

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable
para fines de pavimentación, Trujillo 2022.

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, ingeniería urbana,
ingeniería estructural

Sub Línea de Investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Amaya Torres, Italo Miguel

Navarro Chistama, Alex

Jurado Evaluador:

Presidente : Velásquez Diaz, Gilberto Anaximandro

Secretario : Geldres Sánchez, Carmen Lucia

Vocal : Moran Guerrero, Víctor Manuel

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023/12/19

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable
para fines de pavimentación, Trujillo 2022.

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, ingeniería urbana,
ingeniería estructural

Sub Línea de Investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Amaya Torres, Italo Miguel

Navarro Chistama, Alex

Jurado Evaluador:

Presidente : Velásquez Diaz, Gilberto Anaximandro

Secretario : Geldres Sánchez, Carmen Lucia

Vocal : Moran Guerrero, Víctor Manuel

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023/12/19

Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

8%

2

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

ING. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

CIP N° 76695

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Medina Carbajal, Lucio Sigifredo, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022.”**, de los autores **Amaya Torres, Italo Miguel y Navarro Chistama, Alex**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 8 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 21 de noviembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022.”**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 13 de diciembre del 2023.



.....
Amaya Torres, Italo Miguel
DNI: 70983004



.....
Br. Navarro Chistama, Alex
DNI: 45202775



.....
Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
DNI:40534510
ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>



DEDICATORIA

Dedico la presente tesis:

A mis padres por el apoyo brindado durante mi formación como persona y profesional. A mis hermanos, Renzo y Jorge por su apoyo, su confianza en mí y sus buenos deseos

A mis abuelos Vicente y Amalia por su apoyo incondicional durante este largo camino y por sus consejos para ser una mejor persona y profesional.

A mis compañeros y amigos que estuvieron presentes durante mi etapa universitaria brindado su apoyo y compartiendo sus conocimientos para lograr que este sueño se haga realidad.

Br. Italo Miguel Amaya Torres

Dedico la presente tesis:

A mi hijo Leandro Navarro Vivas quien, sin haber nacido a la fecha, me ha motivado a desarrollarme como profesional y persona, para lograr ser un ejemplo para él.

A mi madre Victoria Chistama Garcia por su amor incondicional, por sus loncheras de madrugada, por heredarme su sueño de ser profesional y su amor al estudio.

A mi padre Reninger Navarro Lopez por enseñarme a tomar un descanso, a poner una pausa, a cuidar de mi para poder seguir dando lo mejor.

A mi compañera de vida Karen Vivas Requejo, por la ayuda que me ha brindado, por estar a mi lado y tenerme paciencia, brindándome su comprensión y ternura, para poder dedicarme al desarrollo de esta tesis estando ella esperando a mi Leandrito.

Y por supuesto a mi persona, por creer en mí mismo, por el trabajo duro, por no tener días libres, por nunca abandonar, por intentar hacer más bien que mal y por siempre ser yo mismo.

Br. Alex Navarro Chistama

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los docentes de la Universidad Privada Antenor Orrego por habernos brindando su conocimientos y apoyo durante estos cinco años de formación académica.

Con mucho aprecio a nuestro asesor de tesis Ing. Medina Carbajal Lucio Sigifredo por su ayuda, dedicación, asesoramiento y guía durante el proceso de desarrollo de nuestro trabajo de investigación y así lograr nuestra meta.

Al Ingeniero Marcelo Edmundo Merino por sus recomendaciones y críticas constructivas durante el inicio del proyecto.

Al Ing. Soto Leon Luis Miguel encargado del laboratorio, por su apoyo y guía durante la ejecución y/o elaboración de los ensayos necesarios para nuestro trabajo experimental.

Finalmente agradecemos a nuestros familiares, compañeros y amigos que nos brindaron su apoyo y consejos durante nuestra formación académica.

RESUMEN

La presente investigación realizó el estudio de la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para su aplicación en pavimentos en la ciudad de Trujillo. Las propiedades evaluadas en la investigación respecto a los agregados son el contenido de agregado fino (0, 5, 10, 15 y 20%) y la gradación del agregado grueso ($\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ "); y del concreto permeable se evaluó su resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad siendo estos los parámetros más importantes para este tipo de concreto. Los agregados a utilizar fueron obtenidos de la cantera LEKERSA ubicada en el distrito del milagro en la provincia de Trujillo; a los cuales se les realizó los ensayos respectivos para determinar sus propiedades.

Para el desarrollo de la investigación se realizó 15 diseños de mezcla de concreto permeable para una resistencia de diseño de 210 kg/cm², siguiendo la metodología de la norma ACI - 522R. Una vez realizados los diseños se realizó los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad a los 28 días de curado del concreto permeable. De esta forma evaluar y comparar el comportamiento del concreto permeable a diferentes porcentajes de agregado fino y distintas gradaciones del agregado grueso.

De los resultados obtenidos se determinó que la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión aumentan a mayor porcentaje de agregado fino mientras que la permeabilidad disminuye. Respecto al tamaño del agregado grueso se determinó que el agregado de $\frac{1}{2}$ " tiene mayor resistencia a la compresión y resistencia a la flexión seguido por el agregado de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{3}{8}$ " respectivamente. Mientras la permeabilidad aumenta conforme aumenta el tamaño del agregado grueso.

Se realizó el análisis de varianza "ANOVA", para validar la hipótesis de investigación, obteniendo un valor de significancia menor a 0.05, concluyendo que las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.

Palabras claves: Concreto Permeable, Flexión, Compresión y Permeabilidad.

ABSTRACT

The present research carried out the study of the influence of the physical properties of aggregates in pervious concrete for its application in pavements in the city of Trujillo. The properties evaluated in the research with respect to the aggregates are the fine aggregate content (0, 5, 10, 15 and 20%) and the coarse aggregate gradation ($\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " and $\frac{3}{8}$ "); and of the permeable concrete, its compressive strength, flexural strength and permeability were evaluated, these being the most important parameters for this type of concrete. The aggregates to be used were obtained from the LEKERSA quarry located in the district of El Milagro in the province of Trujillo; the respective tests were carried out to determine their properties.

For the development of the research, 15 designs of permeable concrete mixes were made for a design resistance of 210 kg/cm², following the methodology of the ACI - 522R standard. Once the designs were made, compressive strength, flexural strength and permeability tests were carried out after 28 days of curing of the permeable concrete. In this way, the behavior of the pervious concrete at different percentages of fine aggregate and different gradations of coarse aggregate was evaluated and compared.

From the results obtained, it was determined that the compressive strength and flexural strength increase with the higher percentage of fine aggregate while permeability decreases. Regarding the size of the coarse aggregate, it was determined that the $\frac{1}{2}$ " aggregate has higher compressive strength and flexural strength followed by the $\frac{3}{4}$ " and $\frac{3}{8}$ " aggregate respectively. While the permeability increases as the size of the coarse aggregate increases.

The analysis of variance "ANOVA" was performed to validate the research hypothesis, obtaining a significance value of less than 0.05, concluding that the physical properties of aggregates significantly influence the behavior of permeable concrete.

Keywords: Pervious Concrete, Flexure, Compression and Permeability.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, presentamos ante ustedes la tesis titulada “Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022” con el fin de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Ponemos a evaluación nuestra investigación, asimismo esperamos cumplir con los requisitos para vuestra aprobación.

Trujillo, noviembre 2023

INDICE

| | |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | III |
| AGRADECIMIENTO..... | VII |
| RESUMEN | VIII |
| ABSTRACT..... | IX |
| PRESENTACION..... | X |
| I. INTRODUCCIÓN | 21 |
| 1.1. Problema de investigación..... | 21 |
| 1.1.1. Realidad Problemática..... | 21 |
| 1.1.2. Enunciado del problema..... | 23 |
| 1.2. Objetivos | 23 |
| 1.2.1. Objetivo principal | 23 |
| 1.2.2. Objetivos secundarios | 23 |
| 1.3. Justificación del estudio | 23 |
| II. MARCO DE REFERENCIA | 25 |
| 2.1. Antecedentes del estudio | 25 |
| 2.1.1. Internacionales | 25 |
| 2.1.2. Nacionales | 26 |
| 2.1.3. Locales | 27 |
| 2.2. Marco teórico | 29 |
| 2.2.1. Concreto permeable..... | 29 |
| 2.2.2. Pavimento permeable | 29 |
| 2.2.3. Materiales..... | 31 |
| 2.2.3.1. Cemento Portland | 31 |
| 2.2.3.2. Agregado Grueso | 31 |
| 2.2.3.3. Agregado Fino..... | 32 |
| 2.2.3.4. Agua | 32 |
| 2.2.3.5. Aditivos | 32 |
| 2.2.4. Propiedades de los agregados..... | 33 |
| 2.2.4.1. Forma..... | 33 |
| 2.2.4.2. Tamaño..... | 34 |
| 2.3. Marco conceptual | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4. Sistema de hipótesis..... | 38 |
| 2.4.1. Hipótesis | 38 |
| 2.4.2. Variables. Operacionalización de variables..... | 38 |
| 2.4.2.1. Variable Independiente | 38 |
| 2.4.2.2. Variables dependientes | 38 |
| III. METODOLOGIA EMPLEADA | 40 |
| 3.1. Tipo y nivel de investigación..... | 40 |
| 3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad | 40 |
| 3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación | 40 |
| 3.2. Población y muestra de estudio..... | 40 |
| 3.2.1. Población | 40 |
| 3.2.2. Muestra | 40 |
| 3.3. Mezclas de Estudio..... | 41 |
| 3.4. Diseño de investigación | 42 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de investigación | 43 |
| 3.6. Procesamiento y análisis de datos | 43 |
| 3.6.1. Ensayos de los agregados | 43 |
| 3.6.1.1. Análisis granulométrico y módulo de finura. | 43 |
| 3.6.1.1.1. Equipos y herramientas: | 43 |
| 3.6.1.1.2. Procedimiento:..... | 43 |
| 3.6.1.2. Ensayo de Abrasión de los ángulos..... | 45 |
| 3.6.1.2.1. Equipos | 46 |
| 3.6.1.2.2. Procedimiento | 46 |
| 3.6.1.3. Ensayo de contenido de humedad | 47 |
| 3.6.1.3.1. Equipos y herramientas..... | 47 |
| 3.6.1.3.2. Procedimiento | 47 |
| 3.6.1.4. Ensayo de peso unitario | 49 |
| 3.6.1.4.1. Equipos y herramientas..... | 49 |
| 3.6.1.4.2. Procedimiento | 49 |
| 3.6.1.5. Ensayo de peso específico y absorción agregado grueso | 51 |
| 3.6.1.5.1. Equipos y herramientas..... | 51 |
| 3.6.1.5.2. Procedimiento | 52 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3.6.1.6. | Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino | 53 |
| 3.6.1.6.1. | Equipos y herramientas..... | 53 |
| 3.6.1.6.2. | Procedimiento | 54 |
| 3.6.2. | Diseño de mezcla | 55 |
| 3.6.2.1. | Descripción de los materiales..... | 56 |
| 3.6.2.1.1. | Cementante:..... | 56 |
| 3.6.2.1.2. | Agregados:..... | 57 |
| 3.6.2.1.3. | Agua..... | 57 |
| 3.6.2.2. | Gradaciones del agregado grueso empleadas en los diseños..... | 57 |
| 3.6.2.3. | Porcentajes del agregado fino en los diseños | 57 |
| 3.6.2.4. | Elección de la relación agua cemento (a/c)..... | 57 |
| 3.6.2.5. | Contenido de vacíos | 58 |
| 3.6.2.6. | Valores de b/bo efectivos..... | 61 |
| 3.6.2.7. | Volumen de pasta..... | 61 |
| 3.6.2.8. | Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de $\frac{3}{4}$ " | 63 |
| 3.6.2.9. | Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de $\frac{1}{2}$ " | 74 |
| 3.6.2.10. | Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de $\frac{3}{8}$ "..... | 84 |
| 3.6.3. | Ensayos del concreto en estado endurecido..... | 94 |
| 3.6.3.1. | Elaboración de testigos de concreto | 94 |
| 3.6.3.1.1. | Equipos y herramientas..... | 94 |
| 3.6.3.1.2. | Procedimiento | 94 |
| 3.6.3.2. | Resistencia a la compresión | 95 |
| 3.6.3.2.1. | Equipos y herramientas..... | 95 |
| 3.6.3.2.2. | Procedimiento | 95 |
| 3.6.3.3. | Resistencia a la Flexión | 96 |
| 3.6.3.3.1. | Equipos y herramientas..... | 96 |
| 3.6.3.3.2. | Procedimiento | 96 |
| 3.6.3.4. | Permeabilidad..... | 97 |
| 3.6.3.4.1. | Equipos y herramientas..... | 97 |
| 3.6.3.4.2. | Procedimiento | 97 |
| IV. | ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 99 |
| 4.1. | Análisis y presentación de resultados | 99 |

| | |
|--|------------|
| 4.1.1. Caracterización del agregado grueso | 99 |
| 4.1.2. Caracterización del agregado fino | 99 |
| 4.1.3. Diseños de mezcla del concreto permeable..... | 101 |
| 4.1.3.1. Diseño de mezcla agregado grueso de ¾” | 101 |
| 4.1.3.2. Diseño de mezcla agregado grueso de ½” | 102 |
| 4.1.3.3. Diseño de mezcla agregado grueso de 3/8” | 102 |
| 4.1.4. Resistencia a la compresión del concreto permeable..... | 103 |
| 4.1.5. Resistencia a la flexión del concreto permeable..... | 108 |
| 4.1.6. Permeabilidad del concreto permeable | 112 |
| 4.1.7. Relación entre propiedades del concreto permeable..... | 116 |
| 4.2. Docimasia de hipótesis | 118 |
| 4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) | 119 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 124 |
| CONCLUSIONES | 128 |
| RECOMENDACIONES | 129 |
| REFERENCIAS..... | 130 |
| ANEXOS | 133 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Unidades utilizadas para describir tamaños de partículas en agregado . | 34 |
| Tabla 2 | Tamaños de apertura de los tamices estándar de ASTM (ASTM E 11) . | 35 |
| Tabla 3 | Operacionalización de variables | 39 |
| Tabla 4 | Variables en la mezcla de estudio..... | 41 |
| Tabla 5 | Mezclas de estudio | 42 |
| Tabla 6 | Numero de probetas por ensayo..... | 42 |
| Tabla 7 | Formato de análisis granulométrico A. Fino..... | 45 |
| Tabla 8 | Peso de agregados y numero de esferas para tamaños menos 1½” | 46 |
| Tabla 9 | Formato de ensayo de abrasión de los ángeles | 47 |
| Tabla 10 | Tamaño de la muestra de agregado | 48 |
| Tabla 11 | Formato de contenido de humedad Agregado Fino y Grueso | 49 |
| Tabla 12 | Formato de ensayo de peso unitario..... | 51 |
| Tabla 13 | Formato de ensayo de peso específico y absorción agregado grueso . | 53 |
| Tabla 14 | Formato de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino. | 55 |
| Tabla 15 | Propiedades obtenidas de los agregados utilizados | 57 |
| Tabla 16 | <i>Porcentaje de vacíos obtenida mediante interpolación de la Figura 3..</i> | 60 |
| Tabla 17 | Valores efectivos de b/b ₀ para concreto bien compactado..... | 61 |
| Tabla 18 | Volumen de pasta corregido por adición de agregado fino..... | 63 |
| Tabla 19 | Contenido de cemento y agua A. Grueso ¾” | 64 |
| Tabla 20 | Pesos del agregado grueso de ¾” para distintos porcentajes de fino... | 66 |
| Tabla 21 | Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de ¾” | 67 |
| Tabla 22 | Volúmenes absolutos de materiales para diseños con A. grueso de ¾” | 68 |
| Tabla 23 | Pesos del agregado grueso final ¾”..... | 69 |
| Tabla 24 | Adición de agua por agregado grueso de ¾” | 69 |
| Tabla 25 | Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso ¾” | 70 |
| Tabla 26 | Agua efectiva para diseños con A. grueso ¾” | 71 |
| Tabla 27 | Peso agregado grueso corregido de ¾” | 72 |
| Tabla 28 | Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso ¾” | 72 |
| Tabla 29 | Diseño de mezcla N°1: A. grueso ¾”; %A. fino 0%..... | 73 |
| Tabla 30 | Diseño de mezcla N°2: A. grueso ¾”; %A. fino 5%..... | 73 |
| Tabla 31 | Diseño de mezcla N°3: A. grueso ¾”; %A. fino 10%..... | 73 |
| Tabla 32 | Diseño de mezcla N°4: A. grueso ¾”; %A. fino 15%..... | 74 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 33 | Diseño de mezcla N°5: A. grueso $\frac{3}{4}$ "; %A. fino 20%..... | 74 |
| Tabla 34 | Contenido de cemento y agua A. Grueso $\frac{1}{2}$ " | 75 |
| Tabla 35 | Pesos del agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " para distintos porcentajes de fino... 77 | |
| Tabla 36 | Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de $\frac{1}{2}$ " | 78 |
| Tabla 37 | Volúmenes absolutos diseños con A. grueso de $\frac{1}{2}$ " | 78 |
| Tabla 38 | Pesos de agregado grueso final $\frac{1}{2}$ " | 79 |
| Tabla 39 | Adición de agua agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " | 80 |
| Tabla 40 | Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso $\frac{1}{2}$ " | 80 |
| Tabla 41 | Agua efectiva para diseños con A. grueso $\frac{1}{2}$ " | 81 |
| Tabla 42 | Peso agregado grueso corregido de $\frac{1}{2}$ " | 82 |
| Tabla 43 | Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso $\frac{1}{2}$ " | 82 |
| Tabla 44 | Diseño de mezcla N°6: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 0%..... | 83 |
| Tabla 45 | Diseño de mezcla N°7: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 5%..... | 83 |
| Tabla 46 | Diseño de mezcla N°8: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 10%..... | 83 |
| Tabla 47 | Diseño de mezcla N°9: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 15%..... | 84 |
| Tabla 48 | Diseño de mezcla N°10: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 20%..... | 84 |
| Tabla 49 | Contenido de cemento y agua A. Grueso $\frac{3}{8}$ " | 85 |
| Tabla 50 | Pesos del agregado grueso de $\frac{3}{8}$ "; para distintos porcentajes de fino.87 | |
| Tabla 51 | Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de $\frac{3}{8}$ " | 88 |
| Tabla 52 | Volúmenes absolutos para diseños con A. grueso de $\frac{3}{8}$ " | 88 |
| Tabla 53 | Pesos de agregado grueso final $\frac{3}{8}$ " | 89 |
| Tabla 54 | Adición de agua agregado grueso de $\frac{3}{8}$ " | 90 |
| Tabla 55 | Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso $\frac{3}{8}$ " | 90 |
| Tabla 56 | Agua efectiva para diseños con A. grueso $\frac{3}{8}$ " | 91 |
| Tabla 57 | Peso agregado grueso corregido de $\frac{3}{8}$ " | 91 |
| Tabla 58 | Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso $\frac{3}{8}$ " | 92 |
| Tabla 59 | Diseño de mezcla N°11: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 0%..... | 92 |
| Tabla 60 | Diseño de mezcla N°12: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 5%..... | 93 |
| Tabla 61 | Diseño de mezcla N°13: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 10%..... | 93 |
| Tabla 62 | Diseño de mezcla N°14: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 15%..... | 93 |
| Tabla 63 | Diseño de mezcla N°15: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 20%..... | 94 |
| Tabla 64 | Formato de ensayo de compresión..... | 96 |
| Tabla 65 | Formato de ensayo de permeabilidad..... | 98 |
| Tabla 66 | Propiedades físicas del agregado grueso | 99 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tabla 67 | Resumen propiedades físicas del agregado fino | 99 |
| Tabla 68 | Módulo de finura | 100 |
| Tabla 69 | Pesos por m ³ para diseños con A. grueso de ¾" | 101 |
| Tabla 70 | Proporción en volumen para diseños agregado grueso ¾" | 101 |
| Tabla 71 | Pesos por m ³ para diseños con A. grueso de ½" | 102 |
| Tabla 72 | Proporción en volumen para diseños agregado grueso ½" | 102 |
| Tabla 73 | Pesos por m ³ para diseños con A. grueso de 3/8" | 103 |
| Tabla 74 | Proporción en volumen para diseños agregado grueso 3/8" | 103 |
| Tabla 75 | Resistencia a la compresión a los 28 días Diseño de Mezcla 3..... | 104 |
| Tabla 76 | Resistencia a la compresión gradación 3/4" | 104 |
| Tabla 77 | Resistencia a la compresión gradación 1/2" | 105 |
| Tabla 78 | Resistencia a la compresión gradación 3/8" | 106 |
| Tabla 79 | Resistencia a la flexión a los 28 días Diseño de Mezcla 3..... | 108 |
| Tabla 80 | Resistencia a la gradación Flexión gradación 3/4 | 108 |
| Tabla 81 | Resistencia a la flexión gradación 1/2" | 109 |
| Tabla 82 | Resistencia a la flexión gradación 3/8" | 110 |
| Tabla 83 | Permeabilidad a los 28 días Diseño de Mezcla 1 | 112 |
| Tabla 84 | Permeabilidad gradación 3/4" | 112 |
| Tabla 85 | Permeabilidad gradación 1/2" | 113 |
| Tabla 86 | Permeabilidad gradación 3/8" | 114 |
| Tabla 87 | Dimensiones de variables para análisis de varianza..... | 119 |
| Tabla 88 | Datos de permeabilidad para análisis de varianza..... | 119 |
| Tabla 89 | Tabla resumen varianza para permeabilidad | 120 |
| Tabla 90 | Tabla ANOVA de dos factores para permeabilidad..... | 120 |
| Tabla 91 | Datos de resistencia a la flexión para análisis de varianza | 121 |
| Tabla 92 | Tabla resumen para varianza resistencia a la flexión | 121 |
| Tabla 93 | Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la flexión..... | 122 |
| Tabla 94 | Datos para análisis de varianza resistencia a la compresión..... | 122 |
| Tabla 95 | Tabla resumen varianza resistencia a la compresión | 123 |
| Tabla 96 | Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la compresión..... | 123 |
| Tabla 97 | Resumen de las propiedades en diseños de mezcla de estudio. | 127 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 1 | Formas de partículas angulares (a) y redondas (B) | 33 |
| Figura 2 | Ficha técnica cemento portland tipo MS..... | 56 |
| Figura 3 | Relación entre el contenido de aire y resistencia a la compresión. | 59 |
| Figura 4 | Porcentaje de vacíos vs Resistencia a la compresión..... | 60 |
| Figura 5 | Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacíos. | 62 |
| Figura 6 | Curva granulométrica del agregado fino..... | 100 |
| Figura 7 | Grafica resistencia a la compresión promedio gradación 3/4"..... | 105 |
| Figura 8 | Grafica resistencia a la compresión promedio 1/2" | 106 |
| Figura 9 | Grafica resistencia a la compresión promedio 3/8" | 107 |
| Figura 10 | Grafica comparativa de resistencia a la compresión promedio | 107 |
| Figura 11 | Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 3/4"..... | 109 |
| Figura 12 | Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 1/2" | 110 |
| Figura 13 | Resistencia a la flexión promedio gradación de 3/8" | 111 |
| Figura 14 | Grafica comparativa resistencia a la flexión promedio | 111 |
| Figura 15 | Grafica permeabilidad promedio gradación 3/4"..... | 113 |
| Figura 16 | Grafica permeabilidad promedio gradación 1/2"..... | 114 |
| Figura 17 | Grafica permeabilidad promedio gradación 3/8"..... | 115 |
| Figura 18 | Grafica comparativa permeabilidad promedio | 115 |
| Figura 19 | Resistencia vs Permeabilidad gradación 3/4"..... | 116 |
| Figura 20 | Resistencia vs Permeabilidad gradación 1/2"..... | 117 |
| Figura 21 | Resistencia vs Permeabilidad gradación 3/8"..... | 117 |
| Figura 22 | Resistencia a la flexión vs Resistencia a la compresión..... | 118 |
| Figura 23 | Resistencia a la flexión a los 28 días y límite mínimo vías urbanas. . | 125 |
| Figura 24 | Gradaciones del agregado grueso | 133 |
| Figura 25 | Análisis granulométrico agregado fino..... | 133 |
| Figura 26 | Ensayo de contenido de humedad agregado grueso y fino..... | 134 |
| Figura 27 | Ensayo de peso unitario agregado grueso | 134 |
| Figura 28 | Ensayo peso unitario agregado fino | 135 |
| Figura 29 | Ensayo peso unitario agregado fino | 135 |
| Figura 30 | Ensayo de absorción y peso específico del agregado fino..... | 136 |
| Figura 31 | Ensayo de abrasión de los ángeles..... | 137 |
| Figura 32 | Preparación de especímenes de concreto permeable | 138 |

| | |
|--|-----|
| Figura 33 Ensayo de resistencia a la flexión | 139 |
| Figura 34 Ensayo de resistencia a la compresión | 139 |
| Figura 35 Ensayo de permeabilidad | 140 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación... (1) Volumen de pasta..... | 63 |
| Ecuación... (2) Peso unitario seco y compactado..... | 64 |
| Ecuación... (3) Peso del agregado grueso seco | 65 |
| Ecuación... (4) Peso del agregado grueso saturado superficialmente seco | 65 |
| Ecuación... (5) Peso del agregado grueso final SSS..... | 65 |
| Ecuación... (6) Peso del agregado fino SSS..... | 66 |
| Ecuación... (7) Peso del agregado fino seco | 67 |
| Ecuación... (8) Peso del agregado grueso final | 68 |
| Ecuación... (9) Adición de agua por agregado grueso..... | 69 |
| Ecuación... (10) Adición de agua por agregado fino..... | 70 |
| Ecuación... (11) Agua efectiva | 70 |
| Ecuación... (12) Peso agregado grueso corregido | 71 |
| Ecuación... (13) Peso agregado fino corregido..... | 72 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad Problemática

El pavimento permeable como sistema de drenaje urbano sostenible (SUDS), representa una alternativa interesante, la cual merece la atención de la comunidad constructiva vial. Esta técnica, desempeña un papel muy importante en la creación de sistemas constructivos para mitigar el problema de la precipitación de una manera sostenible.

De esta manera, durante los últimos años, el concreto permeable ha sido de mayor interés debido a los beneficios ofrecidos, cómo mejorar la gestión del agua de lluvia en pavimentos. Sin embargo, en Perú, no se conoce y no es aplicable debido a la falta de investigación.

En los Estados Unidos, se ha utilizado concreto permeable desde 1999, sujeto a diferentes condiciones climáticas, convirtiéndose en los pioneros de la creación de patrones que estandarizan la aplicación y el uso de concreto permeable. En 2002, el Comité de ACI "El Instituto Americano de Concreto" expresó los resultados obtenidos de las pruebas en la ciudad de Florida, que aplicó concreto permeable en bares y estacionamientos, reduciendo significativamente el volumen de flujo. En las calles y estacionamientos que generan precipitaciones, lo que da el resultado en ACI 522R-02. Posteriormente, se realizó más investigación sobre concreto permeable, publicado en el editor 2006 de ACI 522R-06. Asimismo, la Asociación de Pruebas Americanas y la Sociedad de Equipos (ASTM) crea un formulario para medir la tasa de infiltración de un pavimento de concreto permeable en plasma, sus resultados en ASTM 17012.

Aunque el concreto permeable ha tenido principios modestos, su uso como un sustituto del concreto convencional ha crecido para convertirse en una herramienta de multiproceso en la industria de la construcción. El concreto permeable se limita a su baja durabilidad en el tránsito intenso, esta falta de resistencia limita su uso para funciones específicas, limitando el uso de concreto permeable en áreas sujetas a tráfico y cargas de bajo volumen. Aunque se ha utilizado como paredes de carga hidráulica en las casas junto a los recortes, se

recomienda usarlo en aparcamientos, invernaderos, aceras, calles residenciales, canchas de tenis y piscinas, vías terrestres de tráfico ligero.

El concreto permeable generó un mayor interés en la industria de la construcción, a pesar de ser sujeto subordinado y poco aplicado en Perú, algunas empresas están especializadas en la producción y comercialización de este concreto especial, como la empresa peruana Unicon, que comenzó a producir el hormigón permeable en 2011, usándolo como cobertura de tuberías de la estación de tratamiento de agua Huachipa. Por su parte, el CEMEX, empresa mexicana, prepara concreto permeable en edificaciones peruanas, como losas, las aceras, como la protección de la erosión terrestre, la protección de los cimientos y los tubos enterrados (Perez Gordillo, J., 2017).

