



## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Mejoramiento al concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma”**

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

**TESISTA:**

**Bach. RAMOS SALCEDO, Carina Melina**

**ASESOR:**

**Mg. DELGADO RAMIREZ, Félix Germán**

**TARMA – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación va dedicado a universitarios de bachiller, ingenieros civiles y toda la población que ama la ingeniería de la construcción, que busca innovar y ampliar conocimientos acerca de la utilización de concreto absorbente con inserción de la fibra de vidrio para emplearlo en pavimentos y así ayudar a tener un planeta sostenible, por la cual este trabajo de investigación ayudará y facilitará al profesional para su posterior aplicación en distintos campos laborales.

## **Agradecimiento**

**A Dios;** por ser el máximo ingeniero civil de este maravilloso mundo, por ser el dueño de nuestras vidas y permitirnos llegar a alcanzar nuestras metas.

**A mis Padres;** por darme la oportunidad de ser profesional, por creer en mí, por orientarme en todo este camino para enfrentar los retos de la vida, por su cariño y apoyo incondicional que me brindaron en todo este trayecto.

**A mis Amigos,** los cuales de alguna u otra manera me brindaron su apoyo.

**Al PRONABEC,** por darme la oportunidad de poder cumplir mis metas, por su orientación vocacional y psicológica mediante tutorías en todo este proceso de formación continua.

## Resumen

El presente trabajo de investigación, se centró en el estudio del comportamiento de la fibra de vidrio insertada al concreto absorbente para aumentar su resistencia a la compresión, tal como es el caso para realizar esta investigación nos basamos de fuentes bibliográficas donde se encontró bastante información relevante acerca de la fibra de vidrio para animarse a usar este material como uno de los principales reactores para aumentar la resistencia a compresión del concreto absorbente. La variable independiente para este trabajo de investigación es el estudio del comportamiento de la fibra de vidrio insertada al concreto absorbente para ver si es adecuado usarlo en su diseño de mezclas o no, esto se hizo mediante diferentes ensayos de mezclas en laboratorio; y la variable dependiente es aumentar su resistencia a la compresión para usarlo en senderos peatonales de bastante tránsito. Esta investigación se hace con el fin de encontrar el diseño apto del concreto absorbente para la inserción de la fibra de vidrio y en base a las características de los agregados que se estudia se escoge el que de una mejor trabajabilidad y ayude a su resistencia para que posteriormente se pueda usar en pavimentos de alto tránsito, principalmente en las zonas donde la demanda de lluvias es bastante alta y en ocasiones casi imposible de transitar. Los estudios que se hacen necesariamente son en laboratorio, con ayuda de las normas americanas y extranjeras relacionadas al tema de investigación como son el ACI (American Concrete Institute) y ASTM (American Society of Testing Materials) especialmente.

Palabras clave: concreto absorbente, fibra de vidrio, resistencia a la compresión, drenaje.

## **Abstract**

The present work of investigation, focused on the study of the behavior of fiberglass inserted to absorbent concrete to increase its resistance to compression, as is the case to carry out this research based on bibliographic sources where enough relevant information was found about fiberglass to be encouraged to use this material as one of the main reactors to increase the compressive strength of absorbent concrete. The independent variable for this research work is the study of the behavior of the fiberglass inserted to the absorbent concrete to see if it is suitable to use it in its design of mixtures or not, this was done by different tests of mixtures in the laboratory; and the dependent variable is to increase its resistance to compression for use on pedestrian paths with a lot of traffic. This research is done in order to find the suitable design of the absorbent concrete for the insertion of the fiberglass and based on the characteristics of the aggregates that are studied, the one that of a better workability is chosen and helps its resistance so that later it can be used in high traffic pavements, mainly in areas where the demand for rains is quite high and sometimes almost impossible to transit. The studies that are necessarily done are in the laboratory, with the help of the American and foreign standards related to the research topic such as the ACI (American Concrete Institute) and ASTM (American Society of Testing Materials) especially.

**Keywords:** absorbent concrete, fiberglass, compressive strength, drainage.

## Índice general

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice general	vi
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xii
Lista de símbolos y siglas	xiv
Introducción	xv
Capítulo I	1
Planteamiento del problema	1
1.1    Formulación del problema	1
1.1.1    Problema principal	3
1.1.2    Problemas secundarios	3
1.2    Objetivos de la investigación	3
1.2.1    Objetivo principal	3
1.2.2    Objetivos secundarios	4
1.3    Justificación e importancia de la investigación	4
1.4    Delimitación del área de investigación	5
1.5    Limitación del área de investigación	5
Capítulo II	6
Marco teórico	6
2.1 Antecedentes nacionales e internacionales	6
2.1.1 Antecedentes internacionales	6
2.1.2 Antecedentes nacionales	7
2.2 Bases teóricas	9

2.2.1 Concreto absorbente	9
2.2.2 Fibra de vidrio	15
2.3 Bases legales	18
2.4 Definición de términos básicos	19
Capitulo III	22
Hipótesis y variables de la investigación	22
3.1 Hipótesis principal	22
3.2 Hipótesis secundarias	22
3.3 Operacionalización de variables	23
3.4 Cuadro de matriz de consistencia	24
Capitulo IV	25
Diseño de la investigación	25
4.1 Diseño de ingeniería	25
4.2 Métodos y técnicas del proyecto de investigación	26
4.2.1 Modalidad de investigación	26
4.2.2 Alcance de la investigación	26
4.2.3 Tipo de investigación	26
4.2.4 Método de investigación	26
4.3 Fundamentos para definir el trabajo	27
4.3.1 Permeabilidad de los pavimentos absorbentes	28
4.3.2 Datos meteorológicos en la región Junín	29
4.3.3 Pronóstico de temperaturas para la región Junín	30
4.4 Tipo de proyecto de investigación	32
4.5 Diseño estadístico	32
4.5.1 Población y muestra	32
4.6 Técnicas y herramientas estadísticas	33
4.6.1 Instrumentos para recolectar datos	33

Capítulo V	34
Descripción de la zona de estudio	34
5.1 Ubicación	34
5.1.1 Ubicación política	34
5.1.2 Ubicación geográfica	35
5.1.3 Población	35
5.1.4 Economía urbanismo	35
5.1.5 Clima	36
Capítulo VI	37
Desarrollo de la investigación	37
6.1 Materiales a utilizarse en el diseño de mezclas	37
6.2 Pruebas requeridas para el diseño de mezclas	40
6.2.1 Granulometría	40
6.2.2 Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso	44
6.2.3 Contenido de humedad del agregado grueso	49
6.2.4 Peso unitario suelto y compactado del agregado	51
6.3 Propiedades en estado fresco y en estado endurecido	53
6.3.1 Propiedades en estado fresco	53
6.3.2 Propiedades en estado endurecido	54
6.4 Elección de la resistencia a compresión	56
6.5 Diseño de mezclas	57
6.5.1 Dosificación de los materiales	57
6.5.2 Materiales y equipos	63
6.5.3 Realización de diseño de mezclas	63
Capítulo VII	68
Resultados y validación de la hipótesis	68
7.1 Resultados de la investigación	68

7.1.1 Cálculo de porcentaje de vacíos en estado endurecido	68
7.1.2 Cálculo de permeabilidad	69
7.1.3 Cálculo de la resistencia a compresión	70
7.1.4 Estadística de la evolución de la resistencia a compresión	74
7.2 Validación de la hipótesis	77
7.2.1 Análisis estadístico del contenido de vacíos	77
7.2.2 Prueba de hipótesis	77
Capítulo VIII	80
Discusiones, conclusiones y recomendaciones	80
8.1 Discusiones	80
8.2 Conclusiones	83
8.2.1 Conclusiones generales	83
8.2.2 Conclusiones específicas	83
8.3 Recomendaciones	84
Referencias bibliográficas	85
Anexos	89
Anexo 1. Calles actuales en mal estado de la ciudad de Tarma	89
Anexo 2. Validación de instrumentos usados para realización de ensayos de laboratorio	92
Anexo 3 Certificado de ensayos realizados en laboratorio de Ingeniería civil	104
Anexo 4 Vista del programa DM CONCRET para realizar diseño de mezclas de concreto	105
Anexo 5. RNE – Formatos para realizar ensayos de laboratorio según Norma Técnica Peruana (NTP)	106
Anexo 6. Análisis de precios unitarios de materiales de un pavimento convencional con uno absorbente	107
Anexo 7. Plano de ubicación de la cantera de los agregados utilizados	108
Anexo 8. Plano con dimensión de las briquetas utilizadas	109

Anexo 9. ACI 211 – Guía para proporciones de concretos con cero slump	110
Anexo 10 ACI 522 R-10 Gradación del agregado grueso y porcentaje de agua que pasa	113

## Índice de tablas

Tabla 1 Propiedades físicas del concreto absorbente	11
Tabla 2 Operacionalización de variables	23
Tabla 3 Matriz de consistencia	24
Tabla 4 Cantidad de probetas a realizarse según el porcentaje de inserción de fibra de vidrio	33
Tabla 5 Ensayo de granulometría del agregado grueso	42
Tabla 6 Ensayo de granulometría del agregado fino	
Tabla 7 Datos requeridos para el ensayo de peso específico y Absorción del agregado	48
Tabla 8 Resultados del ensayo de peso específico y Absorción del agregado.	49
Tabla 9 Resultados de contenido de humedad del agregado grueso	50
Tabla 10 Resultados del peso unitario suelto del agregado	52
Tabla 11 Resultados del peso unitario compactado del agregado	53
Tabla 12 Volumen absoluto de los materiales para el diseño de mezclas	57
Tabla 13 Datos de peso de diseño de los materiales de nuestra mezcla	58
Tabla 14 Datos corregidos por humedad del diseño de mezclas del concreto absorbente	58
Tabla 15 Datos obtenidos en volumen de nuestro diseño de mezclas de concreto absorbente	58
Tabla 16 Datos de proporción para un m <sup>3</sup>	59
Tabla 17 Proporción para la cantidad de briquetas que realizaremos	59
Tabla 18 Proporción de diseño corregido por añadir aditivo en un 10% del total de agua	
Tabla 19 Proporción de diseño corregido por añadir 10% de agregado fino del total de agregado grueso	60
Tabla 20 Proporción final para realizar el diseño de mezclas de nuestro concreto absorbente	61
Tabla 21 Resumen de diseño de mezclas para los diferentes porcentajes de inserción de fibra de vidrio	62
Tabla 22 Determinación del porcentaje de vacíos según el incremento de la fibra de vidrio	68
Tabla 23 Datos obtenidos de la briketa de prueba N°1 (CF 0.5%)	77
Tabla 24 Datos obtenidos de la briketa de prueba N°2 (CF 1.0%)	78

Tabla 25 Datos obtenidos de la briqueta de prueba N°3 (CF 1.5%)	79
Tabla 26 Discusión de resultados	81

## Índice de figuras

Figura 1. Fibra de vidrio	16
Figura 2. Diseño de ingeniería que se aplica	25
Figura 3 Muestra de husos granulométricos	28
Figura 4 Permeabilidad del concreto absorbente	28
Figura 5 Probabilidad de ocurrencia de lluvias para el trimestre octubre-diciembre	30
Figura 6 Zonas de afectación durante la temporada de lluvias	31
Figura 7 Mapa del Distrito de Tarma (Municipalidad de Tarma)	34
Figura 8 Agregado grueso de 3/4 " para realizar las pruebas requeridas	38
Figura 9 Frecuencia de muestreo para el control físico y químico del agua	39
Figura 10 Proceso de cuarteo del agregado grueso	41
Figura 11 Cantidad de agregado grueso de muestra para tamizado	41
Figura 12 Tamices normalizados para realizar granulometría de agregado grueso	42
Figura 13 Tamices normalizados para realizar granulometría de agregado fino	43
Figura 14 Cuarteo de material para realizar ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado	45
Figura 15 Horno del laboratorio de suelos para realizar secado de muestras	46
Figura 16 Proceso de secado superficialmente del agregado de muestra para el ensayo de peso específico y porcentaje de absorción	47
Figura 17 Muestra del agregado grueso antes de insertarlo al agua	47
Figura 18 Muestra del agregado grueso insertado al agua	48
Figura 19 Muestra para hallar contenido de humedad del agregado grueso	49
Figura 20 Muestra pesada después de 24 horas de estar en el horno	50
Figura 21 Realización de la prueba de revenimiento	54
Figura 22 Revenimiento 0" para concretos permeables	54
Figura 23 Porcentaje de vacíos versus filtración del diseño	55
Figura 24 Realización de prueba de permeabilidad del concreto absorbente	55
Figura 25 Resistencia a compresión versus contenido de vacíos a los 28 días para tamaños de agregados N°67 y N°8 (Adaptado de ACI 211.3R)	56

Figura 26 Moldes cilíndricos de 10 x 20.5 cm para realizar ensayo de rotura de probetas	62
Figura 27 Moldes rectangulares de 20x30x10 cm para realizar ensayo de permeabilidad del concreto absorbente	62
Figura 28 Proceso de mezclado de agregado grueso y agregado fino	63
Figura 29 Proceso de mezclado de agregado con cemento	64
Figura 30 Proceso de mezcla de nuestro concreto adicionándole agua y aditivo	64
Figura 31 Proceso de llenado del concreto en los moldes	65
Figura 32 Muestra de fibra de vidrio para agregar al diseño de mezclas	65
Figura 33 Proceso de compactación de las probetas para resistencia a compresión	66
Figura 34 Fibra de vidrio antes de mezclarlo en el concreto	66
Figura 35 Especímenes realizados para las pruebas respectivas	67
Figura 36 Ensayo de permeabilidad en el espécimen de prueba	70
Figura 37 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 0.00 % de fibra de vidrio	71
Figura 38 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 0.5 % de fibra de vidrio	71
Figura 39 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 1.0 % de fibra de vidrio	72
Figura 40 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 1.5% de fibra de vidrio	73
Figura 41 Resumen estadístico de la resistencia a compresión de las diferentes pruebas	73
Figura 42 Gráfica de evolución de resistencia con 0.5 % de fibra de vidrio respecto a la briqueta sin fibra	74
Figura 43 Gráfica de evolución de resistencia con 0.10 % de fibra de vidrio respecto a la briqueta sin fibra	75
Figura 44 Gráfica de evolución de resistencia con 1.5 % de fibra de vidrio respecto a la briqueta sin fibra	75
Figura 45 Estadística de la evolución de resistencia de acuerdo al porcentaje de fibra de vidrio insertado	76
Figura 46 Contenido de vacíos de acuerdo a la cantidad de fibra de vidrio agregada	77
Figura 47 Inundación de calles en la ciudad de Tarma por mal sistema de drenaje	89
Figura 48 Inundación de calles y atracción de focos infecciosos	90
Figura 49 Programa DM CONCRET	105

## Lista de símbolos y siglas

IMCYC	Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto
ASTM	American Society of Testing Materials o Asociación Americana de Ensayo de Materiales
ACI	American concrete Institute o Instituto Americano del Concreto
EPA	Environmental Protection Agency o Agencia de Protección Ambiental
IARC	International Agency on Research on Cancer o Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones
CE	Componentes Estructurales
SENAMHI	Servicio nacional de meteorología e hidrología de Perú
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
TMN	Tamaño Máximo Nominal
NTC	Norma Técnica Colombiana
NTP	Norma Técnica Peruana
CF	Con Fibra

## **Introducción**

El presente trabajo tiene por finalidad evaluar como la incidencia de fibra de vidrio en el concreto absorbente incrementa su resistencia.

Se ha visto que las ciudades están creciendo aceleradamente cada año más, por lo que se requiere hacer alguna mejora en relación a las vías de tránsito para disminuir riesgos de inundaciones y así mejorar la calidad de vida.

En nuestro país, actualmente no se viene implementando la tecnología de pavimento poroso, debido a que no se ha realizado muchas investigaciones de este tipo de pavimento afirmando que su uso es una solución eficaz y eficiente en la conservación del medio ambiente.

La utilización de la fibra de vidrio en el diseño de mezclas del concreto absorbente para incrementar su resistencia a la compresión fue uno de los factores principales de estudio, por lo que mediante muchas pruebas de laboratorio se encontró el diseño óptimo a una resistencia mayor para usarlo en zonas livianas de bajo tránsito sin dificultad o temor a un alto costo en su mantenimiento y/o reposición a poco tiempo de ser implementado.

En los siguientes capítulos se describe la principal problemática que incitó a realizar este trabajo de investigación como es el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la hipótesis, y en el cuadro de variables se resume lo que se quiso encontrar con esta investigación para luego en las conclusiones dar por realizado y cumplido esta indagación.

## **Capítulo I**

### **Planteamiento del problema**

#### **1.1 Formulación del problema**

El planteamiento del problema es el centro, el corazón de la investigación: dicta o define los métodos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 34).

Desde la antigüedad se conoce que los romanos usaron frecuentemente una forma de concreto ligero en sus construcciones, tal es el caso de la cúpula del Partenón y el coliseo Romano construido en el siglo II A.C. con concreto in situ a base de agregados de piedra pómez que lo utilizaron frecuentemente.

A mediados del siglo XIX el concreto absorbente tuvo sus inicios en Europa y tenía sus aplicaciones en paredes, paneles prefabricados y pavimentos y en esas épocas el principal material era la piedra pómez natural. Antes de la segunda guerra mundial se usaba principalmente en la fabricación de bloques para muros que no fueran de carga. Así posteriormente debido a la mejor calidad se utilizó también para elementos estructurales de carga y más recientemente es utilizado para elementos estructurales de concreto reforzado y también en elementos de concreto pretensado.

En algunas ciudades del universo, el líquido elemento se ha transformado en una grave complicación ya que, en general, no ha habido inquietud para rescatar los mantos acuíferos desde adonde esta es extraída. En el tema de las localidades de México y Guadalajara, entre ambas obtienen incluso el 75 % del componente mencionado de dichas capas y, en entre ambos argumentos los mantones se están agotando, al igual que sucede en muchas capitales de países, las cuales, al aumentar, van cubriendo con materiales impermeables lo que la naturaleza había efectuado permeable. Por esta causa, la poza de recarga que es el H<sub>2</sub>O de diluvio, termina en los drenajes, en punto de seguir su sendero natural hacia los estratos (Villanueva y Carné, 1996).

Posteriormente en Alemania se hizo una gran indagación para especies de concretos permeables correctos para tipos de carga. En América latina el rendimiento del concreto liviano tanto como el concreto aireado fue de gran crecimiento, siendo los estados más innovadores México, Argentina y Brasil.

En el Perú el uso de concreto permeable todavía no es muy común, y no se están dando buenas alternativas de solución para facilitar el drenaje pluvial, ya que el pavimento convencional que se usa tiende a desgastarse más rápidamente por varios factores externos.

Por tal motivo al realizar estudios de la inserción de fibra de vidrio en el concreto absorbente, se analiza si este material ayuda o no a aumentar la resistencia a compresión de dicho concreto para que pueda ser aplicada en centros de ciudades con alta demanda transitable donde la escorrentía del agua de las lluvias impide el fácil traslado de las personas y/o vehículos ligeros.

Para realizar esta investigación se toma como referencia la provincia de Tarma que es gravemente afectada por el drenaje pluvial en épocas de lluvia. Este tipo de concreto absorbente nos va ayuda a mitigar los problemas de inundaciones en las zonas céntricas de la misma provincia además de que es un drenaje sostenible porque ayuda a la recarga de los mantos acuíferos y/o el agua que se capta puede ser reusada.

### **1.1.1 Problema principal**

¿Cómo el mejoramiento al concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio aumentará su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma?

### **1.1.2 Problemas secundarios**

- ¿Cuál será el diseño de mezcla del concreto absorbente apto para la inserción de fibra de vidrio y así aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma?
- ¿En qué medida el concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio será beneficioso para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

Señala a lo que se aspira en la investigación y debe expresarse con claridad, pues son las guías del estudio (Hernández et al., 2014, p.37).

### **1.2.1 Objetivo principal**

Mejorar el concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma

### **1.2.2 Objetivos secundarios**

- Analizar el diseño de mezclas del concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.
- Evaluar la cantidad de inserción de fibra de vidrio en el diseño de mezclas del concreto absorbente para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.

### **1.3 Justificación e importancia de la investigación**

Indica el porqué de la investigación exponiendo sus razones. Por medio de la justificación debemos demostrar que el estudio es ineludible e importante. (Hernández et al., 2014,p.73).

En nuestro país, la tecnología del concreto absorbente todavía no se viene implementando como solución a los problemas acarreados por la deposición de aguas pluviales en las calles, es por ello que nace la incertidumbre de encontrar un pavimento apto en su elaboración y costo para la utilización en zonas donde se genere demasiada escorrentía en las épocas de lluvia y así evitar inundaciones y/o desastres naturales.

La investigación se justifica técnicamente porque está orientado a resolver problemas de desbordamiento de aguas pluviales en las principales calles de la zona céntrica de la ciudad de Tarma y los mercados que se ha podido demostrar que en épocas de lluvia las cunetas no son suficiente para abastecer este problema de drenaje.

La investigación se justifica socialmente porque es de gran ayuda tanto para los negociantes como para las personas que recurren a los mercados hacer sus compras, porque el agua de la lluvia se estanca en cualquier parte e impide el libre tránsito.

