

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO
DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS
PAVIMENTOS RÍGIDOS. CHICLAYO, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Carlos Javier Gallardo Rebaza

Asesor:

Mg. Lic. Germán Sagastegui Vásquez

<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Sheyla Yuliana Cornejo Rodríguez	41639360
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Alberto Rubén Vásquez Díaz	40385695
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Wiston Henry Azañedo Medina	41526075
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Carlos_Gallardo_Tesis.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
5	industrial.umsa.bo Fuente de Internet	1 %
6	www.infinitiaresearch.com Fuente de Internet	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres por el
apoyo incondicional y a Dios por siempre
ayudarme.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios, a
mis padres y al resto de mi familia, agradecer
también a mi asesor por la guía para presentar
esta tesis.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR.....	1
INFORME DE SIMILITUD.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.....	27
1.3. Objetivos.....	27
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	43
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	85
REFERENCIAS.....	98
ANEXOS.....	102

Índice de tablas

TABLA 1: Cuadro general de la población	29
TABLA 2: Flujograma de Procedimiento en Laboratorio.....	38
TABLA 3: Resultados de Granulometría Agregado Grueso.....	44
TABLA 4: Resultados de Granulometría Agregado fino	45
TABLA 5: Resultado de los datos del agregado grueso.....	47
TABLA 6: Cuadro resumen de resultados peso específico AG.....	47
TABLA 7: Resultado de los datos de peso específico agregado fino.....	48
TABLA 8: Cuadro resumen de resultados Peso Específico y Absorción AF.....	48
TABLA 9: Cuadro resumen de los datos del contenido de humedad del agregado grueso	49
TABLA 10: Cuadro resumen de los datos del contenido de humedad del agregado fino.	50
TABLA 11: Cuadro de datos generales de mezcla según ACI.....	51
TABLA 12: Cuadro de Resultados.....	51
TABLA 13: Cuadro Resumen de diseño de mezcla.....	55
TABLA 14: Cuadro resumen de pesos utilizados en los ensayos.....	58
TABLA 15: Clasificación de asentamiento.....	59
TABLA 16: Cuadro de Resultados de Asentamiento.....	59
TABLA 17: Resultados de Resistencia Compresión Diseño Patrón (0.0 % de fibra de totora):	61
TABLA 18: Resultados de Resistencia a Compresión Muestra 1 (0.2 % fibra de totora).	63
TABLA 19: Resultados de Resistencia a Compresión Muestra 2 (0.1 % fibra de totora).	65
TABLA 20: Resultados de Resistencia a Compresión Muestra 3 (0.3 % fibra de totora).	67
TABLA 21: porcentaje de resistencia promedio a la compresión según muestras de totora vs tiempo	69
TABLA 22: Resultados de Resistencia a la Flexión del diseño patrón (0.0 % de fibra de totora).....	71
TABLA 23: Resultados de Resistencia a la Flexión Muestra 1 (0.2 % fibra de totora) ...	73
TABLA 24: Resultados de Resistencia a la Flexión Muestra 2 (0.1 % fibra de totora)....	75
TABLA 25: Resultados de Resistencia a la Flexión Muestra 3 (0.3 % fibra de totora)....	77
TABLA 26: Porcentaje de resistencia promedio a la flexión según muestras de Totora vs Tiempo.....	79
TABLA 27: Porcentaje de resistencia promedio a la compresión según muestra 1, con adición de Totora vs Tiempo.....	81
TABLA 28: Porcentaje de resistencia promedio a la flexión según muestra 1, con adición de Totora vs Tiempo.....	83

Índice de figuras

FIGURA 1	62
FIGURA 2	64
FIGURA 3	66
FIGURA 4	68
FIGURA 5	70
FIGURA 6	72
FIGURA 7	74
FIGURA 8	76
FIGURA 9	78
FIGURA 10	80
FIGURA 11	82
FIGURA 12	84
FIGURA 13	103
FIGURA 14	103
FIGURA 15	104
FIGURA 16	104
FIGURA 17	105
FIGURA 18	105
FIGURA 19	106
FIGURA 20	106

FIGURA 21	107
FIGURA 22	107
FIGURA 23	108
FIGURA 24	108
FIGURA 25	109
FIGURA 26	109
FIGURA 27	110
FIGURA 28	110
FIGURA 29	111
FIGURA 30	111
FIGURA 31	112
FIGURA 32	112
FIGURA 33	113
FIGURA 34	113
FIGURA 35	114
FIGURA 36	114
FIGURA 37	115
FIGURA 38	115

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la fibra de totora usada como agregado del concreto de los pavimentos rígidos mejoró su eficiencia, la investigación fue de tipo aplicada, nivel explicativo, de enfoque cuantitativo, con diseño de investigación cuasi experimental. La población estuvo conformada por concreto a base de cemento, piedra, arena y agua, con adición de fibras de totora. La muestra estuvo conformada por un total de 96 probetas y vigas de concreto adicionados con fibras de totora. El muestreo no es probabilístico, en la recolección de datos se utilizó la técnica de observación directa con el empleo de estadística descriptiva con la finalidad de analizar los ensayos realizados. Determinando que el adicionamiento de la fibra de totora al 0.10 %, 0.20 % y 0.30 % respecto al peso del cemento, influye en las propiedades de resistencia a la compresión y a la flexión que determinan la eficiencia de un concreto utilizado para pavimentos rígidos. Siendo la adición del 0.10 % de fibra de totora determinó la mejor resistencia a la compresión con un aumento del 28 % respecto al diseño patrón y la adición del 0.20 % de fibra de totora la que determinó la mejor resistencia a la flexión con un aumento del 30 % respecto al diseño patrón.

PALABRAS CLAVES: Pavimento rígido, Concreto, Totora, Eficiencia del concreto, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años se han desarrollado diversas tecnologías constructivas para pavimentos viales los cuales ponen en contraposición los posibles beneficios y limitaciones que tiene la aplicación de los pavimentos rígidos para soluciones viales más eficientes, tomando en consideración variables de tipo técnica, como mejor durabilidad, resistencia, capacidad estructural, mantenimiento, bajo impacto ambiental y costo. (Serment 2012)

El análisis de tecnologías constructivas alternativas de pavimentos de los últimos años permite hacer una comparación técnica apropiada entre los pavimentos rígidos convencionales y los pavimentos rígidos utilizando materiales alternativos en su procedimiento constructivo, generando un mejor discernimiento en su aplicación actual. Entre los resultados obtenidos en investigaciones internacionales respecto al uso de materiales y procedimientos constructivos alternativos con la finalidad de mejorar su eficiencia, resaltan el uso de materiales reciclados los cuales además de mejorar sus propiedades mecánicas y de resistencia, aportan ambientalmente con la disposición o reutilización de materiales no biodegradables, generando una expectante posición técnica profesional para la utilización de cualquiera de estas tipologías de pavimentos. (Serrano E. y Padilla, E. 2019)

A nivel internacional, la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO), establece normas, especificaciones, estándares, protocolos y guías para ser utilizadas en el diseño y construcción de pavimentos en los Estados Unidos, lo cual sirve como guía de diseño vial para todo el mundo.

En la AASHTO se realizaron también propuestas experimentales para mezclas de alto rendimiento para pavimentos, como el AASHTO P-84-17, estándar para el desarrollo de mezclas de concreto de alto rendimiento (pavimento rígido), el cual sirve también de marco normativo para investigaciones que utilizan materiales y tecnologías alternativas.

A nivel nacional, la normatividad de los pavimentos está regido por dos jurisdicciones, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), que norma los procedimientos de diseño y construcción de las carreteras nacional, regionales y locales, y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) que define normativamente las vías urbanas en general. En este último caso, el MVCS sólo ha propuesto la Norma Técnica de Edificaciones CE.010 Pavimentos Urbanos (aprobado por D.S. 001-2010-VIVIENDA), en donde establece los requisitos normativos para el diseño, construcción, reposición y mantenimiento de los pavimentos rígidos y flexibles para vías urbanas, sin embargo, estos se establecen mediante procesos tradicionales, sin la incorporación de otros procesos alternativos o por lo menos determinar lineamientos básicos que permitan su incorporación en base a nuevas investigaciones.

En las normas propuestas por el MTC, entre las diversas normas de carreteras que ha emitido, destaca el Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (aprobado con R.D. N°10-2014-MTC/14), en donde establece los procedimientos para estabilización de suelos (bajo el pavimento) con diferentes materiales como la cal, cemento, escoria, cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio y geosintéticos, para el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo por medio de procedimientos mecánicos, incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

Este marco normativo general es muy importante pues determina una plataforma de aplicabilidad de propuestas específicas en pavimentos viales urbanos, mediante la utilización de materiales y métodos constructivos alternativos, pudiéndose adaptar las variables a estudiar respecto al cumplimiento de las características mínimas de diseño y proceso constructivo requeridos para un determinado ámbito. (MTC, 2022)

El pavimento viene a ser una estructura elaborada con materiales dispuestos sobre un terreno natural o un terreno nivelado con la finalidad de permitir la circulación y movilidad de vehículos y personas, articulando ciudades, centros poblados y edificaciones. Robles y Sánchez (2015).

Dentro de los diferentes tipos de pavimentos se encuentran los pavimentos denominados rígidos y son utilizados mayormente en vías urbanas debido a su larga vida útil y bajo costo de mantenimiento. Está compuesto por una losa de concreto, la sub base, la cual brinda uniformidad y estabilidad, y la sub rasante, que viene a ser el terreno natural debidamente compactado y preparado. Robles y Sánchez (2015).

La losa de concreto por ser una superficie rígida con un alto módulo de elasticidad se encarga de absorber los diferentes esfuerzos o cargas de ruedas vehiculares que se producen en el pavimento desplazando tensiones bajas a la sub rasante, lo opuesto sucede con los pavimentos flexibles, que por su menor rigidez desplaza mayores tensiones a la sub rasante. Saucedo (2010).

Entre las principales propiedades estructurales o componentes de diseño de los pavimentos rígidos se tiene el Módulo de rotura a la flexión (M_r), que viene a ser el valor máximo de esfuerzo de resistencia a la flexión, así como también la resistencia a la compresión (f'_c), siendo el valor de resistencia máxima a una carga estática.

Para definir el diseño de un pavimento rígido se evalúan las diferentes intensidades de carga por tráfico y vida útil de su estructura orientada a sistematizar las características estructurales y funcionales para el óptimo desempeño del pavimento.

Los pavimentos tienden a generar deterioros por cambios climáticos, el mismo tránsito y el paso de los años; al mismo tiempo se generan deficiencias durante los procesos constructivos; es por ello que es importante la implementación del uso de materiales reciclados para la optimización de las mismas. Enríquez Figueroa y López Lara (2019), exponen la importancia de la utilización de materiales como el Polietileno (PE) el cual tiene ventajas en su resistencia a altas temperaturas y resistencia al envejecimiento, así como el Polipropileno (PP), que aporta baja penetración, brinda mayor rango de plasticidad y mejora la resistencia de carga; exponiendo asimismo ventajas, desventajas y posibles usos que se le dan a estos ecomateriales.

Los pavimentos urbanos actuales de uso peatonal y/o vehicular requieren de un análisis más minucioso respecto a materiales y técnicas constructivas alternativas orientadas a abordar aspectos de mejoramiento en materia de resistencia, comportamiento estructural, seguridad, higiene, accesibilidad, mantenimiento, sostenibilidad ecológica y económica. (ICG, 2018)

Es por ello pertinente, analizar estudios específicos que pueden servir de referencia en la aplicación de pavimentos en vías urbanas en nuestro contexto, como, por ejemplo, el uso de escoria de acero en la mejora estructural del suelo y sub rasante de los pavimentos, que funciona como material cohesivo reduciendo su plasticidad y aumentando el valor del CBR. (Ospina, García y otros 2020).

También está el uso de polímeros, como la Malla Raschel reciclada, que permite lograr la optimización de las propiedades físicas y mecánicas del pavimento, mejorando la resistencia y durabilidad de la subrasante del suelo – cemento, incorporando dicho material no biodegradable. (Serrano y Padilla 2019),

También resaltan estudios de procedimientos constructivos alternativos aplicados directamente al concreto de los pavimentos rígidos, como el uso geomallas fabricadas con tereftalato de polietileno (PET), generando con ello un incremento a la resistencia a la flexión del pavimento rígido, brindándole utilidad a un tipo de desecho no biodegradable con el beneficio ambiental que conlleva (Miranda y Hernández, 2018).

Es importante recalcar también, que, en ciudades importantes del país, aun se siguen utilizando tecnologías constructivas y materiales convencionales en los pavimentos rígidos, con el detrimento en la efectividad y durabilidad de los mismos, acortando su ciclo de vida, y generando sobre costos en la inversión inicial, así como en la reparación y mantenimiento de tales pavimentos. Además, se puede aseverar que las fallas producidas tempranamente en los pavimentos propuestos en la actualidad, no sólo se deben a la tipología o sistema de pavimentación utilizada, sino también a las deficiencias en su implementación, a los procesos constructivos, materiales inadecuados y a la mano de obra deficiente y poco calificada. Situación que también debe ser estudiada en investigaciones paralelas.

Es por todo ello necesario incorporar en las vías urbanas y en otras áreas de necesidad de pavimentación como es el caso de los estacionamientos vehiculares, los diversos avances tecnológicos respecto al uso de materiales y procesos constructivos innovadores y alternativos, que no sólo mejoren el comportamiento y propiedades de los pavimentos, si no que permitan revisar sus procesos constructivos, con reutilización de materiales no biodegradables, generando a su vez un beneficio ambiental complementario.

El uso de materiales y tecnologías constructivas alternativas para los pavimentos rígidos, tiene antecedentes de investigaciones desde hace varios años, sin embargo, en la presente se ha tomado de preferencia las desarrolladas en la última década.

Existen antecedentes resaltantes en la aplicación de pavimentos rígidos, como el uso del concreto con fibras de tipo naturales y minerales como las esterillas de carbón, que sirven para mejorar su comportamiento mecánico, así como su desempeño y trabajabilidad de las mezclas. (Betancourt Chávez y otros 2018). También está el uso de fibras sintéticas en los concretos, como los polímeros, brindando al pavimento mejores propiedades mecánicas incrementando su resistencia a la flexión (López y López 2018)

Otros materiales reciclados que resaltan su utilización en la construcción de pavimentos rígidos es el aceite residual automotriz (ARA), material altamente contaminante como desecho, pero que puede ser utilizado como aditivo en las mezclas de concreto no estructural, de gran utilidad en pavimentos rígidos. (Baloa, Arellano, De Abreu y Águila 2019). Se ha concluido que, con la dosis óptima de ARA aplicada al concreto, mejora sus condiciones de resistencia a la flexión del pavimento rígido.

Los materiales alternativos que se hace mención se refieren a materiales reciclados, los cuales además de mejorar sus propiedades mecánicas y de resistencia, aportan ambientalmente con la disposición o re uso de materiales no biodegradables, generando una expectante posición técnica profesional para la utilización de cualquiera de estas tipologías de pavimentos.

Según lo que establece Miranda (2010) el pavimento rígido viene a ser el cual tiene una superficie conformada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores.

Planteado esto como una definición básica, pudiéndose incorporar su aspecto funcional al ser entendido como “una losa de concreto hidráulico colocada sobre la subrasante, la cual tiene la doble función de proporcionar las características tanto estructurales como funcionales al pavimento”, (Serment, 2012)

Este último autor también define el aspecto de su comportamiento estructural, al referir que la losa de concreto conformante del pavimento rígido posee una notable rigidez que “recibe las cargas ejercidas por los vehículos que circulan sobre la vía y las distribuye en un área mucho más grande por lo que los esfuerzos que transmite a las terracerías son de una magnitud muy reducida” (Serment, 2012). Haciendo hincapié con ello a los niveles de esfuerzos que se generan en la base y sub base bajo el pavimento.

Miranda (2010), expone las ventajas y desventajas del uso del sistema rígido en los pavimentos, tales como la capacidad de soportar cargas de tráfico pesado sin generar ahuellamiento, deformaciones o lavado de áridos, a diferencia de los pavimentos asfálticos. Asimismo, evidencia que la vida útil promedio de los pavimentos rígidos es de 30 años, pudiéndose alargar por muchos años más mediante procesos de mantenimiento y refacción. Sin embargo, sus desventajas pueden ser el costo elevado de construcción, en comparación del asfáltico, que deviene a un mejor cuidado en el proceso constructivo.

Serment (2012) expone también las ventajas y desventajas de los pavimentos rígidos en función de sus propiedades, como la Regularidad que se puede generar en el acabado de las losas de concreto mediante el uso de equipos adecuados, lo cual permite no tener deformaciones en su capacidad estructural. Sin embargo, por inadecuados procesos constructivos esta propiedad se puede afectar, produciéndose agrietamientos, escalonamientos y rotura de las losas.

Otro aspecto a relieves en este tipo de pavimentos es su Capacidad Estructural, sin embargo, pueden producirse fallas prematuras en él, debido también a posibles deficiencias constructivas como el mal sellado de juntas, insuficiente proceso de curado del concreto, mala colocación de dowells o refuerzos, etc., lo cual puede limitar dicha ventaja.

La Resistencia al derrapamiento y drenaje superficial, es otra ventaja importante de los pavimentos rígidos, debido a las características particulares del cemento y agregados que permiten la calidad superficial, sin embargo, para mantener ello, se necesita de un mantenimiento regular y constante, Serment (2012).

Según Serment, (2012), otra ventaja es el Mantenimiento, pues para este tipo de pavimentos es mínimo, pero siempre necesario, debido a que puede producirse con un mal sellado de juntas el despostillamientos o agrietamientos prematuros, generándose problemas de bombeo incluso de rotura del pavimento.

Todas estas ventajas y desventajas expuestas de los pavimentos rígidos son susceptibles a ser mejoradas con materiales y procesos constructivos alternativos que mejoren su comportamiento, capacidad estructural y durabilidad, expuestas en esta investigación.

Considerando los criterios de Serment (2012), podemos afirmar que para elegir un tipo de pavimentación depende de factores de cada proyecto, tomando en referencia las condiciones ambientales, características del entorno, solución geométrica, estudios de tránsito, evaluaciones geotécnicas, geológicas, de drenaje y sub drenaje, materiales disponibles y equipo de construcción a utilizar. Se debe realizar un análisis integral de costos de construcción, de operación, ambientales y estudios de factibilidad de reutilización de materiales para mejorar su comportamiento e implicancia ambiental.

Asimismo, es importante precisar que la mayoría de las fallas que se producen prematuramente en los pavimentos rígidos, no son propios del sistema utilizado, sino más bien, pone de manifiesto la necesidad trascendental de una revisión tecnológica de los procesos constructivos y los materiales modernos y alternativos, con miras a una industrialización y mejora de los procesos constructivos, alejándose de los métodos artesanales que imperan hoy en día en la construcción de los pavimentos, que solo buscan soluciones más económicas, a corto plazo, poco eficientes y cada vez menos eficaces.

También es importante el presente estudio debido a que puso de manifiesto una adecuada referencia técnica de las posibles aplicaciones de las tecnologías alternativas en espacios territoriales como es el caso de Chiclayo, evaluando las posibilidades de disponibilidad y transformación de materiales reciclables en la localidad y la factibilidad de tecnológica de utilizarlos en procesos constructivos en las vías de las nuevas urbanizaciones de la ciudad.

Por otro lado, es también necesario resaltar la importancia que tiene en la actualidad el control de calidad, orientado a la calidad de los materiales y los procesos constructivos, con certificaciones apropiadas, calificándose además de los materiales y procesos innovadores, el personal y equipo constructivo, con la finalidad de evaluar adecuadamente el producto terminado. Según Serment (2012) es importante, revisar los avances tecnológicos de los pavimentos rígidos, las nuevas herramientas de diseño, la optimización de los procesos constructivos y sobre todo la mejora de los materiales usados.

En los pavimentos rígidos el concreto es usado estructuralmente para resistir los esfuerzos de compresión y esfuerzos de flexión, lo cual produce efectos de fisuración. Las causas entre las más importantes, son la pérdida prematura de agua en su superficie, los cambios térmicos día a noche o estacionales, la retracción del material en su proceso de

secado. Estos efectos previsibles en el concreto son generalmente controlados con la utilización de acero de refuerzo en los elementos estructurales.

En los pavimentos rígidos las fisuras son parcialmente controladas utilizando juntas constructivas, generando espacios para que se produzcan los cambios dimensionales, los cuales se producen por la retracción del concreto en posición horizontal, también por dilataciones y contracciones generados por temas hídricos y térmicos, así como por las cargas verticales y horizontales. Sin embargo, estas situaciones no siempre son controladas por la aplicación de tales juntas, o por reforzamientos de acero, sino que, en muchos casos, el proceso de retracción del material a temprana edad, aunado a la restricción del terreno produce esfuerzos aleatorios dentro del concreto que genera una serie de fisuras no deseadas ni controladas.

Desde hace varias décadas las fibras vegetales han sido utilizadas como aglomerante en el material de adobe o tapia para evitar el agrietamiento. De la misma manera en el concreto se usan las fibras de tipo metálicas, sintéticas, de vidrio y naturales, con el fin de disminuir agrietamientos, fisuramientos por retracción y mejora de comportamiento frente a esfuerzos de flexión. Tobes, et, al, 2007, establecen que el uso de estas fibras mejora su comportamiento frente a la fisuración aumentando su tenacidad, en elementos premoldeados, estructuras como túneles, pavimentos y tableros de puentes. El refuerzo de fibras en combinación o sustitución de las armaduras transversales, mejoran la resistencia al corte, con un comportamiento más dúctil del concreto. Su aplicación más común es en ingeniería con fibras metálicas, fibras sintéticas y vegetales con tratamiento especial.

Pacheco y Jalali (2010) afirman que, frente a una visión sustentable de los recursos en la construcción, una alternativa viable es el uso de fibras de tipo vegetal como refuerzo en mezclas de concreto. Definiendo que el uso de fibras naturales con un bajo porcentaje

mejora las propiedades mecánicas de resistencia al impacto del concreto, encontrando resultados similares con el uso de fibras sintéticas. El uso de volúmenes pequeños entre el 0.6 % al 0.8 % en volumen, aumenta considerablemente la tenacidad del concreto.