El Perú se ha visto enfrentado a constantes problemas de daños en las estructuras viales como carreteras, puentes además de viviendas, así como también el colapso de estas, los más relevantes, de daños más considerables y perjudiciales fueron durante las épocas del fenómeno del niño en los años 1925, 1983, 1998 y 2017. La implementación de un diseño de concreto permeable tiene como finalidad mitigar el impacto de las escorrentías superficiales en las vías, a la vez que cumpla con las solicitudes de resistencia requeridas para fines de pavimentación.

Se pretende estudiar el concreto permeable para analizar sus propiedades, teniendo en cuenta que este concreto usa poco de los finos, por lo que funcionará con diferentes proporciones de agregado fino y diferente granulometría de agregado grueso para analizar su comportamiento y la viabilidad para ser utilizado en un pavimento rígido.

Por esta razón, los resultados indican la influencia de los agregados en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable para las pruebas de laboratorio. Además, la sostenibilidad, la economía y la utilidad vinculantes, conociendo las ventajas y desventajas de este particular especial en Perú.

Esta investigación es un aporte al conocimiento del concreto permeable en Perú, ya que hay pocas encuestas sobre esta nueva tecnología de construcción ampliamente utilizada en otros países, lo que genera falta conocimiento de sus aplicaciones y beneficios.

1.1.2. Enunciado del problema

¿En qué medida influye las propiedades físicas de los agregados sobre el concreto permeable, Trujillo 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo principal

- Determinar la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable.

1.2.2. Objetivos secundarios

- Obtener las propiedades mecánicas del agregado grueso y fino usado en la elaboración del concreto permeable.
- Determinar la resistencia a la flexión usando porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".
- Determinar la resistencia a compresión usando porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".
- Determinar la permeabilidad usando porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".
- Determinar el porcentaje adecuado de agregado fino y gradación de agregado grueso que presenta mejores propiedades para la elaboración del concreto permeable.

1.3. Justificación del estudio

- **Social:** El diseño de concreto permeable para su uso en pavimentos urbanos mejoraría la evacuación de aguas pluviales evitando la acumulación de agua en la superficie de esta forma prevenir accidentes e interrupciones en la circulación vehicular ofreciendo un mejor servicio a la comunidad.

- **Conveniencia:** Actualmente no se cuenta con un sistema óptimo para la evacuación de las aguas pluviales en la ciudad de Trujillo, por lo cual se propone el uso de concreto permeable con la finalidad facilitar el manejo de las aguas pluviales y disminuir el deterioro en los pavimentos.
- **Práctica:** La investigación busca encontrar el diseño de concreto permeable óptimo que pueda ser aprovechado en la construcción de pavimentos que mejoren la calidad de vida de los usuarios, reduciendo el índice de accidentes de tránsito y optimizar el flujo vehicular en las calles y avenidas.
- **Metodológica:** el proyecto se justifica metodológicamente ya que cumple con los parámetros de investigación y sigue el proceso del método científico que da validez y confiabilidad a los resultados los cuales podrán ser usados en otros trabajos de investigación.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales

- Cardona Maldonado, H. (2017) en su investigación sobre las “Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos” (Quito, Ecuador).

La investigación tiene como finalidad determinar las diferencias en las propiedades mecánicas y de filtración en la elaboración de hormigones permeables usando tres tipos de cemento (C. Portland, C. Puzolánico, C. Hidráulico) para lo cual uso una dosificación estándar con el fin de mantener todas las variables constantes a excepción del cemento y de esta forma conocer que cemento presentaba las mejores propiedades para la elaboración del hormigón permeable. Al realizar los ensayos se encontró que la mayoría de las muestras fallaron por factura del agregado grueso y no por rotura de la pasta de cemento como se esperaba, también se encontró que las muestras de cemento hidráulico fueron las que obtuvieron mayor resistencia así mismo mantuvo una mejor relación entre resistencia y porcentaje de vacíos, seguido por el cemento portland. En cuanto a la permeabilidad esta es inversa a la resistencia a la compresión independiente del tipo de cemento.

Este antecedente nos permite conocer las propiedades de los agregados y los factores que influye en la elaboración de un hormigón permeable así mismo la variación de sus propiedades al utilizar distintos tipos de cemento.

- Barahona Aguiluz, R., Martínez Guerrero, M. y Zelaya, S. (2013) en su trabajo de graduación “Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, El Carmen, Aramuaca y la Pedrera, de la zona oriental de el salvador” (San Miguel, El salvador).

La investigación tiene como objetivo conocer el comportamiento del concreto permeable en función del tipo de agregado grueso utilizado proveniente de las canteras el Carmen, Aramuaca y L a Pedrera de la zona oriente de El Salvador. Se realizaron ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días, se realizó viguetas que se ensayaron a los 28 días para determinar la flexión

asimismo se realizó ensayos de permeabilidad; todos los ensayos fueron realizados para distintos porcentajes de vacíos de 15%, 20% y 25%. De los ensayos realizados se obtuvo que el concreto con mayor resistencia resulta de la cantera el Carmen con un el 15% de vacíos y el concreto con mayor permeabilidad resulta de la Cantera La pedrera con 25% de vacíos. También se encontró que el concreto más eficiente es utilizando agregado de la cantera el Carmen con 15% de vacíos.

Este antecedente será de ayuda para conocer la relación entre el porcentaje de vacíos con la resistencia y la permeabilidad del concreto permeable para su uso en pavimentos.

2.1.2. Nacionales

- Morales Córdova, A. (2018) en su investigación titulada “Diseño de pavimento rígido permeable $f'c=210$ kg/cm² utilizando agregado de rio Huallaga - Jr. Los Andes, Morales - San Martín – 2018”. (San Martín, Perú) La investigación tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso de rio Huallaga para su uso en el diseño de pavimento rígido permeable del Jr. Los Andes, Morales - San Martín, así como evaluar las propiedades del concreto permeable como su resistencia permeabilidad entre otros, así mismo elaborar un diseño de mezcla adecuado para el diseño. Al realizar los ensayos se obtuvo una resistencia promedio 210.12 kg/cm² desarrollada a los 28 días alcanzando la resistencia para la cual fue diseñada. En cuanto a la permeabilidad se obtuvo una permeabilidad promedio de 0.487 cm/s estando dentro del rango (0.2 a 0.54 cm/s) dado por el ACI 522R-10. También se obtuvo un diseño de mezcla óptimo con una relación agua/cemento= 0.35, agregado máximo de 3/8 y una estructura de vacíos del 21%.

Este antecedente nos proporciona un diseño de mezcla óptimo, así mismo nos da a conocer las propiedades y recomendación para el agregado grueso a utilizar.

- Jacinto Aquino, J. (2021) en su tesis titulada “Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo” (Chiclayo, Perú).

La investigación se centra en el estudio de la influencia que tiene el agregado fino y aditivo SikaCem, en distintas cantidades, sobre las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable para su uso en pavimentos. Se realizaron 15 mezclas de estudio a base del contenido de agregado fino (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) y aditivo SikaCem (0mL, 250mL, 500mL) para evaluar el comportamiento del concreto permeable, en el estudio se concluyó que el aditivo SikaCem genera mejores resultados para combinaciones de 15% y 20% de agregado fino mejorando la resistencia a la compresión con incremento del 11%, para su uso en ciclovías y pases peatonales se recomienda usar el diseño de mezcla con un 15% de agregado fino y 0ml de aditivo.

La investigación sirve como referencia para el desarrollo del diseño de concreto permeable, también nos brinda una relación de agua cemento que facilite su trabajabilidad.

2.1.3. Locales

- Medina Torres, D. (2020) en su tesis titulada “Influencia de diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable y su aplicación como pavimento rígido, Trujillo 2019”. (Trujillo, Perú)

La investigación tiene como finalidad determinar la influencia de tiras de plástico en las propiedades mecánicas e hidráulicas en un concreto permeable para su uso en pavimentos. Para evaluar la influencia de las tiras de plástico se realizaron especímenes de concreto con diferentes porcentajes de tiras de plástico PET (0.00%, 0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20%) los resultados obtenidos fueron que para un porcentaje del 0.10% se maximiza la resistencia a la compresión y flexión, incrementando la resistencia a la compresión en 17.09% y la resistencia a la flexión en 49.81%. en cuanto a la permeabilidad disminuye de 0.296 cm/seg a 0.247 cm/seg lo que representa una reducción del 19.83%.

Este antecedente permite conocer la influencia de las tiras de plástico en las propiedades del concreto permeable.

- Perez Gordillo, J. (2017) en su investigación titulada “Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017” (Trujillo, Perú)

La investigación propuso como objetivo principal determinar la influencia que tiene la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable. Para cumplir con su objetivo el tesista evaluó 3 gradaciones distintas de agregado grueso (1/2”, 3/8” y N° 4) para la elaboración de las mezclas de concreto permeable encontrando la resistencia a la compresión y flexión, y su permeabilidad para las distintas gradaciones. De los resultados obtenidos por el tesista se encontró mejores resultados de resistencia a la compresión y flexión para la gradación N°4 y un mayor coeficiente de permeabilidad para una gradación de 3/8”.

El aporte a nuestro proyecto es la metodología para evaluar la influencia de la granulometría del agregado grueso en el concreto permeable así como parámetros que serán de utilidad para el desarrollo del proyecto.

- Villanueva Quispe, K. (2020) en su tesis titulada “Influencia de diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, en Trujillo 2020”. (Trujillo, Perú)

La investigación tiene como objetivo evaluar la influencia que tiene el agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable para su uso en pavimentos urbanos. Para evaluar el comportamiento del concreto permeable realizaron especímenes de concreto con diferentes porcentajes de agregado fino (0%, 5%, 10%, 15%), al realizar los ensayos de resistencia a compresión y flexión se obtuvieron mejores resultados para un porcentaje de agregado fino del 15%, con una resistencia a la compresión de 207.56 kg/cm² y una resistencia a la flexión de 32.50 kg/cm² cercano a los 34 kg/cm² establecido en el RNE para su uso en vías locales, colectoras y arteriales de ligero tráfico, pero con un valor mayor a los 28kg/cm² valor permitido por la norma para su uso en pavimentos especiales como ciclovías, pasajes peatonales ,veredas y aceras. Respecto a la permeabilidad esta disminuye al usar mayor porcentaje de agregado fino obteniendo un mejor resultado al no usar agregado fino.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Concreto permeable

De acuerdo a la norma ACI 522R-10 (2010), el concreto permeable o concreto permeable, se define como un concreto sin revenimiento y con gran porosidad, y con una relación de vacíos alta; consta de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino y agua. La mezcla de estos ingredientes dará un material endurecido con poros conectados, cuyo tamaño va de 2 a 8 mm, lo facilita que el agua filtre fácilmente a través de él. El contenido de vacíos puede variar de 15% a 35% y se pueden alcanzar resistencias a la compresión entre 28 a 280 kg/cm². La permeabilidad de un pavimento de concreto permeable variará con la densidad de la mezcla y el tamaño del agregado, pero por lo general varía entre 81 a 730 L/min/m² ó 0.14 a 1.22 cm/s.

2.2.2. Pavimento permeable

Un pavimento permeable es, básicamente, un agregado homogéneo, una mezcla de agregado grueso y cemento con poca cantidad de arena, que puede ser mezcla asfáltica o cemento Portland. (Reyes Lizcano, F., Torres, A. & Grupo CECATA, 2002). Estos tipos de pavimentos permeables pueden ser de drenaje distribuido (pavimento de drenaje permeable) y / o evacuación parcial (pavimento de drenaje retenido) Azzout, J.R., Barraud, S., Cres, F. y Alfakih, E. (1994).

Se trata de una especie de tecnología de infiltración, el material de soporte es un alto contenido de agregado grueso con alta porosidad (Trujillo López, A. y Quiroz Lasprilla, P., 2013). Esto logra que la escorrentía superficial penetre en el suelo a través de pavimentos permeables u otras superficies permeables (EPA, 1999).

Las aplicaciones más resaltantes de los suelos permeables son las que se mencionan a continuación (Scholz, M. y Grabowiecki, P., 2006):

- Acceso vehicular: acceso residencial, servicio y acceso, acequias, cruces peatonales y senderos de incendio.
- Estabilizar pendientes y controlar la erosión.

- patio de recreo.
- estacionamiento.
- Pasarelas.
- Senderos para bicicletas y ecuestres.

Generalmente, el pavimento permeable se puede utilizar en estacionamientos, carreteras y otras áreas pavimentadas. Son especialmente convenientes para calles y entradas de vehículos en áreas residenciales y zonas de estacionamiento; debido a que los poros son propensos a obstruirse, no son efectivos en áreas con mucha escorrentía (EPA, 1999).

El principio básico de un sistema de pavimento permeable es recolectar, tratar e infiltrar libremente toda escorrentía superficial para apoyar la recarga de agua subterránea. Estos proporcionan muchos potenciales beneficios, como reducir la escorrentía, reponer el agua subterránea, ahorrar agua a través del reciclaje y prevenir la contaminación. Por el contrario, se han desarrollado pavimentos permeables para minimizar la tasa de escorrentía y aumentar la cantidad de agua de lluvia recolectada en áreas urbanizadas (Scholz, M. y Grabowiecki, P., 2006).

El pavimento permeable está especialmente diseñado con el objetivo de facilitar la infiltración de agua pluvial en diferentes capas de base, trayendo así la gestión del agua de lluvia y beneficios ambientales. El agua de lluvia se filtra recolectándose para su reutilización o lenta liberación en el suelo subyacente o en el sistema de drenaje de agua de lluvia (Trujillo López, A. y Quiroz Lasprilla, P., 2013).

2.2.3. Materiales

2.2.3.1. Cemento Portland

Es un material conformado por la pulverización a altas temperaturas (1300C°-1450C°) de clinker con la adición de sílice, alúmina, óxido de calcio, óxido de hierro conformando una pasta conglomerante capaz de endurecer en el agua y aire mediante la adición de cantidades apropiadas de agua (Abanto, 2009).

2.2.3.2. Agregado Grueso

Es el agregado conservado en el tamiz normalizado 4.75mm (N°4) obtenido por la desintegración espontánea o mecánica de materiales pétreos, y que estén de acuerdo a los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede estar conformado por grava, piedra chancada, concreto reciclado o la combinación de ellos. Además, aquellos concretos en contacto permanente con suelos húmedos o sensibles a la acción de la humedad no deberán contener agregados reactivos, pues originan una expansión excesiva del concreto (NTP 400.037, 2014).

Por otra parte, para concretos permeables se usan agregados de un solo tamaño o cuya variación sea entre 3/4 a 3/8" (19 a 9.5mm). También se han obtenido buenos resultados usando agregados redondeados y triturados, de peso normal o liviano en tanto cumplan con los requisitos de las normas ASTM D448 y ASTM C33/C3M. Además, debe estar libre de recubrimientos, como polvo o arcilla, u otros químicos absorbidos que puedan afectar negativamente el enlace adhesivo de la pasta o la hidratación del cemento (ACI 522R, 2010).

Este es el componente más importante de asfalto y materiales de concreto. Este es el esqueleto estructural vital de los "pisos estructurales". En algunos pavimentos, solo se usa para formar una estructura de piso completamente de material agregado no unido (Ferguson, B. K., 2005).

2.2.3.3. Agregado Fino

Es aquel agregado, que pasa el tamiz 9.5mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 μ m (N°200), y que está de acuerdo con los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede estar conformado por arena natural, arena procesada o un porcentaje de ambas. (NTP 400.037, 2018)

En el concreto permeable el contenido de agregado fino está limitado porque compromete la conectividad del sistema de poros. Sin embargo, pequeñas cantidades de agregado fino pueden aumentar la resistencia a la compresión y la densidad reduciendo el caudal de agua que atraviesa a la masa del concreto permeable (ACI 522R, 2010)

2.2.3.4. Agua

El agua empleada en la elaboración de concreto permeable debe tener la misma calidad que la empleada en la producción de un concreto convencional, cumpliendo los requisitos de la norma NTP 339.088. Teniendo en cuenta como referente base la idoneidad del agua apta para el consumo humano.

2.2.3.5. Aditivos

Según el ACI 522R-6 (2006) Los aditivos son empleados en concretos permeables con el fin de obtener propiedades peculiares. Los aditivos empleados cumplen con satisfacer los requisitos de la norma ASTM C494. Los aditivos reductores de agua (de rango mediano a alto) son empleados según la relación a/c. Los otros aditivos se emplean para estabilizar y controlar la hidratación del cemento, y estos son, comúnmente seleccionados para mezclas rígidas, como el concreto permeable, sobre todo en aplicaciones en climas cálidos. Los aditivos retardantes actúan como lubricantes para mejorar la descarga de concreto desde una mezcladora y pueden ayudar en el manejo y las características de rendimiento en el lugar. Los acelerantes se utilizan para concretos permeables en climas fríos. Los aditivos incorporadores de aire no han sido empleados, con frecuencia, en concretos permeables, pero se emplean en ambientes susceptibles a la congelación y descongelación. Pero, no existe un método fiable, para controlar la cantidad de aire arrastrado en estos materiales.

2.2.4. Propiedades de los agregados

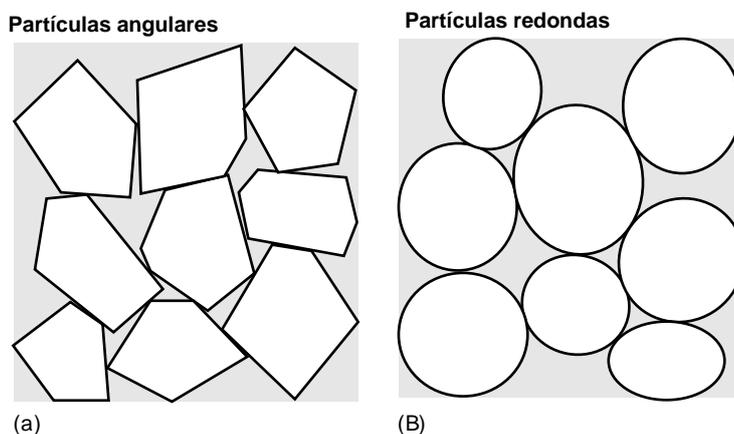
2.2.4.1. Forma.

Para una masa agregada estructuralmente estable, es obligatorio que las partículas sean angulares. Las partículas que tienen al menos algunas caras planas están firmemente entre ellas para apoyar la rotación y el desplazamiento (Rollings, M. P. and Rollings, R. S. Jr., 1996, p. 50-51). Por el contrario, las partículas redondas, como la grava del río, se deslizan y giran entre sí, de modo que el material "cede" bajo una carga.

Más, en general, el material de origen debe ser aplastado artificialmente para producir caras angulares. Los términos "piedra triturada" y "grava triturada" están relacionados con los agregados minerales que se trituraron en una planta de tratamiento. El hormigón y el ladrillo triturados pueden tener una forma angular adecuada. La rugosidad y la limpieza de la superficie (la ausencia de arcillas y otros sujetos de acceso también ayudan a la fricción y la unión entre las partículas.

Figura 1

Formas de partículas angulares (a) y redondas (B)



Nota. Adoptado de Ferguson, B. K. (2005)

2.2.4.2. Tamaño.

La influencia del tamaño del agregado sobre la porosidad, la permeabilidad, la estabilidad en el tráfico y la accesibilidad de los peatones materiales. La Tabla 1 enumera algunas unidades utilizadas para describir el tamaño de las partículas.

Tabla 1

Unidades utilizadas para describir tamaños de partículas en agregado

| Unidad | Unidades equivalentes | Unidades equivalentes |
|-----------------|------------------------------|--|
| 1 μm | metro $\times 10^6$ | 0,000039 pulgadas |
| 1 mm | metro $\times 10^3$ | 0.039 pulgadas |
| 1 pulgada | 0,0254 m | 25.400 μm ; 25,4 milímetros |

Nota. Adoptado de Ferguson, B. K. (2005)

La Tabla 2 enumera los tamaños de apertura de tamiz definidos por ASTM. De acuerdo con la convención ASTM, el agregado "grueso" se conserva en 1/4 pulgadas y aberturas más grandes y su tamaño se indica en pulgadas; El agregado "fino" atraviesa las aberturas de menos de 1/4 pulgadas y su tamaño se nombra por una serie de tamices o "calibre". El número de tamices aumenta con un tamaño de apertura más pequeño, ya que más cables en un bastidor de tamiz produce aberturas más pequeñas.

Tabla 2*Tamaños de apertura de los tamices estándar de ASTM (ASTM E 11)*

| Designación ASTM | Tamaño de apertura del tamiz (pulgadas) | Tamaño equivalente (mm) |
|--------------------------|--|--------------------------------|
| Aberturas gruesas | | |
| 4 pulgadas | 4.0 | 100 |
| 3 1/2 pulgadas | 3,5 | 90 |
| 3 pulgadas | 3,0 | 75 |
| 2 1/2 pulgadas | 2.5 | 63 |
| 2 pulgadas | 2.0 | 50 |
| 1 1/2 pulgada | 1,5 | 37,5 |
| 1 pulgada | 1.0 | 25,0 |
| 3/4 pulgada | 0,75 | 19,0 |
| 1/2 pulgada | 0,5 | 12,5 |
| 3/8 pulgada | 0.375 | 9.5 |
| 1/4 pulgada | 0,25 | 6.3 |
| Aberturas finas | | |
| Tamiz No. 4 | 0,187 | 4,75 |
| Tamiz No. 5 | 0,157 | 4,00 |
| Tamiz No. 6 | 0,132 | 3.35 |
| Tamiz No. 8 | 0.0937 | 2,36 |
| Tamiz No. 10 | 0.0787 | 2,00 |
| Tamiz No. 12 | 0.0661 | 1,70 |
| Tamiz No. 16 | 0.0469 | 1,18 |
| Tamiz No. 20 | 0.0331 | 0,850 (850 µm) |
| Tamiz No. 30 | 0.0234 | 0,600 (600 µm) |
| Tamiz No. 40 | 0.0165 | 0,425 (425 µm) |
| Tamiz No. 50 | 0.0117 | 0,300 (300 µm) |
| Tamiz No. 60 | 0,0098 | 0,250 (250 µm) |
| Tamiz No. 80 | 0,0070 | 0,180 (180 µm) |
| Tamiz No. 100 | 0,0059 | 0,150 (150 µm) |
| Tamiz No. 200 | 0,0029 | 0,075 (75 µm) |
| Tamiz No. 400 | 0,0015 | 0,038 (38 µm) |
| Tamiz No. 500 | 0,0010 | 0,025 (25 µm) |

Nota: Adaptado de ASTM E 11

2.3. Marco conceptual

- Aditivo

Actualmente es considerado como un material de suma importancia para modificar las propiedades de la mezcla. Existen diferentes tipos: Acelerantes, retardantes, reductores de agua, incorporadores de aire.

- Agregados

Son materiales inorgánicos naturales o artificiales, particulados que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos).

- Agregado fino

Es aquel material que pasan por el tamiz 3/8" y se retienen en el tamiz N°200. Sus partículas están conformadas entre 0.075 y 4.75 mm.

- Agregado grueso

Es el material que está compuesto por partículas superiores a 4.75 mm. El agregado a emplear en el proyecto es de 3/8" y 3/4".

- American Concrete Institute (ACI)

Es una institución de Estados Unidos sin ánimo de lucro aperturada en 1904, la misma que está enfocada en producir normas, estándares y recomendaciones técnicas para el concreto reforzado o variantes.

- ASTM

Siglas que corresponden a la entidad AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (Sociedad americana para pruebas y materiales).

- Cemento

Es el más usado en la construcción, más aún en el concreto rígido; sus propiedades principales son de cohesión y adhesión.

- Concreto (hormigón)

Agregado ligado por cemento Portland, o de manera común, agregado ligado por cualquier tipo de cemento.

- Concreto permeable

Mezcla de agregados, cemento y agua; en donde se tiene muy poca arena o en algunos casos se elimina del todo, lo que contribuye a crear espacios vacíos alrededor de los agregados gruesos.

- Cribado (tamizado)

Clasificación por tamaño mediante una serie de tamices.

- Durabilidad

Capacidad de un material para conservar sus cualidades o capacidades originales a lo largo del tiempo, resistiendo las condiciones de servicio, incluida la carga y el clima.

- Falla

Son roturas que aparecen generalmente en la superficie del mismo, debido a la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia.

- Gradación

Distribución de la diversidad de tamaños de las partículas que componen el agregado, esto es encontrar la cuantía de cada fracción de la diversidad de tamaños de las partículas que lo componen.

- Pavimento

El pavimento es una estructura multicapa construida sobre el lecho de la carretera, que puede resistir y dispersar la presión causada por los vehículos, y aumentar la seguridad y comodidad del tráfico.

- Pavimento Permeable

Es el pavimento hecho a base de agregado grueso y cemento, que tiene las características de ser resistentes y a la vez permite el paso de agua hacia el sub suelo, producto de los vacíos que se encuentran en su interior.

- Permeabilidad

La permeabilidad es la destreza que tiene el concreto para permitir que el agua pase a través de su superficie sin que este afecte sus condiciones de

sus partículas.

- Porosidad

Capacidad de un material para poder pasar los fluidos a través de los poros o pequeños agujeros.

- Precipitaciones

Se dan producto de la acumulación de agua en las nubes, que al caer a la superficie terrestre se manifiesta mediante lluvias, granizadas o nevadas.

- Probeta

Muestra de material endurecido, por regla general hormigón o roca, de dimensiones determinadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos.

- Relación agua/cemento

Se puede definir como la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del concreto fresco.

- Resistencia

Capacidad que alcanza una mezcla de concreto al estar sometida a una fuerza. Esto es consecuencia del proceso de hidratación del cemento.

2.4. Sistema de hipótesis

2.4.1. Hipótesis

Las propiedades físicas de los agregados influyen considerablemente en el comportamiento del concreto permeable.

2.4.2. Variables. Operacionalización de variables.

2.4.2.1. Variable Independiente

- Propiedades físicas de los agregados.

2.4.2.2. Variables dependientes

- Concreto permeable

Tabla 3

Operacionalización de variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Técnica e instrumentos |
|--------------------------------------|---|---|-----------------------------|--|---|
| Concreto permeable | Mezcla de agregados, cemento y agua; en donde se tiene muy poca arena o en algunos casos se elimina del todo, lo que contribuye a crear espacios vacíos alrededor de los agregados gruesos. | Se refiere a realizar probetas a partir de un diseño de concreto permeable, las cuales se someten a fuerzas para determinar su resistencia a la compresión y flexión sometiendo a fuerzas cada una de las probetas. | Resistencia a la compresión | Esfuerzo medido en kg/cm2 | Ensayo de compresión NTP 339.034 |
| | | Se refiere al uso del permeámetro para determinar el tiempo que demora en filtrar el agua en la probeta. | Resistencia a la flexión | Módulo de rotura medido en kg/cm2 | Ensayo de flexión NTP 339.078 |
| | | | Permeabilidad | Tasa de drenaje medido en pulg/hr o cm/seg | Ensayo de permeabilidad ACI 522-R |
| Propiedades físicas de los agregados | Las propiedades físicas son aquellas propiedades que pueden ser medibles sin alterar la composición de la materia, por ejemplo, tamaño forma color, densidad, etc. | Se refiere a utilizar diferentes configuraciones que resultan de combinar diferentes porcentajes de agregado fino con diferentes gradaciones de agregado grueso. | Contenido de agregado fino. | 0% 5% 10% 15% 20% | Volumen agregado fino/ Volumen agregado global |
| | | | Granulometría | 3/8" 1/2" 3/4" | Análisis granulométrico NTP 400.012 |

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

- **Aplicada:** el proyecto tiene como finalidad determinar la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable, para evaluar si es factible su uso en la aplicación de futuros pavimentos.

3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

- **Experimental:** para cumplir el objetivo principal de la investigación se realizaron pruebas y ensayos en laboratorio. Los resultados obtenidos se analizarán y presentarán en gráficos para su comprensión.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

La población estará conformada por las mezclas de concreto permeable elaboradas con porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".

3.2.2. Muestra

Se tiene una muestra probabilística aleatoria simple ya que las unidades de estudio tienen la misma probabilidad de ser elegidos para ser parte de la muestra.

Se realizará probetas cilíndricas de 20 cm de alto y un diámetro de 10 cm con el fin de comprobar la resistencia a la compresión ($f'c$) y medir la permeabilidad. Por otro lado, la resistencia a la flexión se medirá elaborando probetas de concreto tipo viga de 50 cm de largo por 15 cm de ancho y 15 cm de alto. Estas mediciones se realizarán de acuerdo a las normas citadas en la investigación.

