres

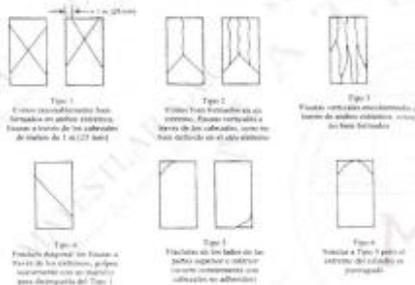
948650513  
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

	<b>INFORME</b>		Código	AB-PO-101
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>		Versión	31
			Fecha	28-08-2019
			Página	1 de 1
PROYECTO	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ.		REGISTRO N°	MIL - 26 - 278
CLIENTE	Diamond Grid		REALIZADO POR	J. CUETO
SOLICITANTE	Ing. Paola Arzuaveñ Limera de los Ríos		REVISADO POR	H. SANTIAGO
UBICACIÓN DE PROYECTO	Puerto Tramarisa Ilo- Moquegua		FECHA DE ENSAYO	---
FECHA DE EMISIÓN	---		TURNOS	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido			
Presentación	Especímenes cilíndricos 4" x 8"			
Fc de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup>			

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VIGCIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	Fc	% Fc
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	25/08/2019	16	10,10	20	1	1,98	26644,0	358 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	128%
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	25/08/2019	16	10,10	20	1	1,98	27550,0	344 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	123%
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	25/08/2019	16	10,10	20	2	1,98	20845,0	358 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	128%



8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table (Note 1).

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fonte: ASTM C39

	Coefficient of Variation <sup>a</sup>	Acceptable Range <sup>b</sup> of Individual Cylinder Strengths / Specimens
8 by 12 in. (200 by 300 mm) Laboratory conditions	2.4%	8.6% / 7.9%
Field conditions	2.8%	8.0% / 8.5%
8 by 16 in. (200 by 400 mm) Laboratory conditions	2.6%	8.0% / 7.6%

Fonte: ASTM C39

Fig. 2 Esquema de los Tipos de Fractura Tipos

Fonte: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

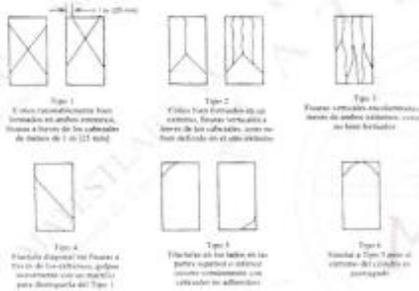
- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LEM	EJE LEM	COC - LEM
Nombre y firma:  	Nombre y firma:  <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	Nombre y firma:  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC / 20604732572 <b>NICOLLE CUMPA BARRERO</b> GERENTE GENERAL

	<b>INFORME</b>	Código	AP-FO-181
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRUEBAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	Versión	01
		Fecha	24-06-2019
		Página	1 de 1
PROYECTO	MANUTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ	REGISTRO N°	MTL - 20 - 274
CLIENTE	Diamond Grid	REALIZADO POR	J. CUETO
SOLICITANTE	Ing. Pedro Antuñán Llerena de los Ríos	REVISADO POR	H. SANTIAGO
UBICACIÓN DEL PROYECTO	Puerto Tramarisa - Moquegua	FECHA DE ENSAYO	---
FECHA DE EMISIÓN	---	TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	280 kg/cm <sup>2</sup>		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VAMADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	P <sub>s</sub>	% P <sub>s</sub>
Pruebas sin Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14	10,10	20	1	1,98	31340,0	301 kg/cm <sup>2</sup>	290 kg/cm <sup>2</sup>	140%
Pruebas sin Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14	10,10	20	1	1,98	28550,0	305 kg/cm <sup>2</sup>	290 kg/cm <sup>2</sup>	127%
Pruebas sin Diamond Grid	09/06/2019	23/06/2019	14	10,10	25	1	1,96	31020,0	387 kg/cm <sup>2</sup>	290 kg/cm <sup>2</sup>	138%



5.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 5.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table (Note 1):

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

The interpretation to determine correction factors for L/D values between those given in the table:

Specimen Length to Diameter Ratio	Coefficient of Variation*	Acceptable Range <sup>†</sup> of Individual Cylinder Strengths (Individual Strengths)
4 to 12 in. (100 to 300 mm) Laboratory conditions, Field conditions	2.4% / 2.9%	6.8% / 8.5%
4 to 8 in. (100 to 200 mm) Laboratory conditions	2.8%	8.0% / 10.0%

**FIG. 2 Especificaciones de los Tipos de Pruebas de Compresión**

**OBSERVACIONES:**

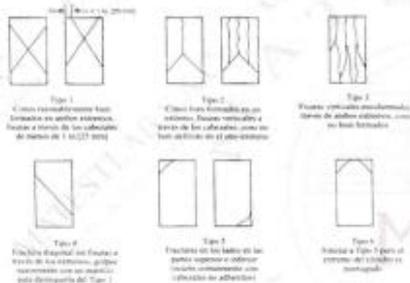
- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- † Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LEM	JUNIO 2019	GGC - LEM
Miembro y Firma:	Miembro y Firma:	Miembro y Firma:
 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales	 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC N° 20000336372 <b>NICOLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