Los resultados son diversos dependiendo del tipo y tratamiento de fibras vegetales, siendo las más usadas las fibras de origen del coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, totora, etc., siendo compuestos naturales de diferente estructura celular, los cuales tienen contenidos y proporciones diferentes de celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales generan una alta resistencia a la flexión con un bajo módulo de elasticidad, lo cual brinda distintos comportamientos en combinación con el concreto. Sin embargo, el componente alcalino que presenta dichas fibras de origen orgánico y entorno ambiental, puede afectar su comportamiento si un adecuado tratamiento (Pacheco y Jalali, 2010).

La totora es una especie del junco nativa de las orillas del lago Titicaca y de la costa peruana, desde nuestros ancestros viene siendo utilizada para diversos fines y también para la construcción de embarcaciones, así como mobiliario y utensilios debido a sus diversas propiedades físicas, como alta densidad y absorción al agua. Pero sobre todo debido a su gran resistencia a la tensión y a la compresión.

Se han realizado investigaciones utilizando este tipo de fibra de totora, como la que propuso Apaza (2022), en la cual expone que los objetivos específicos de su investigación son evaluar la influencia de la adición de fibra de totora en las propiedades tanto físicas como mecánicas de los adoquines de concreto en pavimentos peatonales en el distrito de Juliaca, Puno. Así como también, el determinar la influencia de la dosificación de dicha fibra en la elaboración de los adoquines de concreto.

La metodología utilizada en dicha investigación es de tipo aplicada, de diseño cuasi experimental, a un nivel explicativo y con un enfoque cuantitativo. La población utilizada es de 45 adoquines de concreto, 45 unidades de briquetas y 15 vigas, en dichas unidades de experimentación se realizaron los diferentes ensayos de resistencia tanto a la compresión, a la tracción, así como a la flexión, incluyendo los ensayos básicos de consistencia, peso unitario y de temperatura.

Los resultados de esta investigación al adicionar porcentajes diferentes de fibra de totora al concreto tomando porcentajes de 0.3 %, 0.5 %, 0.7 % y 0.9 % varían en 5.62 %, 5.62 %, 11.47 % y 17.09 % respecto al concreto patrón siendo los mejores resultados obtenidos en los tres primeros porcentajes mejorando así la trabajabilidad del concreto. Respecto al evaluar propiedades mecánicas de los adoquines de concreto se obtuvo una resistencia a la compresión como patrón fue 297.80 kg/cm² y al adicionar porcentajes de totora se obtuvo 292.31, 266.82, 239.94 y 211.75 kg/cm² respectivamente evidenciando una disminución respecto al concreto patrón. En cuanto a la tracción, el patrón de 46.94 kg/cm² obteniendo 43.31 %, 40.44 %, 37.09 % y 32.76 %. Y por último respecto a la flexión, este disminuye también en 12.69 %, 24.63 %, 36.54 % y 46.09 % con respecto al concreto patrón que fue determinado en 39.09 kg/cm².

Se ve afirmado en esta investigación que con una dosificación en cantidades de 0.3 %, 0.5 %, 0.7 % y 0.9 % de fibra de totora con respecto al peso del cemento, influye en las propiedades físicas aumentando el valor de su consistencia y disminuye en la masa unitaria. Asimismo, en las propiedades mecánicas disminuye su resistencia a la compresión en los adoquines, disminuyendo también sus resistencias a la tracción y a la flexión respecto al concreto patrón.

Frente a esta variabilidad del comportamiento del concreto producto de la adición de fibras de totora en diferentes porcentajes, Apaza (2022) expone verificar la calidad de la fibra a utilizar para garantizar su mejor desempeño, siendo recomendable secar la totora dentro de un ambiente que no caiga los rayos solares y sobre todo verificar la adición de fibras en porcentajes menores a 0.3 %, así como la utilización de moldes adecuados para elaborar los adoquines de concreto, para obtener mejores resultados. Lo cual determina una posibilidad de mejora con porcentajes menores de fibra y un manejo de condiciones más adecuadas para los ensayos.

Según Quilluya y Flores (2019), explican el objetivo de la investigación de su artículo, el cual es ver las características estructurales del concreto al incorporar la fibra de totora para uso en la industria de la construcción, con longitudes de 5 cm y tres volúmenes diferentes tales como 0.5 %, 1 % y 1.5 % añadidas para la preparación de briquetas. Dichos especímenes fueron realizados, 3 por cada volumen de fibra de totora, en la edad de curado de 7 días para la prueba en compresión.

Es un artículo de investigación experimental, el cual fue realizado en la ciudad de Juliaca, para lo cual se utilizó una fibra vegetal de totora con unas dimensiones de 5.0 cm de longitud. Se utilizaron probetas de concreto, en probetas cilíndricas con y sin fibra vegetal distribuidos de la siguiente manera: 03 probetas de concreto sin adición de fibra vegetal (totora), las cuales serán probadas a compresión a los 7 días de curado. 03 especímenes de adición de fibra vegetal (totora) de 0.5 % las cuales serán probadas a compresión a los 7 días de curado. 03 especímenes de adición de fibra vegetal (totora) de 1.0 % las cuales serán probadas a compresión a los 7 días de curado y por último 03 especímenes de adición de fibra vegetal (totora) de 1.5 % las cuales serán probadas a compresión a los 7 días de curado.

Sus resultados obtenidos en laboratorio como esfuerzo de compresión fueron de 134.4 kg/cm² en un 0 % sin Fibra, 27 kg/cm² en 0.5 % con fibra de Totora, 15.95 kg/cm² en 1.0 % con fibra de Totora y 10.1 kg/cm² en 1.5 % con fibra de Totora. Y como conclusión según los resultados obtenidos el mayor esfuerzo de compresión es de 134.4 sin fibra de totora.

Quilluya y Flores (2019), afirman que la adición de fibra de totora en el concreto, mejora las propiedades mecánicas siempre y cuando el curado de las briquetas sea de una edad prolongada. Sin embargo, se demostró también que, añadiendo mayor porcentaje de fibra, disminuye la resistencia del concreto, esto se debe a que la edad de concreto no fue examinada en los 14 y 28 días. La aplicación de la fibra de totora para el mejoramiento de la resistencia se evalúa la incrementación de la fuerza inicial.

Como recomendaciones Quilluya y Flores (2019), exponen que se debe evaluar el costo/beneficio del uso de la fibra como refuerzo del concreto en función de la ubicación de la obra. Se recomienda en realizar un curado de 14 y 28 días por el mismo hecho de que a mayor edad el concreto, mayor resistencia; en otras investigaciones se sugiere que el curado del concreto sea de 28 días para llegar a una resistencia óptima y con buenos resultados

Se tomó como referencia para esta investigación a Quilluya y Flores (2019), tomando en consideración sus recomendaciones, así como, los curados en 14 y 28 días, teniendo así la máxima resistencia del mismo. Tomando como referencia también que los porcentajes menores dan mejores resultados.

Ordoñez (2018), realizó una investigación para medir el comportamiento estructural del mortero utilizando diferentes muestras de mortero. El objetivo de la investigación fue desarrollar un compuesto de cemento reforzado con fibras de totora al cual se le aplicó

diversos tratamientos superficiales. En los ensayos Ordoñez (2018) utilizó 5 tipos de muestra. La primer fue el mortero simple: cemento, arena y agua sin ningún tipo de adición de fibra; otra muestra de mortero reforzado con fibra de totora, pero sin ningún tratamiento, agregando fibras con dimensiones en promedio de 30 mm de largo y 2 mm de diámetro. Una tercera muestra de mortero utilizando fibras de totora, pero con tratamiento de parafina sólida disuelta a 100°C con la finalidad de proteger la alta alcalinidad del mortero. Asimismo, utilizó otra muestra de mortero con uso de fibra de totora con tratamiento químico para la saturación de la fibra utilizando bórax, ácido bórico y dicromato de sodio. Por último, un mortero adicionando fibra de totora con tratamiento de cal u oxido de calcio para lograr la saturación de la fibra.

La investigación es experimental y tiene los objetivos específicos de determinar el tratamiento más adecuado de la fibra de totora en un mortero o compuesto cementico en medio alcalino. Además de revisar las propiedades reológicas, es decir el comportamiento sometido a cargas mecánicas, como la flexión y compresión en dichos morteros. Así como también revisa el comportamiento de permeabilidad de dichos compuestos.

Dentro de los resultados más evidentes está el comportamiento de los morteros sometidos a la flexión, determinando que el mortero adicionado con fibras de totora tratados con parafina, en comparación con los otros morteros, tiene una mayor resistencia a la flexión con cargas promedio de 3.36 MPa a 28 días y un menor nivel de absorción de agua con un promedio de absorción de humedad de 9.73 %. Frente morteros adicionados con fibras de totora con tratamiento químico y con tratamiento con cal, con resultados de 3.33 MPa y 3.16 MPa de carga y porcentajes de absorción de 13.12 % y 12.16 % respectivamente, en periodos de curado de 28 días.

Asimismo, el comportamiento de los morteros sometidos a esfuerzos de compresión, se evidencia que el mortero adicionado con fibras de totora tratados con parafina, en comparación con los otros morteros, tiene una mayor resistencia a la compresión con cargas promedio de 11.83 MPa a 28 días y un menor nivel de absorción de agua con un promedio de absorción de humedad de 9.73 %. Frente morteros adicionados con fibras de totora con tratamiento químico y con tratamiento con cal, con resultados de 9.62 MPa y 11.73 MPa de carga y porcentajes de absorción de 13.12 % y 12.16 % respectivamente, en periodos de curado de 28 días.

Ordoñez (2018), por tanto, concluye que la resistencia a la compresión y flexión más alta se obtuvo con las muestras del compuesto con el tratamiento de parafina, debido a que dicho tratamiento ayuda a proteger la fibra del medio alcalino del mortero, puesto que la parafina interactúa mejor con la fibra, debido a que su estructura molecular que se componen de largas cadenas. La parafina tiene hidrocarburos y las fibras tienen cadenas moleculares que interactúan eficientemente. Asimismo, afirmando que las dimensiones más manejables son las establecidas en sus ensayos con longitudes uniformes de fibra de 30mm y de 2mm de diámetro, utilizando medios mecánicos para ello. Recomienda también aumentar el número de muestras para aumentar la precisión de los resultados.

Por otro lado, la ciudad de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, es una ciudad con más de 500 mil habitantes y cuenta con numerosas habilitaciones urbanas que demandan la construcción de vías urbanas construidas con pavimento flexible y pavimento rígido, siendo este último sistema de construcción la utilizada en muchos casos debido a su mayor durabilidad y una baja frecuencia de mantenimiento periódico.

Asimismo, dentro de una visión de proponer proyectos orientados a la utilización sostenible de materiales y energías renovables, es por ello que surge la necesidad utilizar un material reciclado en la construcción del pavimento rígido, en este caso la fibra de totora, con la finalidad de no sólo de hacer sostenible el proceso constructivo sino de mejorar el rendimiento estructural del pavimento propuesto, así como aminorar los costos de construcción. Esta investigación aporta contenidos teórico prácticos importantes y pone en gran expectativa la utilización de este material reciclable.

En base a todo ello, el tema de la presente tesis se enmarca en la línea de investigación: Tecnologías Emergentes, teniendo como sub línea de investigación: nuevas tecnologías y sistemas de construcción, aprobada por la Universidad Privada del Norte.

1.2. Formulación del problema

En esa línea y a partir de todo lo indicado anteriormente, es necesario y conveniente realizar la investigación a partir de la siguiente pregunta:

¿De qué manera influye el uso de la fibra de totora como agregado del concreto determinando la eficiencia de los pavimentos rígidos en Chiclayo, 2023?

1.3. Objetivos

El objetivo general de la presente investigación es:

- Determinar la influencia del uso de la fibra de totora como agregado del concreto en la eficiencia de los pavimentos rígidos de la ciudad de Chiclayo, Perú.

Los objetivos específicos son:

- Determinar el porcentaje óptimo de fibra de totora adicionado a un concreto para pavimento rígido para los esfuerzos de compresión y flexión.
- Comparar el concreto convencional con el concreto adicionando fibras de totora.

1.4. Hipótesis

El uso de fibra de totora como agregado en el concreto influye en la eficiencia en un pavimento rígido en la ciudad de Chiclayo, Perú.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo de investigación:

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto.

Es Aplicada porque el investigador se ocupa del objeto al estudiar durante un tiempo determinado, no es una ejecución inmediata, teniendo en cuenta que, a través de los resultados obtenidos pueden surgir nuevos descubrimientos, cambios, etc. (Apaza, 2022)

Diseño de investigación: Experimental

El diseño de la investigación es experimental debido a que se utiliza para establecer una relación entre la causa y el efecto de una situación. Es un diseño de investigación donde se observa el efecto causado por la variable independiente sobre la variable dependiente.

POBLACIÓN

La Población se define como la totalidad de las unidades de estudio, las cuales poseen las características que son requeridas para la investigación, pudiendo ser personas, objetos, conglomerados, hechos o fenómenos, que son medibles y que constituyen la unidad de investigación. La población quedará delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (Ñaupas, et al. 2013).

En la presente investigación la población estuvo compuesta por todos los concreto F'c= 210 kg/cm² para pavimentos rígidos en la ciudad de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

MUESTRA

La muestra es un subconjunto o una parte de la población en la cual se efectuará la investigación con la finalidad de generalizar los hallazgos al todo. (Pineda, et al, 1994).

El tamaño de la muestra fue 48 unidades de probetas y 48 unidades de vigas de concreto con y sin adición de fibra de totora en volumen de 0.00%, 0.10%, 0.20% y 0.30%, como se especifica en la tabla 1.

Asimismo, para la experimentación se realizaron 3 repeticiones por cada variación y categoría, cantidad mínima requerida en función del grado de libertad establecido en el análisis estadístico, con la finalidad de brindar una mayor fiabilidad a los resultados obtenidos.

Tabla 1

Población de estudio (MUESTRA)

Contenido de Fibra de Totora (volumen)/ días	N° Probetas (Resistencia a la compresión)				N° Vigas (Resistencia a la flexión)				Total
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días	
0.00%	3	3	3	3	3	3	3	3	24
0.10%	3	3	3	3	3	3	3	3	24
0.20%	3	3	3	3	3	3	3	3	24
0.30%	3	3	3	3	3	3	3	3	24
Subtotal	48				48				96

Nota: esta tabla presenta la población del estudio, la cual está compuesta por todas las probetas f'c.

MUESTREO

Para la presente investigación se seleccionó el tipo de muestreo no probabilístico, habiéndose tomado muestras intencionalmente, no aleatorio y por conveniencia.

Los instrumentos son mecanismos que sirven para “medir o evaluar los conceptos o variables de interés, hipótesis comprobadas, datos específicos y enfoques o abordajes al problema de investigación” (Hernández, et al. 2010, p. 65). Es decir, son recursos que se aplican en la investigación para registrar información o datos de las variables utilizadas. Ñaupas y otros (2013, p.273) definen los instrumentos de medición como “las herramientas conceptuales o materiales, mediante los cuales se recoge los datos e informaciones”, o algún medio concreto y tangible que permite la recolección de datos de forma sistemática según una intencionalidad prevista.

TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Las técnicas de recolección de datos vienen a ser las diversas técnicas de obtención de la información, entre ellas, la observación directa, las encuestas, el análisis documental y análisis de contenido. En esta investigación se utilizó la técnica de observación directa, como un proceso estructurado de captación de la información y visualización de los fenómenos experimentados, ayudando a su evaluación, cuantificación y relación entre los resultados. Las técnicas de observación directa de las pruebas de laboratorio se realizaron de acuerdo a los procedimientos definidos en las normas ASTM y NTP.

INSTRUMENTOS

En la presente investigación los instrumentos utilizados fueron las guías de observación, las cuales sirvieron para la elaboración de fichas de laboratorio, para definir los resultados de los ensayos aplicados en las probetas y vigas, mediante los equipos y herramientas del laboratorio, así como los programas computacionales como el Excel para el procesamiento de los datos identificados.

En el caso de esta investigación las guías de observación sirvieron para elaborar las fichas de resultados referidas a la adición de fibras de totora en los agregados del concreto con porcentajes en volumen de fibra de 0.1 %, 0.2 % y 0.3 %, para de esta manera evaluar el comportamiento del concreto en esfuerzos de compresión y flexión. Estas fichas fueron firmadas por el Coordinador de Laboratorios y Talleres de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, así como por un docente con grado de Ingeniero Civil, encargado por la Escuela Profesional. Estas fichas debidamente suscritas se encuentran colocadas en los anexos de Fichas Técnicas de Recolección de Datos, ubicadas en la parte final de este documento.

MATERIALES

- Obtención de Fibra de Totora
- Agregados (*Ver la Figura 17 en Anexo Fotográfico*).
- Cemento (*Ver la Figura 18 en Anexo Fotográfico*).

PROCEDIMIENTO

1. SELECCIÓN DE MATERIALES:

Primeramente, se procedió a obtener el material de totora proveniente de los comerciantes tradicionales en el balneario del distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, los cuales comercializan el producto en estado seco para la elaboración de embarcaciones y artesanías tradicionales.

Del material en bruto se seleccionó los tallos más secos y se procedió a separar manualmente el bagazo o cuerpo esponjoso, dejando solamente la cáscara o fibra, siendo este último el material seleccionado para los ensayos realizados en la presente investigación.

Posteriormente, se procedió a curar el material vegetal a través de una mezcla de agua y cal, en una proporción de 10 g por litro de agua. Dejándose curar por 24 horas. Esto se realizó con la finalidad de eliminar los restos orgánicos en el material y rastros de salinidad.

Luego se procedió a cortar las fibras en promedio de 5 cm de largo por 0.5 cm de espesor para proceder a su secado final en el horno dentro del laboratorio. *(Ver la Figura 13, 14, 15 y 16 en Anexo Fotográfico)*

Por otro lado, se ha realizado la selección de los materiales agregados finos y gruesos en la cantera de Pátapo en Chiclayo. Esta cantera está ubicada en el Cauce del Río Loco La Victoria, el cual es afluente del Río Chancay, ubicado en el distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. Localizado aproximadamente a 31 km de la provincia de Chiclayo. El agregado fue trasladado al laboratorio de materiales y se procedió a realizar los ensayos respectivos para verificar su comportamiento dentro del proceso de mezcla de concreto. *(Ver la Figura 76 y 18 en Anexo Fotográfico)*

El cemento seleccionado para esta investigación fue el cemento portland tipo MS (MH), Cemento Fortimax Pacasmayo, debido a las características de este tipo de cementos ideal para materiales con presencia de sulfatos.

2. ENSAYOS PARA AGREGADOS:

Se realizaron primeramente los ensayos de los agregados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Señor de Sipán de Chiclayo, realizando los ensayos de granulometría, peso unitario, contenido de humedad, peso específico, con la finalidad de obtener los resultados para el diseño de mezcla por la normativa estándar (ASTM).

- Prueba de granulometría (ASTM C-33/C33M-13)

Ensayo que consiste en hacer pasar los agregados a través de una columna de tamices de diferentes luces de malla, siendo importante que los tamices cumplan con las normas internacionales (ISO, UNE, ASTM, etc.) y no estén deteriorados.

PROCEDIMIENTO:

Los tamices se colocan apilados en forma de columna de mayor a menor apertura de malla, colocando en la base una bandeja para los agregados más finos. El proceso dura de 5 a 10 minutos, dependiendo del tamaño de los agregados. Una vez terminado el proceso de tamizado, se pesan los agregados retenidos en los tamices, tal que la suma de las partes coincida con el peso inicial. Se calcula los porcentajes respecto a los pesos obtenidos en cada uno de los tamices y el fondo, determinado su curva granulométrica.

- Ensayo de peso Específico y absorción de agregado grueso y agregado fino (ASTM C-127 y ASTM C-128).

Este ensayo consiste en determinar el peso de una muestra en condiciones seca y saturada superficialmente seca.

PROCEDIMIENTO:

Para el agregado grueso, se determina su volumen entre los pesos a la intemperie y sumergido en agua. Una vez conocido el peso y el volumen se calcula los pesos específicos y la absorción de agua en función de los valores obtenidos para las diferentes condiciones.

Para el peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino, el procedimiento consiste en determinar el peso de una muestra de ensayo en las condiciones seca y saturada superficialmente seca.

Posteriormente, se determina su volumen como el peso del agua desplazada por el agregado sumergido en un matraz aforado. Conocidos sus pesos y el volumen se calcula los pesos específicos y la absorción de agua en función de los valores obtenidos.

- Ensayo de Contenido de Humedad del agregado (ASTM C-566)

Este ensayo consiste en someter a una muestra de agregado, a un proceso de secado y comparar su masa antes y después del mismo para determinar así, su porcentaje de humedad total.

PROCEDIMIENTO:

Para el procedimiento se debe comenzar con la extracción y preparación de la muestra, esta debe ser seleccionada de forma aleatoria dentro de nuestros agregados. Una vez escogida la muestra, se calcula la masa con aproximación e 0.1 %, evitando la pérdida de humedad y del material mismo; después del pesaje se deposita la muestra sobre un recipiente para después someter al mismo a la una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el horno y de ésta de manera extraer la humedad del agregado. Cuando el agregado está seco, se retira del horno y se deja reposar hasta alcanzar una temperatura ambiente para finalmente calcular su masa.

- Ensayo de Peso Unitario de los agregados finos y agregados gruesos (ASTM C-29).

Peso unitario, es el peso de la unidad de volumen de material en las condiciones de compactación y humedad que se efectúan en el ensayo, y esto se expresa en kg/m^3 . Se puede realizar el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso.

PROCEDIMIENTO:

Para los pesos unitarios del agregado, debe pasarse la muestra y dividirse entre el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente unitario normalizado, por tal razón se le denomina peso volumétrico. Y este puede ser de dos tipos, y esto depende del grado de compactación, y puede ser peso unitario suelto y compactado.

Seguidamente a ello se realizó los ensayos de concreto patrón y los incorporados en la mezcla con el uso de fibra de totora al 0.1 %, 0.2 % y 0.3 %, según los métodos técnicos y normativos. Por último, se analizaron los datos obtenidos en el programa Excel, debido a que los datos obtenidos son cuantitativos, basados en la norma tanto en los ensayos de resistencia a la compresión (ASTM-C-39 / NTP 339.034), como de resistencia a la flexión (ASTM-C-496-96) / NTP 339.084.

ENSAYOS PARA EL CONCRETO:

- Resistencia a la Compresión (ASTM-C-39 / NTP 339.034)

Este ensayo se utiliza para determinar el comportamiento de un material bajo cargas de aplastamiento.