Se tomará una muestra de 3 especímenes de concreto para realizar los ensayos a flexión al ser esta la variable de mayor importancia en el proyecto, que tiene como finalidad el uso del concreto permeable en pavimentos urbanos, respecto a los ensayos a compresión y permeabilidad se tomara una muestra de 3 especímenes de concreto las cuales deben satisfacer los coeficientes de variación indicadas en las normas respectivas de cada ensayo. Las muestras para los ensayos serán evaluadas a los 28 días, para cada mezcla de estudio.

3.3. Mezclas de Estudio

Las mezclas de estudio se realizarán en base al porcentaje de agregado fino y la granulometría del agregado grueso. A continuación, se muestran las variables de la mezcla de estudio:

Tabla 4

Variables en la mezcla de estudio.

| Variables en la mezcla de estudio | | |
|-----------------------------------|------|---|
| | 0% | |
| | 5% | |
| Porcentaje agregado fino | 10% | 5 |
| | 15% | |
| | 20% | |
| | | |
| | 3/4" | |
| Granulometría | 1/2" | 3 |
| | 3/8" | |
| | | |

Nota. Variables: % Agregado fino y granulometría

En base a las variables de estudio se identificaron 15 mezclas de estudio. Como se muestra en la **Tabla N°5**:

Tabla 5*Mezclas de estudio*

| Mezclas de Estudio | | |
|---------------------------|------------------------|------------------|
| Muestra | % agregado fino | Gradación |
| M1 | 0% | 3/4" |
| M2 | 5% | 3/4" |
| M3 | 10% | 3/4" |
| M4 | 15% | 3/4" |
| M5 | 20% | 3/4" |
| M6 | 0% | 1/2" |
| M7 | 5% | 1/2" |
| M8 | 10% | 1/2" |
| M9 | 15% | 1/2" |
| M10 | 20% | 1/2" |
| M11 | 0% | 3/8" |
| M12 | 5% | 3/8" |
| M13 | 10% | 3/8" |
| M14 | 15% | 3/8" |
| M15 | 20% | 3/8" |

Nota. Cinco mezclas de estudio por gradación.**Tabla 6***Numero de probetas por ensayo.*

| Ensayo | Muestra | N° Mezcla de estudios | N° Probetas |
|---|----------------|------------------------------|--------------------|
| Resistencia a la flexión (NTP 339.078) | 3 | 15 | 45 |
| Resistencia a la compresión (NTP 339.034) | 3 | 15 | 45 |
| Permeabilidad (ACI 522-R) | 3 | 15 | 45 |
| Total | | | 135 |

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental. Las variables de estudio serán medidas en base a ensayos normados y realizados en laboratorio, al igual que las propiedades de la variable independiente.

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

“Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (Arias, 2012, p.67).

- **Observación:** En la siguiente investigación usaremos la técnica de observación para la recolección de datos de los ensayos de laboratorio para la obtención de resultados confiables luego de su validez.
- **Análisis Documental:** Consiste en la obtención y recolección de información de documentos relacionadas al problema y objetivo de la investigación, como: Normas (ACI, NTP y ASTM), libros, tesis (nacionales e internacionales), blogs y revistas; que serán citadas en el presente trabajo de investigación. Con la finalidad de dar respuesta al problema de investigación a través del análisis de las variables de interés.
- **Guías de documentos:** Se utilizará formatos que ayuden en la recolección de información de los ensayos realizados en laboratorio para medir las variables de estudio.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Ensayos de los agregados

3.6.1.1. Análisis granulométrico y módulo de finura.

Se realizó el análisis granulométrico de agregado fino considerando los parámetros dados por la norma ASTM C136.

3.6.1.1.1. Equipos y herramientas:

- Balanza electrónica, precisión (± 0.1 gr)
- Tamices: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200
- Taras.
- Horno
- Cepillo

3.6.1.1.2. Procedimiento:

- Se seco la muestra de agregado fino en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- Se retiro la muestra del horno en un plazo de $24h \pm 5h$, una vez retirada se dejó enfriar posteriormente se realizó el cuarteo tomándose 3 muestras de 500gr.
- Se ordeno los tamices en orden decreciente de mayor a menor abertura (3/8" – N°200), se introdujo la muestra y se tapó la parte posterior para evitar pérdidas.
- Se realizo el proceso de tamizado manual, agitando el grupo de tamices de manera circular.
- Se coloco el material retenido de cada malla incluyendo el fondo en taras y se procedió a pesar.
- Se realiza el mismo procedimiento para cada muestra, siendo un total de 3 muestras.
- Se registro los datos en el formato correspondiente para su posterior calculo.
- Se verifico que la muestra perdida no se mayor al 2% de la muestra.
- Para el registro de datos se utilizó el formato mostrado en la Tabla 7.

Tabla 7*Formato de análisis granulométrico A. Fino*

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| TAMICES | ABERTURA | PESO | RETENIDO | RETENIDO | % QUE PASA |
| ASTM | | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | |
| pulg. | mm. | gr | % | % | % |
| 3/8" | | | | | |
| N°4 | | | | | |
| N°8 | | | | | |
| N°16 | | | | | |
| N°30 | | | | | |
| N°50 | | | | | |
| N°100 | | | | | |
| N°200 | | | | | |
| Fondo | | | | | |
| Muestra (gr) | | | | | |
| Muestra Perdida (gr) | | | | | |
| TM | | | | | |
| TMN | | | | | |
| Módulo de Finura | | | | | |

3.6.1.2. Ensayo de Abrasión de los ángeles

Este ensayo nos permite conocer la resistencia a la degradación de los agregados gruesos que son usados en concretos hidráulicos, mezclas asfálticas y tratamientos superficiales. Los resultados del ensayo pueden ser usado como un indicador de calidad del agregado garantizando la elaboración de concretos resistentes.

El ensayo se realizará bajo la guía de la norma ASTM C131, la cantidad de agregado grueso a usar y el número de esferas en el tambor, dependen de la granulometría del agregado grueso.

Tabla 8*Peso de agregados y numero de esferas para tamaños menos 1½"*

| Gradación | | A | B | C | D |
|-------------------------------|---------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Tamaño del Tamiz | | Cantidad de Material (gr) | | | |
| Pasa | Retiene | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 1250 ± 25 | | | |
| 1" | 3/4" | 1250 ± 25 | | | |
| 3/4" | 1/2" | 1250 ± 25 | 2500 ± 10 | | |
| 1/2" | 3/8" | 1250 ± 25 | 2500 ± 10 | | |
| 3/8" | 1/4" | | | 2500 ± 10 | |
| 1/4" | N°4 | | | 2500 ± 10 | |
| N°4 | N°8 | | | | 5000 ± 10 |
| Total | | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |
| Numero de esferas | | 12.00 | 11.00 | 8.00 | 6.00 |
| Numero de revoluciones | | 500.00 | 500.00 | 500.00 | 500.00 |

Nota. Se utilizarán esferas de acero de 420g aproximadamente.

3.6.1.2.1. Equipos

- Máquinas de los ángeles
- Bandeja y/o recipientes
- Balanza electrónica
- Horno eléctrico
- Tamices
- Esferas de acero

3.6.1.2.2. Procedimiento

- Se lavo la muestra y se secó al horno por un periodo de 24 horas.
- Se retiro la muestra del horno y se registró el peso para cada fracción de acuerdo a la gradación correspondiente.
- Se coloco la muestra y la carga en la máquina de los ángeles y se roto a una velocidad de 30 rpm, por 500 revoluciones.
- Se retiro la muestra de la máquina de los ángeles.
- Se tamizo la muestra por el tamiz N°12.

- Se realizo el lavado del material más grueso que la malla N°12.
- Se seco la muestra en el horno.
- Se retiro la muestra del horno se dejó enfriar por 30 minutos y se tomó su peso seco.
- Se registro los datos y se realizó el cálculo con ayuda del formato mostrado en la Tabla 9.

Tabla 9

Formato de ensayo de abrasión de los ángeles

| ID | Descripción | Und. | Muestra |
|----|---|------|---------|
| A | Peso muestra 3/8" | kg | |
| B | Peso muestra 1/2" | kg | |
| C | Peso de la muestra total | kg | |
| D | Peso retenido en el tamiz N°12 | kg | |
| E | Desgaste a la abrasión de los ángeles $E = ((C - D) * 100) / C$ | % | |

3.6.1.3. Ensayo de contenido de humedad

El ensayo se realizó con la guía de la norma ASTM C566.

3.6.1.3.1. Equipos y herramientas

- Balanza
- Fuente de calor: Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Recipientes metálicos
- Guantes

3.6.1.3.2. Procedimiento

- Se realizo el cuarteo del material tomando una muestra representativa la cual depende del tamaño del agregado como se muestra en la Tabla 10.
- Se tomo el peso de los recipientes donde luego se colocó el material registrando el peso total.
- Se coloco las muestras en el horno dejando secar por 24 horas.

- Se retiró las muestras del horno y se dejó enfriar por 10 minutos y se tomó el peso seco de la muestra.
- Se realizó el mismo procedimiento para 3 muestras, tomando como valor el promedio de estas.
- Se registró los datos en el formato mostrado en la Tabla 11, para el posterior cálculo del contenido de humedad.

Tabla 10

Tamaño de la muestra de agregado

| Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulgada) | Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg |
|---|---|
| 4,75 (0,187) (N°4) | 0.5 |
| 9,5 (3/8) | 1.5 |
| 12,5 (1/2) | 2.0 |
| 19,0 (3/4) | 3.0 |
| 5,0 (1) | 4.0 |
| 37,5 (2.1/2) | 6.0 |
| 50,0 (2) | 8.0 |
| 63,0 (2.1/2) | 10.0 |
| 75,0 (3) | 13.0 |
| 90,0 (3.1/2) | 16.0 |
| 100,0 (4) | 25.0 |
| 150 (6) | 50.0 |

Nota. Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC

Tabla 11

Formato de contenido de humedad Agregado Fino y Grueso

| ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO/GRUESO | | | | | |
|---|----------------------------------|-----|---|---|---|
| ID | DESCRIPCION | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Peso de tara | gr | | | |
| B | Peso tara + Muestra húmeda | gr | | | |
| C | Peso tara + Muestra seca | gr | | | |
| D | Peso del agua (B-C) | gr | | | |
| E | Peso de la muestra seca (A-C) | gr | | | |
| F | Contenido de Humedad ((D/E *100) | % | | | |
| G | Contenido de Humedad promedio | % | | | |

3.6.1.4. Ensayo de peso unitario

Se realizó este ensayo en base a la norma ASTM C29

3.6.1.4.1. Equipos y herramientas

- Balanza electrónica
- Molde metálico (de 1/3 pie³ para el agregado grueso y de 1/10 pie³ para el agregado fino)
- Regla metálica
- Cuchara metálica
- Brocha

3.6.1.4.2. Procedimiento

- Se colocó la muestra sobre una superficie lisa, limpia y seca.
- Se homogenizó la muestra.
- Se colocó la muestra de tal manera que formó una pila cónica la cual fue aplanada.

- Se cuarteó la muestra y se seleccionó las dos porciones diagonales opuestas.
- Con la muestra seleccionada se volvió a realizar otro cuarteo y selección de la misma manera descrita en los pasos anteriores.
- Se colocó la muestra en el molde metálico sólo para sopesar la cantidad de muestra que se necesitará.
- A la cantidad de muestra sopesada se le sumó un aproximado de 50% más de muestra para meter al horno a secar a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se tomó el peso del molde y no hizo falta determinar el volumen de este, ya que ese dato fue proporcionado por el laboratorio.
- Una vez atemperada la muestra, con ayuda de la cuchara metálica se colocó la muestra por gravedad dentro del molde dibujando un espiral hasta llenarlo.
- Se agregó un poco más de muestra para proceder a enrasar con ayuda de la regla metálica.
- En el caso del agregado grueso quedarán muchos vacíos y de igual manera sobresalientes de este, se colocó el molde con la muestra a la altura de los ojos para asegurarnos de que los vacíos y los excesos al ras de molde sean proporcionales unos con otros.
- Con ayuda de la brocha se limpió los excesos en las superficies externas del molde.
- Se tomó el peso de la muestra más el molde.
- Se repitió el proceso dos veces más.
- Se usó el formato mostrado en la Tabla 12 para el registro de los datos y los posteriores cálculos.

Tabla 12*Formato de ensayo de peso unitario*

| ENSAYO DE PESO UNITARIO | | | | | | |
|-------------------------|---|--------------------|-------------------|---|---|------|
| Tamaño máximo nominal | | | Volumen del molde | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | Prom |
| A | Peso del molde | kg | | | | |
| B | Peso del molde + Agregado compactado | kg | | | | |
| C | Peso del Agregado compactado: (C=B-A) | kg | | | | |
| D | Peso unitario compactado: (D=C/Vol. Molde) | kg/m ³ | | | | |
| E | Peso del molde + Agregado suelto | kg | | | | |
| F | Peso del Agregado suelto: (F=E-A) | kg | | | | |
| G | Peso unitario suelto: (G=F/Vol. Molde) | kg/cm ³ | | | | |

3.6.1.5. Ensayo de peso específico y absorción agregado grueso

Se realizo este ensayo en base a la norma ASTM C127

3.6.1.5.1. Equipos y herramientas

- Balanza electrónica
- Recipiente metálico
- Trapo absorbente
- Horno eléctrico
- Canastilla de suspensión

3.6.1.5.2. Procedimiento

- Se tomó 3 kg de muestra del agregado grueso de 3/4", y 2 kg de muestra para el agregado grueso de 1/2" y 3/8", según lo indica la tabla 9.1 de la guía ASTM 127.
- Se lavó cuidadosamente la muestra hasta retirar el polvo de la superficie.
- Se llevó la muestra al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para su secado.
- Después de retirar la muestra del horno, se dejó enfriar y posteriormente se colocó está en un recipiente cubierta por agua durante 24 horas.
- Se decantó cuidadosamente el agua del recipiente evitando pérdidas de la muestra.
- Se esparció la muestra sobre un trapo absorbente para secarlo superficialmente y lograr el estado saturado superficialmente seco (SSS), se determinó el peso al aire.
- Se colocó la muestra en la canastilla previamente tarada en la balanza del sistema de medición de peso específico, se tomó el peso del material en la canastilla sumergida en agua.
- Se colocó la muestra en un recipiente metálico para ser secada en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por un periodo de tiempo de 24 horas. Luego de enfriar la muestra, se tomó el peso.
- Se registro los datos y se realizó los cálculos con ayuda del formato mostrado en la Tabla 13.

Tabla 13*Formato de ensayo de peso específico y absorción agregado grueso*

| ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN | | | | | | |
|---|---|--------------------|---|---|---|-------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | Prom. |
| A | Peso saturado superficialmente seco de la muestra al aire | gr | | | | |
| B | Peso saturado superficialmente seco de la muestra en agua | gr | | | | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos C=A-B | cm ³ | | | | |
| D | Peso seco de la muestra | gr | | | | |
| E | Volumen de masa: E=C-(A-D) | cm ³ | | | | |
| F | Peso específico (Base seca): F=D/C | gr/cm ³ | | | | |
| G | Peso específico (Base saturada) : G=A/C | gr/cm ³ | | | | |
| H | Peso específico aparente (Base seca) H=D/E | gr/cm ³ | | | | |
| I | Absorción: K=(A-D/D) *100 | % | | | | |

3.6.1.6. Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino

Se realizo este ensayo en base a la norma ASTM C128

3.6.1.6.1. Equipos y herramientas

- Balanza electrónica
- Frasco volumétrico de 500 ml de capacidad
- Molde de cono truncado y apisonador estandarizados
- Horno eléctrico
- Recipiente metálico
- Brocha

3.6.1.6.2. Procedimiento

- Se tomó 1 kilogramo de muestra de agregado fino.
- Se secó en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Luego de retirar la muestra del horno y una vez enfriada se agregó agua hasta sumergir la muestra y se dejó saturar por 24 horas.
- Se decantó el exceso de agua evitando en todo momento la pérdida de finos.
- Se realizó el secado superficial de las muestras de agregado fino con ayuda de una estufa eléctrica, la muestra se agitó con ayuda de un cucharón de tal forma de mantener un secado uniforme.
- Posteriormente se realizó la prueba de humedad superficial:
- Se sujetó firmemente el molde de cono trunco sobre una superficie impermeable con el diámetro pequeño hacia arriba.
- Se colocó agregado fino dentro del molde, sin aplastar, hasta que el material rebalse el molde.
- Se apisonó el agregado fino dejando caer por gravedad el apisonador, a una distancia de 5 mm del agregado, un total de 25 veces.
- Se retiró el agregado alrededor del molde usando una brocha.
- Se retiró el molde levantándolo lentamente sin que esto influya en la deformación de la muestra apisonada.
- Se verificó que el agregado no mantenga la forma del molde, desplomándose una vez retirado el molde.
- Se procedió con el método volumétrico:
 - ❖ Se llenó parcialmente con agua el frasco volumétrico.
 - ❖ Se introduce la muestra de 500gr de agregado ya preparado.
 - ❖ Se agitó el frasco para eliminar las burbujas de aire.
 - ❖ Se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada de 500ml y se toma su peso total del frasco el agua y agregado.
 - ❖ Se removió el agregado fino del frasco y se lleva al horno a una temperatura de 110°C para su secado.
 - ❖ Se retiró la muestra del horno y se deja enfriar por $\frac{1}{2}$ hora y se toma su peso.
- Se realizó el mismo procedimiento 3 veces registrando los datos en el siguiente formato para los cálculos posteriores.

Tabla 14

Formato de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

| ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO | | | | | | |
|--|--|--------------------|---|---|---|------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | Prom |
| A | Peso saturado superficialmente seco de la muestra. | gr | | | | |
| B | Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml | gr | | | | |
| C | Peso saturado superficialmente seco de la muestra + peso de la fiola + agua; C=A+B | gr | | | | |
| D | Peso de la fiola + Peso saturado superficialmente seco + agua hasta marca de 500ml | gr | | | | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío: E=C-D | cm ³ | | | | |
| F | Peso seco de la muestra | gr | | | | |
| G | Volumen de masa: G=E-(A-F) | gr/cm ³ | | | | |
| H | Peso específico (Base seca), H=F/E | gr/cm ³ | | | | |
| I | Peso específico (Base saturada), I=A/E | gr/cm ³ | | | | |
| J | Peso específico aparente (Base seca), J=F/G | gr/cm ³ | | | | |
| K | Absorción; K=((A-F)/F) *100 | % | | | | |

3.6.2. Diseño de mezcla

La dosificación del diseño de mezcla se basó en las indicaciones dadas en el informe del comité ACI 522R-10 en su sexto capítulo.

3.6.2.1. Descripción de los materiales

3.6.2.1.1. Cementante:

El cemento portland elegido fue de la marca Pacasmayo y del tipo MS, por tener propiedades anti salitre. La ACI 522R-10 menciona que cualquier cemento portland puede ser empleado como cementante, y siendo que el concreto poroso tiene la característica de tener una alta tasa de percolación, es más propensa a formar salitre y a verse perjudicado por sus efectos.

Figura 2

Ficha técnica cemento portland tipo MS

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3**
Cemento Portland Tipo MS (MH) (R)
 Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
 Piura, 21 de Septiembre del 2017

| PROPIEDADES FISICAS | | CPSAA | Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157 |
|---|------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Contenido de Aire | % | 7 | NO ESPECIFICA |
| Expansión en Autoclave | % | 0.049 | Máximo 0.80 |
| Superficie Específica | cm ² /g | 4050 | NO ESPECIFICA |
| Retenido M325 | % | 2.9 | NO ESPECIFICA |
| Densidad | g/mL | 3.02 | NO ESPECIFICA |
| Resistencia Compresión : | | | |
| Resistencia Compresión a 3días | MPa (Kg/cm ²) | 24.3 (248) | Mínimo 11.0 (Mínimo 112) |
| Resistencia Compresión a 7días | MPa (Kg/cm ²) | 30.0 (306) | Mínimo 18.0 (Mínimo 184) |
| Resistencia Compresión a 28días (*) | MPa (Kg/cm ²) | 36.3 (371) | Mínimo 28.0 (Mínimo 286) |
| Tiempo de Fraguado Vicat : | | | |
| Fraguado Inicial | min | 146 | Mínimo 45 |
| Fraguado Final | min | 283 | Máximo 420 |
| Expansión Barra de Mortero Edad 14 días | % | 0.011 | Máximo 0.020 |
| Expansión por Sulfato Edad 6 meses | % | 0.034 | Máximo 0.10 |
| Calor de Hidratación a 7 Días | Kcal/Kg | 70 | Máximo 70 |

Nota. Fuente: CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

3.6.2.1.2. Agregados:

Para el desarrollo de la tesis se utilizó agregado fino y grueso, lo cuales se obtuvieron de la cantera LEKERSA, Ubicado en el distrito El Milagro. El agregado grueso a utilizar es el de piedra chancada en tres gradaciones distintas: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ".

Tabla 15

Propiedades obtenidas de los agregados utilizados

| PROPIEDADES DEL AGREGADO | UNIDAD | AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | $\frac{3}{4}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{3}{8}$ " | |
| Peso Específico | g/cm ³ | 2.69 | 2.66 | 2.76 | 2.63 |
| Peso Específico SSS | g/cm ³ | 2.70 | 2.68 | 2.76 | 2.69 |
| Peso Unitario Suelto | g/cm ³ | 1377.76 | 1330.68 | 1285.98 | 1732.91 |
| Peso Unitario Compacto | g/cm ³ | 1479.22 | 1489.97 | 1447.40 | 1856.61 |
| Contenido de Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.81 |
| Absorción | % | 0.60 | 0.74 | 0.94 | 0.92 |
| Tamaño Máximo Nominal | - | $\frac{3}{4}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{3}{8}$ " | N°4 |

Nota. Valores promedio obtenido de ensayos de laboratorio

3.6.2.1.3. Agua

Se utilizo agua potable brindado por servicio público de Sedalib.

3.6.2.2. Gradaciones del agregado grueso empleadas en los diseños

Para esta tesis se utilizó agregado grueso de tres gradaciones diferentes que van así: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ", para estudiar su influencia en el concreto permeable.

3.6.2.3. Porcentajes del agregado fino en los diseños

Para cada gradación de agregado grueso se utilizó un diseño patrón con 0% de agregado fino y adiciones de 5, 10, 15 y 20% de agregado fino, para estudiar su influencia en el concreto permeable.

3.6.2.4. Elección de la relación agua cemento (a/c)

En el procedimiento de diseño de mezcla se tomó un valor de 0.39 para la relación agua cemento, esta relación está en la media del rango, el mismo es de

0.33 a 0.45 para este concreto (Meininger,1988), donde se busca obtener la resistencia deseada y la estructura de vacíos en el concreto permeable.

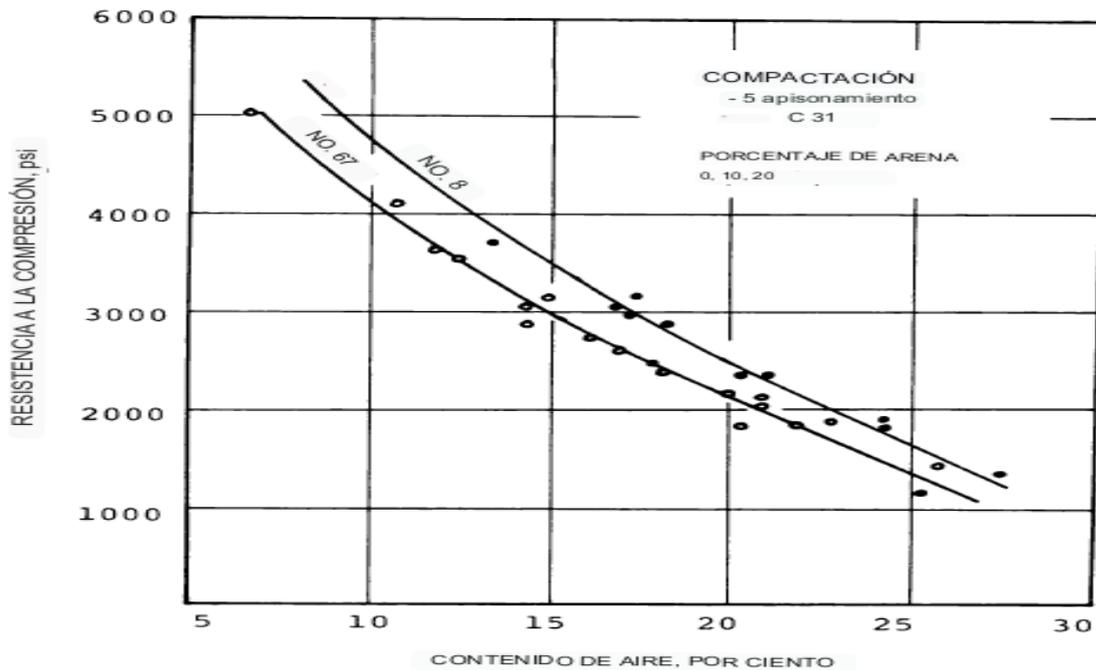
3.6.2.5. Contenido de vacíos

La ACI 522R-10 cita a Meininger (1988), para establecer en este punto el contenido de vacíos en base a una resistencia a la compresión de valor empírico cuyo valor se desea obtener en los diseños desarrollados y la misma que sirve de valor de entrada para el desarrollo de la dosificación de este concreto con 28 días de curado. Para esta tesis se planteó llegar a una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², para esto se utiliza la Figura 3, la que nos indica en base al tamaño del agregado grueso, que contenido de vacíos se consideraron en estos diseños.

Para entender bien esta figura, debemos conocer la clasificación de tamaño que le da la ASTM C33, al agregado grueso en base al Tamaño Máximo Nominal (TMN), para nuestro interés tenemos que para los agregados de ¾", ½" y 3/8" vienen siendo de tamaño N°67, N°7 y N°8 respectivamente.

Figura 3

Relación entre el contenido de aire y resistencia a la compresión.



Nota. Resistencia a la compresión a los 28 días. Fuente: Meininger 1988

La Figura 3 representa gráficamente la relación existente entre el contenido de vacíos (en %) y la resistencia a la compresión (en PSI), para agregado de 3/4" (N°67) y 3/8" (N°8), para lo cual se procedió a convertir los valores de la resistencia a la compresión en unidades de kg/cm², seguidamente se tabuló los datos obtenidos manualmente por interpolación en base a la Figura 3, y posteriormente se obtuvo el valor de vacíos para el agregado grueso N°7 considerando el promedio de los porcentajes obtenidos para el tamaño de agregado grueso N°67 y N°8, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16

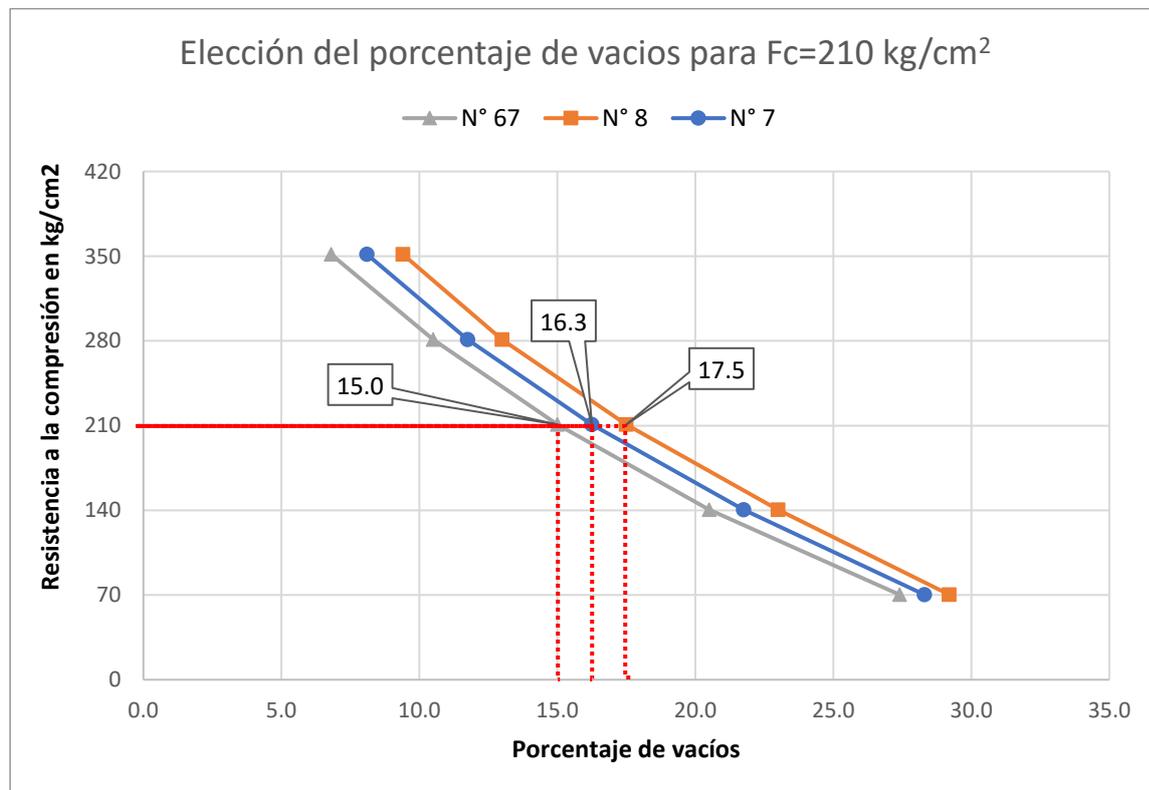
Porcentaje de vacíos obtenida mediante interpolación de la Figura 3

| f'c | | % aire | | |
|------|--------|-------------|------------|------------|
| PSI | Kg/cm2 | ASTM C-33 | ASTM C-33 | ASTM C-33 |
| | | Tamaño N°67 | Tamaño N°7 | Tamaño N°8 |
| 1000 | 70 | 27.4 | *28.3 | 29.2 |
| 2000 | 141 | 20.5 | *21.8 | 23.0 |
| 3000 | 211 | 15.0 | *16.3 | 17.5 |
| 4000 | 281 | 10.5 | *11.8 | 13.0 |
| 5000 | 352 | 6.8 | *8.1 | 9.4 |

Nota. *Valor obtenido con el promedio de % aire N°67 y N°8

Figura 4

Porcentaje de vacíos vs Resistencia a la compresión



Nota. Valores para resistencia a la compresión 210kg/cm²

De la Figura 4 encontramos por interpolación los porcentajes de vacíos, siendo de 15, 16.3 y 17.5% para concreto con agregado grueso de ¾", ½" y 3/8" respectivamente.