La investigación se justifica ambientalmente porque al realizar este proyecto no solo se busca solucionar un problema de fácil drenaje en nuestra ciudad, sino que también se busca cuidar el medio ambiente, recargando los mantos acuíferos de la tierra, reutilizando las aguas pluviales entre otros beneficios. Además, que tenga un costo lucrativo en su implementación.

#### **1.4 Delimitación del área de investigación**

- **Delimitación temporal:** La delimitación temporal hace que un estudio suceda en un lapso de tiempo, ya que una investigación con fecha actual no puede ser la misma dentro un periodo de tiempo tardío. (Supo, 2015, pág. 18)

La presente investigación está delimitada entre el periodo julio a setiembre del 2019, puesto que en este periodo están desarrollados las investigaciones en la que está basado.

- **Delimitación espacial:** La delimitación espacial evita que tengamos que estudiar a todos los individuos del planeta, además en muchos casos solo nos interesa estudiar a un espacio geográfico muy específico (Supo, 2015, pág. 18)

La presente investigación está delimitada en el área donde se hace los estudios correspondientes, en este caso es en el laboratorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, provincia de Tarma - Región Junín.

#### **1.5 Limitación del área de investigación**

Para el presente trabajo de investigación, la limitación fue que en el laboratorio de Ingeniería civil no se cuenta con una máquina de deflexión, que es un componente importante de calcular según las normas en concreto absorbente.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **2.1 Antecedentes nacionales e internacionales**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Moujir y Castañeda (2014), en su proyecto de investigación sobre pavimento permeable para obtener el título de ingeniero civil; tuvo como objetivo principal diseñar un concreto absorbente aplicado a estructuras de pavimento rígido, comparando la inclusión o no de agregado fino en la mezcla, donde logran resolver su inquietud de manera exploratorio, usando dos tipos de muestra de concreto permeable, la primera empleando agregado fino y la otra muestra sin finos, donde en la primera muestra el espécimen se comportó mejor mecánicamente pero tiene menor cantidad de vacíos, a diferencia del segundo que no contiene finos por lo tanto es más permeable pero no tan resistente, lo que indica que ésta primera muestra cumple mejor las condiciones para ser usado en zonas de peso liviano y zonas de parqueo.

Fernandez y Navas (2010), caben mencionar en su investigación acorde a diseño de mixturas del concreto, tuvieron como objetivo principal determinar la influencia que tienen los materiales en la resistencia a compresión uniaxial del concreto permeable, donde los principales factores que tomaron en cuenta fue la relación a/c, AG/C, tipo de AG, % de vacíos y peso unitario. Para poder determinar que si es necesario la inserción de finos y aditivos plastificantes en el diseño de mezclas. Pero en conclusión con esta investigación se puede decir que: “las variables que afectan de forma positiva en la resistencia la hacen de forma negativa en la permeabilidad”.

Shawant et al. (2017) en su trabajo de investigación “*Concreto poroso con fibra de vidrio*” tuvieron por objetivo principal encontrar un pavimento que sea drenable y a la vez resistente para dar solución a las escorrentías pluviales que afectan a su país, por lo tanto decidieron usar fibra de vidrio en su diseño de mezclas para aumentar la resistencia del concreto llegando a la conclusión que adicionando 1.5 a 2 % de fibra de vidrio se tiene el valor óptimo en el diseño de mezclas y si es menos o más a este rango no hace efecto a incrementar su resistencia.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Silva (2016), en su investigación que realizó de manera descriptiva para titularse como ingeniero civil; “*Concreto permeable como propuesta sostenible para mejorar el sistema de drenaje pluvial de la vía Blas de Atienza en Piura*”, teniendo como objetivo principal que el concreto permeable si es una buena propuesta sostenible para mejorar el sistema pluvial, realizaron su proyecto rigiéndose a las normas establecidas para concreto permeable y pudieron concluir tras varios ensayos realizados la

dosificación correcta para poder aplicarse en pavimentos y así tener un territorio más sostenible.

Según Sifuentes (2016), en: “*Resistencia a compresión uniaxial de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> de agregados de cerro con la adición de fibras de polipropileno*, UPN – 2016”, estudió la influencia de la fibra de polipropileno con adición de 0.10, 0.17 y 0.25 % en el diseño de mezcla para aumentar su tenacidad usando agregados de cantera de cerro, donde pudo concluir que las fibras de polipropileno si ayuda en la firmeza del concreto pero a la edad de 21 días se obtienen mejores resultados, por lo que se deduce que su investigación lo hizo de manera experimental para cumplir con su objetivo que era aumentar la resistencia con la adición de fibras de polipropileno.

Flores y Pacompia (2015) en la elaboración de tu tesis de tipo correlacional, para obtener el título de ingeniero civil; sobre diseño de mixturas con añadidura de polipropileno para pavimentos  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, analizó como la incidencia de tiras de plástico influye en relación a la cantidad que se ponga en su firmeza, diseñado para pavimentos. Los autores de esta investigación centraron su estudio en el efecto que tiene la incorporación de tiras de plástico en el diseño de mezclas de dicho concreto llegando a la conclusión que la adición de tiras de plástico en 0.05 y 0.10 % ayuda a incrementar la resistencia positivamente, mientras que al incrementar un 0.15 % lo hace de forma negativa.

Villanueva y Chaiña (2017) en su tesis “*Diseño de concreto permeable, para pavimentos rígidos, utilizando piedra huso 67 y arena gruesa de la cantera la poderosa, para la ciudad de Arequipa*”, tuvieron como objetivo principal encontrar un diseño apto de concreto permeable para ser utilizado

como pavimento rígido siendo necesario o no la inclusión de arena fina en su diseño de mezcla, para la cual desarrollaron el proyecto de manera experimental y así pudieron comparar resultados entre sus muestras con y sin agregado fino para ver cuál es más factible. Los investigadores también ultimaron los análisis de costo entre un concreto convencional y uno permeable que es menos costoso el concreto permeable y a la vez viable para ser utilizada como solución de pavimento sostenible.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Concreto absorbente**

De acuerdo al ACI 522R-10, el concreto permeable (“previous concrete”, nombre original en inglés) y/o concreto absorbente es un tipo de colocación abierta con revenimiento mínimo, combinado con cemento portland, agregado grueso, poco o nada de selectos, aditivos y líquido que al mezclarse sirve para fabricar pisos y pavimentos totalmente porosos.

La poca presencia de agregado fino, hace que el concreto tenga una estructura porosa, permitiendo que el agua pase a través de la estructura, con lo cual se disminuye la acumulación superficial del agua de lluvia (TOXEMENT, 2017).

La vital integridad del concreto absorbente es el adecuado gobierno del líquido de granizada, peculiaridad agradecida efectivamente por entidades universales, así como la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Este tipo de concreto no tiene finos o posee poco, se aplica especialmente a modo de asfalto de mínimo manejo, áreas de parkings, atajos y calzadas para caminantes o deportistas. Es un ceñido singular, derivación de la mixtura de piedra chancada, caliza y elemento líquido que beneficia la creación de una

distribución de índole permeable que permite la marcha de líquido a través de ella. Es de menguada reticencia; con cero slump; es desabrido y absorbente y consigue utilizarse a manera de asfalto de válida clase estructural, que permite infiltrar las precipitaciones (IMCYC, 2011).

La estructura del material permite el paso de agua, pero proporciona resistencia estructural moderada. Por el alto porcentaje de huecos, el concreto permeable ha sido utilizado también como material aislante (211.3R, 2009)

Como materiales directos se tiene la posibilidad de emplear: el cemento Portland de uso general (ASTM 150 y C1157); cementos adicionados (ASTM C595 y C1157), así como materiales adicionales como la ceniza volante, humo de sílice y escorias de alto horno (ASTM C618, C1240 y C989). Cabe recalcar que por lo usual se emplean agregados gruesos de 9.5, 19.0 y hasta 25.4 mm de tamaño más alto (ASTM C33), que puede ser de peso habitual o liviano, y de manera redondeada o triturada. Los agregados de representación redondeada generan superiores resistencias; los de más grande tamaño superficies más ásperas, en tanto que los de tamaño reducido y textura blando son más simples de detectar, aunque soliciten de más grande proporción de cemento. Respecto al añadido fino, es habitual que no se use; por otro lado, en caso primordial se sugiere su uso en bajos contenidos, cuidando que no se reduzca la permeabilidad. (ACI, 1992)

El agua potable es importante para la preparación del pavimento permeable. Se puede usar agua de otras fuentes o reciclada; por otro lado, debe efectuar con lo especificado en la ASTM C1602, hay que comprobar que su empleo no influya en el tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad. Gracias a la limitada proporción de agregado fino, la cuantía de agua es un

aspecto esencial en el concreto permeable. La resistencia del concreto dependiente de la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas de agregado grueso. La carencia de agua provoca la inexactitud de adherencia, en tanto que el exceso de agua puede crear la obstrucción de los poros. En el primer caso se puede exhibir la falla prematura del área, y en el segundo se pierde la aptitud de filtración de la superficie.

La mixtura de concreto absorbente es más rígida y su lapso de fabricado es minúsculo asemejado a la de uno convencional, por lo que en cuestión ineludible se consiguen usar químicos y/o compuestos retardantes de fraguado, altamente respetable en tiempos arduos para proporcionar la entrega y su distribución. Para todos los temas se debe contrastar que los aditivos cumplan lo especificado en la ASTM C494 (IMCYC, 2011).

### ***Propiedades en estado fresco***

En la tabla 1 se presenta las propiedades distintivas de este concreto:

Tabla 1

*Propiedades físicas del concreto absorbente*

<b>Propiedad</b>	<b>Rango</b>
Revenimiento(mm)	0 - 20
Peso unitario(kg/m <sup>3</sup> )	1600-2000
Tiempo de fraguado (hora)	1
Porosidad, % (volumen)	15-25
Permeabilidad, lt/m <sup>2</sup> /min(cm/seg)	120-320 (0.20-0.54)
Resistencia a compresión (MPa)	3.5-28
Resistencia a flexión (MPa)	1-3.8
Contracción	200 x 10 <sup>-6</sup>

*Fuente. (IMCYC, 2011)*

- **Revenimiento:** Es común en este concreto que el slump sea cero; no obstante, se han deslucido datos en la condición de 20 a 50 mm. Este ensayo que se comete en coalición con la ASTM C143 no es ensayo que se considera para términos de revisión de eficacia, tal es el argumento del concreto convencional, únicamente discurre como un importe de mención.
- **Peso unitario:** En este arquetipo de concreto el censo es a criterio del 70% del diseño usual. Su observación fue analizada en concordancia a lo detallado en la norma del ASTM C1688.
- **Periodo de secado:** En el concreto absorbente el lapso de fraguado se reduce debido a su estabilidad sequía, debido al excesivo importe de tamizado grueso y poco a nada de finos. Para aplazar el periodo de secado se tienden a usar compuestos químicos y así admitir la correcta repartición de la mezcla.

### *Propiedades en fase endurecido*

- **Porosidad:** El tener poros viene a ser propiedad indefectible del adoquinado absorbente, el agua penetra a través de ello sin dificultad.  
El estado en la cual el concreto es penetrable es que la relación entre vacíos sea preferente al 15 %.
- **Permeabilidad:** Al igual que la esponjosidad, la distribución, la compactación de la mixtura y de las técnicas de colocación, estarán en base a las propiedades contenidas en cada temporal. Si se le compacta demasiado, este tenderá a reducir su permeabilidad. Se encuentra en la relación a más porcentaje de vacíos, más destilación del H<sub>2</sub>O.

### ***Particularidades mecánicas***

- La **resistencia a compresión**, va desde 3 MPa hasta 28 MPa. El aguante a compresión está afectado por el esfuerzo de compactación y por el contenido de vacíos.
- La **resistencia a flexión**, va desde 1 hasta 3.8 MPa. Su valor podría sujetarse a significativa inestabilidad, tal condición por la cual se deba calcular la resistencia a compresión y usar relaciones empíricas para estimar su valor.

### ***Tipo de Beneficios***

- **Medio ambientales:** La eminente filtración del concreto absorbente, es una alternativa a la dificultad de infiltración superficial proveniente de las lluvias, impidiendo los enlodados. Además, la derivación de isla de calor, que está concerniente a construcciones que se allegan a estancar calor, disminuye por el altísimo albedo del concreto absorbente, ya que su porosidad ayuda a la locomoción de aire y por lo tanto hay mínima dilación de calor. De la misma manera, la luminosidad que irradia el pavimento absorbente hace que menore la temperatura climática, especialmente en las zonas urbanas de noche, los pavimentos permeables solicitan de menor resplandor debido a la máxima reflexión que tienen a la luminiscencia (IMCYC, 2011).
- **Económicos:** El concreto absorbente puede aplicarse como una elección en áreas de aparcamiento y devaluar la urgencia de cimentar conductos de detención donde se acumula el agua pluvial. El asfalto absorbente interviene como espacio de conservación, lo que hace disminuir el precio de la edificación de hoyos de detención, la colocación de bombillas,

tuberías de drenaje, y su manutención o admitir métodos de alcantarillado de menor volumen.

- **Estructurales:** La estructura permeable del pavimento facilita el movimiento conveniente para los medios de transporte y reduce el hidropelano, incluso con borrasca, permitiendo tranquilidad a los choferes y a los transeúntes. El concreto absorbente es duradero y resistente a una temporada alcanzando perdurar varios años (20 a 30 años) con la manutención correcta.

### ***Ventajas***

Los asfaltos absorbentes alcanzan considerarse a modo de vínculo de filtración razonable, ya que forma parte de las técnicas de penetración, captación, exportación y acumulación (Monetti, 2018, pág. 36).

- La mayoría de exteriores son 100 % absorbentes
- Se eliminan los charcos.
- Disminuye notablemente la temperatura de la faz.
- Acorta notablemente el sonido inducido por el tráfico vehicular.
- Permite la reducción o inclusive la anulación de los drenajes pluviales.
- Evita la acumulación de agua en las ruedas de los automóviles.
- La faz es plana ya que no requiere “bombeo”.
- Adquiere sus peculiaridades de resistencia entre 24 y 72 horas.
- Se puede procrear en diversos colores y con diferentes tipologías de piedra.
- Sus bases y métodos productivos son más económicos que de los pisos y pavimentos habituales.

### ***Desventajas***

El pavimento absorbente es muy perceptible a la compactación del territorio, ya que se ve contraída su capacidad de infiltración. Por tanto, un desacertado diseño, una mala ejecución o un insuficiente o inexistente mantenimiento produce una disminución en la fiabilidad del procedimiento.

Debido a su armadura porosa, consiguen incluir residuos selectos, que son retenidos y adsorbidos, y no consiguen continuar transportándose a través del territorio contaminando las aguas subterráneas (HIDROCRETO, 2015).

En los últimos tiempos, nacieron grandiosos desarrollos tecnológicos para este tipo de pavimento y en gran sección del progreso el uso de nuevos químicos que, si se agregan al concreto en cuantías mínimas, consiguen optimizar dramáticamente las participaciones cruciales del concreto en su estado frágil y / o embrutecido (Mechtcherine, 2012, pág. 1).

#### **2.2.2 Fibra de vidrio**

Las fibras ya sean de acero, polímeros, carbón, vidrio o materiales naturales se pueden considerar como refuerzo dilatado por toda la profundidad de un elemento estructural.

Las fibras reducen el espacio entre grietas y los anchos dando lugar a una redistribución de tensiones, en consecuencia, el enclavamiento agregado aumenta, lo que da a las fibras más rigidez y una alta capacidad de carga (Cuenca, 2015, p. 18).

El plástico reforzado está constituido esencialmente por filamentos vidriosos, un mecanismo con inmensidad de utilidades y empleos, debido a su tenacidad y peculiaridades individuales.

El filamento vidrioso es un elemento combinado de hilos de vidrio moldeado con resinas que, al enlazarse, forma una contextura fija y sorprendente para ser utilizada como componente estructural de distintos materiales.



*Figura 1.* Fibra de vidrio

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

### ***Propiedades***

- **Resistencia química.** El filamento de vidrio tiene buena resistencia gracias a la resina que es un dispositivo que la hace más tenaz a la erosión artificial y del ambiente. Por tanto, la fibra no se putrefacta y menos desgasta, puesto que es rígido a la totalidad de los ácidos a excepción del ácido fluorhídrico y el ácido fosfórico.
- **Peso ligero.** El peso específico de las briznas de resina, permiten su fluidez de distribución y colocación. Asimismo, contrae el peso admitido del armazón de soporte.
- **Bajo mantenimiento.** Gracias a las características específicas de los filamentos de vidrio, los constituyentes no requerirán manutención especial, incluso años más tarde de usarlas en aplicaciones foráneas. Esta especialidad, lleva automáticamente a reservas de importes en la era.

### *Ventajas*

- **Estructura ligera:** Una alta relación resistencia/peso ofrece precios de traslado y de instalación inferiores en comparación con materiales tal cual es el acero o el hormigón. El filamento de vidrio es liviana y fuerte.
- **Eficiencia:** Proporciona más beneficio hidráulico en comparación al acero y el hormigón, sometiendo elocuentemente los valores de operación. Los filamentos de vidrio son altamente lucrativos.
- **Longevidad:** Una mayor durabilidad amplía el periodo de existencia del régimen de forma significativa más allá de lo que ofrecen otros materiales facultativos. La hilaza de vidrio es económica y no perjudica al ambiente.
- **Versatilidad:** Adapta una diversidad de alternativas de acoplamiento y disposiciones confusas gracias a su ligereza y cabida para resistir fuertes cargas y temperaturas, asimismo bruscos parámetros de tenacidad química.
- **Capacidad de adaptación:** Brinda una extraordinaria consistencia frente a espacios corrosivos, implicado suelos y aguas salinas. Esta fibra es muy durable.

### *Desventajas*

Las principales desventajas de esta fibra son:

- Costo elevado
- No reciclable
- Análisis estructural complejo

Después de haber visto los conceptos tanto del concreto absorbente como de la fibra vidria y según Cuenca (2015), afirma que los hilos de resina (vidrio) mejoran la persistencia y el proceder del concreto porque reducen el ancho y espacio entre grietas, no es recomendable usar un alto porcentaje de fibras.

### **2.3 Bases legales**

- **Norma ASTM Internacional. (American Society for Testing and Materials)**

Es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. Es la mayor organización científica y técnica para el establecimiento y la difusión de normas relativas a las características y prestaciones de materiales, productos, sistemas y servicios.

- **Norma ACI 522 R.10.**

En esta parte de la norma ACI nos habla del reporte en concreto permeable, donde nos brinda información para hacer las proporciones de los materiales en el diseño de mezclas.

- **Norma ACI 211.3R-02**

La norma ACI 211.3R-02, proporciona la guía de diseño de proporciones del concreto con cero slump.

- **EPA (Environmental Protection Agency)**

Es una agencia del gobierno federal de Estados Unidos encargada de proteger la salud humana y proteger el medio ambiente, aire, agua y suelo.

- **IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer)**

El IARC, es un órgano intergubernamental que forma parte de la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas. Está comprobado por esta organización que la fibra de vidrio no produce cáncer, por tal motivo se escogió este material para realizar el proyecto de investigación.

- **RNE, E.060**

El Reglamento Nacional de Edificaciones en la parte de CE.010 nos habla todo lo referido a pavimentos, sus propiedades y resistencias.

#### **2.4 Definición de términos básicos**

- ***Concreto:***

Constituido por caliza, grava, arena y H<sub>2</sub>O, en estado maleable toma la representación del recipiente, sucede una fuerza química entre la caliza y el H<sub>2</sub>O, esto forja que la mezcla fragüe y se convierta en una unidad rígida, se utiliza como material de edificación y resiste enormes cargas de compresión (civil, 2017).

- ***Concreto absorbente:***

Se le nombra sólido absorbente a la combinación de cemento, H<sub>2</sub>O y conglomerado. Su solidez y porosidad son sus tipologías más significativas.

- ***Agregados:***

Son las escorias, gravillas oriundas y roca triturada manipuladas con el fin de crear la mixtura que da fundamento al concreto, este conglomerado constituye casi  $\frac{3}{4}$  partes de esta miscelánea.

- ***Aditivos plastificantes:***

Son los químicos que auxilian a las misceláneas de concreto a poseer más consistencia elástica al instante de forjar el examen de flexión.

- ***Fraguado:***

Acción de fraguar o endurecerse un material.

- ***Granulometría.***

Es la repartición de las influencias de los gránulos de un conglomerado tal cual se establece por separación de tamices (ASTM C 136). La medida de partículas del agregado se fija por intermedio de filtros con redes de agujeros cuadrangulares.

- ***Nivel freático***

Nombrada asimismo napa freática que puede medirse a través de una zapa en la hondura de la tierra. La extensión medida entre el líquido subyacente y el exterior de la tierra compete con el ras freático del subsuelo. (Escuela de formación GF, 2018).

- ***Escorrentía***

Se llama escorrentía o derramamiento, a la lámina de agua que transita sobre la capa de rodadura desde una cuenca de drenaje bajo la atribución gravitacional, la cual es creada primordialmente por el agua de las lluvia continuas o discontinuas, de una cavidad.