PROCEDIMIENTO:

Se introducen probetas generalmente de geometría cúbica o cilíndrica, en una máquina universal de compresión utilizando placas o accesorios especializados, obteniendo así datos sobre las cargas soportadas por dichos materiales o elementos.

En esta investigación se utilizó una prensa hidráulica. La carga máxima ejercida durante el ensayo de compresión se denomina fuerza de rotura.

- Resistencia a la flexión (ASTM-C-496-96) / NTP 339.084)

El ensayo de flexión, se utiliza cuando queremos comprobar la resistencia a la flexión de los materiales, así como otras propiedades importantes a partir de la tensión de flexión en un eje en el caso de los materiales frágiles, para el caso de materiales dúctiles, se determina el límite de fluencia, el mayor ángulo de flexión posible y el módulo de Young, en caso de una deformación elástica.

PROCEDIMIENTO:

Para ello, se utiliza una máquina de ensayos universal, colocando una muestra en dos yunques de soporte y doblándola mediante la aplicación de una fuerza en 1 o 2 yunques de carga para medir sus propiedades. Regularmente se utilizan probetas cilíndricas, así como vigas rectangulares. La carga máxima ejercida durante el ensayo de flexión se denomina fuerza de rotura.

- Ensayo para la medición del asentamiento del concreto fresco con el cono de Abrams.

PROCEDIMIENTO:

Este ensayo consiste en llenar un molde metálico cilíndrico de dimensiones normalizadas, llamado cono de Abrams; en tres capas de concreto, al cual se le da 25 golpes con una varilla – pisón, a esto se le complementa dando golpes laterales con la varilla, para luego retirar el molde y medir el asentamiento que obtiene la masa de concreto colocada.

Sabiendo por normativa que:

-De 0 a 5 cm, consistencia seca

-De 5 a 10 cm, consistencia plástica

-De 10 a 22 cm, consistencia fluida o líquida

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Prensa hidráulica.
- Piscina de curado.
- Tamices, tubos de ensayo, bandejas
- Horno digital
- Mezcladora
- Máquina de peso específico de agregado grueso.
- Cono de Abrams
- Varilla de compactación y mazo de jebe.

El flujograma del procedimiento esta descrito en la tabla 2, a continuación.

Tabla 2

Flujograma de Procedimiento en Laboratorio



Nota: En este mapa observamos el procedimiento en el laboratorio utilizado para la elaboración de concreto utilizando fibras de totora.

ANÁLISIS DE DATOS:

La Estadística Descriptiva (Réndon-Macías, et al, 2016), es una rama de la estadística que establece recomendaciones orientadas al resumen a través de cuadros, figuras, gráficos o tablas, exponiendo la información de manera sencilla y clara. Debiéndose analizar dicha información en base a los objetivos de la investigación debiendo identificar las diferentes escalas de medición de las variables registradas.

Esta información graficada estuvo orientada a mostrar tendencias, así como para ejemplificar conceptos y reforzar los hechos identificados en base a los objetivos determinados.

En esta investigación las técnicas de análisis de datos se realizaron en función de una estadística descriptiva, debido a que todos los ensayos realizados se concluyeron con tablas de datos y con gráficos de tipo estadístico.

La validez y confiabilidad de los instrumentos, se realizaron en base a la norma evaluada y avalada por un especialista en la materia, dando conformidad a la investigación. La confiabilidad se basó en los ensayos del Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán de Chiclayo, debidamente autorizado, con certificados de calibración de los equipos y revisado por un Ing. Civil especialista del laboratorio, debidamente firmadas y con el respectivo análisis estadístico de los resultados.

Toda la información que ha sido recopilada y consultada en la presente investigación fue citada y considerada en cada uno de sus autores, siendo usada la información solamente para fines académicos en base al método científico, incorporando todos los valores necesarios que el investigador debió utilizar. Los resultados que se presentan no han sido alterados, son reales, veraces y confiables.

Análisis Estadístico:

Datos para el análisis de ANOVA para el ensayo de resistencia a la compresión

% Fibra de totora	Repetición	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			
		7 días	14 días	21 días	28 días
0	1	135	188	222	230
	2	137	196	217	230
	3	136	195	216	230
0.20%	1	181	233	252	263
	2	185	234	252	262
	3	185	236	256	266
0.10%	1	196	243	261	269
	2	200	247	261	270
	3	208	250	262	267
0.30%	1	160	204	228	240
	2	136	209	228	239
	3	147	207	228	239

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	4	0.006	0.0015	1.6667E-06
Columna 2	12	24	2	0.72727273
Columna 3	12	2006	167.166667	795.424242
Columna 4	12	2642	220.166667	504.515152
Columna 5	12	2883	240.25	342.75
Columna 6	12	3005	250.416667	287.174242

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	619805.52	5	123961.104	338.555978	1.4518E-41	2.37377952
Dentro de los grupos	21236.50001	58	366.146552			
Total	641042.02	63				

Debido a que F es mayor que el Valor Crítico para F se concluye que el porcentaje de fibra de totora influye considerablemente en la resistencia a la compresión.

Datos para el análisis de ANOVA para el ensayo de resistencia a la flexión

% Fibra de totora	Repetición	Resistencia a la flexión (Kg/cm ²)			
		7 días	14 días	21 días	28 días
0	1	36.3	40.1	39.4	43.7
	2	32.9	32	41	45.8
	3	34.7	37.9	40.6	41.6
0.20%	1	39	43.6	49.1	55.9
	2	36.2	44.5	44.7	51.8
	3	38.1	40.4	46.6	48.9
0.10%	1	37.3	40.6	44.2	46.6
	2	36	40.2	43.8	47.4
	3	37	39.8	44.7	45.5
0.30%	1	44.7	42	44.4	49.7
	2	36.7	42.9	44.1	51.9
	3	32.3	41.2	47.2	44.5

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	4	0.006	0.0015	1.6667E-06
Columna 2	12	24	2	0.72727273
Columna 3	12	441.2	36.7666667	10.0315152
Columna 4	12	485.2	40.4333333	10.3478788
Columna 5	12	529.8	44.15	7.79
Columna 6	12	573.3	47.775	16.3875

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	20778.9265	5	4155.7853	483.884851	6.2503E-46	2.37377952
Dentro de los grupos	498.125838	58	8.58837652			
Total	21277.0523	63				

Debido a que F es mayor que el Valor Crítico para F se concluye que el porcentaje de fibra de totora influye considerablemente en la resistencia a la flexión.

ASPECTOS ÉTICOS

Toda la información que ha sido recopilada y consultada en la presente investigación se encuentra citada y considerada en cada uno de sus autores, siendo usada la información solamente para fines académicos en base al método científico, incorporando todos los valores necesarios que el investigador debe utilizar. Los resultados que se presentan no han sido alterados, son reales, veraces y confiables.

Todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de materiales de la Universidad Señor de Sipán de Chiclayo, bajo la supervisión del Coordinador del laboratorio y un Ingeniero Civil docente responsable de la Escuela Profesional. El procesamiento de datos y los datos obtenidos han sido supervisados por el ingeniero asesor. Asimismo, la discusión, conclusiones y recomendaciones se realizaron en función de los resultados obtenidos en concordancia con los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En concordancia con el objetivo general de la presente investigación, se puede afirmar que los resultados de la presente investigación proporcionaron hallazgos de mejora en el concreto al haber utilizado fibra de totora en reemplazo de parte del agregado para dicha mezcla, evidenciándose una mejora de hasta un 28% para los esfuerzos de compresión y un 30% para los esfuerzos de flexión, respecto a los f'_c y M_r de diseño patrón, siendo estas dos propiedades mecánicas las más importantes para determinar la eficiencia de los pavimentos rígidos.

RESULTADOS PRELIMINARES

Preliminarmente a los resultados definidos por los objetivos específicos, se presentan los resultados referidos al diseño del concreto de un pavimento rígido, para lo cual se efectuaron ensayos de los componentes conformantes de dicha mezcla. Estos resultados se presentan a continuación por tipo de ensayo.

ENSAYOS DE AGREGADOS

Para los resultados de los agregados se desarrollaron ensayos cumpliendo las normas para el diseño por el método ACI 211.

Granulometría del agregado grueso: se realizó el ensayo de acuerdo a la NTP 400.012 y ASTM C-33. Mediante la curva granulométrica se representa gráficamente el porcentaje del material retenido por cada tamiz, determinando el tamaño máximo nominal.

Tabla 3

Resultados de Granulometría Agregado Grueso

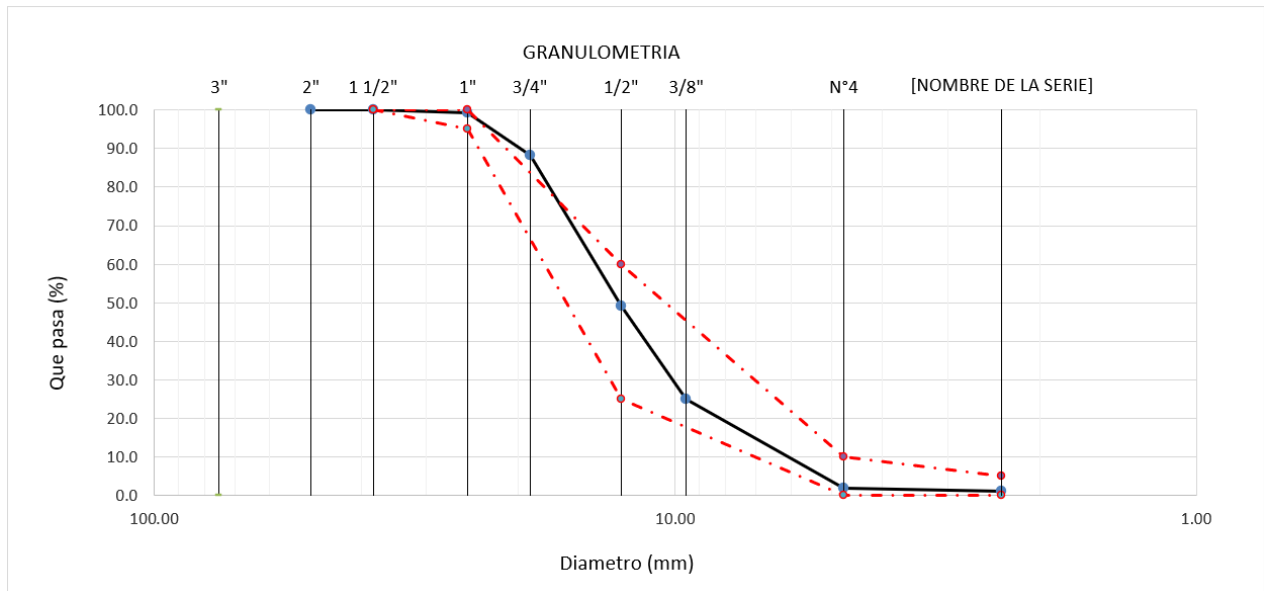
Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados	Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75.00	0.0	0.0		100.0
2"	50.00	0.0	0.0		100.0
1 1/2"	38.00	0.0	0.0		100.0
1"	25.00	0.6	0.6		99.4
3/4"	19.00	11.1	11.7		88.3
1/2"	12.70	39.1	50.8		49.2
3/8"	9.52	24.3	75.1		24.9
N°4	4.75	23.0	98.1		1.9

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
------------------------------	-------------

En esta tabla se presenta los resultados del análisis de Granulometría al agregado grueso.

Figura 1

Curva Granulometría Agregado Grueso



Nota: Esta figura presenta la curva granulométrica del agregado grueso.

En la tabla 3 y la figura 1 se observó que el agregado grueso está dentro de los límites especificados de la curva granulométrica normada.

La Granulometría del agregado fino: el ensayo se desarrolló de acuerdo a la NTP 400.012 y ASTM C-33, se analizó de acuerdo a la NTP 400.037, realizando la curva granulométrica para realizar la representación gráfica del porcentaje y peso de material retenido por cada tamiz, donde se determinó el módulo de fineza de 1.52, dentro de los límites especificados en la norma.

Tabla 4

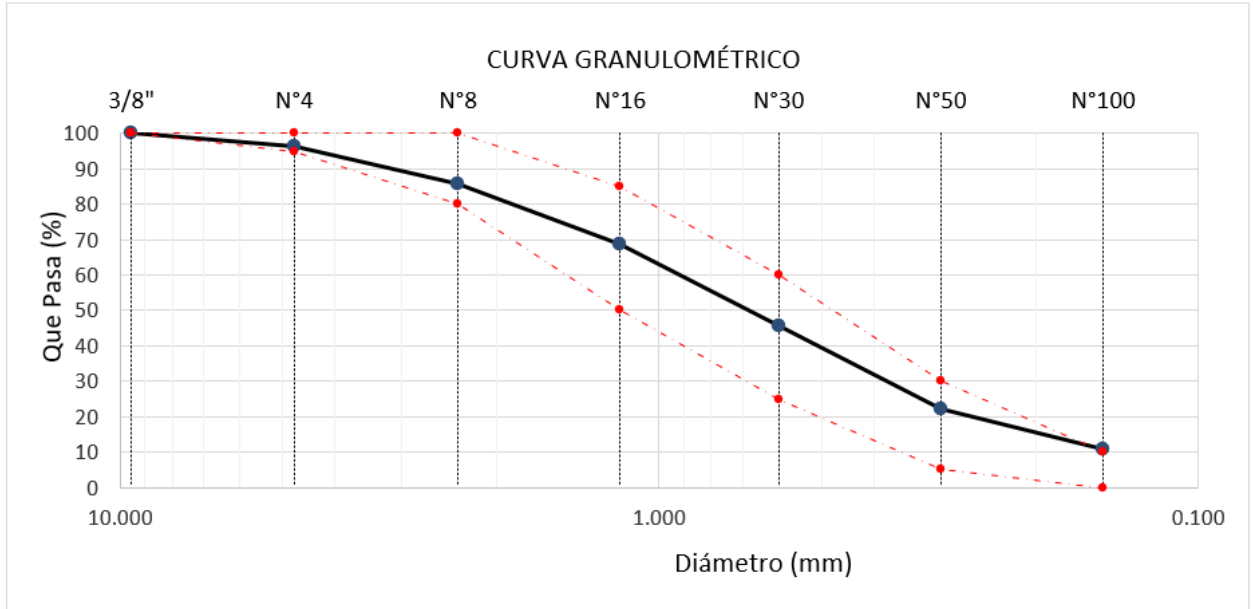
Resultados de Granulometría Agregado fino

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa	LÍMITES PARA AGREGADO FINO
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado	
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 004	4.750	3.6	3.6	96.4	95 - 100
Nº 008	2.360	10.7	14.3	85.7	80 - 100
Nº 016	1.180	17.0	31.3	68.8	50 - 85
Nº 030	0.600	23.2	54.5	45.5	25 - 60
Nº 050	0.300	23.2	77.7	22.3	5 - 30
Nº 100	0.150	11.6	89.3	10.7	0 - 10
MÓDULO DE FINEZA					2.71

En esta tabla se presenta los resultados de granulometría del agregado fino.

Figura 2

Curva Granulometría Agregado fino



Nota: Esta figura presenta la curva granulométrica del agregado fino.

En la tabla 4 y figura 2 se observó que el agregado fino está dentro de los límites especificados de la curva granulométrica normada.

Ensayo de peso específico y absorción de agua de Agregado Grueso: se realizó de acuerdo al MTC E-206 y NTP 400.021. Los resultados del peso específico es 2.739 gr/cm³ y Absorción de 1.5 %.

Tabla 5

Resultado de los datos del agregado grueso

I. DATOS Muestra: Piedra Chancada 1/2" - SIKAN

Peso de la muestra secada al horno	g	2777.0
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	2820.0
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	2729.0
Peso de la canastilla	g	923.0
Peso de la muestra saturada dentro del agua	g	1806.0

II.- RESULTADOS

Peso específico de masa	g/cm ³	2.739
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/cm ³	2.781
Peso específico aparente	g/cm ³	2.860
Porcentaje de absorción	%	1.5

En esta tabla se presenta los datos del peso específico del agregado grueso.

Tabla 6

Cuadro resumen de resultados peso específico AG.

Peso específico de masa	g/cm ³	2.739
Porcentaje de absorción	%	1.5

En la tabla anterior se presenta los pesos específicos y la absorción del agregado grueso.

El ensayo del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino se realizaron según la norma NTP 400.02251 y el MTC E-205 cuyos resultados es de 2.610 g/cm³ y Absorción 0.70 %.

Tabla 7

Resultado de los datos de peso específico agregado fino.

I. DATOS

Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco + peso del agua	g	983.5	983.5
Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco	g	673.7	673.7
Peso del agua	g	309.8	309.8
Peso de la arena secada al horno + peso del frasco	g	672.7	672.7
Peso del frasco	g	176.2	176.2
Peso de la arena secada al horno	g	496.5	496.5
Volumen del frasco	cm ³	500.0	500.0

II.- RESULTADOS

Peso específico de masa	g/cm ³	2.610	2.610
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/cm ³	2.629	2.629
Peso específico aparente	g/cm ³	2.659	2.659
Porcentaje de absorción	%	0.7	0.7

En esta tabla se presenta los datos del peso específico del agregado fino

Tabla 8

Cuadro resumen de resultados Peso Específico y Absorción AF

Peso específico de masa	g/cm ³	2.610
Peso específico de masa (SSS)	g/cm ³	2.629
Peso específico aparente	g/cm ³	2.659
Porcentaje de absorción	%	0.7

En esta tabla se presenta los pesos específicos y la absorción del agregado fino.

El Peso Unitario y Contenido de humedad de los agregados: en esta etapa se colocó el material al horno por un tiempo de 24 horas a una temperatura de 110°C con la finalidad de eliminar la cantidad de agua, luego se pesa el material seco, donde el contenido de humedad para el agregado grueso de 0.4 % y para el agregado fino que es 0.82 %.

Tabla 9

Cuadro resumen de los datos del contenido de humedad del agregado grueso

**1.- PESO UNITARIO
SUELTO**

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	g	31075.00	30670.00
Peso del recipiente	g	11075.00	11075.00
Peso de muestra (01-02)	g	20000.00	19595.00
Constante o Volumen	cm ³	0.01374	0.01374
Peso unitario suelto húmedo 03/04	gr/cm ³	1455.60	1426.13
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	gr/cm ³	1441	
Peso unitario suelto seco (Promedio)	gr/cm ³	1435	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1435.500

Peso de la muestra suelta + recipiente	g	31385.00	30783.00
Peso del recipiente	g	11075.00	11075.00
Peso de muestra	g	20310.00	19708.00
Constante o Volumen	cm ³	0.01374	0.01374
Peso unitario suelto húmedo	g/cm ³	1478.17	1434
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	g/cm ³	1456	
Peso unitario seco compactado (Promedio)	g/cm ³	1451	

Peso de muestra húmeda	g	8055	8055
Peso de muestra seca	g	8025.00	8025.00
Peso de recipiente	g	615.00	615
Contenido de humedad	%	0.37	0.37
Contenido de humedad (promedio)	%	0.4	

En esta tabla se presenta los datos más resaltantes de los estudios del contenido de humedad del agregado grueso

Tabla 10

Cuadro resumen de los datos del contenido de humedad del agregado fino

1.- PESO UNITARIO SUELTO

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	g	9950.00	9590.00
Peso del recipiente	g	5285.00	5285.00
Peso de muestra (01-02)	g	4665.00	4305.00
Constante o Volumen	cm ³	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto húmedo 03/04	g/cm ³	1648.41	1521.20
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	g/cm ³	1585	
Peso unitario suelto seco (Promedio)	g/cm ³	1572	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1571.956

Peso de la muestra suelta + recipiente	g	9815.00	9860
Peso del recipiente	g	5285.00	5285.00
Peso de muestra	g	4530.00	4575.00
Constante o Volumen	cm ³	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto húmedo	g/cm ³	1600.71	1616.61
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	g/cm ³	1609	
Peso unitario seco compactado (Promedio)	g/cm ³	1596	

Peso de muestra húmeda	g	2405.00	2405.00
Peso de muestra seca	g	2390.00	2390.00
Peso de recipiente	g	555.00	555
Contenido de humedad	%	0.82	0.82
Contenido de humedad (promedio)	%	0.82	

En esta tabla se presenta los datos más resaltantes de los estudios del contenido de humedad del agregado fino

Ver la Figura 18, 19, 20, 21, 22 y 23 en Anexo Fotográfico

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

El diseño de la mezcla de concreto se desarrolló bajo el método ACI 211., siendo el más adecuado, debido a que cumple con las proporciones de agregados adecuadas necesarias en la mezcla para obtener resultados óptimos en nuestro diseño. Se presenta a continuación los resultados realizados previamente para proponer el diseño de mezcla orientado a un pavimento rígido.

Tabla 11

Cuadro de datos generales de mezcla según ACI

Diseño Teórico (ACI)	
F'c	210 kg/cm ²
Slump	3" - 4"
Tipo de Cemento	MS
DEN	3.15 g/cm ³

En esta tabla se presenta los datos generales para un diseño teórico de mezcla con el F'c a utilizar, el Slump el tipo de cemento y la densidad.

Tabla 12

Cuadro de resultados

Resultados de ensayo	A. Fino	A. Grueso
Granulometría T.M.N.		3/4
Granulometría M. F	2.71	
P.U.S. s	1571.7 kg/m ³	1430.5 kg/m ³
P.U.C. s	1599.2 kg/m ³	1450.2 kg/m ³
% Humedad	0.82 %	0.40 %
% Absorción	0.70 %	1.55 %
P.E. Masa	2.61 g/cm ³	2.74 g/cm ³

En esta tabla se presenta los resultados del ensayo de granulometría, Pesos Unitarios, Humedad, Absorción y Peso Específico de masa de los agregados fino y grueso.

Para realizar el cálculo del diseño patrón se tomó en cuenta una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/m}^3$, eligiendo un asentamiento de 3" a 4", que corresponde a una consistencia plástica.