3.6.2.6. Valores de b/bo efectivos

Determinar el valor de b/bo nos sirve como método para calcular la cantidad de agregado grueso que emplearemos en el diseño. La ACI 522R-10 proporciona la tabla xxx que nos muestra el valor de b/bo con respecto al contenido de agregado fino dentro de la pasta. Podemos observar que los valores obtenidos para tamaño N°8 y N°64 son muy parecidos por lo que no hace falta interpolar para hallar los valores de b/bo para agregado grueso de tamaño N°7. En este caso se eligió los valores de b/bo del tamaño N°8 para las 3 gradaciones de agregado grueso empleados en esta tesis, ya que la referencia no hace mención de valores para tamaño N°7 y se observa que los valores de tamaño N°67 son muy cercanos, prácticamente los mismos que para tamaño N°8.

Tabla 17

Valores efectivos de b/bo para concreto bien compactado

| Porcentaje de Agregados finos | b/bo | |
|-------------------------------|---------------|---------------|
| | ASTM C33/C33M | ASTM C33/C33M |
| | Tamaño N°8 | Tamaño N°67 |
| 0% | 0.99 | 0.99 |
| 5% | *0.96 | *0.96 |
| 10% | 0.93 | 0.93 |
| 15% | *0.89 | *0.90 |
| 20% | 0.85 | 0.86 |

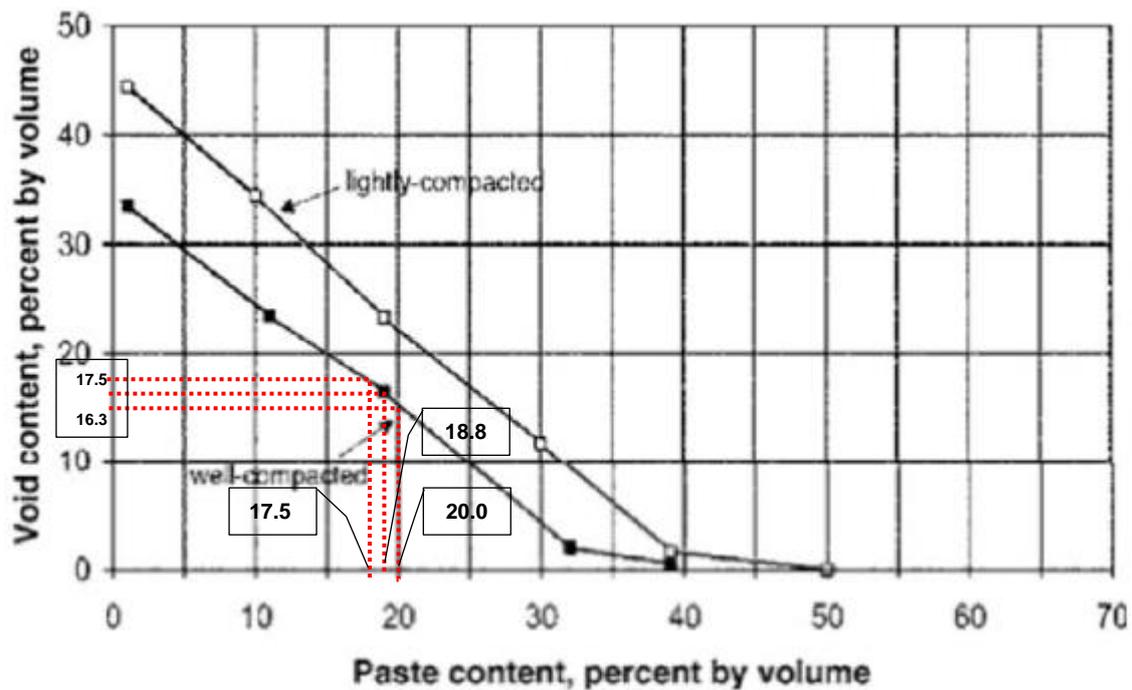
Nota. *Valores obtenidos por interpolación. Fuente: ASTM C31

3.6.2.7. Volumen de pasta

La dosificación del concreto permeable busca establecer el volumen mínimo de pasta necesario para unir las partículas de agregado, manteniendo la estructura de vacío, la resistencia y la trabajabilidad necesarias. Se puede estimar el volumen de la pasta para una mezcla, usando la Figura 5.

Figura 5

Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacíos.



Nota. Designaciones del tamaño de agregado grueso N°8. Fuente: ACI 522R-10.

Gráficamente obtenemos que, para un contenido de vacío de 15, 16.3 y 17.5 % un volumen de pasta de 20, 18.8 y 17.5 % respectivamente.

Para diseños de concreto permeable con adiciones de agregado fino, debe corregirse el volumen de pasta, esta corrección depende del compactado; siendo que para esta tesis las probetas se compactaron según el procedimiento descrito por ASTM C31, corresponde una corrección por un buen compactado, donde el volumen de pasta debe reducirse en un 2% por cada 10% de adición de agregado fino.

Tabla 18

Volumen de pasta corregido por adición de agregado fino.

| A. GRUESO (pulg.) | Tamaño ASTM C33 | % AIRE | VOLUMEN DE PASTA SEGÚN CONTENIDO DE AGREGADO FINO | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------|--|------|------|------|------|
| | | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| 3/4 | N°67 | 15 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 |
| 1/2 | N°7 | 16.3 | 18.8 | 17.8 | 16.8 | 15.8 | 14.8 |
| 3/8 | N°8 | 17.5 | 17.5 | 16.5 | 15.5 | 14.5 | 13.5 |

3.6.2.8. Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de 3/4"

Se realiza el diseño a detalle para la mezcla N°3; agregado grueso de 3/4 y porcentaje de fino de 10%. Los cálculos para los siguientes diseños con agregado grueso de 3/4 se resume en tablas.

Paso 1: Determinar el contenido de cemento y agua.

- Volumen de pasta (V_p)

$$V_p = \frac{c}{P_{ec}} + \frac{a}{P_{ea}} \quad \dots (1)$$

Donde:

- ❖ P_{ec} : Peso específico del cemento
- ❖ P_{ea} : Peso específico del agua
- ❖ c : Contenido de cemento
- ❖ a : Contenido de agua
- ❖ a/c : relación agua cemento (0.39)

Reemplazando valores para diseño de mezcla N°3:

$$0.180 = \frac{c}{3020.00} + \frac{039c}{1000.00}$$

$$c = 249.61 \text{ kg}$$

$$a = 97.35 \text{ L}$$

- En la siguiente tabla se resume los valores de contenido de cemento para los diseños con agregado de ¾", para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 19

Contenido de cemento y agua A. Grueso ¾"

| CONTENIDO DE CEMENTO Y AGUA | | | | | | |
|-----------------------------|-------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Código | Und. | % Porcentaje Agregado Fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pec | Kg/m3 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 |
| Pea | Kg/m3 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| a/c | - | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.39 |
| Vp | - | 0.200 | 0.190 | 0.180 | 0.170 | 0.160 |
| c | Kg/m3 | 277.34 | 263.48 | 249.61 | 235.74 | 221.88 |
| a | L | 108.16 | 102.76 | 97.35 | 91.94 | 86.53 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 2: Determinar el peso del agregado grueso

- Peso unitario seco compactado

$$PUSC = \frac{PUC}{1 + \% \text{ de humedad}} \quad \dots (2)$$

Donde:

- ❖ PUC : Peso unitario compactado
- ❖ PUSC: Peso unitario seco compactado

Reemplazando:

$$PUSC = \frac{1479.22 \text{ kg/m}^3}{1 + \frac{0.25}{100}}$$

$$PUSC = 1475.53 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag)

$$Pag = \frac{b}{bo} * PUSC \text{ del agregado grueso} * m^3 \quad \dots (3)$$

Reemplazando:

$$Pag = 0.99 * 1475.53 \frac{kg}{m^3} * m^3$$

$$Pag = 1372.24 \text{ kg}$$

- Corrección por absorción

$$Pag (SSS) = Pag * (1 + \%Absorción) \quad \dots (4)$$

Donde:

- ❖ Pag : Peso del agregado grueso seco
- ❖ Pag (SSS) : Peso del agregado grueso saturado superficialmente seco.

Reemplazando:

$$Pag (SSS) = 1372.24 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.60}{100}\right)$$

$$Pag (SSS) = 1380.47 \text{ kg}$$

- Corrección por presencia de agregado fino

$$Pag \text{ final (SSS)} = Pag(SSS) * (1 - \%A. \text{ fino}) \quad \dots (5)$$

Donde:

- ❖ Pag (SSS) : Peso del agregado grueso saturado superficialmente seco.
- ❖ Pag final (SSS): Peso del agregado grueso final saturado superficialmente seco.

Reemplazando:

$$Pag \text{ final (SSS)} = 1380.47 \text{ kg} * \left(1 - \frac{10}{100}\right)$$

$$Pag \text{ final (SSS)} = 1242.42 \text{ kg}$$

- En la siguiente tabla se muestra los pesos de agregado grueso de ¾" para los diseños de mezcla: 1, 2, 3, 4 y 5. Para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 20

Pesos del agregado grueso de ¾" para distintos porcentajes de fino.

| PESO DEL AGREGADO GRUESO FINAL SSS | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| PUC | kg/m ³ | 1479.22 | 1479.22 | 1479.22 | 1479.22 | 1479.22 |
| % Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| PUSC | kg/m ³ | 1475.53 | 1475.53 | 1475.53 | 1475.53 | 1475.53 |
| b/bo | - | 0.99 | 0.96 | 0.93 | 0.89 | 0.85 |
| Pag | kg | 1460.77 | 1416.51 | 1372.24 | 1313.22 | 1254.20 |
| % Absorción | % | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| Pag (SSS) | kg | 1469.53 | 1425.01 | 1380.47 | 1321.10 | 1261.73 |
| Pag final (SSS) | kg | 1469.53 | 1353.76 | 1242.42 | 1122.94 | 1009.38 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 3: Determinar el peso de agregado fino

- Peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Paf (SSS) = Pag(SSS) - Pag \text{ final}(SSS) \quad \dots (6)$$

Donde:

- ❖ Pag final (SSS): Peso A. grueso final saturado superficialmente seco.
- ❖ Pag (SSS) : Peso A. grueso saturado superficialmente seco.
- ❖ Paf (SSS) : Peso A. fino saturado superficialmente seco.

Reemplazando:

$$Paf (SSS) = 1380.47 \text{ kg} - 1242.42 \text{ kg}$$

$$Paf (SSS) = 138.05 \text{ kg}$$

- Peso del agregado fino seco:

$$Paf = \frac{Paf (SSS)}{(1 + \% \text{ de absorción})} \quad \dots (7)$$

Reemplazando:

$$Paf = \frac{138.05 \text{ kg}}{1 + \frac{0.92}{100}}$$

$$Paf = 136.79 \text{ kg}$$

Tabla 21

Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de ¾"

| PESO DEL AGREGADO FINO | | | | | | |
|------------------------|------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag (SSS) | kg | 1469.53 | 1425.01 | 1380.47 | 1321.10 | 1261.73 |
| Pag final (SSS) | kg | 1469.53 | 1353.76 | 1242.42 | 1122.94 | 1009.38 |
| Paf (SSS) | kg | 0.00 | 71.25 | 138.05 | 198.16 | 252.35 |
| % Absorción | % | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| Paf | kg | 0.00 | 70.60 | 136.79 | 196.35 | 250.05 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾" ..

Paso 4: Determinar los volúmenes absolutos

Tabla 22

Volúmenes absolutos de materiales para diseños con A. grueso de ¾"

| VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Material | Porcentaje de agregado fino | | | | | |
| | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | |
| Pesos SSSS (kg) | Cemento | 277.34 | 263.48 | 249.61 | 235.74 | 221.88 |
| | Agua | 108.16 | 102.76 | 97.35 | 91.94 | 86.53 |
| | A. Grueso | 1469.53 | 1353.76 | 1242.42 | 1122.94 | 1009.38 |
| | A. Fino | 0.00 | 71.25 | 138.05 | 198.16 | 252.35 |
| Pe SSSS (kg/m3) | Cemento | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 |
| | Agua | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| | A. Grueso | 2700.00 | 2700.00 | 2700.00 | 2700.00 | 2700.00 |
| | A. Fino | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 |
| Vol. (m3) | Cemento | 0.092 | 0.087 | 0.083 | 0.078 | 0.073 |
| | Agua | 0.108 | 0.103 | 0.097 | 0.092 | 0.087 |
| | A. Grueso | 0.544 | 0.501 | 0.460 | 0.416 | 0.374 |
| | A. Fino | 0.000 | 0.026 | 0.051 | 0.074 | 0.094 |
| | Total | 0.744 | 0.717 | 0.691 | 0.660 | 0.628 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 5: Corregir por humedad y absorción

- Agregado grueso seco final

$$Pag\ final = Pag - Paf \quad \dots (8)$$

Donde:

- ❖ Pag final : Peso agregado grueso seco final
- ❖ Pag : Peso agregado grueso seco
- ❖ Paf : Peso agregado fino

Reemplazando:

$$Pag\ final = 1372.24\ kg - 136.79\ kg$$

$$Pag\ final = 1235.45\ kg$$

Tabla 23

Pesos del agregado grueso final ¾"

| PESO AGREGADO GRUESO FINAL | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag | kg | 1460.77 | 1416.51 | 1372.24 | 1313.22 | 1254.20 |
| Paf | kg | 0.00 | 70.60 | 136.79 | 196.35 | 250.05 |
| Pag final | kg | 1460.77 | 1345.91 | 1235.45 | 1116.87 | 1004.15 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

- Balance de agua en agregado grueso:

$$Adicion\ de\ agua = (\%Absorción - \%Humedad) * Pag\ final \quad \dots (9)$$

Reemplazando:

$$Adicion\ de\ agua = \left(\frac{0.60 - 0.25}{100} \right) * 1235.45\ kg$$

$$Adicion\ de\ agua = 4.32\ kg$$

Tabla 24

Adición de agua por agregado grueso de ¾"

| ADICION DE AGUA AGREGADO GRUESO | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag final | kg | 1460.77 | 1345.91 | 1235.45 | 1116.87 | 1004.15 |
| % Absorción | % | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| % Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Adición de agua | kg | 5.11 | 4.71 | 4.32 | 3.91 | 3.51 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

- Balance de agua en agregado fino:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) * Paf \quad \dots (10)$$

Reemplazando:

$$\text{Adición de agua} = \left(\frac{0.92 - 0.81}{100} \right) * 136.79 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.15 \text{ kg}$$

Tabla 25

Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso 3/4"

| ADICION DE AGUA AGREGADO FINO | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Paf | kg | 0.00 | 70.60 | 136.79 | 196.35 | 250.05 |
| % Absorción | % | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| % Humedad | % | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| Adición de agua | kg | 0.00 | 0.08 | 0.15 | 0.22 | 0.28 |

- Agua efectiva

$$A. \text{ efectiva} = A. \text{ de diseño} + \text{Adición de agua por agregados} \quad \dots (11)$$

Reemplazando:

$$A. \text{ efectiva} = 97.35 \text{ kg} + 4.32 \text{ kg} + 0.15 \text{ kg}$$

$$A. \text{ efectiva} = 101.82 \text{ kg}$$

Tabla 26

Agua efectiva para diseños con A. grueso ¾"

| AGUA EFECTIVA | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Agua de diseño | kg | 108.16 | 102.76 | 97.35 | 91.94 | 86.53 |
| Adición de agua | kg | 5.11 | 4.71 | 4.32 | 3.91 | 3.51 |
| Adición de agua | kg | 0.00 | 0.08 | 0.15 | 0.22 | 0.28 |
| Agua efectiva | kg | 113.27 | 107.55 | 101.82 | 96.07 | 90.32 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

- Corrección por humedad
 - ❖ Agregado grueso

$$\text{Pag corregido} = \text{Pag final} * (1 + \% \text{Humedad}) \quad \dots \quad (12)$$

Donde:

- ❖ Pag corregido : Peso agregado grueso corregido
- ❖ Pag : Peso agregado grueso final

Reemplazando:

$$\text{Pag corregido} = 1235.45 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.25}{100}\right)$$

$$\text{Pag corregido} = 1238.54 \text{ kg}$$

Tabla 27

Peso agregado grueso corregido de ¾"

| PESO AGREGADO GRUESO CORREGIDO | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag final | Kg | 1460.77 | 1345.91 | 1235.45 | 1116.87 | 1004.15 |
| %Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Pag corregido | Kg | 1464.42 | 1349.27 | 1238.54 | 1119.66 | 1006.66 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ¾" y distintos porcentajes de agregado fino.

❖ Agregado fino

$$Paf \text{ corregido} = Paf * (1 + \%Humedad) \quad \dots (13)$$

Reemplazando:

$$Paf \text{ corregido} = 136.79 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.81}{100}\right)$$

$$Paf \text{ corregido} = 137.90 \text{ kg}$$

Tabla 28

Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso ¾"

| PESO AGREGADO FINO CORREGIDO | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Paf | Kg | 0.00 | 70.60 | 136.79 | 196.35 | 250.05 |
| %Humedad | % | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| Paf corregido | Kg | 0.00 | 71.17 | 137.90 | 197.94 | 252.08 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 6: Valores del diseño de mezcla

Tabla 29

Diseño de mezcla N°1: A. grueso ¾"; %A. fino 0%

| DISEÑO DE MEZCLA N°1 | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 277.34 | 1.00 |
| Agua efectiva | 113.27 | 17.35 |
| Agregado grueso | 1464.42 | 5.28 |
| Agregado fino | 0.00 | 0.00 |
| Peso total | 1855.03 | |

Tabla 30

Diseño de mezcla N°2: A. grueso ¾"; %A. fino 5%

| DISEÑO DE MEZCLA N°2 | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 263.48 | 1.00 |
| Agua efectiva | 107.55 | 17.35 |
| Agregado grueso | 1349.27 | 5.12 |
| Agregado fino | 71.17 | 0.27 |
| Peso total | 1791.47 | |

Tabla 31

Diseño de mezcla N°3: A. grueso ¾"; %A. fino 10%

| DISEÑO DE MEZCLA N°3 | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 249.61 | 1.00 |
| Agua efectiva | 101.82 | 17.35 |
| Agregado grueso | 1238.54 | 4.96 |
| Agregado fino | 137.90 | 0.55 |
| Peso total | 1727.87 | |

Tabla 32*Diseño de mezcla N°4: A. grueso ¾"; %A. fino 15%*

| DISEÑO DE MEZCLA N°4 | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 235.74 | 1.00 |
| Agua efectiva | 96.07 | 17.31 |
| Agregado grueso | 1119.66 | 4.75 |
| Agregado fino | 197.94 | 0.84 |
| Peso total | 1649.41 | |

Tabla 33*Diseño de mezcla N°5: A. grueso ¾"; %A. fino 20%*

| DISEÑO DE MEZCLA N°5 | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 221.88 | 1.00 |
| Agua efectiva | 90.32 | 17.30 |
| Agregado grueso | 1006.66 | 4.54 |
| Agregado fino | 252.08 | 1.14 |
| Peso total | 1570.94 | |

3.6.2.9. Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de ½"

Se realiza el diseño a detalle para la mezcla N°8; agregado grueso de ½" y porcentaje de fino de 10%. Los cálculos para los siguientes diseños con agregado grueso de ½" se resume en tablas.

- Paso 1: Determinar el contenido de cemento y agua.

Reemplazando:

$$0.168 = \frac{c}{3020.00} + \frac{0.39c}{1000.00}$$

$$c = 232.97 \text{ kg}$$

$$a = 90.86 \text{ L}$$

- En la siguiente tabla se resume los valores de contenido de cemento para los diseños con agregado de ½”, para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 34

Contenido de cemento y agua A. Grueso ½”

| CONTENIDO DE CEMENTO Y AGUA | | | | | | |
|-----------------------------|-------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Código | Und. | % Porcentaje Agregado Fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pec | Kg/m3 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 |
| Pea | Kg/m3 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| a/c | - | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.39 |
| Vp | - | 0.188 | 0.178 | 0.168 | 0.158 | 0.148 |
| c | Kg/m3 | 260.70 | 246.84 | 232.97 | 219.10 | 205.23 |
| a | L | 101.67 | 96.27 | 90.86 | 85.45 | 80.04 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ½”.

Paso 2: Determinar el peso del agregado grueso

- Peso unitario seco compactado

Reemplazando:

$$PUSC = \frac{1489.97 \text{ kg/m}^3}{1 + \frac{0.25}{100}}$$

$$PUSC = 1486.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag)

Reemplazando:

$$Pag = 0.93 * 1486.25 \frac{kg}{m^3} * m^3$$

$$Pag = 1382.21 kg$$

- Corrección por absorción

Reemplazando:

$$Pag (SSS) = 1382.21 kg * \left(1 + \frac{0.74}{100}\right)$$

$$Pag (SSS) = 1392.44 kg$$

- Corrección por presencia de agregado fino

Reemplazando:

$$Pag final (SSS) = 1392.44 kg * \left(1 - \frac{10}{100}\right)$$

$$Pag final (SSS) = 1253.20 kg$$

- En la siguiente tabla se muestra los pesos de agregado grueso de ½” para los diseños de mezcla: 6,7,8,9 y 10. Para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 35*Pesos del agregado grueso de ½" para distintos porcentajes de fino.*

| PESO DEL AGREGADO GRUESO FINAL SSS | | | | | | |
|---|-------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| PUC | kg/m ³ | 1489.97 | 1489.97 | 1489.97 | 1489.97 | 1489.97 |
| % Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| PUSC | kg/m ³ | 1486.25 | 1486.25 | 1486.25 | 1486.25 | 1486.25 |
| b/bo | - | 0.99 | 0.96 | 0.93 | 0.89 | 0.85 |
| Pag | kg | 1471.39 | 1426.80 | 1382.21 | 1322.76 | 1263.31 |
| % Absorción | % | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| Pag (SSS) | kg | 1482.28 | 1437.36 | 1392.44 | 1332.55 | 1272.66 |
| Pag final (SSS) | kg | 1482.28 | 1365.49 | 1253.20 | 1132.67 | 1018.13 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

Paso 3: Determinar el peso de agregado fino

- Peso del agregado fino en esta S.S.S.:

Reemplazando:

$$Paf (SSS) = 1392.44 \text{ kg} - 1253.20 \text{ kg}$$

$$Paf (SSS) = 139.24 \text{ kg}$$

- Peso del agregado fino seco:

Reemplazando:

$$Paf = \frac{139.24 \text{ kg}}{1 + \frac{0.92}{100}}$$

$$Paf = 137.97 \text{ kg}$$

Tabla 36*Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de ½"*

| PESO DEL AGREGADO FINO | | | | | | |
|------------------------|-----------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag (SSS) | kg | 1482.28 | 1437.36 | 1392.44 | 1332.55 | 1272.66 |
| Pag final (SSS) | kg | 1482.28 | 1365.49 | 1253.20 | 1132.67 | 1018.13 |
| Paf (SSS) | kg | 0.00 | 71.87 | 139.24 | 199.88 | 254.53 |
| % Absorción | % | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| Paf | kg | 0.00 | 71.21 | 137.97 | 198.06 | 252.21 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½"

Paso 4: Determinar los volúmenes absolutos

Tabla 37*Volúmenes absolutos diseños con A. grueso de ½"*

| VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | |
|---------------------|--------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Material | | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pesos SSSS | Cemento | 260.70 | 246.84 | 232.97 | 219.10 | 205.23 |
| | Agua | 101.67 | 96.27 | 90.86 | 85.45 | 80.04 |
| | A. Grueso | 1482.28 | 1365.49 | 1253.20 | 1132.67 | 1018.13 |
| | A. Fino | 0.00 | 71.87 | 139.24 | 199.88 | 254.53 |
| Pe SSSS | Cemento | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 |
| | Agua | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| | A. Grueso | 2680.00 | 2680.00 | 2680.00 | 2680.00 | 2680.00 |
| | A. Fino | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 |
| Vol. (m3) | Cemento | 0.086 | 0.082 | 0.077 | 0.073 | 0.068 |
| | Agua | 0.102 | 0.096 | 0.091 | 0.085 | 0.080 |
| | A. Grueso | 0.553 | 0.510 | 0.468 | 0.423 | 0.380 |
| | A. Fino | 0.000 | 0.027 | 0.052 | 0.074 | 0.095 |
| | Total | 0.741 | 0.715 | 0.688 | 0.655 | 0.623 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½"

Paso 5: Corregir por humedad y absorción

- Agregado grueso seco final

Reemplazando:

$$Pag\ final = 1382.21\ kg - 137.97\ kg$$

$$Pag\ final = 1244.24\ kg$$

Tabla 38

Pesos de agregado grueso final ½"

| PESO AGREGADO GRUESO FINAL | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag | kg | 1471.39 | 1426.80 | 1382.21 | 1322.76 | 1263.31 |
| Paf | kg | 0.00 | 71.21 | 137.97 | 198.06 | 252.21 |
| Pag final | kg | 1471.39 | 1355.59 | 1244.24 | 1124.70 | 1011.10 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

- Balance de agua en agregado grueso:

Reemplazando:

$$Adicion\ de\ agua = \left(\frac{0.74 - 0.25}{100} \right) * 1244.24\ kg$$

$$Adicion\ de\ agua = 6.10\ kg$$

Tabla 39*Adición de agua agregado grueso de ½"*

| ADICION DE AGUA AGREGADO GRUESO | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag final | kg | 1471.39 | 1355.59 | 1244.24 | 1124.70 | 1011.10 |
| % Absorción | % | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 |
| % Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Adición de agua | kg | 7.21 | 6.64 | 6.10 | 5.51 | 4.95 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

- Balance de agua en agregado fino:

Reemplazando:

$$\text{Adición de agua} = \left(\frac{0.92 - 0.81}{100} \right) * 137.97 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.15 \text{ kg}$$

Tabla 40*Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso ½"*

| ADICION DE AGUA AGREGADO FINO | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Paf | kg | 0.00 | 71.21 | 137.97 | 198.06 | 252.21 |
| % Absorción | % | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| % Humedad | % | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| Adición de agua | kg | 0.00 | 0.08 | 0.15 | 0.22 | 0.28 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ½".