- ***Pasta de cemento***

Mixtura de cemento y agua. También llamada argamasa de caliza.

- ***Hidroplaneo***

Debido a las temporadas lluviosas que se tenemos en nuestro país, suele producirse aquaplaning (charco de agua) en las carreteras, que hace que se pierda el control del vehículo cuando se va muy deprisa y son los principales causantes de accidentes de tránsito. (Bridgestone, 2018).

- *Islas de calor*

Consiste en la provisión del acaloramiento en las ciudades debido a la edificación con elementos que absorben y almacenan calor a lo extenso del tiempo de insolación y lo eximen en las noches imposibilitando que descendan las temperaturas.

## **Capítulo III**

### **Hipótesis y variables de la investigación**

#### **3.1 Hipótesis principal**

El mejoramiento que se le hará al concreto absorbente con inserción de la fibra de vidrio optimizará sus propiedades para alcanzar una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, realizado en la ciudad de Tarma.

#### **3.2 Hipótesis secundarias**

- El diseño de mezclas del concreto absorbente apto para la incursión de fibra de vidrio es el que utiliza agregado grueso de ¾” y una relación a/c de 0.40.
- El concreto absorbente evolucionará positivamente con la inserción de fibra de vidrio en un porcentaje de 1 % en su diseño de mezclas para aumentar su resistencia a compresión.

### 3.3 Operacionalización de variables

En la tabla 2 se muestra la operacionalización de las variables del pavimento absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su tenacidad, donde muestra la dimensión, indicadores e instrumentos que se usaron con respecto al proyecto mencionado.

Tabla 2

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
Concreto absorbente con fibra de vidrio	Este concreto es un tipo especial de mezcla con un alto grado de porosidad y con poco o nada de agregado fino	· Solidez a tensión a los 7,14 y 28 días	· Porcentajes	· ASTM Internacional. · ACI 522R.06. · EPA · IARC
Resistencia a compresión.	Se precisa cuantitativamente el importe máximo que la briqueta resiste al aplastamiento o fractura.	· Rigidez a 210 kg/cm <sup>2</sup> o 21 Mpa. · Esfuerzo máximo.	· Kg/cm <sup>2</sup> , · Mpa.	· ASTM · Formatos de resistencia a compresión. · RNE-E.060

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.4 Cuadro de matriz de consistencia

En la tabla 3 de matriz de consistencia se recapitula los objetivos, problemas e hipótesis de esta investigación examinando las variables de cada uno y la metodología que se empleó respecto a los mismos.

Tabla 3

#### Matriz de consistencia

<b>Objetivo principal:</b>	<b>Problema principal:</b>	<b>Hipótesis principal:</b>	<b>Variable independiente:</b>	<b>Metodología:</b>
Mejorar el concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.	¿Cómo el mejoramiento al concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio aumentará su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma?	El mejoramiento que se le hará al concreto absorbente con inserción de la fibra de vidrio optimizará sus propiedades para alcanzar una resistencia a la compresión, 210 kg/cm <sup>2</sup> realizado en la ciudad de Tarma.	Mejorar el concreto absorbente con inserción de fibras de vidrio.  <b>Factor a medir:</b> % de inserción de fibra de vidrio.  <b>Variable dependiente:</b> Resistencia a la compresión del concreto absorbente  <b>Factor a medir:</b> Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.	Pruebas de laboratorio (Ensayos)  Prueba de rotura de concreto (máquina de compresora de concreto).
Analizar el diseño de mezclas del concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.	¿Cuál será el diseño de mezcla del concreto absorbente apto para la inserción de fibra de vidrio y así aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma?	El diseño de mezclas del concreto absorbente apto para la incursión de fibra de vidrio es el que utiliza agregado grueso de ¾" y una relación A/C de 0.40.	<b>Variable independiente:</b> Diseño de mezclas de concreto absorbente apto para la inserción de fibras de vidrio  <b>Factor a medir:</b> Cuantificación de materiales  <b>Variable dependiente:</b> Tamaño de agregado grueso escogido para el diseño de mezclas.  <b>Factor a medir:</b> Gradación del agregado grueso según la ASTM C33	Ensayos y pruebas de laboratorio
Evaluar la cantidad de inserción de fibra de vidrio en el diseño de mezclas del concreto absorbente para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.	¿En qué medida el concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio será beneficioso para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma?	El concreto absorbente evolucionará positivamente con la inserción de fibra de vidrio en un porcentaje de 1% en su diseño de mezclas para aumentar su resistencia a compresión.	<b>Variable independiente:</b> Comportamiento del concreto absorbente con la incursión de fibra de vidrio en un porcentaje de 1%.  <b>Factor a medir</b> Porcentaje adecuado de fibra de vidrio añadida.  <b>Variable dependiente</b> Resistencia a la compresión  <b>factor a medir</b> -Solidez a la compresión a los 7, 14 y 28 días.	Método: Ensayos y pruebas de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

## Capítulo IV

### Diseño de la investigación

#### 4.1 Diseño de ingeniería

El diseño de ingeniería que se aplica a la investigación, fue el siguiente:



Figura 2. Diseño de ingeniería que se aplica

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Métodos y técnicas del proyecto de investigación

### 4.2.1 Modalidad de investigación

El trabajo de tesis se enmarca en la línea de investigación infraestructura para el transporte y se desarrolla en el campo de acción de pavimentos.

### 4.2.2 Alcance de la investigación

**Descriptivo:** Hernández, Fernadez. y Baptista (2014) afirman acerca de los estudios de alcance descriptivo. “ Pretenden medir o recoger informacion de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a las que se refiere” (p.90).

En esta investigación especificamos características y propiedades importantes del concreto absorbente con fibra de vidrio en su estado fresco y endurecido.

### 4.2.3 Tipo de investigación

Según Hernández et. al (2014) mencionan diferentes tipos de investigacion de los cuales para este proyecto se uso las siguientes:

**Transversal:** Puesto que esta investigación se da en un periodo de tiempo determinado.

**Cuantitativo.** En relación al módulo de corroboración de la presunción se establece en influencias numéricas y el estudio estadístico no probabilístico para instaurar prototipos de conducta y ensayar dichos supuestos.

### 4.2.4 Método de investigación

Según Hernández et. al (2014) podemos afirmar que la investigación usa el método Hipotético - Deductivo.

**Hipotético.** En el objetivo del problema planteamos determinar la resistencia del concreto absorbente, sin saber los resultados, es por ello que se plantea hipótesis

para hallar los diferentes comportamientos que tiene este concreto según el porcentaje adicionado de fibra de vidrio.

*Deductivo.* Al obtener los resultados se tiene que demostrar dicha hipótesis planteada, según los valores que se haya obtenido.

### **4.3 Fundamentos para definir el trabajo**

Se definió esta investigación en base a la observación del problema actualmente existente en la ciudad de Tarma, que en épocas de lluvias fuertes no se puede transitar libremente debido a los charcos de agua acumulados en las principales calles de la ciudad y sobre todo en los mercados que son los lugares más transitados por las personas. Asimismo, se revisó información bibliografía y la literatura existente de investigaciones ya realizadas.

Para la presente investigación de uso la norma ACI 211.3R-02 que recomienda el uso de agregados entre los tamaños estándar N° 67 y N°4 (ASTM C33), por lo que se optó por trabajar con agregado de TMN 3/4 “(N°67).

En la figura 3, se muestra el rango de huso granulométrico adecuado a usarse para concretos absorbentes según ASTM.

Tamaño Número	Tamaño Nominal (Tambores con Abertura Cuadrada)	Requisitos de calificación para gruesos Agregados													
		Características más finas que cada tamaño de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso													
		300 mm (12")	90 mm (3 1/2")	75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No. 4)	3.36 mm (No. 6)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 a 12.5 mm (1 1/2" a 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15	0 a 25							
2	63 a 12.5 mm (2 1/2" a 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 25							
3	50 a 25.0 mm (2" a 1")				100	80 a 100	25 a 70	0 a 15	0 a 25						
4	37.5 a 12.5 mm (1 1/2" a 1/2")					100	95 a 100	35 a 70	10 a 30	0 a 15					
5	25.0 a 12.5 mm (1" a 1/2")						100	95 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 15				
6	19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8")							100	95 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 15			
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a No. 4)								100	95 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a No. 6)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
9	4.75 a 1.18 mm (No. 4 to No. 16)										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Figura 3 Muestra de husos granulométricos

(Fuente: ACI C33)

#### 4.3.1 Permeabilidad de los pavimentos absorbentes

Se dice que un suelo es permeable porque tiene la capacidad de que el agua filtre a través de sus poros. Un material es permeable cuando contiene vacíos continuos.

En la figura 4, se puede observar la estructura de un pavimento absorbente, como este permite que el agua filtre a través de ella.



Figura 4 Permeabilidad del concreto absorbente

(Fuente Argos) (15-08-19)

Asimismo, la penetración del H<sub>2</sub>O está en manos de las propiedades del piso, es decir, de su cabida para infiltrar, acumular y de transferir o transportar el agua.

#### **4.3.2 Datos meteorológicos en la región Junín**

Antes de analizar nuestra zona de estudio, tenemos que tener en cuenta la región a la que pertenecemos y según SENAMHI nos encontramos dentro de las regiones más vulnerables a sufrir alto porcentaje de precipitaciones durante la temporada de lluvias.

Pronóstico de lluvias para el trimestre octubre. noviembre y diciembre de 2019 según SENAMHI, indica que nuestra región va tener lluvias normales y en algunos lugares sobre normales, y nuestra provincia es afectada directamente.



Figura 5 Probabilidad de ocurrencia de lluvias para el trimestre octubre-diciembre

(SENAMHI, 2019)

Esto también es un motivo por el cual nuestra investigación tiene un fundamento más para seguir en marcha.

#### 4.3.3 Pronóstico de temperaturas para la región Junín

**Sierra central oriental:** Sierra de Ancash, Huánuco, Pasco, Junín y Huancavelica

El pronóstico señala temperaturas máximas del aire más altas de lo normal con un 45 % de probabilidad. En tanto, se esperan temperaturas mínimas dentro del rango normal con una eventualidad de 46 %. Un segundo escenario presenta

temperaturas mínimas por debajo de sus valores normales con una probabilidad 37 %. (SENAMHI, 2019)

Mapa de distritos con alta y muy alta recurrencia de afectación durante la temporada de lluvias y nuestra región no está aislado de sufrir estas afectaciones ocasionadas por las lluvias, ya que estamos dentro del nivel de probabilidad alta.

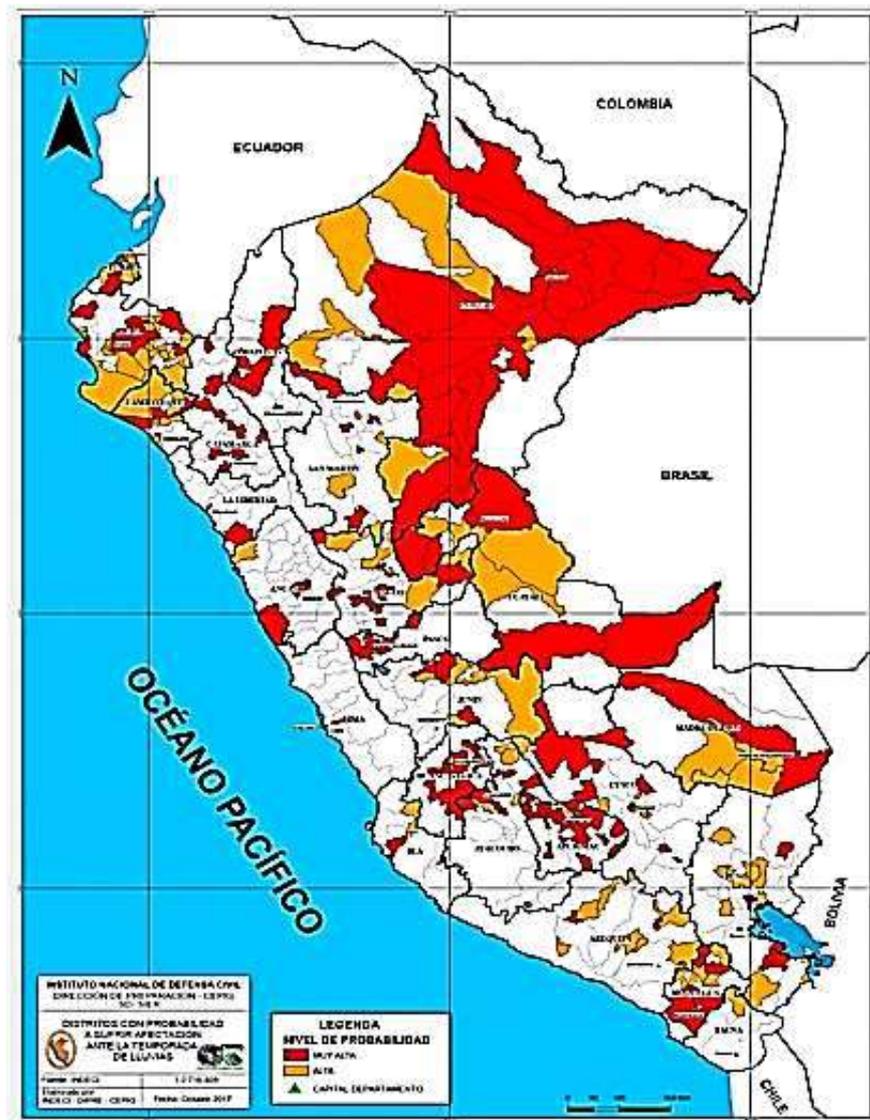


Figura 6 Zonas de afectación durante la temporada de lluvias

(SENAMHI, 2019)

El ministerio de defensa y el instituto nacional de defensa civil en su informe de temporadas de lluvias y emergencias asociadas, identificaron 826 distritos a nivel nacional con riesgo de sufrir altas precipitaciones, siendo las más vulnerables los departamentos de Ancash, Lima, Junín y Huancavelica.

#### **4.4 Tipo de proyecto de investigación**

**Estudio de mejora:** Porque el trabajo de investigación que se está realizando se centra en mejorar las propiedades de un cierto concreto para su mayor aplicación.

#### **4.5 Diseño estadístico**

Según Flores y Pacompia (2015, p. 89), un conjunto de observaciones es más claro y adquiere un significado preciso cuando es presentado en una tabla de distribución de frecuencias siendo la estadística descriptiva la que se ocupa de la selección, presentación y descripción de los datos.

##### **4.5.1 Población y muestra**

###### ***Población***

Conjunto de todos los casos que conciertan con definitivas especificaciones. Hernández et al. (2014, p. 174)

La población para esta investigación son 12 probetas de 8” x 4” más 2 cubetas de 30x20x10.

###### ***Muestra***

La muestra para esta investigación vendrá a ser la misma que la población debido a que es un muestreo no probabilístico.

Según Sampieri la muestra no probabilística es cuando todos los elementos de la población poseen la misma contingencia de ser elegidos.

En la tabla 4, se puede visualizar el total de probetas a realizarse para la prueba de rotura según al porcentaje de fibra de vidrio añadido.

Tabla 4

*Cantidad de probetas a realizarse según el porcentaje de inserción de fibra de vidrio*

<b>Probetas</b>	<b>Con fibra de vidrio</b>	<b>Sin fibra de vidrio</b>
Sin adicionar la fibra de vidrio		3
Adicionando 0.5 % de fibra de vidrio	3	
Adicionando 0.1 % de fibra de vidrio	3	
Adicionando 1.5 % de fibra de vidrio	3	
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>3</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## 4.6 Técnicas y herramientas estadísticas

### 4.6.1 Instrumentos para recolectar datos

#### *La observación de campo no experimental*

La observación es una técnica de investigación de hechos durante la cual el analista participa activamente como espectador de las actividades llevadas a cabo por una persona para conocer mejor su sistema.

#### *Formatos para realizar ensayos de laboratorio*

Para realizar los ensayos de laboratorio que se requiere en el diseño de mezclas de nuestro concreto; se usó los formatos de laboratorio establecidas según las normas ASTM.

Cabe mencionar que los instrumentos utilizados fueron validados por expertos profesionales, todos ingenieros civiles habilitados y colegiados. En la parte de anexos se puede observar los formatos usados para realizar las pruebas de laboratorio con las firmas validadas por los expertos.

## Capítulo V

### Descripción de la zona de estudio

#### 5.1 Ubicación

##### 5.1.1 Ubicación política

Región : Junín

Provincia : Tarma

Distrito : Tarma



Figura 7 Mapa del Distrito de Tarma (Municipalidad de Tarma)

### 5.1.2 Ubicación geográfica

Coordenadas geográficas:

- Latitud Sur : 11°54'53"
- Latitud Oeste : 73° 57' 21"

Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator):

- NOR-OESTE : E 395552 m; N 8791696 m.
- SUR-OESTE : E 456147 m; N 8716997 m.
- Altitud : 1202 a 5100 m.s.n.m.

La ciudad de Tarma se encuentra en el centro de la misma provincia, departamento de Junín, a aproximadamente 230 km al este de la ciudad de Lima. Se encuentra en la región quechua y está situada a 3.050 msnm, desarrollado por el río del igual nombre en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes. Forma parte de la cuenca hidrográfica regional del río Perene (Meléndez, 2018, p. 55).

### 5.1.3 Población

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, durante el último censo que se tuvo se puede informar que la población total del Distrito de Tarma es 47 775 habitantes del cual 43 042 es considerada urbana, el resto pertenece a la zona rural (INEI, 2017).

### 5.1.4 Economía urbanismo

Las principales actividades económicas realizadas en esta ciudad, son la agricultura, la ganadería y la actividad comercial al por menor.

### **5.1.5 Clima**

La localidad de Tarma presenta un clima templado y una temperatura media fluctúa entre los 12°C y 23°C. En los meses de diciembre a febrero aumenta el ras de nubosidad, hay más tormenta y la temperatura diaria fluctúa menos. El resto del año es diferenciado por noches frescas y días bastante soleados.

## **Capítulo VI**

### **Desarrollo de la investigación**

#### **6.1 Materiales a utilizarse en el diseño de mezclas**

Para iniciar con los trabajos de laboratorio primero se fue a buscar el material requerido y adecuado para todos los estudios que se solicita en el diseño de mezclas.

##### **Agregado**

Se utilizó agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ " de la zona proveniente de la Cantera Río Andrea Nueve ubicado en el sector de Duraznillo – Tarma. Este agregado tiene las características físicas de ser redondeado y por lo tanto ayuda a que no se junten los espacios vacíos que se generan.

Para el agregado fino que también se utilizó de la misma zona se considera solo un 10 % del total del agregado grueso según Flores y Pacompia (2015), debido a que no es muy necesario en el diseño y solo se optó esta cantidad para darle adherencia a la mezcla.



*Figura 8* Agregado grueso de 3/4 " para realizar las pruebas requeridas

*Fuente.* Elaboración propia (22-08-19)

## **Cemento**

Se utilizó Cemento Andino Portland tipo I, dado las facilidades que en la zona existe una fábrica que provee este cemento y por ser de muy buena calidad según sus especificaciones técnicas. El peso específico considerado de este cemento es  $3.12 \text{ gr/cm}^3$ .

## **Agua**

Se utiliza agua potable de la misma universidad, debido a que analizando sus propiedades físicas cumple con los ECAs, estando dentro de los límites máximos permisibles.

Parámetro	Población servida* (habitantes)	Frecuencia de muestreo	Muestras por año (por cada 20.000 hab.)
pH Turbiedad Conductividad	Hasta 5.000	Mensual	12
	5.001-30.000	Quincenal	30
	30.001-500.000 (por cada 20.000 hab.)	Quincenal	30-650
	500.001-6.500.000 (por cada 20.000 hab.)	Quincenal	650-8.450
Nitratos Hierro Manganeso Aluminio Dureza total Cloruros Sulfatos	Hasta 5.000	Semestral	2
	5.001-20.000	Semestral	2-10
	20.001-500.000 (por cada 20.000 hab.)	Semestral	10-50
	500.001-6.500.000 (por cada 20.000 hab.)	Anual	50-325
Plomo <sup>b</sup> Arsénico <sup>b</sup> Mercurio <sup>c</sup>	5.001-20.000	Anual	12
	20.001-500.000 (por cada 50.000 hab.)	Semestral	2-20
	500.001-6.500.000 (por cada 100.000 hab.)	Anual	20-130

Figura 9 Frecuencia de muestreo para el control físico y químico del agua

(Fuente. SUNASS)

### Aditivo

Se considero utilizar aditivo plastificante en un 10 % del total del agua de proporción, debido a la poca incidencia de agregado fino que hace que el diseño de mezclas tenga una consistencia semi seca.

### Fibra de vidrio

La cantidad de fibra de vidrio que se utiliza en las distintas proporciones, fue determinado debido a las conclusiones y recomendaciones de los antecedentes de la investigación.

## **6.2 Pruebas requeridas para el diseño de mezclas**

### **6.2.1 Granulometría**

La granulometría o gradación se refiere al tamaño de las partículas y al porcentaje o distribución de las mismas en una masa de agregado. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar una determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices standard, dispuestos de mayor a menor (López, 2003, p. 18).