Siguiendo el método de la combinación de los agregados se muestran los siguientes cálculos

Paso 1	F'cr
$F'cr = F'c + Fs$ $F'cr = 210 + 85$ $F'cr = 295 \text{ kg / cm}^2$	
Paso 2	R A/C
300	0.55
295	X = 0.557
250	0.62
Paso 3	Volumen Agua x M3
Slump	3" - 4"
T.M. N 3/4	205 L/m ³
Paso 4	Cantidad Cemento
R A/C =	A C
R A/C =	368 kg/m ³
Paso 5	Aire Atrapado
Aire Atrapado =	2.00 %

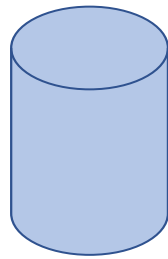
Paso 6		Volumen A. Grueso
M.F	T.M. N	
	2.8	0.62
	2.71 X = 0.63	
	2.6	0.64
P.U.C.s =	Masa / Vol. M	
Masa =	P.U.C.s * Vol. M	
Masa =	913.6 kg	

Paso 7		Volumen Absoluto - Cantidad A. Fino
Cemento	368 kg/m ³ / 3150 kg/cm ³	0.117 m ³
Agua	205 L/m ³ / 1000 L/m ³	0.205 m ³
Aire	2% / 100%	0.020 m ³
A. Grueso	913.6 kg/m ³ / 2340 kg/m ³	0.333 m ³
		= 0.675 m ³
V. AB. A. Fino	1 - 0.675	
V. AB. A. Fino	0.325 m ³	
A. Fino =	0.325 m ³ x 2610 kg/m ³	
A. Fino =	848.3 kg	

Paso 8		Cor. x Humedad
A. Grueso =	913.6 * (1 + 0.4/100) =	917.3 kg
	848.3 * (1 + 0.82/100)	
A. Fino =	=	855.3 kg

Paso 9	Agua Efectiva	
A. Grueso =	$913.6 * (0.40 - 1.55/100) =$	-10.5
A. Fino =	$848.3 * (0.82 - 0.70/100) =$	1.02
		= -9.48
Agua Efectiva =	(A. Diseño)- (A.A.A.)	
Agua Efectiva =	(205) - (-9.48)	
Agua Efectiva =	214.48 L/m ³	

El volumen de las probetas utilizadas son las siguientes



$$H = 0.30 \text{ m}$$

$$D = 0.15 \text{ m}$$

$$V = ((0.15)^2 * \pi/4) * 0.30$$

$$V = 0.00529 \text{ m}^3$$

Multiplicamos por nuestro número de probetas a usar

$$V = 0.00529 * 45$$

$$V = 0.238 \text{ m}^3$$

El volumen de las vigas utilizadas equivale a 2.5 probetas cilíndricas.

El volumen de la mezcla utilizado para la flexión equivale a 30 probetas cilíndricas adicionan las 12 probetas de compresión, con un promedio de 3 probetas de desperdicio resulta un total de 45 probetas por diseño de mezcla. A continuación, el cuadro resumen de todos los pesos utilizados en la mezcla patrón.

Tabla 13

Cuadro Resumen de diseño de mezcla

RESUMEN		
Cemento =	$368 * 0.238 =$	87.6 kg
Agua =	$214.5 * 0.238 =$	51.1 L
A. Fino =	$855.3 * 0.238 =$	203.6 kg
A. Grueso =	$917.3 * 0.238 =$	218.3 kg
		$= 2355.1 \text{ kg}$

En esta tabla se presenta el cuadro resumen del diseño de la mezcla, definiendo las proporciones de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.

El cálculo del diseño de mezcla final se describe a continuación, presentando al final el diseño de mezcla de concreto para un pavimento rígido.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo MS - Mochica
2.- Peso específico : 3150 kg/m^3

ADITIVO

- : Plastificante - Sikament
1.- Tipo de Aditivo 290N
2.- Peso específico : 1522 kg/m^3

AGREGADOS:

Agregado fino:

: Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

- 1.- Peso específico de masa 2.610 g/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.629 g/cm^3
3.- Peso unitario
suelto 1572 kg/m^3
4.- Peso unitario compactado 1596 kg/m^3
5.- % de absorción 0.7%
6.- Contenido de humedad 0.8%
7.- Módulo de fineza 2.71 adimensional

Agregado grueso:

: Piedra Chancada - Sican.

- 1.- Peso específico de masa 2.739 g/cm^3
2.- Peso específico de masa
S.S.S. 2.781 g/cm^3
3.- Peso unitario
suelto 1435 kg/m^3
4.- Peso unitario compactado 1450 kg/m^3
5.- % de absorción 1.5%
6.- Contenido de humedad 0.4%
7.- Tamaño máximo $1''$ Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal $3/4''$ Pulg.

Granulometría:

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.6	96.4
Nº 08	10.7	85.7
Nº 16	17.0	68.8
Nº 30	23.2	45.5
Nº 50	23.2	22.3
Nº 100	11.6	10.7
Fondo	10.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.6	99.4
3/4"	11.1	88.3
1/2"	39.1	49.2
3/8"	24.3	24.8
Nº 04	23.0	1.9
Fondo	1.9	0.0

Resultados del diseño de mezcla:

- Asentamiento obtenido : 4 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco : 2354 kg/m^3
Resistencia promedio a los 7 días : 136 kg/cm^2
Porcentaje promedio a los 7 días : 65%
Factor cemento por M3 de concreto : 8.6 bolsas/m^3
Relación agua cemento de diseño : 0.584

Cantidad de materiales por metro cúbico:

Cemento	367	kg/m ³	: Tipo MS - Mochica
Agua	214	L	: Potable de la zona.
Agregado fino	856	kg/m ³	: Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo
Agregado grueso	917	kg/m ³	: Piedra Chancada - Sican.

Siendo el diseño de mezcla:

Proporción en peso:	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.33	2.50	24.8	L/pie ³
Proporción en volumen:					
	1.0	2.23	2.62	24.8	L/pie ³

RESULTADOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como primer objetivo específico de esta investigación se determinó el porcentaje óptimo de fibra de totora adicionado al concreto diseñado. Los porcentajes de adición de fibra de totora considerados para dicha evaluación fueron: 0.10 %, 0.20 % y 0.30 % de volumen de fibra de totora respecto al peso del cemento; y reemplazando dicho porcentaje en el Agregado fino. A continuación, en la tabla 16 se presenta el resumen de los pesos utilizados por cada ensayo realizado.

Tabla 14

Cuadro resumen de pesos utilizados en los ensayos.

Materiales	Patrón	0.10%	0.20%	0.30%
Cemento	87.6	87.6	87.6	87.6
A. Fino	203.6	203.396	203.193	202.989
A. Grueso	218.3	218.3	218.3	218.3
Agua	51.1	51.1	51.1	51.1
Fibra de Totorá	0	0.085	0.17	0.255

En esta tabla se presentan los pesos utilizados en todos los ensayos de cada componente de la mezcla de acuerdo a la mezcla patrón y las mezclas adicionando fibra de totora en 0.10 %, 0.20 % y 0.30 %.

ENSAYOS DE ASENTAMIENTO:

Para este objetivo se realizó primeramente el ensayo de asentamiento de la mezcla o método Slump con la utilización del cono de Abrams, lo cual permite conocer el nivel de trabajabilidad del concreto. Según la norma se puede reconocer el nivel de trabajabilidad de los concretos según el dimensionamiento del asentamiento o Slump. Según cuadro adjunto, un Slump de 3 a 4 pulgadas define un estado trabajable del concreto.

Tabla 15

Clasificación de asentamiento

CARACTERÍSTICAS	SLUMP	TRABAJABILIDAD
Seca	(0" - 2") (0 - 5) cm	Poco Trabajable
Plástica	(3" - 4") (7,5 - 10) cm	Trabajable
Fluida	(≥ 5") (≥ 12,5) cm	Muy Trabajable

Fuente: Norma ACI

En esta tabla se presenta la clasificación normativa de los asentamientos de cada mezcla.

Aplicando las mezclas con distintos porcentajes de adición de fibra de totora se muestran los siguientes resultados:

Tabla 16

Cuadro de Resultados de Asentamiento

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño F'c	Fecha de vaciado	Asentamiento		
				Diseño(pulg)	Obtenido(pulg)	Obtenido(cm)
DM-01	DISEÑO PATRON	210	17/10/2022	4	3 8/9	9.56
DM-02	MEZCLA 01 - (0.2% DE FIBRA DE TOTORA)	210	19/10/2022	4	2 8/9	7.11
DM-03	MEZCLA 02 - (0.1% DE FIBRA DE TOTORA)	210	25/10/2022	4	3 1/9	7.60
DM-04	MEZCLA 03 - (0.3% DE FIBRA DE TOTORA)	210	25/10/2022	4	2 1/2	6.13

En esta tabla se presentan los resultados del asentamiento obtenidos en las distintas mezclas.

Ver la Figura 24 y 25 en Anexo Fotográfico

Asimismo, según este mismo objetivo específico, para determinar el porcentaje óptimo de fibra de totora en la mezcla de concreto se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión, según los diferentes porcentajes de adición de fibra de totora utilizados, los cuales se presentan los resultados a continuación.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Para los ensayos de esfuerzo a la compresión sometidos a las probetas utilizadas con distinto porcentaje de adición de fibra de totora, se basaron en las normas ASTM-C-39 / NTP 339.034. Las 12 probetas realizadas para el diseño patrón, así como para las muestras que se adicionaron 0.20 %, 0.10 % y 0.30 % de volumen de fibra de totora respecto al peso del cemento, en reemplazo del agregado fino.

Se presentan los cuadros de resultados obtenidos para cada ensayo realizado.

Se presentan las tablas para cada tipo de mezcla de la resistencia a la compresión obtenida en cuatro edades o periodos de tiempo de rotura: 7, 14, 21 y 28 días.

Cabe resaltar que en las tablas presentadas se expone en las tres últimas columnas los resultados de resistencia, así como su porcentaje en función a la resistencia de diseño (210 kg/cm²), con la finalidad de visualizar la evolución de su consolidación de dicha resistencia a lo largo del tiempo o periodo de rotura.

Los primeros resultados son los obtenidos del concreto de diseño patrón, (pavimento rígido convencional), es decir sin adición de fibra de totora:

Tabla 17

Resultados de Resistencia Compresión Diseño Patrón (0.0 % de fibra de totora):

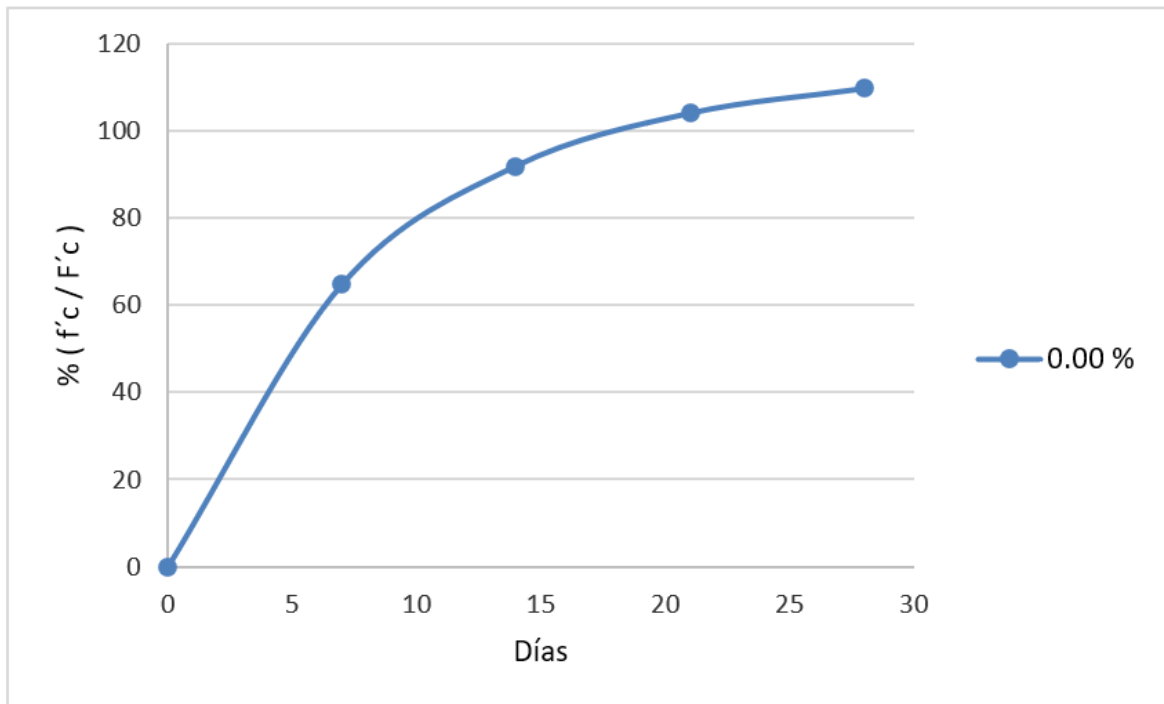
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño F'c	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Diámetro P (D) (cm)	Altura (L) (cm)	Área Cm ²	R _{LD}	Factor de corrección	Carga (Kgf)	Tipo Fractura	f'c (kg/cm2)	% f'c / F'c	% f'c / F'c PROM
01	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	15.22	15.20	15.21	36.70	182	2.41	1.00	24504	5	135	64	
02	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	15.27	15.22	15.24	34.40	183	2.26	1.00	24958	5	137	65	65
03	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	15.24	15.21	15.23	34.40	182	2.26	1.00	24800	5	136	65	
04	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	15.25	15.21	15.23	32.70	182	2.15	1.00	34199	5	188	89	
05	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	15.21	15.21	15.21	31.60	182	2.08	1.00	35657	5	196	93	92
06	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	15.21	15.23	15.22	32.60	182	2.14	1.00	35474	5	195	93	
07	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	04/05/2023	21	15.21	15.23	15.22	32.60	182	2.14	1.00	40457	5	222	106	
08	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	04/05/2023	21	15.21	15.23	15.22	32.60	182	2.14	1.00	39451	5	217	103	104
09	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	04/05/2023	21	15.13	15.31	15.22	30.25	182	1.99	1.00	39286	5	216	103	
10	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	15.32	15.27	15.30	30.70	184	2.01	1.00	42365	5	230	110	
11	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	15.31	15.28	15.30	30.70	184	2.01	1.00	42236	5	230	109	110
12	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	15.31	15.28	15.30	30.25	184	1.98	1.00	42310	5	230	110	

Nota: Esta tabla presenta los resultados del estudio a la compresión del diseño patrón, que no contenía totora.

A continuación, se presenta el gráfico de evolución de la resistencia obtenida o alcanzada de la resistencia a la compresión del diseño patrón en función de la resistencia de diseño:

Figura 1

Resistencia a la compresión del diseño patrón según $f'c$ de diseño VS tiempo.



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión dada por las probetas de la muestra PC de control que contenía 0 % de totora.

A continuación, se presenta la tabla de datos obtenida o alcanzada de resistencia a la compresión de la muestra 1 (0.2 % de fibra de totora):

Tabla 18

Resultados de Resistencia a Compresión Muestra 1 (0.2 % de fibra de totora)

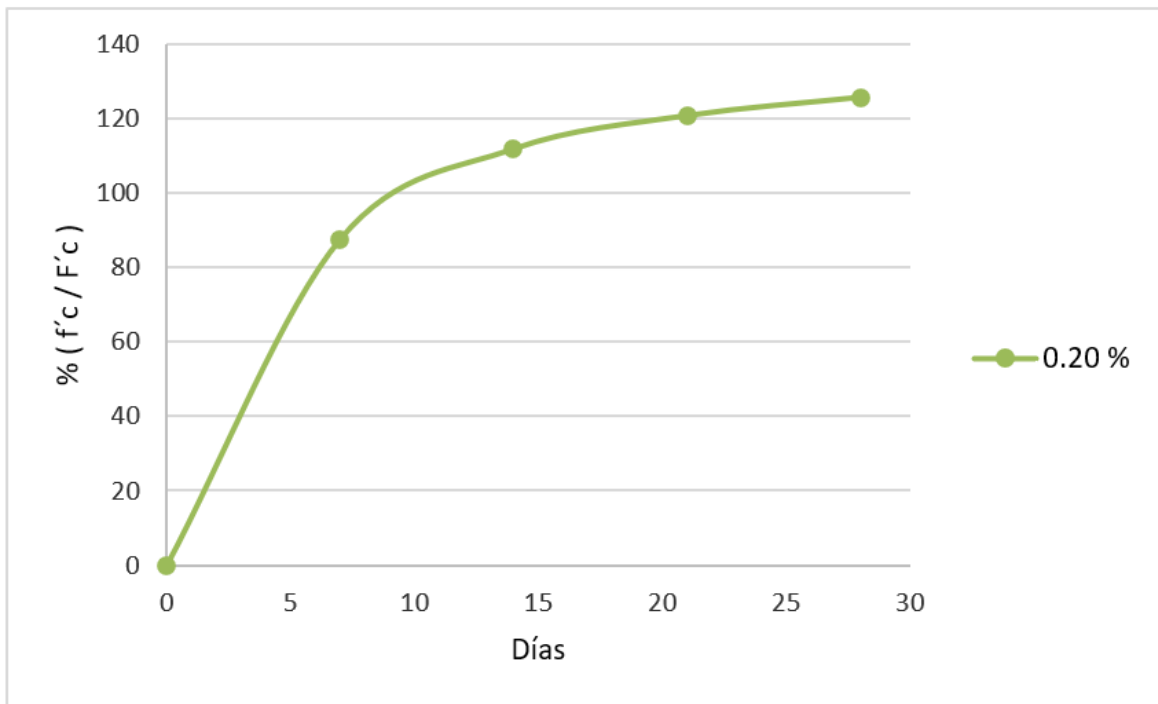
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño F'c	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Diámetro P (D) (cm)	Altura (L) (cm)	Área Cm ²	R _{L/D}	Factor de corrección	Carga (Kgf)	Tipo Fractura	f _c (kg/cm2)	% f _c / F'c	% f _c / F'c PROM
01	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	26/10/2022	7	15.27	15.26	15.27	34.85	183	2.28	1.00	33117	5	181	86	
02	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	26/10/2022	7	15.27	15.29	15.28	34.85	183	2.28	1.00	33844	5	185	88	87
03	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	26/10/2022	7	15.27	15.27	15.27	34.85	183	2.28	1.00	33950	5	185	88	
04	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	02/11/2022	14	15.27	15.41	15.34	32.70	185	2.13	1.00	43032	5	233	111	
05	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	02/11/2022	14	15.27	15.14	15.20	32.50	182	2.14	1.00	42563	5	234	112	112
06	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	02/11/2022	14	15.27	15.14	15.20	32.50	182	2.14	1.00	42850	6	236	112	
07	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	09/11/2022	21	15.30	15.23	15.26	30.70	183	2.01	1.00	46056	5	252	120	
08	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	09/11/2022	21	15.30	15.23	15.26	30.70	183	2.01	1.00	46100	5	252	120	121
09	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	09/11/2022	21	15.30	15.23	15.26	30.70	183	2.01	1.00	46849	5	256	122	
10	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	16/11/2022	28	15.30	15.19	15.25	30.40	183	1.99	1.00	48019	5	263	125	
11	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	16/11/2022	28	15.30	15.22	15.26	30.40	183	1.99	1.00	47860	5	262	125	126
12	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	19/10/2022	16/11/2022	28	15.30	15.22	15.26	30.40	183	1.99	1.00	48664	5	266	127	

Nota: Esta tabla presenta todas las resistencias obtenidas por sus edades, dada por las probetas de la muestra 1 que contenía 0.2 % de totora

A continuación, se presenta el gráfico de evolución de la resistencia a la compresión alcanzada de la muestra 1 (0.20%) en función de la resistencia de diseño a lo largo del tiempo.

Figura 2

Resistencia a la compresión alcanzada Muestra 1 según f'_c de diseño VS tiempo.



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión dada por las probetas de la muestra 1 que contenía 0.2 % de totora.

A continuación, se presenta la tabla de datos obtenida o alcanzada de resistencia a la compresión de la muestra 2 (0.1 % de fibra de totora):

Tabla 19

Resultados de Resistencia a Compresión Muestra 2 (0.1 % de fibra de totora)

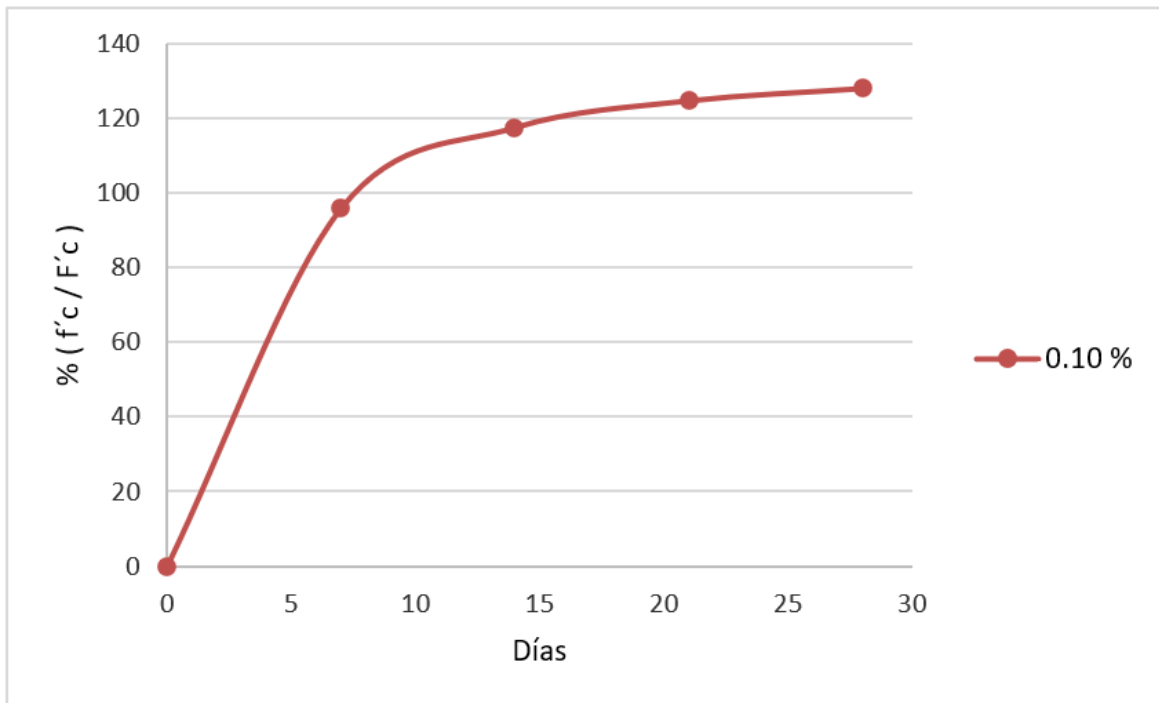
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño F'c	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Diámetro P (D) (cm)	Altura (L) (cm)	Área Cm ²	R _{LD}	Factor de corrección	Carga (Kgf)	Tipo Fractura	f'c (kg/cm2)	% f'c / F'c	% f'c / F'c PROM
01	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	01/11/2022	7	15.21	15.21	15.21	36.70	182	2.41	1.00	35622	5	196	93	
02	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	01/11/2022	7	15.26	15.21	15.23	34.40	182	2.26	1.00	36365	5	200	95	96
03	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	01/11/2022	7	15.22	15.21	15.21	35.40	182	2.33	1.00	37738	5	208	99	
04	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	08/11/2022	14	15.25	15.17	15.21	32.70	182	2.15	1.00	44187	5	243	116	
05	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	08/11/2022	14	15.19	15.17	15.18	32.50	181	2.14	1.00	44636	5	247	117	117
06	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	08/11/2022	14	15.20	15.17	15.19	33.50	181	2.21	1.00	45207	5	250	119	
07	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	15/11/2022	21	15.30	15.21	15.26	30.55	183	2.00	1.00	47775	5	261	124	
08	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	15/11/2022	21	15.30	15.21	15.26	30.55	183	2.00	1.00	47743	5	261	124	125
09	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	15/11/2022	21	15.30	15.21	15.26	30.55	183	2.00	1.00	47916	5	262	125	
10	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	22/11/2022	28	15.33	15.21	15.27	30.65	183	2.01	1.00	49175	5	269	128	
11	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	22/11/2022	28	15.33	15.21	15.27	31.65	183	2.07	1.00	49443	5	270	129	128
12	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	22/11/2022	28	15.33	15.21	15.27	32.65	183	2.14	1.00	48916	5	267	127	

Nota: Esta tabla presenta todas las resistencias obtenidas por sus edades, dada por las probetas de la muestra 2 que contenía 0.1 % de totora.