- Agua efectiva

Reemplazando:

$$A. efectiva = 90.86 \text{ kg} + 6.10 \text{ kg} + 0.15 \text{ kg}$$

$$A. efectiva = 97.11 \text{ kg}$$

Tabla 41

Agua efectiva para diseños con A. grueso ½"

| | | AGUA EFECTIVA | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Agua de diseño | kg | 101.67 | 96.27 | 90.86 | 85.45 | 80.04 |
| Adición de agua | kg | 7.21 | 6.64 | 6.10 | 5.51 | 4.95 |
| Adición de agua | kg | 0.00 | 0.08 | 0.15 | 0.22 | 0.28 |
| Agua efectiva | kg | 108.88 | 102.99 | 97.11 | 91.18 | 85.27 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

- Corrección por humedad
 - ❖ Agregado grueso

Reemplazando:

$$Pag \text{ corregido} = 1244.24 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.25}{100}\right)$$

$$Pag \text{ corregido} = 1247.34 \text{ kg}$$

Tabla 42*Peso agregado grueso corregido de ½”*

| PESO AGREGADO GRUESO CORREGIDO | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag final | Kg | 1471.39 | 1355.59 | 1244.24 | 1124.70 | 1011.10 |
| %Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Pag corregido | Kg | 1475.07 | 1358.98 | 1247.35 | 1127.51 | 1013.63 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ½”.

❖ Agregado fino

Reemplazando:

$$Paf \text{ corregido} = 137.97 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.81}{100}\right)$$

$$Paf \text{ corregido} = 139.09 \text{ kg}$$

Tabla 43*Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso ½”*

| PESO AGREGADO FINO CORREGIDO | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Paf | Kg | 0.00 | 71.21 | 137.97 | 198.06 | 252.21 |
| %Humedad | % | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| Paf corregido | Kg | 0.00 | 71.79 | 139.09 | 199.66 | 254.25 |

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½”.

Paso 6: Valores del diseño de mezcla

Tabla 44

Diseño de mezcla N°6: A. grueso ½"; %A. fino 0%

| DISEÑO DE MEZCLA N°6 | | |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 260.70 | 1.00 |
| Agua efectiva | 108.88 | 17.76 |
| Agregado grueso | 1475.07 | 5.66 |
| Agregado fino | 0.00 | 0.00 |
| Peso total | 1844.65 | |

Tabla 45

Diseño de mezcla N°7: A. grueso ½"; %A. fino 5%

| DISEÑO DE MEZCLA N°7 | | |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 246.84 | 1.00 |
| Agua efectiva | 102.99 | 17.73 |
| Agregado grueso | 1358.98 | 5.51 |
| Agregado fino | 71.79 | 0.29 |
| Peso total | 1780.60 | |

Tabla 46

Diseño de mezcla N°8: A. grueso ½"; %A. fino 10%

| DISEÑO DE MEZCLA N°8 | | |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 232.97 | 1.00 |
| Agua efectiva | 97.11 | 17.72 |
| Agregado grueso | 1247.35 | 5.35 |
| Agregado fino | 139.09 | 0.60 |
| Peso total | 1716.52 | |

Tabla 47*Diseño de mezcla N°9: A. grueso ½"; %A. fino 15%*

| DISEÑO DE MEZCLA N°9 | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 219.10 | 1.00 |
| Agua efectiva | 91.18 | 17.67 |
| Agregado grueso | 1127.51 | 5.15 |
| Agregado fino | 199.66 | 0.91 |
| Peso total | 1637.45 | |

Tabla 48*Diseño de mezcla N°10: A. grueso ½"; %A. fino 20%*

| DISEÑO DE MEZCLA N°10 | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 205.23 | 1.00 |
| Agua efectiva | 85.27 | 17.65 |
| Agregado grueso | 1013.63 | 4.94 |
| Agregado fino | 254.25 | 1.24 |
| Peso total | 1558.38 | |

3.6.2.10. Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de ¾"

Se realiza el diseño a detalle para la mezcla N°13; agregado grueso de ¾" y porcentaje de fino de 10%. Los cálculos para los siguientes diseños con agregado grueso de ¾" se resume en tablas.

Paso 1: Determinar el contenido de cemento y agua.

Reemplazando:

$$0.155 = \frac{c}{3020.00} + \frac{0.39c}{1000.00}$$

$$c = 214.94 \text{ kg}$$

$$a = 83.83 \text{ L}$$

- En la siguiente tabla se resume los valores de contenido de cemento para los diseños con agregado de $3/8''$; para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 49

Contenido de cemento y agua A. Grueso 3/8''

| CONTENIDO DE CEMENTO Y AGUA | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Código | Und. | % Porcentaje Agregado Fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pec | Kg/m ³ | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 |
| Pea | Kg/m ³ | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| a/c | - | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.39 |
| Vp | - | 0.175 | 0.165 | 0.155 | 0.145 | 0.135 |
| c | Kg/m ³ | 242.68 | 228.81 | 214.94 | 201.07 | 187.21 |
| a | L | 94.65 | 89.24 | 83.83 | 78.42 | 73.01 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de $3/8''$ y distintos porcentajes de agregado fino.

Paso 2: Determinar el peso del agregado grueso

- Peso unitario seco compactado

Reemplazando:

$$PUSC = \frac{1447.40 \text{ kg/m}^3}{1 + \frac{0.26}{100}}$$

$$PUSC = 1443.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag)

Reemplazando:

$$Pag = 0.93 * 1443.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \text{m}^3$$

$$Pag = 1342.59 \text{ kg}$$

- Corrección por absorción

Reemplazando:

$$Pag (SSS) = 1342.59 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.94}{100}\right)$$

$$Pag (SSS) = 1355.21 \text{ kg}$$

- Corrección por presencia de agregado fino

Reemplazando:

$$Pag \text{ final } (SSS) = 1355.21 \text{ kg} * \left(1 - \frac{10}{100}\right)$$

$$Pag \text{ final } (SSS) = 1219.69 \text{ kg}$$

- En la siguiente tabla se muestra los pesos de agregado grueso de ½" para los diseños de mezcla: 6,7,8,9 y 10. Para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 50*Pesos del agregado grueso de 3/8"; para distintos porcentajes de fino.*

| PESO DEL AGREGADO GRUESO FINAL SSS | | | | | | |
|---|-------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| PUC | kg/m ³ | 1447.40 | 1447.40 | 1447.40 | 1447.40 | 1447.40 |
| % Humedad | % | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 |
| PUSC | kg/m ³ | 1443.65 | 1443.65 | 1443.65 | 1443.65 | 1443.65 |
| b/bo | - | 0.99 | 0.96 | 0.93 | 0.89 | 0.85 |
| Pag | kg | 1429.21 | 1385.90 | 1342.59 | 1284.85 | 1227.10 |
| % Absorción | % | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 |
| Pag (SSS) | kg | 1442.64 | 1398.93 | 1355.21 | 1296.93 | 1238.63 |
| Pag final (SSS) | kg | 1442.64 | 1328.98 | 1219.69 | 1102.39 | 990.90 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8" y distintos porcentajes de agregado fino

Paso 3: Determinar el peso de agregado fino

- Peso del agregado fino en esta S.S.S.:

Reemplazando:

$$Paf (SSS) = 1355.21 \text{ kg} - 1219.69 \text{ kg}$$

$$Paf (SSS) = 133.52 \text{ kg}$$

- Peso del agregado fino seco:

Reemplazando:

$$Paf = \frac{133.52 \text{ kg}}{1 + \frac{0.92}{100}}$$

$$Paf = 134.28 \text{ kg}$$

Tabla 51*Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de 3/8"*

| PESO DEL AGREGADO FINO | | | | | | |
|------------------------|-----------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag (SSS) | kg | 1442.64 | 1398.93 | 1355.21 | 1296.93 | 1238.63 |
| Pag final (SSS) | kg | 1442.64 | 1328.98 | 1219.69 | 1102.39 | 990.90 |
| Paf (SSS) | kg | 0.00 | 69.95 | 135.52 | 194.54 | 247.73 |
| % Absorción | % | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| Paf | kg | 0.00 | 69.31 | 134.28 | 192.77 | 245.47 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

Paso 4: Determinar los volúmenes absolutos

Tabla 52*Volúmenes absolutos para diseños con A. grueso de 3/8"*

| VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | |
|---------------------|--------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Material | | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pesos SSSS | Cemento | 242.68 | 228.81 | 214.94 | 201.07 | 187.21 |
| | Agua | 94.65 | 89.24 | 83.83 | 78.42 | 73.01 |
| | A. Grueso | 1442.64 | 1328.98 | 1219.69 | 1102.39 | 990.90 |
| | A. Fino | 0.00 | 69.95 | 135.52 | 194.54 | 247.73 |
| Pe SSSS | Cemento | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 | 3020.00 |
| | Agua | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 | 1000.00 |
| | A. Grueso | 2760.00 | 2760.00 | 2760.00 | 2760.00 | 2760.00 |
| | A. Fino | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 | 2690.00 |
| Vol. (m3) | Cemento | 0.080 | 0.076 | 0.071 | 0.067 | 0.062 |
| | Agua | 0.095 | 0.089 | 0.084 | 0.078 | 0.073 |
| | A. Grueso | 0.523 | 0.482 | 0.442 | 0.399 | 0.359 |
| | A. Fino | 0.000 | 0.026 | 0.050 | 0.072 | 0.092 |
| | Total | 0.698 | 0.673 | 0.647 | 0.616 | 0.586 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

Paso 5: Corregir por humedad y absorción

- Agregado grueso seco final

Reemplazando:

$$Pag\ final = 1342.59\ kg - 134.28\ kg$$

$$Pag\ final = 1208.31\ kg$$

Tabla 53

Pesos de agregado grueso final 3/8"

| PESO AGREGADO GRUESO FINAL | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag | kg | 1429.21 | 1385.90 | 1342.59 | 1284.85 | 1227.10 |
| Paf | kg | 0.00 | 69.31 | 134.28 | 192.77 | 245.47 |
| Pag final | kg | 1429.21 | 1316.59 | 1208.31 | 1092.08 | 981.63 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Balance de agua en agregado grueso:

Reemplazando:

$$Adicion\ de\ agua = \left(\frac{0.94 - 0.26}{100} \right) * 1208.31\ kg$$

$$Adicion\ de\ agua = 8.22\ kg$$

Tabla 54*Adición de agua agregado grueso de 3/8"*

| ADICION DE AGUA AGREGADO GRUESO | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag final | kg | 1429.21 | 1316.59 | 1208.31 | 1092.08 | 981.63 |
| % Absorción | % | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 |
| % Humedad | % | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 |
| Adición de agua | kg | 9.72 | 8.95 | 8.22 | 7.43 | 6.68 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Balance de agua en agregado fino:

Reemplazando:

$$Adicion\ de\ agua = \left(\frac{0.92 - 0.81}{100} \right) * 134.28\ kg$$

$$Adicion\ de\ agua = 0.15\ kg$$

Tabla 55*Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso 3/8"*

| ADICION DE AGUA AGREGADO FINO | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Paf | kg | 0.00 | 69.31 | 134.28 | 192.77 | 245.47 |
| % Absorción | % | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| % Humedad | % | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| Adición de agua | kg | 0.00 | 0.08 | 0.15 | 0.21 | 0.27 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Agua efectiva

Reemplazando:

$$A.\ efectiva = 83.83\ kg + 8.22\ kg + 0.15\ kg$$

$$A. efectiva = 92.20 \text{ kg}$$

Tabla 56

Agua efectiva para diseños con A. grueso 3/8"

| AGUA EFECTIVA | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Agua de diseño | kg | 94.65 | 89.24 | 83.83 | 78.42 | 73.01 |
| Adición de agua | kg | 9.72 | 8.95 | 8.22 | 7.43 | 6.68 |
| Adición de agua | kg | 0.00 | 0.08 | 0.15 | 0.21 | 0.27 |
| Agua efectiva | kg | 104.37 | 98.27 | 92.20 | 86.06 | 79.96 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Corrección por humedad
 - ❖ Agregado grueso

Reemplazando:

$$Pag \text{ corregido} = 1208.31 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.26}{100}\right)$$

$$Pag \text{ corregido} = 1211.45 \text{ kg}$$

Tabla 57

Peso agregado grueso corregido de 3/8"

| PESO AGREGADO GRUESO CORREGIDO | | | | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Pag final | Kg | 1429.21 | 1316.59 | 1208.31 | 1092.08 | 981.63 |
| %Humedad | % | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 |
| Pag corregido | Kg | 1432.93 | 1320.01 | 1211.45 | 1094.92 | 984.18 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8" y distintos porcentajes de agregado fino.

❖ Agregado fino

Reemplazando:

$$Paf \text{ corregido} = 134.28 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.81}{100}\right)$$

$$Paf \text{ corregido} = 135.37 \text{ kg}$$

Tabla 58

Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso 3/8"

| PESO AGREGADO FINO CORREGIDO | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Descripción | Und. | Porcentaje de Agregado fino | | | | |
| | | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% |
| Paf | Kg | 0.00 | 69.31 | 134.28 | 192.77 | 245.47 |
| %Humedad | % | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| Paf corregido | Kg | 0.00 | 69.87 | 135.37 | 194.33 | 247.46 |

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

Paso 6: Valores del diseño de mezcla

Tabla 59

Diseño de mezcla N°11: A. grueso 3/8"; %A. fino 0%

| DISEÑO DE MEZCLA N°11 | | |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 242.68 | 1.00 |
| Agua efectiva | 104.37 | 18.28 |
| Agregado grueso | 1432.93 | 5.90 |
| Agregado fino | 0.00 | 0.00 |
| Peso total | 1779.98 | |

Tabla 60*Diseño de mezcla N°12: A. grueso 3/8"; %A. fino 5%*

| DISEÑO DE MEZCLA N°12 | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 228.81 | 1.00 |
| Agua efectiva | 98.27 | 18.27 |
| Agregado grueso | 1320.01 | 5.77 |
| Agregado fino | 69.87 | 0.31 |
| Peso total | 1716.96 | |

Tabla 61*Diseño de mezcla N°13: A. grueso 3/8"; %A. fino 10%*

| DISEÑO DE MEZCLA N°13 | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 214.94 | 1.00 |
| Agua efectiva | 92.20 | 18.22 |
| Agregado grueso | 1211.45 | 5.64 |
| Agregado fino | 135.37 | 0.63 |
| Peso total | 1653.96 | |

Tabla 62*Diseño de mezcla N°14: A. grueso 3/8"; %A. fino 15%*

| DISEÑO DE MEZCLA N°14 | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 201.07 | 1.00 |
| Agua efectiva | 86.06 | 18.19 |
| Agregado grueso | 1094.92 | 5.45 |
| Agregado fino | 194.33 | 0.97 |
| Peso total | 1576.38 | |

Tabla 63

Diseño de mezcla N°15: A. grueso 3/8"; %A. fino 20%

| DISEÑO DE MEZCLA N°15 | | |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| Material | Pesos por m3 (kg) | Proporción en volumen |
| Cemento | 187.21 | 1.00 |
| Agua efectiva | 79.96 | 18.17 |
| Agregado grueso | 984.18 | 5.26 |
| Agregado fino | 247.46 | 1.32 |
| Peso total | 1498.81 | |

3.6.3. Ensayos del concreto en estado endurecido

3.6.3.1. Elaboración de testigos de concreto

3.6.3.1.1. Equipos y herramientas

- Moldes cilíndricos de PVC de 20cm de altura y 10cm de diámetro.
- Moldes rectangulares de madera de ancho: 15cm, altura: 15cm y largo: 52cm.
- Varilla compactadora:
 - ❖ Vigas: Varilla de acero liso de 600 mm de longitud y diámetro de 5/8" con extremo hemisférico.
 - ❖ Probetas: Varilla de acero liso de 300mm de longitud y diámetro de 3/8" con extremo hemisférico.
- Martillo de goma.

3.6.3.1.2. Procedimiento

- Se realizó la mezcla de concreto permeable para cada mezcla de estudio con ayuda de trompo eléctrico.
- Se roció con aceite los moldes.
- Se relleno los moldes cilíndricos con concreto en dos capas de 10cm compactando cada capa uniformemente sobre su área transversal con un total de 25 golpes con la varilla de 3/8" de diámetro. Para los moldes rectangulares (Vigas) se relleno con concreto en 2 capas realizando el

compactado con un total de 75 golpes distribuidos uniformemente sobre su área transversal, usando la varilla compactadora de 5/8" de diámetro.

- Luego de compactar cada capa se golpeó ligeramente los lados del molde con el martillo de goma.
- Luego de compactar la última capa se enraso al borde del molde para eliminar cualquier excedente.
- Se cubrió los moldes con una lámina de plástico para evitar la evaporación de agua del concreto.
- Se extrajo las muestras de los moldes después de 24 horas.
- Finalmente se introdujo las muestras en la piscina para su curado final, hasta el día del ensayo respectivo.

3.6.3.2. Resistencia a la compresión

Para la realización del ensayo se usó como guía la norma ASTM C39

3.6.3.2.1. Equipos y herramientas

- Máquina de ensayo
- Vernier

3.6.3.2.2. Procedimiento

- Se retiró las probetas de la poza de curado a los 28 días.
- Se tomó el diámetro con dos mediciones ortogonales en la parte central de la probeta, usando el vernier.
- Se tomó la medida de la altura de la muestra.
- Se colocó las capas de neopreno en ambas caras de la muestra.
- Se coloca la probeta en la máquina de ensayo, centrándola con respecto al bloque superior y limpiando las superficies previamente.
- Se procedió a realizar el ensayo con apoyo del encargado de laboratorio aplicando una carga uniforme y continua sobre el espécimen de concreto hasta que se produzca la rotura.
- Se observa el tipo de patrón de la falla.
- Se registra la carga máxima soportada hasta la falla de la probeta.

- Se realizó el registro de datos para su posterior cálculo en el formato mostrado en la Tabla 64.

Tabla 64

Formato de ensayo de compresión

| RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------|------------|----------|----------|
| Gradación: | 3/8" | % A. Fino: | 15% | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | | | |
| B | Diámetro 2 | mm | | | |
| C | Diámetro promedio ((A+B) /2) | mm | | | |
| D | Altura | mm | | | |
| E | Carga de aplicación | kg | | | |
| F | Área de contacto | cm ² | | | |
| G | Resistencia (E/F) | kg/cm ² | | | |
| H | Resistencia Promedio | kg/cm² | | | |

3.6.3.3. Resistencia a la Flexión

Para la realización del ensayo se usó como guía la norma ASTM C78

3.6.3.3.1. Equipos y herramientas

- Máquina de ensayo
- Wincha
- Marcador

3.6.3.3.2. Procedimiento

- Se retiró las vigas de la poza de curado a los 28 días.
- Se tomaron las medidas de las vigas y se giró la viga a un lado con respecto a su posición de moldeo.
- Se realizaron marcas en la superficie de la viga a 3.5cm de cada extremo de la viga, quedando una luz de 45 cm donde se ubicó el tercio central midiendo 15cm hacia el centro respecto a cada marca de los extremos.

- Se colocó la viga en la máquina de ensayo alineando las marcas de los extremos con los apoyos y las marcas del tercio central alineadas a los bloques de aplicación de carga.
- Se procedió a realizar el ensayo con ayuda del operador aplicando una carga uniforme y continua sobre el espécimen de concreto hasta que se produzca la rotura.
- Se registró la carga máxima a la cual ocurre la rotura, y se localiza la línea de rotura en la sección de falla, la localización de la falla influye en los cálculos.

3.6.3.4. Permeabilidad

Para la realización del ensayo se usó como guía la ACI 522R-10.

3.6.3.4.1. Equipos y herramientas

- Permeámetro
- Nivel
- Wincha
- Marcador
- Amoladora
- Disco de concreto para amoladora
- Agua
- Plástico para embalaje

3.6.3.4.2. Procedimiento

- Las muestras fueron cortadas hasta lograr una longitud de 15 cm, con ayuda de la amoladora.
- Se construyó un permeámetro hecho de cabeza descendente simple (Neithalath et al. 2008). Este consta de un tubo acrílico transparente de 30 cm de largo con un diámetro interior de 10 cm, tubo Y de pvc de 4 pulgadas con salida de 2 pulgadas, una tapa de pvc de 4 pulgadas, tubo de 2 pulgadas con 35 cm de largo, codo de 2 pulgadas y una unión de 2 pulgadas, se ensamblan las partes con ayuda de pegamento y teflón.

- Una vez armado el equipo, se embolsó la probeta con plástico para evitar fugas de agua por las laterales de la muestra, dejando ambas caras descubiertas.
- Se colocó la muestra en el equipo.
- Se acondicionó el acrílico alrededor de la muestra.
- Se selló las uniones con ayuda de abrazaderas metálicas.
- Se verificó que el equipo quede correctamente nivelado.
- Se agregó agua sobre la muestra hasta que el otro extremo del equipo comience a dejar salir agua.
- Se tapó el extremo de salida del agua.
- Se agregó agua en el interior del acrílico hasta una altura de 30cm.
- Se destapó el extremo para dejar salir el agua y controlar el tiempo en que esta deja de salir.
- Se repitió la prueba 3 veces por muestra.
- Se registro los datos obtenidos en el siguiente formato mostrado en la Tabla 65.

Tabla 65

Formato de ensayo de permeabilidad

| ENSAYO DE PERMEABILIDAD | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----|----|-----------------|-----------------|----|----|---|------|--------|---------|
| Ítem | L | D | Ap | At | h1 | h2 | t | k | k prom | k medio |
| | cm | cm | cm ² | cm ² | cm | cm | s | cm/s | cm/s | cm/s |
| P1 | | | | | | | | | | |
| P2 | | | | | | | | | | |
| P3 | | | | | | | | | | |

Nota. Se toma tres tiempos para cada probeta.

IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis y presentación de resultados

4.1.1. Caracterización del agregado grueso

En la Tabla 66 se muestra el resumen de los ensayos realizado para las distintas gradaciones del agregado grueso obtenido de la cantera LEKERSA.

Tabla 66

Propiedades físicas del agregado grueso

| Ensayo | Und. | AGREGADO GRUESO | | |
|------------------------|-------------------|-----------------|---------|---------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" |
| Peso Específico | g/cm ³ | 2.69 | 2.66 | 2.76 |
| Peso Específico SSS | g/cm ³ | 2.70 | 2.68 | 2.76 |
| Peso Unitario Suelto | g/cm ³ | 1377.76 | 1330.68 | 1285.98 |
| Peso Unitario Compacto | g/cm ³ | 1479.22 | 1489.97 | 1447.40 |
| Contenido de Humedad | % | 0.25 | 0.25 | 0.26 |
| Absorción | % | 0.60 | 0.74 | 0.94 |

4.1.2. Caracterización del agregado fino

En la Tabla 67 se resume las propiedades físicas del agregado fino.

Tabla 67

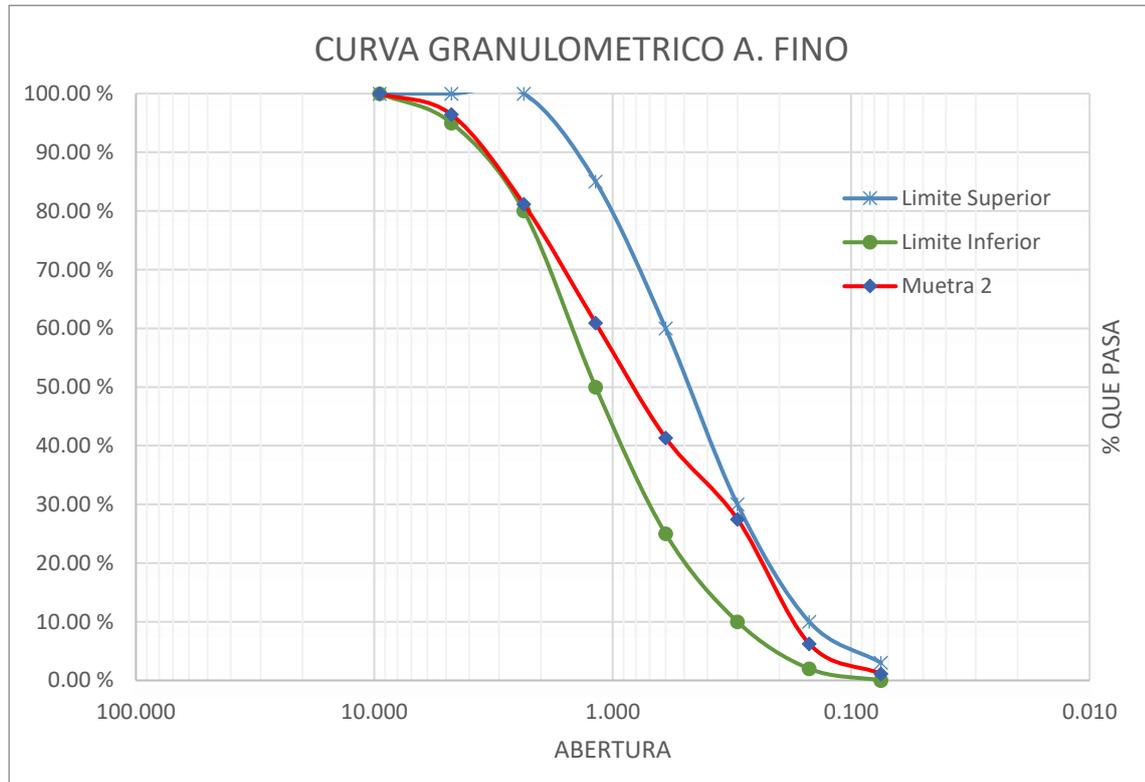
Resumen propiedades físicas del agregado fino

| Ensayo | Und. | AGREGADO FINO |
|------------------------|-------------------|---------------|
| Módulo de finura | - | 2.80 |
| Peso Específico | g/cm ³ | 2.63 |
| Peso Específico SSS | g/cm ³ | 2.69 |
| Peso Unitario Suelto | g/cm ³ | 1732.91 |
| Peso Unitario Compacto | g/cm ³ | 1856.61 |
| Contenido de Humedad | % | 0.81 |
| Absorción | % | 0.92 |

En la Figura 6 se muestra la curva granulométrica del agregado fino, así mismo se muestra el límite superior e inferior para el agregado fino.

Figura 6

Curva granulométrica del agregado fino.



Nota. Curva granulométrica para la muestra N°2; módulo de finura: 2.86.

Se realizó el análisis granulométrico para tres muestras de agregado fino, los análisis granulométricos para cada muestra se presentan en el anexo C; en la Tabla 68 se muestra el módulo de finura promedio.

Tabla 68

Módulo de finura

| MODULO DE FINURA | |
|------------------|-------------|
| Muestra | Valor |
| Muestra 1 | 2.74 |
| Muestra 2 | 2.86 |
| Muestra 3 | 2.81 |
| Promedio | 2.80 |

4.1.3. Diseños de mezcla del concreto permeable

4.1.3.1. Diseño de mezcla agregado grueso de ¾"

En la Tabla 69 se muestra el resumen de pesos por m³ para los diseños de mezcla con agregado grueso de ¾" y en la Tabla 70 se muestra la proporción en volumen.

Tabla 69

Pesos por m³ para diseños con A. grueso de ¾".

| PESOS POR M ³ | | | | | | |
|--------------------------|------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Material | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0.00% | 5.00% | 10.00% | 15.00% | 20.00% |
| Cemento | kg | 277.34 | 263.48 | 249.61 | 235.74 | 221.88 |
| Agua efectiva | kg | 113.27 | 107.55 | 101.82 | 96.07 | 90.32 |
| Agregado grueso | kg | 1464.42 | 1349.27 | 1238.54 | 1119.66 | 1006.66 |
| Agregado fino | kg | 0.00 | 71.17 | 137.90 | 197.94 | 252.08 |

Nota. Diseño de mezclas del 1 al 5 con agregado grueso ¾" y distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 70

Proporción en volumen para diseños agregado grueso ¾".

| PROPORCION EN VOLUMEN | | | | | | |
|-----------------------|------|-----------------------------|-------|--------|--------|--------|
| Material | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0.00% | 5.00% | 10.00% | 15.00% | 20.00% |
| Cemento | kg | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Agua efectiva | kg | 17.35 | 17.35 | 17.35 | 17.31 | 17.30 |
| Agregado grueso | kg | 5.28 | 5.12 | 4.96 | 4.75 | 4.54 |
| Agregado fino | kg | 0.00 | 0.27 | 0.55 | 0.84 | 1.14 |

Nota. Diseño de mezclas del 1 al 5 con agregado grueso ¾" y distintos porcentajes de agregado fino.

4.1.3.2. Diseño de mezcla agregado grueso de ½”

En la Tabla 71 se muestra el resumen de pesos por m³ para los diseños de mezcla con agregado grueso de ½” y en la Tabla 72 se muestra la proporción en volumen.

