



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**FIBRA SINTÉTICA ESTRUCTURAL PARA LA OPTIMIZACIÓN
DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO EN LA NUEVA
PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA - LIMA**

PRESENTADA POR

JAMIL ISAAC CHAHUA SOTOMAYOR

PEDRO HUGO HUAYTA ORREGO

ASESOR

ALEXIS SAMOHOD ROMERO

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**FIBRA SINTÉTICA ESTRUCTURAL PARA LA OPTIMIZACIÓN
DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO EN LA NUEVA
PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA – LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**CHAHUA SOTOMAYOR, JAMIL ISAAC
HUAYTA ORREGO, PEDRO HUGO**

LIMA - PERÚ

2018

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios por ser mi guía y fortaleza. A mis padres, Esther y Guillermo con mucho cariño porque me dieron la oportunidad de estudiar y al mismo tiempo, me apoyaron en todo momento.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios por ser mi guía y fortaleza. A mis padres, Isaac y Noris. A mis hermanos Jorge y Nory por su apoyo incondicional.

Agradecimiento

A los ingenieros Alexis Samohod Romero y Manuel Oblitas Santa María, quienes nos guiaron y brindaron asesoría para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. Planteamiento del problema	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivo de la investigación	2
1.4 Justificación de la investigación:	3
CAPÍTULO II. Marco teórico	5
2.1. Antecedentes del problema	5
2.2. Bases teóricas	13
CAPÍTULO III. Hipótesis y variables	56
3.1 Hipótesis	56
3.2 Variables	56
3.3 Matriz de consistencia	58
CAPÍTULO IV. Metodología	59
4.1 Diseño metodológico	59
4.2 Diseño muestral	60
4.3 Criterios de diseño	60

CAPÍTULO V. Resultados	86
5.1 Contrastación de hipótesis	86
5.2 Análisis e interpretación de la investigación	87
CAPÍTULO VI. Discusión	98
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	101
FUENTES DE INFORMACIÓN	103
ANEXOS	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Figura 1. Distribución de peso en un pavimento flexible y pavimento rígido.	14
Figura 2. Corte Transversal de un pavimento asfaltico	15
Figura 3.	16
Corte transversal de un pavimento rígido	16
Figura 4. Pavimento de Concreto en la Av. Venezuela (Perú, 1922)	17
Figura 5. Construcción de la Vía Expresa, (Perú, 1968)	17
Figura 6. Configuración de cargas aplicadas al pavimento	20
Figura 7: Escalonamiento en un pavimento rígido	22
Figura 8. Agrietamiento en esquina	23
Figura 9. Agrietamiento transversal y longitudinal	23
Figura 10. Junta de construcción	24
Figura 11. Juntas de Contracción	25
Figura 12. Junta de aislamiento o expansión	26
Figura 13: Puente Salginatobel en Suiza	51
Figura 14. Gradiente de temperatura	63
Figura 15. Informaciones del sistema	64
Figura 16. Parámetros de CBR	64
Figura 17. Análisis de Carga	65

Figura 18. Calculo de cargas actuantes y admisibles para carga distribuida y carga de camiones	65
Figura 19. Calculo de cargas actuantes y admisibles de cargas puntuales de un montacarga.	66
Figura 20. Valor de resistencia residual	66
Figura 21. Factor de Seguridad Global debido a cargas de Flexión	67
Figura 22.- Determinación del Factor de Seguridad Global	67
Figura 23. Molde para determinar el asentamiento	83
Figura 24. Metodología para hallar la consistencia del concreto	83
Figura 25. Esquemas de los tipos de falla	85
Figura 26. Ensayo de flexión del concreto usando viga simple cargada en los tercios de luz.	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Módulo de Ruptura (MR) Recomendado	19
Tabla 2: Cuadro de configuraciones vehiculares	21
Tabla 3. Ficha Técnica del Cemento Pacasmayo Extraforte	28
Tabla 4. Requisitos físicos del cemento	34
Tabla 5. Requisitos Químicos del Cemento	34
Tabla 6. Limite Graduación del Agregado Fino	36
Tabla 7. Límite de graduación del agregado grueso	37
Tabla 8. Límites permisibles máximos del agua	39
Tabla 9. Características y Propiedades de la Fibra Sintética	43
Tabla 10. Operacionalización de Variable Independiente	57
Tabla 11. Operacionalización de Variable Dependiente	57
Tabla 12. Resistencia a la compresión promedio	74
Tabla 13: Porcentajes que pasan por entre los tamices 2" y 3/8"75	75
Tabla 14. Asentamientos por tipo de construcción	76
Tabla 15. Agua para los TMN de Agregado	77
Tabla 16. Contenido de Aire Atrapado	77
Tabla 17. Relación Agua-Cemento	78

Tabla 18. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	79
Tabla 19. Número de Capas por Tipo de Muestra	81
Tabla 20. Diámetro de varilla y numero de golpes por capa	82
Tabla 21. Edad de Ensayo en Especímenes	84
Tabla 22. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón sin fibra sintética	88
Tabla 23. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón con fibra sintética 3kg/m³	88
Tabla 24. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón con fibra sintética 4kg/m³	89
Tabla 25. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón en viguetas sin fibra sintética	94
Tabla 26. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón en viguetas con fibra sintética en dosificación 1kg/m³	94
Tabla 27. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón en viguetas con fibra sintética en dosificación 3kg/m³	94

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar las propiedades físicas que obtiene el concreto en el diseño de un pavimento rígido mediante la adición de la fibra sintética estructural Barchip MQ58 en la planta industrial para la empresa Farmagro, ubicada en el distrito de San Antonio de Huachipa, con miras a optimizar el costo y tiempo de ejecución del pavimento, a fin de mantener y mejorar las prestaciones que tiene el diseño del pavimento original. Se realizaron los ensayos en los agregados para determinar la resistencia en un concreto patrón de 280kg/cm^2 primero y luego en un concreto donde se le adiciona la fibra sintética estructural en una dosificación de 1kg y 3kg por m^3 en viguetas y 3kg y 4kg por m^3 en probetas, se ensayaron a los 3 días y 14 días, respectivamente, obteniendo así una comparación entre estas.

Finalmente, se concluye que en una dosificación de 4kg/m^3 aumenta considerablemente el comportamiento mecánico del concreto ante la resistencia a la compresión y flexión.

Palabras claves: Diseño de un pavimento rígido reforzado usando fibra sintética estructural

ABSTRACT

The objective of the following thesis is to determine the physical properties of concrete in the design of a rigid pavement by adding the structural synthetic fiber Barchip MQ58 in the industrial plant for the company Farmagro located in the district of San Antonio de Huachipa, because it is necessary to optimize the cost and time of execution of the pavement maintaining or improving the features of the original pavement design. The tests will be carried out in the aggregates to determine our strength in a concrete pattern of 280kg / cm² first and then in a concrete where the structural synthetic fiber will be added in a dosage of 1kg and 3kg per m³ in joists and 3kg and 4kg per m³ in test tubes, being tested at 3 days and 14 days respectively, obtaining a comparison between these.

Finally, it is concluded that in a dosage of 4kg / m³, the mechanical behavior of the concrete increases significantly before the resistance to compression and bending.

Keywords: Design of a reinforced rigid pavement using structural synthetic fiber

INTRODUCCIÓN

Las propiedades que le brinda el concreto al mundo son varias, como por ejemplo su durabilidad, trabajabilidad, resistencia y versatilidad, desde su creación que fue por el año de 1824 cuando James Parker y Joseph Aspdin patentaron el Cemento Portland, cuya obtención se produce al calcinar a 1500 °C mezclas artificialmente preparadas de arcillas y caliza, luego en el año de 1910 H.F.Porter planteo sugerencias de que las propiedades físicas del concreto podrían aumentar si se le añadía a la mezcla fibras de acero.

En los pavimentos de concreto, el uso de fibras de acero arroja muy buenos resultados en carreteras, autopistas, pistas de aeropuertos y plataformas para aeronaves, zonas de carga y áreas de carga pesada, así como también en áreas turísticas donde transiten una gran cantidad de personas a pie.

En el Perú, la utilización de pavimentos rígidos se empezó a implementar en la década de los años 20, época donde empezaba la construcción de las urbanizaciones del cercado de Lima como la Urbanización Santa Beatriz, luego en el año de 1924 con la construcción de la vía que unía al Callao con Lima que después se llamaría Avenida Venezuela y también la Avenida Alfonso Ugarte, su uso fue cada vez más frecuente en las décadas posteriores como por ejemplo en la década de los años 60 con la construcción de la vía expresa del Paseo de la Republica siendo una vía muy importante para la época la cual sigue vigente hasta el

día de hoy sin que presente problema alguno a pesar de que por la construcción de la vía del metropolitano donde se tuvo que cortar por tramos la calzada original para darle paso a la vía exclusiva de esta.

La utilización de nuevas tecnologías en la infraestructura vial para reducir el deterioro de estas va en aumento en el Perú como por ejemplo la utilización de fibras metálicas, en este caso el uso de fibras sintéticas puede ser una buena alternativa ya que en otros países de Sudamérica se está haciendo uso de pavimento rígido con fibra sintética dando buenos resultados como su puesta en obra, el ahorro del tiempo que puede llevar al igual que su economía.

En la presente investigación, se realizó el cambio del diseño inicial del proyecto que contemplaba el uso de un pavimento rígido convencional, el cual será reemplazado por un pavimento rígido con fibras sintéticas, este diseño fue verificado experimentalmente mediante ensayos con fibra sintética en el concreto en diferentes periodos de tiempo obteniéndose las conclusiones y recomendaciones para su aplicación en obras de pavimento rígido.

La tesis consta de seis (6) capítulos. El primero trata sobre el planteamiento del problema, el segundo aborda el marco teórico donde se citan las tesis que fueron parte de la investigación, el tercero presenta las hipótesis y las variables, En el cuarto, se expone la metodología de la investigación. En el quinto, se analizan los resultados de la presente investigación y en el sexto capítulo, se presenta la discusión, a fin de analizar los resultados de las investigaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Los vehículos que circulan sobre las carreteras cada vez más van en aumento debido a que es medio de transporte masivo y uno de los principales medios de transporte tanto como del uso particular, privado o público, así como también el transporte de carga. Motivo por el que un inversionista o propietario de un patio industrial tiene que considerar que tipo de pavimento deberá considerar para la construcción, así como las capacidades de carga que deberá soportar y sin olvidar los aspectos económicos a los que se encuentran ligados.

En este caso, tenemos el Caso Nueva Planta Farmagro, ubicado en el distrito de San Antonio de Huachipa – Lima. Cuenta con un área de terreno de 3 hectáreas, donde se instalará un pavimento rígido que se compone de una malla de acero de 3/8" y f'c. de 245 kg/cm² de concreto armado con un sistema de juntas de construcción compuesto de dowells de varillas de acero lisos; la ejecución de este diseño de pavimentos se realiza por paños de 10 metros de ancho. Se busca optimizar el costo de ejecución mediante un nuevo diseño que reemplace el uso de la malla de acero corrugado y permita el vaciado de paños continuos donde se mantengan o mejoren las prestaciones del pavimento en el aspecto técnico y económico.

1.2 Formulación del problema

En la formulación del problema tenemos el problema general, así como también los problemas específicos.

1.2.1 Problema general:

¿En qué medida influye la fibra sintética estructural para la optimización del diseño de un pavimento rígido en la nueva planta Farmagro – Huachipa – Lima?

1.2.2 Problemas específicos:

- ¿Cómo elaborar un diseño de pavimentos usando fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima?
- ¿Cuál es la resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima?
- ¿Cuál es la resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima?
- ¿Cuál es el costo en la elaboración del pavimento rígido con fibra sintética estructural versus el diseño inicial en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima?

1.3 Objetivo de la investigación

En el objetivo de la investigación tenemos el objetivo principal, así como también los objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo principal:

Evaluar la influencia de la fibra sintética estructural para optimizar el diseño de un pavimento rígido en la nueva planta Farmagro – Huachipa – Lima.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Elaborar un diseño de pavimento usando fibra sintética estructural en la nueva planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- Evaluar mediante ensayos la resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- Evaluar mediante ensayos la resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa – Lima.
- Evaluar el costo en la elaboración de un pavimento rígido con fibra sintética estructural versus el diseño original en la nueva Planta Farmagro - Huachipa – Lima.

1.4 Justificación de la investigación

En la justificación de la investigación tenemos en el aspecto económico y en el aspecto social.

1.4.1 Aspecto económico

La investigación tiene importancia en el aspecto económico para los proyectos futuros de pavimentos sintéticos que se vayan a ejecutar para determinar qué tipos de mantenimiento se podrán realizar para que ayuden a alargar la vida útil del pavimento lo que nos brindarían mejores vías a nivel nacional y al mismo tiempo un ahorro considerable en el mantenimiento de las vías, así como un reasfaltado.

1.4.2 Aspecto social

La entrega de esta investigación tiene como finalidad de que el uso de pavimento rígido con fibra sintética cumpla con las mismas especificaciones técnicas o incluso mejores que el uso de un pavimento rígido convencional siendo una alternativa de uso en la elaboración de proyectos con la necesidad de realizar mejoras físicas y mecánicas en el

concreto de acuerdo con las solicitudes del cliente lo que evitaría que ocurran fallas y al mismo tiempo poder optimizar el costo y tiempo.

1.4.3 Alcances y limitaciones

Se realizó el diseño de pavimento rígido reforzado optimizado con el uso de fibras sintéticas que reemplazarán la armadura de acero corrugado, el cambio fue aceptado por el propietario de la obra Nueva Planta Farmagro, de modo que no habrá problemas en su implementación.

Para la comprobación experimental de las prestaciones del nuevo diseño, se realizarán ensayos de flexión y compresión en el laboratorio de FIA – USMP, siendo la mayor inversión el costo de los moldes para probetas y vigas de concreto, por lo tanto, no presenta un problema económico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Se realizaron investigaciones en el ámbito nacional e internacional que guardan relación con los pavimentos rígidos y el uso de fibras, ya sean sintéticas o metálicas. A nivel nacional se consultó con los siguientes autores: Chapoñay y Quispe, 2017; Herrera y Polo, 2017; Lao, 2007; Montalvo, 2015; Nuñez, 2016. Asimismo, entre los autores extranjeros, se revisaron los trabajos de: Botto y Santa Cruz, 2017; Garzon, 2009; Rivera y Sosa, 2010; Szasdi, 2015 y Santos, 2006.

2.1.1. Nacional

Chapoñay y Quispe (2017), presentaron la tesis denominada “Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto Hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.H. Villa María – Nuevo Chimbote”

En esta tesis se realizaron ensayos de acuerdo con la norma CE.010 Pavimentos Urbanos y también del manual de carreteras donde se indica que para la elaboración del concreto los agregados y el cemento son aptos.

También que la resistencia a la compresión que fueron tomadas a los 7 y 28 días presentó una variación en promedio de 3.2 kg/cm² y con respecto a los ensayos a flexión se obtuvieron mejores resultados.

Finalmente recomiendan que al incorporar fibras de polipropileno ayuda a mejorar la resistencia de la mezcla a la compresión, así como también que cuando se realicen los ensayos en el laboratorio se tenga un adecuado control cuando se va a incorporar la fibra para que la mezcla sea homogénea y así evitar los vacíos que se puedan generar lo que afectaría la resistencia de la muestra.

Herrera y Polo (2017) presentaron la tesis denominada “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica”

Esta tesis tiene como conclusión que cuando se aumenta en la mezcla el contenido de la fibra tendrá como consecuencia una menor trabajabilidad al igual que la exudación que será inversamente proporcional al contenido de fibra, esto ocasionaría que haya una reducción en la aparición de las fisuras debido a la retracción plástica.

También indican que el concreto que esta reforzado con fibra natural y sintética logra mantener unida la matriz del concreto lo que le da una mayor resistencia a la fractura, a comparación de un concreto convencional el cual empieza a fallar y se fractura cuando aparece la primera fisura.

El concreto que esta reforzado con fibras de Polipropileno tiene un peso unitario de 2367 kg/m^3 en promedio, siendo este valor permitido ya que se encuentra entre 2240 kg/m^3 y 2460 kg/m^3 los cuales son los rangos de un concreto convencional.

Recomiendan también evaluar el beneficio que habrá en la utilización de la fibra natural y sintética como un refuerzo en el concreto, así como investigar también las propiedades del concreto reforzado con fibras naturales y la durabilidad que estas le dan al concreto cuando es expuesto a los diversos climas en los que se pueda encontrar la obra.

También se recomienda tener un plan razonable de extracción y producción ya que en el Perú hay zonas que son ricas en materia prima pero intangibles lo cual afectarían a las comunidades por lo cual deberían de tener un estudio de impacto ambiental y al mismo tiempo ver una forma de generar un desarrollo social y económico con el medio ambiente y las comunidades sin que se vean afectados en ambos casos.

Lao (2007), presentó la tesis denominada “Utilización de Fibras Metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa”.

En esta tesis tiene como una conclusión que en el concreto que se le agregan fibras metálicas hace que se vea afectado en su trabajabilidad, pero al mismo tiempo hace que aumente su consistencia, por tal motivo el Slump se ve disminuido.

Generalmente la trabajabilidad de la mezcla se ve disminuido con la inclusión de las fibras que serán empleadas.

También se pueden incorporar de manera directa las fibras metálicas a la mezcla debido a que la dosificación es fácil y rápida lo que garantiza que tenga una distribución homogénea en la mezcla lo que ahora es una ventaja importante en la elaboración del concreto.

Como recomendación se podría decir que en la elaboración de la mezcla del concreto se deben de añadir las fibras junto a los agregados, pero no cuando se va a empezar la elaboración de la mezcla, porque esto ocasionaría la incorrecta distribución homogénea de las fibras.

Finalmente recomiendan que las fibras metálicas estén protegidas de los climas húmedas como en esta tesis que fue hecho en la ciudad de Pucallpa, donde es un lugar donde hay mucha humedad al igual que la lluvia,

lo que podría ocasionar que las fibras se oxiden lo cual afectaría sus propiedades.

Montalvo, M. (2015), presentó la tesis denominada “Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales”.

En esta tesis, indica qué diferencias hay en los parámetros en el diseño del concreto y sus propiedades, donde utilizan el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto mediante el software PAVE 2008 que cuenta con una base de datos donde se especifican las resistencias a la compresión al igual que el módulo de rotura.

También cuando se va a diseñar con la PCA uno de los requerimientos es la cantidad de pasadas que va a tener el vehículo y así poder determinar el espesor, pero en la TR-34 se toma en cuenta la carga más desfavorable lo que hace que se trabaje con los límites permitidos de esfuerzo.

En el aspecto económico el pavimento fibro reforzado tiene un menor espesor cuando se le compara con un pavimento tradicional lo que ocasionaría que el volumen de concreto que se va a utilizar sea mucho menor lo que ocasionaría un ahorro en tiempo dinero y mano de obra.

Núñez, A. (2016), presentó la tesis denominada “Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-Sintéticos”.

En esta tesis toman en cuenta la reducción del espesor de la capa del pavimento sobre un terreno del 10% del CBR en la subrasante, también estudian los geo sintéticos como la clasificación y su aplicación de estos, lo que hace que se opte por usar la geomalla MacGrid EGB 40 que está compuesto de un material de polipropileno, lo que le da unas propiedades físico-mecánicas óptimas para que mejore la función estructural de la subbase ya que trabaja en dos direcciones.

También la capa de base granular no se reduce debido a la función estructural que cumple lo que no genera ninguna variación en el costo y tiempo y en la subbase granular, se realizaron cálculos con la aplicación de la geomalla obteniendo que hay una disminución del espesor de 15 cm lo que se notaría en la optimización de los costos lo que genera un ahorro con respecto a los valores iniciales de la obra al igual que en el tiempo que se ahorra.

Finalmente recomienda utilizar las geomallas biaxiales en los pavimentos, por lo que se debe de realizar primero es un estudio correcto y adecuado tomando en cuenta que no se debe reducir la base granular del pavimento en menos de 15 cm con respecto a un pavimento inicial de espesor de 20 cm lo que daría como espesor final 5 cm, ya que es muy importante saber cuáles son las capas que se verían reducidas.

2.1.2. Internacional

Botto y Santacruz (2017), presentaron la tesis denominada “Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionado con nanocompuestos de carbono”.

La dispersión realizada juega un papel fundamental en las propiedades que pueden transmitir los NCC a la mezcla de concreto. Sin embargo, es necesario evaluar la solución NCC + Agua + SP, en la matriz cementante. Debido al carácter hidrófobo de los NCC, estos actúan como agentes expulsores de agua, generando una disminución en la manejabilidad y un aumento en el contenido de vacíos en las mezclas con respecto a la muestra control. En cuanto a los resultados que se obtuvieron en los ensayos de resistencia a la flexión y compresión, no se mostró una tendencia o influencia significativa de las mezclas adicionadas con respecto a la mezcla control, debido a que los resultados se encuentran dentro del rango de los coeficientes de variación.

Debido a que se obtuvieron en el presente trabajo no fueron los esperados, y teniendo en cuenta los aportes de estos mismos en la investigación sobre el uso de NCC en concreto, se pueden dar las siguientes recomendaciones a futuro:

Utilizar NCC purificados para que exista una mejor interacción de estos con la matriz cementante.

Verificar la correcta hidratación del concreto en la etapa de fraguado, ya que allí se presentan los enlaces entre los NCC y la matriz cementante. Utilizar diferentes agentes dispersantes y cantidades de estos, para verificar la dispersión de los NCC en la matriz cementante, no solamente en la solución acuosa. Al utilizar un superplastificante como agente dispersante, es necesario evaluar el porcentaje óptimo de adición, para generar los correctos enlaces entre la matriz cementante y los NCC. Aumentar el tiempo de mezclado de los NCC con la matriz cementante, para evitar la expulsión del agua por los mismos.

Garzón (2009), presento la tesis denominada “Eficiencia en la transferencia de cargas en juntas transversales de pavimento rígido reforzado con fibras metálicas”.

Concluye que las viguetas de concreto presentaron mayor resistencia al ensayo de flexión a diferencia de una vigueta con concreto simple teniendo un incremento del 10%. Para las viguetas que fueron desarrolladas en el laboratorio a escala, se obtuvo una mayor resistencia a la flexión en el concreto simple al igual que en los ensayos del módulo de rotura donde después de que aparezca la primera grieta, este siguió soportando la carga gracias a las fibras lo que ayudo que no fallara de manera abrupta como ocurriría en un concreto convencional.

También en los moldes que contenían fibra metálica, esta actuó como un reemplazante de la malla electrosoldada y para las cuantías que son

mayores a los 30 Kg/m³ cumplen la función de los pasadores de las transferencias de carga, para lo cual es necesario tener más investigaciones que puedan validar esta hipótesis.

Se recomienda poder desarrollar una mayor variedad de ensayos que puedan demostrar que los resultados obtenidos los cuales permitan determinar la interacción que hay entre las losas de concreto, el sistema de juntas y la subrasante.

Rivera & Sosa (2010), presento la tesis denominada “Mejoramiento en las propiedades físico, mecánicas y de durabilidad de un pavimento rígido, con la adición de fibras sintéticas estructurales”.

Concluyen que los materiales utilizados para esta investigación pertenecen al sector de Pintag y de Guayllabamba, los mismos que fueron seleccionados por su cercanía a la ciudad de Quito.

Todos los ensayos se realizaron para poder determinar cuáles son las características principales de los agregados y compararlos con los rangos mínimos especificados en las normas ASTM.

Al ensayar los cilindros de concreto a los 7 días de edad se observó que, tanto las muestras sin fibra y con fibra alcanzan la resistencia para la cual fueron diseñadas $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ y también esta resistencia cumple con la Norma MOP 405 – 8 para pavimentos rígidos de cemento portland.

Santos, L (2006), presentó la tesis denominada “Contribución de fibras de PP provenientes de plásticos reciclados en el agrietamiento y resistencia del concreto en pavimentos portuarios de Veracruz”, donde concluye que en las mezclas fibroreforzadas que son sometidas a cargas externas las fibras ayudan a controlar la aparición de grietas, con los ensayos que fueron hechos en laboratorios se llegan a otras conclusiones como al

reducir la aparición de grietas en un pavimento, esto evita que agentes externos como factores químicos ingresen dentro del pavimento y pueda afectar la durabilidad de la estructura, otra razón también es la de aumentar la ductilidad del concreto ya que gracias a la fibra la carga se transfiere de manera homogénea en toda la estructura y no concentrarse en un solo punto.

También el concreto que contiene fibras logra una mayor resistencia a las fracturas y previene la fragmentación al igual que mejorar el comportamiento del concreto a la flexión pudiendo sustituir la malla electrosoldada por las fibras de polipropileno, sin embargo, en pavimentos que van a soportar un tráfico pesado es necesario la colocación de una malla electrosoldada.

Szasdi, B (2015), presentó la tesis denominada “Optimización del desempeño de pavimentos rígidos mediante la utilización de soporte lateral”.

Ello disminuye los esfuerzos máximos debidos a la aplicación de cargas de tránsito en el borde. En los modelos analizados se observa una reducción de esfuerzos de 36.5% en losas con soporte lateral en comparación con aquellas sin soporte lateral, también dicha utilización en losas de pavimentos rígidos disminuye las deflexiones máximas debidas a la aplicación de cargas de tránsito en las esquinas. En los modelos analizados se observa reducción en la magnitud de las deflexiones de 45.3% en losas con soporte lateral en comparación con aquellas sin dicho soporte.

Ante la acción de gradientes térmicos, la utilización de soporte lateral en losas de pavimentos rígidos incrementa los esfuerzos máximos en las losas. En los modelos analizados se observa un aumento en los esfuerzos de 34.4% en losas con soporte lateral en comparación con losas sin soporte lateral.

Se recomienda que se hagan más estudios con la fibra en los pavimentos rígidos ya que en Ecuador no hay normas nacionales que hagan referencia al uso de fibras.

Hay ensayos de concretos con fibras que, no solo miden su resistencia hasta la falla del hormigón, sino que también miden en la fibra su resistencia residual en el concreto.

Para mejorar futuras investigaciones, se recomienda realizar también ensayos donde se pueda representar una losa de manera real con la adición de fibras y ver que cargas vehiculares puede aguantar.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Pavimentos

Se le llaman pavimentos a las capas superpuestas de materiales procesados y seleccionados que son ubicadas sobre el terreno natural que reciben de manera directa las cargas vehiculares que a su vez son distribuidas de manera homogénea a la subrasante.

Los pavimentos actuales deben cumplir las siguientes características:

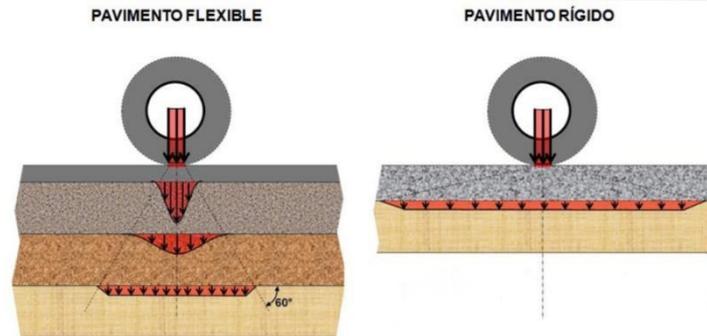
- Impermeabilidad al agua.
- Superficie cómoda para el manejo de los vehículos.
- Resistencia al ahuellamiento y agrietamiento.
- Adherencia adecuada entre el vehículo y pavimento.

El objetivo final es transmitir las cargas hacia la estructura para que así las cargas generadas por las llantas no sobrepasen las capacidades portantes de la subrasante.

“El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los

vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, sub - base y capa de rodadura.” (MTC, 2014, pág. 23)

Figura 1. Distribución de peso en un pavimento flexible y pavimento rígido.



Fuente: <http://www.actualizarmiweb.com/sites/hormigonelaborado-com/publico/jornadas/PAVIMENTOS%20DE%20HORMIGON.pdf>

a) Tipos de Pavimentos

Se utilizan tres tipos de pavimento generalmente los cuales son:

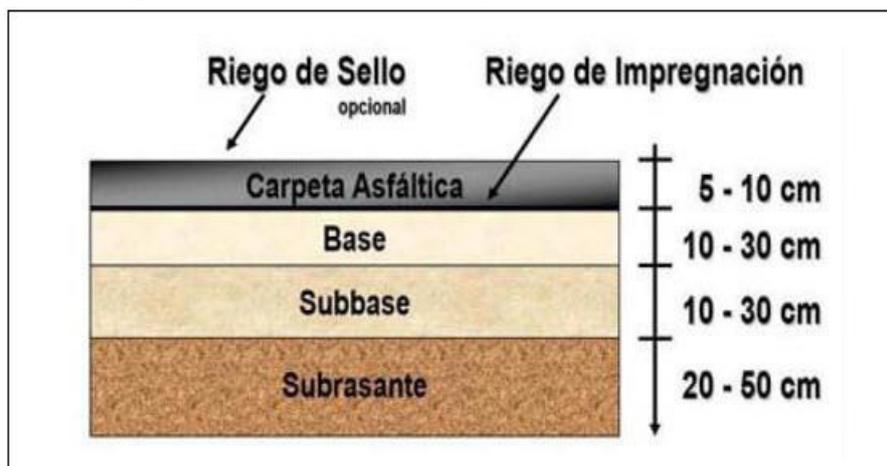
- Rígido
 - Concreto hidráulico
 - Tiene un armado de acero
 - Costo inicial elevado
 - Mantenimiento mínimo
 - Vida útil entre 20 y 40 años
- Flexible
 - Costo inicial económico
 - 10 a 15 años de vida útil
 - Requiere mantenimiento constante
 - Cemento asfáltico
- Compuesto (Flexible y Rígido)
 - Comprende una base de concreto y una superficie de concreto asfáltico.
 - La capa rígida está por debajo de la capa flexible

Pavimentos flexibles. Conformado por una carpeta asfáltica que está conformada por capas granulares (bases drenantes y subbase) y

materiales que son bituminosos como los agregados, aglomerantes y en algunos casos de aditivos en la capa de rodadura.

“Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente” (MTC, 2013).

Figura 2. Corte Transversal de un pavimento asfáltico



Fuente: Giordani, C y Leone, D. (s.f.). Cátedra ingeniería civil

Pavimentos rígidos. Conocido también como pavimento de concreto, están formados por losas de cemento Portland sobre una base, subbase o directamente sobre la subrasante ayudando a que los esfuerzos que son transmitidos al suelo sean mínimos, ya que las losas de concreto son las que ayudan a distribuir las cargas vehiculares de manera homogénea hacia las capas inferiores donde por la rigidez de la losa los esfuerzos se distribuyen homogéneamente.

La capa de rodadura de concreto hidráulico (Cemento Portland) puede ser:

- Reforzado
- Normal o convencional
- Subbase
 - No estabilizada
 - Estabilizada con asfalto o cemento
- Subrasante natural y compactada

Figura 3.
Corte transversal de un pavimento rígido



Fuente: Giordani, C y Leone, D. (s.f.). Cátedra ingeniería civil

En el Perú la utilización de pavimentos de concreto antes eran muy utilizados, desde que se implementó en el Perú en los años 20 en la construcción de la Av. Venezuela luego en la construcción de la Vía Expresa de Paseo de la Republica pero luego su uso fue disminuyendo debido a su alto costo a la hora de su puesta en obra ya que realizar un pavimento flexible es más económico que un pavimento rígido pero el mantenimiento de este es más económico que el de un pavimento flexible gran parte por su tiempo de vida.

Los pavimentos flexibles tienen una vida estimada de 10 a 20 años al igual que tienen un costo inicial bajo, pero un costo de mantenimiento alto por la reparación continua que requieren, a diferencia de los pavimentos rígidos que su vida estimada esta entre los 20 a 30 años, pero tienen un costo inicial alto pero que no requiere mucho mantenimiento, solo en las juntas ya que esta parte es hacia donde se distribuyen las cargas por lo que su reparación es esporádica.