#### **Granulometría del agregado grueso**

Se hizo la granulometría del agregado grueso para saber el tamaño máximo nominal (TMN) con el cual trabajaremos en nuestro diseño de mezclas y así cumplir con la norma ACI 211-3R (Guía de selección de proporciones para hormigón sin asentamiento) y ACI 522R-10 (Reporte en concreto permeable).

#### **Materiales:**

- Tamices con la siguiente gradación: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4 y fondo.
- Agregado grueso
- Balanza electrónica

#### **Procedimiento:**

##### **Paso 1**

Se procedió hacer el cuarteo del material que ya está debidamente lavado.



*Figura 10* Proceso de cuarteo del agregado grueso

*Fuente.* Elaboración propia (02-09-19)

## **Paso 2**

Pesamos 5 kilos que es la cantidad mínima requerida para un TMN de  $\frac{3}{4}$ " de agregado. En este caso se utilizó 5.1 kilos.



*Figura 11* Cantidad de agregado grueso de muestra para tamizado

*Fuente.* Elaboración propia (02-09-19)

## **Paso 3**

Se ordena los tamices de acuerdo a su gradación para hacer el ensayo respectivo y poder obtener el TMN del agregado.



Figura 12 Tamices normalizados para realizar granulometría de agregado grueso

Fuente. Elaboración propia (02-09-19)

Datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado grueso.

Tabla 5

Ensayo de granulometría del agregado grueso

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
2"	50.000	-	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-	-
1"	25.000	1215.00	24.25	24.25	75.75
3/4"	19.000	2510.00	50.10	74.35	25.65
1/2"	12.500	1165.00	23.25	97.60	2.40
3/8"	9.500	105.00	2.10	99.70	0.30
N° 4	4.750	15.00	0.30	100.00	0.00
Fondo			0.00	100.00	0.00
<b>Total</b>		5010.0			
		<b>TMN=</b>	<b>3/4"</b>		

Fuente: Elaboración propia

### Granulometría del agregado fino

Se ejecutó la granulometría del agregado fino para determinar el módulo de fineza que necesariamente pide el programa DM CONCRET (programa para realizar diseño de mezclas de concreto por el método del comité de la ACI) para poder generar la proporción del diseño de mezclas que buscamos.

**Materiales:**

- Tamices con la siguiente gradación: 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y fondo.
- Agregado fino
- Balanza electrónica

**Procedimiento:****Paso 1**

Se procedió hacer el cuarteo del material que ya está debidamente lavado.

**Paso 2**

Pesamos 5 kilos de agregado fino en la balanza respectiva

**Paso 3**

Se ordena los tamices de acuerdo a su gradación para hacer el ensayo respectivo y poder obtener el módulo de fineza del agregado fino que es indispensable para poder introducirlo al programa.



*Figura 13* Tamices normalizados para realizar granulometría de agregado fino

*Fuente.* Elaboración propia (02-09-19)

Datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino.

Tabla 6

*Datos obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino*

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	45.50	9.10	9.10	90.90
Nº 8	2.360	65.65	13.13	22.23	77.77
Nº 16	1.180	85.33	17.07	39.30	60.70
Nº 30	0.590	98.12	19.63	58.92	41.08
Nº 50	0.297	93.24	18.65	77.57	22.43
Nº 100	0.149	67.23	13.45	91.02	8.98
Nº 200		37.45	7.49	98.51	1.49
Fondo		7.44	1.49	100.00	0.00
<b>Total</b>		500.0			
				<b>M.F =</b>	<b>2.98</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Para hallar el módulo de fineza se usó la siguiente fórmula, adaptada de la NTP y el ASTM:

$$M.F. = \left( \frac{\sum \% \text{ ret. acum. desde } 3'' \text{ hasta el tamiz N}^\circ 100}{100} \right)$$

Al realizar esta operación nos da como módulo de fineza 2.98, que está dentro del rango para agregado fino (2.5 – 3.5).

### 6.2.2 Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso

Para esta investigación solo se hizo este ensayo en el agregado grueso debido a que el porcentaje de finos en el diseño de mezclas de concreto absorbente es poco o nada, y según el programa solo se necesita el módulo de fineza del fino para poder seguir con el diseño de mezclas.

**Materiales:**

- Agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ "
- Balanza electrónica
- Canastilla
- Recipientes para pesar el agregado
- Horno

**Procedimiento:****Paso 1**

Pesamos 3 kilos de agregado grueso (cantidad mínima según TMN  $\frac{3}{4}$ " ) sin contar peso del recipiente, después de haber hecho el respectivo cuarteo. Pero en este caso se incluyó 100 g más de agregado debido a que después de lavar el material por los polvos que posee, tiende a reducir la cantidad.



*Figura 14* Cuarteo de material para realizar ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado

*Fuente:* Elaboración propia (02-09-19)

**Paso 2**

Lavamos el material para luego ponerlo a secar al horno en una temperatura de  $100^{\circ}$  a  $110^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.



*Figura 15* Horno del laboratorio de suelos para realizar secado de muestras

*Fuente:* Elaboración propia (02-09-19)

### **Paso 3**

Luego que transcurrieron las 24 horas sacamos la muestra del horno y lo pesamos nuevamente en la balanza electrónica para uniformizar la cantidad de 3 kilos que necesitamos para realizar el siguiente paso del ensayo. (A)

### **Paso 4**

Ponemos la muestra en un recipiente con agua y la dejamos remojado durante un periodo de tiempo de una hora.

### **Paso 5**

Después que la muestra haya sido remojada en agua se saca la muestra y se pone encima de un paño absorbente haciéndolas rodar ligeramente de lado a lado para quitar el agua superficial que contiene y/o se puede visualizar. Seguidamente a ello se pesa la muestra superficialmente saturada seca (B)



*Figura 16* Proceso de secado superficialmente del agregado de muestra para el ensayo de peso específico y porcentaje de absorción

*Fuente:* Elaboración propia (03-09-19)

### **Paso 6**

Consecutivamente se coloca la muestra en la canastilla metálica, se lo satura dentro del agua y se lo pesa con una balanza mientras sigue saturada en agua. (C)



*Figura 17* Muestra del agregado grueso antes de insertarlo al agua

*Fuente:* Elaboración propia (03-09-19)



Figura 18 Muestra del agregado grueso insertado al agua

Fuente: Elaboración propia (03-09-19)

### Resultados del ensayo de peso específico y Absorción del agregado.

Tabla 7

Datos requeridos para el ensayo de peso específico y absorción del agregado.

<b>Agregado</b>		<b>Und</b>
<b>Grueso</b>		<b>(g)</b>
1	Masa de la muestra secada al horno en aire, g (A)	3000.0
		0
2	Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g (B)	3045.0
		0
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + Masa de la canastilla	2495.0
		0
4	Masa de la canastilla	970
5	Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g (C)	1525.0

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la absorción en agregados finos y gruesos se siguen las indicaciones que aparecen en las normas NTC 237 y 176 respectivamente.

$$\% \text{ absorción} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} \times 100$$

$P_{ss}$ = Peso saturado y superficialmente seco

$P_s$ = Peso seco

Tabla 8

*Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado*

<b>Resultados</b>	
Peso específico de masa = $A/(B-C)$	1.97
Peso específico de masa S.S.S. = $B/(B-C)$	2.00
Peso específico aparente = $A/(A-C)$	2.03
Porcentaje de absorción (%) = $((B-A) / A * 100)$	1.50

*Fuente: Elaboración propia*

### 6.2.3 Contenido de humedad del agregado grueso

#### **Materiales:**

- Recipiente para la muestra
- Balanza
- Horno

#### **Procedimiento:**

##### **Paso 1**

Se pesó la muestra en un recipiente



*Figura 19* Muestra para hallar contenido de humedad del agregado grueso

*Fuente: Elaboración propia (03-09-19)*

## Paso 2

Se llevó la muestra al horno a una temperatura de 100° a 110°C para que seque durante un periodo de 24 horas.

## Paso 3

Después que hayan transcurrido 24 horas se saca la muestra del horno y se pesa en la balanza para luego poder llevar todos estos datos a un formato que nos ayude a obtener el contenido de humedad.



*Figura 20* Muestra pesada después de 24 horas de estar en el horno

*Fuente:* Elaboración propia (03-09-19)

Resultados obtenidos después de realizar el ensayo:

Tabla 9

*Resultados de contenido de humedad del agregado grueso*

<b>Contenido de humedad del agregado grueso</b>				
<b>1</b>	N° de recipiente	1	2	
<b>2</b>	Peso de recipiente (g)	585	1115	
<b>3</b>	Peso de recipiente + muestra húmeda (g)	5585	6115	
<b>4</b>	Peso de recipiente + muestra seca (g)	5540	6070	
<b>5</b>	Peso de agua (g) (3)-(4)	45	45	
<b>6</b>	Peso de muestra seca (g) (4) - (2)	4955	4955	Promedio
<b>7</b>	Contenido de humedad (5) / (6) * 100 (%)	0.91	0.91	<b>0.9 %</b>

*Fuente:* Elaboración propia

## **6.2.4 Peso unitario suelto y compactado del agregado**

### **Peso unitario suelto del agregado grueso**

Es la relación que existe entre el peso del agregado suelto o en estado normal de reposo y el volumen que ocupa. Este ensayo se realiza según los parámetros establecidos por la NTP 400.017 o ASTM C-29.

#### **Materiales:**

- Piedra chancada o agregado grueso
- Varilla de metal
- Bandeja de aluminio
- Molde la llenar la muestra
- Balanza
- Horno eléctrico

#### **Procedimiento:**

##### **Paso 1**

Primero pesamos los materiales que vamos utilizar (recipiente y molde)

##### **Paso 2**

Colocar la muestra en el molde sin compactar hasta que se llene y enrasamos con la varilla la superficie del molde.

##### **Paso 3**

Pesamos nuestra muestra y anotamos los datos.

Tabla 10

*Resultados del peso unitario suelto del agregado*

<b>Peso unitario suelto</b>			
		Formula	
PT	Peso de molde + agregado grueso	-	16.65 kg
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM	12.79 kg
PM	Peso de molde	-	3.86 kg
Pus	Peso unitario suelto	PA/Vm	1727.703 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente:* Elaboración propia

### **Peso unitario compactado del agregado grueso**

Se define como el peso compactado del material dividido entre el volumen que ocupa. La determinación de la masa unitaria compactada se hace según la norma NTC No. 92.

#### **Procedimiento:**

##### **Paso 1**

Primero al igual que la anterior muestra se pesa los materiales que usaremos para que no nos genere dificultad al momento de vaciar datos.

##### **Paso 2**

Colocamos la muestra de piedra chancada en 3 capas y apisonamos cada capa con 25 golpes con la varilla metálica.

##### **Paso 3**

Una vez que el molde se haya llenado procedemos a enrasar la superficie con la varilla metálica.

## Paso 4

Pesamos la muestra compactada y anotamos los datos para luego procesarlo.

Tabla 11

*Resultados del peso unitario compactado del agregado*

Peso unitario compactado			
		Formula	
PT	Peso de molde + agregado grueso	-	17.48 kg
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM	13.62 kg
PM	Peso de molde	-	3.86 kg
Pus	Peso unitario compactado	PA/Vm	1840.541 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

## 6.3 Propiedades en estado fresco y en estado endurecido

### 6.3.1 Propiedades en estado fresco

#### *Revenimiento*

El revenimiento o asentamiento del concreto absorbente según las normas ACI es cero o mínimo.

#### **Materiales:**

- Molde para prueba de revenimiento (cono de Abrans)
- Bandeja
- Varilla de acero
- Pala de aluminio

#### **Procedimiento:**

Una vez obtenido el diseño de mezclas se procede a llenar el material en el cono de Abrans por gravedad, sin necesidad de compactar por el mismo diseño de tener una consistencia seca y luego de unos minutos se retira el cono con cuidado y procedemos a medir el asentamiento

En la figura 21 y 22 podemos observar que se cumple el parámetro de revenimiento cero para concreto permeable.



*Figura 21* Realización de la prueba de revenimiento

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)



*Figura 22* Revenimiento 0" para concretos permeables

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

### **6.3.2 Propiedades en estado endurecido**

#### ***Porcentaje de vacíos***

Según el ACI entre las gradaciones de agregado grueso n°67 y n°8 la resistencia a la compresión está de acuerdo al contenido de vacíos. Cuanto menos es el contenido de vacíos mayor es la resistencia del concreto.

Para la elección del porcentaje de vacíos se tuvo que hacer dos muestras(30x20x10cm) con diferentes porcentajes de vacíos, de la cual pudimos comprobar que la velocidad de infiltración con un porcentaje de 22% es

adecuada y además se encuentra en el rango permitido según el ACI para concreto absorbente (15-25% de vacíos), y por lo tanto optamos por ese diseño.

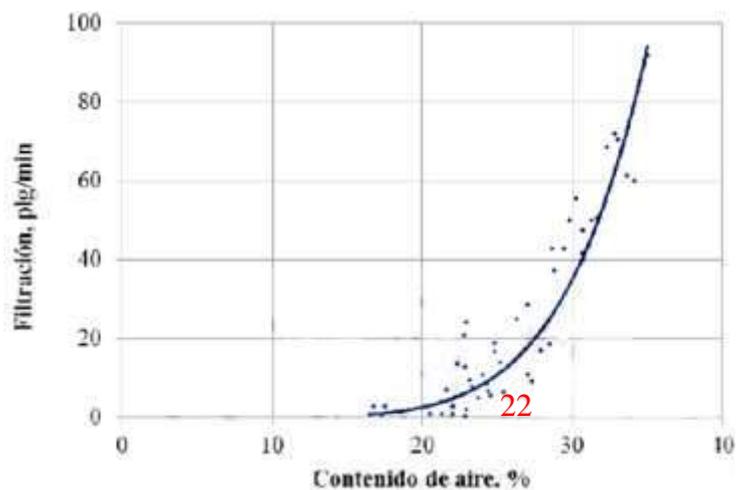


Figura 23 Porcentaje de vacíos versus filtración del diseño

(Adaptado de ACI 522-10, ACI 211.3R-02)

### ***Ensayo de permeabilidad***

Para realizar el ensayo de permeabilidad se simuló una lluvia ficticia añadiendo agua a la muestra de una altura considerable y cronometrando el tiempo que demoraba el agua en filtrar el material y llegar al suelo.



Figura 24 Realización de prueba de permeabilidad del concreto absorbente

Fuente: Elaboración propia (05-09-19)

#### 6.4 Elección de la resistencia a compresión

Para elegir la resistencia de diseño se tuvo en cuenta el gráfico de resistencia a compresión vs porcentaje de vacíos según las normas ACI 522 R -10, ACI 211.3R-02; también se tomó en cuenta las investigaciones realizadas por los antecedentes.

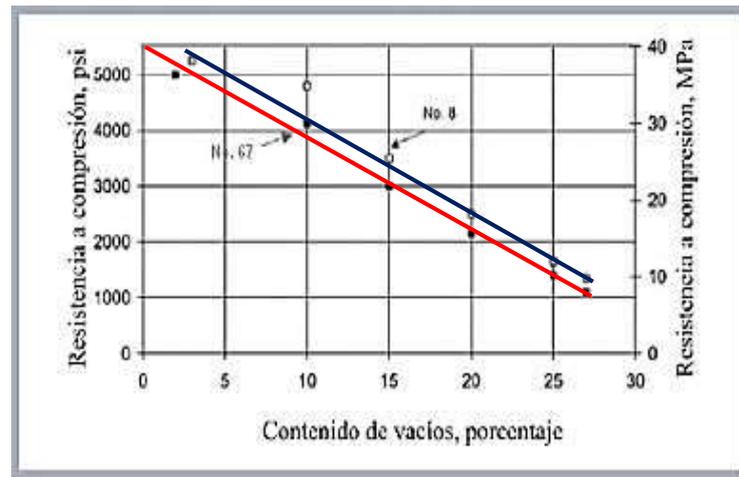


Figura 25 Resistencia a compresión versus contenido de vacíos a los 28 días para tamaños de agregados N°67 y N°8 (Adaptado de ACI 211.3R)

La resistencia que se tomó en cuenta para el diseño de mezclas fue 210 kg/cm<sup>2</sup>. Debido a que con la inclusión de fibra de vidrio que según sus propiedades es muy resistente, puede ayudar al concreto a alcanzar altos esfuerzos de compresión sin necesidad de reducir el porcentaje de vacíos de 22% que se toma en cuenta.

Las probetas cilíndricas de prueba se someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”, para saber si se llega o no a la resistencia requerida.

## 6.5 Diseño de mezclas

Se le llama diseño de mezclas a la dosificación de materiales a usar de acuerdo a la resistencia a compresión que se quiere obtener. Siempre se hace esta dosificación para 1 m<sup>3</sup> de concreto y luego interpolando datos se puede usar para las cantidades que uno quiera forjar.

### 6.5.1 Dosificación de los materiales

Para ejecutar la dosificación de los materiales de nuestro diseño de mezclas se optó por realizar este proyecto con el programa DM CONCRET.

DM CONCRET que es un programa para diseñar mezclas de concreto, forma parte de la publicación «Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweighth and Mass Concrete del American Concrete Institute.

Entonces procedemos a efectuar este diseño de mezclas según los datos obtenidos con el programa:

Tabla 12

*Volumen absoluto de los materiales para el diseño de mezclas*

<b>Volumen absoluto de los materiales</b>	
Cemento (m <sup>3</sup> ):	0.091
Aire (m <sup>3</sup> ):	0.060
Agua (m <sup>3</sup> ):	0.168
Agregad grueso (m <sup>3</sup> ):	0.528
Agregado fino (m <sup>3</sup> ):	0.153

*Fuente:* Elaboración propia

Datos obtenidos en peso para la dosificación de nuestra mezcla:

Tabla 13

*Datos de peso de diseño de los materiales de nuestra mezcla*

<b>Peso de diseño de los materiales</b>	
Cemento (kg/m <sup>3</sup> ):	282.828
Agregado fino (kg/m <sup>3</sup> ):	0.000
Agregado grueso (kg/m <sup>3</sup> ):	1,040.075
Agua (lt/m <sup>3</sup> ):	168.000

*Fuente: Elaboración propia*

Datos corregidos por humedad en la dosificación de nuestra mezcla:

Tabla 14

*Datos corregidos por humedad del diseño de mezcla del concreto absorbente*

<b>Corregido por humedad</b>	
Cemento (kg/m <sup>3</sup> ):	282.828
Agregado fino (kg/m <sup>3</sup> ):	0.000
Agregado grueso (kg/m <sup>3</sup> ):	1,049.436
Agua (lt/m <sup>3</sup> ):	174.240

*Fuente: Elaboración propia*

Datos obtenidos en volumen de los materiales a usar en nuestro diseño de mezclas:

Tabla 15

*Datos obtenidos en volumen de nuestro diseño de mezclas de concreto absorbente*

<b>Volumen en obra</b>	
Cemento (kg/m <sup>3</sup> ):	6.655
Agregado fino (kg/m <sup>3</sup> ):	0.000
Agregado grueso (kg/m <sup>3</sup> ):	20.136
Agua (lt/m <sup>3</sup> ):	174.240

*Fuente: Elaboración propia*

Proporción por peso:

$$1: 0.00: 3.711 / 0.616$$

Proporción por volumen:

$$1: 0: 3.026 / 26.183 \text{ Lt/bolsa}$$

Por lo tanto, la proporción por m<sup>3</sup> de los materiales fue de la siguiente manera:

Tabla 16

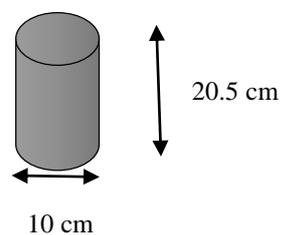
*Datos de proporción para un m<sup>3</sup>*

Proporción por m <sup>3</sup>	
Cemento (bolsa):	6.655
Agregado fino (m <sup>3</sup> ):	0
Agregado grueso (m <sup>3</sup> ):	0.570
Agua (m <sup>3</sup> ):	0.174

*Fuente: Elaboración propia*

El programa te calcula la dosificación de materiales por m<sup>3</sup>; por lo que se tuvo que hacer un cálculo externo para saber cuánto de materiales necesitaremos sólo para nuestra muestra.

Se realizó 12 probetas de 10x20.5cm para poder efectuar el ensayo de resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días

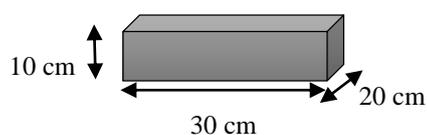


$$V = \pi r^2 * h$$

$$V = 0.00161 \text{ m}^3$$

$$\text{Para 12 probetas } V = 0.0193 \text{ m}^3$$

Se realizaron 2 muestras de 20x30x10 cm para hacer prueba de permeabilidad.



$$V = 0.012 \text{ m}^3$$

Volumen total para realizar la proporción:  $V_T = 0.0193 + 0.012 = 0.0313 \text{ m}^3$

La proporción para nuestro diseño de  $0.0313 \text{ m}^3$ , fue según la siguiente tabla.