	<b>INFORME</b>		<b>Código</b>	AP-PD-181
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>		<b>Versión</b>	01
			<b>Fecha</b>	18-06-2019
			<b>Página</b>	1 de 1
<b>PROYECTO</b>	MANTENIMIENTO DE VÍAS DETERIORADAS EN EL CENTRO PORTUARIO TRAMARSA EN LA CIUDAD DE ILO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA, PERÚ	<b>REGISTRO N°:</b>	MTL - 20 - 273	
<b>CLIENTE</b>	Diamond Grid	<b>REALIZADO POR</b>	J. CUETO	
<b>SOLICITANTE</b>	Ing. Paola Antuanez Ureña de los Ríos	<b>REVISADO POR</b>	H. SANTIAGO	
<b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b>	Puerto Tramarso Ilo- Moquegua	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	---	
<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	---	<b>TURNO</b>	Diurno	
<b>Tipo de muestra</b>	Concreto endurecido			
<b>Presentación</b>	Especímenes cilíndricos 4" x 8"			
<b>Pc de diseño</b>	280 kg/cm <sup>2</sup>			

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	P <sub>c</sub>	% P <sub>c</sub>
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8	10,10	20	1	1,98	24526,0	306 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	106%
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8	10,10	20	1	1,98	24174,0	302 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	108%
Probetas sin Diamond Grid	09/06/2019	17/06/2019	8	10,10	20	5	1,98	21712,0	271 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	97%



8.2 If the specimen length-to-diameter ratio is 1.35 or less, correct the results obtained as 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table (Note 1):

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.96	0.98	1.00	1.02

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fonte: ASTM C39

Coefficient of Variation*	Acceptance Range <sup>1</sup> of Individual Cylinder Strengths (3 cylinders)		
	2.4%	3.0%	3.5%
0 by 12 in. (0 by 300 mm) Laboratory conditions Field conditions	8.0%	8.0%	10.0%
0 by 6 in. (0 by 150 mm) Laboratory conditions	8.0%	8.0%	10.0%

Fonte: ASTM C39

FIG. 3 Tipos de los Modos de Fractura Típicos

Fonte: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro con lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LIM	JEFE LIM	CCO LIM
Nombre y firma:  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales	Nombre y firma: <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	Nombre y firma:  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC 20084738072 <b>NICOLLIS CUMBA BARRETO</b> GERENTE GENERAL

Anexo 03: Tabla N° 11. Matriz de consistencia.

<b>Título: Implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.</b>				
<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>		
¿De qué manera se puede implementar el nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?	Implementar el nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú	La implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú, mejorará sus propiedades mecánicas en un 80 % con respecto a los pavimentos convencionales.	<b>Variable independiente</b>	<b>Tipo y método de investigación</b>
			Sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid	Cuantitativo – descriptivo  Diseño experimental
			<b>Variable dependiente</b>	<b>Población</b>
			Mantenimiento de vías deterioradas	Las vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa, en la ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Muestra
<p>¿Cómo es la preparación de las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?</p>	<p>Preparar las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.</p>	<p>La preparación de las losetas de concreto de prueba del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú, dependerá de las condiciones del suelo y del espesor de la muestra.</p>		<p>18 especímenes de concreto de pruebas sin Diamond Grid.</p> <p>18 especímenes de concreto de pruebas con Diamond Grid</p>

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipotesis específicas		Muestra
<p>¿Cómo se podría evaluar la viabilidad económica de la implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?</p>	<p>Evaluar la viabilidad económica de la implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.</p>	<p>La evaluación de la viabilidad económica de la implementación del nuevo sistema de pavimentos compuestos con Diamond Grid para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú, permitirá obtener hasta una reducción del 30 % en los costos de obras de pavimentos.</p>		<p><b>Procedimiento</b></p> <p>Norma Técnica Peruana NTP 339.114 – Concreto. Concreto Premezclado.</p> <p>NTP 339.183 - Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.</p>

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipotesis específicas		Muestra
<p>¿Cuál será el método adecuado de instalación de concreto con Diamond Grid en términos de rellenos y especificaciones técnicas para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú?</p>	<p>Proponer el método adecuado de instalación de concreto con Diamond Grid en términos de rellenos y especificaciones técnicas para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú.</p>	<p>La propuesta del método adecuado de instalación de concreto con Diamond Grid en términos de rellenos y especificaciones técnicas para el mantenimiento de vías deterioradas en el Centro Portuario Tramasa en la Ciudad de Ilo, Departamento de Moquegua, Perú, proporcionará una guía técnica detallada para el rubro de la ingeniería civil.</p>		<p><b>Técnica de procesamiento y análisis de datos</b></p> <p>Pruebas de laboratorio</p> <p>Sistema de tabulación</p> <p>y Lógica matemática o estadística</p>