Figura 4. Pavimento de Concreto en la Av. Venezuela (Perú, 1922)

Fuente: (<http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>)

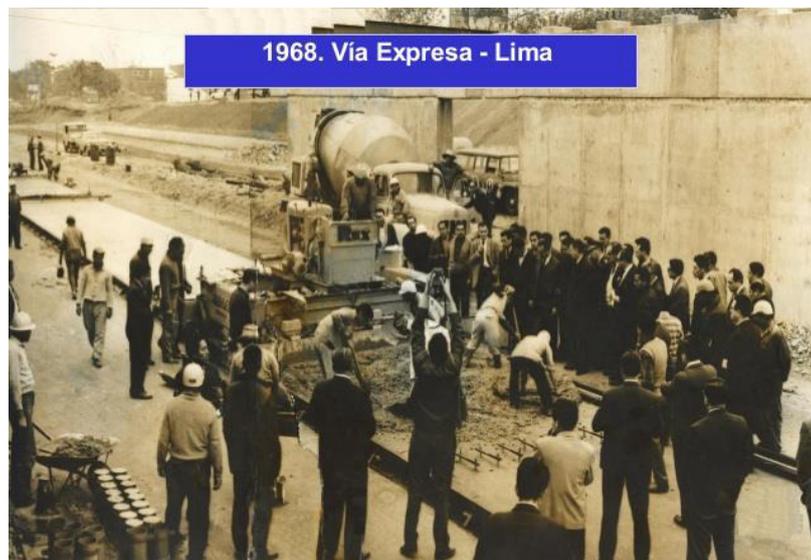


Figura 5. Construcción de la Vía Expresa, (Perú, 1968)

Fuente: (<https://www.slideshare.net/nicolasderval/el-pavimento-de-concreto-turismo-020617>)

Transferencia de Carga en Pavimentos

Pavimentos rígidos

Estos pavimentos tienen la capacidad de transmitir el peso de las llantas de forma homogénea en la subrasante debido a su fuerza estructural que posee, ya que actúa como una losa rígida.

Para hacer un análisis de cómo actúa la carga de la llanta sobre la losa es mediante la capacidad que tiene esta de doblarse y resistir la fuerza a la flexión, en el pavimento rígido se hace mediante el uso de la teoría de placas a diferencia del pavimento flexible que utiliza la teoría de capas.

El pavimento rígido está compuesto por:

- Losa
- Base y subbase
- Subrasante

Losa. Es la parte superior del pavimento y la última capa en construir en un pavimento rígido, pueden estar construidas con concreto simple o reforzadas con acero lo que ayuda a que los esfuerzos sean menores en las capas inferiores.

Base y Subbase. Tienen como función principal la de soportar los esfuerzos de las cargas vehiculares, así como también la de mejorar el drenaje, suministrar un apoyo uniforme y reducir la acumulación de agua bajo el pavimento.

La Subrasante. - Es la capa de suelo natural de la carretera a nivel del corte y relleno en el movimiento de tierras, sirve también como soporte a toda la estructura del pavimento.

Esta capa está conformada por suelos que cumplan los requisitos mínimos aceptables que han sido compactadas por capas para que estén en óptimas condiciones y no genere fallas a las losas.

b) Los requerimientos para la construcción de pavimentos rígidos:

- Equipos necesarios
- Procedimiento constructivo
- Requisitos de los materiales
- Dosificación.

- Prevención y corrección de defectos
- Sellos de juntas
- Juntas de concreto

Resistencia a la ruptura

Los pavimentos de concreto son estructuras que por las fuerzas a las que es sometida trabaja a flexión generalmente, por lo que es preferible que sus características de resistencia sean de acuerdo con este tipo de fuerzas, por eso en el diseño de un pavimento rígido se toma en cuenta la resistencia del concreto que es sometido al Módulo de Ruptura (MR) y también a la flexión ($S'c$).

Los valores recomendados para el Módulo de Ruptura dependiendo del uso que vayan a tener van desde los 583 psi o 41Kg/cm² hasta los 711 psi o 50 Kg/cm² a los 28 días.

Según el tipo del uso del pavimento se establece el Modulo de Ruptura recomendado:

Tabla 1. Módulo de Ruptura (MR) Recomendado

Tipo de pavimento	Modulo de Ruptura (MR) recomendado	
	Kg/cm2	psi
Autopista	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Fuente: Centeno, O. (2010) Pavimentos Rígidos. Recuperado de <http://oswaldodavidpavimentosrigidos.blogspot.pe/>

Funciones de subbase y base.

Tiene como función el drenaje de las aguas que pueden ser de lluvia, prevenir el control del congelamiento en zonas donde se alcance temperaturas muy cerca a los 0°C y sirve como plataforma de construcción del pavimento.

Características como estructura

Las estructuras de los pavimentos tienen un deterioro continuo y rápido debido a las constantes cargas repetitivas que sufren, a diferencia de las estructuras como los edificios que las cargas que soportan son estáticas y dinámicas; la vida útil de un pavimento rígido puede variar entre los 20 y 40 años a diferencia de los edificios u otras estructuras de concreto que tienen una vida útil que va dentro de los 50 y 100 años dependiendo del cuidado que se le dé.

Diferentes tipos de cargas son aplicadas al pavimento.

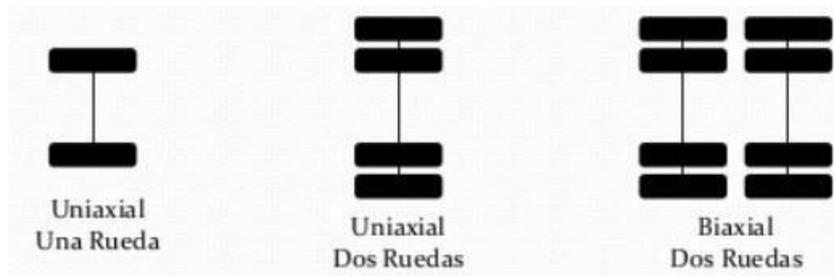


Figura 6. Configuración de cargas aplicadas al pavimento

Fuente: Sotil Chávez, A. (s.f.). Introducción a la Ingeniería de Pavimentos

Cargas en el pavimento

Los pavimentos deben ser diseñadas para que puedan soportar las condiciones más críticas de acuerdo con el tipo de uso que se le va a dar.

Los tipos de cargas pueden ser de 4 tipos:

- Cargas Concentradas
- Cargas Vehiculares
- Cargas Lineales
- Cargas Distribuidas

Cargas concentradas. Son aquellas fuerzas que están aplicadas sobre una superficie de área pequeña como postes o estantes, para el diseño con este tipo de cargas se debe de tomar en cuenta la máxima carga representativa, así como el área de contacto, la ubicación de las juntas y el tiempo que puede soportar la carga.

Cargas vehiculares. Estas cargas son las que ejercen los vehículos de alto tonelaje como los camiones, maquinaria pesada, etc.

En la elaboración del diseño de un pavimento se debe de tomar en cuenta las especificaciones de los vehículos que van a transitar sobre la vía al igual que el volumen de tráfico y la máxima carga por eje de acuerdo con los vehículos.

Tabla 2: Cuadro de configuraciones vehiculares

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1º	2º	3º		4º
C2		12,30	7	11	—	—	—	18
C2RB1		20,50	7	11	11	—	—	29
C2RB2		20,50	7	11	18	—	—	36
C2R2		23,00	7	11	11	11	—	40

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Cargas lineales. Son cargas distribuidas sobre un área estrecha, como por ejemplo un muro.

Cargas distribuidas. Son las cargas que producen esfuerzos de flexión como por ejemplo en los almacenes industriales, por lo que para su diseño se debe de tomar en cuenta las dimensiones del área, la ubicación y distribución de las juntas como también la máxima intensidad de carga que va a haber.

A diferencia del pavimento flexible, el pavimento rígido ofrece mejores ventajas como por ejemplo la duración después de su puesta en obra, así como el costo de mantenimiento lo que da un ahorro en la inversión en base al tipo de vida útil que pueden ser de entre 20 y 40 años, dependiendo también de la correcta utilización de los materiales a la hora de la construcción.

c) Ventajas que ofrece el pavimento rígido

Las ventajas que ofrece el pavimento rígido son como por ejemplo:

- Costo de mantenimiento bajo
- El concreto refleja la luz lo que aumenta la visibilidad.
- No hay ahuellamiento.
- No hay contaminación a diferencia de la mezcla asfáltica.
- La superficie del concreto puede hacerse tan antiderrapante dependiendo de los tipos de vehículos que van a circular por este.
- Se puede reparar en cualquier condición climática al emplear aditivos.
- Todo tipo de señalizaciones duran más cuando se colocan sobre el concreto.
- En la mayoría de los casos sobrepasan la vida útil de diseño.

d) Deterioros frecuentes en un pavimento rígido:

Escalonamiento. Este tipo de deterioro se origina debido a la erosión del agua que ocurre en la base, ya sea de la ruptura de alguna tubería o también agua de la lluvia lo que ocasiona el desgaste especialmente en las juntas. También se puede generar por el asentamiento que ocurre en la capa subrasante.

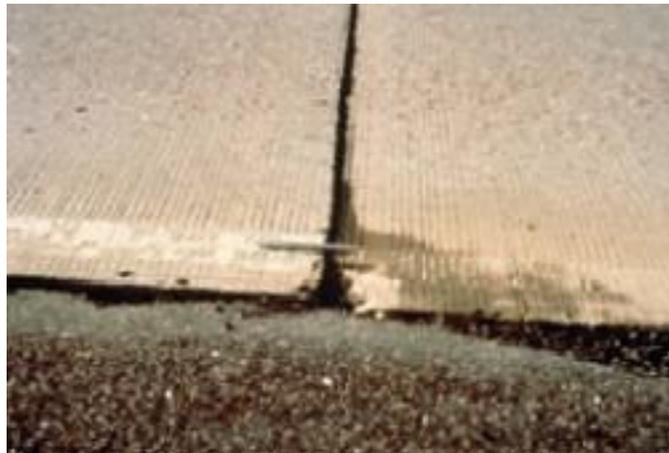


Figura 7: Escalonamiento en un pavimento rígido

Fuente: (<https://www.unifort.es/pavimentos-industriales/pavimentos-flexibles-pavimentos-rigidos/>)

Agrietamiento en esquina. Este tipo de fallas se originan por la erosión que ocurre en la base, ocasionando una falta de apoyo de las losas,

también por la pésima transmisión de carga que hay entre las juntas o las sobrecargas que también hay en las esquinas.



Figura 8. Agrietamiento en esquina

Fuente:(<https://www.invias.gov.co/index.php/manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file>)

Agrietamiento transversal y longitudinal. Este tipo de deterioro se da debido a que la losa posee una longitud y un ancho excesivo, así como también carece de una junta longitudinal al igual que el deterioro en ambos sentidos se debe a un diseño deficiente como el de un espesor menor al requerido.



Figura 9. Agrietamiento transversal y longitudinal

Fuente:(<https://www.invias.gov.co/index.php/manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file>)

Otro aspecto en las losas es la de darles una rugosidad después de un tiempo de haber sido puestas en servicio, lo cual es costoso y difícil al mismo tiempo ya que se requiere el uso de discos de diamantes para el rayado.

Las desventajas que ofrece el pavimento rígido son:

- Costo más elevado que el de un pavimento flexible
- Requiere un mantenimiento más constante

e) Juntas

Las juntas son importantes en los pavimentos rígidos ya que su objetivo es “copiar” el patrón de fisuración que van apareciendo de forma natural en el pavimento cuyo origen se debe a la contracción y expansión que ocurre en el concreto ya que un adecuado diseño de junta permitirá que la transferencia de cargas sean las adecuadas, así como también previene que el agua ingrese dentro de la estructura del pavimento y que llegue a la base y la subbase.

Tipos de juntas

- Juntas de construcción
- Juntas de contracción
- Juntas de aislamiento o expansión

Juntas de construcción

Este tipo de juntas tienen como función principal la de unir concretos de diferentes edades que en su elaboración se paralizaron por un tiempo mayor al tiempo de fraguado, este tipo de juntas tienen que funcionar como juntas de contracción o aislamiento.

Pueden ser construidas transversal y longitudinalmente

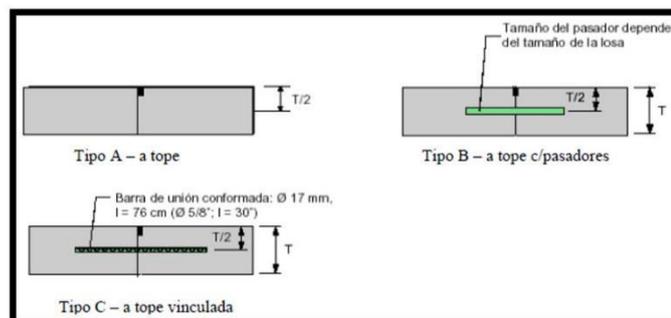


Figura 10. Junta de construcción

Fuente: Morales, J. (2005) Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Concreto Utilizando Sobrecapas de Refuerzo. [Figura]. Recuperado de

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI_129.pdf

Juntas de contracción

Este tipo de juntas también llamadas de control se construyen en la losa cada determinada distancia para que las grietas se formen en las juntas y no dentro de la losa de manera descontrolada.

Depende de varios factores el espaciamiento que hay en las juntas, como por ejemplo la variación de temperatura, el espesor del pavimento, el coeficiente de dilatación, entre otros.

Uno de los lugares donde aparecen las grietas es en las hendiduras de la losa para lo cual debe de tener un mínimo de profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa.

Las juntas de contracción se pueden construir longitudinalmente para dividir los carriles y transversalmente al eje central del pavimento.

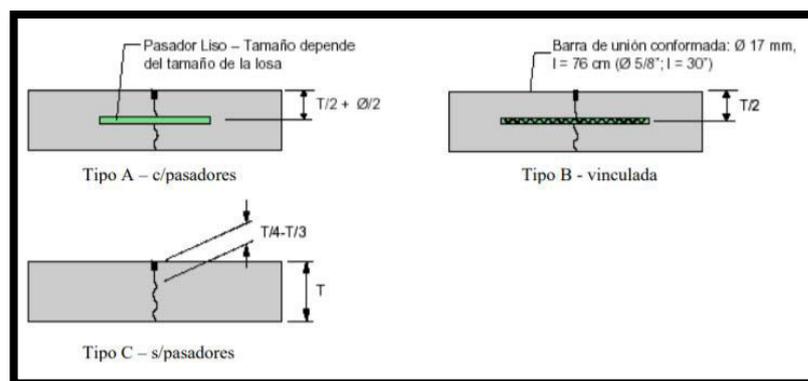


Figura 11. Juntas de Contracción

Fuente: Morales, J. (2005) Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Concreto Utilizando Sobrecapas de Refuerzo. [Figura]. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI_129.pdf

Juntas de aislamiento o expansión

La principal función de este tipo de juntas es la de separar o aislar la losa de elementos estructurales continuos lo que permite que tengan un movimiento horizontal y vertical entre cara y cara de las losas y otros elementos que sean fijos, tales como puentes, muros, columnas o estructuras de drenaje.

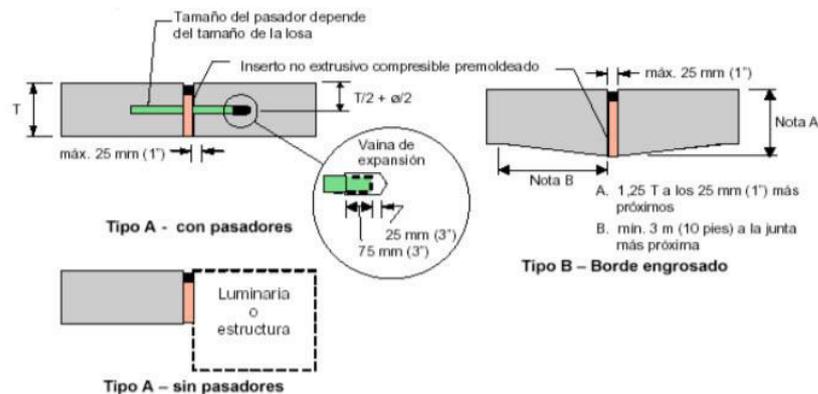


Figura 12. Junta de aislamiento o expansión

Fuente: Morales, J. (2005) Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Concreto Utilizando Sobrecapas de Refuerzo. [Figura]. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI_129.pdf

i) **Transferencia de carga en pavimentos rígidos**

La transferencia de carga que hay en los pavimentos se da a través de las juntas, evitando así que las losas queden aisladas unas de otras, por tal motivo son importantes, más aún en los pavimentos de concreto que no contienen barras de traspaso de cargas, ya que, a una mayor capacidad de transferencia, la carga se distribuye en una losa en una mayor área con el apoyo de las losas que estén anexadas, garantizando así una continuidad estructural del pavimento.

f) **Diseño de pavimentos**

En el diseño de pavimentos rígidos hay diversos métodos cuyo objetivo es poder determinar el espesor de la estructura en base a un óptimo dimensionamiento dependiendo del tipo de carga que va a soportar y las funciones que va a tener una vez puesta en obra.

Método AASHTO-93

El método AASHTO introduce el concepto de servicialidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Su ecuación de diseño se basa en la pérdida del índice de servicialidad (PSI) durante la vida de servicio del pavimento.

Se sabe que un pavimento rígido no sufre un deterioro solo por la aplicación de cargas vehiculares, sino que también se deben tener en cuenta otras variables como la temperatura, pluviosidad, drenaje superficial y subsuperficial y la calidad de los materiales, entre otros.

Para comparar el uso de fibras sintéticas en una losa industrial versus una losa con concreto tradicional se utilizarán dos métodos, el primero con TR34 (Technical Report N° 34) que incluye las fibras sintéticas en el diseño y con la PCA que es una losa sin fibra, solo reforzado con mallas de acero.

Reporte técnico (TR N°34)

Las losas se basan en un análisis plástico para este reporte, el cual requiere que se dé un uso correcto del acero o fibras para que tenga una correcta ductilidad lo que ayuda a tener un adecuado comportamiento ante el agrietamiento de estas.

Si se diseña una losa pero con poca dosificación de fibra o refuerzo, estas no tendrán la ductilidad suficiente por lo que sería recomendable diseñarlo por métodos elásticos.

Otro punto a tomar en cuenta es la carga que se va aplicar sobre la losa la cual puede estar presente en una esquina o puede estar concentrada en un punto para lo cual se requiere considerarlo en el diseño.

g) Cemento

Es un polvo mineral fino que se obtiene de juntar arcilla y piedra caliza y luego molerlos, luego se calientan a 1500 °C de temperatura donde se obtiene el "Clinker", al mezclar con agua, este polvo se transforma en una pasta que se adhiere y se endurece al tener un contacto con el agua (sumergido) o al estar en la intemperie (aire) formando compuestos estables. Debido a que la composición y la finura del polvo pueden variar, el cemento tiene diferentes propiedades dependiendo de su composición.

El concreto tiene como componente principal el cemento ya que es un material de construcción económico y de alta calidad utilizado en proyectos de construcción en todo el mundo.

La obtención del cemento portland es a través de la pulverización del Clinker adicionándole sulfato de calcio. Otros productos se pueden agregar en la obtención del cemento Portland, siempre y cuando en la Norma indique que al adicionar otros productos no afecte las propiedades del cemento y que no pasen el 1% del peso total del cemento resultante. Junto al Clinker deberán ser pulverizados los productos que son adicionados.

Para la elaboración del concreto Portland, el cemento deberá cumplir con los requisitos que están establecidos en las siguientes normas:

- a) Los cementos Tipo 1PM y 1P puzolánicos cumplirán con los requisitos de la norma ASTM C 595 o ITINTEC 334.044.
- b) Los cementos tipo I, II y V con las Normas ASTM C 50, la norma ITINTEC 334.038, o 334.040.

Tabla 3.

Ficha Técnica del Cemento Pacasmayo Extraforte

Propiedades Físicas			Requisito NTP 334.09
Contenido de aire	%	4	Maximo 12
Expansion de autoclave	%	0.1	Maximo 0.8
Superficie Especifica	Cm ² /g	56	No especifica
Densidad	g/ml	2.9	No especifica

Composición Química			Requisito NTP 334.09
MgO	%	2.2	Maximo 6.0
SO3	%	2.4	Maximo 6.0

Fuente: (Cementos Pacasmayo)

Fabricación

El Clinker de cemento Portland se produce calentando, en un horno de cemento, una mezcla de materias primas a una temperatura de calcinación superior a 600 ° C y luego a una temperatura de fusión, que es de aproximadamente 1500 ° C, para sinterizar los materiales del Clinker.

Los materiales del cemento son alita, belita, aluminato de tricálcico y aluminio ferrita tetra-cálcica.

Los óxidos de aluminio, hierro y magnesio están presentes como un flujo que permite que los silicatos de calcio se formen a una temperatura más baja lo que contribuyen poco a la resistencia.

Para los cementos especiales, como los tipos de bajo calor (LH) y resistente a los sulfatos (SR), es necesario limitar la cantidad de aluminato tricálcico ($3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) formado.

En la fabricación del Clinker la principal materia prima suele ser la piedra caliza (CaCO_3) mezclada con un segundo material que contiene arcilla como fuente de aluminio de silicato, normalmente, se usa una piedra caliza impura que contiene arcilla o SiO_2 .

El contenido de CaCO_3 de estas calizas puede ser tan bajo como 80%.

Las materias primas secundarias (materiales en la mezcla cruda que no sea piedra caliza) dependen de la pureza de la piedra caliza.

Algunos de los materiales utilizados son arcilla, pizarra, arena, mineral de hierro, bauxita, cenizas volantes y escoria, cuando un horno de cemento se quema con carbón, la ceniza del carbón actúa como una materia prima secundaria

Tipos de cemento

Cemento tipo I. Cemento Portland tipo I conocido también como cemento común de uso general ya que todas las edificaciones generalmente se asumen que se usa este tipo de cemento a menos que se especifique otro tipo.

Se usa comúnmente para la construcción en general, especialmente cuando se fabrica concreto prefabricado que no debe estar en contacto con suelos o aguas subterráneas, o que las condiciones de trabajo de la obra no se vean afectadas por las condiciones climáticas que pueden ser severas, ya sean por climas cálidos o fríos ni que estén en contacto con sulfatos.

El cemento tipo I está compuesto por:

55% silicato tricálcico(C3S), 19% silicato di cálcico(C2S), 10% aluminato tricálcico(C3A), 7% Ferrito aluminato tetra cálcico (C4AF), 2.8% de óxido de magnesio (MgO), 2.9% Trióxido de azufre (SO₃), 1.0% de pérdida de ignición y 1.0% de Oxido de calcio (CaO) libre.

Una limitación en la composición es que el aluminato tricálcico(C3A) no debe exceder el 15%.

Cemento tipo II. Este tipo de cemento proporciona resistencia de manera moderada a los sulfatos y en la hidratación produce menos calor, también se emplea en la construcción de estructuras que sean de gran envergadura como muros o columnas que sean anchos ya que son propensos a sufrir agrietamiento ocasionado por los cambios térmicos que se originan durante la hidratación.

Su composición compuesta típica es:

51% silicato tricálcico (C3S), 24% silicato di cálcico (C2S), 6% aluminato tricálcico (C3A), 11% ferrito aluminato tetra cálcico (C4AF), 2.9% de óxido de magnesio (MgO), 2.5% trióxido de azufre (SO₃), pérdida de 8% de ignición y 1.0% de óxido de calcio (CaO) libre.

Una limitación en la composición es que el aluminato tricálcico (C3A) no debe exceder el 8%, lo que reduce su vulnerabilidad a los sulfatos, este tipo de cemento es para construcciones que estén expuestos a un ataque moderado de sulfato, y está diseñado para usarse cuando el concreto está en contacto con suelos y aguas subterráneas, o a suelos que tengan alto contenido de azufre.

Cemento tipo III. El cemento tipo III tiene una resistencia inicial relativamente alta. Su composición típica es: 57% silicato tricálcico(C3S), 19% silicato di cálcico (C2S), 10% aluminato tricálcico (C3A), 7% ferrito aluminato tetra cálcico (C4AF), 3.0% de óxido de magnesio (MgO), 3.1% trióxido de azufre (SO₃), 0.9% de pérdida de ignición y 1.3% de óxido de calcio (CaO) libre.

Este cemento es similar al tipo I, pero más fino, algunos fabricantes hacen un clinker por separado con mayor contenido de silicato tricálcico (C3S) o aluminato tricálcico (C3A), pero esto es cada vez más raro, y el clinker que se usa generalmente, molido a un área de superficie específica típicamente 50-80% más alta. El nivel de yeso también se puede aumentar una pequeña cantidad, lo que le da al concreto usando este tipo de cemento una resistencia a la compresión de tres días igual a los siete días de los tipos I y tipo II, su resistencia a la compresión de siete días es casi igual a las fuerzas de compresión de 28 días de los tipos I y II.

El único inconveniente es que la potencia de seis meses del tipo III es igual o ligeramente menor que la de los tipos I y II, por lo tanto, la fuerza a largo plazo se sacrifica.

Por lo general, se utiliza en la elaboración de prefabricados de concreto, donde la alta resistencia de un día permite un rápido cambio de moldes. También se puede usar en construcciones y reparaciones de emergencia, y en la construcción de bases de máquinas e instalaciones de compuertas.

Cemento tipo IV. El cemento tipo IV conocido generalmente por su bajo calor de hidratación.

Su composición típica es: 28% silicato tricálcico (C3S), 49% silicato di cálcico (C2S), 4% aluminato tricálcico (C3A), 12% ferrito aluminato tetra cálcico (C4AF), 1.8% de óxido de magnesio (MgO), 1.9% trióxido de azufre (SO₃), 0.9% de pérdida de ignición y 0.8% de óxido de calcio (CaO) libre.

Los porcentajes de silicato di cálcico (C2S) y ferrito aluminato tetra cálcico (C4AF) son relativamente altos y silicato tricálcico (C3S) y aluminato tricálcico (C3A) son relativamente bajos.

Una limitación de este tipo es que el porcentaje máximo de aluminato tricálcico (C3A) es 7% y el porcentaje máximo de (C3S) es 35%.

Esto provoca que el calor emitido por la reacción de hidratación se desarrolle a un ritmo más lento. Sin embargo, como consecuencia, la resistencia del concreto se desarrolla lentamente.

Después de uno o dos años, la resistencia es más alta que los otros tipos de cemento después del curado completo.

Este cemento se utiliza para estructuras de concreto muy grandes, como presas, que tienen una baja relación superficie / volumen.

Este tipo de cemento generalmente no es almacenado por los fabricantes, pero algunos podrían considerar una gran orden especial.

Este tipo de cemento no se ha fabricado durante muchos años, ya que los cementos puzolánicos de Portland y la adición de escoria granulada de alto horno ofrecen una alternativa más económica y confiable.

Cemento tipo V. Este tipo de cemento es ideal para obras que requieran de una alta resistencia a los sulfatos.

Su composición típica es: 38% silicato tricálcico (C3S), 43% silicato di cálcico (C2S), 4% aluminato tricálcico (C3A), 9% ferrito aluminato tetra cálcico (C4AF), 1.9% de óxido de magnesio (MgO), 1.8% trióxido de azufre (SO₃), 0.9% de pérdida de ignición y 0.8% de óxido de calcio (CaO) libre.

Este cemento tiene una composición muy baja de aluminato tricálcico (C3A) que explica su alta resistencia a los sulfatos. El contenido máximo permitido de (C3A) es del 5% para el cemento Portland tipo V.

Otra limitación es que la composición (C4AF) + 2 (C3A) no puede exceder el 20%. El concreto que va a estar en contacto con sulfatos de agua y suelos alcalinos usan este tipo de cemento ya que a tempranas edades se caracterizan por su moderada resistencia, pero en edades tardías desarrollan una buena resistencia gracias a su incorporación de silicato di cálcico (C2S).

Solo se fabrican en el Perú los cementos tipo I,II y V, el resto se fabrica a pedido.

Cemento Tipo MS. Este tipo de cemento se utiliza en la elaboración de drenajes donde hay sulfato concentrado pero que no son tan severas.

El cemento tipo MS se usa de la misma forma que el tipo II pero su preparación debe de ser baja en la relación agua/materiales cementantes, esto es lo que garantiza una buena resistencia a los sulfatos y a la agresión química de suelos salitrosos.

La composición de este tipo de cemento es de 5% de yeso, 30% de escoria y 65% de Clinker, lo que le ayuda con el tiempo a desarrollar una resistencia mecánica superior a los cementos comunes.

La NTP 334.082 norma el uso del cemento tipo MS.

Tabla 4. Requisitos físicos del cemento

REQUISITOS FÍSICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO ^A				
		IS(<70), IP, IL, I(PM) IT(P<S<70) IT(P≥S) IT(P>L) IT(L≥P) IC ₀	IS(<70)(MS) IP(MS) IT(P<S<70)(MS) IT(P≥S)(MS)	IS(<70)(HS) IT(P<S<70)(HS) IP(HS) IT(P≥S)(HS)	IS(≥70), IT(S≥70)	IP(LH), ^A IT(P≥S)(LH) ^A IL(LH) ^A IT(<S<70)(LH) IT(P>L)(LH) ^A IT(L≥S)(LH) ^A IT(L≥P)(LH) ^A
Finura	334.002/334.045	B	B	B	B	B
Expansión en autoclave, max. %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, max. % ^E	334.004	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, ensayo Vicat: ^D	334.006					
Fraguado, minutos, no menos de		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no más de		7	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero, volumen %, max.	334.048	12	12	12	12	12
Resistencia a compresión, min , MPa	334.051					
3 días		13,0	11,0	11,0
7 días		20,0	18,0	18,0	5,0	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (Cal/g), ^F máx.	334.064					
7 días		290(70) ^E	290(70) ^E	290(70) ^E	...	250(60)
28 días		330(80) ^E	330(80) ^E	330(80) ^E	...	290(70)

Fuente: NTP 334.090, INDECOPI, 2013

Tabla 5. Requisitos Químicos del Cemento

REQUISITOS QUÍMICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO			
		IS(<70) IT(P<S<70) IT(L<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP, I(PM) IT(P≥S) IT(P≥L)	IC ₀ IL IT(L≥S) IT(L≥P)
Óxido de magnesio (MgO), máx. %	334.086	6,0	...
Azufre como trióxido de azufre (SO ₃), máx. ^A %	334.086	3,0	4,0	4,0	3,0
Azufre (S), máx. %	334.086	2,0	2,0
Residuo insoluble, máx. % ^B	334.086	1,0	1,0
Pérdida por ignición, máx. %	334.086	3,0 ^C	4,0 ^C	5,0 ^C	10,0

Fuente: NTP 334.090, INDECOPI, 2013

h) Agregados

Son materiales granulares inertes, como la piedra triturada o la arena que, junto con el agua y el cemento, son los ingredientes esenciales del hormigón.

Para que la mezcla del concreto sea buena los agregados deben ser partículas duras, limpias, especialmente que sean libres de químicos o que estén revestidos con arcilla u otros materiales finos que puedan ocasionar el deterioro del concreto.

Los agregados, que representan del 60 al 75 por ciento del volumen total de concreto están conformados por partículas minerales como la arenisca, cuarzo, basalto y granito las que influyen en las propiedades físicas del concreto.

Como lo menciona Pasquel (1998-1999), “la distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente, así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total entre las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto este unido por la pasta de cemento.” (p.69).

Agregado fino

El agregado fino puede estar compuesto de la desintegración artificial o natural de la roca lo que da una arena manufacturada, natural o una combinación de ambas, siempre y cuando esté libre de cualquier tipo de contaminante, ya sean polvos, materia orgánica o cualquier tipo de sustancia dañina.

La Norma ITINTEC 400.037 da los límites en los que el agregado fino deberá de estar graduado.

Tabla 6. Limite Graduación del Agregado Fino

Malla	% Que Pasa
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	10 - 30
N° 100	2 - 10

Fuente: Diseño de Mezclas, Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 19)

Agregado grueso

Los agregados gruesos son cualquier partícula de más de 0.19 pulgadas de diámetro, pero generalmente varían entre 3/8 y 1.5 pulgadas y que cumplan los límites que están establecidos según la Norma ITINTEC 400.037.

Las partículas que componen el agregado grueso deberán ser limpias y que tengan un perfil angular preferiblemente, lo que le da a la adherencia al concreto.

Estas deberán ser estables químicamente y libres de polvo, tierra, materia orgánica, incrustaciones superficiales o cualquier otra sustancia que sea dañina.

La mayoría del agregado grueso utilizado en el concreto está constituida por las gravas y piedra triturada que constituye la mayor parte del resto, deberán estar graduadas dentro de los límites especificados según la Norma ITINTEC 400.037 o en la Norma ASTM C 33.