Tabla 71

Pesos por m³ para diseños con A. grueso de ½”.

| PESOS POR M ³ | | | | | | |
|--------------------------|------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Material | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0.00% | 5.00% | 10.00% | 15.00% | 20.00% |
| Cemento | kg | 277.34 | 263.48 | 249.61 | 235.74 | 221.88 |
| Agua efectiva | kg | 113.27 | 107.55 | 101.82 | 96.07 | 90.32 |
| Agregado grueso | kg | 1464.42 | 1349.27 | 1238.54 | 1119.66 | 1006.66 |
| Agregado fino | kg | 0.00 | 71.17 | 137.90 | 197.94 | 252.08 |

Nota. Diseño de mezclas del 6 al 10 con agregado grueso ½” y distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 72

Proporción en volumen para diseños agregado grueso ½”.

| PROPORCION EN VOLUMEN | | | | | | |
|-----------------------|------|-----------------------------|-------|--------|--------|--------|
| Material | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0.00% | 5.00% | 10.00% | 15.00% | 20.00% |
| Cemento | kg | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Agua efectiva | kg | 17.76 | 17.73 | 17.72 | 17.67 | 17.65 |
| Agregado grueso | kg | 5.66 | 5.51 | 5.35 | 5.15 | 4.94 |
| Agregado fino | kg | 0.00 | 0.29 | 0.60 | 0.91 | 1.24 |

Nota. Diseño de mezclas del 6 al 10 con agregado grueso ½” y distintos porcentajes de agregado fino.

4.1.3.3. Diseño de mezcla agregado grueso de 3/8”

En la Tabla 73 se muestra el resumen de pesos por m³ para los diseños de mezcla con agregado grueso de 3/8” y en la Tabla 74 se muestra la proporción en volumen.

Tabla 73

Pesos por m³ para diseños con A. grueso de 3/8".

| PESOS POR M3 | | | | | | |
|-----------------|------|-----------------------------|---------|---------|---------|--------|
| Material | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0.00% | 5.00% | 10.00% | 15.00% | 20.00% |
| Cemento | kg | 242.68 | 228.81 | 214.94 | 201.07 | 187.21 |
| Agua efectiva | kg | 104.37 | 98.27 | 92.20 | 86.06 | 79.96 |
| Agregado grueso | kg | 1432.93 | 1320.01 | 1211.45 | 1094.92 | 984.18 |
| Agregado fino | kg | 0.00 | 69.87 | 135.37 | 194.33 | 247.46 |

Nota. Diseño de mezclas del 11 al 15 con agregado grueso ½" y distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 74

Proporción en volumen para diseños agregado grueso 3/8".

| PROPORCION EN VOLUMEN | | | | | | |
|-----------------------|------|-----------------------------|-------|--------|--------|--------|
| Material | Und. | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | | 0.00% | 5.00% | 10.00% | 15.00% | 20.00% |
| Cemento | kg | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Agua efectiva | kg | 18.28 | 18.27 | 18.22 | 18.19 | 18.17 |
| Agregado grueso | kg | 5.90 | 5.77 | 5.64 | 5.45 | 5.26 |
| Agregado fino | kg | 0.00 | 0.31 | 0.63 | 0.97 | 1.32 |

Nota. Diseño de mezclas del 11 al 15 con agregado grueso 3/8" y distintos porcentajes de agregado fino.

4.1.4. Resistencia a la compresión del concreto permeable

En la Tabla 75 se muestra el ensayo de resistencia a la compresión los 28 días de curado para el diseño de Mezcla 3: agregado grueso de ¾" y porcentaje de agregado fino 10%, los ensayos correspondientes a los demás diseños de mezcla se encuentran en el capítulo de anexos.

Tabla 75*Resistencia a la compresión a los 28 días Diseño de Mezcla 3*

| RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------|---------|---------------|---------|
| Gradación: | 3/4" | % A. Fino: | 10% | | |
| ID | Descripción | Und. | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| B | Diámetro 2 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| C | Diámetro promedio ((A+B) /2) | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| D | Altura | mm | 200.00 | 200.00 | 200.00 |
| E | Carga de aplicación | kg | 9712.00 | 9358.00 | 9500.00 |
| F | Área de contacto | cm ² | 78.54 | 78.54 | 78.54 |
| G | Resistencia (E/F) | kg/cm ² | 123.66 | 119.15 | 120.96 |
| H | Resistencia Promedio | kg/cm² | | 121.26 | |

Tabla 76*Resistencia a la compresión gradación 3/4"*

| RESISTENCIA A LA COMPRESION 3/4" | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M1 0% A.F. | M2 5% A.F. | M3 10% A.F. | M4 15% A.F. | M5 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 85.10 | 98.64 | 123.66 | 144.08 | 176.27 |
| 2 | kg/cm ² | 83.66 | 92.46 | 119.15 | 141.93 | 175.18 |
| 3 | kg/cm ² | 86.90 | 94.67 | 120.96 | 137.40 | 174.89 |
| Prom. | kg/cm ² | 85.22 | 95.26 | 121.26 | 141.14 | 175.45 |

Figura 7

Grafica resistencia a la compresión promedio gradación 3/4"

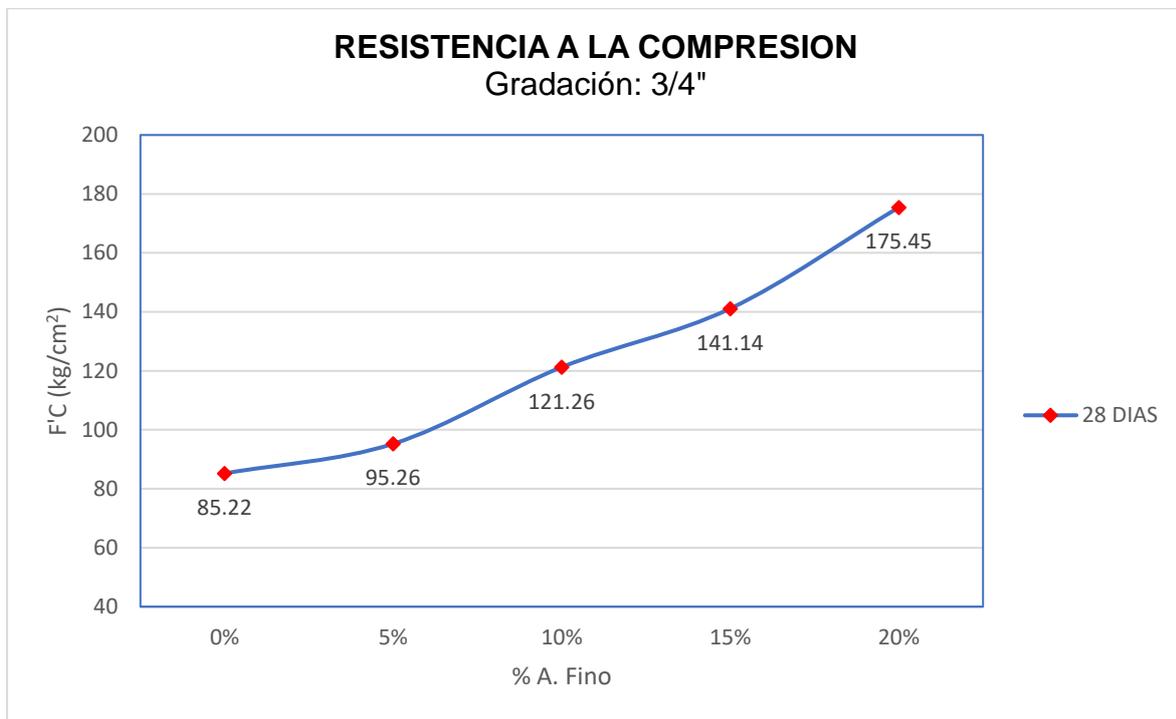


Tabla 77

Resistencia a la compresión gradación 1/2"

| RESISTENCIA A LA COMPRESION 1/2" | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|------------------|---------|----------|----------|----------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 92.84 | 109.69 | 144.17 | 186.94 | 211.15 |
| 2 | kg/cm ² | 92.06 | 107.08 | 142.40 | 180.37 | 206.50 |
| 3 | kg/cm ² | 87.41 | 112.52 | 140.74 | 186.44 | 213.85 |
| Prom. | kg/cm ² | 90.77 | 109.76 | 142.44 | 184.58 | 210.50 |

Figura 8

Grafica resistencia a la compresión promedio 1/2"

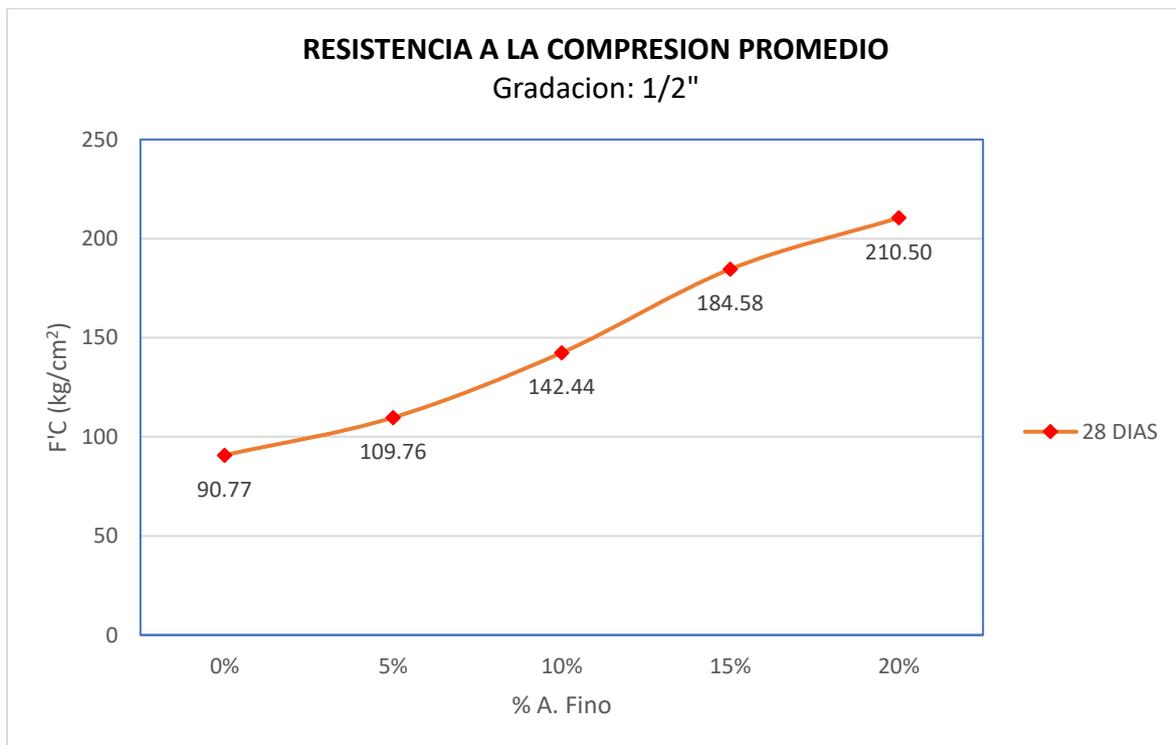


Tabla 78

Resistencia a la compresión gradación 3/8"

| RESISTENCIA A LA COMPRESION 3/8" | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M11 | M12 | M13 | M14 | M15 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 82.16 | 88.85 | 108.05 | 124.59 | 132.31 |
| 2 | kg/cm ² | 80.61 | 91.95 | 110.77 | 116.72 | 132.56 |
| 3 | kg/cm ² | 77.58 | 95.00 | 108.23 | 119.93 | 129.49 |
| Prom. | kg/cm ² | 80.12 | 91.93 | 109.02 | 120.41 | 131.45 |

Figura 9

Grafica resistencia a la compresión promedio 3/8"

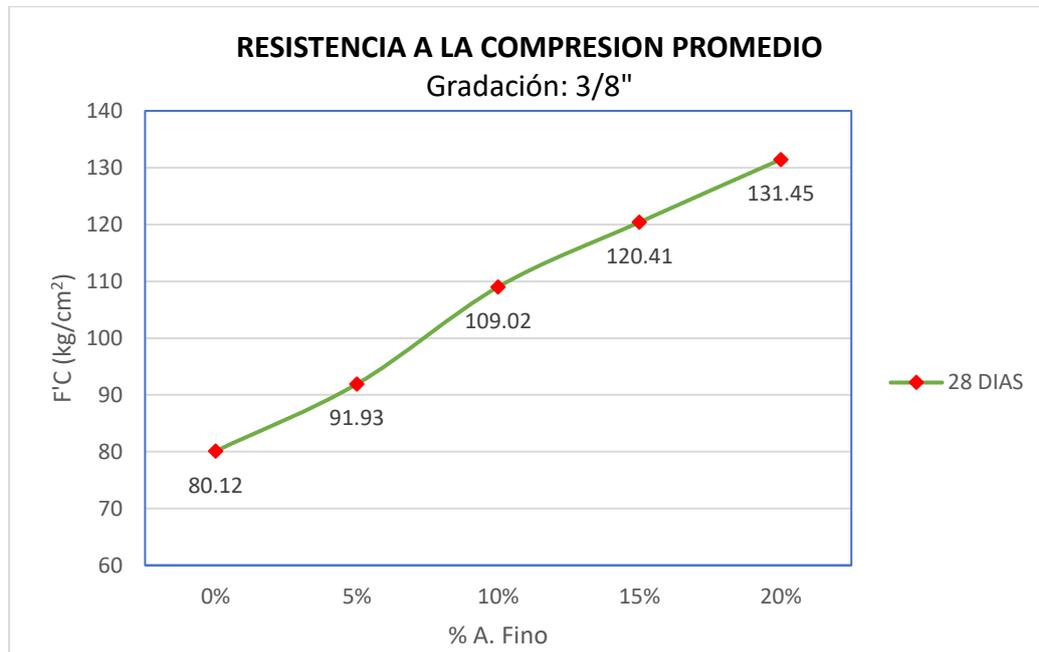


Figura 10

Grafica comparativa de resistencia a la compresión promedio



4.1.5. Resistencia a la flexión del concreto permeable

En la Tabla 79 se muestra el ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días de curado para el diseño de Mezcla 3: agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y porcentaje de agregado fino 10%, los ensayos correspondientes a los demás diseños de mezcla se encuentran en el capítulo de anexos.

Tabla 79

Resistencia a la flexión a los 28 días Diseño de Mezcla 3

| RESISTENCIA A LA FLEXION A LOS 28 DIAS | | | | | |
|--|--|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Gradación: | 3/4" | % A. Fino: | 10% | | |
| ID | Descripción | Und. | 1 | 2 | 3 |
| b | Ancho | cm | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| h | Altura | cm | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| - | Longitud | cm | 52.00 | 52.00 | 52.00 |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 |
| P | Carga de aplicación | kg | 2378.96 | 2331.03 | 2296.36 |
| - | Tipo de falla | - | Medio | Medio | Medio |
| MR | Resistencia (P*L)/(b*h²) | kg/cm² | 31.72 | 31.08 | 30.62 |
| MR | Resistencia Promedio | kg/cm² | | 31.14 | |

Nota. Se ensayo especímenes de concreto rectangulares de 15x15x60 cm.

Tabla 80

Resistencia a la gradación Flexión gradación 3/4

| RESISTENCIA A LA FLEXION 3/4" | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm² | 25.90 | 31.18 | 32.32 | 37.04 | 48.66 |
| 2 | kg/cm² | 26.82 | 29.56 | 33.09 | 36.21 | 45.59 |
| 3 | kg/cm² | 28.48 | 30.13 | 34.74 | 37.66 | 42.77 |
| Prom. | kg/cm² | 27.07 | 30.29 | 33.38 | 36.97 | 45.67 |

Figura 11

Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 3/4"

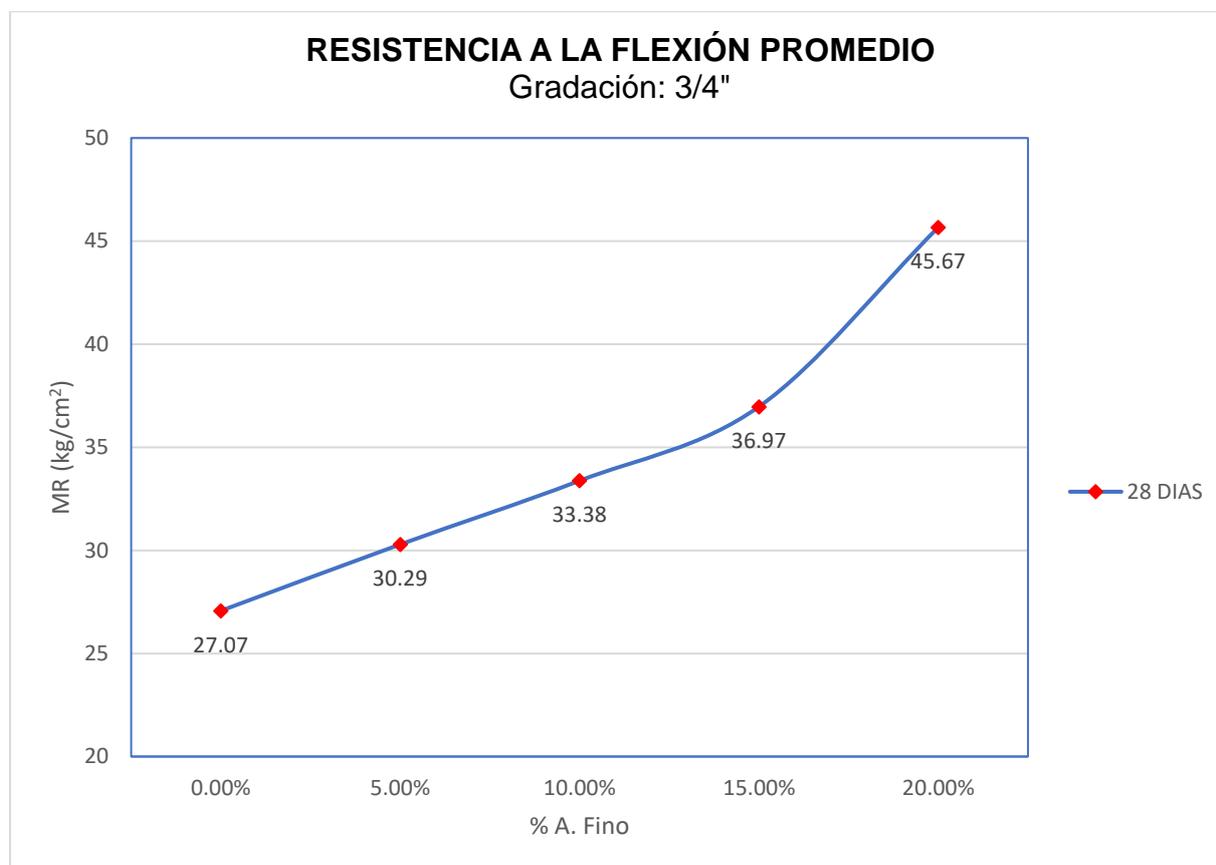


Tabla 81

Resistencia a la flexión gradación 1/2"

| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 1/2" | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 24.98 | 35.30 | 42.39 | 52.11 | 60.07 |
| 2 | kg/cm ² | 31.07 | 35.64 | 38.31 | 49.18 | 60.34 |
| 3 | kg/cm ² | 26.25 | 34.85 | 35.59 | 49.42 | 59.33 |
| Prom. | kg/cm ² | 27.43 | 35.26 | 38.76 | 50.24 | 59.91 |

Figura 12

Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 1/2"

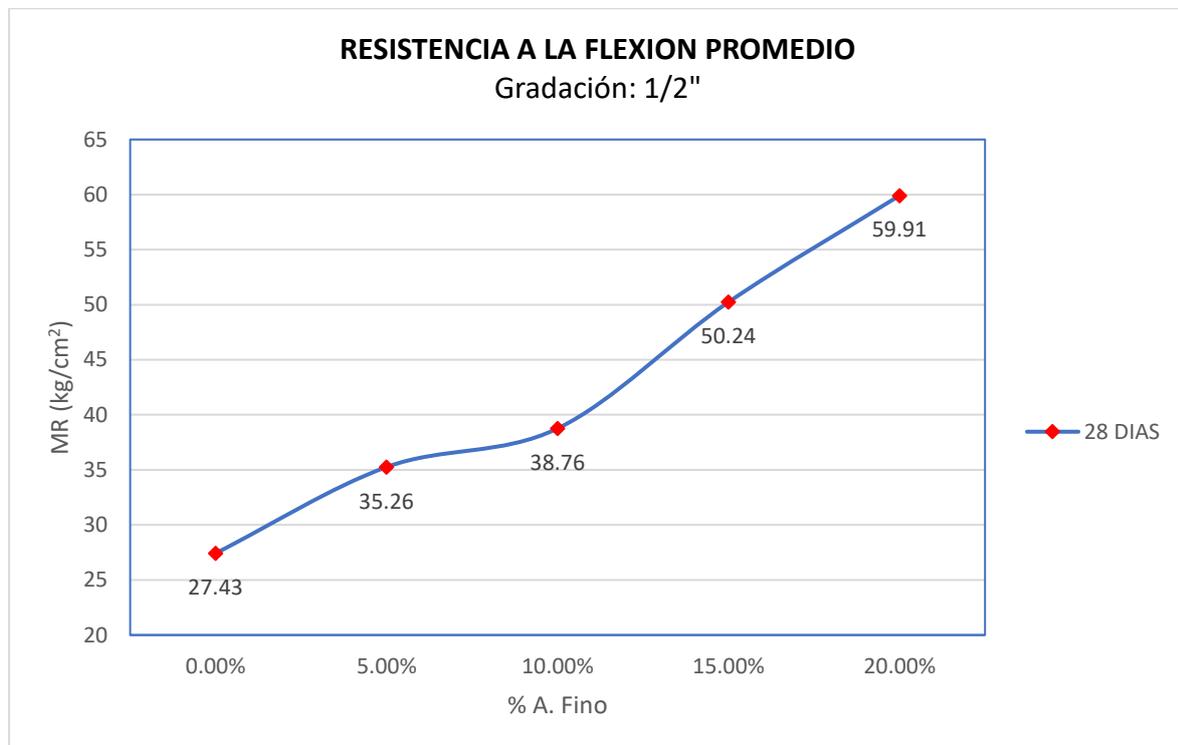


Tabla 82

Resistencia a la flexión gradación 3/8"

| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 3/8" | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M11 | M12 | M13 | M14 | M15 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 24.60 | 26.96 | 31.72 | 35.50 | 38.41 |
| 2 | kg/cm ² | 25.45 | 27.90 | 31.08 | 34.90 | 37.95 |
| 3 | kg/cm ² | 25.66 | 28.71 | 30.62 | 35.38 | 36.08 |
| Prom. | kg/cm ² | 25.24 | 27.86 | 31.14 | 35.26 | 37.48 |

Figura 13

Resistencia a la flexión promedio gradación de 3/8"

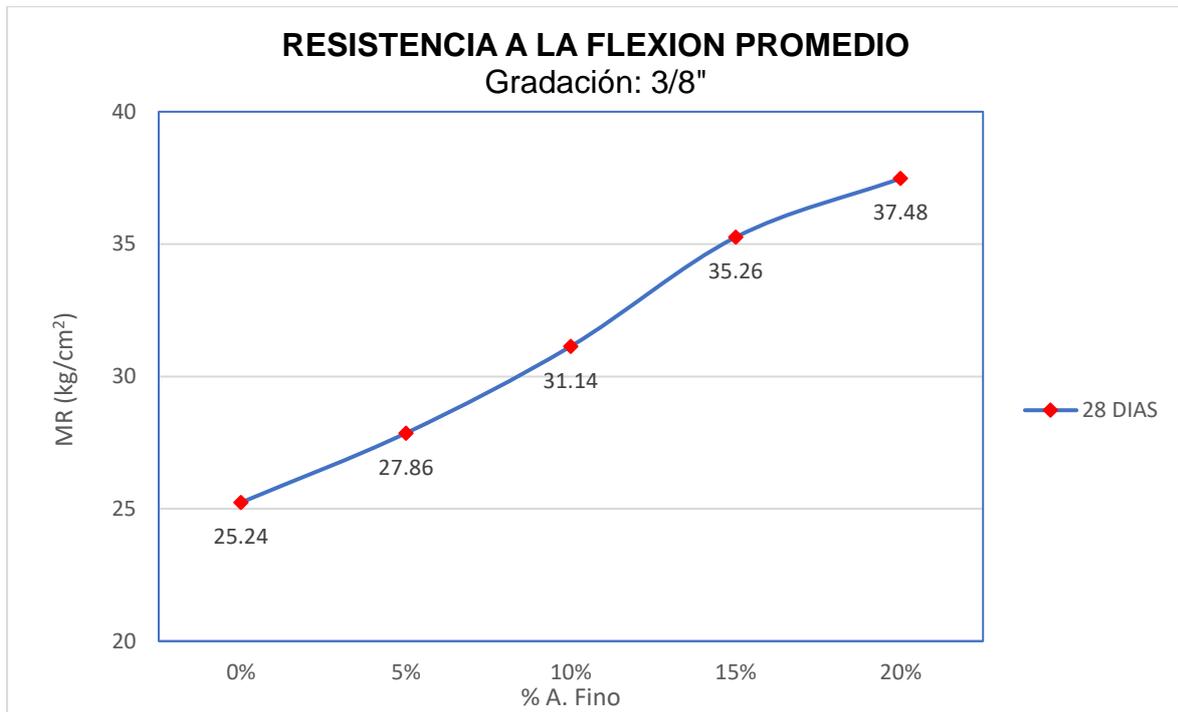
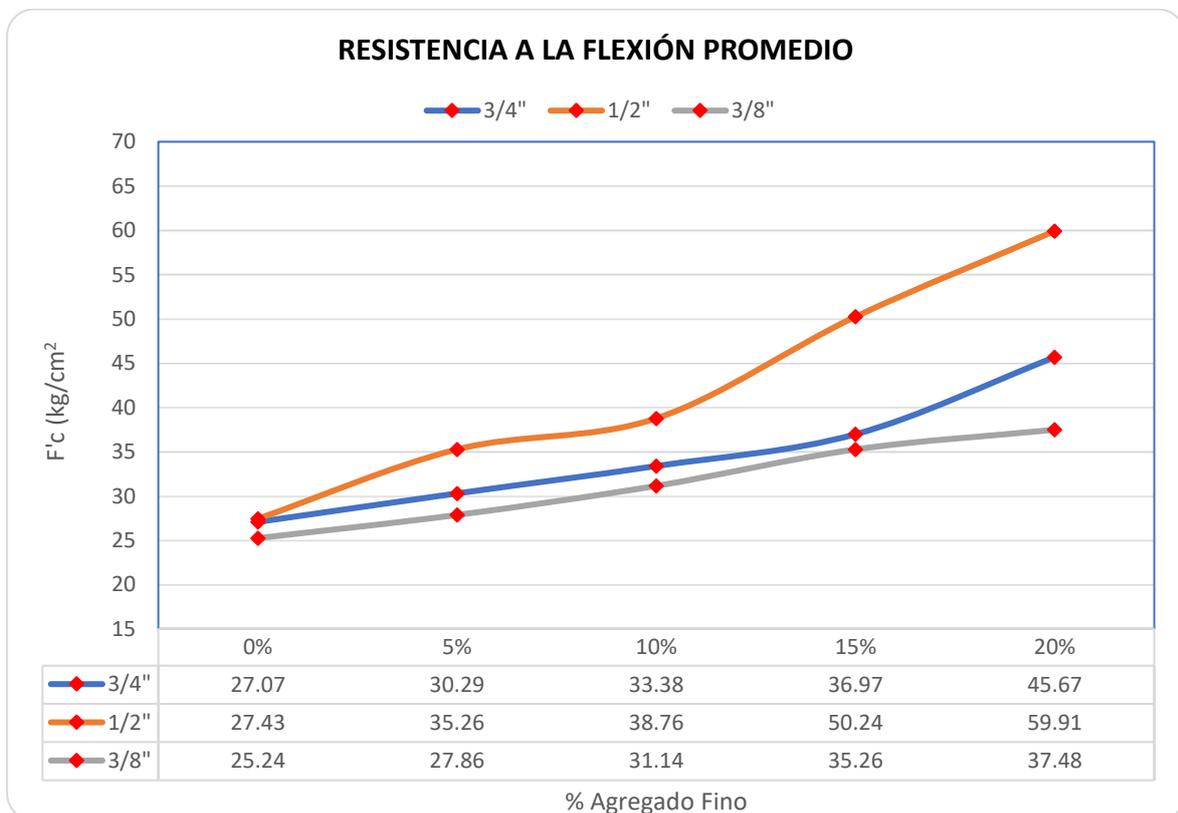


Figura 14

Grafica comparativa resistencia a la flexión promedio



4.1.6. Permeabilidad del concreto permeable

En la Tabla 83 se muestra el ensayo de permeabilidad del concreto permeable para la mezcla de estudio 1 la cual se elaboró a los 28 días de curado, los ensayos se realizaron con el equipo de permeámetro elaborado siguiendo las recomendaciones del ACI-522R. Los ensayos para los siguientes diseños de mezcla se encuentran en el capítulo de anexos.