A continuación, se presenta el gráfico de evolución de la resistencia a la compresión alcanzada de la muestra 2 (0.10 %) en función de la resistencia de diseño a lo largo del tiempo.

Figura 3

Resistencia a la compresión alcanzada Muestra 2 según f'_c de diseño VS tiempo.



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la compresión dada por las probetas de la muestra 2 que contenía 0.1 % de totora.

A continuación, se presenta la tabla de datos obtenida o alcanzada de resistencia a la compresión de la muestra 3 (0.3 % de fibra de totora):

Tabla 20

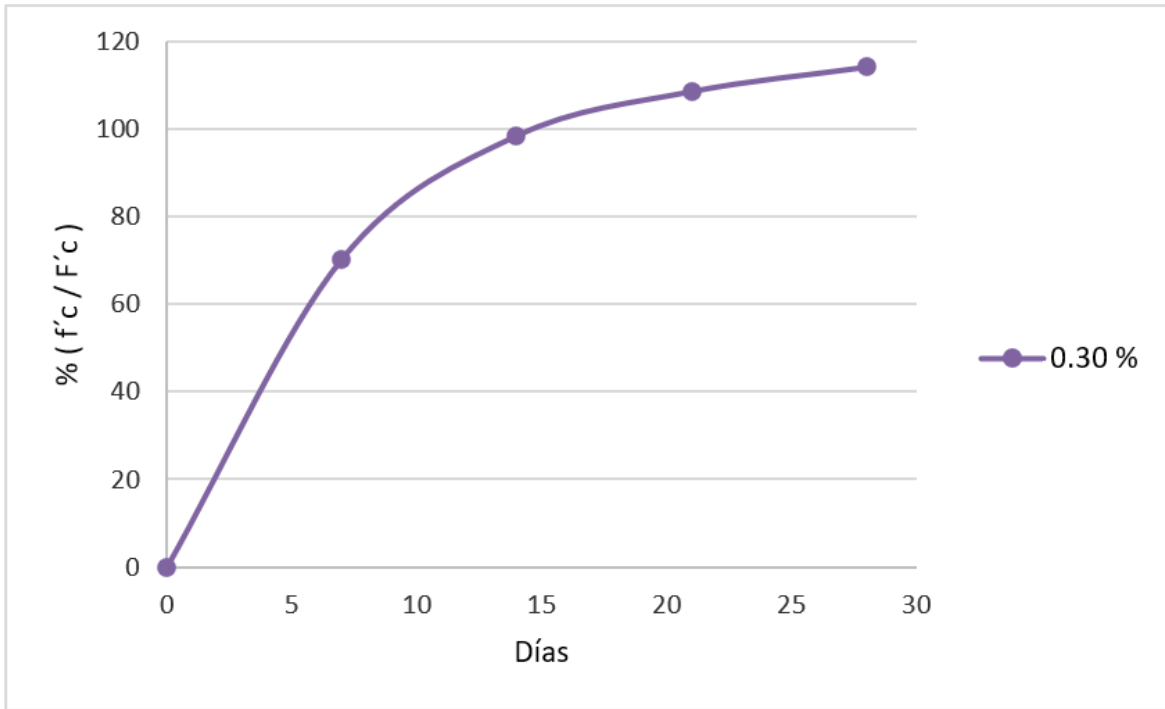
Resultados de Resistencia a Compresión Muestra 3 (0.3 % de fibra de totora)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño F'c	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Diámetro P (D) (cm)	Altura (L) (cm)	Área Cm ²	R _{LD}	Factor de corrección	Carga (Kgf)	Tipo Fractura	f'c (kg/cm2)	% f'c / F'c	% f'c / F'c PROM
01	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	01/11/2022	7	15.13	15.22	15.17	36.60	181	2.41	1.00	28856	5	160	76	
02	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	01/11/2022	7	15.24	15.24	15.24	34.40	182	2.26	1.00	24794	5	136	65	70
03	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	01/11/2022	7	15.24	15.24	15.24	34.40	182	2.26	1.00	26825	5	147	70	
04	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	08/11/2022	14	15.26	15.23	15.25	30.60	183	2.01	1.00	37321	5	204	97	
05	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	08/11/2022	14	15.21	15.21	15.21	30.50	182	2.01	1.00	37911	5	209	99	98
06	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	08/11/2022	14	15.22	15.22	15.22	30.50	182	2.00	1.00	37616	5	207	98	
07	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	15/11/2022	28	15.28	15.34	15.31	30.70	184	2.01	1.00	41894	5	228	108	
08	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	15/11/2022	28	15.28	15.34	15.31	30.70	184	2.01	1.00	41954	5	228	109	108
09	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	15/11/2022	28	15.28	15.34	15.31	30.70	184	2.01	1.00	41931	5	228	109	
10	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	22/11/2022	28	15.17	15.35	15.26	30.20	183	1.98	1.00	43917	5	240	114	
11	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	22/11/2022	28	15.24	15.34	15.29	30.20	184	1.98	1.00	43927	5	239	114	114
12	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	25/10/2022	22/11/2022	28	15.24	15.34	15.29	30.20	184	1.98	1.00	43921	5	239	114	

Nota: Esta tabla presenta todas las resistencias obtenidas por sus edades, dada por las probetas de la muestra 3 que contenía 0.3 % de fibra de totora.

Figura 4

Resistencia a la compresión alcanzada Muestra 3 según f'_c de diseño VS tiempo.



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la compresión dada por las probetas de la muestra 3 que contenía 0.3 % de totora.

Entre los resultados obtenidos, los mayores valores de esfuerzos a la compresión (f'_c) alcanzados fueron de las muestras adicionadas con fibras de totora, en comparación con la muestra que no tuvo ninguna adición. Asimismo, entre los tres tipos de las muestras adicionadas con fibras de totora, el mejor comportamiento de resistencia a la compresión, fue alcanzado por el tipo de muestra 2, con 0.1 % de fibra de totora adicionada. Con valores de f'_c que iniciaban en 196 kg/cm² en un periodo de rotura a los 7 días, hasta obtener valores cercanos a 270 kg/cm² en periodo de rotura a los 28 días de fraguado el concreto. Por tanto, el resultado más óptimo de fibra de totora adicionada es del orden del 0.1 % de volumen de fibra de totora respecto al peso del cemento en reemplazo del agregado fino para esfuerzos a la compresión.

Los resultados en porcentaje relacionando los esfuerzos de compresión alcanzados en cada muestra en función del $f'c$ de diseño (210 kg/cm²) versus el tiempo de rotura desde los 7 días hasta los 28 días, son también evidentes en la diferencia advertida numéricamente, corroborando la evolución de las muestras en un proceso de consolidación de su resistencia a la compresión a lo largo del tiempo.

Estos resultados se muestran a continuación de forma numérica con datos en promedio en porcentaje según el tiempo de rotura y de forma gráfica, visualizando la evolución de las curvas en comparación en los distintos tipos de muestras a lo largo del tiempo. En ellos se visualiza que la muestra 2, con 0.1 % de adición de fibra de totora, muestra una evolución más constante y óptima frente a los esfuerzos de compresión.

Tabla 21

Porcentaje de resistencia promedio a la compresión según muestras de Totora vs Tiempo.

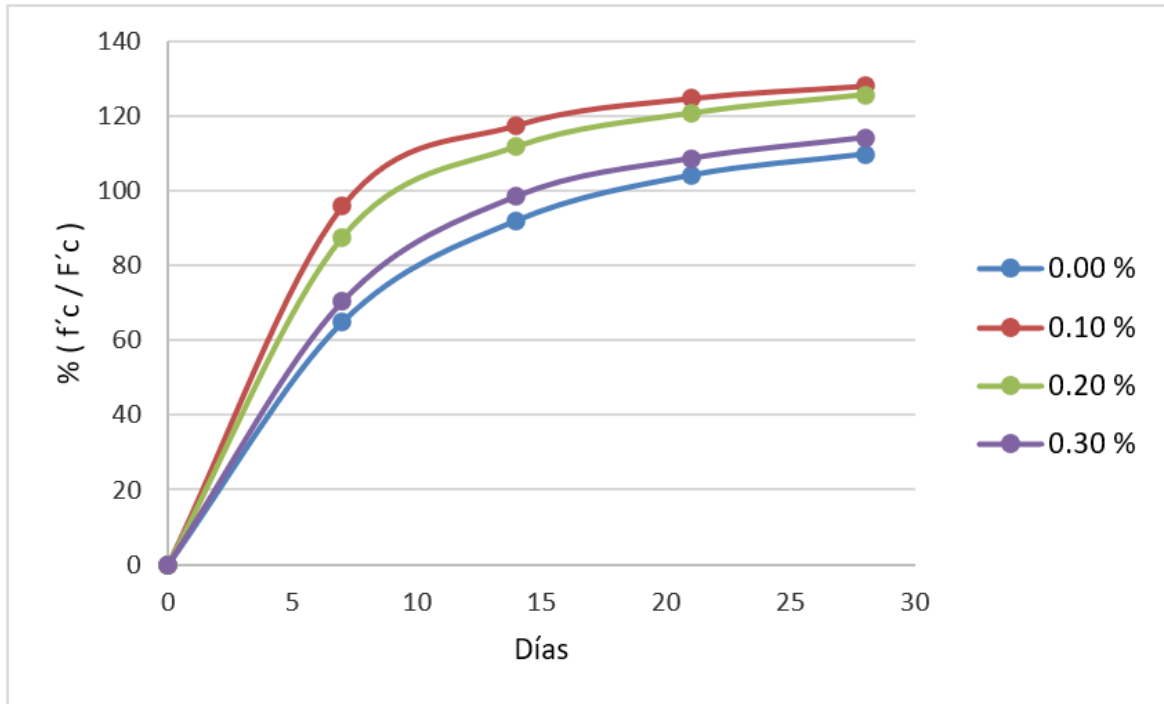
% RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESION EN FUNCION DE RESISTENCIA DE DISEÑO (% $F'c / F'C$) Según muestras de fibra de totora				
Tiempo Días	0.00 %	0.10 %	0.20 %	0.30 %
0	0	0	0	0
7	65	96	87	70
14	92	117	112	98
21	104	125	121	108
28	110	128	126	114

Nota: En esta tabla se presenta un cuadro comparativo del resultado de resistencias a la compresión de las mezclas a lo largo del tiempo de fraguado de acuerdo a la cantidad de porcentaje adicionado de fibra de totora

Figura 5

Resistencia a la compresión alcanzada según f'_c de diseño VS tiempo.

Comparación de todas las Muestras



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la compresión a forma de comparación por todas las muestras, evidenciando el mejor comportamiento en la muestra de 0.1 %.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:

Se realizaron los ensayos de resistencia a la flexión, en base a las normas (ASTM-C-496-96) / NTP 339.084.

A continuación, se presenta los cuadros de resultados obtenidos para cada ensayo realizado.

Las 12 vigas realizadas para el diseño patrón, así como para las muestras que se adicionaron 0.2 %, 0.1 % y 0.3 % de fibra de totora de volumen de fibra de totora respecto al peso del cemento en reemplazo del agregado fino.

Primero se presenta las tablas de resistencia a la flexión obtenidas en cuatro edades o periodos de tiempo de rotura: 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 22

Resultados de Resistencia a la Flexión del diseño patrón (0.0 % de fibra de totora)

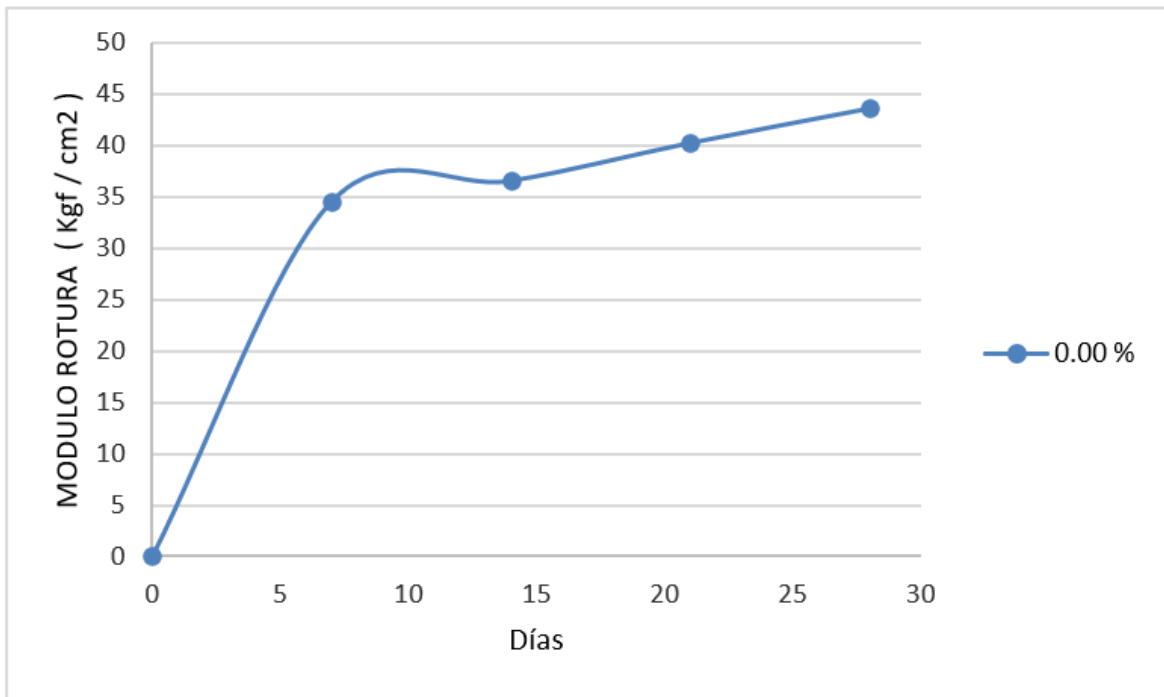
Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	P (Kgf)	P (N)	L (mm)	b1 (mm)	b2 (mm)	b (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	h (mm)	Mr (MPa)	Mr (kgf/cm2)	Mr Prom (kgf/cm2)
01	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	24/10/2022	7	2719	26664	450	153.7	153.6	150	159	159	150	3.56	36.3	
02	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	24/10/2022	7	2490	24419	450	153	153.1	150	154	154	151	3.23	32.9	34.6
03	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	24/10/2022	7	2615	25644	450	153	153.1	150	154	154	150	3.40	34.7	
04	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	31/10/2022	14	3050	29910	450	152	152	150	153	153	151	3.93	40.1	
05	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	31/10/2022	14	2398	23516	450	152	152	150	153	153	150	3.14	32.0	36.6
06	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	31/10/2022	14	2865	28096	450	152	152	150	153	153	151	3.71	37.9	
07	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	07/11/2022	21	2991	29332	450	152	152	150	153	153	151	3.86	39.4	
08	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	07/11/2022	21	3096	30361	450	152	152	150	153	153	150	4.02	41.0	40.3
09	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	07/11/2022	21	3084	30244	450	149	150.1	150	152	152	151	3.98	40.6	
10	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	14/11/2022	28	3297	32333	450	153	152.9	150	152	152	150	4.28	43.7	
11	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	14/11/2022	28	3438	33715	450	153	152.9	150	152	152	150	4.49	45.8	43.7
12	PC - f'c= 210 kg/cm2	17/10/2022	14/11/2022	28	3249	31862	450	153	152.9	153	152	152	152	4.08	41.6	

Nota: Esta tabla presenta todas las resistencias obtenidas por sus edades, dada por las probetas de la muestra PC de control que contenía 0 % de totora.

A continuación, se presenta el gráfico de evolución de la resistencia obtenida a la flexión a lo largo del tiempo en el diseño patrón (0.00 %)

Figura 6

Resistencia a la flexión VS tiempo de diseño patrón (0.00 %)



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión dada por las probetas de la muestra PC de control que contenía 0 % de totora.

A continuación, se presenta la tabla con los resultados de la muestra 1 (0.20 %) a los ensayos de flexión.

Tabla 23

Resultados de Resistencia a la Flexión Muestra 1 (0.2 % de fibra de totora)

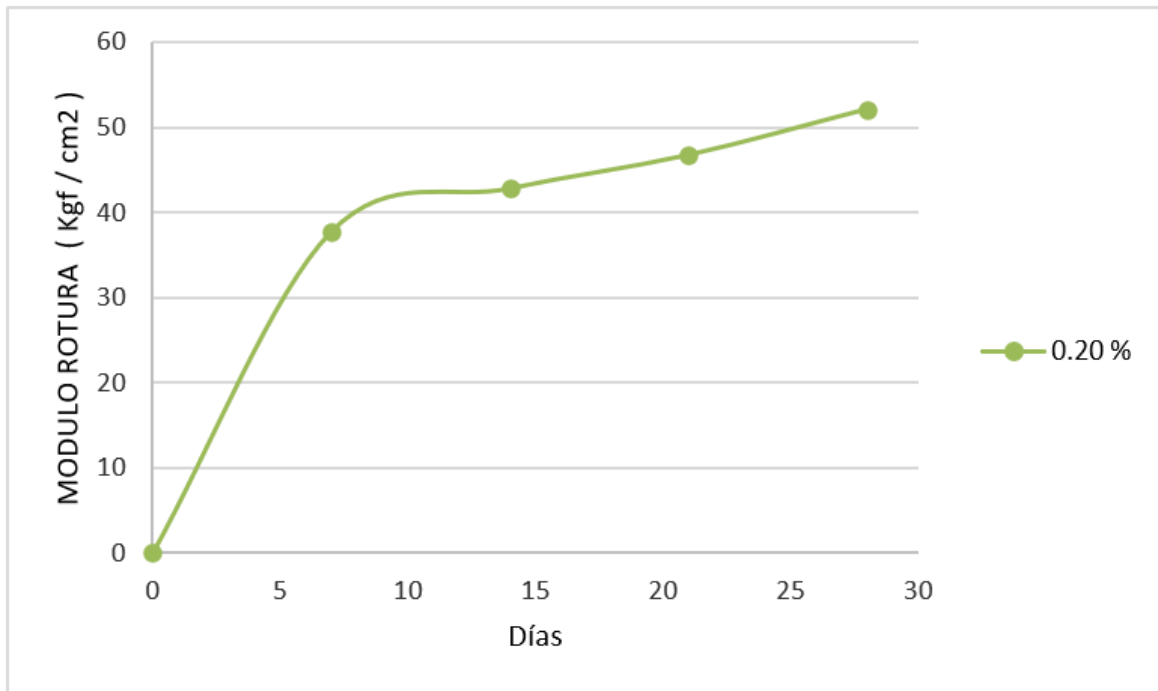
Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	P (Kgf)	P (N)	L (mm)	b1 (mm)	b2 (mm)	b (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	h (mm)	Mr (MPa)	Mr (kgf/cm ²)	Mr Prom (kgf/cm ²)
01	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	26/10/2022	7	2922	28655	450	153.5	153.4	150	153	153	150	3.82	39.0	
02	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	26/10/2022	7	2738	26851	450	152	152.1	150	151	151	151	3.55	36.2	37.8
03	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	26/10/2022	7	2874	28184	450	152	152.1	150	151	151	150	3.74	38.1	
04	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	02/11/2022	14	3316	32519	450	159	159	150	151	151	151	4.28	43.6	
05	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	02/11/2022	14	3341	32764	450	153	153	150	153	153	150	4.37	44.5	42.8
06	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	02/11/2022	14	3055	29959	450	153	153	150	153	153	151	3.96	40.4	
07	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	09/11/2022	21	3728	36559	450	153	153	150	153	153	151	4.81	49.1	
08	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	09/11/2022	21	3372	33068	450	153	153	150	153	153	150	4.38	44.7	46.8
09	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	09/11/2022	21	3536	34676	450	151	151	150	153	153	151	4.57	46.6	
10	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	16/11/2022	28	4217	41355	450	159	159	150	152	152	150	5.48	55.9	
11	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	16/11/2022	28	3887	38118	450	159	159	150	152	152	150	5.08	51.8	52.2
12	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm ²	19/10/2022	16/11/2022	28	3989	39119	450	159	159	159	152	152	152	4.79	48.9	

Nota: Esta tabla presenta todas las resistencias obtenidas por sus edades, dada por las probetas de la muestra 1 que contenía 0.2 % de totora.

A continuación, se presenta el gráfico de evolución de la resistencia obtenida a la flexión a lo largo del tiempo en la muestra 1 (0.20 %)

Figura 7

Resistencia a la flexión VS tiempo de muestra 1 (0.20 %)



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión dada por las probetas de la muestra 1 que contenía 0.2 % de totora.