Tabla 7. Límite de graduación del agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: Diseño de mezclas, Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 30)

i) Aditivos

Los aditivos son materiales de composición líquida o en polvo que son incorporados al concreto dándoles ciertas características que no se pueden obtener con mezclas de concreto simple. Al usarlas de forma normal sus dosificaciones en la mezcla son de al menos el 5% de la masa del cemento y se agregan al hormigón en el momento de la mezcla.

Tipos de aditivos

Aditivo acelerante. Este tipo de aditivo como su mismo nombre lo dice acelera la hidratación del concreto (endurecimiento). Los materiales típicos utilizados son CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y NaNO_3 . Sin embargo, el uso de cloruros puede causar corrosión en el refuerzo de acero y está prohibido en algunos países, por lo que se pueden favorecer los nitratos. Los aditivos aceleradores son especialmente útiles para modificar las propiedades del concreto en climas fríos.

Aditivo retardante. Retardan la hidratación del hormigón y se usan en vaciados grandes o difíciles donde no es deseable la fragmentación parcial antes del vertido total del concreto.

Aditivo inclusor de aire. Estos aditivos agregan aire en pequeñas cantidades al concreto, lo que ocasiona que se reduzca el daño durante los ciclos de congelación-descongelación, aumentando la durabilidad. Pero, el aire incluido puede disminuir la resistencia a la compresión en un 5% por cada 1% de aire.

Aditivo plastificante. Estos aditivos aumentan la trabajabilidad del concreto plástico o "fresco", lo que permite colocarlo más fácilmente, con menos esfuerzo de consolidación.

Los plastificantes también se usan para reducir la cantidad de agua que hay en el concreto al mismo tiempo que se mantiene la trabajabilidad y, a veces, se los denomina reductores de agua debido a este uso. Tal tratamiento mejora sus características de resistencia y durabilidad, los superplastificantes (también llamados reductores de agua de rango alto) son una clase de plastificantes que son menos nocivos y se pueden usar para aumentar la trabajabilidad más de lo que es práctico con los plastificantes tradicionales. Existen otros tipos de aditivos como, por ejemplo:

Aditivos de pigmentación que se usan para modificar el color del concreto, por un tema estético.

Los inhibidores de la corrosión que se usan para minimizar la corrosión que aparecen en el concreto y en las barras de acero.

Los agentes de unión que se utilizan para crear un vínculo entre el concreto viejo y el nuevo (generalmente un tipo de polímero) con una amplia tolerancia a la temperatura y resistencia a la corrosión.

Los dispositivos de bombeo mejoran la bombeabilidad, espesan la pasta y reducen la separación y el sangrado.

j) Agua

“El agua utilizada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma ITINTEC 334.088 y preferiblemente que sea potable” (López, 2012).

La combinación de un material cementoso con agua, mediante el proceso de hidratación forma una pasta, la cual une los agregados llenando los vacíos que aparezcan dentro de la mezcla haciéndolos fluir libremente.

Como lo establece la ley de Abrams, una relación agua / cemento menor produce un concreto más fuerte y duradero, mientras que más agua da un concreto de flujo más libre con una caída más alta. Si se utiliza agua que está contaminada podría ocasionar problemas cuando se fragua o puede provocar una falla prematura de la estructura.

La hidratación en el concreto implica varias reacciones diferentes, que ocurren al mismo tiempo. A medida que avanzan las reacciones, los productos del proceso de hidratación del cemento unen gradualmente las partículas individuales de arena y grava y otros componentes del concreto para formar una masa sólida.

La calidad del agua deberá ser determinada mediante un ensayo de laboratorio según la NTP. 339.088 cumpliendo los siguientes valores:

Tabla 8. Límites permisibles máximos del agua

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ion SO ₄)	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Fuente: NTP 339.088

Se podrá utilizar el agua de mar solo si se tiene la aprobación del ingeniero proyectista al igual que el del supervisor e inspector de la obra, pero su uso en la mezcla del agua de mar está completamente prohibido en la mezcla y elaboración del concreto como por ejemplo:

- a) Concreto presforzado
- b) Concreto cuya resistencia sea mayor a 175 kg/cm² en compresión a los 28 días.
- c) Concretos que contengan elementos de fierro galvanizado o aluminio.
- d) Concretos que estén expuestos como parte de un acabado.
- e) Concretos vaciados en climas cálidos

k) Fibras

La utilización de fibras en el concreto no es algo novedoso, ya que remontándonos hace 4000 años en la baja Mesopotamia en la elaboración de los adobes eran cocidos al sol y se construían con pelos de cabra, caballo o paja, al igual que en Egipto que se utilizaba paja para la confección de los ladrillos lo que le daba mayor resistencia.

En el estado de California en el año de 1874 se registró la primera patente por A. Berard, que consistía en la utilización de un acero granular en una piedra artificial, luego en el año de 1927 G. Martin que usaba alambres rizados en el concreto empleando tuberías.

En los años 50 fue también una etapa de varios experimentos en la utilización de fibras de acero y vidrio en el concreto reforzado, lo que también dio continuidad a que patentaran los tipos de mezclas y las fibras que iban utilizando como por ejemplo que el año de 1954 en Estados Unidos G. Constatinesco patentó un diseño de mezcla mediante la utilización de fibras helicoidales para aumentar la resistencia del concreto a las fisuras, luego en los años 60 empezaron los primeros estudios del concreto con fibras sintéticas.

Luego en la década de los años 70 la utilización de fibras en el concreto empezó a ser más usada en Europa, principalmente en España donde se utilizaba en la elaboración de los pavimentos industriales, revestimiento de túneles, etc.

En esa época I. Kennedy (España) patentó una mezcla de concreto reforzado con fibras de asbesto o amianto, pero este tipo de mezcla fue inutilizado a inicios de los años 80 debido a los graves problemas de salud que generaba como el cáncer de pulmón, laringe y el mesotelioma, un tipo de cáncer muy poco común.

Actualmente la construcción de estructuras reforzadas con fibras sintéticas son pocas en el Perú ya que más se utiliza las fibras de acero.

1. Fibra sintética

Las fibras sintéticas son fibras creadas por las personas mediante la síntesis química, la cual consiste en producir compuestos químicos a partir de compuestos simples, a diferencia de las fibras naturales que se obtienen de organismos vivos con pocos o ningún cambio químico, estas son el resultado de una extensa investigación de científicos para mejorar las fibras animales y las fibras vegetales que son producidas de forma natural.

En general, las fibras sintéticas se crean extruyendo materiales formadores de fibra, lo cual consiste en crear objetos cuya sección transversal sea bien definida, a través de hileras en aire y agua, formando un hilo. Estas fibras se llaman fibras sintéticas o artificiales.

Algunas fibras son fabricadas a partir de la celulosa derivada de plantas y, por lo tanto, son semisintéticas, mientras que otras son totalmente sintéticas y éstas derivan del petróleo, así como también de carbón, piedra caliza, aire y agua.

Las fibras sintéticas son duraderas y resisten al desgaste y también son livianas.

2. Fibra de minerales

En las fibras minerales podemos incluir las de vidrio y asbesto.

Las fibras de asbesto presentan un inconveniente de absorber gran cantidad de agua lo que aumentaría la relación agua – cemento lo que exigiría una gran cantidad de cemento y fibras para poder tener resistencias considerables, así como también es difícil conseguir la distribución homogénea en la mezcla y por último el asbesto está demostrado que es un material peligroso para la salud ya que produce cáncer de pulmón y mesotelioma.

3. Fibra de vidrio

La utilización de fibra de vidrio en el concreto se empezó a usar en Reino Unido en los años 40, también se le a dado un uso en la elaboración de fachadas o paneles, hoy en día es común el uso de la fibra de vidrio.

4. Fibras metálicas

El uso de fibras metálicas como son las de acero son las más empleadas como refuerzo debido a lo económico y la eficiencia que brinda al concreto como el darle un modelo de elasticidad diez veces superior al concreto, la obtención de las fibras metálicas se puede dar al cortar el alambre trefilado, teniendo un diámetro que varía entre los 0.25 y 0.80 mm así como una longitud de entre 10 y 80 mm.

5. Fibras orgánicas

Las fibras orgánicas pueden ser de poliéster, algodón, polietileno, nilón y polipropileno, pero al usar poliéster o algodón en el concreto disminuiría la resistencia a los álcalis o sustancias causticas a comparación del uso del polietileno, nilón o polipropileno que son de un uso más común en la construcción.

a. Polipropileno

El polipropileno (PP), también conocido como poli propeno, es un polímero termoplástico obtenido de la polimerización del propileno, que consisten en un proceso químico donde los monómeros químicamente se agrupan

formando una molécula de mayor peso, llamada polímero, es usado en una amplia variedad de aplicaciones.

El polipropileno pertenece al grupo de las poliolefinas y es parcialmente cristalino y no polar. Sus propiedades son similares al polietileno, pero es un poco más duro y más resistente al calor. Es un material blanco, mecánicamente resistente y tiene una alta resistencia química. El polipropileno es el segundo producto de plástico más producido (después del polietileno) y se usa a menudo en el embalaje y etiquetado. En 2013, el mercado mundial de polipropileno fue de aproximadamente 55 millones de toneladas.

b. Fibra Sintética BarChip MQ58

La fibra sintética estructural BarChip MQ58 es una del rango de fibras estructurales que ofrece Elasto Plastic Concrete como resultado de su programa de investigación y desarrollo “Fibra Futura”. El objetivo es desarrollar una variedad de fibras que logren los mejores rendimientos en las diversas aplicaciones.

Tabla 9. Características y Propiedades de la Fibra Sintética

Características	Propiedades
Materia prima	Polipropileno Modificado
Largo	58 mm
Resistencia a la tracción	700 MPa
Superficie	Relieve continuo
Nº fibras por kg	53,800
Densidad Relativa	0.90 – 0.92
Módulo de Elasticidad	6.8 GPa
Punto de fusión	120°C – 170°C
Punto de Ignición	Mayor a 450°C

Elaboración: los autores

I) Concreto

1. Definición

El concreto es un material que está compuesto de áridos finos y gruesos unidos con un cemento fluido (pasta de cemento), agua y dependiendo del tipo de trabajo se le agregan aditivos, que se endurecen con el tiempo.

Se distingue de otros tipos de concreto no cementosos, todos con algún tipo agregado, incluido el concreto asfáltico con un aglutinante de betún, que se utiliza con frecuencia en superficies de carreteras, y los concretos de polímeros que utilizan polímeros como aglutinante.

Cuando el agregado se mezcla con cemento seco y agua, la mezcla forma una suspensión fluida que se vierte y moldea fácilmente. El cemento tiene una reacción química con el agua y otros ingredientes para formar una matriz dura que une los materiales en un material durable similar a la piedra que tiene muchos usos. A menudo, los aditivos (como puzolanas o superplastificantes) se incluyen en la mezcla para mejorar las propiedades físicas de la mezcla húmeda o del material terminado. La mayor parte del concreto se vierte con materiales de refuerzo (como barras de refuerzo) incrustados para proporcionar resistencia a la tracción, dando concreto armado.

Hay famosas estructuras de concreto como la presa Hoover, el canal de Panamá, el Panteón romano y el Puente Fabricio el cual es el más antiguo de Roma y el que mejor se conserva.

Los Romanos fueron los primeros en usar a gran escala la tecnología del concreto como por ejemplo en la construcción del Coliseo Romano que fue construido en gran parte de concreto, y la cúpula de concreto del Panteón es la cúpula de concreto no reforzado más grande del mundo, pero porque el concreto que se fabricó en la época del Imperio Romano perdura hasta hoy se cree que es debido a que el concreto

que ellos fabricaban contenía cal y cenizas volcánicas que adherían a las rocas y que en el material volcánico hay elementos que al estar en contacto con el agua salada fortalecen la construcción, a diferencia de que en la actualidad el concreto se erosiona con el tiempo. Hoy en día, las grandes estructuras de concreto (por ejemplo, presas, placas, columnas y losas) se hacen generalmente con concreto armado. Después de que el Imperio Romano colapsó, el uso del concreto se volvió raro hasta que la tecnología fue reconstruida a mediados del siglo XVIII. En todo el mundo, el concreto ha superado al acero en el tonelaje de material utilizado.

2. Componentes del concreto

Hay muchos tipos de concreto disponibles, que se distinguen por las proporciones de los principales ingredientes que son agua, cemento, agregados y aditivos.

El agregado consiste en grandes trozos de material en una mezcla de concreto, generalmente rocas trituradas como piedra caliza o granito o una grava gruesa, junto con materiales más finos como arena.

El cemento se asocia con el término general "concreto". También se puede usar una variedad de otros materiales como cemento en concreto. Uno de los cementos alternativos más familiares es el concreto asfáltico. Otros materiales cementosos como la ceniza volante y el cemento de escoria se agregan a veces como aditivos minerales, ya sea premezclados con el cemento o directamente como un componente de concreto, y se convierten en una parte del aglutinante para el agregado.

Para producir concreto a excepción del concreto asfáltico, se mezcla el agua con el polvo seco y los agregados, que produce una lechada semilíquida que se puede moldear, generalmente vertiéndola en una forma. El concreto se endurece y se solidifica a través del proceso

químico de la hidratación. El agua al reaccionar con el cemento, que unen a los otros componentes, crea un material parecido a la piedra en estado sólido.

Los aditivos se agregan para lograr diferentes tipos de propiedades como ralentizar o acelerar la velocidad de endurecimiento del concreto al igual que darle resistencia a la tracción, resistencia al agua y retención de aire.

El refuerzo a menudo se incluye en concreto. El concreto puede formularse con una alta resistencia a la compresión pero menor resistencia a la tracción, por tal motivo se utiliza refuerzos con materiales que sean resistencias a la tensión como las barras de acero.

Las mezclas de minerales se han vuelto más populares en las últimas décadas. El uso de materiales reciclados en la elaboración del concreto va poco a poco en aumento más aun con la legislación ambiental que es cada vez más estricta, y al descubrimiento de que tales materiales a menudo tienen propiedades complementarias y valiosas. Uno de los materiales que más ha llamado la atención es el uso de la ceniza volante, que es un subproducto de las centrales eléctricas de carbón, escoria de alto horno granulada molida, un subproducto de la fabricación de acero y humo de sílice, un subproducto de los hornos industriales de arco eléctrico.

El uso de estos materiales en el concreto reduce la cantidad de recursos requeridos, ya que los aditivos minerales actúan como un reemplazo parcial del cemento. Esto desplaza parte de la producción de cemento, un proceso energéticamente costoso y ambientalmente problemático, al tiempo que reduce la cantidad de desechos industriales que deben eliminarse. Los aditivos minerales pueden premezclarse con el cemento durante su producción para su venta y uso

como cemento mezclado, o mezclarse directamente con otros componentes cuando se produce el concreto.

De acuerdo con el tipo de estructura que se va a edificar se diseña la mezcla.

3. Propiedades del concreto

Dependiendo del uso que se le va a dar al concreto se tiene que definir primero las propiedades, por ejemplo, si se va a emplear en la construcción de una vereda o en la fabricación de columnas, placas y zapatas en una vivienda, por lo que las principales propiedades del concreto son la cohesividad, resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

A esfuerzos de compresión el concreto tiene una resistencia alta, pero una resistencia a la tracción significativamente baja, por lo que el concreto casi siempre fallaría debido a tensiones de tracción. En los elementos que son sometidos a esfuerzos de tracción deben de ser reforzados con materiales que soporten cargas a tensión como es el acero.

La elasticidad del hormigón es relativamente constante a bajos niveles de tensión, pero comienza a disminuir a niveles de tensión más altos a medida que se desarrolla el agrietamiento de la matriz, también posee un coeficiente de expansión térmica muy bajo y, a medida que madura, se contrae ya que todas las estructuras de concreto se romperán en cierta medida, debido a la tensión y a la contracción.

La densidad del concreto varía, pero es de alrededor de 2.400 kilogramos por metro cúbico.

El concreto reforzado es la forma más común de concreto. El refuerzo suele ser de acero, barras de refuerzo (malla, espiral, barras y otras formas), o también se puede reforzar con fibras estructurales de diversos materiales, al igual que el concreto puede ser pretensado

(reduciendo el esfuerzo de tracción) usando cables de acero internos (tendones), permitiendo vigas o losas de mayor longitud.

La fuerza máxima del concreto está influenciada por la relación agua-cemento, los componentes del diseño y los métodos de mezclado, colocación y curado que son empleados.

En igualdad de condiciones, el concreto con una relación agua cemento más baja hace que el concreto sea más resistente que el de mayor proporción.

Todo el concreto se agrietará a pesar de que la resistencia a la compresión sea o no suficiente. De hecho, las mezclas de alto contenido de cemento Portland en realidad se pueden agrietar más fácilmente debido a una mayor tasa de hidratación. A medida que el concreto se transforma desde su estado plástico, sufre contracciones. Las grietas de contracción plástica pueden aparecer después de la colocación, pero si la tasa de evaporación es alta, a menudo pueden aparecer durante las operaciones de acabados, por ejemplo, en clima caluroso o en un día con mucho viento. En mezclas de concreto de muy alta resistencia (más de 70 MPa), la resistencia a la compresión del agregado puede ser un factor limitante. En los concretos que tengan una alta relación agua-cemento, la resistencia al aplastamiento de los agregados no es tan significativa.

Las fuerzas internas que hay en los elementos estructurales tales como los arcos, bóvedas, columnas y paredes son predominantemente fuerzas de compresión, con pisos y pavimentos sometidos a fuerzas de tensión. La resistencia a la compresión se usa ampliamente para requerimientos de especificación y control de calidad del concreto.

a. Concreto fresco

La trabajabilidad del concreto. Se dice que un concreto es trabajable si se lo transporta, coloca, compacta y no presenta ninguna segregación, la trabajabilidad es una propiedad del concreto recién mezclado cuyos componentes están bien mezclados.

La trabajabilidad del concreto se ha medido mediante el ensayo del “cono de Abrams” (Slump) sin embargo este tipo de ensayo no demuestra si un concreto es trabajable, solo determina si el concreto es uniforme.

Exudación. La exudación es cuando en la mezcla una parte del agua asciende hacia la superficie debido a los agregados se han sedimentado, esto generalmente se presenta luego de que el concreto ha sido vaciado en el encofrado ocasionado por una mala dosificación de la mezcla o el haber incorporado una cantidad excesiva de agua a la mezcla o también por utilizar aditivos en un mayor porcentaje del adecuado o también el no haber tenido en cuenta la temperatura del medio ambiente donde se realiza el vaciado.

Segregación. La segregación en concreto se considera comúnmente como la separación de algunos grupos de tamaños de agregados del mortero de cemento en ubicaciones aisladas con las correspondientes deficiencias de estos materiales en otros lugares. La segregación da como resultado que las proporciones del concreto colocado varíen respecto de las diseñadas. La segregación puede ser el resultado de factores internos como el concreto que no está adecuadamente proporcionado y no se ha mezclado adecuadamente, o una mezcla que funciona bien. También podría ser el resultado de factores externos como demasiada vibración, transporte inadecuado, colocación o condiciones climáticas adversas. El aumento correspondiente en la proporción de pasta de cemento en las áreas superiores tenderá a hacerlos susceptibles a una mayor contracción y formación de grietas. Estas grietas pueden tener entre 10 micrómetros y

500 micrómetros de ancho, que pueden formarse perpendicularmente a la superficie y adoptar la forma de patrones de mapa.

b. Concreto endurecido

Resistencia. El concreto después de haber estado en estado plástico, va adquiriendo una resistencia que con el pasar del tiempo va aumentando lo que le ayuda a soportar todo tipo de cargas, ya sean a compresión o tracción, siempre y cuando tenga una buena relación de agua/cemento.

Propiedades térmicas. El concreto tiene un muy bajo coeficiente de expansión térmica, sin embargo, si no se prevén medidas para la expansión, se pueden crear fuerzas muy grandes, que causan grietas en ciertos lugares de la estructura que no son capaces de resistir la fuerza de contracción y expansión de manera repetitiva. El coeficiente de expansión térmica del concreto es de 8 a 12 ($10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) micro esferas.

Conductividad térmica. El concreto tiene una conductividad térmica moderada, mucho más baja que los metales, pero significativamente más alta que otros materiales de construcción como la madera, y es un aislante pobre.

Una capa de concreto se utiliza con frecuencia para la "ignifugación" de estructuras de acero, lo que consiste en tratar un material para que mejore su comportamiento frente al fuego. Sin embargo, el término a prueba de fuego es inapropiado, ya que los incendios a altas temperaturas pueden ser lo suficientemente calientes como para inducir cambios químicos en el concreto, que en el extremo puede causar un daño estructural considerable al concreto.

Agrietamiento. A medida que el concreto madura, continúa encogiéndose debido a la reacción continua en el material, aunque la velocidad de contracción cae relativamente rápido y se reduce con el tiempo.

La contracción relativa y la expansión del concreto y del ladrillo requieren una adaptación cuidadosa cuando se relacionan las dos formas de construcción.

Todas las estructuras de hormigón se romperán en cierta medida. Uno de los primeros diseñadores de hormigón armado, Robert Maillart, empleó concreto armado en varios puentes arqueados. Su primer puente fue simple, usando un gran volumen de concreto. Luego se dio cuenta de que gran parte del concreto estaba muy agrietado y no podía formar parte de la estructura bajo cargas de compresión, aunque la estructura funcionaba claramente. Sus diseños posteriores simplemente eliminaron las áreas agrietadas, dejando esbeltos y hermosos arcos de concreto. El puente de Salginatobel es un ejemplo de esto.

Grietas de concreto debido a la tensión inducida por la contracción o las tensiones que se producen durante el ajuste o el uso. Varios medios se utilizan para superar esto. El concreto reforzado con fibra utiliza fibras finas distribuidas por toda la mezcla o metal más grande u otros elementos de refuerzo para limitar el tamaño y la extensión de las grietas. En muchas estructuras grandes, las juntas o cortes de sierra ocultos se colocan en el concreto para que ocurran las grietas inevitables donde pueden ser manejados y fuera de la vista. Los tanques de agua y las carreteras son ejemplos de estructuras que requieren control de grietas.



Figura 13: Puente Salginatobel en Suiza

Fuente: (<https://www.myswitzerland.com/es/el-puente-de-salginatobel-monumento-mundial.html>)

Grietas por tensión. Las estructuras de concreto por las cargas aplicadas pueden ser puestas en tensión. Esto es más común en vigas de concreto donde una carga transversalmente pondrá una superficie en compresión y otra a tensión debido a la flexión generada. El tamaño de las grietas depende del momento flector y también del diseño del refuerzo que se ha considerado. Las vigas de concreto armado están diseñadas para romperse en tensión mas no en compresión. Esto se logra proporcionando acero de refuerzo que rinde antes de que ocurra la falla del concreto en la compresión y permite la reparación, reparación o, si es necesario, la evacuación de un área insegura.

Durabilidad. La durabilidad es la capacidad de durar mucho tiempo sin un deterioro significativo. Un material duradero ayuda al medioambiente al conservar los recursos, reducir los desechos y los impactos ambientales de la reparación y el reemplazo. La producción de materiales de construcción de reemplazo agota los recursos naturales y puede producir contaminación del aire y el agua.

En el concreto la durabilidad se puede definir como la capacidad para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico y la abrasión, al tiempo que mantiene sus propiedades de ingeniería deseadas. Los diferentes tipos de concretos requieren diferentes grados de durabilidad dependiendo del ambiente de exposición y las propiedades deseadas. Por ejemplo, el concreto expuesto al agua de mar de marea tendrá diferentes requisitos que un piso de concreto de interior de una vivienda o el piso de concreto de una zona industrial.

4. Etapas de la elaboración del concreto

El concreto es una mezcla de agregados gruesos, agregados finos, cemento y agua en ciertas proporciones.

La preparación del concreto se realiza después de seguir procedimientos estándar específicos para garantizar una calidad óptima. Los principales

pasos utilizados para la fabricación de hormigón se explican de la siguiente manera:

Dosificación. Es el proceso de medición precisa de los ingredientes del concreto para garantizar la uniformidad de las proporciones y la clasificación de los agregados según las proporciones de diseño de la mezcla.

La dosificación puede ser por volumen o por peso.

Dosificación por volumen generalmente se adopta para las obras de construcción general y se lleva a cabo utilizando cajas de madera o acero.

En el procesamiento por dosificación por volumen, se debe tener en cuenta el efecto de volumen de la arena.

La dosificación por peso se adopta para proyectos importantes y las plantas dosificadoras son usadas para que el procesamiento sea más preciso.

Mezclado. Después de una dosificación precisa, todos los ingredientes del concreto se mezclan a fondo hasta que adquieran un color uniforme y la consistencia requerida. La mezcla de concreto se puede hacer de forma mecánica o manual.

Mezcla manual

La mezcla manual se adopta para pequeñas actividades de construcción. El concreto es menos eficiente y requiere más cemento que el requerido en la mezcla mecánica para obtener la misma resistencia.

Mezcla mediante uso de maquinas

Este tipo de mezclado se utiliza más para trabajos de construcciones grandes cantidades de concreto para un vaciado continuo.

Transporte. El proceso de transportar el concreto desde la ubicación de la mezcla al sitio de construcción debe de realizarse en el menor tiempo posible para que la mezcla no se altere perdiendo su homogeneidad, y para el

transporte del concreto puede ser manual o mediante el uso de alguna máquina.

Transporte manual

El transporte manual se adopta para pequeñas actividades de construcción o cuando el sitio de construcción está cerca de la ubicación de la mezcla.

Transporte mecánico

El transporte mecánico a través de bombas o elevadores se adopta para grandes actividades de construcción o cuando el sitio de construcción se encuentra a una distancia considerable de la ubicación de la mezcla. Se debe consumir un tiempo mínimo en el transporte para mantener la plasticidad del concreto antes de la compactación.

Compactación. El proceso de compactación o consolidación después de la colocación correcta es un paso esencial que no debe descuidarse porque la presencia de burbujas de aire o huecos en el concreto reducen considerablemente su resistencia, el 5% de vacío de aire en concreto puede reducir su resistencia hasta en un 30%. La compactación puede ser manual o por medios mecánicos.

Compactación manual

La compactación manual mediante la utilización de una varilla se hace para trabajos pequeños y no tan importantes a diferencia de la compactación mecánica.

Compactación mecánica

La compactación mecánica a través de vibradores se realiza para grandes trabajos de concreto, generalmente importantes. Los vibradores pueden colocarse externa o internamente según el nivel de compactación requerido.

Curado. El proceso de mantener el concreto húmedo durante un cierto período de tiempo después de la colocación y compactación para completar

el proceso de hidratación y obtener la resistencia requerida se denomina curado. El concreto hecho con cementos ordinarios y resistentes al sulfato debe curarse durante al menos 8 días, mientras que el hecho con cemento a baja temperatura debe curarse durante al menos 14 días.

Los siguientes métodos se adoptan normalmente para el curado:

Por bolsas de yute mojadas. En este método, la superficie de concreto a curar se cubre con bolsas de yute húmedas y las bolsas se rocían periódicamente con agua para mantenerlas húmedas. Este proceso continúa hasta que finaliza el período de curado, este método es adecuado para superficies de concreto pequeñas tanto horizontales como verticales.

Por aspersión de agua. En este método, el agua se rocía continuamente en las superficies de concreto hasta que finaliza la fase de curado.

Al sumergirse en el estanque de agua. Esto se adopta para los miembros prefabricados de concreto. En este método, los elementos pre moldeados se sumergen en un estanque de agua hasta que finaliza el período de curado.

Vapor. Este método se usa para miembros prefabricados de concreto, el vapor bajo presión se rocía sobre la estructura del concreto, acelerando el fortalecimiento del concreto y reduce el periodo de tiempo de curado.

Por adición de productos químicos. En este método, se agregan ciertos químicos de construcción para reducir la tasa de evaporación de agua del concreto. No se requiere un método de curado típico en caso de uso de productos químicos.

CAPÍTULO III

HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

i. Hipótesis general

La adición de fibra sintética estructural al diseño del pavimento rígido mejorara las propiedades mecánicas en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

ii. Hipótesis específicos

- El diseño de pavimento rígido variara usando fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- La resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural mejorará en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- La resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural aumentará en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- El costo en la elaboración del pavimento rígido con fibra sintética estructural es menor que del pavimento convencional en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

3.2 Variables

i. Variable independiente

Fibra sintética estructural

ii. Operacionalización de variable independiente

Tabla 10.

Operacionalización de variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	MEDICIÓN
Fibra Sintética Estructural	Ensayo de Flexión	Ensayo de resistencia a la Flexión
	Ensayo de Compresión	Ensayo de resistencia a la Compresión
	Análisis de Costo Unitario	Comparativa de costos entre pavimento con refuerzo de acero vs pavimento con fibra sintética estructural

Elaboración: Los autores

iii. Variable dependiente

Optimizar el diseño de un pavimento

1. Operacionalización de variable dependiente

Tabla 11.

Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	MEDICIÓN
Optimizar el Diseño de un Pavimento	Diseño de Pavimento	Capacidad teórica de resistencia a la compresión y a la flexión

Elaboración: Los autores

3.3 Matriz de consistencia

TÍTULO: FIBRA SINTÉTICA ESTRUCTURAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO EN LA NUEVA PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA – LIMA							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			DISEÑO METODOLÓGICO	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	VARIABLES	INDICADORES	MEDICIÓN		
¿En qué medida influye la fibra sintética estructural para la optimizar el diseño de un pavimento rígido en la nueva planta Farmagro – Huachipa – Lima?	Evaluar la influencia de la fibra sintética estructural para optimizar el diseño de un pavimento rígido en la nueva planta Farmagro – Huachipa – Lima.	La adición de fibra sintética estructural al diseño del pavimento rígido mejorara las propiedades físicas en la nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima	DEPENDIENTES				
¿Cómo elaborar un diseño de pavimentos usando fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima?	Elaborar un diseño de pavimento usando fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima	El diseño de pavimento rígido variara usando fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima	INDEPENDIENTE	Diseño de Pavimento	capacidad teórica de resistencia a la compresión y a la flexión		
¿Cuál es la resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima?	Evaluar mediante ensayos la resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima	La resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural mejorara en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima		Ensayo de Flexión	Ensayo de resistencia a la flexión		
¿Cuál es la resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima?	Evaluar mediante ensayos la resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima	La resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural aumentara en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima		Ensayo de Compresión	Ensayo de resistencia a la compresión		
¿Cuál es el costo en la elaboración del pavimento rígido con fibra sintética estructural versus el diseño inicial en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima?	Evaluar el costo en la elaboración de un pavimento rígido con fibra sintética estructural versus el diseño original en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima	El costo en la elaboración del pavimento rígido con fibra sintética estructural es menor que del pavimento convencional en la nueva Planta Farmagro - Huachipa - Lima		Análisis de Costo Unitario	Comparativo de costos entre pavimentos con refuerzo de acero vs pavimento con fibra sintética		

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

La presente investigación es del tipo Experimental, donde se trata de analizar cuál es el comportamiento del concreto cuando se le añade fibras sintéticas para la construcción de la nueva planta industrial Farmagro – Huachipa, donde se determinará el porcentaje óptimo de fibra que se utilizará en el concreto, al igual que evaluar las mejoras que tendrá.

4.1 Diseño metodológico

4.1.1 Tipo de investigación

Es aplicada, de enfoque cuantitativo y de tipo experimental, porque se realizaron ensayos para la obtención de datos comparativos.

4.1.2 Nivel de investigación

La investigación tiene un alcance descriptivo, ya que tiene un diseño experimental conformado por la mezcla del pavimento rígido con fibra sintética que se realizó en el laboratorio.

4.1.3 Diseño de investigación

El propósito del estudio es experimental conformado por la mezcla del pavimento rígido con fibras sintéticas que se realizaron los ensayos respectivos. Número de medición es longitudinal, ya que se realizó la toma de datos más de una vez. La cronología es prospectiva, porque se recolectaron los datos después de haber planificado el estudio.

4.2 Diseño muestral

Población y muestra

La población de estudio en esta investigación estuvo constituida por la mezcla del pavimento rígido con fibra sintética.

La muestra de la investigación son las probetas con fibra sintética y las viguetas, para determinar las propiedades mecánicas del concreto modificado.