Tabla 83

Permeabilidad a los 28 días Diseño de Mezcla 1

| ENSAYO DE PERMEABILIDAD | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|----------------|-----------------|
| Ítem | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom cm/s | k medio cm/s |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 65.00 | 0.817 | | |
| PA04 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 63.00 | 0.842 | 0.829 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 64.00 | 0.829 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 67.00 | 0.792 | | |
| PA05 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 61.00 | 0.870 | 0.839 | 0.834 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 62.00 | 0.856 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 64.00 | 0.829 | | |
| PA06 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 63.00 | 0.842 | 0.834 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 64.00 | 0.829 | | |

Tabla 84

Permeabilidad gradación 3/4"

| PERMEABILIDAD GRADACION 3/4" | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 0.829 | 0.645 | 0.451 | 0.297 | 0.196 |
| 2 | kg/cm ² | 0.839 | 0.635 | 0.423 | 0.298 | 0.203 |
| 3 | kg/cm ² | 0.834 | 0.590 | 0.398 | 0.277 | 0.196 |
| Prom. | kg/cm ² | 0.834 | 0.623 | 0.424 | 0.291 | 0.198 |

Figura 15

Grafica permeabilidad promedio gradación 3/4"

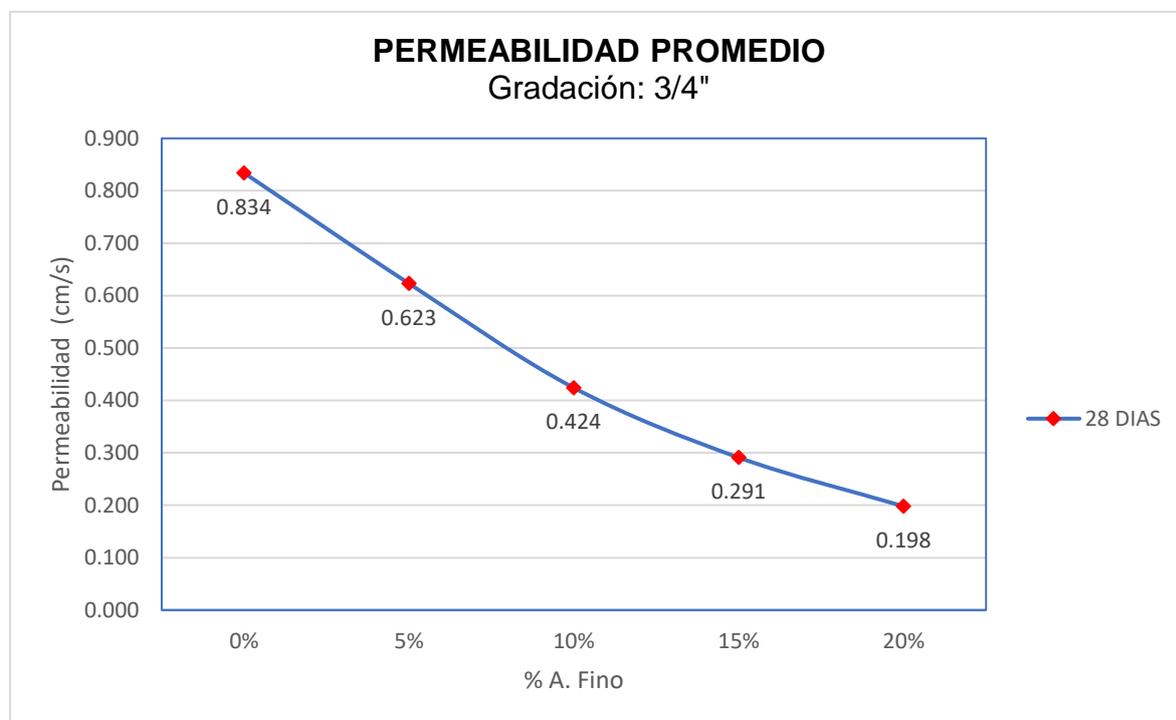


Tabla 85

Permeabilidad gradación 1/2"

| PERMEABILIDAD GRADACIÓN 1/2" | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 0.731 | 0.576 | 0.416 | 0.231 | 0.153 |
| 2 | kg/cm ² | 0.745 | 0.568 | 0.399 | 0.233 | 0.157 |
| 3 | kg/cm ² | 0.726 | 0.553 | 0.377 | 0.212 | 0.152 |
| Prom. | kg/cm ² | 0.734 | 0.566 | 0.397 | 0.225 | 0.154 |

Figura 16

Grafica permeabilidad promedio gradación 1/2"

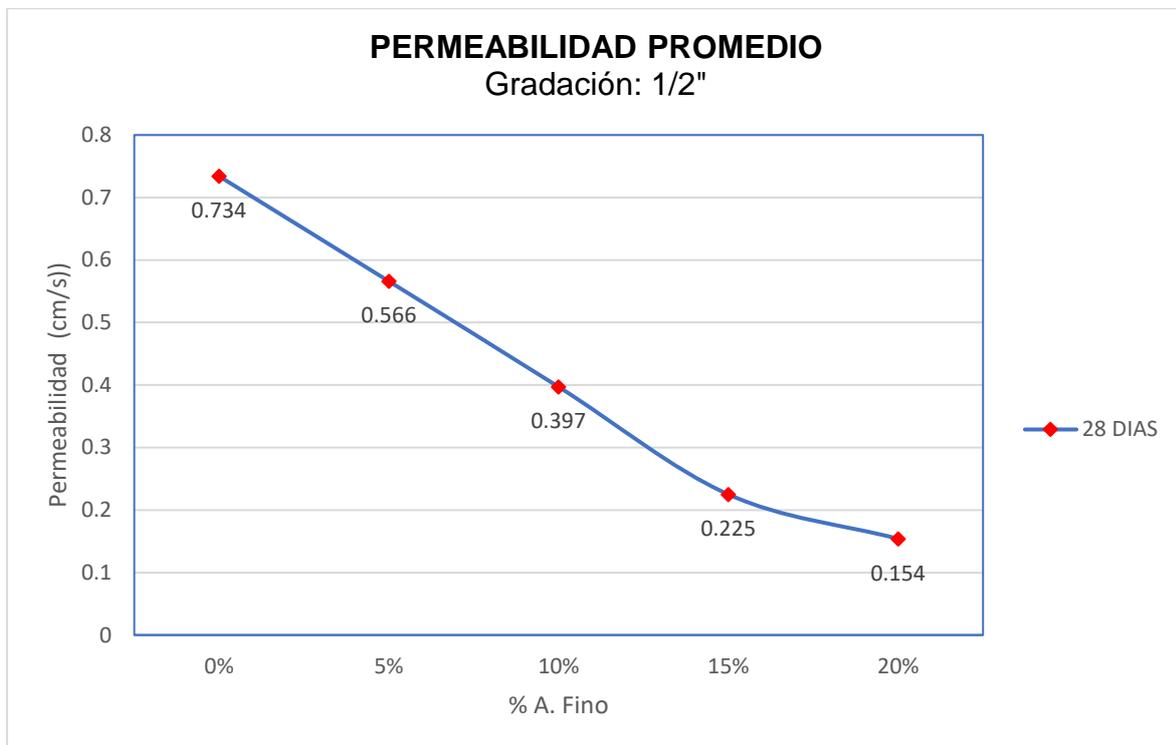


Tabla 86

Permeabilidad gradación 3/8"

| PERMEABILIDAD GRADACIÓN 3/8" | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Muestra | Und. | DISEÑO DE MEZCLA | | | | |
| | | M11 | M12 | M13 | M14 | M15 |
| | | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 1 | kg/cm ² | 0.392 | 0.295 | 0.223 | 0.205 | 0.134 |
| 2 | kg/cm ² | 0.381 | 0.302 | 0.215 | 0.200 | 0.133 |
| 3 | kg/cm ² | 0.376 | 0.276 | 0.224 | 0.210 | 0.128 |
| Prom. | kg/cm ² | 0.383 | 0.291 | 0.221 | 0.205 | 0.132 |

Figura 17

Grafica permeabilidad promedio gradación 3/8"

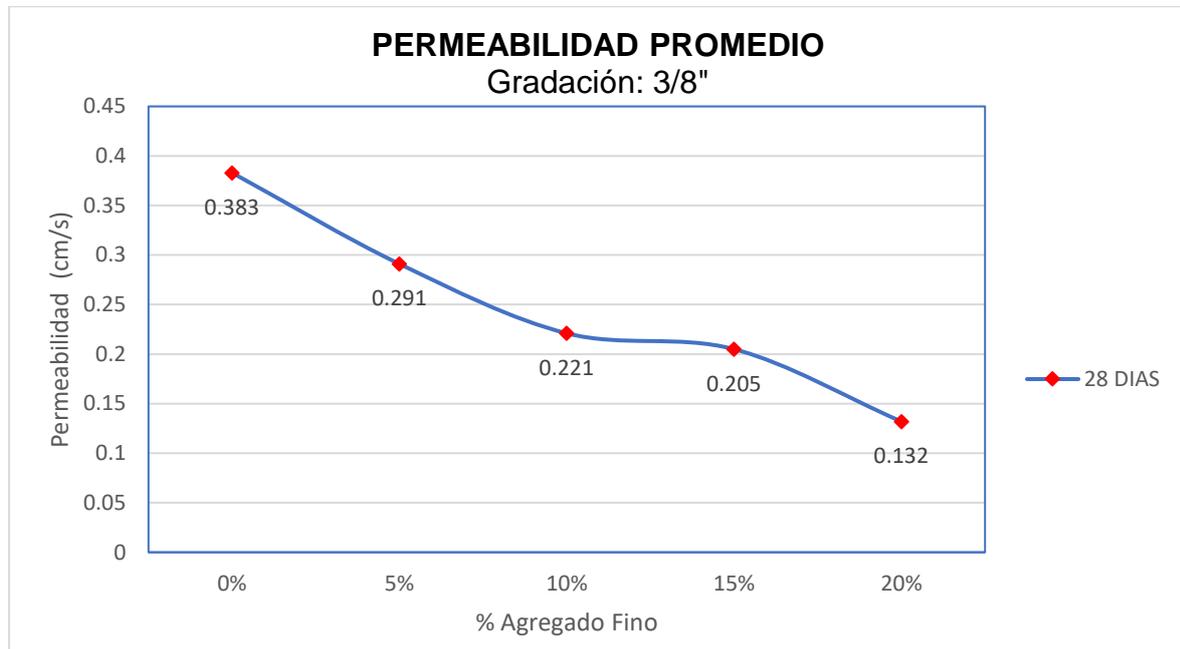
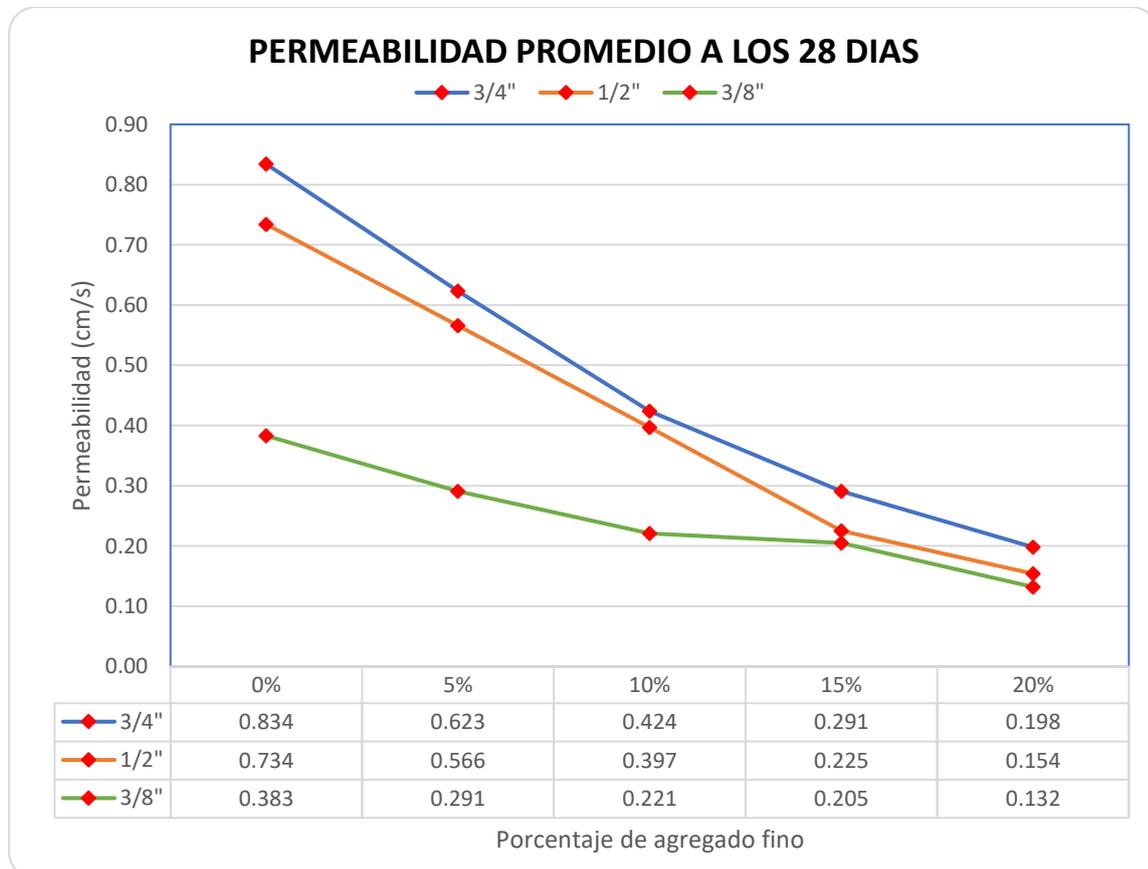


Figura 18

Grafica comparativa permeabilidad promedio



4.1.7. Relación entre propiedades del concreto permeable

En la figura 19,20 y 21 se muestra la relación que existe entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión con la permeabilidad del concreto permeable para las distintas gradaciones de $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ "; respectivamente.

En la figura 22 se muestra la relación que existe entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para el concreto permeable.

Figura 19

Resistencia vs Permeabilidad gradación $\frac{3}{4}$ "

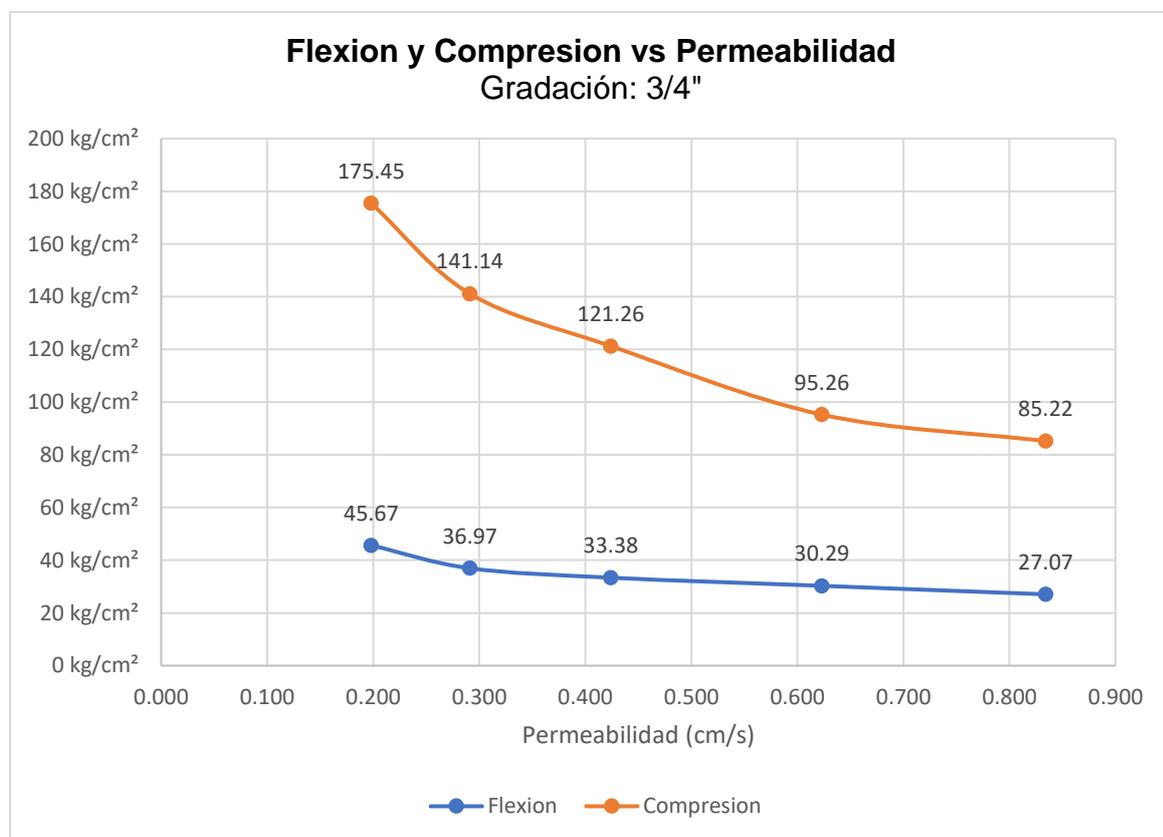


Figura 20

Resistencia vs Permeabilidad gradación 1/2"

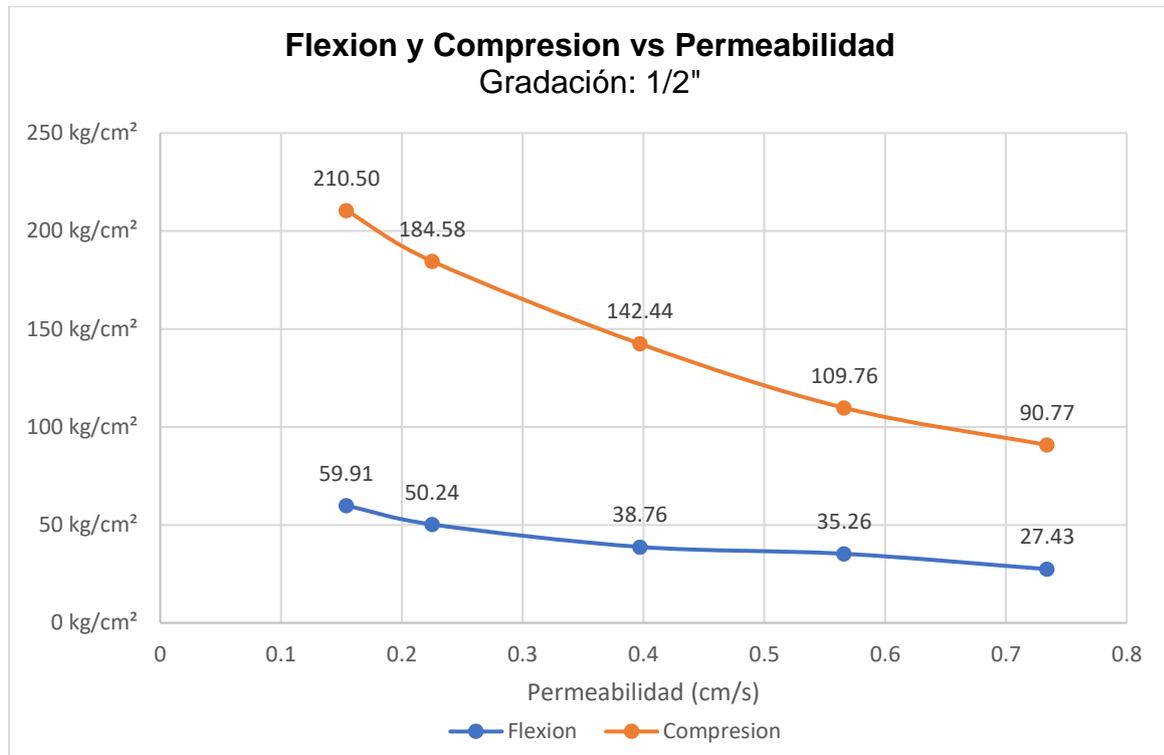


Figura 21

Resistencia vs Permeabilidad gradación 3/8"

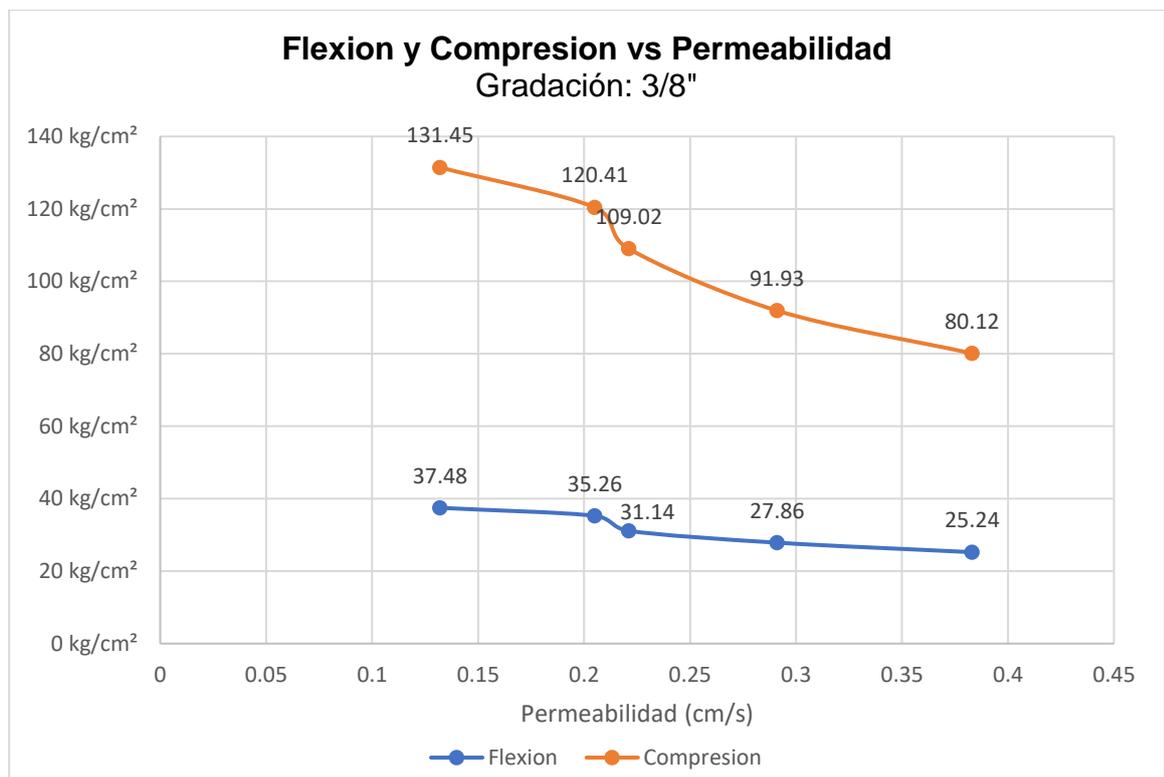
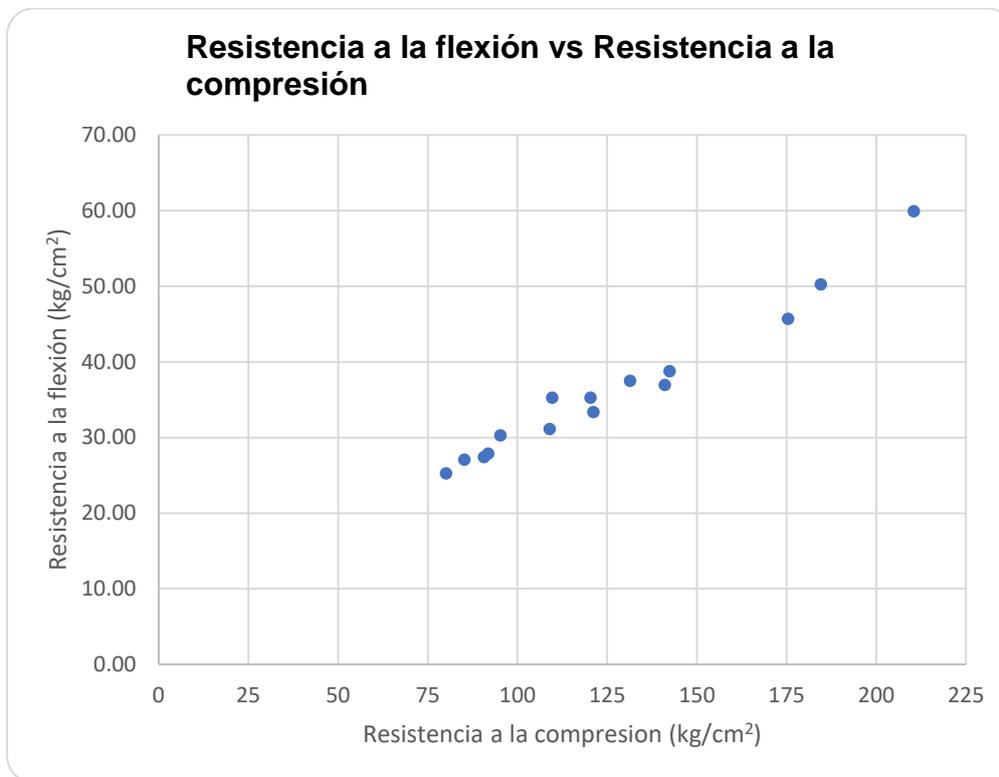


Figura 22

Resistencia a la flexión vs Resistencia a la compresión



4.2. Docimasia de hipótesis

La presente investigación busca determinar la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el comportamiento del concreto permeable.

Para realizar la prueba de hipótesis se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula (H₀):** Las propiedades físicas de los agregados no influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.
- **Hipótesis alterna (H₁):** Las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.

Para validar la hipótesis se realizará el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia $\alpha=0.05$.

Se aceptará la hipótesis alterna o del investigador si el valor de significancia es menor a 0.05 (5%). Los resultados obtenidos del análisis se discutirán en el capítulo 5 de la presente investigación.

4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Como se muestra en la Tabla 87 se evalúan 2 factores por consiguiente se realizará el análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo. El análisis de varianza se realizará independientemente para la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión; evaluando la influencia que tiene el contenido de agregado fino y la granulometría del agregado.

Tabla 87

Dimensiones de variables para análisis de varianza

| Dimensiones de variables | |
|---|-----------------------------|
| Propiedades físicas | Concreto permeable |
| Contenido de agregado fino ^(a) | Resistencia a la compresión |
| Granulometría ^(b) | Resistencia a la flexión |
| | Permeabilidad |

Nota. a y b factores para análisis de varianza.

Tabla 88

Datos de permeabilidad para análisis de varianza

| DATOS DE PERMEABILIDAD | | | | | |
|------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|
| Gradación | Contenido de agregado fino | | | | |
| | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 3/4" | 0.829 | 0.645 | 0.451 | 0.297 | 0.196 |
| | 0.839 | 0.635 | 0.423 | 0.298 | 0.203 |
| | 0.834 | 0.590 | 0.398 | 0.277 | 0.196 |
| 1/2" | 0.731 | 0.576 | 0.416 | 0.231 | 0.153 |
| | 0.745 | 0.568 | 0.399 | 0.233 | 0.157 |
| | 0.726 | 0.553 | 0.377 | 0.212 | 0.152 |
| 3/8" | 0.392 | 0.295 | 0.223 | 0.205 | 0.134 |
| | 0.381 | 0.302 | 0.215 | 0.200 | 0.133 |
| | 0.376 | 0.276 | 0.224 | 0.210 | 0.128 |

Nota. Valores de permeabilidad a los 28 días de curado.