Tabla 17

*Proporción para la cantidad de briquetas que se realizó*

<b>Proporción para 0.0313 m3</b>	
Cemento (bolsa):	0.21
Agregado fino (m3):	0
Agregado grueso (m3):	0.0178
Agua (m3):	0.0054

*Fuente: Elaboración propia*

Proporción del diseño de mezclas agregándole 10 % de agregado fino del total de agregado grueso en las unidades a usarse:

Tabla 18

*Proporción de diseño corregido por añadir 10 % de agregado fino del total de agregado grueso*

<b>Proporción para 0.0313 m3</b>	
Cemento (kg):	8.853
Agregado fino (kg):	3.285
Agregado grueso (kg):	29.562
Agua (lt):	5.446

*Fuente: Elaboración propia*

La relación agua – cemento en el diseño de mezclas es 0.60.

Según antecedentes de la investigación y las normas ACI 522R-10 y ACI 211.3R-02 para tener un buen diseño de mezclas de debe considerar relación A/C de 0.40; por lo que después de hallar el diseño de mezclas, procedemos a reemplazar 0.40 en la expresión a/c para obtener el nuevo valor de la cantidad de agua a usar.

Entonces reemplazamos 0.4 en la relación y obtenemos los valores corregidos:

$$0.4 = \frac{A}{C}$$

A=3.541 lt.

C= 8.853 kg.

Tabla con datos corregidos de la relación a/c para el diseño de mezclas:

Tabla 19

*Proporción del diseño corregido la relación a/c*

<b>Proporción para 0.0313 m<sup>3</sup></b>	
Cemento (kg):	8.853
Agregado fino (kg):	3.285
Agregado grueso (kg):	29.562
Agua (lt):	3.541

*Fuente: Elaboración propia*

Proporción del diseño de mezclas adicionándole aditivo en un 10% del total de agua.

Consecuentemente se obtiene la siguiente tabla para realizar el diseño de mezclas de nuestro concreto absorbente:

Tabla 20

*Proporción final para realizar el diseño de mezclas de nuestro concreto absorbente*

<b>Proporción para 0.0313 m<sup>3</sup></b>	
Cemento (kg):	8.853
Agregado fino (kg):	3.285
Agregado grueso (kg):	29.562
Agua (lt):	3.187
Aditivo (lt):	0.354

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez obtenido las dosificaciones, procedemos a realizar los especímenes cilíndricos de 10 cm x 20.5 cm para la prueba de resistencia a compresión y contenido de vacíos y los especímenes cuadriláteros de 20x30x10 cm para realizar el ensayo de permeabilidad.



Figura 26 Moldes cilíndricos de 10x20.5 cm para realizar ensayo de rotura de probetas

Fuente: Elaboración propia (04-09-19)



Figura 27 Moldes rectangulares de 20x30x10 cm para realizar ensayo de permeabilidad del concreto absorbente

Fuente: Elaboración propia (04-09-19)

La incorporación de fibra de vidrio fue incorporada en porcentajes de 0.05%, 1% y 1.5 % respectu al peso de la tanda como se puede confirmar en la tabla 21:

Tabla 21

Resumen de diseño de mezclas para los diferentes porcentajes de inserción de fibra de vidrio

Huso Granulométrico	Huso N°67			
	(total de 12 probetas + 2 adoquines)			
Diseño	0.00% fibra	0.5% fibra	1% fibra	1.5% fibra
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	8.853	8.853	8.853	8.853
Ag. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	29.562	29.562	29.562	29.562
Ag. Fino (kg/m <sup>3</sup> )	3.285	3.285	3.285	3.285
Agua (L/m <sup>3</sup> )	3.187	3.187	3.187	3.187
Aditivo (L/m <sup>3</sup> )	0.354	0.354	0.354	0.354
<b>Total (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>45.241</b>	<b>45.241</b>	<b>45.241</b>	<b>45.241</b>
Fibra de vidrio (kg/m <sup>3</sup> )	0.00	0.226	0.452	0.679
Relación A/C	0.40	0.40	0.40	0.40

Fuente. Elaboración propia

### 6.5.2 Materiales y equipos:

- Cemento andino portland tipo I
- Agregado grueso y fino
- Agua
- Aditivo plastificante
- Fibra de vidrio
- Probetas graduadas
- Balanza
- Lampa y comba
- Molde para testigos
- Varilla de acero y pala de aluminio
- Carretilla y/o buggy para construcción

### 6.5.3 Realización de diseño de mezclas

#### Paso 1

Primero ubicamos el agregado grueso y el agregado fino en la carretilla; estos materiales lo mezclamos durante un periodo de tiempo hasta conseguir uniformidad en la mezcla.



*Figura 28* Proceso de mezclado de agregado grueso y agregado fino

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

## Paso 2

Seguidamente adicionamos cemento y seguimos mezclando.



*Figura 29* Proceso de mezclado de agregado con cemento

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

## Paso 3

Posterior a ello vamos a agregar el agua y el aditivo plastificante en este caso a la composición para que la mezcla se realice conforme al diseño y seguimos batiendo.



*Figura 30* Proceso de mezcla de nuestro concreto adicionándole agua y aditivo

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

#### Paso 4

Una vez obtenida la mezcla se procede a realizar el ensayo de asentamiento del concreto absorbente que es cero. Después de realizar este ensayo se procede a pasar con aceite los moldes respectivos para que no se adhiera la mezcla.

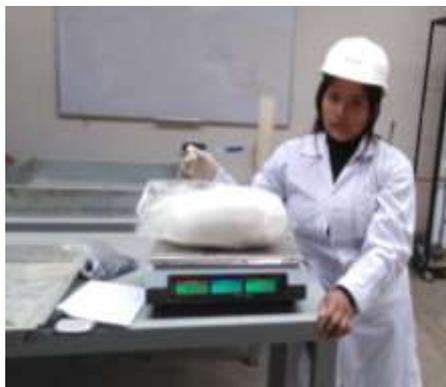


*Figura 31* Proceso de llenado del concreto en los moldes

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

#### Paso 5

Después de sacar un porcentaje de la mezcla en las probetas de prueba, se procede a añadir la fibra de vidrio en un 0.5% en el diseño de mezclas y seguimos mezclando hasta que esté bien dispersa.



*Figura 32* Muestra de fibra de vidrio para agregar al diseño de mezclas

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

### Paso 6

Luego de sacar 3 probetas de muestra para la resistencia a compresión y una para realizar la permeabilidad se procede a insertar 0.5% más de fibra de vidrio y seguimos mezclando hasta que se adhiera a la mezcla.



*Figura 33* Proceso de compactación de las probetas para resistencia a compresión

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

### Paso 7

Luego de sacar 3 probetas ya con 1 % de inserción de fibra de vidrio para realizar la resistencia a compresión y una para realizar la permeabilidad se procede a insertar 5% más de fibra de vidrio y seguimos mezclando hasta que se adhiera a la mezcla.



*Figura 34* Fibra de vidrio antes de mezclarlo en el concreto

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

### **Paso 8**

Finalmente, la mezcla que quedo con 1.5 % de fibra de vidrio se forja en las probetas como los casos anteriores y se ubica todas las muestras ya debidamente enumeradas y/o marcadas de acuerdo al porcentaje de fibra de vidrio que se añadió y se coloca en un solo lugar y deja secar por 24 horas a más dependiendo del lugar donde se realiza las muestras.

Para nuestro caso se puso a secar las muestras por 48 horas debido a que no se le aplico aditivo acelerante de fraguado y el clima del lugar estaba templado; por lo que nuestros diseños de pruebas no estaban secos al 100 % en 24 horas.



*Figura 35* Especímenes realizados para las pruebas respectivas

*Fuente:* Elaboración propia (05-09-19)

## **Capítulo VII**

### **Resultados y validación de la hipótesis**

#### **7.1 Resultados de la investigación**

##### **7.1.1 Cálculo de porcentaje de vacíos en estado endurecido**

Para poder hallar el porcentaje de vacíos de nuestro diseño se tuvo que aplicar la metodología de pesos sumergidos según recomiendan los antecedentes de la investigación, pero con la muestra totalmente seca para evitar errores como el alto porcentaje de absorción que pueda tener nuestro concreto.

En la tabla 22 se explica el procedimiento que se eligió para hallar el porcentaje de vacíos de nuestro diseño.

Tabla 22

*Determinación del porcentaje de vacíos según el incremento de la fibra de vidrio*

Hallando porcentaje de vacíos	Con fibra de vidrio			
	0.00 %	0.50 %	1.00 %	1.50 %
<b>Datos de la dimensión de una briqueta</b>				
Diámetro	10	10	10	10
Altura	20.5	20.5	20.5	20.5
<b>Volumen de briqueta</b>				
Volumen de briqueta con espacios vacíos	1610.06	1610.06	1610.06	1610.06
Volumen de agua que ingresa a la briqueta	362	360	355	352
Volumen de briqueta sin espacios vacíos	1248.06	1250.06	1255.06	1258.06
<b>Resultado</b>				
<b>Porcentaje de vacíos %</b>	22.48 %	22.36 %	22.05 %	21.86 %

*Fuente:* Elaboración propia

Promedio de % de vacíos = 22.2 %;

El rango adecuado de contenido de vacíos para un concreto absorbente está entre 15 - 25 % según las normas ACI 522 R-10 y el ACI 211.3R-02; entonces, podemos decir que nuestro diseño de pavimento absorbente se encuentra dentro del rango aceptable para concretos permeables porque tiene 22% de contenido de vacíos.

### 7.1.2 Cálculo de permeabilidad

En esta investigación la permeabilidad está en función al porcentaje de fibra de vidrio que le incorpore.

La permeabilidad tiene mejor comportamiento cuanto menos porcentaje de fibra de vidrio se le incorpora. Se ha visto en nuestros especimenes de prueba que la velocidad de filtración con los porcentajes de fibra de vidrio que se trabajó, no expone mucha diferencia porque varía en lo mínimo.

Se vio en el ensayo de permeabilidad, que la infiltración para un espesor de capa de 10 cm fue de 0.035 l/s.



Figura 36 Ensayo de permeabilidad en el espécimen de prueba

Fuente: Elaboración propia (07-09-19)

### 7.1.3 Cálculo de la resistencia a compresión

Para hallar los resultados de resistencia a compresión se procedió hacer la rotura de probetas en base a lo siguiente:

**Curva normalizada con 0.00 % de fibra de vidrio:**

Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días

$$F'_{c_{\max}} = 48.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15\,000 \sqrt{f'_c} = 104\,785.50 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

$F'_{c_{\max}}$  = Esfuerzo máximo a compresión

$E_c$  = Módulo de elasticidad

En la figura 37 se observa el crecimiento de resistencia a compresión de nuestra briqueta sin inserción de fibra de vidrio, como va desarrollando su resistencia a las diferentes edades.

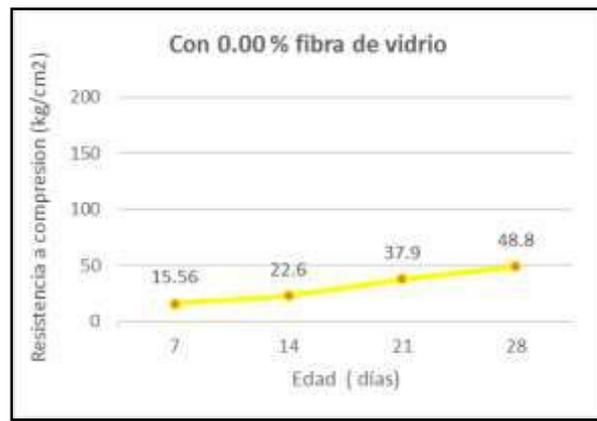


Figura 37 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 0.00 % de fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

**Curva normalizada con 0.5 % de fibra de vidrio:**

Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días

$$F'_{c_{\max}} = 53.91 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15\,000 \sqrt{f'_c} = 110\,135.14 \text{ kg/cm}^2$$

En la figura 38 se observa las diferentes resistencias a compresión vs las edades de la briqueta de prueba con 0.5 % de inserción de fibra de vidrio.

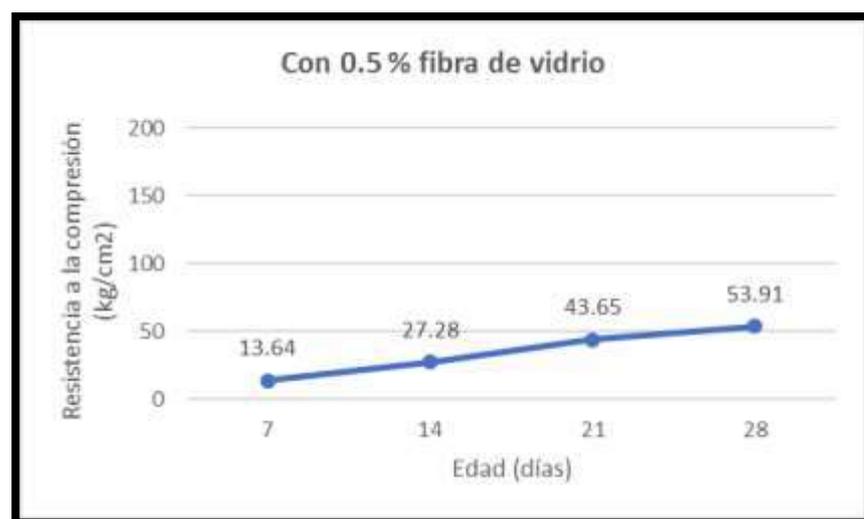


Figura 38 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 0.5 % de fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

**Curva normalizada con 1.0 % de fibra de vidrio:**

Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días

$$F'_{c_{\max}} = 57.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15\,000 \sqrt{f'c} = 113\,465.85 \text{ kg/cm}^2$$

En la figura 39 se observa las diferentes resistencias a compresión vs las edades de la briqueta de prueba con 1 % de inserción de fibra de vidrio.

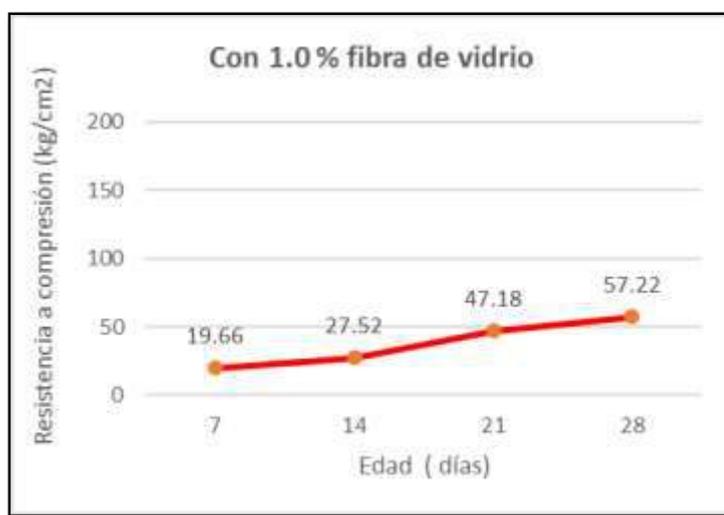


Figura 39 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 1.0 % de fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

**Curva normalizada con 1.5 % de fibra de vidrio:**

Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días

$$F'_{c_{\max}} = 50.59 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15\,000 \sqrt{f'c} = 106\,689.97 \text{ kg/cm}^2$$

En la figura 40 se observa las diferentes resistencias a compresión vs las edades de la briqueta de prueba con 1.5 % de inserción de fibra de vidrio.

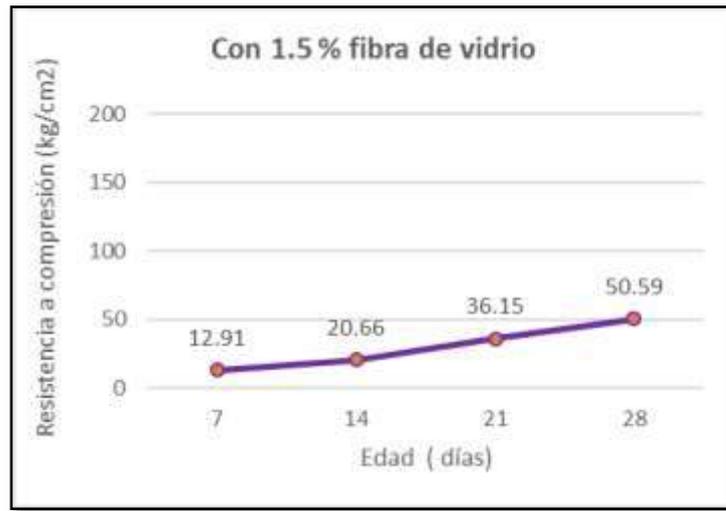


Figura 40 Gráfica de resistencia a compresión del concreto con 1.5 % de fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

### Resumen de curva normalizada con fibra de vidrio:

Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días

En la figura 41 podemos observar la resistencia a compresión máxima de las briquetas de prueba según el porcentaje de fibra de vidrio insertado.

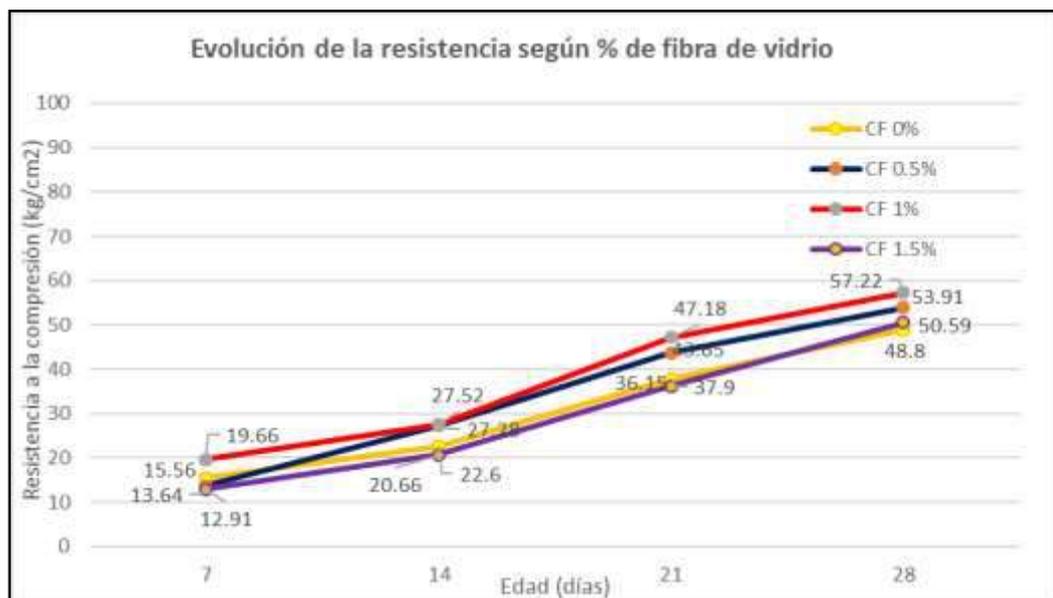


Figura 41 Resumen estadístico de la resistencia a compresión de las diferentes pruebas

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.4 Estadística de la evolución de la resistencia a compresión

#### *Evolución de la resistencia con 0.50 % de inserción de fibra de vidrio respecto al normal*

Con la inserción de fibra de vidrio en 0.50 % en el diseño de mezclas, hace que la resistencia de nuestra briqueta aumente en un 10.47 % respecto al base o la briqueta sin fibra de vidrio (SF) y a los 28 días se puede ver mejores resultados. En la figura 42 se muestra la evolución de resistencia de nuestra briqueta.

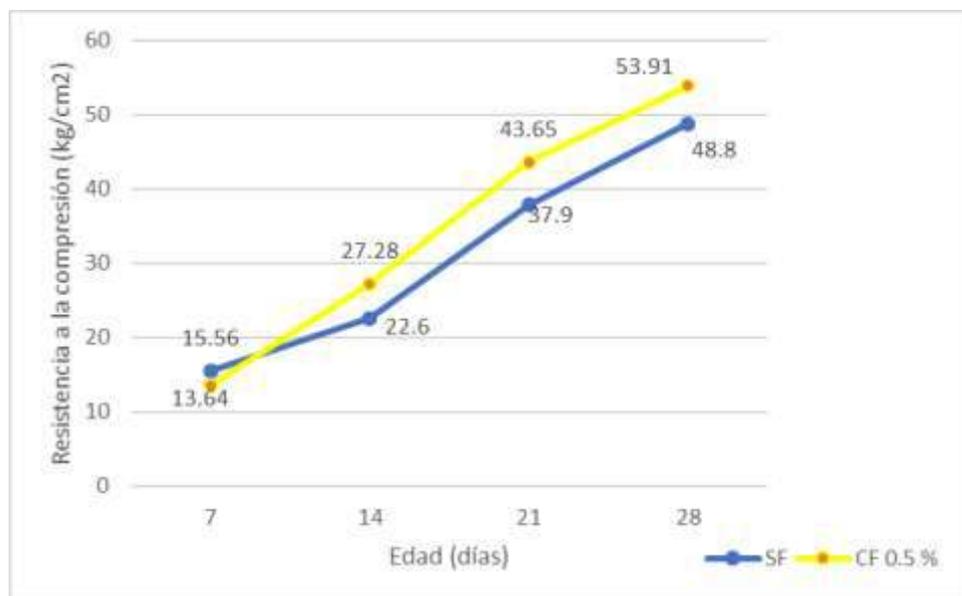


Figura 42 Gráfica de evolución de resistencia con 0.50 % de fibra de vidrio respecto a la briqueta sin fibra

#### *Evolución de la resistencia con 0.10 % de inserción de fibra de vidrio respecto al normal*

Con la inserción de fibra de vidrio en 0.10 % en el diseño de mezclas de nuestro concreto, también tiende a aumentar su resistencia en un 17.25 % respecto a la briqueta sin fibra, como se puede ver su evolución en el siguiente gráfico.