Alcance de estudio

El presente proyecto trata de la fabricación de una nave industrial que estará apoyada sobre el suelo, la cual será ejecutada en concreto fibroreforzado. Pisos industriales elaborados con concreto reforzado con fibras sintéticas pueden obtener ventajas en el aspecto económico y técnico, a diferencia de los pisos que son ejecutados en concreto reforzados convencionalmente.

La incorporación de fibras sintéticas estructurales Barchip MQ58 al concreto hacen que se note un incremento en las propiedades físicas del concreto especialmente en lugares donde el pavimento presente una condición de la subbase muy desfavorable.

El ahorro que hay en la optimización de los tiempos y costos son dados por el uso de las fibras sintéticas porque ya no se requiere la colocación de acero convencional lo que eliminaría los costos de la puesta en obra, así como también del vaciado directamente en la zona de trabajo por parte de la mezcladora, evitando los gastos en la utilización de las bombas de concreto. Las fibras sintéticas pueden ser añadidas a la mezcla de forma fácil, al introducirlas directamente al camión mezclador o en la planta mezcladora con todos los agregados. El tiempo de mezclado será de 3 minutos para 7 m³ en un mixer de capacidad de 8m³.

4.3 Criterios de diseño

Diseño de Pavimentos Rígidos, Patio de Maniobras (Método AASHTO-93)

De acuerdo con el análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio se concluye que, en el sector del área en estudio, la subrasante de los pavimentos estará constituido principalmente por gravas angulosas con matriz limo arenoso, clasificadas como GM (A-1-b (0)) respectivamente, presentando las siguientes características:

Permeabilidad	Mediana
Capilaridad	Mediana
Elasticidad	Baja
Cambio de Volúmenes	Bajos
Valor como Sub-Rasante	Alto
Razón soporte california promedio (para el 95% de compactación de la M.D.S.)	32.40%
Características de drenaje	Mediano
Módulo de reacción de la subrasante (kg/cm ³)	9.00

Empleando el método AASHTO-93 por medio de la siguiente relación:

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_e + 7.35 \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{PSI_0 - PSI_t}{4.5 - 1.5}\right)}{1.00 + \frac{1.624 \times 10^3}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times Pt) \log_{10} \left(\frac{Sc Cd (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left(D^{0.75} \frac{18.42}{(Eck)^{0.25}} \right)} \right)$$

Tomando en cuenta las consideraciones para el Diseño de Pavimento.

Periodo de Diseño = 20 años

Módulo de Subrasante Kc = 324.85 PCI

Tráfico ESAL = 1 x 10⁶

Confiabilidad R (%) = 95%

Desviación estándar S0 = 0.30

Perdida de la servicialidad de diseño ΔPSI = 4.5 – 2.5 = 2

Módulo Elástico del concreto Ec = 3.4 x 10⁶ PSI

Módulo de rotura del concreto Sc = 590 PSI

Coefficiente de drenaje Cd = 1

Coefficiente de transferencia de carga $J = 3$

Utilizando las cartas de diseño para pavimentos rígidos se obtiene un espesor de $D = 7''$.

En base a los parámetros indicados se toma en cuenta como parámetros para el diseño de la sección de la vía a construir:

Subrasante: Será escarificada retirando las partículas mayores de $3''$, raíces y otros, con un espesor de 0.30 m, compactado al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado ASTM D-1557. En caso de encontrarse rellenos se recomienda eliminarlos y reemplazarlos por un material tipo sub-base granular hasta el nivel subrasante.

Sub-base: Material granular con un espesor de 0.15 m, compactada al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado ASTM D-1557.

Losa de concreto: sobre la sub-base granular se colocará la losa de concreto de $7''$ (siete pulgadas) de espesor, con una resistencia a la compresión axial de $f'c = 245$ Kg/cm² a los 28 días de fragua.

En el diseño del pavimento es donde se determina el espesor que va a tener la losa de pavimento rígido, tomando en cuenta las características que va a tener una vez han sido agregadas las fibras.

Para la elaboración del diseño nos hemos basado en las reglas técnicas que están incluidas en el código inglés TR 34, donde se indica las propiedades que adquiere el concreto al añadirle fibras.

El estudio de mecánica de suelos que se encuentran en los anexos.

Diseño de losa fibroreforzada

Procedimiento de cálculo

El procedimiento de cálculo está basado en el código inglés TR 34 donde a partir de un diseño se puede determinar la dosificación a emplear en la losa y ver si cumplen los esfuerzos admisibles para la estructura.

Luego se indican que tipos de cargas va a soportar el pavimento así como también los cambios de temperatura, en este caso es una nave industrial.

Datos de Diseño:

Perfil estructural

- CBR (Promedio) = 22.70% (según EMS).
- Resistencia de Concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, piedra H57, Slump C.
- Espesor de losa de 20 cm con 3.0kg/m³ de fibra sintética estructural Barchip MQ58.
- Cargas de diseño para sobrecargas de 7.50Tn/m².
- Cargas de diseño para camiones tipo tractor de 1 eje delantero y 2 ejes traseros y semirremolque de 3 ejes con un peso total de 49.50Tn.
- Cargas de diseño montacarga retráctil de hasta 5Tn por rueda.

Cálculo del espesor de la losa de concreto

Se introducen los datos al sistema como la dosificación de la fibra de acuerdo al espesor, la temperatura, etc.

Para comenzar con el diseño se ha considerado los siguientes datos de entrada.

h (espesor de losa)	:	20 cm
Concreto	:	245 kg/cm ²
Espaciamiento entre juntas Lx	:	5.00 m
Espaciamiento entre juntas Ly	:	5.00 m

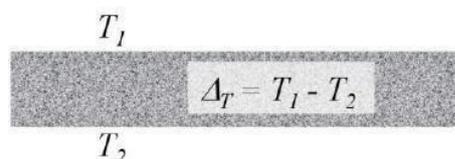


Figura 14. Gradiente de temperatura
Elaboración: Los autores

Gradiente de Temperatura ΔT : 5°

Espesor de la Losa	h	<input type="text" value="200"/>	mm	Módulo de sección	W_c	<input type="text" value="6667"/>	mm ³ /mm
Clase del Concreto		<input type="text" value="C 25/30"/>		Módulo de Young	E_c	<input type="text" value="31476"/>	MPa
				Módulo de Rotura	f_{ctk,f}	<input type="text" value="3.60"/>	MPa
					f_{cu}	<input type="text" value="30"/>	MPa
Coefficiente de Poisson	v	<input type="text" value="0.20"/>		Factor de Encogimiento	ε_{sh}	<input type="text" value="0.40"/>	‰
Espaciamiento entre juntas	L_x	<input type="text" value="5.00"/>	m	Área del Paño		<input type="text" value="25"/>	m ²
Espaciamiento entre juntas	L_y	<input type="text" value="5.00"/>	m				
Gradiente de Temperatura	ΔT	<input type="text" value="5.00"/>	°C	Coef. de Temperatura	α_T	<input type="text" value="0.000012"/>	1/K
Coefficiente de Fricción	μ	<input type="text" value="1.3"/>					
						<input type="text" value="Base granular"/>	
Construcción							
						<input type="radio"/>	Sin juntas
						<input checked="" type="radio"/>	Con juntas de control

Figura 15. Informaciones del sistema
Elaboración: Los autores

Se agregan los parámetros con un CBR promedio de diseño de 22.70%.

<input type="radio"/>	Módulo de Westergaard	k	<input type="text" value="0.074"/>	N/mm ³
<input type="radio"/>	Módulo de la Subrasante	E_{v2}	<input type="text"/>	MPa
	E_{v2}/E_{v1}		<input type="text" value="2.50"/>	
<input checked="" type="radio"/>	Índice de soporte California	CBR	<input type="text" value="22.70"/>	%
	Radio de Rigidez	ℓ	<input type="text" value="737"/>	mm
	Longitud Característica	1/λ	<input type="text" value="1032"/>	mm

Figura 16. Parámetros de CBR
Elaboración: Los autores

Luego se introducen las cargas que va a soportar la losa y el programa determinara cual es la más crítica, ahí es cuando el programa determina

las cargas que van a actuar y cuáles van a ser admisibles, así podremos ver en un inicio la capacidad de resistencia que va a tener la losa.

Análisis de cargas sobre la estructura de pavimento rígido:

Carga distribuida y carga de camiones: $S/C = 7500\text{kg/m}^2$ y $P=49.50\text{Tn}$.

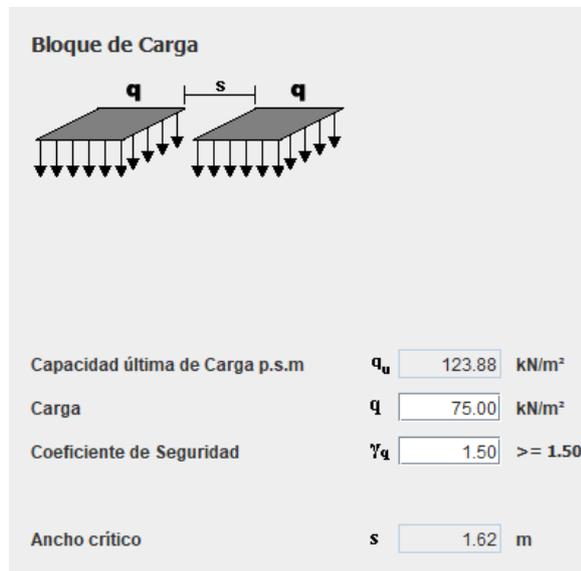


Figura 17. Análisis de Carga

Elaboración: Los autores

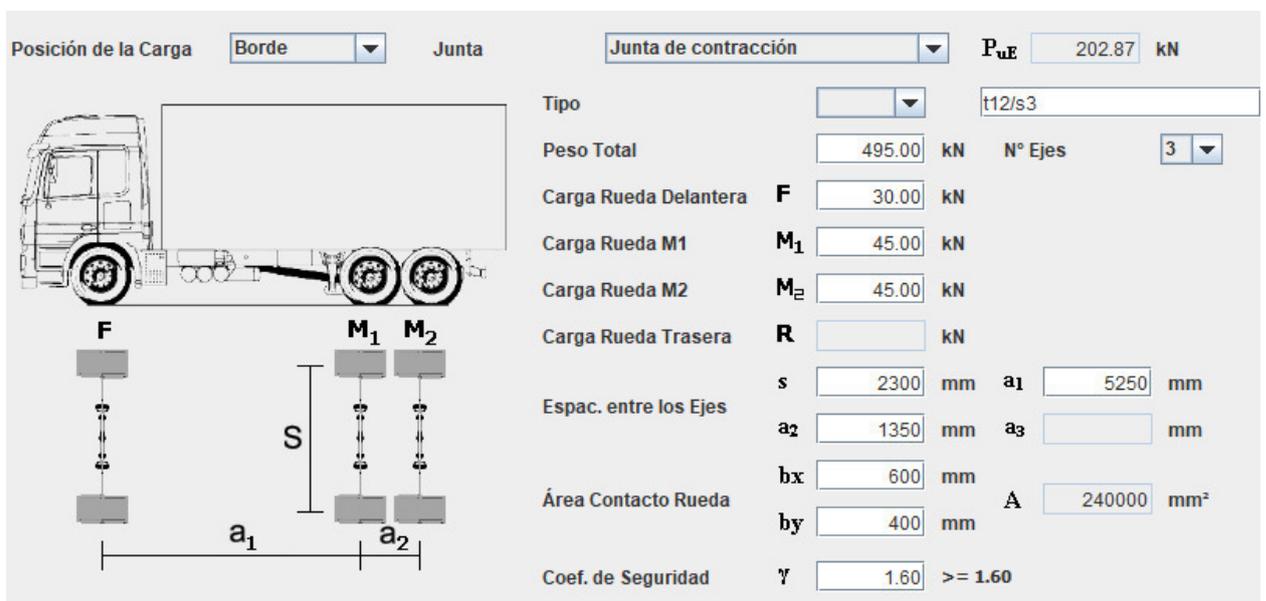


Figura 18. Cálculo de cargas actuantes y admisibles para carga distribuida y carga de camiones

Elaboración: Los autores

Montacargas elevador: Peso bruto máximo = 13 ton (5.0Tn por llanta)

Posición de la Carga	Borde	Junta	Junta de contracción	P_{uE}	156.13 kN
Tipo	5.0				
Peso Total	130.00	kN			
Carga de la Rueda Delantera	F	60.00	kN		
Carga de la Rueda Trasera	R	5.0	kN		
Carga en el eje delantero		120.00	kN		
Espac. entre las Ruedas	s_1	1200	mm	s_2	1200 mm
Espaciamento entre los Ejes	a	1800	mm		
Área de Contacto de la Rueda	b_x	200	mm	A	40000 mm ²
	b_y	200	mm		
Coefficiente de Seguridad	γ	1.60	>= 1.60		

Figura 19. Cálculo de cargas actuantes y admisibles de cargas puntuales de un montacarga.

Elaboración: Los autores

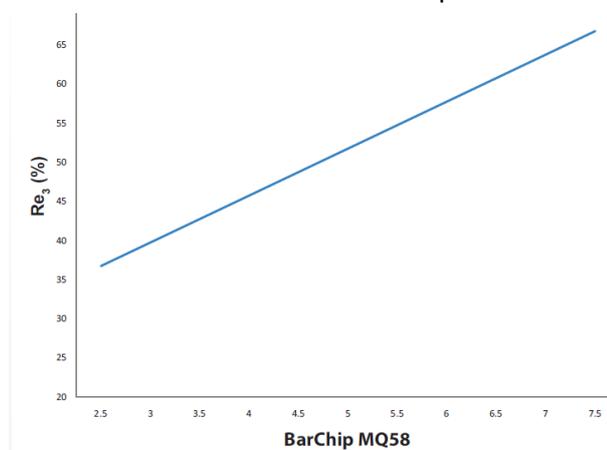
El programa finalmente toma en cuenta cuales son los efectos que va a tener la carga en el pavimento, tomando en cuenta la variación de temperatura y los compara con los límites permitidos.

Según el programa se obtiene un valor de 38.7% de resistencia residual Re_3 según el ACI 360.

$Re_{,3}$ 38.7 %

Figura 20. Valor de resistencia residual
Fuente: Los autores

Gráfico 1. Re_3 vs BarChip MQ58



Elaboración: Los autores

Concentrada				
Cargas	Posición	P_u/P_{act}	Juntas	Resultados
Simple/doble carga puntual	Interior	<input type="text"/>	---	P_{act} <input type="text"/> kN
Sistema de Estanterías	Borde	<input type="text"/>	Junta de contracción	P_{act} <input type="text"/> kN
Montacarga	Borde	1.63	Junta de contracción	P_{act} 96.00 kN
Camión	Borde	2.82	Junta de contracción	P_{act} 72.00 kN
Cargas Distribuidas				
Bloque de Carga (+ p. p.)	Interior	1.55	---	q_{act} 79.80 kN/m ²
Línea de Carga	Interior	<input type="text"/>	---	P_{act} <input type="text"/> kN/m
Combinación	Posición	Junta		Resultado
Cargas Distribuidas - Bloque de Carga (+ p. p.)	Interior	---		q_{act} 79.80 kN/m ²
Capacidad última de Carga		$P_u - (\Delta P_{SH} + \Delta P_{\Delta T})$	<input type="text"/> 84.24	kN/m ²
Factor de seguridad Global		P_u/P_{Des}	<input type="text"/> 1.06	

Figura 21. Factor de Seguridad Global debido a cargas de Flexión debido a Punzonamiento
Elaboración: Los autores

Cargas	Posición	Juntas	Resultados
Simple/doble carga puntual	Interior	---	P_{act} <input type="text"/> kN
Sistema de Estanterías	Borde	Junta de contracción	P_{act} <input type="text"/> kN
Montacarga	Borde	Junta de contracción	P_{act} 96.00 kN
Camión	Borde	Junta de contracción	P_{act} 72.00 kN
Combinación	Posición	Junta	Resultado
Montacarga	Borde	Junta de contracción	P_{Des} 96.00 kN
Verificación en la cara de la carga			
Capacidad última al punzonado		P_{uV}	<input type="text"/> 428.63 kN
Factor de seguridad global. Cara de Carga		P_{uV}/P_{Des}	<input type="text"/> 4.46
Verificación en el perímetro crítico			
Capacidad última al punzonado		P_{uV}	<input type="text"/> 135.17 kN
Factor de seguridad. Perímetro Crítico		P_{uV}/P_{Des}	<input type="text"/> 1.41

Figura 22.- Determinación del Factor de Seguridad Global
Elaboración: Los autores

Factores de Seguridad:

- Factor de Seguridad global de punzonamiento = 1.41 → Ok
- Factor de Seguridad global cargas de flexión = 1.06 → Ok

Se concluye que el diseño óptimo sería con una resistencia a la compresión de 245 kg/cm² con una dosificación de 3kg/m³ de la fibra sintética estructural Barchip MQ 58.

Cuarteo de muestras en el laboratorio

Para el cuarteo de los agregados finos y gruesos, se colocó la muestra sobre una superficie plana, previamente habiendo limpiado el piso para evitar cualquier tipo de contaminación.

Se mezcla bien los agregados formando una pila de forma cónica, luego se aplanan cuidadosamente dándole una forma circular, teniendo un diámetro y espesor uniforme.

Una vez que se le da una forma circular a los agregados mezclados se procede a dividir en cuatro partes iguales, extrayendo los dos cuartos opuestos diagonalmente, así sucesivamente hasta obtener la muestra requerida para los ensayos.

Peso unitario del agregado fino y agregado grueso

Peso unitario suelto del agregado fino y grueso

El procedimiento para hallar el peso unitario suelto del agregado fino y grueso es vaciar los agregados en un recipiente hasta el tope, luego con la utilización de una varilla se nivela al ras eliminando el material excedente, posteriormente se pesa en ambos casos con el recipiente lleno del agregado fino y del agregado grueso.

Una vez realizados ambos ensayos obtuvimos un Peso Unitario Suelto de **1549.67 kg/m³** en el agregado fino y **1454.9 kg/m³** en el agregado grueso.

Peso unitario compactado del agregado fino y grueso

El procedimiento para hallar el peso unitario compactado del agregado fino y grueso es vaciar los agregados en un recipiente en tres capas y apisonarlos con 25 golpes por cada capa hasta el tope, luego con la utilización de una varilla se enrasa eliminando el material excedente, posteriormente se pesa en ambos casos con el recipiente lleno del agregado fino y del agregado grueso. Una vez realizados ambos ensayos obtuvimos un Peso Unitario Compactado de **1745.46 kg/m³** en el agregado fino y **1595.96 kg/m³** en el agregado grueso.

Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso

Para el ensayo del análisis granulométrico se empezó por seleccionar los tamices adecuados en forma decreciente, una vez seleccionados los tamices se empieza por colocar la muestra sobre el tamiz superior y ponerlo en el tamizador mecánico por un periodo de 4 minutos, a diferencia de los tamices para el agregado grueso donde los tamices son más grandes, motivo por el cual no se puede usar el tamizador mecánico, motivo por el cual se hizo de forma manual por un periodo adecuado.

Una vez concluido los periodos del ensayo granulométrico, se procedió a pesar las muestras que son retenidas en cada tamiz.

El peso que se halló en cada tamiz tiene que ser corroborado con el peso inicial de la muestra.

Absorción y peso específico del agregado fino

Para este ensayo se mezcló y cuarteo uniformemente el agregado hasta obtener una muestra de 1 kg aproximadamente, para luego ponerlo en un recipiente y cubrirlo con agua durante 24 horas para luego decantar el agua evitando la pérdida de finos.

Después se colocó la muestra en una superficie plana para darle un secado uniforme lo cual haría que las partículas del agregado no se adhiran entre sí.

Se colocó la muestra en un molde cónico golpeando suavemente 25 veces con la varilla la superficie para después retirar el molde derrumbándose el agregado dando a entender que el agregado alcanzó la condición de superficie seca.

En un frasco se añade 500g de muestra para llenarlo parcialmente con agua a una temperatura de 20°C hasta llegar a la marca de 500 cm³, para la eliminación de las burbujas de aire se agitó el frasco de manera manual con cuidado.

Una vez eliminados las burbujas de aire, se ajustó la temperatura del frasco a 23 ± 2 °C, llenando el frasco hasta la capacidad calibrada, obteniendo el peso del frasco, el espécimen y del agua.

Luego del frasco se removió el agregado fino, se lo colocó en el horno para secarlo a una temperatura de 110 ± 5 °C, una vez retirado del horno se enfrió a temperatura ambiente por una hora y media y se procedió a determinar el peso.

NORMA: NTP 400.021

I. AGREGADO FINO

	MUESTRA
Peso seco (gr)	870
Peso sat. sup. seco (gr)	1011
Nuevo peso s.s.s. (gr)	500
Nuevo peso seco (gr)	494.56
Peso del picnómetro + agua (gr)	1190.23
Peso del picnómetro + agua + suelo s.s.s.	1497.5

A: peso de muestra húmeda $G_s = \frac{A'}{B'+C-D} \times 0.99762 \text{ gr/cm}^3$

B: peso de muestra seca (g) $G_s = \frac{494.56}{500+1192.33-1497.5} \times 0.99762 \text{ gr/cm}^3$

B': Nuevo peso s.s.s. (gr) $G_s = 2.54 \text{ gr/cm}^3$

A': Nuevo peso seco (gr)

C: Peso del picnómetro + agua (gr)

D: Peso del picnómetro + agua + suelo s.s.s. (gr)

Absorción y peso específico del agregado grueso

La muestra seleccionada se mezcló y redujo hasta tener la cantidad necesaria para tamizarlo por el tamiz N°4 (4.75mm) descartando todo el material que pasa por este tamiz, luego para remover polvo u otras impurezas se lavó el material.

Se secó la muestra en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, para luego ventilarlo por aproximadamente entre 1 a 3 horas a temperatura de ambiente y después se sumerge la muestra por un tiempo de 24 horas.

Se removió la muestra del agua para secarlo superficialmente con la utilización de un paño absorbente, eliminando la humedad superficial de la muestra.

Se peso y se colocó la muestra saturada con superficie seca en una cesta de alambres para determinar su peso sumergido a una temperatura entre 22°C . Se secó en el horno a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se dejó enfriar por 3 horas a temperatura de ambiente para luego pesarlo.

AGREGADO GRUESO

	MUESTRA
peso seco (gr)	3419.8
peso saturado superficialmente seco (gr)	3440.5
peso sumergido en agua (gr)	2190.5

A: peso seco (lavado con tamiz N°4) (g) $G_s = \frac{A}{B-C} \times 0.99762 \text{ g/cm}^3$

B: peso sat. Superficial m. seco (g) $G_s = \frac{3419.8}{3440.5-2190.5} \times 0.99762 \text{ g/cm}^3$

C: peso sumergido en agua (g) $G_s = 2.74 \text{ g/cm}^3$

Contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso

La muestra fue colocada en una tara y con el uso de una balanza se determinó el peso del material humedecido y de la tara.

Luego se puso el material en un horno durante 24 horas en un horno a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Una vez seco el material se retiró del horno la tara y se registró en la balanza los pesos del material y de la tara.

I. AGREGADO FINO

	MUESTRA
Peso de tara (gr)	176.5
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	884.5
Peso de la Muestra Seca (gr)	866.0

PH: peso de muestra húmeda $W = \frac{PH-PS}{PS} \times 100\%$

PS: peso de muestra seca (g) $W = \frac{884.5-866}{866} \times 100\%$

W: humedad (%) $W = 2.14\%$

II. AGREGADO GRUESO

	MUESTRA
Peso de tara (gr)	1088.5
Peso de la Muestra Húmeda (gr)	3473.0
Peso de la Muestra Seca (gr)	3448.5

PH: peso de muestra húmeda $W = \frac{PH-PS}{PS} \times 100\%$

PS: peso de muestra seca (g) $W = \frac{3473-3448.5}{3448.5} \times 100\%$

W: humedad (%) $W = 0.71\%$

Diseño de mezcla de concreto

“El diseño de mezclas de concreto es conceptualmente la aplicación técnica y practica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo.” (Rivva López, 2000, p.171)

Como expresa Chapoñan, J. y Quispe, C.

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas presentadas en los capítulos anteriores, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica de concreto. El procedimiento para la selección de las proporciones que se presentan en este capítulo es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las tablas se indican en ellas. Aunque los mismos datos básicos y procedimientos pueden ser empleados en el diseño de concretos pesados y concretos ciclópeos, al tratar estos se da la información complementaria. (p. 93)

Los tipos de usos que se le van a dar al concreto es lo que determina el diseño de mezcla donde se presentan algunas limitaciones como por ejemplo:

- Asentamiento.
- Contenido máximo de aire.
- Contenido mínimo de cemento.
- Relación agua – cemento máximo.

- Resistencia en compresión mínima.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

La dosificación de los materiales que son requeridas en la elaboración de un metro cubico de concreto va de acuerdo a las características de los materiales y la adecuada mezcla para el tipo de trabajo que se va a realizar.

Pasos para la elaboración del diseño de mezcla de un concreto

Selección de la resistencia promedio.

“Las mezclas de concreto deben diseñarse para una resistencia promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada por el ingeniero proyectista.” (Chapoñan y Quispe, 2017, p. 94).

“La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función del grado de control de la uniformidad y de la calidad del concreto realizado por el contratista y la inspección.” (Rivva, 1992, p. 51).

Tabla 12. Resistencia a la compresión promedio

f'c	f'cr
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

Fuente: Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 56)

Donde: $280 + 84 = 364\text{kg/cm}^2$

El f'cr de nuestro diseño de mezcla fue de 364kg/cm^2

Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

“La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo” como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.” (Rivva, 1992, p. 69).

“La norma ITINTEC 400.037 define al “Tamaño Máximo Nominal” como aquel que “corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.” (Rivva, 1992, p. 69).

La siguiente Tabla 14 presenta los porcentajes que pasan por los tamices de acuerdo con el tamaño máximo nominal que está comprendido entre el tamiz de 2” y el de 3/8”, según la Norma ASTM C 33.

Tabla 13: Porcentajes que pasan por entre los tamices 2” y 3/8”

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes fallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 70)

“En elementos de espesor reducido, o antes la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.” (Rivva López, 2000, p.183)

Selección del asentamiento (Slump).

El concreto no endurecido tiene una consistencia con la cual se puede determinar el grado de humedad que posee la mezcla. Las mezclas de concreto se pueden clasificar en:

- Mezclas plásticas son aquellas que tienen un asentamiento que va entre cero pulgadas y dos pulgadas (75mm a 100mm).
- Mezclas secas son aquellas que tienen un asentamiento que va entre cero y dos pulgadas (0mm a 50mm).

- Mezclas fluidas son aquellas que tienen un asentamiento que va entre cero pulgadas y dos pulgadas (mayores a 125mm).

“Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla 3.14 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia mas densa que puedan ser colocadas eficientemente.” (Chapoñan y Quispe, 2017, p. 94).

Tabla 14. Asentamientos por tipo de construcción

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 73)

Para nuestro ensayo en asentamiento fue de 2" como máximo.

Selección del agua de mezclado

“Es la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está al estado seco.” (Lao, 2007, p. 9).

La tabla 16 ha sido preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI. Ella permitió seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco, en concretos preparados con y sin aire incorporado; teniendo como factores a ser considerados la consistencia que se desea para la mezcla y el tamaño máximo nominal del agregado grueso seleccionado.

Tabla 15. Agua para los TMN de Agregado

Asentamiento	Agua en 1/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 78)

Selección del contenido de aire

“En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, granulometría y tamaño máximo del agregado.” (Lao, 2007, p. 10).

En la tabla 17 se indica el porcentaje de aire atrapado en las mezclas que son diseñadas sin aire incorporado para distintos tamaños de los agregados gruesos que están indicados en la norma ASTM C 33.

Para nuestro caso entramos en la tabla con tamaño máximo nominal de 1/2" y obtenemos 2.5 % de aire atrapado

Tabla 16. Contenido de Aire Atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0 %
1/2"	2,5 %
3/4"	2,0 %
1"	1,5 %
1 1/2"	1,0 %
2"	0,5 %
3"	0,3 %

Fuente: Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 85)

Selección de la relación agua - cemento

“La relación agua – cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las tablas, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua.” (Lao, 2007, p. 10).

En la relación agua – cemento también se tiene que tener en cuenta que los agregados poseen su propia humedad por lo que la cantidad de agua empleada en la mezcla puede variar.

Tabla 17. Relación Agua-Cemento

Resistencia a la compresión requerida (fcr)	Relación agua - cemento	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0,38	-
400	0,43	-
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

Fuente: Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 91)

(*) La resistencia $f'c$ no deberá ser menor de 280 Kg/cm² por razones del diseño.

Cálculo del contenido de cemento.

Una vez que tenemos la relación agua – cemento y también el volumen unitario de agua por volumen de concreto, podemos determinar el Factor Cemento (FC).

Selección del agregado.

Los agregados finos y gruesos tienen sus propiedades las cuales tienen como finalidad influir en el cubicaje de la mezcla para que con un contenido de pasta mínimo se pueda obtener la resistencia deseada en el concreto.

“Se determinó el contenido de agregado grueso mediante la tabla 20, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.” (Chapoñan y Quispe, 2017, p. 108).

Tabla 18. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
mm	Pulg.	2.40	2.6	2.80	3.00
	3/8"	0.50	0.4	0.46	0.44
	1/2"	0.59	8	0.55	0.53
	3/4"	0.66	0.5	0.62	0.60
	1"	0.71	7	0.67	0.65

Fuente: Enrique Rivva Lopez (1992, pág. 118)

(*) Los valores de la tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

(**) Los valores de la tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables puede ser incrementados en 0.2.

Diseño de mezcla de concreto con adición de fibra sintética BarChip MQ58

Para lograr una distribución óptima de la fibra, se recomienda incorporar la fibra requerida al mezclador con el agua, la arena y los agregados seguidos por el cemento y agregar el agua, si es que falta. Una vez completado este paso, la mezcladora deberá de hacerse funcionar a una velocidad alta por aproximadamente 5 a 10 minutos, dependiendo de la cantidad de mezcla,

logrando así una distribución homogénea dentro del concreto por parte de las fibras.

La fibra también puede ser bombeada a través de mangueras sin dificultad, se debe de usar 3 kg/m^3 de concreto.

Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

El objetivo es indicar los pasos en la fabricación de las probetas de concreto y posterior curado en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

- **Moldes:** En el ensayo de las probetas se deben de usar moldes hechas de acero o de PVC, para evitar que la mezcla se adhiera a las paredes de los moldes, se tiene que usar un material antiadherente, en este caso se usó petróleo para recubrir las paredes de los moldes. Los moldes tiene que tener medidas normadas según la norma peruana.
- **Martillo:** Puede ser de caucho que tenga un peso entre $0.57 \pm 0.23 \text{ Kg}$.
- **Varilla compactadora:** Esta varilla debe ser cilíndrica y tener un extremo hemisférico de igual radio de la varilla, cuyo diámetro puede ser de 24" de longitud o de 12" de longitud y un diámetro de 5/8".
- **Mezcladora de concreto (Trompo):** Consiste en un tambor rotatorio con un eje horizontal que puede ser mecánica o manual, teniendo la suficiente fuerza de acuerdo con la cantidad de agregados que se pueden mezclar, sin sobrepasar su cubicaje máximo, siempre hay que tomar en cuenta el porcentaje de residuos que es del 10%.
- **Cantidad de muestras:** La cantidad de muestras depende del tipo de ensayo que se va a realizar al igual que los métodos a emplear, generalmente se deben de usar tres o más muestras para cada condición y edad.
- **Mezclando con máquina:** Para una correcta mezcla de los agregados, se debe de probar que funcione correctamente la mezcladora, luego se agrega la mitad de agua y el cemento, dejando mezclar por medio

minuto, después se agrega el agregado fino y el resto del agua dejando mezclar por 3 minutos, finalmente se agrega la fibra sintética dejando mezclar nuevamente por 4 minutos aproximadamente para homogeneizar la mezcla del concreto con las fibras.

Vaciado y colocación del concreto.

Una vez terminado la mezcla, se vacía en una bandeja de acuerdo a la cantidad de volumen del concreto que se elaboró, con las probetas ya recubiertas con petróleo en sus paredes se procede a llenar por capas, siendo 3 capas requeridas por cada probeta y con una varilla se da 25 golpes por cada capa y para la capa final se debe de llenar de tal manera que se complete exactamente el total del molde.

Para eliminar las burbujas también se empleó un martillo de goma y se golpea suavemente los bordes externos del molde, eliminando así las burbujas internas que hay en la probeta.