A continuación, se presenta la tabla con los resultados de la muestra 2 (0.10 %) a los ensayos de flexión.

Tabla 24

Resultados de Resistencia a la Flexión Muestra 2 (0.1 % de fibra de totora)

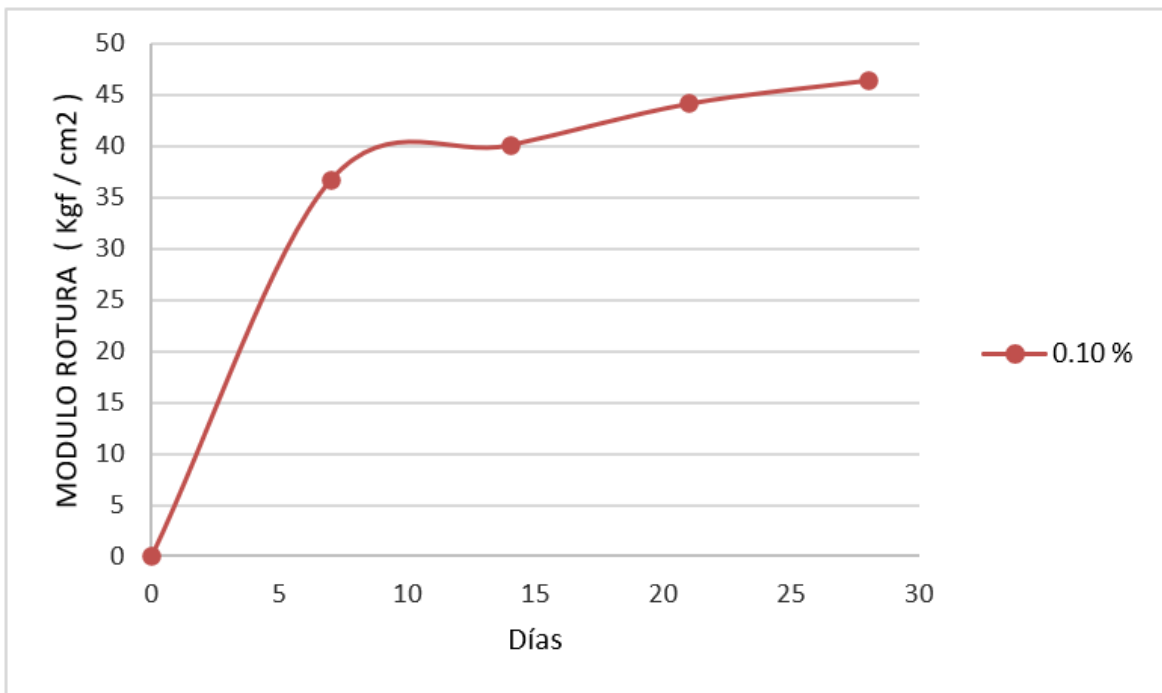
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	P (KN)	P (N)	L (mm)	b1 (mm)	b2 (mm)	b (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	h (mm)	Mr (MPa)	Mr (kgf/cm2)	Mr Prom (kgf/cm2)
01	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	01/11/2022	7	2794	27400	450	153.7	153.6	150	159	159	150	3.65	37.3	0
02	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	01/11/2022	7	2720	26674	450	153	153.1	150	154	154	151	3.53	36.0	36.7
03	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	01/11/2022	7	2793	27390	450	153	153.1	150	154	154	150	3.63	37.0	
04	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	08/11/2022	14	3084	30244	450	153	153	150	151	151	151	3.98	40.6	
05	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	08/11/2022	14	3012	29538	450	163	162	150	153	153	150	3.94	40.2	40.2
06	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	08/11/2022	14	3011	29528	450	163	162	150	153	153	151	3.90	39.8	
07	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	15/11/2022	21	3354	32892	450	153	153.1	150	151	151	151	4.33	44.2	
08	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	15/11/2022	21	3308	32440	450	153	153.1	150	151	151	150	4.30	43.8	44.2
09	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	15/11/2022	21	3355	32901	450	153	153.1	150	151	151	150	4.38	44.7	
10	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	22/11/2022	28	3515	34470	450	153	152.9	150	151	151	150	4.57	46.6	
11	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	22/11/2022	28	3561	34921	450	153	152.9	150	151	151	150	4.65	47.4	46.5
12	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	22/11/2022	28	3528	34598	450	153	152.9	153	151	151	151	4.46	45.5	

Nota: Esta tabla presenta todas las resistencias obtenidas por sus edades, dada por las probetas de la muestra 2 que contenía 0.1 % de totora.

A continuación, se presenta el gráfico de evolución de la resistencia obtenida a la flexión a lo largo del tiempo en la muestra 2 (0.10 %)

Figura 8

Resistencia a la flexión VS tiempo de muestra 2 (0.10 %)



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión dada por las probetas de la muestra 2 que contenía 0.1 % de totora.

A continuación, se presenta la tabla con los resultados de la muestra 3 (0.30 %) a los ensayos de flexión.

Tabla 25

Resultados de Resistencia a la Flexión Muestra 3 (0.3 % de fibra de totora)

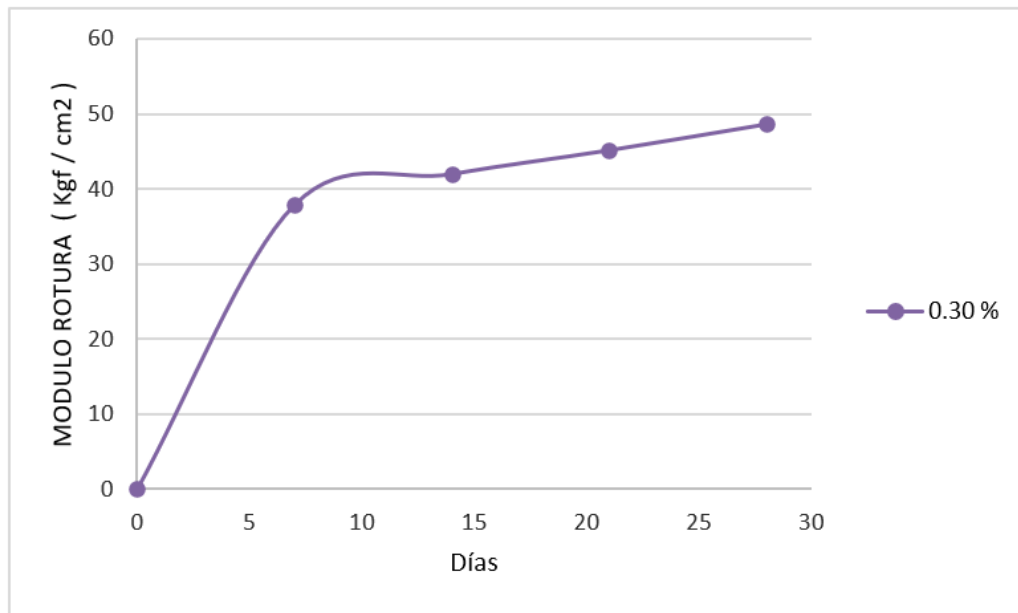
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	P (Kgf)	P (N)	L (mm)	b1 (mm)	b2 (mm)	b (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	h (mm)	Mr (MPa)	Mr (kgf/cm2)	Mr Prom (kgf/cm2)
01	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	01/11/2022	7	3355	32905	450	153.5	153.4	150	153	153	150	4.39	44.7	
02	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	01/11/2022	7	2778	27245	450	152	152.1	150	151	151	151	3.60	36.7	37.9
03	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	01/11/2022	7	2436	23889	450	152	152.1	150	151	151	150	3.17	32.3	
04	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	08/11/2022	14	3198	31362	450	150	150	150	155	154	151	4.12	42.0	
05	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	08/11/2022	14	3221	31587	450	152	151	150	150	150	150	4.21	42.9	42.1
06	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	08/11/2022	14	3115	30548	450	152	151	150	150	150	151	4.04	41.2	
07	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	15/11/2022	21	3370	33048	450	152	151	150	150	150	151	4.35	44.4	
08	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	15/11/2022	21	3329	32646	450	152	151	150	150	150	150	4.32	44.1	45.2
09	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	15/11/2022	21	3583	35137	450	158	157	150	154	154	151	4.63	47.2	
10	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	22/11/2022	28	3751	36785	450	157	157	150	152	152	150	4.87	49.7	
11	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	22/11/2022	28	3898	38226	450	157	157	150	152	152	150	5.09	51.9	48.7
12	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	25/10/2022	22/11/2022	28	3585	35157	450	157	157	157	152	152	152	4.36	44.5	

Nota: Esta tabla presenta todas las resistencias obtenidas por sus edades, dada por las probetas de la muestra 3 que contenía 0.3 % de totora.

A continuación, se presenta el gráfico de evolución de la resistencia obtenida a la flexión a lo largo del tiempo en la muestra 3 (0.30 %)

Figura 9

Resistencia a la flexión VS tiempo de muestra 3 (0.30 %)



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión dada por las probetas de la muestra 3 que contenía 0.3 % de totora.

Asimismo, entre los resultados obtenidos, los mayores valores de esfuerzos a la flexión alcanzados fueron de las muestras adicionadas con fibras de totora, en comparación con la muestra que no tuvo ninguna adición. Asimismo, entre los tres tipos de las muestras adicionadas con fibras de totora, el mejor comportamiento de resistencia a la flexión, fue alcanzado por el tipo de muestra 1, con 0.2 % de fibra de totora adicionada. Con valores de que iniciaban en 36 kgf/cm² en un periodo de rotura a los 7 días, hasta obtener valores de 51.9 kgf/cm² en periodo de rotura a los 28 días de fraguado el concreto. Por tanto, el resultado más óptimo de fibra de totora adicionada es del 0.2 % de volumen de fibra de totora respecto al peso del cemento en reemplazo del agregado fino para esfuerzos a la flexión.

Los resultados en promedio de los esfuerzos a la flexión alcanzados versus el tiempo de rotura desde los 7 días hasta los 28 días, son también evidentes, corroborando la evolución de las muestras en un proceso de consolidación de su resistencia a la flexión a lo largo del tiempo. En ellos se visualiza que la muestra 1, con 0.2 % de adición de fibra de totora, muestra una evolución más constante y óptima frente a los esfuerzos a la flexión.

Tabla 26

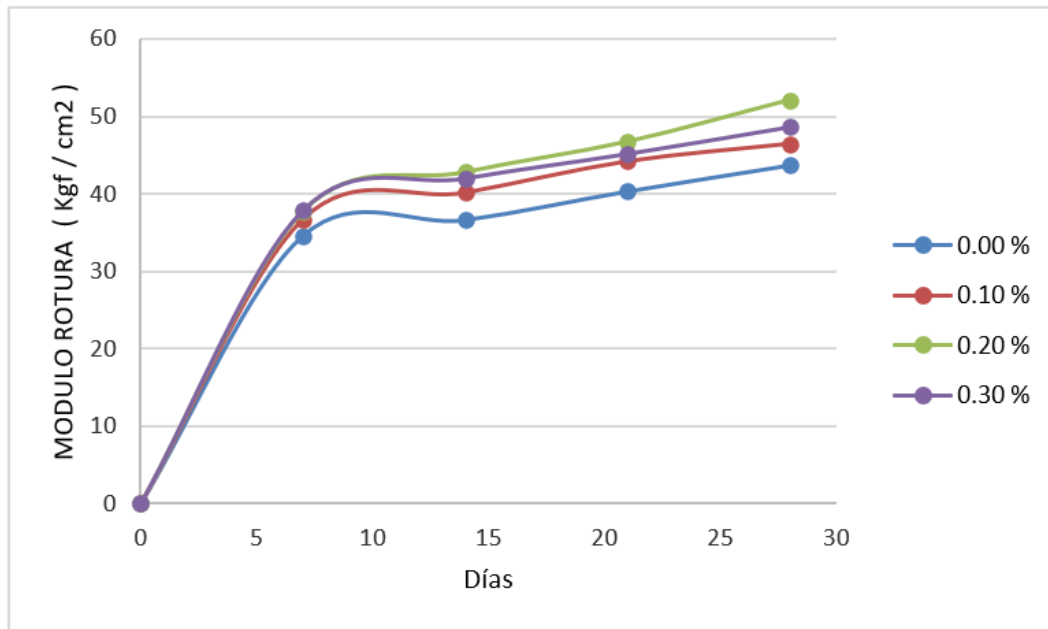
Porcentaje de resistencia promedio a la flexión según muestras de Totora vs Tiempo.

RESISTENCIA A LA FLEXION PROMEDIO (Kgf/cm ²) Según muestras de fibra de totora				
Tiempo Días	0.00 %	0.10 %	0.20 %	0.30 %
0	0	0	0	0
7	35	37	38	38
14	37	40	43	42
21	40	44	47	45
28	44	46	52	49

Nota: En esta tabla se presenta un cuadro comparativo del resultado de resistencias a la flexión de las mezclas a lo largo del tiempo de fraguado de acuerdo a la cantidad de porcentaje adicionado de fibra de totora.

Figura 10

Evolución de Resistencia a la flexión VS tiempo
Comparación de todas las Muestras



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión a forma de comparación por todas las probetas. (Ver desde la Figura 24 a la 35 en Anexo Fotográfico). Evidenciando que el comportamiento más óptimo a los esfuerzos de flexión se generó en la muestra 3 de 0.2 % de adición de fibra de totora.

De acuerdo con el segundo objetivo específico se ha realizado un análisis comparativo entre los resultados obtenidos adicionando fibra de totora en su muestra más eficiente frente a un pavimento rígido convencional, es decir sin adición de fibra.

En los siguientes resultados se puede evidenciar la evolución de resistencia a la compresión a lo largo del tiempo, trazando una curva con los $f'c$ obtenidos en los cuatro periodos de rotura de las muestras 2 (0.1 % de fibra de totora) frente a la muestra 1 (0 % de fibra de totora).

En este caso se puede apreciar que en el primer periodo de medición la diferencia la evolución de la resistencia a la compresión ya es notable entre ambas mezclas, llegando la muestra reforzada con fibra de totora a alcanzar un 96 %, del valor del $f'c$ de diseño (210 kg/cm²) a los 7 días de rotura de las probetas, mientras que el concreto convencional solo llegó a alcanzar un 65 % de la resistencia esperada.

A los 28 días de rotura de las probetas, la mezcla óptima de concreto adicionado con 0.1 % de fibra de totora llegó a un 128 % del valor del $f'c$ de diseño (210 kg/cm²), mientras que las mezclas de concreto convencional llegaron a un 110 % del $f'c$ de diseño. Es decir, adicionando fibra de totora en las mezclas de concreto de 0.1 % incrementaron su resistencia a la compresión hasta un valor nominal de 270 kg/cm².

Tabla 27

Porcentaje de resistencia promedio a la compresión según muestra 1, con adición de Totora vs Tiempo.

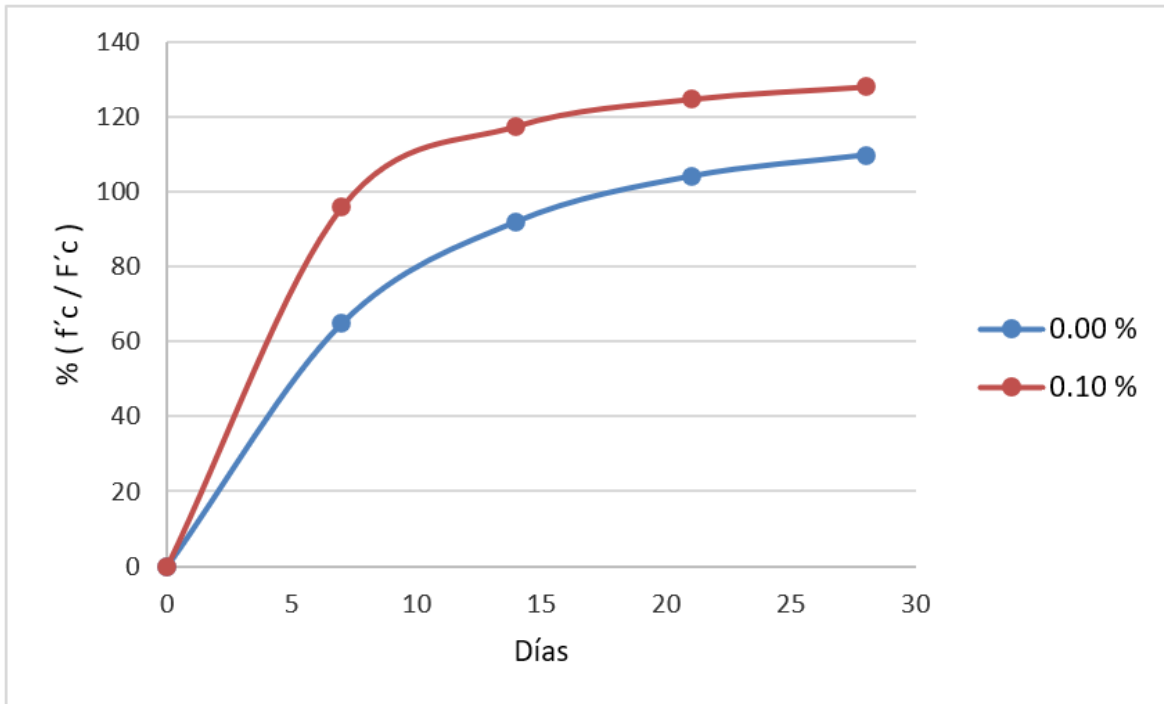
% RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESION EN FUNCION DE RESISTENCIA DE DISEÑO (% $F'c / F'c$) Según muestras de fibra de totora		
Tiempo Días	0.00 %	0.10 %
0	0	0
7	65	96
14	92	117
21	104	125
28	110	128

Nota: En esta tabla se presenta un cuadro comparativo del resultado de resistencias a la compresión de las mezclas a lo largo del tiempo de fraguado de acuerdo a la cantidad de porcentaje adicionado de fibra de totora.

Figura 11

Evolución de Resistencia a la compresión VS tiempo

Comparación de la mejor muestra con fibra de totora con la muestra control.



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la compresión comparando los valores porcentuales obtenidos entre las muestras con 0.1 % de fibras de totora y las del concreto convencional o sin adición de fibra.

En cuanto a la resistencia a la flexión, podemos observar una mejoría con la dosificación intermedia de la muestra 1 de 0.20 % de adición de fibra de totora, respecto a la muestra 1, sin adición alguna. A los 7 días de rotura de las probetas de los ensayos, los valores promedios alcanzados de la muestra 1 de 0.2 % llegan a 38 kgf/cm², mientras que la mezcla convencional llega a alcanzar casi a 35 kgf/cm².

Asimismo, a los 28 días el concreto convencional o prueba de control registró un módulo de rotura (M_r) promedio de 43.7 kgf/cm² (4.3 Mpa) de resistencia a la flexión, mientras que la muestra 1 de 0.2 % de fibra de totora alcanzó una resistencia a la flexión con un M_r promedio de 52.2 kgf/cm² (5.12 Mpa). Cabe señalar que los concretos de los pavimentos se diseñan con valores promedio de 4 Mpa, por tanto, los valores obtenidos con la adición de concreto superan los valores de diseño para este tipo de pavimentos.

Tabla 28

Porcentaje de resistencia promedio a la flexión según muestra 1, con adición de Totora vs Tiempo.

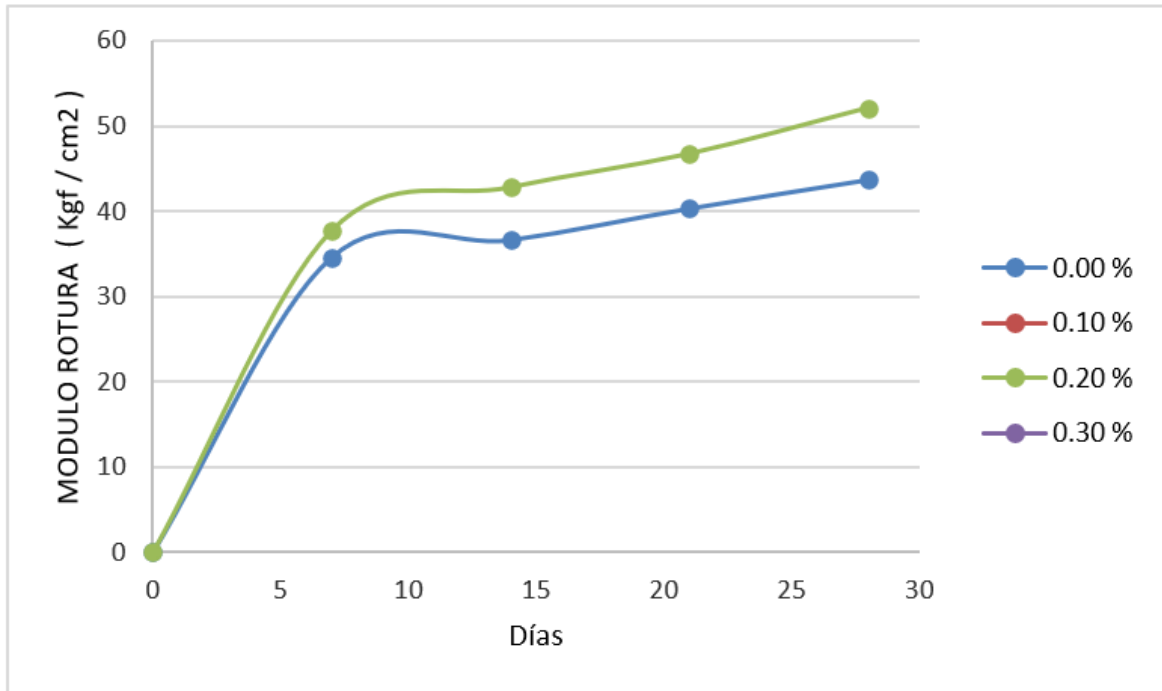
Tiempo Días	RESISTENCIA A LA FLEXION PROMEDIO (Kgf/cm ²) Según muestras de fibra de totora	
	0.00 %	0.20 %
0	0	0
7	35	38
14	37	43
21	40	47
28	44	52

Nota: En esta tabla se presenta un cuadro comparativo del resultado de resistencias a la flexión de las mezclas a lo largo del tiempo de fraguado de acuerdo a la cantidad de porcentaje adicionado de fibra de totora.

Figura 12

Evolución de Resistencia a la compresión VS tiempo

Comparación de la mejor muestra con fibra de totora con la muestra control.