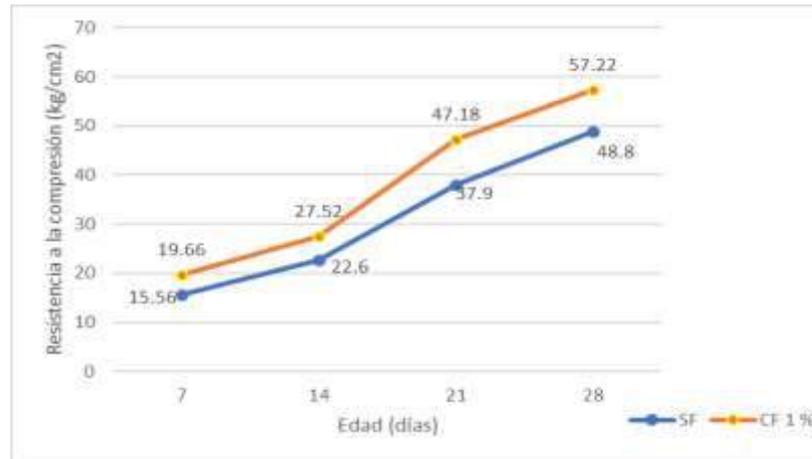


Figura 43 Gráfica de evolución de resistencia con 1.0 % de fibra de vidrio respecto a la briqueta sin fibra

***Evolución de la resistencia con 1.50 % de inserción de fibra de vidrio respecto al normal***

A diferencia de las dos gráficas anteriores, la inserción de fibra de vidrio en 1.50 % en el diseño de mezclas con respecto a la briqueta base, aumenta en un 3.67 %, pero al cumplirse los 28 días, por lo que no es recomendable su uso. Se vio que, a más porcentaje de fibra de vidrio insertado, hace que la mezcla se sature y ya no cumpla con las propiedades requeridas para un buen diseño de mezclas.

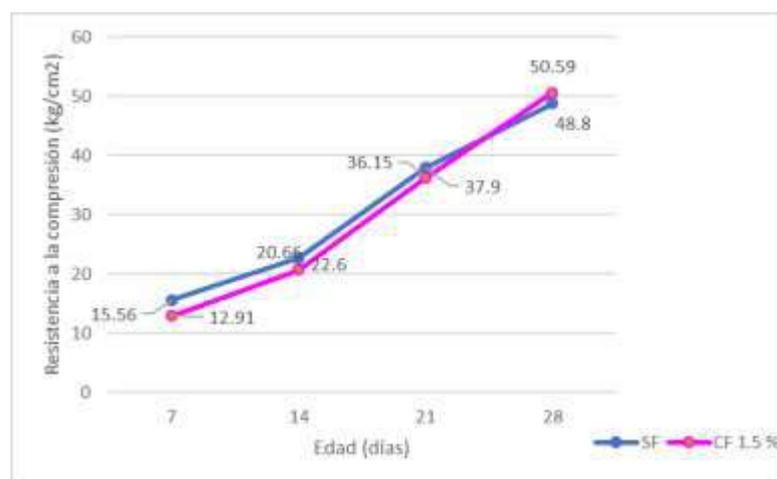


Figura 44 Gráfica de evolución de resistencia con 1.50 % de fibra de vidrio respecto a la briqueta sin fibra

Se puede observar que con la incorporación de fibra de vidrio en un porcentaje de 0.50 % y 1.00 %, el concreto absorbente aumenta su resistencia respecto a la briqueta base; pero con la incorporación de 1.50 %, la resistencia no aumenta en relación a la briqueta base, lo que lo hace desfavorable en su aplicación, como se puede resumir en la figura 45.

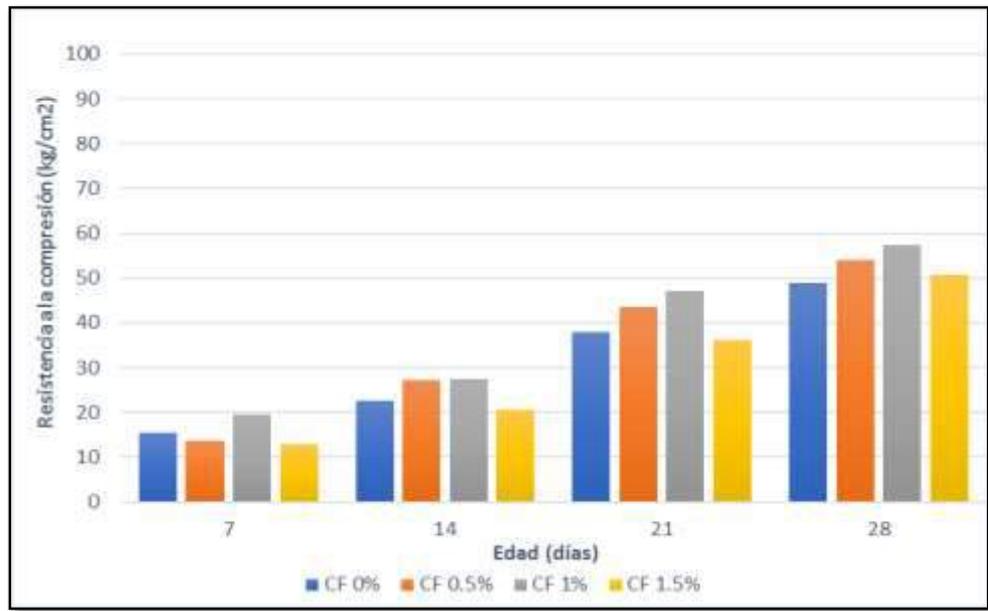


Figura 45 Estadística de la evolución de resistencia de acuerdo al porcentaje de fibra de vidrio insertado

Fuente: Elaboración propia

## 7.2 Validación de la hipótesis

### 7.2.1 Análisis estadístico del contenido de vacíos

En la figura 46 se observa como el porcentaje de vacíos disminuye, según se le inserte más fibra de vidrio

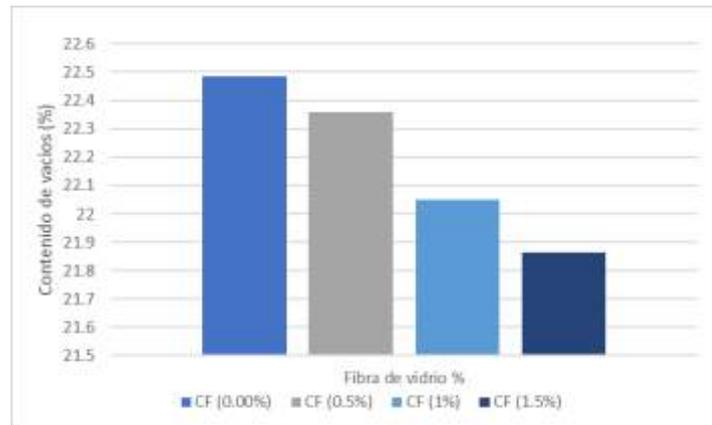


Figura 46 Contenido de vacíos de acuerdo a la cantidad de fibra de vidrio agregada

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.2 Prueba de hipótesis

En la siguiente tabla se compara los valores de porcentajes de fibra de vidrio insertado en el diseño de mezclas de concreto y cuál de ellas ayuda a la resistencia del concreto positivamente, según las hipótesis planteadas al inicio de la investigación.

Briqueta de prueba N°01, con adición de fibra de vidrio en un porcentaje de 0.5 %.

Tabla 23

Datos obtenidos de la briqueta de prueba N° 1 (CF 0.50 %)

<b>Briqueta de prueba N° 1</b>		
<b>Parámetros con fibra de vidrio (0.50 %)</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Observación</b>
<b>Hipótesis general</b>	Si cumple con mejorar la resistencia a compresión, pero no llega a 210 kg/cm <sup>2</sup> .	<b>Se rechaza</b> , porque no llega a la resistencia de diseño 210 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Hipótesis específica 1</b>	Las características del agregado y la relación a/c, cumplen con las condiciones para un buen diseño de mezclas.	<b>Se acepta</b> la hipótesis
<b>Hipótesis específica 2</b>	La incursión de 0.50 % de fibra de vidrio, ayuda a evolucionar positivamente al concreto absorbente.	<b>Se acepta</b> la hipótesis

Fuente: Elaboración propia

Briqueta de prueba N°02, con adición de fibra de vidrio en un porcentaje de 1.00 %.

Tabla 24

Datos obtenidos de la briqueta de prueba N° 2 (CF 1.00 %)

<b>Briqueta de prueba N° 2</b>		
<b>Parámetros con fibra de vidrio (1.00 %)</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Observación</b>
<b>Hipótesis general</b>	Si cumple con mejorar la resistencia a compresión, pero no llega a 210 kg/cm <sup>2</sup> .	<b>Se rechaza</b> , porque no llega a la resistencia de diseño 210 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Hipótesis específica 1</b>	Las características del agregado y la relación a/c, cumplen con las condiciones para un buen diseño de mezclas.	<b>Se acepta</b> la hipótesis
<b>Hipótesis específica 2</b>	La incursión de 1.00 % de fibra de vidrio, ayuda a evolucionar positivamente al concreto absorbente	<b>Se acepta</b> la hipótesis

Fuente: Elaboración propia

Briqueta de prueba N° 03, con adición de fibra de vidrio en un porcentaje de 1.50 %.

Tabla 25

*Datos obtenidos de la briqueta de prueba N° 3 (CF 1.50 %)*

<b>Briqueta de prueba N° 3</b>		
<b>Parámetros con fibra de vidrio (1.50 %)</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Observación</b>
<b>Hipótesis general</b>	Si cumple con mejorar la resistencia a compresión, pero no llega a 210 kg/cm <sup>2</sup> .	<i>Se rechaza</i> , porque no llega a la resistencia de diseño 210 kg/cm <sup>2</sup> .
<b>Hipótesis específica 1</b>	Las características del agregado y la relación a/c, cumplen con las condiciones para un buen diseño de mezclas	<i>Se acepta</i> la hipótesis
<b>Hipótesis específica 2</b>	La incursión de 1.50 % de fibra de vidrio, no ayuda a evolucionar adecuadamente o como se requiere al concreto absorbente.	<i>Se rechaza</i> la hipótesis

*Fuente: Elaboración propia*

El concreto absorbente evoluciona positivamente con la incursión de fibra de vidrio en un porcentaje de 1.00 % en su diseño de mezclas para aumentar su resistencia a compresión en la ciudad de Tarma.

## **Capítulo VIII**

### **Discusiones, conclusiones y recomendaciones**

#### **8.1 Discusiones**

A continuación, se describe la comparación de resultados de la investigación realizada con los antecedentes, las bases teóricas y las normas usadas para poder dar validez a este proyecto de investigación.

Tabla 26

*Discusión de resultados*

<b>Discusión</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>Bases teóricas</b>	<b>Norma</b>	<b>Mi investigación</b>	<b>Observaciones</b>
<p><b>Objetivo General</b> Mejorar el concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.</p>	<p>La incorporación de tiras de polipropileno en el diseño de mezclas para concreto permeable <math>f'c</math> 175 kg/cm<sup>2</sup> mejora parcialmente su resistencia. (Flores y Pacompia, 2015, p. 22)</p>	<p>La resina es un componente de la fibra de vidrio que la hace resistente a la erosión química y del medio ambiente, no se pudre ni se deteriora, ya que es resistente a la mayoría de los ácidos.</p>	<p>Según el ACI 522R-10 y ACI 211.3R; el concreto absorbente está combinado de cemento, AG, escaso o nada de finos, químicos y H<sub>2</sub>O que al mezclarse sirve para fabricar pisos y pavimentos totalmente porosos.</p>	<p>La adición de fibra de vidrio en el diseño de mezclas de nuestro concreto absorbente es beneficiosa por sus altas propiedades resistentes.</p>	<p>Comparando mi investigación con las bases teóricas y las normas, fueron ciertos los resultados obtenidos.</p>
<p><b>Objetivo específico 1</b> Analizar el diseño de mezclas del concreto absorbente con inserción de fibra</p>	<p>La relación a/c en 0.30 - 0.4 y el uso de agregado fino de 10 a 20 % en el diseño de mezclas del concreto permite una mejor</p>	<p>El concreto absorbente contiene una relación a/c de 0.35 – 0.40 con un contenido de vacíos de 15 a 25 %. En base que reduce el contenido</p>	<p>Debido a la alta porosidad del concreto es que su resistencia a compresión es baja, Para lograr una óptima trabajabilidad</p>	<p>La utilización de agregado fino en un 10 % del total de agregado grueso y la relación a/c de 0.4 fue esencial</p>	<p>En coincidencia con los antecedentes, la incorporación de agregado fino en un 10 %, fue óptima para un buen diseño de mezclas.</p>

de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.	adherencia entre los materiales. Villanueva y Chaiña, (2017)	de vacíos la resistencia aumenta.	del concreto absorbente, se debe trabajar con relación a/c de 0.27 - 0.45. (ACI 522R-10, 2011)	para cumplir un buen diseño de mezclas.	
<b>Objetivo Especifico 2</b> Evaluar el comportamiento del concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma.	La adición de fibra de vidrio en 1.5 a 2 % ayuda a aumentar su resistencia a compresión. Shawant, et al, (2017)	Las fibras reducen el espacio entre grietas y los anchos dando lugar a una redistribución de tensiones, en consecuencia, el enclavamiento agregado aumenta, lo que da a las fibras más rigidez y una alta capacidad de carga. (Cuenca, 2015)	La filtración de agua se logra a través de una serie de vacíos interconectados que se denominan porosidad. El espacio vacío que comprende porosidad está interconectado y es rápidamente permeable al movimiento del agua.	La incorporación de fibra de vidrio en 0.50 % y 1.00 % en el diseño de mezclas del concreto absorbente, ayuda a incrementar su resistencia a compresión.	Mis resultados fueron similares al de mi antecedente, que añadiendo 1.00 % de fibra de vidrio en el diseño de mezclas, este tiende a aumentar su resistencia.

*Fuente:* Elaboración propia

## 8.2 Conclusiones

### 8.2.1 Conclusiones generales

Se concluye la investigación diciendo que la incorporación de fibra de vidrio si ayuda a mejorar la resistencia a compresión del concreto absorbente.

### 8.2.2 Conclusiones específicas

De acuerdo a los objetivos específicos de esta investigación, se concluye de la siguiente manera:

- El diseño de mezclas utilizado en las pruebas si fue el correcto para la adición de fibra de vidrio y ayudar a este en la resistencia a compresión, solo que la manera de compactar la mezcla en las probetas de muestra no fueron las más indicadas, debido a que no se compactó bien como indican algunos antecedentes y por ello no se llegó a la resistencia a compresión requerida. En cuanto a la permeabilidad del concreto absorbente, el diseño de mezclas utilizado si cumplió con los estándares normalizados.
- El comportamiento del concreto permeable con la inserción de la fibra de vidrio hasta el porcentaje de 1.00 % mejora las propiedades del concreto significativamente, pero con adición de 1.50 % no es recomendable ya que satura la mezcla.

### 8.3 Recomendaciones

- Se recomienda para posteriores investigaciones emplear agregado grueso de menor dimensión como de ½” para conseguir una mejor resistencia a compresión, ya que el empleado cumplió perfectamente con la permeabilidad, pero no ayudó mucho en su resistencia.
- Se recomienda, después de realizado el diseño de mezclas y vaciarlo en sus respectivos moldes de prueba, hacer la compactación con el martillo del proctor 4 capas con 10 golpes cada uno, debido que al ser concreto poroso al momento de realizar el ensayo de rotura de probetas no alcanzaremos la resistencia requerida si no está bien compactado.
- Se recomienda también que para realizar la rotura de probetas se debe nivelar bien las bases. Se puede utilizar pads de neopreno en las probetas que se rompen en la maquina compresora y así su resistencia a compresión no sea alterada.

## Referencias bibliográficas

- 211.3R, A. (2009). mezcla de concreto permeable proporcional. *Guia para seleccionar proporciones para concreto sin asentamiento*. Farmington Hills, Michiga, Estados Unidos.
- 522R-10, A. (2011). *Reporte en concreto permeable*. mishigan, Estados Unidos.
- ACI, I. C. (1992). *American Concrete Institute*. Michigan, Estados Unidos: Standards organization.
- Ballon, R. (2012). Evaluacion de la resistencia a compresión Y grado de permeabilidad del concreto poroso como alternativa para pavimentos con bajo volumen de transito de tránsito en la ciudad de cusco. *bachiller*. Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- Bridgestone. (2018). *Bridgestone comercial*. Obtenido de <https://www.bridgestonecomercial.com.mx/es-mx/noticias/hidroplaneo-aquaplaning-que-es>
- Choque, H., & Ccana, J. C. (2016). Evaluacion de la resistencia a la compresion y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras Vicho y Zarate, adicionando aditivo superplastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia 210gk/cm<sup>2</sup>. 2016. Universidad Andina del Cusco, CUSCO.
- civil, I. (2017). *Glosario Ingeniería civil*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/ingenieria-civil/concreto-materia>
- Cuenca, E. (2015). Sobre el comportamiento al corte de elementos estructurales hechos de hormigón reforzado con fibra de acero. *Tesis de grado*. Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España.
- Dudley, C. B. (1898). American Society for Tesing Materials C 33. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.
- EPA. (1999). *Pavimentos permeables para evitar la contaminacion*. Estados Unidos: United States.
- Escuela de formación GF. (2018). *Geotecnia fácil*. Obtenido de <http://geotecniafacil.com/que-es-el-nivel-freatico-definicion-piezometrico/>

- Falcon Baldeon, F. A. (2016). *Diseño de un pavimento rígido permeable, con agregados de la cantera Chullqui, para el drenaje urbano en estacionamiento en la Ciudad de Huánuco*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán . Huanuco: Tesis de grado.
- Fernandez, R., & Navas, A. (2010). "Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresion uniaxial y su permeabilidad". *Titulo de grado*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Ferrer, J. (Julio de 2010). *Blogger*. Obtenido de blogspot.com: <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>
- Fibras y normas de Colombia S.A.S.* (2004). Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/escorrentia-definicion-tipos-y-factores-que-la-generan/>
- Flores Quispe, C. E., & Pacompia Calcina, I. A. (2015). Diseño de mezclas de concreto permeable con adición de tiras de plasticopara pavimentos f´c 175 kg/cm2. *Tesis de Grado*. Universidad Nacional del Antiplano, PUNO, Perú.
- Gonzales Madariaga, F. J. (2016). *Mezclas de residuos de poliestireno expandido(EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso*. Universidad de Guadalajara . Mexico: Dept. de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Guzmán, R. S. (2012). *Evaluación de la resistencia a Compresión y grado de permeabilidad del concreto poroso como alterantiva para pavimentos con BSJO volumen de tránsito en la ciudad de Cusco*. CUSCO-PERÚ: Universidad Andina dell Cusos.
- Hernández Sampieri, R., Fernadez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed., Vol. 6). Ciudad de Mexico, MEXICO: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- HIDROCRETO. (10 de Noviembre de 2015). *Sistemas constructivos I*. Obtenido de <http://hidrocretofaumateoballesteros.blogspot.com/2015/11/ventajas-del-material.html>
- IMCYC. (2011). Construcción y Tecnología en Concreto. *IMCYC*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>
- INEI. (22 de Octubre de 2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

- López, L. G. (2003). *El concreto y otros Materiales para la Construcción* (2 ed.). Manizales, Colombia: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- Mechtcherine, V. (2012). *Aplicación de polímeros superabsorbentes (SAP) en la construcción de hormigón*. Dresde, Alemania: Springer.
- Meléndez Pino, N. C. (2018). Determinación de la calidad de agua potable en la localidad de Tarma en *tesis de grado*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Tarma, Tarma, Perú.
- Monetti, M. d. (2018). Hormigón poroso con materiales locales, una contribución para la gestión de las aguas de lluvia. *Tesis para maestría*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Moujir, Y. F., & Castañeda U., L. F. (2014). Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. *Proyecto de grado*. Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali, Colombia.
- Rodas Ralta, N. I. (2012). *Desarrollo y uso de bloques de concreto permeable en senderos ecológicos*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: bachiller.
- SENAMHI. (Setiembre de 2019). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- Shawant, M., Dhande, D., Sabde, S., Bhalsing, R., Yadav, P., & Ranjan, N. (2017). Hormigón permeable con fibra de vidrio. *Revista*. Instituto de Ingeniería, gestión e Investigación Akuni, Pune, Maharashtra, India.
- Sifuentes, J. Y. (2016). Resistencia a compresión uniaxial de concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  de agregados de cerro con la adición de fibras de polipropileno UPN-2016. *Bachiller*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Silva Julca, R. (2016). *Concreto permeable como propuesta sostenible para mejorar el sistema de drenaje pluvial de la vía Blas De Atienza en Piura*. Universidad Cesar Vallejo. Piura: tesis de grado.
- Supo, J. (Enero de 2015). Como empezar una tesis. *Revista, Primera edición*, 70. Paucarpata, Arequipa, Perú: BIOESTADISTICO EIRL.