Tabla 19. Numero de Capas por Tipo de Muestra

Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de compactación	Número de capas	Altura aproximada De la capa en mm (pulgadas)
CILINDROS Hasta 300(12) Mayor que 300(12) Hasta 460(18) Mayor que 460(18)	Apisonado(varillado)	3 iguales	100(4)
	Apisonado(varillado)	Las requeridas	
	Vibración	2 iguales	200(4)
	Vibración	3 ó más	
PRISMAS Hasta 200(8) Mayor que 200(8) Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Apisonado(varillado)	2 iguales	100(4)
	Apisonado(varillado)	3 o más	
	Vibración	1	200(8) C 172
	Vibración	2 o más	

Fuente: (MTC, 2014, pág. 777)

Con la varilla se apisonó cada capa de acuerdo a la cantidad de golpes que están indicados en la tabla 20.

Tabla 20. Diámetro de varilla y numero de golpes por capa

CILINDROS		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por cada
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200(8)	16 (5/8)	50
250(10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior De la muestra en cm ² (pulg ²)	Diámetro de varilla en mm (pulgada)	Número de golpes por capa
160(25)	10(3/8)	25
165(26) a 310 (49)	10(3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de área
320(50) o más	16(5/8)	1 por cada 14m ² (2pulg ²) de área

Fuente: (MTC, 2014, pág. 778)

Curado de las Probetas y Viguetas

Una vez que se concluyó con la elaboración de los testigos (probetas y viguetas), se procedió a realizar el curado, en este caso usamos las fuentes o lavatorios que hay en el laboratorio, así como también en la adquisición de una piscina, debido a la cantidad de los testigos a ensayar, para que los testigos que estén sumergidos se encuentren a una temperatura constante se procedió a agregar cal a cada fuente para mantener la temperatura constante.

Asentamiento del concreto (Slump)

La prueba de asentamiento del concreto mide la consistencia del concreto fresco antes de fraguar. Se realiza para verificar la viabilidad del concreto recién hecho y, por lo tanto, la facilidad con que fluye el concreto. También se puede utilizar como un indicador si se elaboró una mezcla incorrectamente. La prueba es popular debido a la simplicidad de los aparatos utilizados y al procedimiento simple. La prueba de asentamiento se usa para garantizar la uniformidad para diferentes cargas de concreto en condiciones de campo.

El molde de estar limpio, liso en la parte interna y no presentar abolladuras.

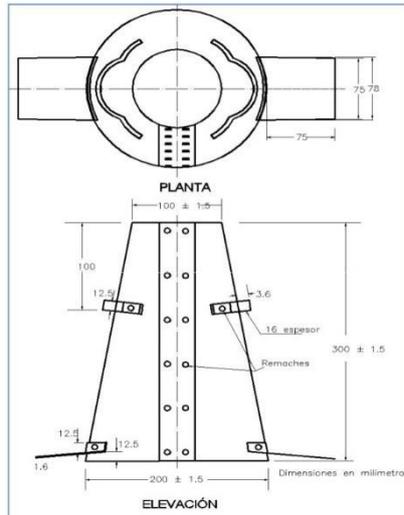


Figura 23. Molde para determinar el asentamiento
Fuente: Manual de Ensayo de Materiales (MTC, 2014, p.802)

Para el ensayo se humedece el molde y se va llenando con la muestra de concreto en tres capas y en cada capa se compacta con 25 golpes distribuidos de manera uniforme

Una vez terminado de llenar el molde, se procede a retirar el molde con un movimiento hacia arriba, tal como está indicado en la figura 16.

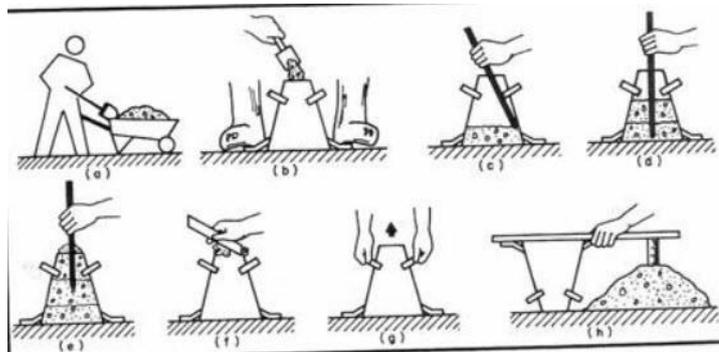


Figura 24. Metodología para hallar la consistencia del concreto

Fuente: UNL. (2010). Hormigón Armado [Figura]. Recuperado de http://www.eis.unl.edu.ar/apuntes/Laboratorio/5_year/Asentamiento_del_hormigon.pdf

Resistencia a la compresión testigos cilíndricos

Se aplica una carga axial de compresión a los cilindros hasta que se produce el fallo. Para determinar la resistencia a la compresión es mediante la división

de la carga máxima que se alcanzó (Kg) sobre el área de contacto de la probeta (cm²).

Para el ensayo de compresión se debe de tener en cuenta que las probetas que previamente han sido curadas tienen que estar secas al 100%, dependiendo del tiempo de curado y los días, en la tabla 23, donde se indica la edad determinada para el ensayo y hay una tolerancia para romper las probetas.

Tabla 21. Edad de Ensayo en Especímenes

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0,25 o 2,1%
24 horas	± 0,5 horas o 2,1 %
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ó 2,2%

Fuente: (MTC, 2014, pág.794)

Una vez que se ensayan las muestras, se debe ver como es la falla que se presentan en las muestras al igual que en la maquina compresora, la fuerza debe de ser aplicada de manera lenta y progresiva, si es aplicada la fuerza de manera brusca o rápida, no se puede determinar de manera exacta a que resistencia o que fuerza de compresión llevo la muestra, pudiendo fallar los resultados de la muestra.

Se registran los tipos de fallas que puedan aparecer tal cual aparece en la figura 25.

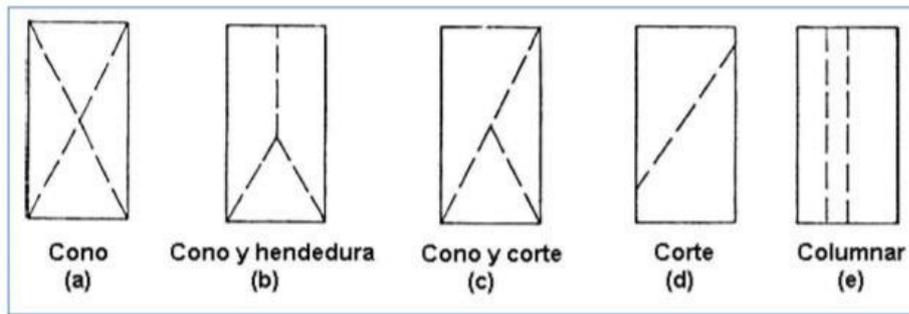


Figura 25. Esquemas de los tipos de falla
Fuente: (MTC, 2014, pág.796)

Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

En este ensayo las muestras deben tener una distancia libre entre los apoyos de tres veces su altura, las viguetas tenían una altura de 15 cm por lo que la distancia libre debería ser de 45 cm, también los lados deben de estar bien definidos formando un ángulo recto y no presentar grietas por ningún lado.

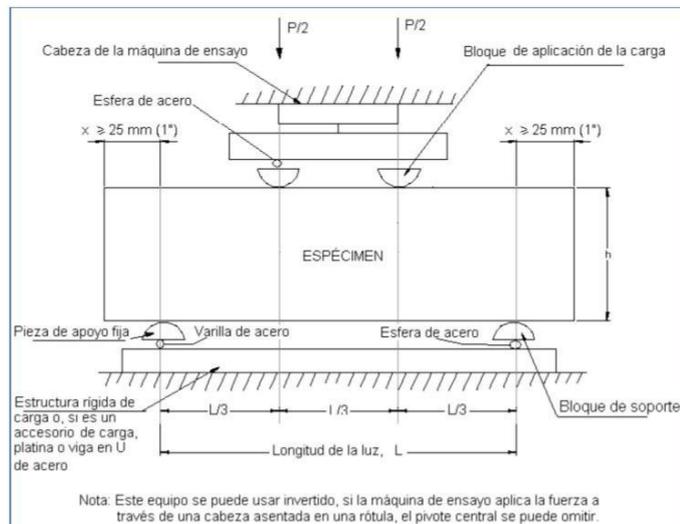


Figura 26. Ensayo de flexión del concreto usando viga simple cargada en los tercios de luz.
Fuente: (MTC, 2014, pág.824)

Para el procedimiento del ensayo de viguetas a flexión se debe ubicar de manera central dentro de los apoyos los cuales deben de estar centrados para que el contacto sea parejo.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Contratación de hipótesis

Hipótesis general:

- **Hipótesis alterna (Ha):** Al Adicionar fibra sintética estructural al diseño del pavimento rígido **mejorara las propiedades físicas** en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- **Hipótesis nula (H0):** Al Adicionar fibra sintética estructural al diseño del pavimento rígido **no mejora las propiedades físicas** en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

Hipótesis específicas:

a) Hipótesis específica 1:

- **Hipótesis alterna (Ha):** El diseño de pavimento rígido variara usando fibra sintética estructural en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- **Hipótesis nula 1 (H0):** El diseño de pavimento rígido no variara usando fibra sintética estructural en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

b) Hipótesis específica 2:

- **Hipótesis alterna (Ha):** La resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural mejorara en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

- **Hipótesis nula 1 (H0):** La resistencia a la flexión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural no mejorara en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

c) Hipótesis específica 3:

- **Hipótesis alterna (Ha):** La resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural aumentara en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- **Hipótesis nula 1 (H0):** La resistencia a la compresión en el pavimento rígido con fibra sintética estructural no incremento en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

d) Hipótesis específica 4:

- **Hipótesis alterna 1 (Ha):** El costo en la elaboración del pavimento rígido con fibra sintética estructural es menor que del pavimento convencional en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.
- **Hipótesis nula 1 (H0):** El costo en la elaboración del pavimento rígido con fibra sintética estructural no es menor que del pavimento convencional en la Nueva Planta Farmagro – Huachipa – Lima.

5.2 Análisis e interpretación de la investigación

En el análisis e interpretación de la investigación se mostrarán los ensayos que se realizaron a compresión como también a flexión.

5.2.1 Ensayo de compresión

En el presente capítulo, se muestran los resultados que se obtuvieron del ensayo a compresión con una relación agua – cemento de 0.466 en las edades de 3 y 14 días respectivamente.

Cumpliendo con nuestro cronograma y tomando en cuenta la resistencia de diseño que se requería alcanzar a los 14 días es de 245 kg/cm² indicada por los autores de esta tesis, se trató de llegar a esta resistencia

cumpliendo con todos los ensayos respectivamente así como en el diseño del pavimento donde por norma tiene que tener un “Slump” que varié entre 1” y 3”, en esta tesis se obtuvo un “Slump” de 2” en todos los diseños realizados.

A continuación, se muestran las tablas de los resultados de los ensayos a compresión y los detalles de las dimensiones de las probetas se encuentran en la sección de los Anexos.

5.2.2 Relación agua – cemento de 0.466 ensayado en probetas

Resultados para una resistencia de $f'c$ de 280 Kg/cm² en probetas de concreto patrón.

Tabla 22. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón sin fibra sintética

Relación Agua - Cemento 0.466 Sin Fibra Sintética Estructural			
N° Probeta	Resistencia obtenida a los 3 días (Kg/cm ²)	N° Probeta	Resistencia obtenida a los 14 días (Kg/cm ²)
Probeta 1	165.89	Probeta 3	241.5
Probeta 2	146.01	Probeta 4	308.22
Probeta 5	117.7	Probeta 6	335.82
$f'cm(Kg/cm^2)$	143.2	$f'cm(Kg/cm^2)$	295.18

Elaboración: Los autores

Tabla 23. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón con fibra sintética 3kg/m³

Relacion Agua - Cemento 0.466 con Fibra Sintetica Estructural 3kg/m ³			
N° Probeta	Resistencia obtenida a los 3 días (Kg/cm ²)	N° Probeta	Resistencia obtenida a los 14 días (Kg/cm ²)
Probeta 8	190.96	Probeta 7	311.76
Probeta 9	191.06	Probeta 10	302.85
Probeta 12	202.87	Probeta 11	309.58
$f'cm(Kg/cm^2)$	194.96	$f'cm(Kg/cm^2)$	308.06

Elaboración: Los autores

Tabla 24. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón con fibra sintética 4kg/m³

Relacion Agua - Cemento 0.466 con Fibra Sintetica Estructural 4kg/m3			
N° Probeta	Resistencia obtenida a los 3 días (Kg/cm2)	N° Probeta	Resistencia obtenida a los 14 días (Kg/cm2)
Probeta 16	299.46	Probeta 17	305.65
Probeta 18	285.3	Probeta 19	329.51
Probeta 20	297.43	Probeta 21	338.72
f'cm(Kg/cm2)	294.06	f'cm(Kg/cm2)	324.63

Elaboración: Los autores

Comparación entre las resistencias a los 3 y 14 días en el concreto patrón en probetas

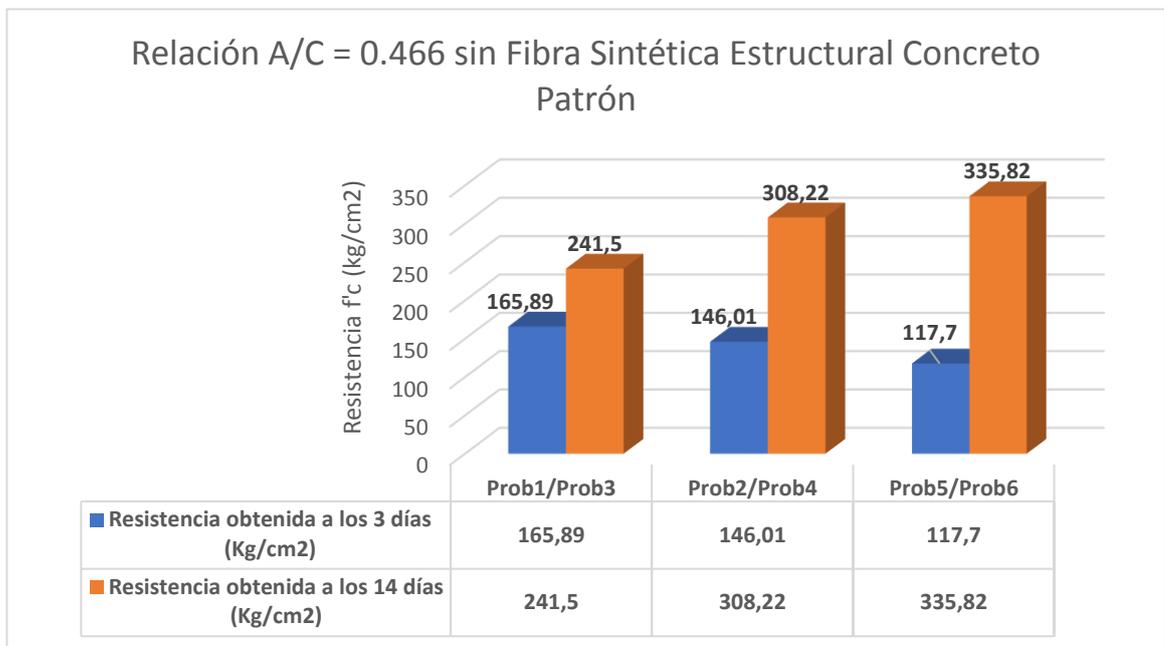


Gráfico 1. Relación A/C = 0.466 sin Fibra Sintética Estructural Concreto Patrón

Elaboración: Los autores

1. En el gráfico se observa que la resistencia del concreto patrón a los 3 días y a los 14 días son mayores a al diseño de mezcla que estaba estimado.

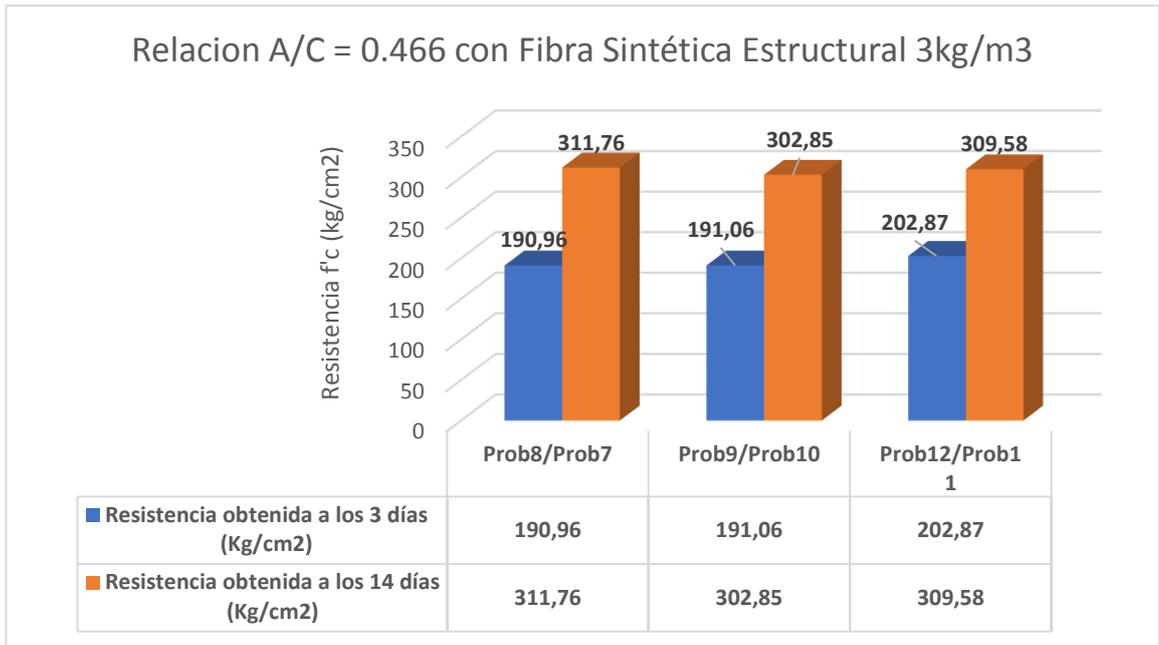


Gráfico 2. Relación A/C = 0.466 con Fibra Sintética Estructural en una dosificación de 3kg/m³

Elaboración: Los autores

- En el gráfico 2, se puede observar que el concreto con fibras aumentan la resistencia en los 3 a 14 días a diferencia del concreto patrón.

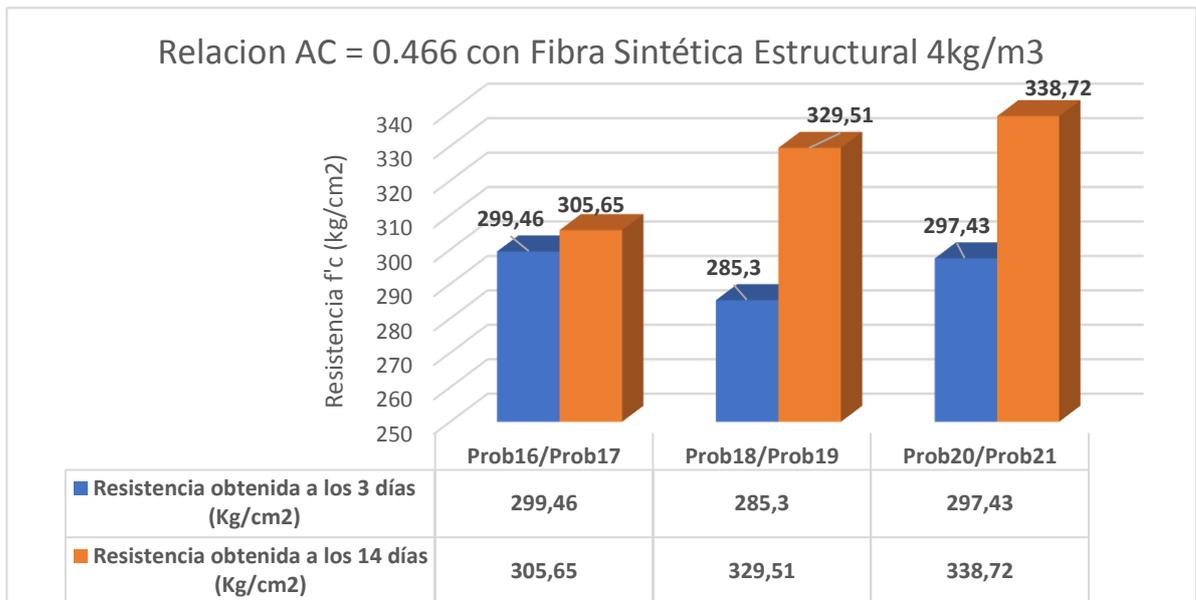


Gráfico 3. Relación A/C = 0.466 con Fibra Sintética Estructural en una dosificación de 4kg/m³

Elaboración: Los autores

3. En el gráfico 3 se puede ver claramente que al aumentar la fibra en la mezcla en una dosificación de 4kg/m³, la resistencia a la compresión fue aún mucho mayor a la estimada en el diseño de mezcla.

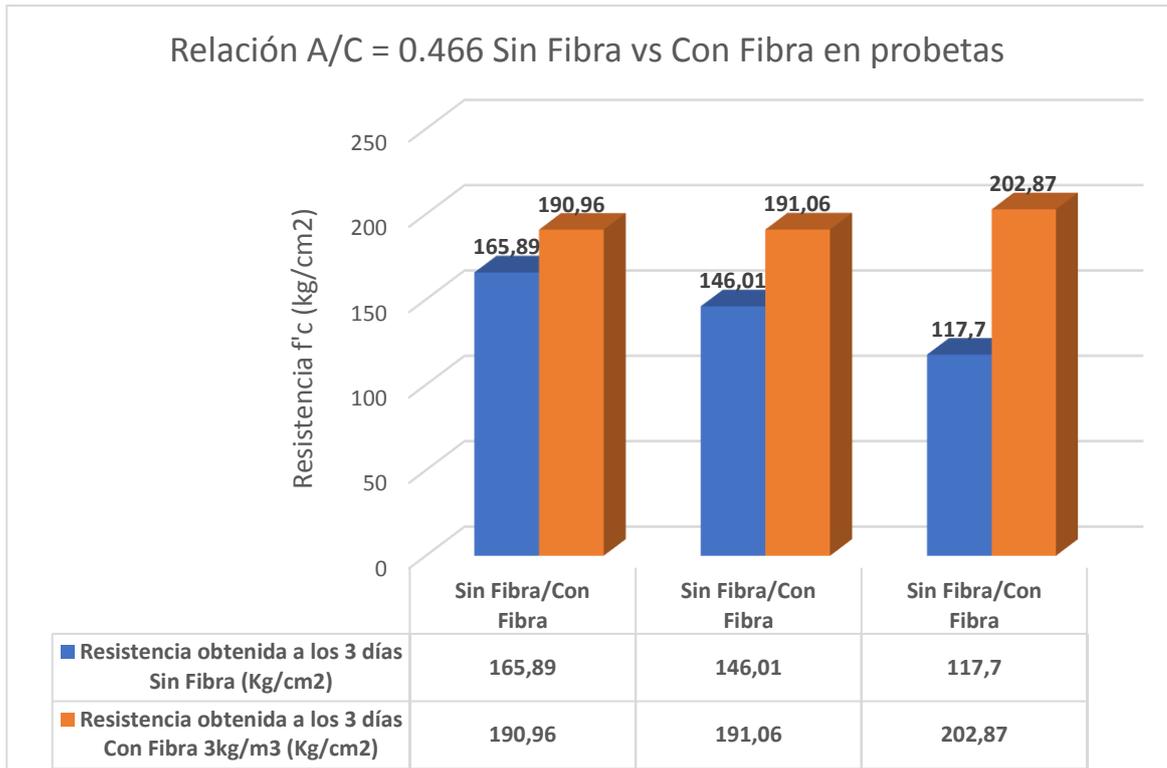


Gráfico 4. Relación A/C = 0.466 con Fibra Sintética Estructural vs Concreto Patrón a los 3 días

Elaboración: Los autores

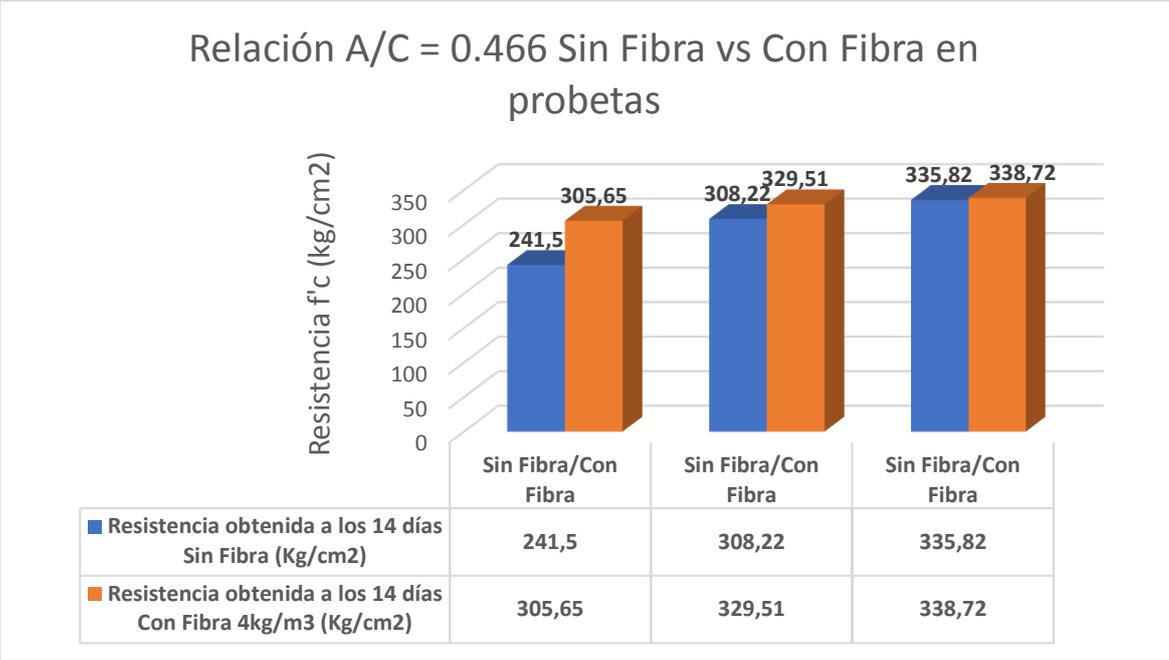


Gráfico 5. Relación A/C = 0.466 con Fibra Sintética Estructural vs Concreto Patrón a los 14 días

Elaboración: Los autores

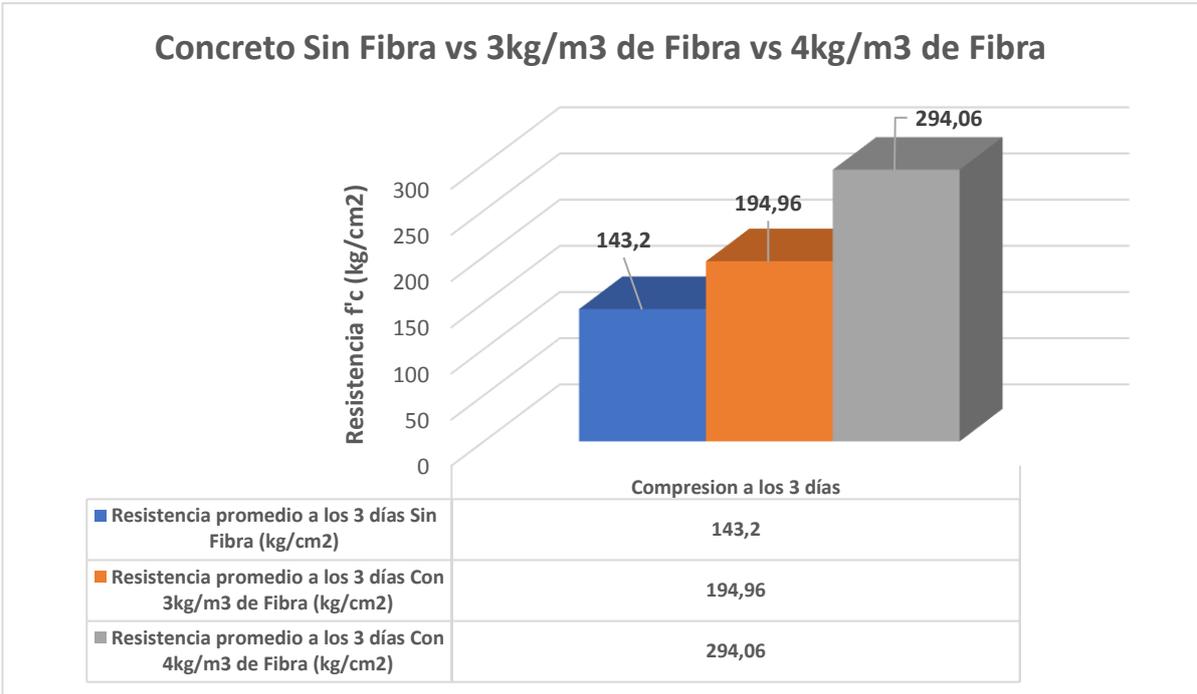


Gráfico 6. Relación A/C = 0.466 Concreto sin Fibra vs Concreto con 3kg/m³ y 4kg/m³ – Ensayo de compresión a los 3 días

Elaboración: Los autores

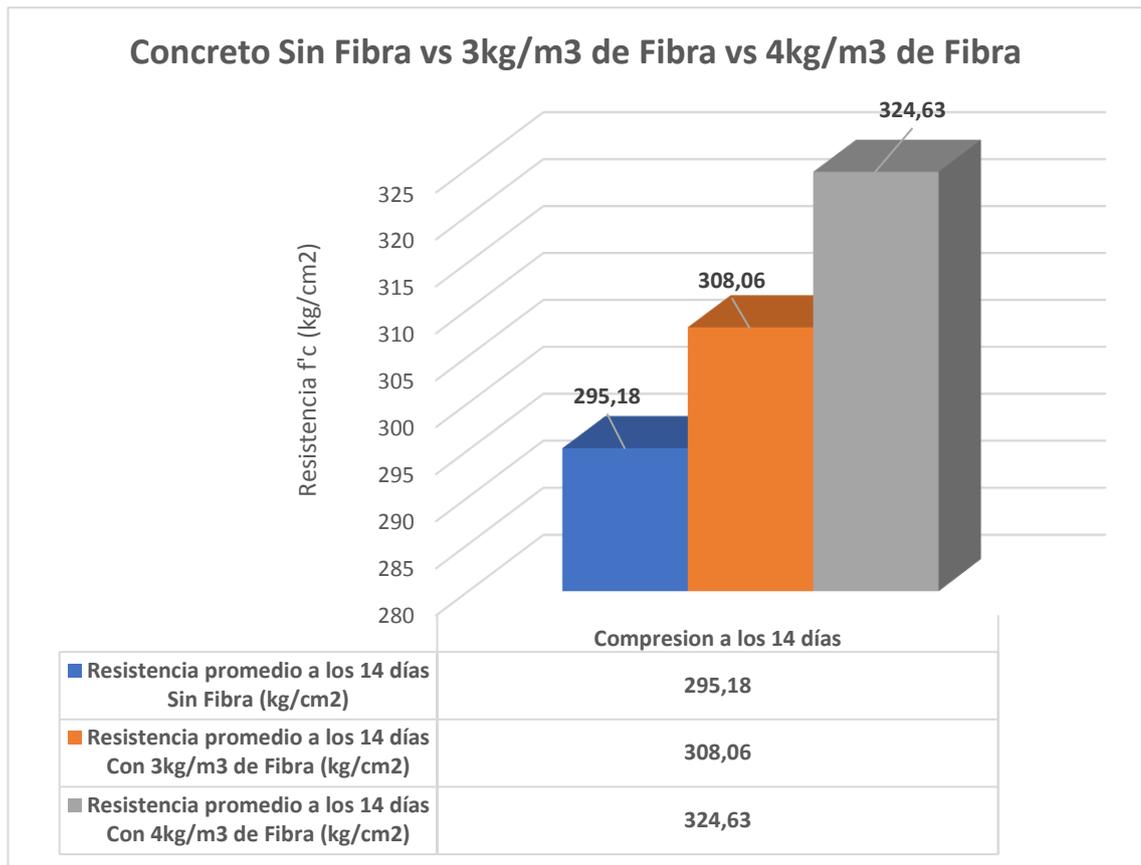


Gráfico 7. Relación A/C = 0.466 Concreto sin Fibra vs Concreto con 3kg/m³ y 4kg/m³ – Ensayo de compresión a los 14 días

Elaboración: Los autores

5.2.3 Ensayo de flexión

A continuación, se presentaron los resultados que se obtuvieron de los ensayos a flexión de manera resumida, donde obtendremos el módulo de rotura, las características y dimensiones de estas muestras se presentan de manera más completa en la sección de los Anexos.