Nota: Esta figura presenta la resistencia a la flexión comparando los valores porcentuales obtenidos entre las muestras con 0.2 % de fibras de totora y las del concreto convencional o sin adición de fibra.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN DE RESULTADOS PRELIMINARES

Primeramente, se presenta la discusión de los resultados de diseño de mezcla del concreto utilizado en la presente investigación.

El cálculo del diseño de concreto realizado en esta investigación se basó en la recomendación del comité ACI 211 (Instituto Americano del Concreto), en este caso para un pavimento rígido tomando una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/m}^3$, con un asentamiento de 3" a 4", de consistencia plástica. Apaza (2022) propuso, sin embargo, el diseño de concreto de los adoquines según también el ACI 211 con una resistencia de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, de similar asentamiento y consistencia.

La relación agua cemento utilizada en la presente investigación (a/c) fue de 0.482 mientras que la relación agua cemento propuesta por Apaza (2022) fue del orden de 0.52. En este caso utilizando una mayor proporción de agua para una mayor resistencia.

Asimismo, en esta investigación se realizó un diseño de mezcla expresado en peso y en volumen, con las proporciones de sus componentes como son cemento, arena, piedra, agua.

Con las siguientes proporciones diseñadas:

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
Proporción en peso :	1.0	2.33	2.50	24.8	Lts/pie ³
Proporción en volumen :	1.0	2.23	2.62	24.8	Lts/pie ³

Apaza (2022), sin embargo, propuso su diseño de mezcla en función de la cantidad total de adoquines de concreto según las proporciones:

	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
Proporción en Peso	1	1.82	1.99	0.52

En el caso de Quiluya y Flores (2019), el diseño de mezcla de concreto utilizada es de una resistencia $f'c$ 210 kg/cm², basada en el ACI 211, con una proporción que no especifica la relación agua cemento utilizados en sus ensayos, pero si define su mezcla así:

	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso
Proporción en Peso	1	1.9	3.1

Comparando estos diseños de mezcla frente a la utilizada en la presente investigación se puede apreciar que la proporción de componentes de agregados finos y gruesos son mayores respecto a los utilizados por Apaza (2022) y respecto al diseño de mezcla de Quiluya y Flores (2019) es menor el de agregado fino pero mayor el agregado grueso. Esta disparidad de cantidad de agregados finos y gruesos responde a la necesidad de mayor cantidad de cemento necesario para lograr una resistencia determinada y a la homogeneidad y trabajabilidad de la mezcla. Para el caso de esta investigación se propuso una mezcla más homogénea y de mayor trabajabilidad posible con las proporciones utilizadas.

Por otro lado, Ordoñez (2018), también utiliza en su investigación la fibra de totora como agregado, pero en este caso es adicionado sobre el mortero, es decir una mezcla de cemento, arena y agua. Siendo su dosificación empleada de 1: 2.75, con una relación agua cemento $a/c = 0.485$. Basada a la norma INEN 1218 y en la norma ASTM C 348 – 02.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS POR OBJETIVOS:

Respecto al primer objetivo específico, Apaza (2022), utilizó en su investigación de bloques de concreto, adicionando porcentajes del 0.3 %, 0.5 %, 0.7 % y 0.9 % de fibras de totora con respecto al peso de cemento, concluyendo que, aunque aumenta el valor de consistencia de la mezcla, disminuye los esfuerzos a la compresión y tracción en comparación a los obtenidos en la mezcla sin uso de fibra de totora. Sin embargo, cabe resaltar que los valores van mejorando mientras el porcentaje de adición de fibras de totora va disminuyendo. Siendo el 0.3 % el valor nominal levemente menor al concreto sin uso de fibra de totora.

En la presente investigación se tomó como referencia esa situación de mejora con porcentajes menores y se seleccionaron porcentajes de fibra de totora de 0.1 %, 0.2 % y 0.3% en volumen respecto al peso de cemento, pero en reemplazo del agregado fino, para verificar los comportamientos de las mezclas, siendo los resultados más óptimos las muestras con 0.1 % de adición de fibra de totora, para esfuerzos a la compresión y de 0.2 % para esfuerzos a la flexión. Sin embargo, cabe resaltar que también las muestras de 0.1 % en la flexión arroja resultados dentro de los rangos permisibles normativos para pavimentos rígidos.

Por otro lado, Quilluya y Flores (2019), demostraron que la utilización de porcentajes adicionados al concreto con fibras de totora tales al 0.5 %, 1 % y 1.5 %, brindan resultados negativos en el comportamiento a los esfuerzos de compresión del concreto. Además de utilizar periodos de prueba con roturas sólo a los 7 días de fraguado del concreto.

En la presente investigación se realizaron ensayos utilizando 4 periodos de rupturas de probetas a los 7, 14, 21 y 28 días; para de esta manera tener resultados con mayor precisión respecto a la evolución del fraguado del concreto. Mientras que Apaza (2022) y Ordoñez (2018), establecieron periodos de rotura en sus ensayos a los 7, 14 y 28 días. Estableciendo también una mayor distribución de resultados para ser evaluados de una manera eficiente.

Ordoñez (2019), utilizó en las mezclas de mortero la adición de fibra de totora al 0.5 %, midiendo la optimización de los resultados a la compresión y flexión de los morteros, en función no de la variabilidad de porcentajes de fibra de totora, sino al tratamiento que recibieron dichas fibras. Identificando que las pruebas de compresión dieron resultados más óptimos a las muestras con fibra de totora con tratamiento de parafina, frente a otros tratamientos como el químico y la cal, sin embargo, dichos resultados estuvieron debajo de los obtenidos en morteros sin fibra y en morteros con fibra sin tratamiento. Asimismo, Ordoñez experimentó ensayos de flexión, identificando que las muestras con fibra de totora tratada con parafina obtuvieron mejores resultados respecto a todos los tipos de muestras, con otros tratamientos de fibra, sin tratamiento, incluso sin uso de fibra de totora.

En la presente investigación se realizó el tratamiento de curado de la totora en base a un procedimiento de secado con cal, pero en complementado con un secado complementario en horno, para eliminar todo rastro orgánico y un mejor comportamiento estructural en el concreto.

Apaza (2022), sin embargo, realizó en su investigación el secado de la fibra de totora utilizada en la intemperie en un periodo de 15 a 20 días, llevando luego las muestras al laboratorio para el trozado y para realizar un análisis químico de sus componentes, sin llegar a realizar un tratamiento más exhaustivo sobre la fibra.

Respecto al segundo objetivo específico, se pueden comparar los resultados obtenidos en la mejor muestra que utilizo fibras de totora, respecto al pavimento rígido convencional que vendría a ser nuestra prueba control o la muestra sin adición de fibra de concreto.

En este caso, los valores obtenidos entre todos los ensayos sometidos a esfuerzo de compresión son superiores todas las muestras adicionadas con fibra de totora en el concreto, por sobre los resultados obtenidos con las muestras sin uso de fibra de totora.

El diseño de mezcla teórico asignado fue de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con la finalidad fue evaluar los límites de mejoramiento del concreto adicionando fibras, siendo los resultados más óptimos en valores promedios de $f'c = 270 \text{ kg/cm}^2$ con porcentajes de 0.1 % de fibra de totora adición en reemplazo del agregado fino.

Aunque los valores obtenidos no llegaron a alcanzar la resistencia mínima a la compresión de 280 kg/cm^2 , establecida por el Manual de Carreteras para pavimentos urbanos, la experimentación realizada del concreto adicionado con fibras de totora en el porcentaje adecuado, brindó una evidente mejora en su resistencia a la compresión por sobre el 28 % del $f'c$ de diseño, llegando a obtener un 96 % del $f'c$ mínimo requerido.

Sin embargo, tomando en cuenta que los esfuerzos a la flexión del concreto son las variables de mayor relevancia en los pavimentos rígidos convencionales, los resultados obtenidos respecto a la resistencia mínima a la flexión del concreto para pavimentos de 40 kgf/cm^2 (Manual de Carreteras), el módulo de rotura (M_r) obtenido en los ensayos realizados del concreto adicionado con fibra de concreto, se obtuvo valores de 52.2 kgf/cm^2 (5.12 MPa) con porcentajes de 0.2 % de adición de fibra, un aumento de un 30 % del valor del módulo de rotura de un pavimento rígido convencional. Con 0.30 % se obtuvo un M_r promedio de 48.7 kgf/cm^2 con un 22% superior al M_r mínimo, incluso con el 0.1% de adición de fibra se

obtuvo un M_r promedio de 46.5 kgf/cm² (4.56 MPa), un aumento del 16 % a los esfuerzos mínimos requeridos.

Respecto a los resultados de Apaza (2022), los valores obtenidos respecto a los esfuerzos a la tracción del concreto, determinan un mejor comportamiento en las muestras sin adición de fibra de totora con un módulo de rotura (M_r) promedio de 46.94 kgf/cm², superior al M_r mínimo indicado en el Manual de Carreteras, sin embargo, con adición de 0.3% de fibras de totora obtuvo un valor promedio de 43.31 kgf/cm², superior en un 8 % al mínimo requerido en un pavimento rígido convencional.

Cabe señalar que en este caso el uso de 0.30 % de fibra de totora adicionada logro valores superiores de M_r con valores promedio de 48.7 Kgf/cm², debiendo señalar que la diferencia radica a que este porcentaje de adición de fibra en volumen está referido también al peso del cemento, pero en reemplazo del agredo fino, a diferencia del caso de Apaza (2022) que toma como un peso adicional en el diseño de la mezcla.

Los resultados de Quilluya y Flores (2019), sin embargo, son negativos respecto tanto a los ensayos de compresión como de flexión en comparación con los del concreto convencional sin uso de aditivos de fibra de totora.

El caso de Ordoñez (2019) está referido a resultados de flexión y compresión de morteros por lo cual no brinda una correlación de comparación para el caso de concretos.

LIMITACIONES

Una limitación importante en esta investigación fue la información obtenida de estudios o investigaciones previas realizadas en los últimos años, en las cuales no se obtuvieron resultados satisfactorios en los comportamientos estructurales de los concretos reforzados con fibra de totora. Sin embargo, dicha información obtenida de tales estudios previos sirvió de guía para la aplicación experimental de esta investigación, al evidenciarse una tendencia de mejoría del comportamiento estructural de los concretos a medida que se utilizaba una proporción menor de fibra de totora. El análisis de dicha tendencia orientó al diseño de proporciones más eficientes y óptimas, que fueron utilizadas en la presente investigación.

Otra limitación de información de estudios o investigaciones previas, fue el referido al tiempo de fraguado de las muestras de concreto en los ensayos de laboratorio frente a sus resultados obtenidos, debido a que se utilizaron periodos cortos o muy limitados en la medición de los esfuerzos tanto de compresión como de flexión, lo cual generó resultados inexactos y poco fiables. En la presente investigación, sin embargo, esta limitación de información fue subsanada y con un mayor plazo de experimentación se propuso periodos de roturas en cuatro tiempos, de 7, 14, 21 y 28 días, obteniéndose resultados mucho más precisos y más concluyentes.

Otra limitación de esta investigación fue el acceso a un laboratorio de materiales para realizar los ensayos, así como el uso de herramientas y equipos. Debido a un cambio de domicilio del autor a la ciudad de Chiclayo, se logró realizar las gestiones necesarias para acceder al laboratorio de materiales de la Universidad Señor de Sipán y a la supervisión respectiva de los ensayos realizados, para de esta manera realizar la experimentación sin contratiempos.

Otra de las limitaciones para el presente estudio, está referido a la obtención del recurso de la totora, el cual es un material no ampliamente disponible comercialmente, y puede adquirirse de manera directa a comerciantes artesanales de los distritos de Pimentel y Santa Rosa, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Comercializándose dicho producto en bruto, seco naturalmente pues así lo utilizan para artesanías u otros usos domésticos.

Asimismo, al no disponerse la totora en forma de fibras desecadas, en la presente investigación, se tuvo que realizar un proceso de transformación y tratamiento para la obtención de fibra seca y libre de material orgánico y salinidad, tomando como referencia los estudios e investigaciones previas. Sin embargo, este proceso de secado al no ser estandarizado, está sujeto a un mayor análisis y prueba, el cual puede servir para futuras investigaciones y aplicaciones de uso de fibra de totora como aditivo en mezclas de concreto. Otra limitante de esta investigación es la ausencia de referentes previos de estudios físicos y químicos especializados de la fibra de totora, así como de las mezclas de concretos reforzados con dicha fibra. Lo cual determine también en evaluaciones posteriores para determinar el comportamiento y durabilidad de dichos concretos reforzados, tanto a mediano como a largo plazo. Siendo estos aspectos descritos importantes limitaciones o puntos inciertos que pueden ser abordados en futuras investigaciones.

IMPLICANCIA

Ha quedado demostrado en esta investigación la hipótesis que el uso de la fibra de totora como agregado en el concreto influye en la eficiencia en un pavimento rígido en la ciudad de Chiclayo, Perú, al haber obtenido resultados satisfactorios en los ensayos tanto de resistencia a la compresión como de resistencia a la flexión. Siendo necesario cumplir con los estándares mínimos de estos esfuerzos en el desempeño de los pavimentos rígidos, según la norma peruana CE 0.10 de Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El uso de fibra de totora como aditivo en una mezcla de concreto tiene una implicancia teórica importante sobre todo con los resultados obtenidos, pues permite adicionar refuerzos al concreto que naturalmente está sometido a fisuras interiores y exteriores por sus contracciones naturales de fraguado. Asimismo, su implicancia teórica se incrementa con el uso de este tipo de fibras, debido a que permite reforzar los concretos de pavimentos rígidos, mejorando su comportamiento estructural, debido a constantes esfuerzos de tensión y flexión que están sometidos los pavimentos.

La implicancia económica en esta experimentación es una variable importante también a resaltar, pues utilizando un diseño de mezcla con una menor resistencia a la compresión permite lograr valores superiores en los concretos reforzados con fibra de totora, lográndose alcanzar los niveles de resistencia requeridos para un pavimento rígido. Sin embargo, es necesario realizar un análisis de costos de materiales y de mano de obra más específicos, con la finalidad de determinar los costos reales por m³ de concreto reforzado y compararlo con los costos de concreto convencional con una mayor resistencia.

La metodología utilizada en el diseño de la mezcla de concreto, así como en el proceso de obtención de la fibra implican un modelo de proceso que puede ser replicado en situaciones diferentes para obtener resultados similares. Pudiendo ser mejorado dicho proceso evaluando aspectos químicos de los materiales intervinientes.

Esta alternativa de mejora de concreto expuesta en esta investigación, es también ecológicamente y ambientalmente sostenible, debido a que se incorporan materiales menos nocivos y contaminantes en su desarrollo, surgiendo una alternativa de mejora de los concretos que conlleven a una menor utilización de sus materiales convencionales como el cemento y los agregados, lo cual puede determinar una nueva línea de investigación, con la finalidad de optimizar los recursos a utilizar en la industria de la construcción de pavimentos rígidos.

CONCLUSIONES

Se ha demostrado que al utilizar fibra de totora como agregado en el concreto para pavimentos rígidos mejora su eficiencia expresada en su comportamiento estructural, al obtener valores de resistencia a la compresión y a la resistencia a la flexión, superiores a los concretos sin ese tipo de refuerzo.

Se concluye que, utilizando un porcentaje menor de fibra de totora como agregado en una mezcla de concreto, mejora su comportamiento a esfuerzos de compresión. Es decir, utilizando proporciones de 0.3 %, 0.2 % y 0.1 % de fibra de totora adicionados a una mezcla de concreto para pavimentos, el menor porcentaje de aditivo de esta fibra presentó mejores valores de esfuerzos a la compresión, incluso sin adición de fibra. Sin embargo, respecto a los esfuerzos a la flexión, la proporción intermedia (0.2 %) obtuvo mejores valores de resistencia a la flexión, seguido por la proporción de 0.1 % de fibra de totora adicionada a la mezcla de concreto para pavimentos.

Específicamente, con la mejor proporción de fibra de totora (0.1 %) en reemplazo del agregado fino en una mezcla de concreto, se obtuvieron valores promedio de resistencia a la compresión del concreto reforzado superiores en un 28 % de la resistencia a la compresión alcanzada en el concreto de diseño patrón (sin adición de fibra de totora).

Es decir, habiendo partido como línea de base o del diseño patrón una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se ha determinado que adicionando un porcentaje del 0.1% de fibra de totora en la mezcla de concreto, incrementó su resistencia a la compresión hasta alcanzar un valor promedio de 270 kg/cm^2 , lo que representa un 96 % del valor mínimo recomendado para pavimentos rígidos en vías urbanas ($f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$).

Asimismo, adicionando una proporción de 0.2 % de fibra de totora en reemplazo del agregado fino se logró obtener valores promedio de resistencia a la flexión de 52.2 kg/ cm², lo cual es superior en un 30 % del valor mínimo normado de módulo de rotura ($M_r = 40$ kgf/cm²) para pavimentos urbanos.

Cabe señalar que incluso utilizando la proporción de 0.1 % de fibra de totora en mezclas de concreto, los valores promedio del módulo de rotura determinados en la experimentación siempre resultaron superiores a lo mínimo normativo requerido para pavimentos urbanos.

Se puede concluir que es posible proponer un diseño de mezcla con menor cantidad de cemento en proporción a los agregados y lograr mejores comportamientos estructurales con la adición de fibra de totora en las proporciones adecuadas. Siendo las proporciones adecuadas entre el 0.1 % y el 0.2 %.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar los procesos de experimentación de adición de fibra de totora en mezclas de concreto utilizados en esta investigación, dentro de los procesos de construcción de pavimentos rígidos reales, con la finalidad de evaluar su comportamiento estructural frente a volúmenes mayores de concreto y sobre todo frente a condiciones reales de campo, ambientales y de la obra misma.

Es necesario complementar a este estudio la variable económica, para permitir la evaluación, primeramente, del costo real en la obtención y transformación de la totora en fibra, como material de insumo. Determinando también un análisis de costo del concreto reforzado con fibra de totora, evaluando el análisis de aporte unitario de todos los insumos intervinientes, así como de la mano de obra, y de esta manera obtener los valores promedio de costo por m³ de concreto de un pavimento rígido reforzado y compararlo con el costo por m³ de un pavimento rígido convencional.

Es necesario la evaluación de la durabilidad a lo largo del tiempo, de los concretos mejorados con fibra de totora para pavimentos rígidos, identificando los periodos de vida útil o degradación del concreto que pueda generarse con la adición de la fibra de totora.

Se recomienda sistematizar los procesos de tratamiento de curado y secado de las fibras naturales de totora para generar indicadores más precisos y con mejores resultados, para futuras investigaciones.

REFERENCIAS

- Ávila E., Soto, A. & Sánchez H. (2013). Estériles del carbón y su uso en concreto hidráulico para pavimentos. *Revista Colombiana De Materiales*, N. 5, 375-381.
- Apaza F. (2022) Desarrollo de técnicas de pavimentación en pistas urbanas. *Revista Actura* Vol. II. Guayaquil.
- Balao T., Arellano C., De Abreu J & Águila I. (2019). Aceite residual automotriz como aditivo en mezclas de hormigón: Si es factible su uso. *Revista Materia*, v. 24, n. 2. DOI: 10.1590/S1517-707620190002.0658.
- Betancourt J., Hernández P., Narayanasamy R. & Rentería J. (2018). Revisión sobre el uso de fibras en concretos y su comportamiento mecánico. *Academia Journals*, V. 10, N. 7, 153-158.
- Enríquez L. & López T. (2019). Ecomateriales. Aplicación de materiales reciclados en pavimentos. *Academia Journals*, V. 11, N. 2, 684-687.
- Enríquez, Figueroa y López Lara (2019) Uso de materiales en la pavimentación de vías. *Academia Journals* V. 12, N. 3, 125-126
- Figueroa, A. & Fonseca E. (2015). Estudio de material reciclado para reparar fisuras y su aplicación en un pavimento en Bogotá. *Revista Epsilon*, N.24, 89-121.
- Guzmán D., Hernández J., López T., Horta J. & Giraldo D. (2021). Uso de agregado de pavimento asfáltico reciclado para un pavimento rígido. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, V. XXII, N. 1. DOI: 10.22201/fi.25940732e.2021.22.1.0050.
- Hernández R., Fernández C. & Baptista M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta Edición. México. Mc Graw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

- Kerlinger F. & Lee H (2001). *Investigación del Comportamiento*. Cuarta Edición. México. Mc Graw-Hill.
- López J. y López T. (2018). *Ecopavimentos: Utilización de plásticos no biodegradables en concreto hidráulico*. *Academia Journals*, V. 10, N. 8, 2937-2942.
- Monroy I. (2019). *Uso del polímero de tereftalato de polietileno para disminuir la deformación de los pavimentos*. *Academia Journals*, V. 11, N. 2, 1903-1907.
- Miranda, R. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Título de Ingeniero Constructor. Universidad Austral de Chile.
- Miranda A. y Hernández J. (2018). *Geomalla de PET como refuerzo estructural en pavimentos rígidos*. *Academia Journals*, V. 10, N. 8, 3451-3456.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos*. (R.D.°10 – 2014 – MTC/14).
- Ñaupas H., Valdivia M., Palacios J. & Romero H. (2013). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Quinta Edición. México. Ediciones de la U.
- Ospina, M., Chaves, S. y Jiménez, L. (2020). *Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero*. *Revista Investigación Desarrollo Innovación*, 11 (1), 185-196. DOI: 10.19053/20278306.v11. n1.2020.11692.
- Ospina, M., García, A. y otros (2020). *Técnicas avanzadas de pavimentos en vías locales*. *Revista: Construcción e innovación*, 08 (1), 105-106.