- Tancayllo, C., & Condori, L. (2015). Evaluación del concreto permeable para resistencia F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>, utilizando agregados del río Vilcanota sector Pampacchua sin uso de aditivos. *tesis de Bachiller*. Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- Torres, F. R. (2002). *Efecto de las Fibras plásticas en la flexion de estructuras de pavimentos drenantes*. COLOMBIA: Pontificia Universidad Javeriana.
- TOXEMENT, E. G. (2017). *www.toxement.com.co*. Obtenido de /toxement.col
- Villanueva Escobedo, Y. A., & Chaiña Quispe, J. L. (2017). "Diseño de concreto permeable para pavimentos rígidos, utilizando piedra uso 67 y arena gruesa de la cantera la poderosa, para la Ciudad de Arequipa". *Tesis de grado*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Villanueva, J., & Carné, L. (26 de Agosto de 1996). *ECOCRETO*. Obtenido de <http://www.ecocreto.com.mx/historia.html>

## Anexos

### Anexo 1. Calles actuales en mal estado de la ciudad de Tarma



*Figura 47* Inundación de calles en la ciudad de Tarma por mal sistema de drenaje



*Figura 48* Inundación de calles y atracción de focos infecciosos



*Figura 49* Problema de libre tránsito por inundación de calles

## Anexo 2. Validación de instrumentos usados para realización de ensayos de laboratorio

## Formato de ensayo de materiales

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO Y GRUESO**  
**ASTM C 136 / NTP 400.012**

## A.- Agregado grueso

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				
Fondo					
Total					

TMN=  M.F =

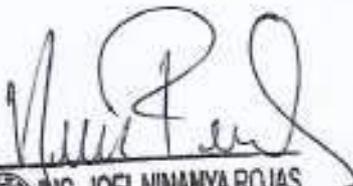
## B.- Agregado fino

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				
N° 8	2.360				
N° 16	1.180				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 100	0.149				
N° 200					
Fondo					
Total					

M.F =

$$M.F. = \left( \frac{\sum \% \text{ ret. acum. desde } 3'' \text{ hasta el tamiz N}^\circ 100}{100} \right)$$

Validado por:

**ING. JOEL NINANYA ROJAS**  
**CIP 168382**

## Formato de ensayo de materiales

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**  
**ASTM C 127 / NTP 400.021**

		UND (kg)
1	Masa de la muestra secada al horno en aire , g ( A )	
2	Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire , g ( B )	
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + Masa de la canastilla	
4	Masa de la canastilla	
5	Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua , g ( C )	

Resultados:

Peso específico de masa = $A/(B-C)$	
Peso específico de masa S.S.S. = $B/(B-C)$	
Peso específico aparente = $A/(A-C)$	
Porcentaje de absorción (%) = $((B-A)/A*100)$	

Tamaño Máximo Nominal del agregado	Peso mínimo de la muestra (Kg)
1/2" o menos	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	5
2"	8
2 1/2"	12

Referencia: ASTM C 127 / NTP 400.021

Validado por:




**ING. JOEL NINANYA ROJAS**  
**CIP 168382**

**Formato de ensayo de materiales**

**PESO UNITARIO Y VACIOS DEL AGREGADO GRUESO**  
**NTP 400.017**

**1. Calibración del molde**

		UND (kg)
A	Peso de molde	
B	Peso de agua E-A-C	
C	Peso de vidrio	
D	Temperatura	
E	Peso de molde + agua + vidrio	

Resultados:

	Formula	Promedio
Densidad H <sub>2</sub> O	$X0+(X1-X0)(Y-Y0)/(Y1-Y0)$	
Volumen H <sub>2</sub> O	B/DH <sub>2</sub> O	

**2. Peso unitario suelto**

		Formula
PT	Peso de molde + agregado grueso	-
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM
PM	Peso de molde	-
P <sub>us</sub>	Peso unitario suelto	PA/V <sub>m</sub>

**3. Peso unitario compactado**

		Formula
PT	Peso de molde + agregado grueso	-
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM
PM	Peso de molde	-
P <sub>us</sub>	Peso unitario compactado	PA/V <sub>m</sub>

Validado por:

**ING. JOEL NINANYA ROJAS**  
**CIP 168382**

## Formato de ensayo de materiales

**CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE EN AGREGADOS POR SECADO**  
**ASTM C 566 / NTP 339.185**

## Contenido de humedad del agregado grueso

1	N° del recipiente		
2	Peso del recipiente (g)		
3	Peso del recipiente + muestra húmeda (g)		
4	Peso del recipiente + muestra seca (g)		
5	Peso de agua (g) (3)-(4)		
6	Peso de muestra seca (g) (4) - (2)		
7	Contenido de humedad (5) / (6) * 100 (%)		
	Promedio		

## Cálculos

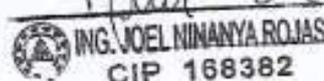
Se calcula el contenido de humedad en porcentaje de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W \% = \left( \frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} \right) \times 100$$

Tamaño Máximo Nominal de agregados pulg.	Masa mínima de agregados en kg
N°4	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	6
2"	8
2 1/2"	10

Referencia: ASTM C 566 / NTP 339.185

Validado por:

## Formato de ensayo de materiales

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO Y GRUESO**  
**ASTM C 136 / NTP 400.012**

## A.- Agregado grueso

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				
Fondo					
Total					

TMN=  M.F =

## B.- Agregado fino

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				
N° 8	2.360				
N° 16	1.180				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 100	0.149				
N° 200					
Fondo					
Total					

M.F =

$$M.F. = \left( \frac{\sum \% \text{ ret. acum. desde } 3" \text{ hasta el tamiz N}^\circ 100}{100} \right)$$

Validado por:


  
 Jerker Emilio Bendas Zorrillo  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 71251

## Formato de ensayo de materiales

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**  
**ASTM C 127 / NTP 400.021**

		UND (kg)
1	Masa de la muestra secada al horno en aire , g ( A )	
2	Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire , g ( B )	
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + Masa de la canastilla	
4	Masa de la canastilla	
5	Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua , g ( C )	

Resultados:

Peso específico de masa = $A/(B-C)$	
Peso específico de masa S.S.S. = $B/(B-C)$	
Peso específico aparente = $A/(A-C)$	
Porcentaje de absorción (%) = $((B-A)/A*100)$	

Tabla 1: Cantidad mínima de muestra	
Tamaño Máximo Nominal del agregado	Peso mínimo de la muestra (Kg)
1/2" o menos	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	5
2"	8
2 1/2"	12

Referencia: ASTM C 127 / NTP 400.021

Validado por:



**Emilio Bendasi Zamilla**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 71251

## Formato de ensayo de materiales

**PESO UNITARIO Y VACIOS DEL AGREGADO GRUESO**  
**NTP 400.017**

## 1. Calibración del molde

		UND (kg)
A	Peso de molde	
B	Peso de agua E-A-C	
C	Peso de vidrio	
D	Temperatura	
E	Peso de molde + agua + vidrio	

Resultados:

	Formula	Promedio
Densidad H <sub>2</sub> O	$X0+(X1-X0)(Y-Y0)/(Y1-Y0)$	
Volumen H <sub>2</sub> O	B/DH <sub>2</sub> O	

## 2. Peso unitario suelto

		Formula	
PT	Peso de molde + agregado grueso	-	
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM	
PM	Peso de molde	-	
P <sub>us</sub>	Peso unitario suelto	PA/V <sub>m</sub>	

## 3. Peso unitario compactado

		Formula	
PT	Peso de molde + agregado grueso	-	
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM	
PM	Peso de molde	-	
P <sub>us</sub>	Peso unitario compactado	PA/V <sub>m</sub>	

Validado por:


  
*Javier Emilio Bendón Zorrillo*
  
 INGENIERO CIVIL
   
 Reg. CIP N° 71251

## Formato de ensayo de materiales

**CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE EN AGREGADOS POR SECADO**  
**ASTM C 566 / NTP 339.185**

## Contenido de humedad del agregado grueso

1	N° del recipiente		
2	Peso del recipiente (g)		
3	Peso del recipiente + muestra húmeda (g)		
4	Peso del recipiente + muestra seca (g)		
5	Peso de agua (g) (3)-(4)		
6	Peso de muestra seca (g) (4) - (2)		
7	Contenido de humedad (5) / (6) * 100 (%)		
			Promedio

## Cálculos

Se calcula el contenido de humedad en porcentaje de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W \% = \left( \frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} \right) \times 100$$

Tabla 1: Cantidad mínima húmeda de la muestra	
Tamaño Máximo Nominal de agregados pulg.	Masa mínima de agregados en kg
N°4	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	6
2	8
2 1/2"	10

Referencia: ASTM C 566 / NTP 339.185

Validado por:


  
**Jerba Estelio Benítez Zorrillo**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 71251

## Formato de ensayo de materiales

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINO Y GRUESO**  
 ASTM C 136 / NTP 400.012

## A.- Agregado grueso

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				
Fondo					
Total					

TMN=  M.F =

## B.- Agregado fino

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Que pasa
3/8"	9.500				
N° 4	4.750				
N° 8	2.360				
N° 16	1.180				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 100	0.149				
N° 200					
Fondo					
Total					

M.F =

$$M.F. = \left( \frac{\sum \% \text{ ret. acum. desde } 3" \text{ hasta el tamiz } N^{\circ} 100}{100} \right)$$

Validado por:



## Formato de ensayo de materiales

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**  
**ASTM C 127 / NTP 400.021**

		UND (kg)
1	Masa de la muestra secada al horno en aire , g ( A )	
2	Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire , g ( B )	
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + Masa de la canastilla	
4	Masa de la canastilla	
5	Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua , g ( C )	

Resultados:

Peso específico de masa = $A/(B-C)$	
Peso específico de masa S.S.S. = $B/(B-C)$	
Peso específico aparente = $A/(A-C)$	
Porcentaje de absorción (%) = $((B-A)/A*100)$	

Tamaño Máximo Nominal del agregado	Peso mínimo de la muestra (Kg)
1/2" o menos	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	5
2"	8
2 1/2"	12

Referencia: ASTM C 127 / NTP 400.021

Validado por:



Ing. Miguel Alvaro Jarama  
 C.I.P. 129417  
 INGENIERO CIVIL

## Formato de ensayo de materiales

**PESO UNITARIO Y VACIOS DEL AGREGADO GRUESO**  
**NTP 400.017**

## 1. Calibración del molde

		UND (kg)
A	Peso de molde	
B	Peso de agua E-A-C	
C	Peso de vidrio	
D	Temperatura	
E	Peso de molde + agua + vidrio	

## Resultados:

	Formula	Promedio
Densidad H <sub>2</sub> O	$X0+(X1-X0)(Y-Y0)/(Y1-Y0)$	
Volumen H <sub>2</sub> O	$B/DH20$	

## 2. Peso unitario suelto

		Formula
PT	Peso de molde + agregado grueso	-
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM
PM	Peso de molde	-
P <sub>us</sub>	Peso unitario suelto	PA/V <sub>m</sub>

## 3. Peso unitario compactado

		Formula
pT	Peso de molde + agregado grueso	-
PA	Peso de agregado grueso	PT-PM
PM	Peso de molde	-
P <sub>us</sub>	Peso unitario compactado	PA/V <sub>m</sub>

Validado por:



  
 Ing. Víctor Aljaro Jarama  
 C.I.P. 129417  
 INGENIERO CIVIL

**Formato de ensayo de materiales**

**CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE EN AGREGADOS POR SECADO  
ASTM C 566 / NTP 339.185**

**Contenido de humedad del agregado grueso**

1	N° del recipiente		
2	Peso del recipiente (g)		
3	Peso del recipiente + muestra húmeda (g)		
4	Peso del recipiente + muestra seca (g)		
5	Peso de agua (g) (3)-(4)		
6	Peso de muestra seca (g) (4) - (2)		
7	Contenido de humedad (5) / (6) * 100 (%)		
		Promedio	

**Cálculos**

Se calcula el contenido de humedad en porcentaje de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W \% = \left( \frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} \right) \times 100$$

Tamaño Máximo Nominal de agregados pulg.	Masa mínima de agregados en kg
N°4	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	6
2"	8
2 1/2"	10

Referencia: ASTM C 566 / NTP 339.185

Validado por:



**Anexo 3 Certificado de ensayos realizados en laboratorio de Ingeniería civil****CERTIFICADO**

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

**CERTIFICA:**

Que la Srta. Carina Melina Ramos Salcedo, con DNI 70178291, bachiller en Ciencias de la Ingeniería civil, de la Facultad de Ingeniería Civil, ha realizado ensayos de laboratorio para proyecto de Investigación: **"Mejoramiento al concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma"**

Dichos ensayos son los siguientes:

- 01 ensayo de contenido de humedad para agregado grueso.
- 01 ensayo determinación de peso unitario para agregado grueso.
- 01 ensayo de granulometría del agregado fino y grueso.
- 01 ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.
- Resistencia a compresión de briquetas.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente



Tarma, 30 de Setiembre del 2019

## Anexo 4 Vista del programa DM CONCRET para realizar diseño de mezclas de concreto

DM-CONCRET 2014

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POR EL MÉTODO DEL COMITÉ DE LA ACI**

INSERTAR | EXPORTAR RESULTADOS | TABLAS DE DISEÑO | MANUAL DE LABORATORIO DE CONCRETO | ACERCA DE

PARA EL AGREGADO FINO  
 PARA EL AGREGADO GRUESO

INSERTE RESULT. DE LABORATORIO  
 INSERTE PROP. DEL CONCRETO  
 DESVIACIÓN STANDARD  
 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO  
 EXPOSICIÓN A SULFATOS

FALTA INSERTAR DATOS PARA OBTENER UNA SOLUCIÓN

PROPIEDADES DE CONCRETO		RESULTADOS DEL LABORATORIO	
		FINO	GRUESO
CONSISTENCIA:	<input type="text"/>	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (kg/m <sup>3</sup> ):	<input type="text"/>
RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS:	<input type="text"/>	ABSORCIÓN (%):	<input type="text"/>
CONTENIDO DE AIRE:	<input type="text"/>	CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	<input type="text"/>
FACTOR DE SEGURIDAD:	<input type="text"/>	MÓDULO DE FINEZA:	<input type="text"/>
EXPOSICIÓN A LOS SULFATOS:	DESPRECIABLE	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	<input type="text"/>
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ):	3.15	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> ):	<input type="text"/>
DESVIACIÓN STANDARD (kgf/cm <sup>2</sup> ):	<input type="text"/>	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> ):	<input type="text"/>
<b>RESULTADO</b>		<b>VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES</b>	
RESISTENCIA PROMEDIO (kgf/cm <sup>2</sup> ):	<input type="text"/>	CEMENTO (m <sup>3</sup> ):	<input type="text"/>

ENTONCES DETERMINAMOS EL Å FINO

Figura 50 Programa DM CONCRET

Fuente: Adaptado de ACI

## Anexo 5. RNE – Formatos para realizar ensayos de laboratorio según Norma Técnica

### Peruana (NTP)

NORMA	DENOMINACIÓN
NTP 339.126:1998	SUELOS. Métodos para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo.
NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1999	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NTP 339.129:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.131:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo.
NTP 339.132:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz 75 $\mu\text{m}$ (N°200)
NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)
NTP 339.135:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.
NTP 339.138:1999	SUELOS. Determinación del Peso volumétrico de suelos cohesivos.
NTP 339.140:1999	SUELOS. Determinación de los factores de contracción de suelos mediante el método del mercurio
NTP 339.141:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$ (56000 $\text{pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$ ))
NTP 339.142:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar (600 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$ (12400 $\text{pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$ ))
NTP 339.144:1999	SUELOS. Métodos de ensayo estándar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.145:1999	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.146:2000	SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
NTP 339.147:2000	SUELOS. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (carga constante)
NTP 339.152:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas.
NTP 339.177:2002	SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.
NTP 339.178:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea
NTP 339.076:1982	HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros en las aguas usadas en la elaboración de concretos y morteros.

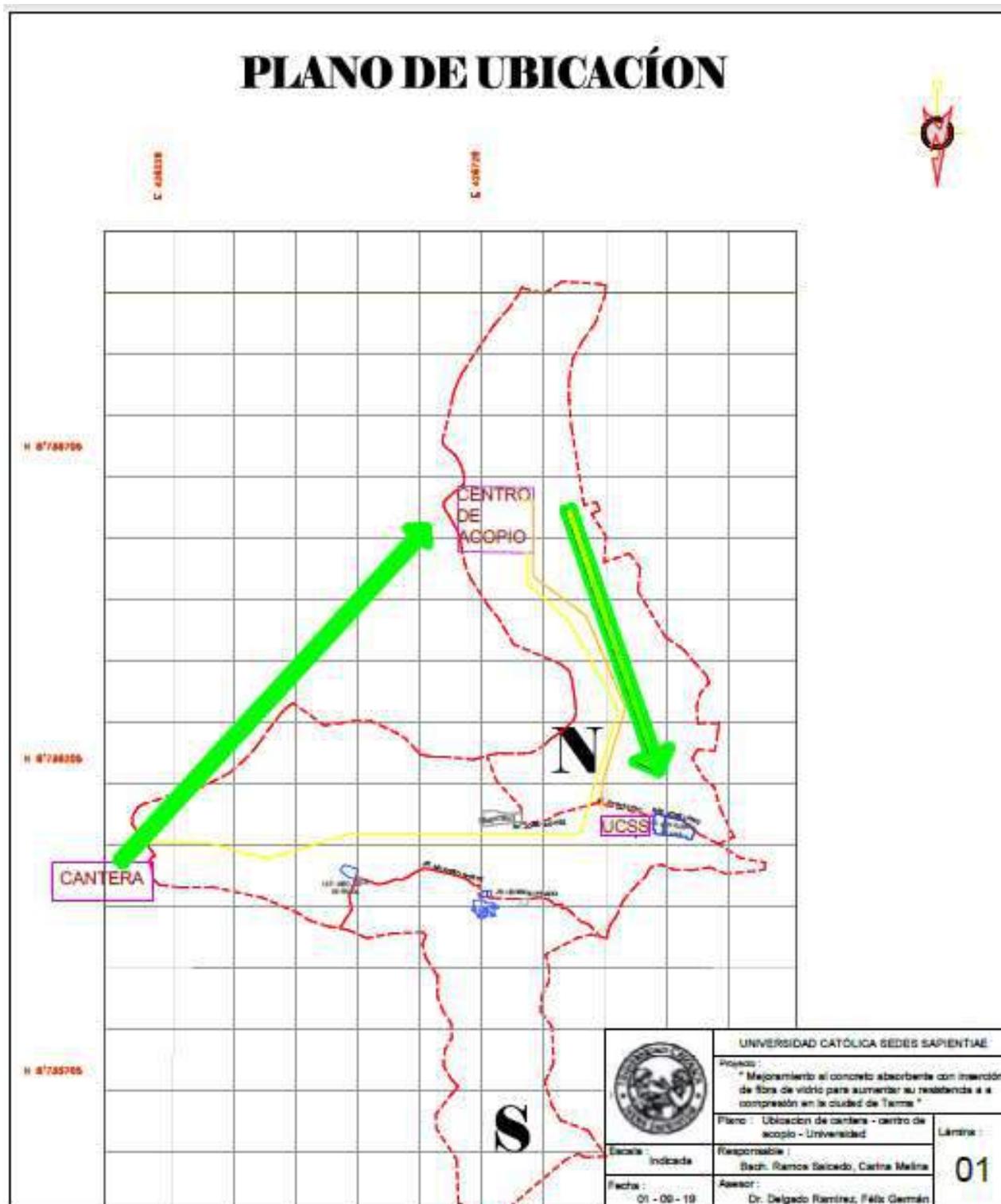
**Anexo 6. Análisis de precios unitarios de materiales de un pavimento convencional con uno absorbente**

Para 1 m <sup>3</sup> de mezcla				
<b>CONCRETO ABSORBENTE</b>	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Piedra chancada de 3/4"	m <sup>3</sup>	0.57	S/. 50.00	S/. 28.50
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0.057	S/. 60.00	S/. 3.42
Cemento	bol	6.66	S/. 22.00	S/. 146.52
Agua	m <sup>3</sup>	0.17	S/. 1.00	S/. 0.17
Aditivo plastificante	gln	0.017	S/. 34.00	S/. 0.58
Fibra de vidrio (1 %)	kg	0.014	S/. 6.50	S/. 0.09
<b>Total</b>				<b>S/.179.28</b>