5.2.3.1 Relación agua – cemento de 0.466 ensayado en viguetas

Resultados para una resistencia de f'c de 280 Kg/cm² en viguetas de concreto patrón.

Tabla 25. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón en viguetas sin fibra sintética

Relación Agua - Cemento 0.466 Sin Fibra Sintética Estructural			
N° Vigueta	Módulo de rotura a los 3 días (kg/cm ²)	N° Vigueta	Módulo de rotura a los 14 días (kg/cm ²)
Viga 3	34.79	Viga 1	44.96
Viga 4	40.74	Viga 2	44.25
Viga 5	33.57	Viga 6	48.49
MR prom (kg/cm ²)	36.37	MR prom (kg/cm ²)	45.90

Elaboración: Los autores

Tabla 26. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón en viguetas con fibra sintética en dosificación 1kg/m³

Relación Agua - Cemento 0.466 Con Fibra Sintética Estructural 1kg/m ³			
N° Vigueta	Módulo de rotura a los 3 días (kg/cm ²)	N° Vigueta	Módulo de rotura a los 14 días (kg/cm ²)
Viga 13	34.82	Viga 14	45
Viga 16	41.5	Viga 15	45.9
Viga 18	33.97	Viga 17	49.06
MR prom (kg/cm ²)	36.76	MR prom (kg/cm ²)	46.65

Elaboración: Los autores

Tabla 27. Resultados de compresión a los 3 y 14 días con una relación agua – cemento 0.466 concreto patrón en viguetas con fibra sintética en dosificación 3kg/m³

Relación Agua - Cemento 0.466 Con Fibra Sintética Estructural 3kg/m ³			
N° Vigueta	Módulo de rotura a los 3 días (kg/cm ²)	N° Vigueta	Módulo de rotura a los 14 días (kg/cm ²)
Viga 8	34.89	Viga 7	46.99
Viga 11	41.92	Viga 9	46.28
Viga 12	34.75	Viga 10	50.19
MR prom (kg/cm ²)	37.19	MR prom (kg/cm ²)	47.82

Elaboración: Los autores

Comparación entre las resistencias a los 3 y 14 días en el concreto patrón en viguetas

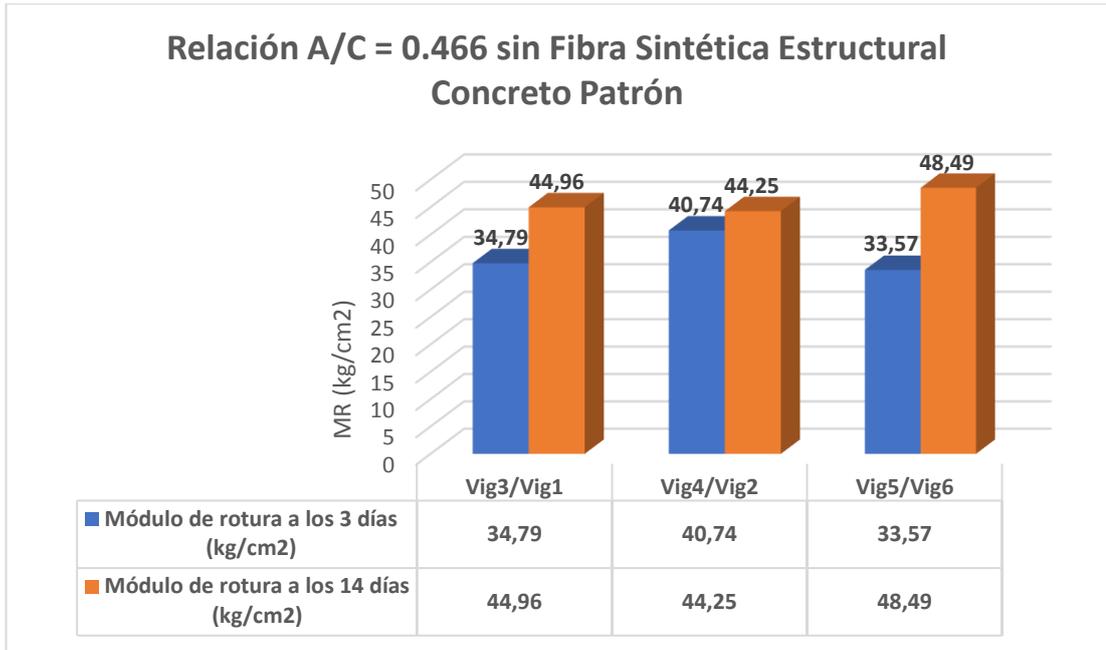


Gráfico 8. Relación A/C = 0.466 sin Fibra Sintética Estructural Concreto Patrón en viguetas

Elaboración: Los autores

4. En el gráfico se observa el módulo de rotura en las viguetas a los 3 y 14 días en un concreto patrón, donde se aprecia el aumento del módulo de rotura.

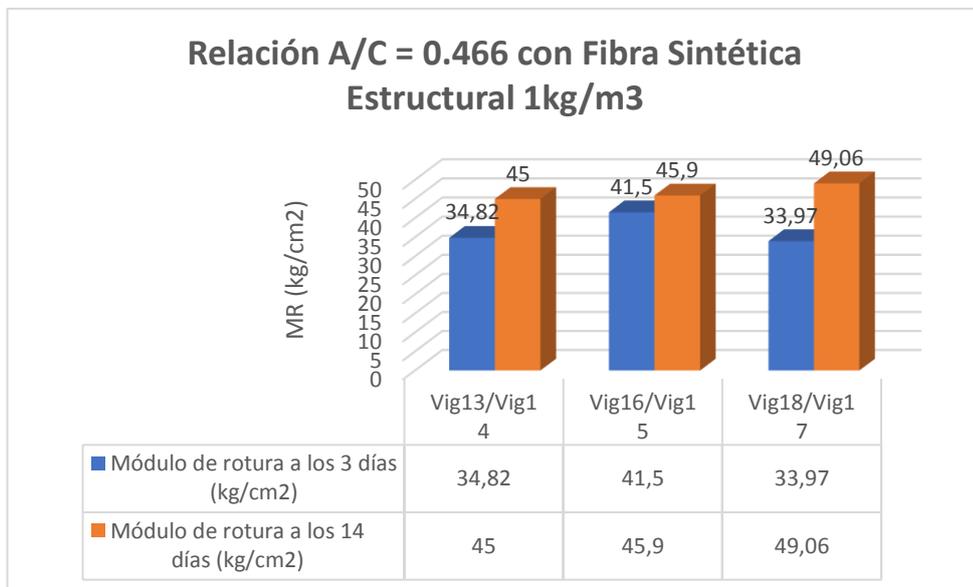


Gráfico 9. Relación A/C = 0.466 con Fibra Sintética Estructural en una dosificación de 1kg/m³ en viguetas

Elaboración: Los autores

5. En el gráfico 7 se observa como aumenta el módulo de rotura de las viguetas con la adición de las fibras.

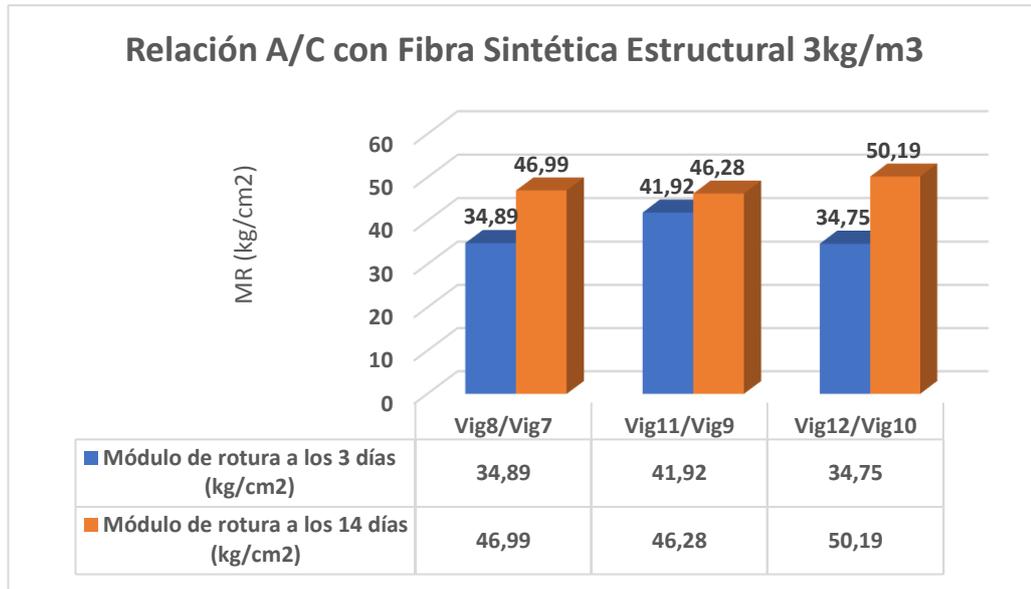


Gráfico 10. Relación A/C = 0.466 con Fibra Sintética Estructural en una dosificación de 3kg/m³ en viguetas

Elaboración: Los autores

6. En el gráfico 8 se observa que el módulo de rotura con una dosificación de 3kg/m³ en las viguetas fue mucho mayor al valor estimado del diseño.

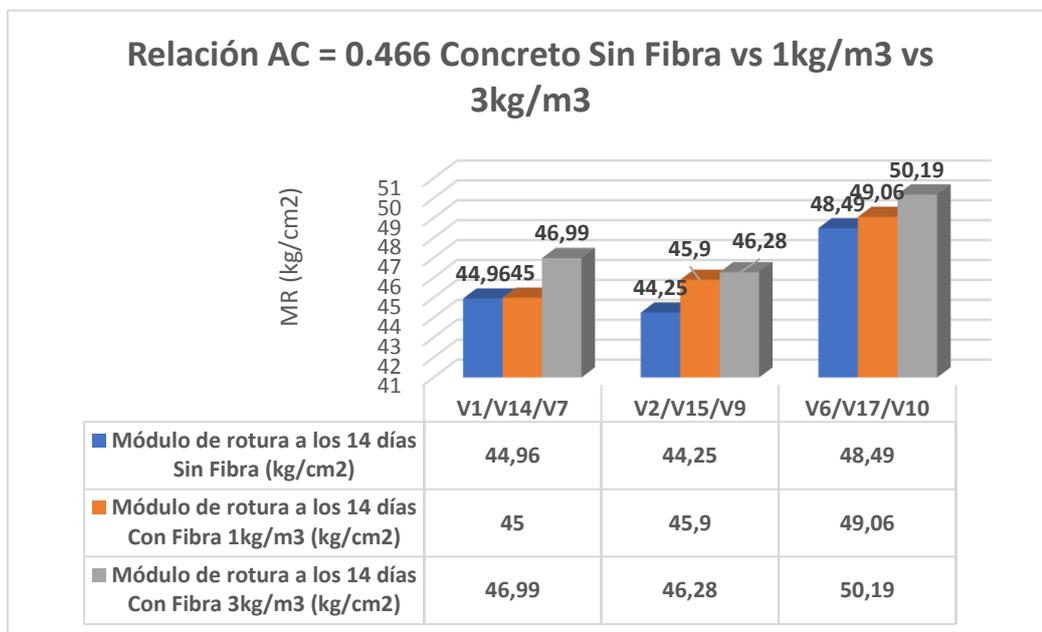


Gráfico 11. Relación A/C = 0.466 con una comparación entre viguetas del concreto patrón y fibra en dosificación de 1kg/m³ y 3kg/m³ ensayado a los 14 días.

Elaboración: Los autores

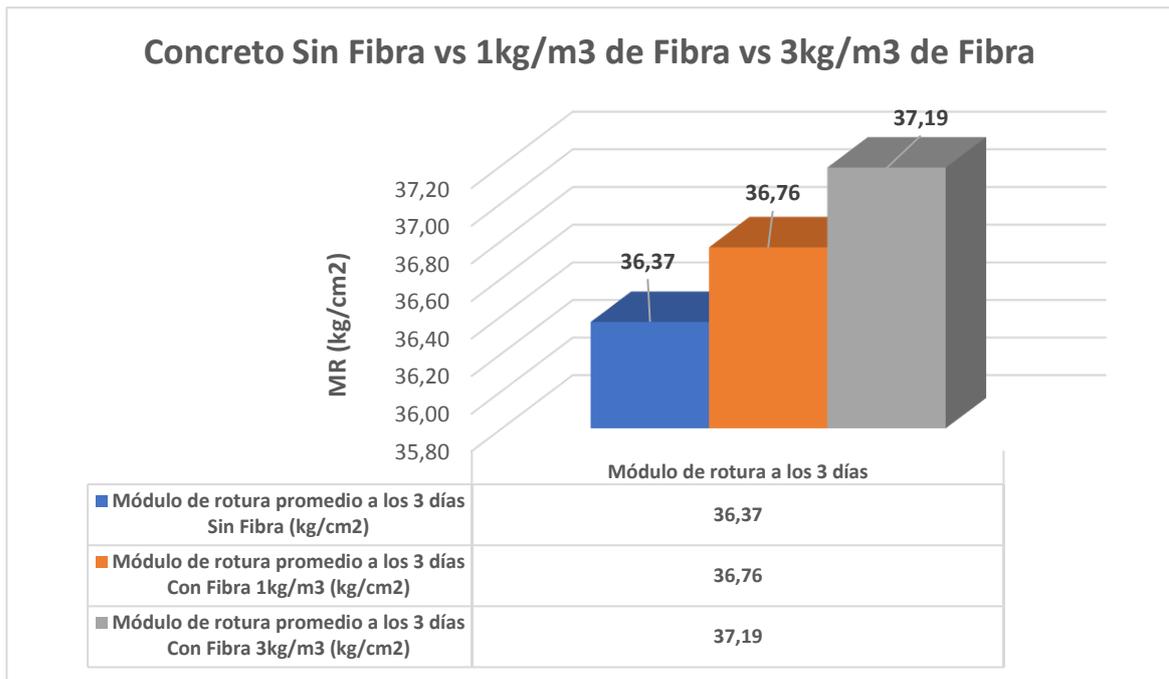


Gráfico 12. Relación A/C = 0.466 Concreto sin Fibra vs Concreto con 1kg/m³ y 3kg/m³ – Ensayo de flexión a los 3 días

Elaboración: Los autores

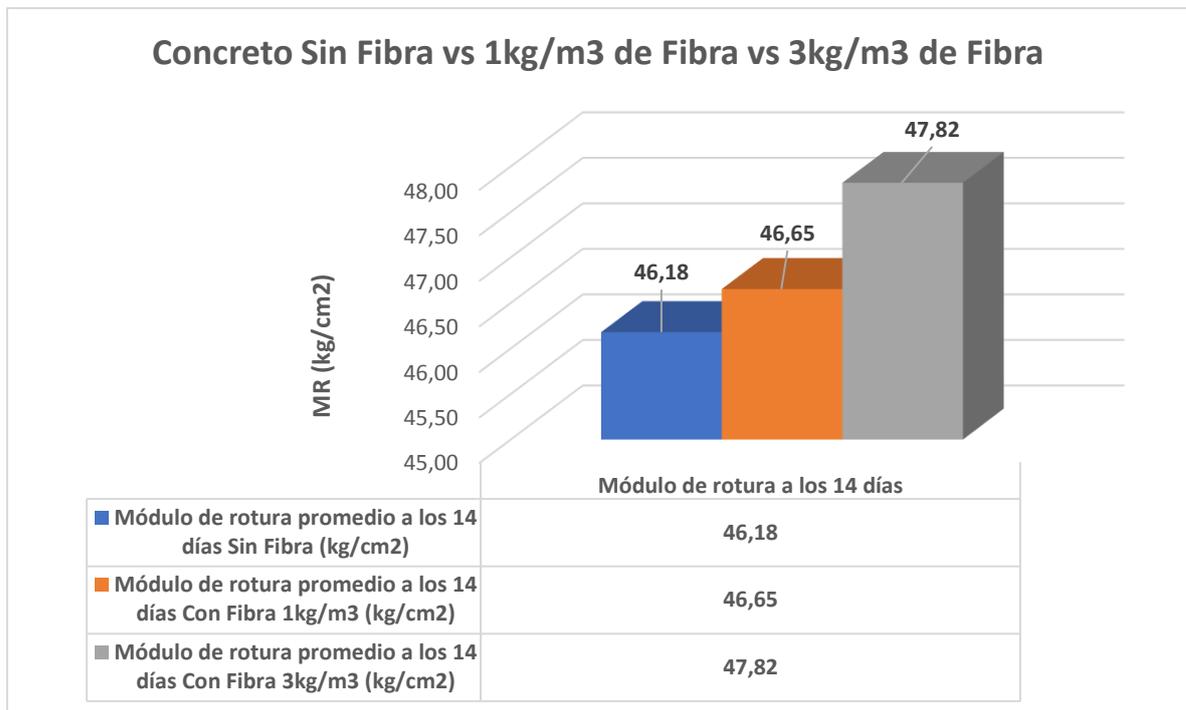


Gráfico 13. Relación A/C = 0.466 Concreto sin Fibra vs Concreto con 1kg/m³ y 3kg/m³ – Ensayo de flexión a los 14 días

Elaboración: Los autores

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

Al momento de elaborar un pavimento rígido, en la mayoría de los casos se utiliza el fierro como elemento estructural, debido a que aporta al concreto mayor resistencia a la flexión en los pavimento, pero en algunos casos empiezan a aparecer fisuras debido a filtraciones u otros factores que a la larga podrían afectar las propiedades físicas del pavimento, para lo cual se debería hallar otra manera de darle un refuerzo estructural al pavimento de modo que se cumpla con las resistencias de diseño requeridas.

Asimismo, se debería reemplazar el acero por fibras sintéticas estructurales al elaborar pavimentos rígidos, ya sea en autopista o en piso industrial, siempre y cuando cumplan con las resistencias mínimas de diseño.

CONCLUSIONES

1. Los ensayos se realizaron tal cual está establecido en la norma de Pavimentos Urbanos y Manual de Carreteras CE.010, donde los agregados y el cemento, cumplen los requisitos mínimos de calidad en la elaboración del concreto.
2. Las resistencias a compresión con dosificación de 3kg/m³ obtenida a los 3 días y 14 días en los ensayos de probetas, tuvieron una variación de 36.15% a los 3 días a diferencias del concreto sin fibra (patrón) y una variación de 4.36% a los 14 días respectivamente. La dosificación de 3kg/m³ aumenta las propiedades físicas del concreto, con la adición de fibras estructurales.
3. En la dosificación de 4kg/m³, los ensayos de compresión tuvieron una variación de 105.35 % a los 3 días, a diferencia del concreto patrón y una variación de 9.98% a los 14 días respecto al concreto patrón. Teniendo en cuenta los valores y las diferencias porcentuales se deduce que, a mayor aumento de la dosificación de fibra, mayor será la resistencia a la compresión de las probetas, lo que supera ampliamente la resistencia de diseño establecida.
4. En los ensayos de compresión realizados en las probetas sin fibra estructural y con fibra estructural, se notó que la fibra ayuda a mantener el concreto unido sin que ocurran desprendimientos o se destruya por completo la probeta.

5. En los ensayos a flexión, observa según los datos obtenidos que la fibra sintética estructural Barchip MQ58, cumple con los requisitos de diseño establecidos, por lo cual puede sustituir al acero en el diseño de un pavimento rígido, cumpliendo con el diseño establecido, ya que, al adicionar las fibras, se genera mayor tenacidad.
6. El cuadro comparativo del pavimento con fibra sintética versus acero, nos indica que obtenemos 4% de ahorro en el costo si se emplea la fibra sintética.
7. El cronograma comparativo del pavimento con fibra sintética versus acero, nos indica que el tiempo de ejecución del pavimento se reduce en 40% si se utiliza fibra sintética en el concreto, reemplazando la colocación de acero de temperatura.

RECOMENDACIONES

- 1.** En la elaboración de la mezcla, se recomienda adicionar las fibras al último y dejar mezclar por un promedio de 3 a 5 minutos para que se distribuya de manera homogénea en todo el concreto.
- 2.** En la elaboración de las viguetas y probetas, las fibras se adhieren fácilmente al concreto y al realizar la compactación por capa de las probetas y viguetas, afectando la trabajabilidad del concreto.
- 3.** En la fabricación de moldes de viguetas, se debe utilizar materiales impermeables, ya que en el presente caso se laboró moldes de viguetas de madera, humedeciendo las paredes con petróleo, para que al vaciar el concreto, la madera absorba el agua de la mezcla, deshidratándola, lo que afectaría sus propiedades físicas.
- 4.** Después de la investigación y ver los ensayos a flexión y compresión que se realizaron, surgen mayores aplicaciones que se le puede dar a esta fibra sintética estructural Barchip MQ 58, que podrían ser temas de investigaciones futuras, como, por ejemplo: elementos estructurales verticales (columnas o placas).
- 5.** Usar la fibra sintética estructural como un aditivo o el grado de resistencia que podría tener en condiciones de heladas o sometidos al fuego, así como en la elaboración de pavimento flexible con fibra sintética estructural.

6. Para futuras investigaciones podrían variar la relación agua – cemento, ya que en este caso usamos 0.46 de relación a/c tomando en cuenta la dosificación de la fibra por m³.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Botto & Santacruz (2017) “Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionado con nanocompuestos de carbono.” Tesis para optar Maestría de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperada de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/21742>

Chapoñay & Quispe (2017) “Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto Hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.H. Villa María – Nuevo Chimbote.” Tesis para optar el título de ingeniería civil. Universidad Nacional del Santa. Recuperada de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2724>

Garzon, Diego (2009) “Eficiencia en la transferencia de cargas en juntas transversales de pavimento rígido reforzado con fibras metálicas.” Tesis para optar Maestría de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia. Recuperada de <http://bdigital.unal.edu.co/1774/1/diegoorlandogarzonvergara.2009.pdf>

Herrera & Polo (2017) “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica.” Tesis para optar por el título de ingeniería civil.

Universidad Católica de Santa María. Recuperada de
<http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/147895>

Concreto Reforzado con fibra natural de origen animal (plumas de aves) –
Universidad de Sipán (2016) Recuperado de.
Revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/views/453

Carbajal, E. P. (1998-1999). Tópicos de tecnología del concreto. Lima: CIP
Consejo nacional.

Influencia de las Fibras de Polipropileno. Recuperada de
www.Redalyc.org

Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto –
Carlos Javier Mendoza (2011). Recuperada de
www.scielo.org.mx/scielo.php

Lao, Wendy (2007) “Utilización de fibras Metálicas para la construcción de
concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa”. Tesis para optar por el título
de ingeniería civil. Universidad Ricardo Palma. Recuperada de
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2724>

Montalvo, Marco (2015) “Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero
versus pavimentos tradicionales.” Tesis para optar por el título de ingeniería
civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperada de
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6117>

Marín, Ramón (2009) “El Pavimento de Hormigón Armado Continuo del
Tramo Enlace de Albuñol-Variante de Adra en la Autovía del Mediterráneo.”
España: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. Recuperada de
https://www.ieca.es/obra.asp?id_rep=289

Núñez, Anselmo (2016) “Optimización de espesores de pavimentos con
aplicación de Geo-Sintéticos.” Tesis para optar por el título de ingeniería
civil. Universidad Nacional del Altiplano. Recuperada de
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2056>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Reglamento Nacional de Vehículos.

Recuperada de

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1021.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales, Perú.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2010). Norma CE.010 Pavimentos urbanos, Perú

Norma ce.010 pavimentos urbanos. Recuperada de

<https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=182>

Norma Técnica Peruana E.060. Concreto Armado. Recuperada de

<https://aportesingecivil.com/norma-tecnica-e-060-concreto-armado-peru/>

Norma Técnica Peruana 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Recuperada de

<https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>

Norma Técnica Peruana 339.078. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Recuperada de

<https://es.scribd.com/document/371812092/NTP-339-078-Ensayo-de-Flexion-pdf>

Norma Técnica Peruana 339.183. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Recuperada de

<https://es.scribd.com/document/372901325/NTP-339-183-2013-pdf>

Norma Técnica Peruana 400.012. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Recuperada de

<https://es.scribd.com/document/372901324/NTP-400-012-2013-pdf>

Pacasmayo, A. -C. (s.f.). Pavimentos de concreto: Estado de arte de los pavimentos en el Perú. Obtenido de <http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>

Rivera & Sosa (2010) “Mejoramiento en las propiedades físico, mecánicas y de durabilidad de un pavimento rígido, con la adición de fibras sintéticas estructurales.” Tesis para optar por el título de ingeniería civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperada de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2660>

Rivva López, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. (A. Gómez, K.Ramos, & R. Herrera, Edits.) Lima: Aci Perú.

RIVVA López, Enrique, “Naturaleza y Materiales del Concreto” Capítulo Peruano del American Concrete Institute (ACI).

SAMAHOD, A. (2014 – 2018) Apuntes de clases del Taller de Tesis.

Santos, Lorena (2006) “Contribución de fibras PP provenientes de plásticos reciclados en el agrietamiento y resistencia del concreto en pavimentos portuarios de Veracruz.” Tesis para optar Maestría en Ingeniería Civil. Universidad Veracruzana. Recuperada de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/1402/3/SantosCortezf.pdf>

Szasdi, Fernando (2015) “Optimización del desempeño de pavimentos rígidos mediante la utilización de soporte lateral.” Tesis para optar el título de ingeniería civil. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperada de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2015/02/01/Szasdi-Fernando.pdf>

Una aproximación a los concretos reforzados con fibras I. Vidaud, 2. Frometa, y E. Vidaud (2015), Ciudad de México. Recuperada de www.revistacyt.com.mx

Zegarra, Jorge (2015) Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF3 y con fibra de acero Wirand FF4 aplicado a losas industriales de pavimento Rígido.

Tesis para optar el título de ingeniería civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperada de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581616>

ANEXOS

	PÁGINA
1. Análisis Granulométrico Agregado Fino	110
2. Análisis Granulométrico Agregado Grueso	111
3. Peso Unitario De La Arena	112
4. Peso Unitario De La Piedra	113
5. Resistencia a la Compresión Concreto Patrón	114
6. Resistencia a la Compresión Concreto con Fibra 3kg/m³	115
7. Resistencia a la Compresión con Fibra 4kG/m³	116
8. Resistencia A La Flexión En Vigas Sin Fibra	117
9. Resistencia A La Flexión En Vigas Con Fibra 1kg/m³	118
10. Resistencia a la flexión en vigas con fibra 3KG/m³	119
11. Panel fotográfico	120
12. Panel fotográfico – Planta farmagro	132
13. ficha técnica de la fibra sintética estructural barchip mq58	137

14. Cuadro comparativo de losa reforzada con acero versus fibra sintética	138
15. Cronograma de ejecución de pavimento con acero versus fibra sintética	139
16. Aspectos generales de la obra	140
17. Plano general de la obra	141
18. Estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación y control de compactación para el proyecto planta farmagro – huachipa	142

ANEXO 3: Peso Unitario De La Arena



USMP | FACULTAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES | INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	ELABORACION DE TESIS
ALUMNOS:	CHAHUA/HUAYTA
MATERIAL	ARENA GRUESA
CANTERA	LA MOLINA

PESO UNITARIO SUELTO ASTM C29

Peso del molde (gr)	2726
Volumen del molde (cm ³)	2758
Peso del molde + muestra suelta (gr)	7000
Peso de la muestra suelta (gr)	4274
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1549.67

PESO UNITARIO COMPACTADO ASTM C29

Peso del molde (gr)	2726
Volumen del molde (cm ³)	2758
Peso del molde + muestra suelta (gr)	7540
Peso de la muestra suelta (gr)	4814
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1745.47

ANEXO 4: Peso Unitario De La Piedra



USMP FACULTAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	ELABORACION DE TESIS
ALUMNOS:	CHAHUA/HUAYTA
MATERIAL	PIEDRA GRUESA
CANTERA	LA MOLINA

PESO UNITARIO SUELTO ASTM C29

Peso del molde (gr)	7245
Volumen del molde (cm ³)	9358
Peso del molde + muestra suelta (gr)	20860
Peso de la muestra suelta (gr)	13615
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1454.90

PESO UNITARIO COMPACTADO ASTM C29

Peso del molde (gr)	7245
Volumen del molde (cm ³)	9358
Peso del molde + muestra suelta (gr)	22180
Peso de la muestra suelta (gr)	14935
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1595.96

ANEXO 5: Resistencia A La Compresión Concreto Patrón



PROYECTO: ELABORACION DE TESIS
ENSAYADO POR: CHAHUA / HUAYTA
CALCULADO POR: CHAHUA / HUAYTA

CARACTERISTICAS
 $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, $A/C =$
 0.466 Sin Fibra Sintetica

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS SIN FIBRA SINTETICA						
Probeta N°	1	2	3	4	5	6
Identificacion de testigo	P - 1	P - 2	P - 5	P - 3	P - 4	P - 6
Resistencia esperada a los 14 dias kg/cm2	245	245	245	245	245	245
Edad en dias	3	3	3	14	14	14
Fecha de fabricacion	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018
Fecha de ensayo	28/09/2018	28/09/2018	28/09/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018
Diametro 1 (cm)	10	10	10	10.1	10.1	10
Diametro 2 (cm)	10	9.99	10	9.9	10	10
Diametro promedio (cm)	10	9.995	10	10	10.05	10
Area (cm ²)	78.54	78.46	78.54	78.54	79.33	78.54
Altura (cm)	20	20	20	20	20	20
Volumen (cm ³)	1,570.80	1,569.23	1,570.80	1,570.80	1,586.54	1,570.80
Masa (gr)	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.29	2.29	2.29	2.29	2.27	2.29
Carga de ruptura (kN)	127.81	112.38	90.68	186.07	239.85	258.74
Carga maxima (kg)	13029.00	11456.00	9244.00	18967.00	24450.00	26375.00
Resistencia (kg/cm ²)	165.89	146.01	117.70	241.50	308.22	335.82
PROMEDIO DE RESISTENCIA	143.20			295.18		

ANEXO 6: Resistencia A La Compresión Concreto Con Fibra 3kg/m3



PROYECTO: ELABORACION DE TESIS
ENSAYADO POR: CHAHUA / HUAYTA
CALCULADO POR: CHAHUA / HUAYTA

CARACTERISTICAS
 $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, $A/C =$
 0.466 con Fibra Sintetica

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CON FIBRA SINTETICA 3KG/M3						
Probeta N°	7	8	9	10	11	12
Identificación de testigo	P - 8	P - 9	P - 12	P - 7	P - 10	P - 11
Resistencia esperada a los 14 días kg/cm	245	245	245	245	245	245
Edad en días	3	3	3	14	14	14
Fecha de fabricación	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018
Fecha de ensayo	05/10/2018	05/10/2018	05/10/2018	16/10/2018	16/10/2018	16/10/2018
Diametro 1 (cm)	10	10	10	10.1	10.1	10
Diametro 2 (cm)	9.99	9.99	10	10	10.1	10
Diametro promedio (cm)	9.995	9.995	10	10.05	10.1	10
Area (cm ²)	78.46	78.46	78.54	79.33	80.12	78.54
Altura (cm)	20	20	20	20	20	20
Volumen (cm ³)	1,569.23	1,569.23	1,570.80	1,586.54	1,602.37	1,570.80
Masa (gr)	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.29	2.29	2.29	2.27	2.25	2.29
Carga de ruptura (kN)	146.98	147.06	156.30	242.61	238.03	238.52
Carga maxima (kg)	14983	14991	15933	24731	24264	24314
Resistencia (kg/cm ²)	190.96	191.06	202.87	311.76	302.85	309.58
PROMEDIO DE RESISTENCIA	194.96			308.06		