- Pacheco–Torgal F., Jalali, S. (2010). Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. *Construction and Building Materials. El Sevier*, V. 1, 1-7.
- Pérez F., Miró. A. & Martínez C. (2003). Investigación sobre reciclado de pavimentos. Departamento de Infraestructura del Transporte y Territorio Universidad Politécnica de Cataluña. <http://hdl.handle.net/2117/2852>
- Robles R. & Sánchez J. (2015). Evaluación de pavimentos rígidos mediante la determinación de correlaciones entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión para el centro poblado san Cristóbal de Chupán – Huaraz (Tesis de grado Ing. Civil). Universidad Ricardo Palma.
- Quiluya A. & Flores D. (2019). Influencia de las fibras de Totora (*Schoenoplectus californicus*) en la resistencia mecánica del concreto (Tesis de grado Ing. Civil). Universidad Privada Unión. Juliaca.
- Rendón-Macías M., Villasís-Keev M, Miranda-Novales M. (2016). Estadística Descriptiva. *Revista Alergia México*, 63. 4, 397-407.
- Rodríguez E., Rondón H., Vélez D. & Aguirre L. (2006). Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, V. 5. 21-30.
- Rodríguez E. (2005). Metodología de la investigación. La creatividad, el rigor del estudio y la integridad son factores que transforman al estudiante en un profesionalista de éxito. Quinta Edición. México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

- Saucedo A. (2010). Concreto hidráulico permeable, una alternativa para la recarga de los mantos acuíferos del valle de México (Tesis de grado Ing. Civil). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Serrano E. & Padilla, E. (2019). Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. Revista Ingeniería Solidaria, V. 25, N. 1. DOI: 10.16925/2357-6014.2019.01.01.
- Serment V. (2012). Pavimentos rígidos y flexibles, ventajas y desventajas. Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, 1, 1-17.
- Ordoñez P. (2018). Compuesto de cemento reforzado con fibras de totora. (Tesis de grado Ing. Civil). Universidad Católica de Loja.

Anexos

MATRIZ DE CONSISTENCIA

USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS. CHICLAYO, 2023

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADOR	
PROBLEMA GENERAL: ¿En qué medida la fibra de totora usada como agregado del concreto determina la eficiencia del pavimento rígido Chiclayo, Perú?	OBJETIVO GENERAL: Determinar la influencia del uso de la fibra de totora como agregado del concreto en la eficiencia de los pavimentos rígidos de la ciudad de Chiclayo, Perú	HIPÓTESIS GENERAL: El uso de fibra de totora como agregado en el concreto de los pavimentos rígidos determinará su eficiencia, Chiclayo, Perú.	REEMPLAZO DE FIBRAS DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO	DOSIFICACIÓN DE FIBRA DE TOTORA	0.00 % 0.10 % 0.20 % 0.30 %	BALANZA DE MEDICIÓN
PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cómo influye la adición de la fibra de totora en las propiedades mecánicas del concreto de pavimentos rígidos en Chiclayo, Perú?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar el porcentaje óptimo de fibra de totora adicionado a un concreto para pavimento rígido para los esfuerzos de compresión y flexión.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: El uso de fibra de totora como agregado en el concreto influye en la mejora de la eficiencia del pavimento rígido, Chiclayo, Perú.	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM-C-39 / NTP 339.035
PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cuáles son las variaciones de resultados de propiedades mecánicas de los concretos adicionados con fibra de totora frente a los concretos sin adición de fibra en el concreto?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos frente a un pavimento rígido convencional.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: El concreto adicionado con fibras de totora como agregado en el concreto tiene mejores resultados mecánicos frente al concreto sin adición de fibra de totora?	PROPIEDADES DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO	MECÁNICAS	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kgf/cm ²)	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ASTM-C-496-96) / NTP 339.085

ANEXO FOTOGRÁFICO

Figura 13

Totora en estado seco



Totora seca cortada

Figura 14,

Proceso de extracción de fibras de totora



Proceso de separación de la corteza de totora del bagazo

Figura 15 y 16

Proceso de Curado y secado de la totora.



Fibras de totora en proceso de curado con Cal



Fibras de totora en proceso de curado con Cal

Figura 17
Cantera de Pátapo La Victoria



Fuente: Google Maps

Nota: La cantera de Pátapo La Victoria SA está ubicada en el balneario de Pátapo a las afueras de la ciudad de Chiclayo en el departamento de Lambayeque.

Figura 18
Cemento Portland tipo MS utilizado



Nota: El cemento utilizado es el cemento portland tipo MS (MH), Cemento Fortimax Pacasmayo.

Figura 19 y 20

Selección de Agregado Grueso y Fino, e instrumentos.



Foto del agregado fino y grueso seleccionado



Tamices, instrumentos para el ensayo de granulometría

Figura 21 y 22

Ensayos de Agregado Grueso.



Agregado grueso seleccionado para ensayos



Agregado grueso en ensayo de absorción

Figura 23 y 24

Ensayos de Agregado Grueso y Fino.



Agregado fino en ensayo de absorción



Agregado fino en ensayo de Peso unitario

Figura 25 y 26

Ensayos de Consistencia



Ensayo de asentamiento en el concreto fresco con el cono de Abrams, dando golpes con varilla.



Midiendo el asentamiento del concreto fresco

Figuras 27, 28

Proceso de vaciado de concreto



Vaciado de concreto fresco en moldes para ensayos de flexión



Vaciado de concreto fresco en moldes para ensayos de compresión

Figuras 29 y 30

Proceso de vaciado de concreto



Todos los moldes fueron llenados con concreto fresco



Moldes llenos de concreto, tarrajeados

Figuras 31 y 32

Proceso de curado y ruptura de concreto



Proceso de curado de las probetas en una piscina



Ruptura de probetas para ensayos de compresión y flexión

Figuras 33 y 34

Proceso de rupturas con maquinaria



Ruptura de probetas con maquinaria para ensayos de compresión y flexión



Ruptura de probetas con maquinaria para ensayos de compresión y flexión

Figura 35 y 36

Proceso de rupturas con maquinaria.



Ruptura de probetas con maquinaria



Ruptura de probetas con maquinaria

Figura 37 y 38

Ruptura de probetas y anotación de datos.



Ruptura de probetas de flexión



Anotación de datos de la ruptura de probetas con maquinaria

FICHAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

ANEXO Nro. 1

Informe de laboratorio de Granulometría de agregado fino



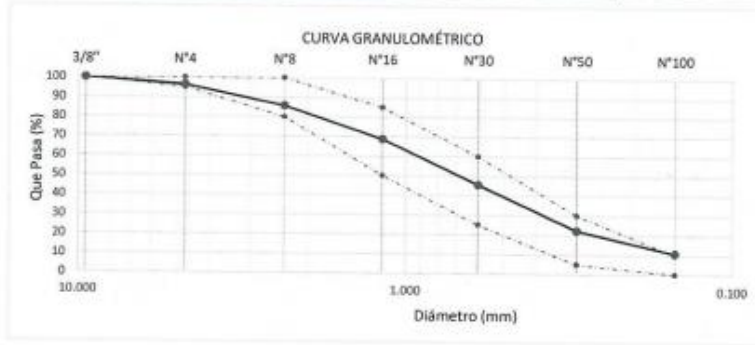
Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGAO AL CONCRETO PARA LA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de apertura : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Referencia de pago : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Fecha de emisión : Miércoles, 08 de marzo del 2023.

ENSAYO : AGREGADOS, Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Cantera : La Victoria - Pátapo

Muestra : Arena - Gruesa

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa	LÍMITES PARA AGREGADO FINO
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado	
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 004	4.750	3.6	3.6	96.4	95 - 100
Nº 008	2.360	10.7	14.3	85.7	80 - 100
Nº 016	1.180	17.0	31.3	68.8	50 - 85
Nº 030	0.600	23.2	54.5	45.5	25 - 60
Nº 050	0.300	23.2	77.7	22.3	5 - 30
Nº 100	0.150	11.6	89.3	10.7	0 - 10
MÓDULO DE FINEZA					2.71



OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESP. INGENIERÍA CIVIL

[Signature]
Luis Mariano Vázquez González
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 2

Informe de laboratorio de Granulometría de agregado grueso

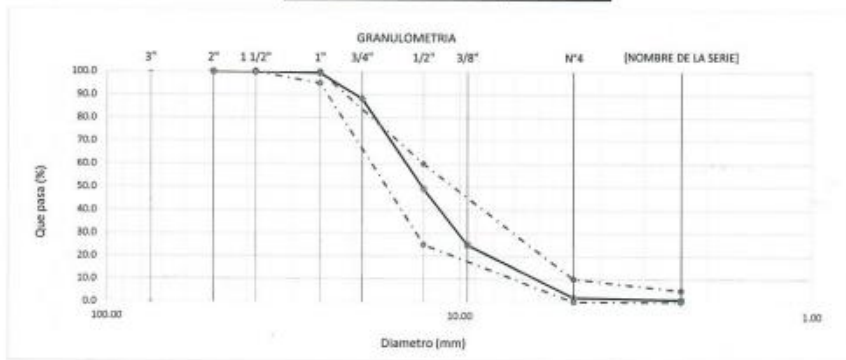


Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO AL CONCRETO PARA LA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de recepción : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Inicio de ensayo : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Fin de ensayo : Miércoles, 08 de marzo del 2023.
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, Grueso y global.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada 1/2" - SICAN

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Acumulados Que pasa	HUSO
3"	75.00	0.0	0.0	100.0	
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.6	0.6	99.4	95 - 100
3/4"	19.00	11.1	11.7	88.3	
1/2"	12.70	39.1	50.8	49.2	25 - 80
3/8"	9.52	24.3	24.3	24.9	
N°4	4.75	23.0	99.1	1.9	0 - 10
N°6	2.36	0.9	99.0	1.0	0 - 5

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL : 3/4"



OBSERVACIONES:
 - Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERIA CIVIL

[Signature]
José Mariano Velasco Cruzado
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 3



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGAO AL CONCRETO PARA LA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de recepción : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Inicio de ensayo : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Fin de ensayo : Miércoles, 08 de marzo del 2023.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1585
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1572
Contenido de Humedad	(%)	0.82

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1609
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1596
Contenido de Humedad	(%)	0.82

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL



Luis Moriano Villegas Granados
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 4

Informe de laboratorio de Peso unitario agregado grueso



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Obra/Proyecto : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGAO AL CONCRETO PARA LA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de recepción : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Inicio de ensayo : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Fin de ensayo : Miércoles, 08 de marzo del 2023.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada 1/2" - SICAN

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1441
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1435
Contenido de Humedad	(%)	0.37
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1456
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1451
Contenido de Humedad	(%)	0.37

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



USS Universidad Señor de Sipán
 Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL



Luis Mariano Villegas Góngoras
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 5

Informe de laboratorio de Peso específico y absorción de agregado fino



Peticionario : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGAO AL CONCRETO PARA LA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - CHICLAYO
Fecha de recepción : Lunes, 06 de marzo del 2023.
Inicio de ensayo : Martes, 07 de marzo del 2023.
Fin de ensayo : Jueves, 09 de marzo del 2023.

NORMA : Peso específico y Absorción del agregado fino
REFERENCIA : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Muestra : Piedra Chancada 1/2" - SICAN

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.739
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.5

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERIA CIVIL



Luis Mariano Villegas Granados
INGENIERO CIVIL
CIP. N°75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 6

Informe de laboratorio de Peso específico y absorción de agregado grueso



Peticionario : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGAO AL CONCRETO PARA LA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - CHICLAYO
Fecha de recepción : Lunes, 06 de marzo del 2023.
Inicio de ensayo : Martes, 07 de marzo del 2023.
Fin de ensayo : Jueves, 09 de marzo del 2023.

NORMA : PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
REFERENCIA : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa
Cantera : La Victoria - Pátapo

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.610
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA (SSS)	(gr/cm ³)	2.629
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.659
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.7

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO Y TALLERES
E.S.C. INGENIERIA CIVIL



Luis Moreno Villalobos
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 7

Informe de laboratorio de Slump



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGAO AL CONCRETO PARA LA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de apertura : Lunes, 06 de marzo del 2023.
 Inicio de ensayo : Lunes, 13 de marzo del 2023
 Fin de ensayo : Martes, 21 de marzo del 2023
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.
 Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
DM-01	DISEÑO PATRON	210	13/03/2023	3 8/9	9.56
DM-02	MEZCLA 01 - (0.2% DE FIBRA DE TOTORA)	210	15/10/2022	2 8/9	7.11
DM-03	MEZCLA 02 - (0.1% DE FIBRA DE TOTORA)	210	21/03/2023	3 1/9	7.60
DM-04	MEZCLA 03 - (0.3% DE FIBRA DE TOTORA)	210	21/03/2023	2 1/2	6.13

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 E.S.C. INGENIERIA CIVIL



Juan Mariano Villegas Cramados
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 8

Informe de laboratorio de Diseño de mezcla



INFORME

Pag. 1 de 2

Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Obra / Proyecto : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de recepción : Lunes, 13 de marzo del 2023
 Inicio de ensayo : Lunes, 13 de marzo del 2023
 Fin de ensayo : Martes, 21 de marzo del 2023

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo MS - Mochica
 2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo

1.- Peso específico de masa 2.610 gr/cm^3
 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.629 gr/cm^3
 3.- Peso unitario suelto 1572 Kg/m^3
 4.- Peso unitario compactado 1596 Kg/m^3
 5.- % de absorción 0.7 %
 6.- Contenido de humedad 0.8 %
 7.- Módulo de fineza 2.71

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Sican.

1.- Peso específico de masa 2.739 gr/cm^3
 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.781 gr/cm^3
 3.- Peso unitario suelto 1435 Kg/m^3
 4.- Peso unitario compactado 1450 Kg/m^3
 5.- % de absorción 1.5 %
 6.- Contenido de humedad 0.4 %
 7.- Tamaño máximo 1" Pulg.
 8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.6	96.4
Nº 08	10.7	85.7
Nº 16	17.0	68.8
Nº 30	23.2	45.5
Nº 50	23.2	22.3
Nº 100	11.6	10.7
Fondo	10.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.6	99.4
3/4"	11.1	88.3
1/2"	39.1	49.2
3/8"	24.3	24.8
Nº 04	23.0	1.9
Fondo	1.9	0.0

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.


USS Universidad Señor de Sipán
Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 E.S.C. INGENIERÍA CIVIL


Luis Mariano Villegas Cruzado
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 75063



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

INFORME

Pag. 2 de 2

Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Obra / Proyecto : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de recepción : Lunes, 13 de marzo del 2023
 Inicio de ensayo : Lunes, 13 de marzo del 2023
 Fin de ensayo : Martes, 21 de marzo del 2023

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4 Pulgadas
 Peso unitario del concreto fresco : 2354 Kg/m³
 Resistencia promedio a los 7 días : 136 Kg/cm²
 Porcentaje promedio a los 7 días : 65 %
 Factor cemento por M³ de concreto : 8.6 bolsas/m³
 Relación agua cemento de diseño : 0.584

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 367 Kg/m³ : Tipo MS - Mochica
 Agua 214 L : Potable de la zona.
 Agregado fino 856 Kg/m³ : Arena Gruesa - La Victoria - Pátapo
 Agregado grueso 917 Kg/m³ : Piedra Chancada - Sican.

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.33	2.50	24.8	Lts/pie ³
Proporción en volumen :					
	1.0	2.23	2.62	24.8	Lts/pie ³

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
ESC. INGENIERIA CIVIL



Luis Merino Villegas Cruzados
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 73063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 9

Informe de laboratorio de Resultados de compresión Mezcla control



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Lunes , 13 de marzo del 2023
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f _c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f _c (Kg/Cm ²)
01	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	24504	15.21	182	135
02	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	24958	15.24	183	137
03	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	24800	15.23	182	136
04	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	34199	15.23	182	188
05	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	35657	15.21	182	196
06	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	35474	15.22	182	195
07	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	4/05/2023	21	40457	15.22	182	222
08	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	4/05/2023	21	39451	15.22	182	217
09	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	4/05/2023	21	39286	15.22	182	216
10	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	42365	15.30	184	230
11	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	42236	15.30	184	230
12	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	42310	15.30	184	230

OBSERVACIONES.

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL



Juan Mariano Villegas Grandos
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 10

Informe de laboratorio de Resultados de compresión Mezcla 1 (0.2% de totora)



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS, CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Miércoles, 15 de marzo del 2023.
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034.2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	22/03/2023	7	33117	15.27	183	181
02	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	22/03/2023	7	33844	15.28	183	185
03	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	22/03/2023	7	33950	15.27	183	185
04	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	29/03/2023	14	43032	15.34	185	233
05	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	29/03/2023	14	42563	15.20	182	234
06	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	29/03/2023	14	42850	15.20	182	236
07	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	5/04/2023	21	46056	15.26	183	252
10	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	12/04/2023	28	48019	15.25	183	263
11	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	12/04/2023	28	47860	15.26	183	262
12	PCH-0.2% - f'c= 210 kg/cm2	210	15/03/2023	12/04/2023	28	48664	15.26	183	266

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERIA CIVIL



Luis Mariano Villegas Coronado
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 11

Informe de laboratorio de Resultados de compresión Mezcla 2 (0.1% de totora)



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Martes, 21 de marzo del 2023
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f _c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f _c (Kg/Cm ²)
01	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	28/03/2023	7	35622	15.21	182	196
02	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	28/03/2023	7	36365	15.23	182	200
03	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	28/03/2023	7	37738	15.21	182	208
04	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	4/04/2023	14	44187	15.21	182	243
05	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	4/04/2023	14	44636	15.18	181	247
06	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	4/04/2023	14	45207	15.19	181	250
08	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	11/04/2023	21	47916	15.26	183	262
10	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	18/04/2023	28	49175	15.27	183	269
11	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	18/04/2023	28	49443	15.27	183	270
12	PCH-0.1% - f _c = 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	18/04/2023	28	48916	15.27	183	267

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 E.S.C. "INGENIERÍA CIVIL"



Luis Merino Villegas Cruzados
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 12

Informe de laboratorio de Resultados de compresión Mezcla 3 (0.3% de totora)



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Martes, 21 de marzo del 2023
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034-2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	28/03/2023	7	28856	15.17	181	160
02	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	28/03/2023	7	24794	15.24	182	136
03	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	28/03/2023	7	26825	15.24	182	147
04	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	4/04/2023	14	37321	15.25	183	204
05	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	4/04/2023	14	37911	15.21	182	209
06	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	4/04/2023	14	37616	15.22	182	207
07	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	11/04/2023	28	41894	15.31	184	228
10	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	18/04/2023	28	43917	15.26	183	240
11	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	18/04/2023	28	43927	15.29	184	239
12	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm ²	210	21/03/2023	18/04/2023	28	43921	15.29	184	239

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL



Luis Mariano Villegas Granados
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 13

Informe de laboratorio de Resultados de flexión Mezcla control



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Lunes , 13 de marzo del 2023
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	24504	15.21	182	136
02	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	24958	15.24	183	137
03	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	20/04/2023	7	24800	15.23	182	136
04	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	34199	15.23	182	188
05	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	35657	15.21	182	196
06	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	27/04/2023	14	35474	15.22	182	195
07	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	4/05/2023	21	40457	15.22	182	222
08	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	4/05/2023	21	39451	15.22	182	217
09	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	4/05/2023	21	39286	15.22	182	216
10	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	42365	15.30	184	230
11	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	42236	15.30	184	230
12	PC- f'c= 210 kg/cm2	210	13/04/2023	11/05/2023	28	42310	15.30	184	230

OBSERVACIONES:
 - Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL



José Mauricio Villegas Guzmán
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 14

Informe de laboratorio de Resultados de flexión Mezcla 1 (0.2% de totora)



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Miércoles, 15 de marzo del 2023.
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034-2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f _c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f _c (Kg/Cm ²)
01	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	22/03/2023	7	33117	15.27	183	181
02	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	22/03/2023	7	33844	15.28	183	185
03	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	22/03/2023	7	33950	15.27	183	185
04	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	29/03/2023	14	43032	15.34	185	233
05	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	29/03/2023	14	42563	15.20	182	234
06	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	29/03/2023	14	42850	15.20	182	236
07	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	5/04/2023	21	46056	15.26	183	252
10	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	12/04/2023	28	48019	15.25	183	263
11	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	12/04/2023	28	47860	15.26	183	262
12	PCH-0.2% - f _c = 210 kg/cm ²	210	15/03/2023	12/04/2023	28	48664	15.26	183	266

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERIA CIVIL



Luis Mariano Villegas Coronado
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N°75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 15

Informe de laboratorio de Resultados de flexión Mezcla 2 (0.1% de totora)



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Martes, 21 de marzo del 2023
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034-2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	f'c (Kg/Cm ²)
01	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	28/03/2023	7	35622	15.21	182	196
02	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	28/03/2023	7	36365	15.23	182	200
03	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	28/03/2023	7	37738	15.21	182	208
04	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	4/04/2023	14	44187	15.21	182	243
05	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	4/04/2023	14	44636	15.18	181	247
06	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	4/04/2023	14	45207	15.19	181	250
09	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	11/04/2023	21	47916	15.26	183	262
10	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	18/04/2023	28	49175	15.27	183	269
11	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	18/04/2023	28	49443	15.27	183	270
12	PCH-0.1% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	18/04/2023	28	48916	15.27	183	267

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES
 ESC. INGENIERÍA CIVIL



Luis Mariano Villalpa Cruzados
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N°75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.

ANEXO Nro. 16

Informe de laboratorio de Resultados de flexión Mezcla 3 (0.3% de totora)



Solicitante : CARLOS JAVIER GALLARDO REBAZA
 Proyecto / Obra : TESIS "USO DE FIBRA DE TOTORA COMO AGREGADO DEL CONCRETO PARA EFICIENCIA DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS, CHICLAYO, 2023"
 Ubicación : CAMPUS USS - Km. 5 CARRETERA A PIMENTEL - PIMENTEL - CHICLAYO
 Fecha de vaciado : Martes, 21 de marzo del 2023
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm ²)	Fc (Kgf/Cm ²)
01	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	28/03/2023	7	28856	15.17	181	160
02	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	28/03/2023	7	24794	15.24	182	136
03	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	28/03/2023	7	26826	15.24	182	147
04	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	4/04/2023	14	37321	15.25	183	204
05	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	4/04/2023	14	37911	15.21	182	209
06	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	4/04/2023	14	37616	15.22	182	207
07	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	11/04/2023	28	41894	15.31	184	228
10	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	18/04/2023	28	43917	15.26	183	240
11	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	18/04/2023	28	43927	15.29	184	239
12	PCH-0.3% - f'c= 210 kg/cm2	210	21/03/2023	18/04/2023	28	43921	15.29	184	239

OBSERVACIONES:

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



Wilson Olaya Aguilar
 COORDINADOR DE LABORATORIOS / TALLERES
 ESC. INGENIERIA CIVIL



Luis Mariano Villegas Cruzado
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 75063

Nota: Este Informe fue elaborado en el laboratorio de suelos de la universidad Señor de Sipán en Chiclayo, Perú; firmado por el jefe de laboratorio y por el director de escuela.