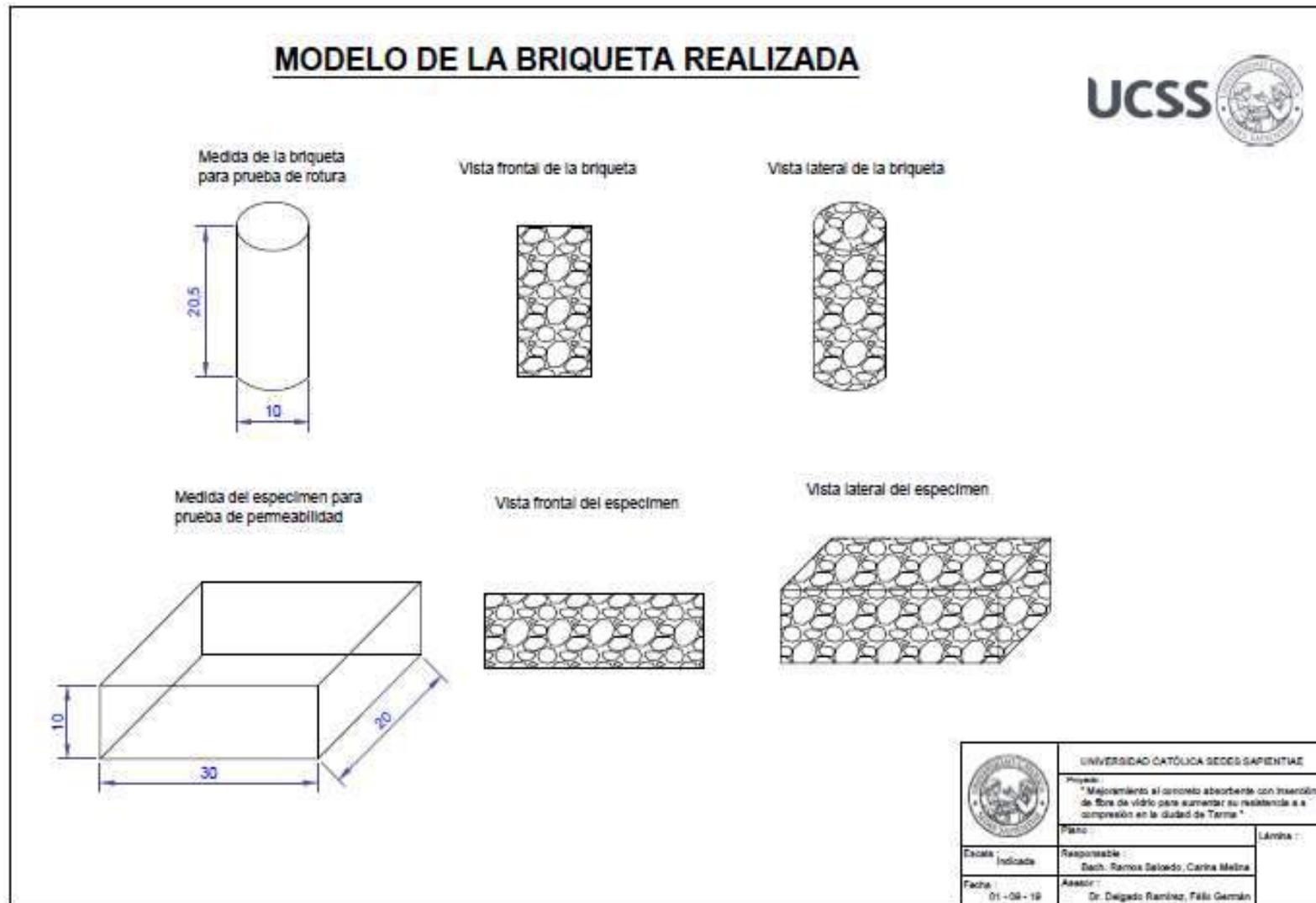
Para 1 m <sup>3</sup> de mezcla				
<b>CONCRETO CONVENCIONAL</b>	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Agregado grueso	m <sup>3</sup>	0.71	S/. 50.00	S/.35.50
Agregado fino	m <sup>3</sup>	0.40	S/. 60.00	S/.24.00
Cemento	bol	8.63	S/. 22.00	S/.189.86
Agua	m <sup>3</sup>	0.18	S/. 1.00	S/.0.18
				<b>S/.249.54</b>

<b>DIFERENCIA DE COSTO DE CONCRETO EN 1 m<sup>3</sup></b>	
<b>Concreto absorbente</b>	<b>S/. 179.28</b>
<b>Concreto convencional</b>	<b>S/. 249.54</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>S/. 70.26</b>

Anexo 7. Plano de ubicación de la cantera de los agregados utilizados



## Anexo 8. Plano con dimensión de las briquetas utilizadas



## Anexo 9. ACI 211 – Guía para proporciones de concretos con cero slump

# Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete

Reported by ACI Committee 211

Michael J. Boyle  
Chair

Terrence H. Arnold\*  
William L. Barringer  
Muhammad P. Habboub  
Cezimir Bogucki  
Gary L. Brown  
Marshall L. Brown  
Ramon L. Carrasquillo  
James H. Cook  
John F. Cook  
Raymond A. Cook  
David A. Crocker  
D. Gene Daniel

Francis de Larrard  
Donald E. Dixon  
Calvin L. Dool  
Darrell F. Elliot  
Michael R. Gardner  
John T. Guthrie  
G. Terry Harris, Sr.  
Godfrey A. Holmstrom  
Richard D. Hill  
David L. Hollingsworth  
George W. Hollon  
Said Inzani

Tariq M. Jabir  
Robert S. Jenkins  
Frank A. Kozlowski  
Cristin L. Lobo  
Mark D. Luther  
Howard P. Lux  
Gert B. Maus\*  
Ed T. McGuire  
Dipak T. Parekh  
James S. Pierce\*  
Michael F. Pistilli  
Steven A. Ragan\*

Royce J. Rhoads  
John P. Rice  
Cl. Michael Robinson  
Donald L. Schlögl\*\*  
James M. Shilstone  
Ava Slopyska  
Jeffrey F. Spock  
William X. Szybor  
Stanley J. Vargalitis  
Woodward L. West  
Dean J. White, II  
Richard M. Wing

\*Member of subcommittee who prepared revision.

\*\*Chair of Subcommittee C.

The subcommittee thanks Gary Knight and Tom Usher for providing assistance for some of the graphics in this report.

*This guide is intended as a supplement to ACI 211.1. A procedure is presented for proportioning concrete that has slumps in the range of zero to 25 mm (1 in.) and consistencies below this range, for aggregates up to 75 mm (3 in.) maximum size. Suitable equipment for measuring such consistencies is described. Tables and charts similar to those in ACI 211.1 are provided which, along with laboratory tests on physical properties of fine and coarse aggregate, yield information for obtaining concrete proportions for a trial mixture.*

*This document also includes appendices on proportioning mixtures for roller-compacted concrete, concrete masonry units, concrete masonry units, and pervious concrete for drainage purposes. Examples are provided as an aid in calculating proportions for these specialty applications.*

**Keywords:** durability; mixture proportioning; no-slump concrete; roller-compacted concrete; slump test; water-cementitious materials ratio.

ACI Committee Reports, Guides, Manuals, Standard Practices, and Commentaries are intended for guidance in planning, designing, executing, and inspecting construction. This document is intended for the use of individuals who are competent to evaluate the significance and limitations of its content and recommendations and who will accept responsibility for the application of the material it contains. The American Concrete Institute disclaims any and all responsibility for the stated principles. The Institute shall not be liable for any loss or damage arising therefrom.

Reference to this document shall not be made in contract documents. If items found in this document are desired by the Architect/Engineer to be a part of the contract documents, they shall be restated in mandatory language for incorporation by the Architect/Engineer.

## CONTENTS

### Chapter 1—Scope and limits, p. 211.3R-2

### Chapter 2—Preliminary considerations, p. 211.3R-2

- 2.1—General
- 2.2—Methods for measuring consistency
- 2.3—Mixing water requirement

### Chapter 3—Selecting proportions, p. 211.3R-4

- 3.1—General
- 3.2—Slump and maximum-size aggregate
- 3.3—Estimating water and aggregate grading requirements
- 3.4—Selecting water-cementitious materials ratio
- 3.5—Estimate of coarse aggregate quantity

### Chapter 4—Proportioning computations (SI units), p. 211.3R-7

- 4.1—General proportioning criteria
- 4.2—Example of proportioning computations
- 4.3—Batching quantities for production-size batching
- 4.4—Adjustment of trial mixture

ACI 211.3R-02 supersedes ACI 211.3R-97 and became effective January 11, 2002. Copyright © 2002, American Concrete Institute.

All rights reserved including rights of reproduction and use in any form or by any means, including the making of copies by any physical process, or by electronic or mechanical devices, printed, written, or oral, or recording for sound or visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or device, unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.

**Chapter 5—References, p. 211.3R-9**

- 5.1—Referenced standards and reports  
5.2—Cited references

**Appendix 1—Proportioning computations (inch-pound units), p. 211.3R-9****Appendix 2—Laboratory tests, p. 211.3R-11****Appendix 3—Roller-compacted concrete mixture proportioning, p. 211.3R-12****Appendix 4—Concrete roof tile mixture proportioning, p. 211.3R-20****Appendix 5—Concrete masonry unit mixture proportioning, p. 211.3R-21****Appendix 6—Pervious concrete mixture proportioning, p. 211.3R-24****CHAPTER 1—SCOPE AND LIMITS**

ACI 211.1 provides methods for proportioning concrete with slumps greater than 25 mm (1 in.) as measured by ASTM C 143/C 143M. This guide is an extension of ACI 211.1 and addresses the proportioning of concrete having slump in the range of zero to 25 mm (1 in.).

The paired values stated in inch-pound and SI units are the results of conversions that reflect the intended degree of accuracy. Each system is used independently of the other in the examples. Combining values from the two systems may result in nonconformance with this guide.

In addition to the general discussion on proportioning no-slump concrete, this guide includes proportioning procedures for these classes of no-slump concrete: roller-compacted concrete (Appendix 3); roof tiles (Appendix 4); concrete masonry units (CMU) (Appendix 5); and pervious concrete (Appendix 6).

**CHAPTER 2—PRELIMINARY CONSIDERATIONS****2.1—General**

The general comments contained in ACI 211.1 are pertinent to the procedures discussed in this guide. The description of the constituent materials of concrete, the differences in proportioning the ingredients, and the need for knowledge of the physical properties of the aggregate and cementitious materials apply equally to this guide. The level of overdesign indicated in ACI 301 and ACI 318/318R should be applied to the compressive strength used for proportioning.

**2.2—Methods for measuring consistency**

Workability is the property of concrete that determines the ease with which it can be mixed, placed, consolidated, and finished. No single test is available that will measure this property in quantitative terms. It is usually expedient to use some type of consistency measurement as an index to workability. Consistency may be defined as the relative ability of freshly mixed concrete to flow. The slump test is the most familiar test method for consistency and is the basis for the measurement of consistency under ACI 211.1.

**Table 2.1—Comparison of consistency measurements for slump and Vebe apparatus**

Consistency description	Slump, mm	Slump, in.	Vebe, s
Extremely dry	—	—	32 to 18
Very stiff	—	—	18 to 10
Stiff	0 to 25	0 to 1	10 to 5
Stiff plastic	25 to 75	1 to 3	5 to 3
Plastic	75 to 125	3 to 5	3 to 0
Very plastic	125 to 190	5 to 7.1/2	—

**Table 2.2—Approximate relative water content for different consistencies**

Consistency description	Approximate relative water content, %	
	Thaulow <sup>3</sup>	Table 6.3.3, ACI 211.1
Extremely dry	78	—
Very stiff	83	—
Stiff	88	—
Stiff plastic	93	92
Plastic	100	100
Very plastic	106	106

No-slump concrete will have poor workability if consolidated by hand-rodging. If vibration is used, however, such concrete might be considered to have adequate workability. The range of workable mixtures can therefore be widened by consolidation techniques that impart greater energy into the mass to be consolidated. The Vebe apparatus,<sup>1,2</sup> the compacting factor apparatus,<sup>3</sup> the modified compaction test, and the Thaulow drop table<sup>4</sup> are laboratory devices that can provide a useful measure of consistency for concrete mixtures with less than 25 mm (1 in.) slump. Of the three consistency measurements, the Vebe apparatus is frequently used today in roller-compacted concrete and will be referred to in this guide. The Vebe test is described in Appendix 2. If none of these methods are available, consolidation of the trial mixture under actual placing conditions in the field or laboratory will, of necessity, serve as a means for determining whether the consistency and workability are adequate. Suitable workability is often based on visual judgement for machine-made precast concrete products.

A comparison of Vebe test results with the conventional slump test is shown in Table 2.1. Note that the Vebe test can provide a measure of consistency in mixtures termed "extremely dry." Vebe time at compaction is influenced by other factors such as moisture condition of aggregates, time interval after mixing, and climatic conditions.

**2.3—Mixing water requirement**

In ACI 211.1, approximate relative mixing water requirements are given for concrete conforming to the consistency descriptions of stiff plastic, plastic, and very plastic, as shown in Table 2.2 of this guide. Considering the water requirement for the 75 to 100 mm (3 to 4 in.) slump as 100%, the relative water contents for those three consistencies are 92, 100, and 106%, respectively. Thaulow<sup>5</sup> extended this concept of relative water contents to include stiffer mixtures, as shown in Table 2.2.

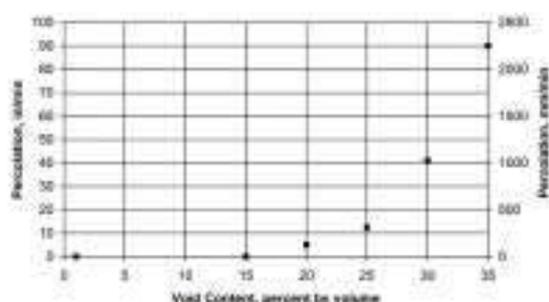


Fig. A6.1—Minimum void content for percolation based on NAA-NRMCA tests and test method.

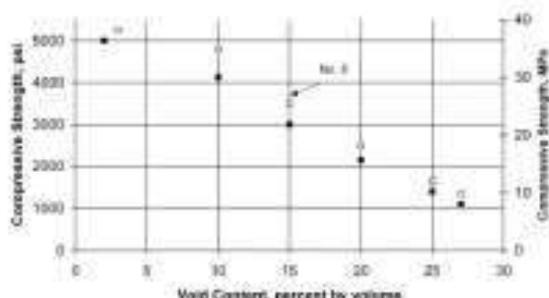


Fig. A6.2—Relationship between void content and 28-day compressive strength for No. 67 and No. 8 aggregate size.

Fig. A6.1.<sup>6</sup> At this void content, the compressive strength of the concrete as shown in Fig. A6.2 would be approximately 24 MPa (3500 psi) at 28 days. The higher the percent voids, the higher the percolation rate and the lower the compressive strength. The lower the percent voids, the lower the percolation rate and the higher the compressive strength. Also, the compressive strength increases as the nominal maximum size aggregate decreases.

#### A6.6—Amount of coarse aggregate

Coarse aggregate,  $b\bar{b}_0$ , dry-rodded density tests made by the National Aggregates Association-National Ready Mixed Concrete Association (NAA-NRMCA)<sup>6</sup> show that the dry-rodded density of coarse aggregate, as determined by ASTM C 29/C 29M, can be effectively used in proportioning pervious concrete, where:

$b\bar{b}_0$  = dry-rodded volume of coarse aggregate in a unit volume of concrete;

$\bar{b}$  = solid volume of coarse aggregate in a unit volume of concrete; and

$b_0$  = solid volume of coarse aggregate in a unit volume of coarse aggregate.

The  $b\bar{b}_0$  value automatically compensates for the effects of different coarse aggregate particle shape, grading, and specific gravity. Furthermore, the  $b\bar{b}_0$  values for a range of nominal maximum-size aggregates normally used in pervious concrete, 10 to 20 mm (3/8 to 3/4 in.), are very similar. Table A6.1 gives the  $b\bar{b}_0$  values for coarse aggregate

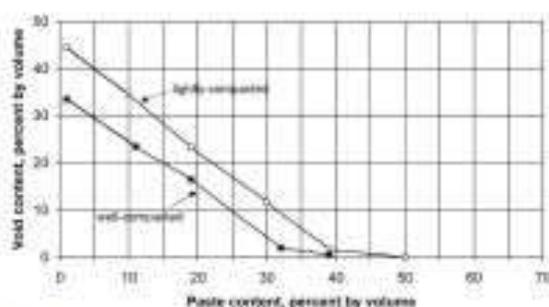


Fig. A6.3—Relationship between paste and void content for No. 8 aggregate size designations.

Table A6.1—Effective  $b\bar{b}_0$  values

Percent fine aggregates	$b\bar{b}_0$	
	ASTM C 33 Size No. 8	ASTM C 33 Size No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

gate sizes No. 8 and No. 67 for fine aggregate contents of 0, 10, and 20% of the total aggregate.

#### A6.7—Proportioning procedure

The proportioning procedure for pervious concrete is based on the volume of paste necessary to bind the aggregate particles together while maintaining the necessary void content, as shown in Fig. A6.3. The quantity of aggregate depends on the dry-rodded density and the  $b\bar{b}_0$  values selected from Table A6.1. Once the paste volume is determined from Fig. A6.3 and the desired  $w/c$  is selected, the cement and water quantities can be determined from the relationship:

$$\text{Paste volume } (V_p) = \text{cement volume} + \text{water volume, or} \\ V_p = c/3150 + w/1000 \text{ (m}^3\text{)}$$

In inch-pound units

$$V_p = c/(3.15 \times 62.4) + w/62.4 \text{ (ft}^3\text{)}$$

where  $c$  is the mass of cement and  $w$  is the mass of water. If the water-cement ratio is ( $w/c$ ) then

$$w = (w/c)c; \text{ and} \\ V_p = c/3150 + [(w/c)c/1000] \text{ (m}^3\text{)}$$

In inch-pound units

$$V_p = c/(3.15 \times 62.4) + [(w/c)c/62.4] \text{ (ft}^3\text{)}$$

Therefore, once the paste volume is determined from Fig. A6.3 and the  $w/c$  is selected, the mass of cement can be calculated. When fine aggregate is used, the paste volume should be reduced by 2% for each 10% fine aggregate of the total aggregate for well-compacted pervious concrete, and by 1% for each 10% fine aggregate of the total aggregate for lightly compacted pervious concrete. These reductions are necessary to maintain the same percent voids by volume.

*Example*—Proportion a well-compacted pervious concrete mixture with a No. 8 coarse aggregate (ASTM C 33) that has a dry-rodded density of 1742 kg/m<sup>3</sup> (108.7 lb/ft<sup>3</sup>), a bulk specific gravity (saturated surface dry) of 2.75, and an absorption of

## Anexo 10 ACI 522 R-10 Gradación del agregado grueso y porcentaje de agua que pasa

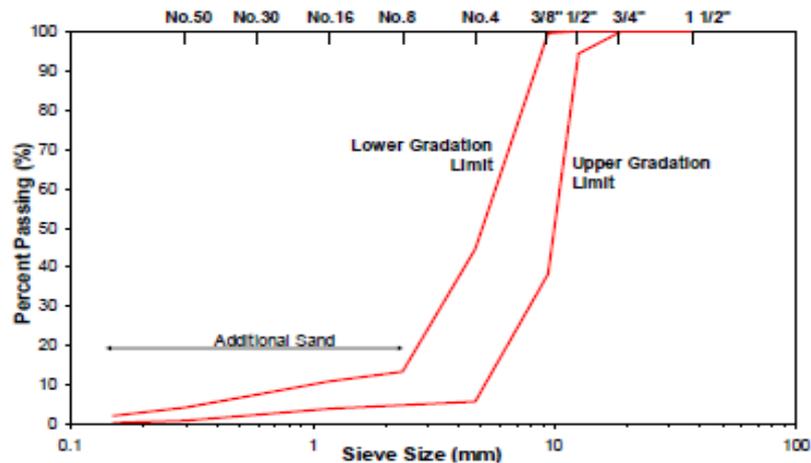


Figure 3. Gradation limits for pervious concrete (Kevern et al. 2008(d))

Table 1. Combined aggregate gradation requirements

Sieve Size		Gradation Limits	
mm	ID	Lower	Upper
38.1	1 1/2"	100.00	100.00
19.1	3/4"	100.00	100.00
12.7	1/2"	100.00	94.28
9.5	3/8"	99.33	38.09
4.75	#4	44.35	5.44
2.36	#8	13.09	4.60
1.18	#16	10.55	3.64
0.6	#30	7.31	2.13
0.3	#50	3.95	0.49
0.15	#100	1.76	0.03

Input the coarse aggregate and fine aggregate gradations in the "Gradation Specifications" tab. Optimize the aggregate gradation by adjusting the Fine/Coarse Aggregate ratio so that the curve representing the aggregate combination is located at or near the Fine Gradation Limit. Figure 4 demonstrates the gradation optimization for a 3/8 inch rounded pea gravel aggregate. The original gradation meets the minimum criteria for pervious concrete but can be further optimized with 5% to 7% sand.