ANEXO 7: Resistencia A La Compresión Con Fibra 4kg/m3



PROYECTO: ELABORACION DE TESIS
ENSAYADO POR: CHAHUA / HUAYTA
CALCULADO POR: CHAHUA / HUAYTA

CARACTERISTICAS
 $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, A/C =
 0.466 con Fibra Sintetica

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS CON FIBRA SINTETICA 4KG/M3						
Probeta N°	13	14	15	16	17	18
Identificacion de testigo	P - 16	P - 18	P - 20	P - 17	P - 19	P - 21
Resistencia esperada a los 14 dias kg/cm ²	245	245	245	245	245	245
Edad en dias	3	3	3	14	14	14
Fecha de fabricacion	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018
Fecha de ensayo	12/10/2018	12/10/2018	12/10/2018	23/10/2018	23/10/2018	23/10/2018
Diametro 1 (cm)	10.1	10	10	10.1	10	10.1
Diametro 2 (cm)	10.1	9.99	10.1	10.1	10.1	10
Diametro promedio (cm)	10.1	10.00	10.05	10.1	10.05	10.05
Area (cm ²)	80.12	78.46	79.33	80.12	79.33	79.33
Altura (cm)	20	20	20	20	20	20
Volumen (cm ³)	1602.37	1569.23	1586.54	1,602.37	1,586.54	1,586.54
Masa (gr)	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.25	2.29	2.27	2.25	2.27	2.27
Carga de ruptura (kN)	235.36	219.60	231.46	240.23	256.42	263.59
Carga maxima (kg)	23992.00	22385.00	23594.00	24488	26139	26870
Resistencia (kg/cm ²)	299.46	285.30	297.43	305.65	329.51	338.72
PROMEDIO DE RESISTENCIA	294.06			324.63		

ANEXO 8: Resistencia A La Flexión En Vigas Sin Fibra



PROYECTO:
ENSAYADO POR:
CALCULADO POR:

ELABORACION DE TESIS
CHAHUA / HUAYTA
CHAHUA / HUAYTA

CARACTERISTICAS
 $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, A/C =
0.466 Sin Fibra Sintetica

ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO SIN FIBRA						
VIGA N°	1	2	3	4	5	6
Identificación de testigo	V - 3	V - 4	V - 5	V - 1	V - 2	V - 6
Resistencia esperada a los 14 días kg/cm^2	245	245	245	245	245	245
Edad en días	3	3	3	14	14	14
Fecha de fabricación	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018	25/09/2018
Fecha de ensayo	28/09/2018	28/09/2018	28/09/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018
Longitud (cm)	45	45.1	45.1	45	45.1	45
Ancho (cm)	15.1	15	15.1	15	15	15
Altura (cm)	15	15.100	15	15	15	15
Longitud de apoyo (cm)	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Volumen (cm^3)	10192.5	10215.15	10215.15	10125	10147.5	10125
Masa (gr)	22933.13	22984.09	22984.09	22781.25	22831.88	22781.25
Peso Unitario (gr/cm^3)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Carga de rotura (kN)	33.08	34.05	35.68	39.03	43.28	42.95
Carga máxima (kg)	3372.10	3471.00	3636.70	3978.60	4412.30	4378.10
Modulo de rotura (kg/cm^2)	34.79	40.74	33.57	44.96	46.28	48.49
PROMEDIO DE RESISTENCIA		36.37			46.58	

ANEXO 9: Resistencia A La Flexión En Vigas Con Fibra 1kg/m³



PROYECTO:
ENSAYADO POR:
CALCULADO POR:

ELABORACION DE TESIS
CHAHUA / HUAYTA
CHAHUA / HUAYTA

CARACTERISTICAS
 $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, A/C =
0.466 con Fibra Sintetica

ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO CON FIBRA SINTETICA 1KG/M3						
VIGA N°	13	14	15	16	17	18
Identificacion de testigo	V - 13	V - 16	V - 18	V - 14	V - 15	V - 17
Resistencia esperada a los 14 dias kg/cm ²	245	245	245	245	245	245
Edad en dias	3	3	3	14	14	14
Fecha de fabricacion	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018	09/10/2018
Fecha de ensayo	12/10/2018	12/10/2018	12/10/2018	23/10/2018	23/10/2018	23/10/2018
Longitud (cm)	45	45	45.1	45.1	45	45
Ancho (cm)	15.1	15	15.1	15	15	15
Altura (cm)	15	15	15	15	15.1	15
Longitud de apoyo (cm)	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Volumen (cm ³)	10192.5	10125.0	10215.2	10147.5	10192.5	10125.0
Masa (gr)	22933.1	22781.3	22984.1	22831.9	22933.1	22781.3
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Carga de rotura (kN)	25.79	30.53	25.16	33.11	34.23	36.09
Carga maxima (kg)	2629.21	3112.54	2564.57	3375.37	3488.80	3679.30
Modulo de rotura (kg/cm ²)	34.82	41.50	33.97	45.00	45.90	49.06
PROMEDIO		36.76			46.66	

ANEXO 10: Resistencia A La Flexión En Vigas Con Fibra 3kg/m³



PROYECTO: ELABORACION DE TESIS
ENSAYADO POR: CHAHUA / HUAYTA
CALCULADO POR: CHAHUA / HUAYTA

CARACTERISTICAS
 $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, $A/C = 0.466$ con Fibra Sintetica

ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO CON FIBRA SINTETICA 3KG/M3						
VIGA N°	7	8	9	10	11	12
Identificacion de testigo	V - 8	V - 11	V - 12	V - 7	V - 9	V - 10
Resistencia esperada a los 14 dias kg/cm ²	245	245	245	245	245	245
Edad en dias	3	3	3	14	14	14
Fecha de fabricacion	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018
Fecha de ensayo	05/10/2018	05/10/2018	05/10/2018	16/10/2018	16/10/2018	16/10/2018
Longitud (cm)	45.1	45	45.1	45.1	45	45
Ancho (cm)	15.1	15	15.1	15	15	15
Altura (cm)	15	15	15	15	15.1	15
Longitud de apoyo (cm)	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Volumen (cm ³)	10215.2	10125.0	10215.2	10147.5	10192.5	10125.0
Masa (gr)	22984.1	22781.3	22984.1	22831.9	22933.1	22781.3
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Carga de rotura (kN)	25.84	30.85	25.74	34.57	33.18	36.93
Carga maxima (kg)	2634.30	3144.30	2624.00	3524.40	3381.90	3764.60
Modulo de rotura (kg/cm ²)	34.89	41.92	34.75	46.99	44.50	50.19
PROMEDIO		37.19			47.23	

ANEXO 11: Panel Fotográfico

Foto 1: Reducción de muestras del agregado fino.

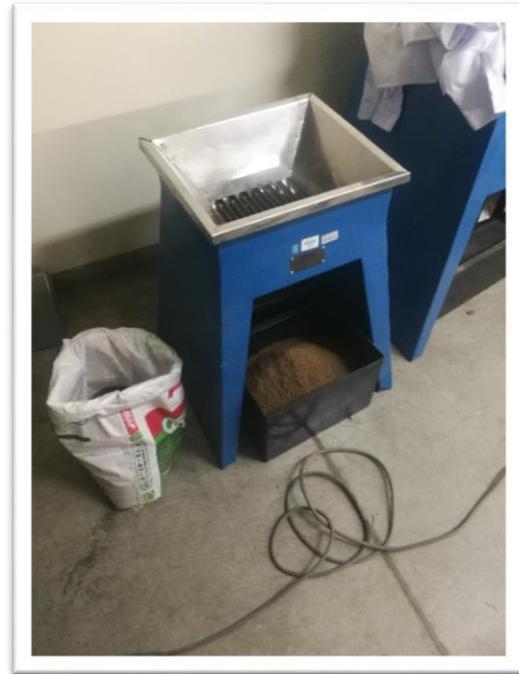


Foto 2: Pesando la muestra para determinar el peso unitario suelto.

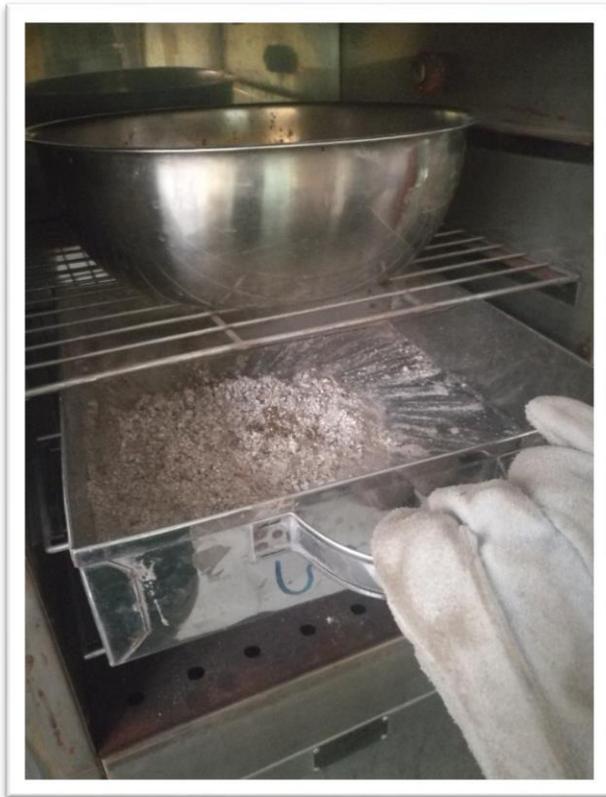


Foto 3: Extracción de la muestra seca del horno

Foto 4: Obtención del peso seco del agregado fino.

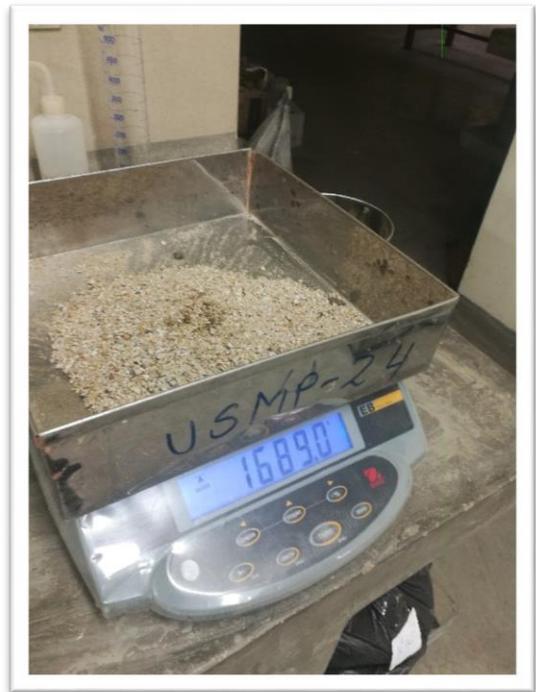




Foto 5: Realización del ensayo de granulometría.

Foto 6: Obtención del peso retenido por cada tamiz.



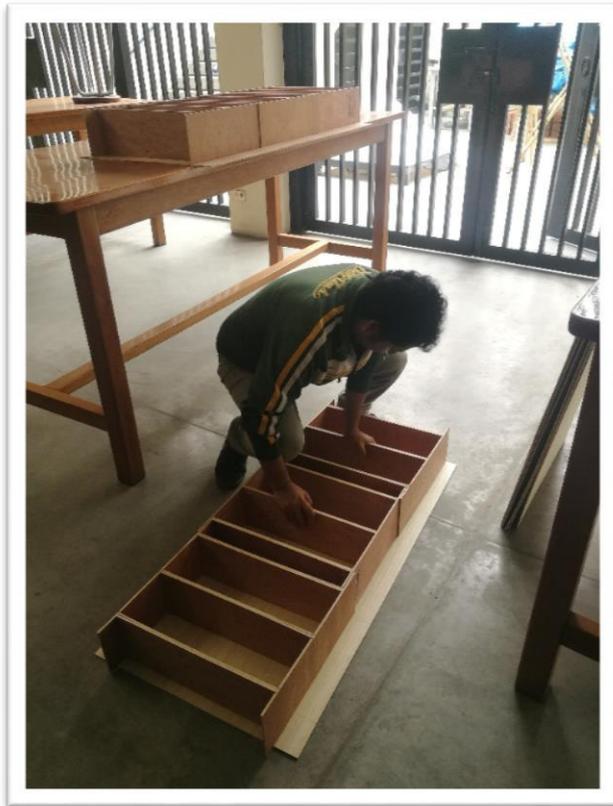


Foto 7: Elaboración de molde de viguetas.

Foto 8: Recubrimiento de probetas con petróleo.



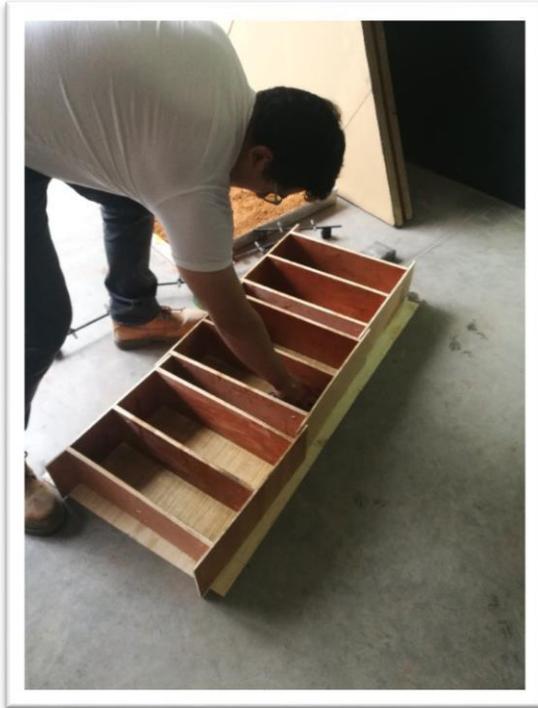


Foto 9: Recubrimiento del molde de viguetas con petróleo.

Foto 10: Determinar el peso de los agregados para la elaboración de la mezcla.

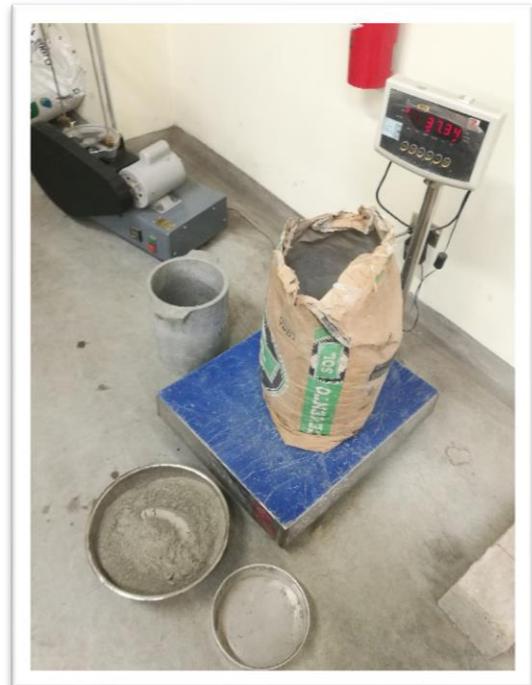
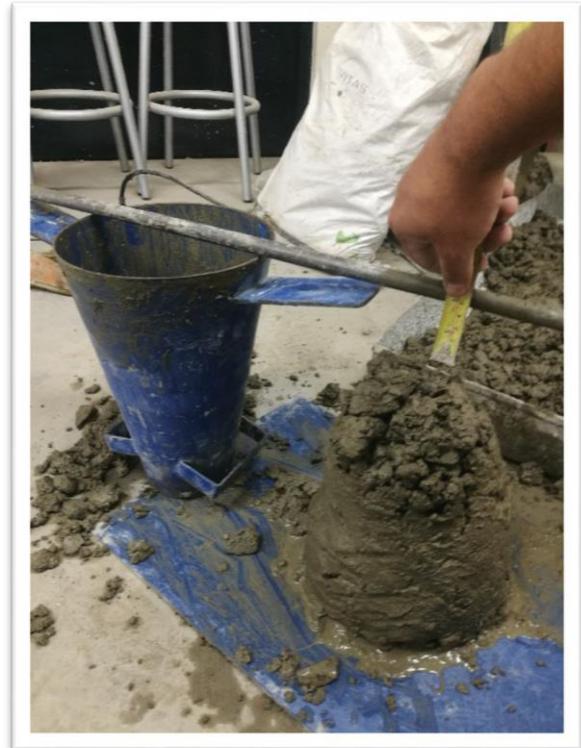




Foto 11: Elaboración del concreto para vaciar en las probetas y viguetas.

Foto 12: Ensayo de Asentamiento de la mezcla de concreto.



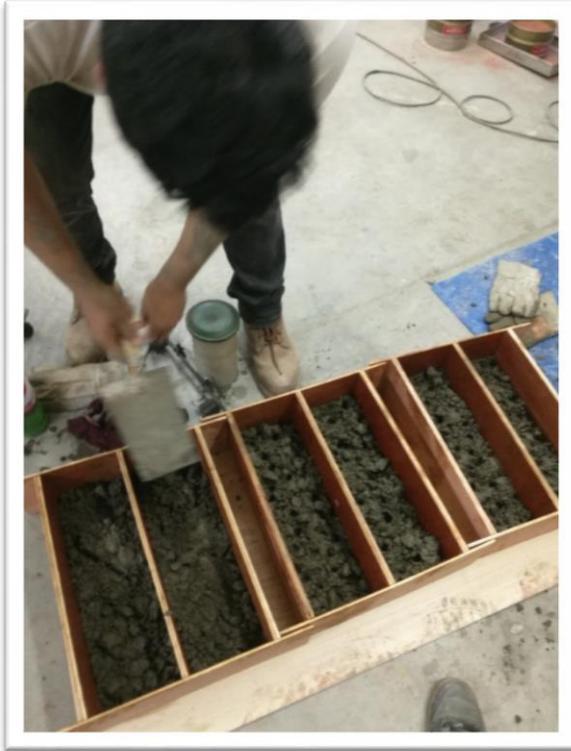


Foto 13: Elaboración de viguetas.

Foto 14: Elaboración de probetas.



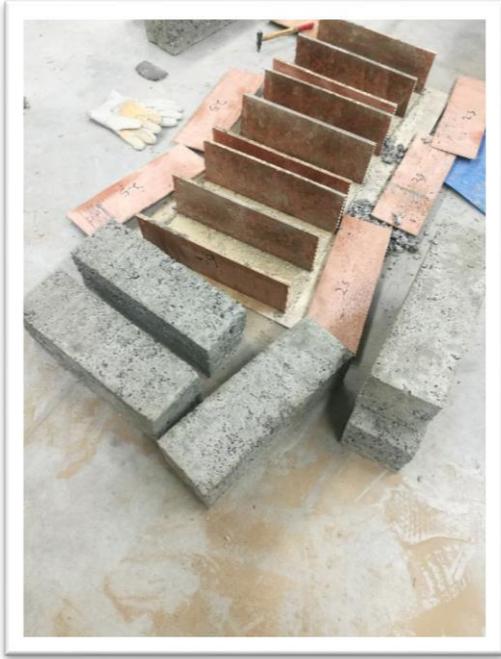


Foto 15: Desenfofrado de viguetas de concreto patrón.

Foto 16: Desenfofrado de probetas concreto patrón.





Foto 17: Ensayo de compresión a los 3 días en concreto patrón.

Foto 18: Obtención del peso de un paquete de fibra sintética para la dosificación





Foto 19: Elaboración de mezcla adicionando fibra sintética

Foto 20: Viguetas elaboradas con fibra sintética.





Foto 21: Ensayo de flexión en viguetas.

Foto 22: Ensayo a compresión en probetas con fibra sintética.





Foto 23: Deformación de la probeta con fibra sintética ante el ensayo de compresión.

Foto 24: Ensayo de compresión en probetas



ANEXO 12: Panel Fotográfico – Planta Farmagro

Foto 1: Nivelación de terreno para vaciado de losa – Edificio Materia Prima



Foto 2: Nivelación de terreno para vaciado de losa – Edificio Materia Prima

Foto 3: Nivelación de terreno para vaciado de losa con moto niveladora – Edificio Materia Prima



Foto 4: Edificio de Materia Prima

Foto 5: Niveladora en almacén de producto terminado

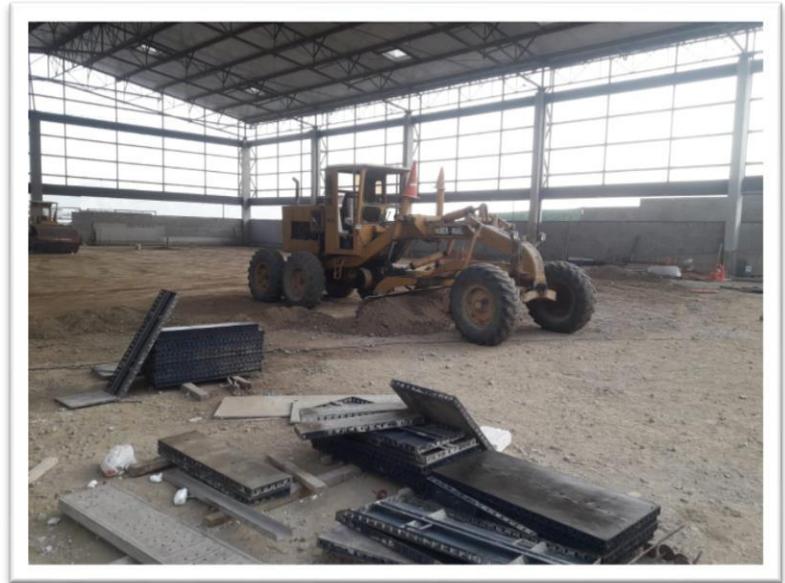


Foto 6: Almacén de producto terminado

Foto 7: Zona de patio de maniobras



Foto 8: Mesas elevadoras para el patio de maniobras

Foto 9: Losa de las tolvas de extracción – Edificio de Herbicidas

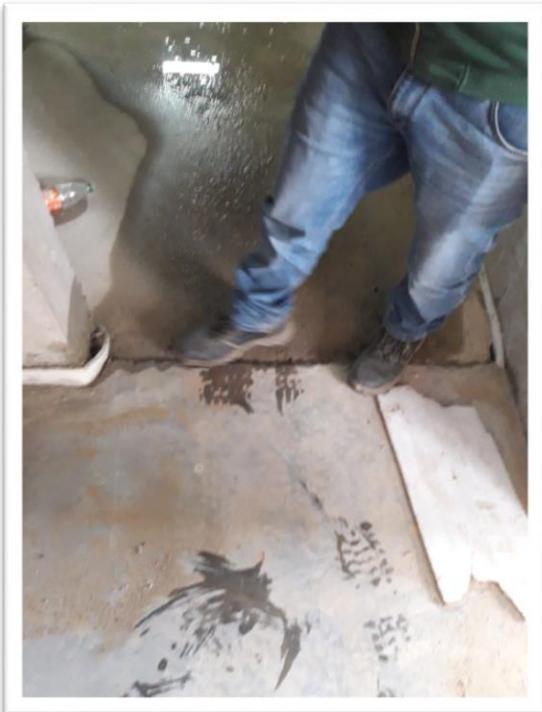


Foto 10: Losa de las tolvas de extracción – Edificio de Herbicidas

ANEXO 13: Ficha Técnica De La Fibra Sintética Estructural Barchip MQ58

Hoja Técnica



BarChip^{MQ}

Descripción

La fibra sintética estructural BarChip MQ58 es una del rango de fibras sintéticas estructurales que ofrece Elasto Plastic Concrete como resultado de su Programa de investigación y desarrollo "Fibra Futura". El objetivo de este programa es desarrollar una variedad de fibras que logren los mejores niveles de rendimiento en distintas aplicaciones. Se han incorporado los últimos avances en la tecnología de polímeros, ingeniería de diseño y procesos de fabricación en la fibra BarChip MQ58 para entregar una fibra inigualable en términos de usabilidad, durabilidad y rendimiento. BarChip MQ58 ha sido optimizada para estructuras de hormigón con una resistencia de 20 MPa, o mayor.

Vista de cerca de la fibra



Propiedades

Características	Propiedades
Resina	Olefina modificada
Largo	58 mm
Resistencia a la tracción	700 MPa
Superficie	Relieve continuo
N°. fibras por kg	53,800
Densidad Relativa	0,90 - 0,92
Módulo de Elasticidad	6.8 GPa
Punto de fusión	120°C - 170°C
Punto de Ignición	Mayor a 450°C

Beneficios

- Reducción de costos hasta un 50% comparado con malla convencional.
- Pallets con embalaje impermeable
- Durabilidad a largo plazo sin oxidación
- Entregado en la obra como hormigón pre-reforzado (HPR).
- Sin la necesidad de cortar e instalar malla, por ende aumenta la eficiencia y productividad.
- Más liviana y segura para maniobrar comparado con acero.

Mezclado

Para lograr una distribución óptima de la fibra, se recomienda incorporar la fibra requerida (en sacos) al mezclador con el agua inicial, aditivos, arena y agregados seguidos por el cemento y agua faltante. Una vez completado este paso, el mezclador deberá hacerse funcionar a alta velocidad durante aproximadamente 5 a 10 minutos. Los sacos se deshacen y las fibras se auto-distribuyen de manera homogénea dentro del hormigón, después de 5 minutos de mezclado. Al incorporar 6 kg/m³ de fibra BarChip MQ58 a la mezcla, el cono podría bajar entre 10 y 50 mm, dependiendo del diseño de la mezcla.

Bombeo

La fibra Barchip MQ58 puede ser bombeada a través de mangueras sin dificultad. Es necesario prestar atención a la separación de las barras de la parrilla en el buzón del equipo de bombeo, para asegurar que las fibras pasen libremente.

Manejo y Almacenaje

- Sacos degradables de 5 kg cada uno y 360 kg/pallet
- Olefina resistente a luz solar UV
- Pallet de plástico durable
- Lona de protección en cada pallet
- Big bags disponibles para dosificadora automática o proyectos especiales

Se suministra la fibra cubierta con una lona, sobre un pallet de plástico durable que permite almacenarla a la intemperie sin ninguna deterioración del producto y su embalaje. El almacenaje de sacos individuales requiere protección.

ANEXO 14: Cuadro comparativo de Losa reforzada con acero versus fibra sintética

CUADRO COMPARATIVO DE CONCRETO CON ACERO VS CONCRETO CON FIBRA						
ALTERNATIVAS					Diseño Original de Pavimento	Pavimento con Fibra Sintética
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial		
PAVIMENTOS EXTERIORES						
CONCRETO F'C=245 KG/CM2 PARA LOSA DE PAVIMENTO RIGIDO (ZONA VEHICULAR)	m3	1,372.60	\$99.82	\$137,012.93	\$137,012.93	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA LOSA DE PAVIMENTO RIGIDO (ZONA VEHICULAR)	m2	399.93	\$20.62	\$8,246.56	\$8,246.56	\$8,246.56
ACERO DE REFUERZO FY=4,200 KG/CM2 PARA LOSA DE PAVIMENTO RIGIDO (ZONA VEHICULAR)	kg	32,112.64	\$1.03	\$33,076.02	\$33,076.02	
CURADO DE CONCRETO	m2	2,897.54	\$0.46	\$1,337.33	\$1,337.33	\$1,337.33
CONCRETO F'C=245 KG/CM2 CON FIBRA SINTÉTICA PARA LOSA DE PAVIMENTO RIGIDO (ZONA VEHICULAR)	m3	1,372.60	\$118.92	\$163,228.45		\$163,228.45
COSTO DIRECTO SIN IGV (\$)				\$179,672.83	\$179,672.83	\$172,812.34
MARGEN (%)					0%	4%
MARGEN (\$)					\$0.00	\$6,860.50
RATIO (\$/M2)					\$654.50	\$629.51

ANEXO 16: Aspectos generales de la obra

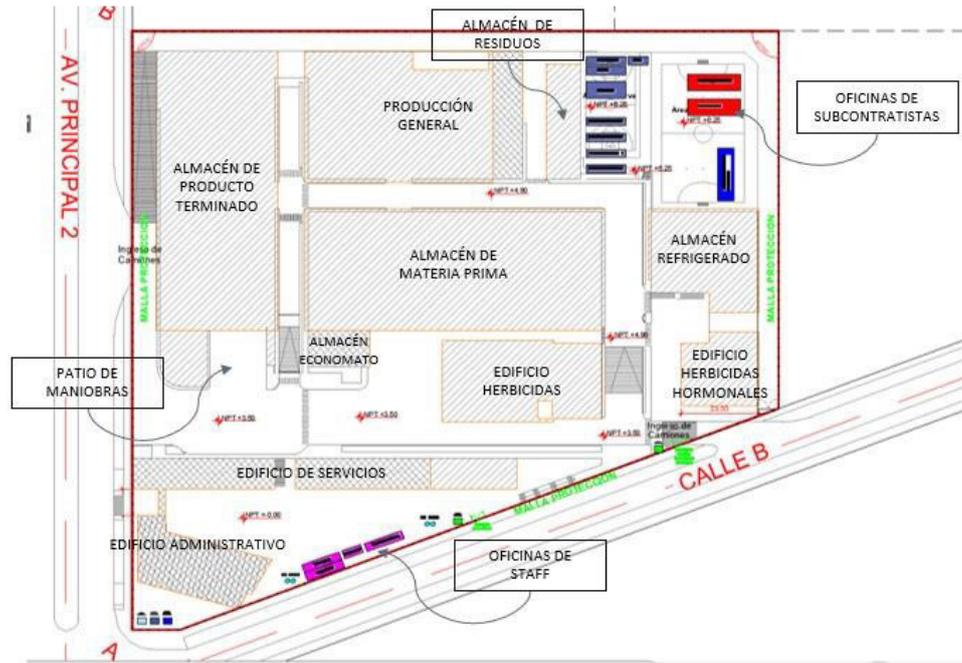
Aspectos Generales de Obra

Datos Generales

Proyecto	17-020 Nueva Planta Farmagro
Monto de Contrato (con IGV)	US\$\$ 14,966,476.09
Ubicación	Distrito de San Antonio, provincia de Huarochirí Región Lima
Cliente	Farmagro
Supervisión	CESEL Ingenieros
Área de Terreno	29,400 m ²
Área Techada	16,647.07 m ²
<u>Volúmenes</u>	
Concreto	6,776.37 m ³
Encofrado	15,216.22 m ²
Acero	227,513.19 kg

ANEXO 17: Plano general de la obra

Plano General de Obra



ANEXO 18: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA

INFORME FINAL

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO– HUACHIPA

Rev. 0

APROBADO POR:

AREA SUELOS Y PAVIMENTOS

CLIENTE FARMAGROS.A.

Revisión	Hecho Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
Rev.0	R.Cantoral	Emitido para aprobación del cliente	22-06-2018	L. Pacheco	Christian Lechuga
				Paul Pérez	

COMENTARIOS DEL CLIENTE

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTÉCNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 1 de 24

ÍNDICE

1. GENETALIDADES	2
1.1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.....	2
1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	2
1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN	3
1.4. REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE.....	3
1.4.1 Trabajos de campo.....	3
1.4.2 Ensayos de laboratorio.....	4
1.4.3 Análisis de ingeniería	4
2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.....	5
2.1. EXCAVACIÓN DE CALICATAS.....	5
2.2. ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO	7
3. ENSAYO DE LABORATORIO.....	8
4. ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS RESULTADOSTORIO....	11
4.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....	11
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE	13
4.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	14
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
6. BIBLIOGRAFÍA.....	18

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTÉCNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 2 de 24

1. GENETALIDADES

1.1. Objetivo y alcance del estudio

El presente estudio de mecánica de suelo tiene como finalidad conocer las propiedades físicas, mecánicas y el grado de compactación de los distintos estratos que conforman el suelo de fundación, donde se asentará la estructura del pavimento proyectado, la cual ha sido rellenado y compactado con un material de préstamo.

Con la finalidad de cumplir el objetivo, se ha desarrollado el siguiente programa de trabajo:

- Investigación geotécnica por medio de exploración directa (calicata), con el objetivo de conocer las características físicas, mecánicas y perfil estratigráfico del suelo donde se emplazará la futura estructura del pavimento.
- Determinar la densidad natural y el contenido de humedad de los estratos que conforman el perfil estratigráfico de la zona de estudio, para luego poder determinar el grado de compactación por el método de cono de arena ASTM D1556.
- Comprobar el grado de compactación del campo a partir de los resultados del ensayo de proctor modificado ASTM D-1557.
- Definir las características del suelo en base a las investigaciones de campo y ensayos de laboratorio.

1.2. Ubicación del área de estudio

El proyecto Farmagro, tiene un área aproximado de 30,000m², se encuentra ubicado en el Sector Quebrada Huaycoloro, Distrito de San Antonio, Provincia Huarochiri y Departamento de Lima.

Geográficamente esta zona de estudio se encuentra definida por las siguientes coordenadas UTM:

294,950.00 E, 8'679,600.00 N
295,150.00 E, 8'679,600.00 N



Figura N°01: Ubicación del Proyecto (referencia: google earth).

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTÉCNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 3 de 24

En Plano P-01 se muestra la ubicación del proyecto.

1.3. Características del proyecto de pavimentación

El proyecto consiste en naves industriales, estructurados por medio de vigas y techos de estructuras metálicas, transmitiendo cargas del orden de 20 – 25 ton/col, edificaciones de 01 y 02 pisos estructurados por medio de pórticos y muros portantes con techos aligerados, transmitiendo cargas del orden de 30 - 35 ton/col. Así mismo está proyectado vías de circulación internas y patio de maniobras consistente en pavimentación rígida.

El proyecto de Farmagro se encuentra en proceso de construcción, y está conformado por 05 plataformas a diferentes niveles:

Plataforma01	Nivel Absoluto +547.50
Plataforma02	Nivel Absoluto +550.50
Plataforma03	Nivel Absoluto +554.00
Plataforma04	Nivel Absoluto +555.40
Plataforma05	Nivel Absoluto +556.80

1.4. Revisión de la información existente

Se realizó la revisión del "Estudio de suelos con fines de cimentación y pavimentación" que fue realizado por CAA Ing. Consultores EIRL – Mayo 2016, el cual tiene como objetivo realizar un Estudio de Suelos con Fines de cimentación y pavimentación para el Proyecto Planta Farmagro.

Para el desarrollo del estudio se ejecutaron trabajos de campo, ensayos de laboratorio y análisis de ingeniería.

1.4.1 Trabajos de campo

CAA Ing. Consultores EIRL realizó un total de 28 calicatas o pozo a cielo abierto, distribuidos convenientemente en toda el área de estudio, con las siguientes profundidades que indica el Cuadro N° 1.

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA		
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"			Revisión: 1
	Fecha 22/06/2018		Emisión:	
	Versión: 01		Pág. 5 de 24	

El subsuelo está constituido superficialmente por un terreno removido conformado por gravas angulosas, con matriz de arena limosa, no plástica a ligeramente plástica, color beige, seca, en estado semicompacto con espesores que varían entre 0.50 m– 1.60 m, subyaciendo hasta las profundidades exploradas de 3.00 m, 4.00 m, y 5.00 m con gravas angulosas, con matriz de arena arcillo limosa y gravas con matriz de arena limosa, no plástica a baja plasticidad, color beige, seca, con gravas de 1" – 2" en un 20% - 30% y tamaño máximo de 14" – 40", en estado semicompacto.

Además, se muestra los resultados de análisis de cimentación en el siguiente cuadro N°2 y el diseño estructural del pavimento rígido y flexible.

Cuadro N°2 resumen de los resultados de cimentación

Estructura	Tipo de suelo	Profundidad de cimentación (D _i)	Capacidad Portante (Kg/cm ²)	Asentamiento (cms)	Tipo de cimiento	Tipo de Cemento	Parámetros sísmicos
Área de Administración y Servicios (Edificaciones de 01 y 02 Pisos)	Gravas angulosas con matriz de arena arcillo limosa, no plástica a ligeramente plástica, en estado semicompacto	A una profundidad de 1.50 m, medido con respecto al nivel del terreno actual	3.15	0.41	Zapatas aisladas y/o cimientos corridos simples.	Cemento Portland tipo I	S=1.05 T _p (s)=0.6 Z=0.45 T _l (s)=2.0
Área de Almacenaje y Producción (Naves Industriales)	Gravas angulosas con matriz de arena arcillo limosa, no plástica a ligeramente plástica, en estado semicompacto	A una profundidad de 1.50 m, medido con respecto al nivel del terreno actual	3.00	0.32	Zapatas aisladas y/o cimientos corridos simples.	Cemento Portland tipo I	S=1.05 T _p (s)=0.6 Z=0.45 T _l (s)=2.0

Pavimento Rígido

La estructura de los pavimentos rígidos estará constituida en general por la subrasante compactada al 95% de la Máxima densidad Seca del Proctor Modificado, en un espesor de 0.30 m, una sub-base de Material granular con un espesor de 0.15 m, compactada al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado ASTM D-1557 y una losa de concreto de 7" de espesor, con una resistencia a la compresión axial de $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$.

Pavimento Flexible

La estructura de los pavimentos flexibles estará constituida por una carpeta asfáltica de 2", una base granular de 0.25 m de espesor, compactada al 100% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado y una subrasante escarificada, retirando las partículas mayores de 3" y raíces, en un espesor de 0.30m, compactada al 95% de la Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado.

2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

2.1. Excavación de calicatas

Nuestra exploración geotécnica de campo ha consistido en la excavación a cielo abierto en un total de 29 calicatas, distribuidas adecuadamente en las 05 plataformas que conforma el área de estudio; para la ubicación de las calicatas se tuvo que adecuar las áreas libres dado que el proyecto está en proceso de construcción.

La excavación de las calicatas nos permitirá observar y evaluar las condiciones de los estratos de suelo que se encuentran por debajo de la superficie compactada. Se tomaron muestras

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 6 de 24

disturbadas de las excavaciones para la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondiente; para lo cual, cada muestra fue identificada convenientemente y embalada en bolsas de plástico que fueron remitidas al laboratorio de mecánica de suelos. En el siguiente cuadro se muestra la distribución de calicatas.

Cuadro N° 3.- Ubicación de las calicatas

Calicata	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Ubicación
C – 01	1.50	N. E	Plataforma 04
C – 02	1.50	N. E	Plataforma 04
C – 03	2.00	N. E	Plataforma 04
C – 04	2.00	N. E	Plataforma 04
C – 05	2.50	N. E	Plataforma 04
C – 06	2.50	N. E	Plataforma 04
C – 07	2.00	N. E	Plataforma 04
C – 08	1.00	N. E	Plataforma 04
C – 09	1.50	N. E	Plataforma 04
C – 10	2.00	N. E	Plataforma 04
C – 11	1.40	N. E	Plataforma 04
C – 12	2.00	N. E	Plataforma 04
C – 13	2.00	N. E	Plataforma 04
C – 14	2.00	N. E	Plataforma 05
C – 15	2.00	N. E	Plataforma 05
C – 16	2.00	N. E	Plataforma 03
C – 17	2.00	N. E	Plataforma 03
C – 18	2.00	N. E	Plataforma 03
C – 19	1.70	N. E	Plataforma 04
C – 20	2.00	N. E	Plataforma 03
C – 21	2.00	N. E	Plataforma 02
C – 22	2.00	N. E	Plataforma 02
C – 23	2.00	N. E	Plataforma 02
C – 24	2.00	N. E	Plataforma 02
C – 25	2.00	N. E	Plataforma 01

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 7 de 24

Calicata	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	Ubicación
C – 26	2.00	N. E	Plataforma 04
C – 27	2.00	N. E	Plataforma 03
C – 28	1.00	N. E	Plataforma 04
C – 29	2.00	N. E	Plataforma 05

N.E. No Encontrado

En cada una de las calicatas se realizó el registro de excavación de acuerdo a la norma ASTM D-2488 la cual se muestra en el Anexo 1 y su ubicación en plano P-02.

2.2. Ensayo de Densidad de Campo

Con el objeto de determinar la densidad de campo de los estratos de suelo compactado y del suelo natural, se han realizado un total de 28 ensayos de densidad por el método de cono de arena, estos ensayos se han sido realizado en el material de préstamo compactado (23 ensayos) y en el terreno natural (05 ensayos).

En el cuadro N° 4 se presenta un resumen de los ensayos de densidad de campo por el método de cono de arena.

Cuadro N° 4.- Resumen de las densidades de campo

Calicata	Muestra	Prof.	Densidad seco (gr/cm ³)	% De compactación	Zona
C-01	M-01(DC)	superficial	2.266	98.18	Material de préstamo
C-03	M-01(DC)	1.5	2.080	90.11	Terreno natural
C-04	M-01(DC)	1.40	2.100	90.97	Material de préstamo
C-05	M-01(DC)	1.5	1.755	77.29	Terreno natural
C-06	M-01(DC)	1.8	1.690	74.40	Terreno natural
C-07	M-01(DC)	superficial	2.315	100.29	Material de préstamo
C-08	M-01(DC)	superficial	2.300	99.66	Material de préstamo
C-09	M-01(DC)	superficial	2.188	94.80	Material de préstamo
C-10	M-01(DC)	0.2	2.150	93.17	Material de préstamo
C-11	M-01(DC)	superficial	2.230	96.63	Material de préstamo
C-12	M-01(DC)	0.6	2.174	94.19	Material de préstamo
C-13	M-01(DC)	0.4	2.177	94.34	Material de préstamo
		1.5	1.544	68.84	Terreno natural
C-14	M-01(DC)	0.4	2.104	91.15	Material de préstamo

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO		Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"		Revisión: 1	
			Fecha 22/06/2018	Emisión:
	Versión: 01	Pág. 8 de 24		

Calicata	Muestra	Prof.	Densidad seco (gr/cm3)	% De compactación	Zona
C-15	M-01(DC)	superficial	2.240	97.09	Material de préstamo
C-16	M-01(DC)	1.5	2.29	99.15	Material de préstamo
C-17	M-01(DC)	0.4	2.170	93.81	Material de préstamo
C-18	M-01(DC)	superficial	2.480	107.28	Material de préstamo
C-19	M-01(DC)	superficial	2.39	103.34	Material de préstamo
C-20	M-01(DC)	1.4	2.30	99.68	Material de préstamo
C-21	M-01(DC)	1.5	2.29	99.22	Material de préstamo
C-22	M-01(DC)	1.3	1.89	81.68	Terreno natural
C-24	M-01(DC)	superficial	2.31	99.96	Material de préstamo
C-25	M-01(DC)	1.2	2.30	99.53	Material de préstamo
C-26	M-01(DC)	superficial	2.23	96.62	Material de préstamo
C-27	M-01(DC)	0.6	2.59	103.57	Material de préstamo
C-28	M-01(DC)	0.4	2.39	103.76	Material de préstamo
C-29	M-01(DC)	superficial	2.21	95.71	Material de préstamo

En el Anexo 2. Se muestra la hoja de cálculo de la densidad de campo y % de compactación.

3. ENSAYO DE LABORATORIO

Con las muestras alteradas obtenidas de las excavaciones (calicatas), se trasladaron según la norma NTP 339.151 (ASTM D 4220) prácticas normalizadas para la preservación y transporte de muestras de suelo. La granulometría del suelo en su estado natural se mantuvo inalterada para el muestreo del suelo en laboratorio.

Las muestras enviadas al laboratorio fueron sometidas a diversos ensayos, estas se realizaron en dos laboratorios de mecánica de suelos. Los ensayos estándar de clasificación SUCS (incluye contenido de humedad, granulometría por tamizado y límites de consistencia), proctor modificado, CBR, equivalente de arena y abrasión con la máquina de ángeles fueron enviados al laboratorio de HORMICRETO SAC. Los ensayos químicos de sales solubles, cloruros y sulfatos se enviaron a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), laboratorio de química de la facultad de ingeniería civil.

En los siguientes cuadros se presenta un resumen de los resultados de los ensayos estándar realizados.

Cuadro N° 5.- Ensayos realizados en laboratorio de mecánica de suelos

Calicata	Muestra	Profund. (m)	Granulometría (%)			Límites (%)		C. H. (%)	Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.		
C-01	M-1	superficial	41.0	40.6	18.4	19	NP	1.74	GM
	M-2	0.85-1.50	42.8	38.6	18.6	-	NP	1.27	GM
C-02	M-1	0.50	57.1	34.3	8.6	-	NP	2.31	GW-GM
	M-2	0.60-1.50	39.8	38.7	21.5	19	NP	1.94	GM
C-03	M-1	1.50	48.7	34.0	17.3	20	NP	2.92	GM
	M-2	1.50-2.00	40.8	40.1	19.1	22	NP	3.30	GM
C-04	M-1	1.40	39.8	39.6	20.6	21	NP	1.94	GM
	M-2	1.40-2.00	40.9	40.0	19.2	21	NP	4.08	GM
C-5	M-1	1.50	73.0	15.7	11.3	-	NP	1.86	GP-GM
	M-2	1.80-2.50	46.0	33.2	20.8	20	NP	1.51	GM
C-6	M-1	1.80	49.0	41.8	9.1	20	NP	3.03	GW-GM
	M-2	1.90-2.50	54.3	36.4	9.3	-	NP	1.97	GP-GM
C-7	M-1	superficial	49.6	34.4	16.0	18	NP	2.02	GM
C-8	M-1	superficial	44.3	39.0	16.7	-	NP	1.73	GM
	M-2	0.60-1.00	49.8	36.9	13.2	-	NP	1.34	GM
C-9	M-1	superficial	40.8	40.1	19.2	20	NP	2.12	GM
	M-2	0.70-1.50	40.	38.7	21.3	19	NP	1.69	GM
C-10	M-1	0.20	45.4	37.5	17.1	-	NP	2.66	GM
C-11	M-01	superficial	55.8	29.7	14.5	-	NP	0.77	GM
	M-2	0.80-1.40	40.8	39.9	19.3	21	NP	3.45	GM
C-12	M-1	0.60	43.0	39.6	17.4	18	NP	2.49	GM
C-13	M-1	0.40	71.5	20.9	7.6	-	NP	1.19	GW-GM
	M-2	1.50	54.7	33.7	11.6	18	NP	1.64	GP-GM
C-14	M-1	0.40	54.7	35.3	10.0	-	NP	1.68	GP-GM
	M-2	1.60-2.00	39.9	39.7	20.4	-	NP	2.94	GM
C-15	M-1	1.50	54.7	37.7	7.6	-	NP	1.66	GP-GM
C-16	M-1	1.50	54.7	32.3	13.0	-	NP	2.95	GM
C-17	M-1	0.40	54.7	36.6	8.7	-	NP	1.71	GP-GM
	M-2	0-2.00	54.7	36.2	9.1	-	NP	1.33	GW-GM

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO		Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"		Revisión: 1	
			Fecha 22/06/2018	Emisión:
	Versión: 01	Pág. 10 de 24		

Calicata	Muestra	Profund. (m)	Granulometría (%)			Límites (%)		C. H. (%)	Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.		
C-18	M-1	superficial	54.7	29.3	16.0	-	NP	1.31	GM
C-19	M-1	superficial	54.7	35.3	10.0	-	NP	1.47	GP-GM
C-20	M-1	1.40	54.7	32.7	12.6	-	NP	2.60	GM
C-21	M-1	1.50	54.7	31.6	13.7	-	NP	2.69	GM
C-22	M-1	1.30	54.7	41.1	4.2	-	NP	0.60	GM
	M-2	1.00-2.00	54.7	36.0	9.3	-	NP	0.61	GP-GM
C-24	M-1	superficial	54.7	33.2	12.1	-	NP	1.23	GM
C-25	M-1	1.20	54.7	38.4	6.9	-	NP	1.52	GW-GM
C-26	M-1	superficial	54.7	33.6	11.7	-	NP	2.32	GP-GM
C-27	M-1	superficial	54.7	30.0	15.3	-	NP	2.59	GP-GM
	M-2	1.80-2.00	54.7	30.5	14.8	-	NP	3.20	GM
C-28	M-1	0.40	54.7	25.2	20.1	19	NP	2.42	GM
C-29	M-1	superficial	54.7	28.6	16.7	-	NP	1.23	GM
	M-2	0.90-2.00	54.7	35.3	10.0	-	NP	1.14	GW-GM

Cuadro N° 6.- Resultados de ensayos proctor modificado y CBR

Calicata	Muestra	Profund. (m)	Próctor modificado NTP 339.141 / ASTM D-1557		Californiabearingratio (CBR) NTP 339.145 / ASTM D-1883	
			Máxima Densidad Seca gr/cm ³	Óptimo Contenido de Humedad %	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)
C-02	M-2	0.60-1.50	2.283	6.70	43.5	24.0
C-07	M-2	0.90-2.00	2.271	6.70	41.0	22.7
C-12	M-2	0.90-2.00	2.330	5.30	63.3	33.7
C-17	M-2	0.00-2.00	2.308	5.70	62.0	35.7
C-22	M-2	1.00-2.00	2.321	5.30	60.2	37.0

Cuadro N° 7.- resultados de ensayos equivalente de arena

Calicata	Muestra	Profund. (m)	Equivalente de arena NTP 339.146 / ASTM D 2419
C-17	M-2	0.00-2.00	43
C-21	M-2	1.40-2.00	31

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA		
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"			Revisión: 1
			Fecha 22/06/2018	Emisión:
			Versión: 01	Pág. 11 de 24

Cuadro N°8.- resultados de ensayos determinación de la resistencia de los agregados a la abrasión e impacto

Calicata	Muestra	Profund. (m)	Resistencia de los agregados a la abrasión e impacto en la máquina de los ángeles NTP 400.019 / ASTM C131		
			Abrasión (%)	TMN (")	Gradación N° Esferas
C-27	M-2	1.00-2.00	16	1"	A-12
C-29	M-2	0.90-2.00	18	A"	A-12

Ensayos Químicos de Suelos

Con el objeto de estimar el grado de agresividad del suelo se han ejecutado ensayos químicos de suelo, donde se han sales solubles totales, cloruros y sulfatos contenidos en las muestras de suelo.

En el siguiente cuadro N°9 presenta los resultados de los ensayos químicos en las muestras de suelo:

Cuadro N° 9: Resultados de ensayos químicos de suelo de cimentación y agua del freática

Calicata	Profundidad (m)	Muestra	Cloruros Cl- (ppm)	Sulfatos SO42 (ppm)	Sales Solubles Totales (ppm)
C-03	0.00-2.00	M-1	1006	3998	5871
C-08	0.60-2.00	M-2	382	1678	2256
C-17	0.00-2.00	M-1	258	2386	2793

En el Anexo 3 se presentan los certificados de los ensayos de laboratorio del suelo realizados para el presente estudio.

4. ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS RESULTADOSTORIO

4.1. Perfil Estratigráfico

En base a la recopilación de información existente, como la ejecución de calicatas y ensayos de laboratorio realizados para la presente campaña de exploración, se ha definido los siguientes perfiles geotécnico para las 05 plataformas.

Perfil Estratigráfico 1-1" (Plataforma 4)

El perfil estratigráfico está conformado por las calicatas C-01,05,09,07 y 08. Se presenta un relleno compactado por capa, que clasifica como Grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de forma chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal, en un espesor que varía de 0.60 a 0.85m. subyaciendo hasta profundidad explorada que varía de 1.00 a 2.50m. gravas subangulosa de tamaño máximo de 5" a 11", clasificando como grava bien gradada con limo y arena (GW-GW), compacidad medianamente densa a densa, seco a ligeramente húmedo, color beige.

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 12 de 24

Perfil Estratigráfico 2-2" (Plataforma 4)

El perfil estratigráfico está conformado por las calicatas C-02,06,28,10 y 11. Se presenta un relleno compactado por capa, que clasifica como Grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de forma chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal, en un espesor que varía de 0.60 a 1.30m. subyaciendo hasta profundidad explorada que varía de 1.00 a 2.50m. gravas subangulosa de tamaño máximo de 5" a 11", clasificando como grava bien gradada con limo y arena (GW-GW), compacidad medianamente densa a densa, seco a ligeramente húmedo, color beige.

Perfil Estratigráfico 3-3" (Plataforma 4)

El perfil estratigráfico está conformado por las calicatas C-04,03,12 y 13. Se presenta un relleno compactado por capa, que clasifica como Grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de forma chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal, en un espesor que varía de 0.90 a 2.00m. subyaciendo hasta profundidad explorada 2.0m. gravas subangulosa de tamaño máximo de 5" a 11", clasificando como grava bien gradada con limo y arena (GW-GW), compacidad medianamente densa a densa, seco a ligeramente húmedo, color beige.

Perfil Estratigráfico 4-4" (Plataforma 3)

El perfil estratigráfico está conformado por las calicatas C-18,17,20 y 16. Se presenta un relleno compactado por capa, que clasifica como Grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de forma chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal., hasta los 2m profundidad explorada 2.0m.

Perfil Estratigráfico 5-5" (Plataforma 2)

El perfil estratigráfico está conformado por las calicatas C-24,23,22 y 21. Se presenta un relleno compactado por capa, que clasifica como Grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de forma chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal, en un espesor que varía de 1.00 a 2.00m. subyaciendo hasta profundidad explorada 2.0m. gravas subangulosa de tamaño máximo de 5" a 11", clasificando como grava bien gradada con limo y arena (GW-GW), compacidad medianamente densa a densa, seco a ligeramente húmedo, color beige.

Perfil Estratigráfico 6-6" (Plataforma 5)

El perfil estratigráfico está conformado por las calicatas C-29,15 y 14. Se presenta un relleno compactado por capa, que clasifica como Grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de forma chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal, en un espesor que varía de 0.40 a 0.90m. subyaciendo hasta profundidad explorada 2.0m. gravas subangulosa de tamaño máximo de 5" a 11", clasificando como grava bien gradada con limo y arena (GW-GW), compacidad medianamente densa a densa, seco a ligeramente húmedo, color beige.

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTÉCNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 13 de 24

En plano P-04 se presenta el perfil estratigráfico

4.2. Características de la subrasante

La subrasante está compuesta por un material de prestamos la cual ha sido compactado por capas y clasifica como grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de formas chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal.

Características especifica del material de prestamo:

Densidad seca en campo (gr/cm ³)	2.26 a 2.48 gr/cm ³
% de compactación	98.18 a 107.28%.
Optimo contenido de humedad	5.3 a 6.7%
Máxima densidad seca	2.308 gr/cm ³
C.B.R al 100% de M.D.S	62.0%
C.B.R al 95% de M.D.S	35.7%
Equivalente de arena	43
Cloruros Cl	258 a 1006 ppm
Sulfatos SO ₄ 2	2386 a 3998 ppm
Sales Solubles Totales	2793 a 5871 ppm

En la Figura N° 2 Se muestra el material de préstamo compactado, donde se puede apreciar las marcas que deja barreta al momento de realizar la excavación, y se puede afirmar que el material tiene una compacidad densa a muy densa.



Figura N°02: Material de préstamo

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 14 de 24

Subyaciendo al material de préstamo presenta un material grava subangulosa de tamaño máximo de 5" a 11", clasificando como grava bien gradada con limo y arena (GW-GW), compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de hasta 3" de tamaño máximo nominal.

Características especifica del terreno natural:

Optimo contenido de humedad	5.3 a 6.7%
Máxima densidad seca	2.27 a 2.321 gr/cm ³
C.B.R al 100% de M.D.S	41 a 63.3%
C.B.R al 95% de M.D.S	22.7 a 37%
Abrasión impacto en la máquina de los ángeles	16 a 18%
Equivalente de arena	31
Cloruros Cl	382 ppm
Sulfatos SO ₄	1678 ppm
Sales Solubles Totales	2256 ppm

En la Figura N° 3 Se muestra el material del terreno natural donde se asienta el material de préstamo donde se puede apreciar su compacidad medianamente densa a densa



Figura N°03: Material del suelo natural

4.3. Interpretación de resultados

Según el objetivo y alcance del estudio, se ha obtenido las propiedades físicas y mecánicas del suelo que conforman las capas granulares, el terraplén y el terreno natural, mediante investigaciones de campo y ensayos de laboratorio.

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 15 de 24

Resultados a nivel superficial

Se ha comprobado el grado de compactación del campo a partir de los resultados del ensayo de proctor modificado (ASTMD-1557).

Las densidades de campo halladas a nivel superficial sobre material compactado muestran valores que son exigidos por la norma Especificaciones Técnicas EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Sección 301), según la misma indica que para el control de la compactación las densidades individuales deberán ser, como mínimo el 100% de la densidad obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

Según lo indicado en el cuadro N° 9, se muestra los resultados de densidad seca, con el % de compactación de los ensayos más representativos, los cuales ha sido comparados con los resultados obtenidos del ensayo proctor modificado de la calicata C-17 M-02 Prof 0-2.0m. que se muestra en el cuadro N° 10, demostrando lo representativo de los resultados obtenidos.

Cuadro N° 9.- resultados de ensayos para verificar el grado de compactación, nivel superficie – 0.50 m.

calicata	Muestra	Densidad de campo		
		Prof.	Densidad seco (gr/cm3)	% De compactación
C-01	M-01	superficial	2.266	98.18
C-07	M-01	superficial	2.315	100.29
C-08	M-01	superficial	2.300	99.66
C-18	M-01	superficial	2.480	107.28
C-19	M-01	superficial	2.390	103.34
C-28	M-01	0.4	2.390	103.76

Cuadro N° 10.- resultados de ensayos de proctor modificado

Calicata	Muestra	Profund. (m)	Próctor modificado NTP 339.141 /ASTMD-1557	
			Máxima Densidad Seca gr/cm3	Óptimo Contenido de Humedad %
C-17	M-2	0.00-2.00	2.3	5.70

Resultados a nivel de terreno natural o terraplén (material de préstamo)

De acuerdo a los resultados mostrados en el cuadro (N°5) se ha verificado la existencia de materiales, a nivel de subrasante o terreno natural, del tipo grava (G), arena (C) y limo (M) en las combinaciones indicadas, lo que indica que el comportamiento de los mismos como material de fundación es adecuado para la sollicitación de carga proveniente de los vehículos a transitar por la planta, según la definición del sistema de clasificación estos tienen un comportamiento de excelente a bueno.

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 16 de 24

Se ha comprobado el grado de compactación del campo, mediante el ensayo de cono de arena, a partir de los resultados del ensayo de Proctor modificado ASTM D-1557, específicamente en los sectores donde se han conformado terraplenes con material de préstamo, siendo la profundidad de evaluación y análisis entre 0.60 m – 1.50 m.

Cuadro N° 10.- resultados de ensayos para verificar el grado de compactación: Nivel 0.60 m – 1.50 m

calicata	Muestra	Prof.	Densidad seco (gr/cm ³)	% De compactación
C-16	M-01(DC)	1.5	2.290	99.15
C-20	M-01(DC)	1.4	2.30	99.68
C-21	M-01(DC)	1.5	2.29	99.22
C-25	M-01(DC)	1.2	2.3	99.53

Según los resultados las densidades de campo sobre material compactado también cumplen los valores exigidos por la norma Especificaciones Técnicas EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Sección 301), según la misma indica que para el control de la compactación las densidades individuales deberán ser, como mínimo el 100% de la densidad obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

A nivel de terreno natural el indicador con respecto a la propiedad mecánica del suelo es el índice de soporte california (CBR) que para el caso del suelo evaluado a través de la ejecución de las calicatas se confirma que los resultados obtenidos cumplen satisfactoriamente las exigencias de la norma de la entidad competente Manual de suelos, geología y pavimentos – MTC, el mismo que indica; "se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR mayor igual a 6%".

Cuadro N° 11.- Valores de CBR (%) de terreno natural

Calicata	Muestra	Profund. (m)	California bearing ratio (CBR) NTP 339.145 / ASTM D-1883	
			C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)
C-02	M-2	0.60-1.50	43.5	24.0
C-07	M-2	0.90-2.00	41.0	22.7
C-12	M-2	0.90-2.00	63.3	33.7
C-22	M-2	1.00-2.00	60.2	37.0

En todos los puntos evaluados el valor de la capacidad de soporte del suelo supera el 20%, siendo este valor considerado para una subrasante (material de fundación) muy buena a excelente.

Por otro lado, en los ensayos con respecto a la resistencia a la abrasión e impacto de los agregados (Ensayo de Abrasión) se obtuvieron valores muy por encima de los requisitos de

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTÉCNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 17 de 24

calidad que establece también la EG-2013 solicita, siendo este valor límite Desgaste Los Ángeles: 50% máx, cabe resaltar que los valores obtenidos con este ensayo están entre 16%- 18%.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a lo evaluado, se puede concluir lo siguiente:

- La evaluación geotécnica ha consistido en la ejecución de un total de 29 calicatas distribuidas adecuadamente en todas las plataformas que conforma el proyecto farmagro y 28 densidades de campo distribuido en los dos tipos de suelo que conforma el área de estudio. También se ha realizado ensayos de laboratorio como, ensayos de clasificación, equivalente de arena, abrasión de los ángeles y ensayos químicos.
- Sobre la base de las investigaciones geotécnicas se ha determinado el siguiente perfil estratigráfico que conforma la zona de estudio. Se superficialmente hasta 2.00m de profundidad presenta un relleno (material de préstamo) compactado por capa, que clasifica como Grava limosa con arena, compacidad densa a muy densa, seco a ligeramente húmedo, color beige; se observa la presencia de grava sub angulosa a angulosa de forma chatas y alargadas de hasta 3" de tamaño máximo nominal. subyaciendo hasta profundidad explorada 2.5m. gravas sub angulosa de tamaño máximo de 5" a 11", clasificando como grava bien gradada con limo y arena (GW-GW), compacidad medianamente densa a densa, seco a ligeramente húmedo, color beige.
- La plataforma 4 está conformado por los perfiles estratigráficos 1-1, 2-2- y 3-3, se puede observar que en los perfiles 1-1 y 2-2 el material tiene un espesor que varía de 0.60 a 0.80m. y en el perfil estratigráficos 3-3 se observa que el material tiene un espesor de 2m.
- La plataforma 3 está conformada por el perfil estratigráfico 4-4, se observa que el material de préstamo tiene un espesor de 2m.
- El material densificado que forma parte de las capas granulares y terraplén (material de préstamo) presenta un grado de compactación aceptable en base a los valores obtenidos y el registro fotográfico.
- Los parámetros de resistencia, durabilidad y soporte para el terreno natural cumplen satisfactoriamente lo exigido por la normativa vigente lo que implica que las

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 18 de 24

características del suelo y el proceso constructivo ha sido seleccionado y realizado de forma adecuada.

- De acuerdo al siguiente cuadro N° 12 de elementos químicos nocivos para cimentación se puede observar que el contenido de sulfatos del suelo del material de préstamo está en el rango de ataque severo al concreto. Por lo tanto, se recomienda utilizar cemento Tipo HS para todo aquel elemento estructural enterrado y en contacto con el material de préstamo. Así mismo, la concentración de sales solubles totales del suelo es menor que 15,000 p.p.m, lo cual indica que no habría problemas de lixiviación en el suelo de cimentación.

Cuadro N° 12: Elementos Químicos Nocivos para la Cimentación

Presencia en el suelo de:	p.p.m.	Grado de alteración	Observaciones
SULFATOS*	0 - 1000 1000 - 2000 2000 - 20,000 > 20,000	Leve Moderado Severo Muy severo	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
CLORUROS*	> 6000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos.
SALES SOLUBLES TOTALES	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación.

* Comité 318-83 ACI

** Experiencia Existente

- Se recomienda utilizar permanentemente, en todas las fases de estudio del proyecto, los documentos que regulan el diseño y/o construcción del pavimento.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Tesis “Estudio de las Teorías y los Controles de Compactación y su Análisis Comparativo” Ing. Germán Tello Palacios.
- “La Ingeniería de Suelos en Las Vías Terrestres” Rico Rodríguez- Del Castillo.
- Norma ASTM D1556
- Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos.
- Especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras (EG-2013) - MTC

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 19 de 24

ANEXOS

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 20 de 24

Anexo 1: REGISTROS DE CALICATAS

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 21 de 24

Anexo 2: REGISTROS RESULTADOS DE DENSIDAD DE CAMPO

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 22 de 24

Anexo 3: RESULTADOS DE LABORATORIO

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 23 de 24

Anexo 4: PANEL FOTOGRAFICO

HORMICRETO	INFORME TÉCNICO	Área de Responsabilidad GEOTECNIA	
	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN Y CONTROL DE COMPACTACIÓN PARA EL PROYECTO PLANTA FARMAGRO – HUACHIPA"	Revisión: 1	
		Fecha 22/06/2018	Emisión:
		Versión: 01	Pág. 24 de 24

PLANOS