Tabla 89

Tabla resumen varianza para permeabilidad

| Descripción | Porcentaje de agregado fino | | | | | Total | |
|------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | | |
| Cuenta | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | |
| Gradación | Suma | 2.5020 | 1.8700 | 1.2720 | 0.8720 | 0.5950 | 7.1110 |
| 3/4" | Promedio | 0.8340 | 0.6233 | 0.4240 | 0.2907 | 0.1983 | 0.4741 |
| | Varianza | 0.0000 | 0.0009 | 0.0007 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0568 |
| Cuenta | 3.00000 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | |
| Gradación | Suma | 2.2020 | 1.6970 | 1.1920 | 0.6760 | 0.4620 | 6.2290 |
| 1/2" | Promedio | 0.7340 | 0.5657 | 0.3973 | 0.2253 | 0.1540 | 0.4153 |
| | Varianza | 0.0001 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0492 |
| Cuenta | 3.00000 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 | |
| Gradación | Suma | 1.1490 | 0.8730 | 0.6620 | 0.6150 | 0.3950 | 3.6940 |
| 3/8" | Promedio | 0.3830 | 0.2910 | 0.2207 | 0.2050 | 0.1317 | 0.2463 |
| | Varianza | 0.0001 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0078 |
| Total | Cuenta | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | |
| | Suma | 5.85300 | 4.44000 | 3.12600 | 2.16300 | 1.45200 | |
| | Promedio | 0.65033 | 0.49333 | 0.34733 | 0.24033 | 0.16133 | |
| | Varianza | 0.04212 | 0.02395 | 0.00944 | 0.00158 | 0.00087 | |

Nota. Tabla elaborada en base a resultados del programa Excel.

Tabla 90

Tabla ANOVA de dos factores para permeabilidad.

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | GL | Promedio de | | Sig. | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|-----------|-------------|----------|-------|----------------------|
| | | | los | F | | |
| | | | cuadrados | | | |
| Gradación | 0.419556 | 2 | 0.209778 | 1120.743 | 0.000 | 3.315830 |
| % A. Fino | 1.388725 | 4 | 0.347181 | 1854.821 | 0.000 | 2.689628 |
| Interacción | 0.198454 | 8 | 0.024807 | 132.531 | 0.000 | 2.266163 |
| Dentro del grupo | 0.005615 | 30 | 0.000187 | - | - | - |
| Total | 2.012351 | 44 | - | - | - | - |

Nota. Factores de análisis gradación: del A. grueso y porcentaje de A. fino. GL: grados de libertad.

Tabla 91

Datos de resistencia a la flexión para análisis de varianza

| Gradación | Porcentaje de agregado fino | | | | |
|-------------|-----------------------------|---------|----------|----------|----------|
| | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 3/4" | 25.90 | 31.18 | 32.32 | 37.04 | 48.66 |
| | 26.82 | 29.56 | 33.09 | 36.21 | 45.59 |
| | 28.48 | 30.13 | 34.74 | 37.66 | 42.77 |
| 1/2" | 24.98 | 35.30 | 42.39 | 52.11 | 60.07 |
| | 31.07 | 35.64 | 38.31 | 49.18 | 60.34 |
| | 26.25 | 34.85 | 35.59 | 49.42 | 59.33 |
| 3/8" | 24.60 | 26.96 | 31.72 | 35.50 | 38.41 |
| | 25.45 | 27.90 | 31.08 | 34.90 | 37.95 |
| | 25.66 | 28.71 | 30.62 | 35.38 | 36.08 |

Tabla 92

Tabla resumen para varianza resistencia a la flexión

| Descripción | Porcentaje de agregado fino | | | | | Total | |
|--------------|-----------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | | |
| 3/4" | Cuenta | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 |
| | Suma | 81.20 | 90.87 | 100.15 | 110.91 | 137.02 | 520.15 |
| | Promedio | 27.07 | 30.29 | 33.38 | 36.97 | 45.67 | 34.68 |
| | Varianza | 1.71 | 0.68 | 1.53 | 0.53 | 8.68 | 45.81 |
| 1/2" | Cuenta | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 |
| | Suma | 82.30 | 105.79 | 116.29 | 150.71 | 179.74 | 634.83 |
| | Promedio | 27.43 | 35.26 | 38.76 | 50.24 | 59.91 | 42.32 |
| | Varianza | 10.32 | 0.16 | 11.71 | 2.65 | 0.27 | 144.21 |
| 3/8" | Cuenta | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 |
| | Suma | 75.71 | 83.57 | 93.42 | 105.78 | 112.44 | 470.92 |
| | Promedio | 25.24 | 27.86 | 31.14 | 35.26 | 37.48 | 31.39 |
| | Varianza | 0.32 | 0.77 | 0.31 | 0.10 | 1.52 | 22.39 |
| Total | Cuenta | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | |

| | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Suma | 239.21 | 280.23 | 309.86 | 367.40 | 429.20 |
| Promedio | 26.58 | 31.14 | 34.43 | 40.82 | 47.69 |
| Varianza | 4.13 | 11.09 | 14.90 | 51.22 | 99.26 |

Tabla 93

Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la flexión.

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | GL | Promedio de los cuadrados | F | Sig | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------------------|--------|-------|----------------------|
| Gradación | 943.15 | 2.00 | 471.57 | 171.50 | 0.000 | 3.316 |
| % A. Fino | 2472.08 | 4.00 | 618.02 | 224.76 | 0.000 | 2.690 |
| Interacción | 419.16 | 8.00 | 52.40 | 19.05 | 0.000 | 2.266 |
| Dentro del grupo | 82.49 | 30.00 | 2.75 | - | - | - |
| Total | 3916.88 | 44.00 | - | - | - | - |

Tabla 94

Datos para análisis de varianza resistencia a la compresión.

| DATOS PARA ANALISIS DE VARIANZA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|--|-----------------------------|---------|----------|----------|----------|
| Gradación | Porcentaje de agregado fino | | | | |
| | 0% A.F. | 5% A.F. | 10% A.F. | 15% A.F. | 20% A.F. |
| 3/4" | 85.10 | 98.64 | 123.66 | 144.08 | 176.27 |
| | 83.66 | 92.46 | 119.15 | 141.93 | 175.18 |
| | 86.90 | 94.67 | 120.96 | 137.40 | 174.89 |
| 1/2" | 92.84 | 109.69 | 144.17 | 186.94 | 211.15 |
| | 92.06 | 107.08 | 142.40 | 180.37 | 206.50 |
| | 87.41 | 112.52 | 140.74 | 186.44 | 213.85 |
| 3/8" | 82.16 | 88.85 | 108.05 | 124.59 | 132.31 |
| | 80.61 | 91.95 | 110.77 | 116.72 | 132.56 |
| | 77.58 | 95.00 | 108.23 | 119.93 | 129.49 |

Tabla 95

Tabla resumen varianza resistencia a la compresión

| Descripción | Porcentaje de agregado fino | | | | | Total | |
|--------------|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | | |
| 3/4" | Cuenta | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 |
| | Suma | 255.66 | 285.77 | 363.77 | 423.41 | 526.34 | 1854.95 |
| | Promedio | 85.22 | 95.26 | 121.26 | 141.14 | 175.45 | 123.66 |
| | Varianza | 2.64 | 9.81 | 5.15 | 11.63 | 0.53 | 1135.13 |
| 1/2" | Cuenta | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 |
| | Suma | 272.31 | 329.29 | 427.31 | 553.75 | 631.50 | 2214.16 |
| | Promedio | 90.77 | 109.76 | 142.44 | 184.58 | 210.50 | 147.61 |
| | Varianza | 8.62 | 7.40 | 2.94 | 13.38 | 13.82 | 2152.04 |
| 3/8" | Cuenta | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 15.00 |
| | Suma | 240.35 | 275.80 | 327.05 | 361.24 | 394.36 | 1598.80 |
| | Promedio | 80.12 | 91.93 | 109.02 | 120.41 | 131.45 | 106.59 |
| | Varianza | 5.43 | 9.46 | 2.31 | 15.66 | 2.91 | 376.00 |
| Total | Cuenta | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | |
| | Suma | 768.32 | 890.86 | 1118.13 | 1338.40 | 1552.20 | |
| | Promedio | 85.37 | 98.98 | 124.24 | 148.71 | 172.47 | |
| | Varianza | 25.46 | 74.09 | 217.02 | 814.52 | 1180.88 | |

Tabla 96

Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la compresión

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | GL | Promedio | F | Sig | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|-----------|------------------|---------|-------|----------------------|
| | | | de los cuadrados | | | |
| Gradación | 12740.28 | 2 | 6370.14 | 855.63 | 0.000 | 3.32 |
| % A. Fino | 45528.95 | 4 | 11382.24 | 1528.84 | 0.000 | 2.69 |
| Interacción | 5532.15 | 8 | 691.52 | 92.88 | 0.000 | 2.27 |
| Dentro del grupo | 223.35 | 30 | 7.44 | 0.00 | - | - |
| Total | 64024.72 | 44 | - | - | - | - |

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Análisis de la resistencia a la compresión:

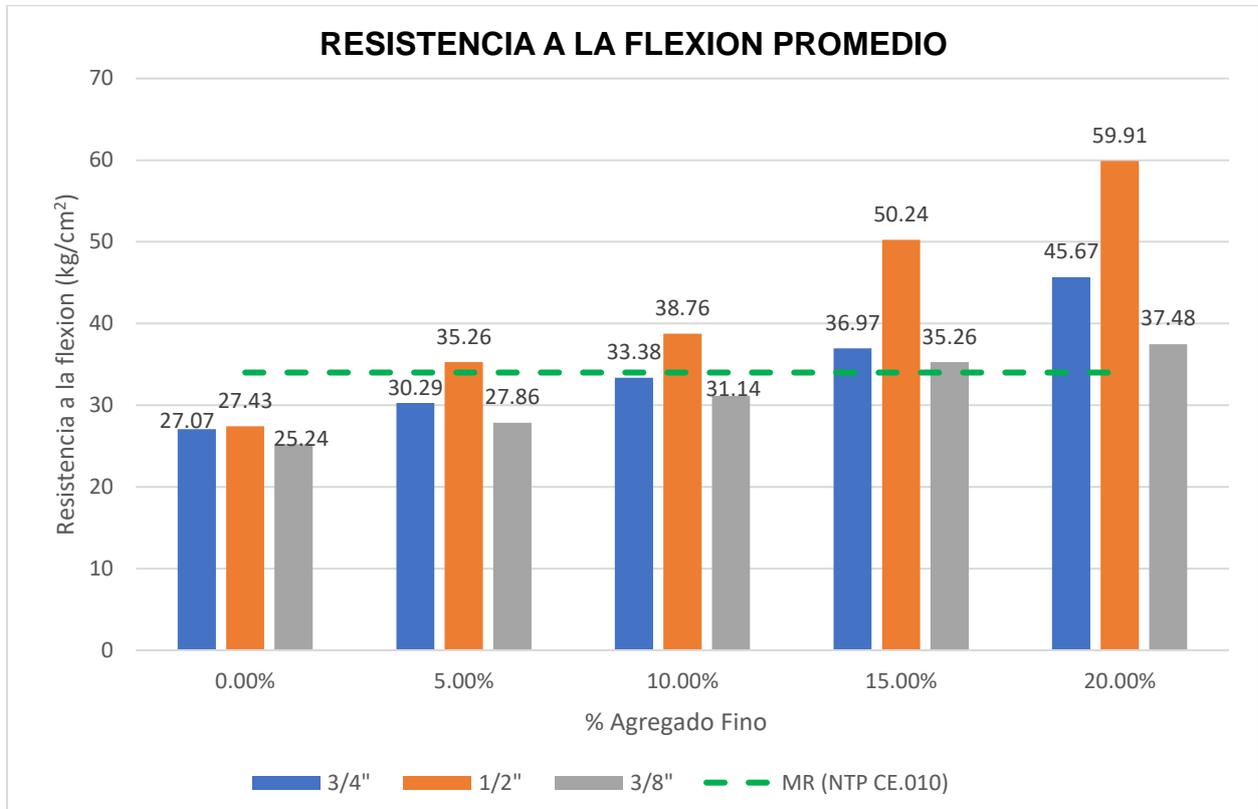
- En la figura 10 se observa que la resistencia a la compresión tiene un comportamiento ascendente conforme aumenta el contenido de agregado fino.
- También se observa que la mayor resistencia se obtiene utilizando agregado de 1/2" con valores aproximados desde el 43.22% al 100.24 % de la resistencia de diseño, seguido por el agregado de 3/4" con valores obtenidos desde el 40.59% al 83.54% de la resistencia de diseño, por último el agregado de 3/8" con cual se obtiene valores desde el 38.15% al 62.60% de la resistencia de diseño.
- Los valores obtenidos para la resistencia a la compresión se encuentran dentro del rango de 28 kg/cm² a 280kg/cm² (2.8MPa a 28 MPa) brindado por la norma ACI-522R para concreto permeable.

Análisis de resistencia a la flexión:

- Como se muestra en la figura 14 la resistencia a la flexión tiene una relación directamente proporcional al contenido de agregado fino. A mayor presencia de agregado fino la resistencia a la flexión será mayor.
- En la figura 23 se observa que la resistencia a la flexión es mayor utilizando agregado grueso de 1/2", seguido por agregado grueso de 3/4" y finalmente agregado grueso de 3/8"; lo cual indica que no hay una relación directa entre el tamaño del agregado y la resistencia a la flexión.
- También se observa que los diseños de mezcla con contenido de 15% y 20% de agregado fino, al igual que los diseños de mezcla de agregado grueso de 1/2" con contenido de 5% y 10% de agregado fino superan el límite mínimo de resistencia a la flexión de 34 kg/cm² para su aplicación en vías urbanas como indica la Norma CE.010 para pavimentos urbanos, no obstante se debe tener en cuenta la resistencia a la compresión para su posible aplicación.

Figura 23

Resistencia a la flexión a los 28 días y límite mínimo vías urbanas.



Nota. MR: resistencia mínima para pavimento rígido aplicado a vías urbanas.

Análisis de permeabilidad:

- En la figura 18 se observa que la permeabilidad tiene una relación inversamente proporcional con el contenido de agregado fino. A mayor presencia de finos la permeabilidad disminuye, esto se debe a que los vacíos se reducen por la presencia de agregado fino.
- También se observa que la permeabilidad es directamente proporcional al tamaño del agregado grueso. Se obtiene mejores resultados de permeabilidad para la gradación de 3/4", seguido por gradación de 1/2" y finalmente gradación de 3/8".
- Los valores obtenidos para la permeabilidad a excepción del diseño de mezcla 15 se encuentran dentro del rango de 0.14 a 1.22 cm/s, establecido por el ACI 522R para concreto permeable. En el caso de diseño de mezcla

15 se obtuvo un valor para la permeabilidad de 0.132 cm/s por debajo del límite mínimo para un concreto permeable.

Relación entre la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión:

- En la figura 19, 20 y 21 se observa que la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión tienen una relación inversamente proporcional con la permeabilidad. Estas disminuyen mientras las características de permeabilidad del concreto aumentan.
- En la figura 22 se observa que la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión tienen una relación directamente proporcional. La resistencia a la flexión tiene una relación promedio del 29% de la resistencia a la compresión.

Contrastación de hipótesis:

- En la tabla 90, 93 y 96 se muestra el análisis de varianza de 2 factores (ANOVA) para la permeabilidad, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión respectivamente, obteniendo como resultados que el valor de significancia es menor al 5% (0.05); por lo cual se acepta la hipótesis alterna o hipótesis del investigador, siendo esta hipótesis: las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.

Análisis de diseños de mezcla de estudio

- Como se muestra en la tabla 97 las mezclas M5, M9 y M10 cumplen los requerimientos mínimos ($f'c > 175\text{kg/cm}^2$) para su aplicación en pavimentos especiales como veredas, ciclovías y pases peatonales, también superan el módulo de rotura mínimo de 34 kg/cm^2 para su aplicación en vías urbanas (vías locales, vías arteriales y vías colectoras) de acuerdo a la norma CE.010 de pavimentos urbanos.
- Las mezclas M4 y M8 pueden ser empleadas para veredas de bajo tránsito donde la resistencia promedio es de 140kg/cm^2 .
- Las mezclas M3, M7, M13, M14 pueden ser aplicados como sardineles o pisos en áreas verdes donde la resistencia promedio es de 100kg/cm^2 .
- Las mezclas M1, M2, M6, M11 y M12 pueden ser aplicados a pases peatonales circundantes a árboles o jardines, ya que estas mezclas tienen una resistencia superior a 50kg/cm^2 .

- La mezcla M15 no supera el límite mínimo (0.14 cm/s) para permeabilidad brindado por el ACI 522R-10.

Tabla 97

Resumen de las propiedades en diseños de mezcla de estudio.

| Diseño de mezcla | Permeabilidad (cm/s) | Resistencia a la Flexión (kg/cm ²) | Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) |
|------------------|----------------------|--|---|
| M1 | 0.834 | 27.07 | 85.22 |
| M2 | 0.623 | 30.29 | 95.26 |
| M3 | 0.424 | 33.38 | 121.26 |
| M4 | 0.291 | 36.97 | 141.14 |
| M5 | 0.198 | 45.67 | 175.45 |
| M6 | 0.734 | 27.43 | 90.77 |
| M7 | 0.566 | 35.26 | 109.76 |
| M8 | 0.397 | 38.76 | 142.44 |
| M9 | 0.225 | 50.24 | 184.58 |
| M10 | 0.154 | 59.91 | 210.50 |
| M11 | 0.383 | 25.24 | 80.12 |
| M12 | 0.291 | 27.86 | 91.93 |
| M13 | 0.221 | 31.14 | 109.02 |
| M14 | 0.205 | 35.26 | 120.41 |
| M15 | 0.132 | 37.48 | 131.45 |

Nota. Valores obtenidos a los 28 días de curado.

CONCLUSIONES

- Se logro realizar el estudio de las propiedades mecánicas del agregado grueso y fino de la cantera LEKERSA, usados para la elaboración de las mezclas de estudio.
- Se determinó que la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión tienen una relación directamente proporcional al contenido de agregado fino.
- Se evaluó la influencia del tamaño del agregado grueso en la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión obteniendo mejores resultados al utilizar agregado con gradación de $\frac{1}{2}$ " , seguido por la gradación de $\frac{3}{4}$ " y por último la gradación de $\frac{3}{8}$ " .
- Se obtuvo la resistencia a la compresión a los 28 días para las 15 mezclas de estudios, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de 28kg/cm^2 a 280 kg/cm^2 , brindado por la norma ACI-522R.
- Se determinó que la permeabilidad tiene una relación inversamente proporcional al contenido de agregado fino y directamente proporcional al tamaño del agregado grueso.
- Se determinó que la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión son inversamente proporcional a la permeabilidad.
- Se realizo el análisis de varianza (ANOVA) obteniendo una significancia menor a la 5%, por lo que se concluye que las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.
- Se determino que las mezclas M5, M9 y M10 pueden ser utilizadas en pavimentos especiales como ciclovías, veredas y pases peatonales.

RECOMENDACIONES

- Cubrir los especímenes de concreto con una lámina de plástico durante su curado inicial antes de su desmolde para evitar la pérdida de agua en el concreto.
- Verificar el correcto funcionamiento del equipo de permeabilidad durante los ensayos, revisando que no exista fugas entre las uniones del equipo y el espécimen de concreto y la unión entre el espécimen de concreto y el tubo acrílico haciendo uso de abrazaderas jebes y teflón de tal forma evitar cualquier fuga de agua que afecte los resultados de permeabilidad.
- Se recomienda el uso de aditivos que mejoren la resistencia del concreto permeable y evaluar su posible aplicación en pavimentos urbanos.
- Se recomienda el empleo del diseño de mezcla M5 y M9, para su aplicación en ciclovías y veredas.
- Se recomienda el empleo del diseño de mezcla M10 con 20% de agregado fino y gradación de 1/2" para su aplicación en vías urbanas de bajo tránsito que requieran una resistencia a la compresión de 210 kg/cm².
- Se recomienda realizar un estudio hidrológico en la zona de aplicación para determinar la tasa de infiltración necesaria para el pavimento permeable.

REFERENCIAS

- ACI522R-6. (2006). *Pervious Concrete*. American Concrete Institute.
- ACI522R-10. (2010). *Report on Pervious Concrete*.
- ASTM C33 (2018). *Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- ASTM C494 (s.f.) *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.
- ASTM E11 (s.f.) *U.S.A. STANDARD SIEVES SPECIFICATION Nominal Dimensions, Permissible Variations for Wirecloth of Standard Test Sieves (U.S.A.) Standard Series*.
- Azzout, J.-R., Barraud, S., Cres, F. y Alfakih, E. (1994). *Techniques alternatives en assainissement pluvial*. Paris: Tec et Doc, 372 p.
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación*. 6ª Ed. Caracas: Episteme.
- Barahona Aguiluz, R., Martinez Guerrero, M. y Zelaya Zelaya, S. (2013). *Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de la cantera, el Carmen, Aramuaca y la Pedrera, de la zona oriental de el Salvador, San Miguel*. San Miguel: El Salvador. Recuperado de: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259/1/50107992.pdf>
- Cardona Maldonado, H. (2017). *Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos*. (Tesis de Grado). Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6500>
- EPA. (1999). *Preliminary data summary of urban storm water* (p. 214). Washington DC.
- Ferguson, B. K. (2005). *Porous Pavements*.
- Jacinto Aquino, J. (2021). *Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo* (Tesis de grado). Chiclayo, Perú.
- Medina Torres, D. (2020). *Influencia de diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable y su aplicación como pavimento rígido, Trujillo 2019*. (Tesis de grado) Trujillo, Perú.

- Meininger, R. C. (1988). *No-Fines Pervious Concrete for Paving*. *Concrete International*. V. 10, Agosto, pp. 20-27.
- Morales Córdova, A. (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable $f'c=210$ kg/cm² utilizando agregado de río Huallaga - Jr. Los Andes, Morales - San Martín – 2018*. San Martín, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30719>.
- Neithalath, N.; Weiss, W. J.; and Olek (2008). *Predicting the Permeability of Pervious Concrete (Enhanced Porosity Concrete) from Non-Destructive Electrical Measurements*.
- NTP 400.037 (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos*. Norma Técnica Peruana.
- NTP 339.088 (2014). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Norma Técnica Peruana, 3° edición (revisada el 2019).
- Pérez Gordillo, J. (2017). *Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable*, Trujillo 2017. (Tesis de grado). Universidad Privada Del Norte. Recuperado de: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12351/Perez%20Gordillo%20Johan%20Joe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes Lizcano, F., Torres, A. & Grupo CECATA. (2002). *Efecto de las Fibras Plásticas en la Flexión de Estructuras de Pavimentos Drenantes*. Ingeniería de construcción, 17 (2), 93-102. [En línea]. Recuperado de: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/248/pdf>
- Rollings, M. P. and Rollings, R. S. Jr. (1996). *Geotechnical Materials in Construction*, New York: McGraw-Hill.
- Scholz, M. y Grabowiecki, P. (2006). *Review of permeable pavement systems*. *Science Direct*, Building and Environment.

Trujillo López, A. y Quiroz Lasprilla, P. (2013). *Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano* (Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana) Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11174>

Villanueva Quispe, K. (2020). *Influencia de diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, en Trujillo 2020*. (Tesis de grado) Trujillo, Perú.

ANEXOS

Anexo A: Panel fotográfico ensayos de los agregados

Figura 24

Gradaciones del agregado grueso



Nota. Gradación de ¾", gradación de ½" y gradación de 3/8" respectivamente.

Figura 25

Análisis granulométrico agregado fino



Nota. Cuarteo y tamizado de agregado fino

Figura 26

Ensayo de contenido de humedad agregado grueso y fino



Figura 27

Ensayo de peso unitario agregado grueso



Nota. Peso unitario suelto y peso unitario compactado

Figura 28

Ensayo peso unitario agregado fino



Figura 29

Ensayo peso unitario agregado fino



Nota. Lavado, saturacion, secado superficial y peso sumergido del A. grueso.

Figura 30

Ensayo de absorción y peso específico del agregado fino

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Saturacion de la muestra</p> | <p>Secado de la muestra</p> |
|  |  |
| <p>Cono truncado</p> | <p>Frasco volumetrico + muestra + agua hasta marca 500ml</p> |
|  |  |
| <p>Peso frasco volumetrico + muestra + agua hasta marca 500ml</p> | <p>Muestra secada al horno</p> |

Figura 31

Ensayo de abrasión de los ángeles

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Peso agregado 1/2"</p> | <p>Peso agregado 3/8"</p> |
|  |  |
| <p>Equipo de abrasión de los ángeles</p> | <p>Esferas y muestra en maquina</p> |
|  |  |
| <p>Muestra extraída de máquina de los ángeles</p> | <p>Peso final de muestra</p> |

Anexo B: Panel fotográfico de ensayos del concreto permeable.

Figura 32

Preparación de especímenes de concreto permeable

| | |
|---|--|
|  |  |
| Mezclado de concreto | Apisonamiento |
|  |  |
| Enrase de especímenes | Vigas prismáticas |
|  |  |
| Curado inicial de vigas | Probetas cilíndricas |
|  |  |
| Curado de vigas prismáticas | Curado de probetas cilíndricas |

Figura 33

Ensayo de resistencia a la flexión



Figura 34

Ensayo de resistencia a la compresión



Nota. Rotura de probetas cilíndricas a los 28 días de curado.

Figura 35

Ensayo de permeabilidad



Anexo C: Ensayos de los agregados

|  UPAO | FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL | ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------------|--|--------------------|------------|--|--|--|--|---------|----------|---------------|------------------|--------------------|------------|--|------|-----|----|---|---|---|--|------|-------|------|------|------|--------|--|-----|-------|-------|------|------|-------|--|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|--|------|-------|--------|-------|-------|-------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|--|-------|-------|--------|-------|-------|------|--|-------|-------|-------|------|-------|------|--|--------------|------|------|------|--------|------|--|--------------|--|--------|--|--|--|--|----------------------|--|------|--|--|--|--|----|--|------|--|--|--|--|------|--|-----|--|--|--|--|------------------|--|------|--|--|--|--|
| ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO NTP 400.021 / ASTM C-127 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><u>Datos generales</u></p> <p>Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO</p> <p>Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres Br. Alex Navarro Chistama</p> <p>Camtera: LEKERSA, El milagro - Trujillo</p> <p>Muestra: M1</p> <p>Fecha: 7/07/2023</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><u>Datos técnicos</u></p> <table border="1" data-bbox="252 965 1267 1397" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="text-align: center;">ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO</th> </tr> <tr> <th>TAMICES</th> <th>ABERTURA</th> <th>PESO RETENIDO</th> <th>RETENIDO PARCIAL</th> <th>RETENIDO ACUMULADO</th> <th colspan="2">% QUE PASA</th> </tr> <tr> <th>ASTM</th> <th>mm.</th> <th>gr</th> <th>%</th> <th>%</th> <th colspan="2">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.500</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td colspan="2">100.00</td> </tr> <tr> <td>N°4</td> <td>4.750</td> <td>12.60</td> <td>2.52</td> <td>2.52</td> <td colspan="2">97.48</td> </tr> <tr> <td>N°8</td> <td>2.360</td> <td>66.50</td> <td>13.31</td> <td>15.83</td> <td colspan="2">84.17</td> </tr> <tr> <td>N°16</td> <td>1.180</td> <td>91.10</td> <td>18.23</td> <td>34.06</td> <td colspan="2">65.94</td> </tr> <tr> <td>N°30</td> <td>0.600</td> <td>100.00</td> <td>20.01</td> <td>54.07</td> <td colspan="2">45.93</td> </tr> <tr> <td>N°50</td> <td>0.300</td> <td>92.70</td> <td>18.55</td> <td>72.62</td> <td colspan="2">27.38</td> </tr> <tr> <td>N°100</td> <td>0.150</td> <td>111.00</td> <td>22.21</td> <td>94.84</td> <td colspan="2">5.16</td> </tr> <tr> <td>N°200</td> <td>0.075</td> <td>21.00</td> <td>4.20</td> <td>99.04</td> <td colspan="2">0.96</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>----</td> <td>4.80</td> <td>0.96</td> <td>100.00</td> <td colspan="2">0.00</td> </tr> <tr> <td>Muestra (gr)</td> <td></td> <td>500.00</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Muestra Perdida (gr)</td> <td></td> <td>0.30</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>TM</td> <td></td> <td>3/8"</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>TM N</td> <td></td> <td>N°4</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Módulo de Finura</td> <td></td> <td>2.74</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table> | | | ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO | | | | | | | TAMICES | ABERTURA | PESO RETENIDO | RETENIDO PARCIAL | RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | | ASTM | mm. | gr | % | % | % | | 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | N°4 | 4.750 | 12.60 | 2.52 | 2.52 | 97.48 | | N°8 | 2.360 | 66.50 | 13.31 | 15.83 | 84.17 | | N°16 | 1.180 | 91.10 | 18.23 | 34.06 | 65.94 | | N°30 | 0.600 | 100.00 | 20.01 | 54.07 | 45.93 | | N°50 | 0.300 | 92.70 | 18.55 | 72.62 | 27.38 | | N°100 | 0.150 | 111.00 | 22.21 | 94.84 | 5.16 | | N°200 | 0.075 | 21.00 | 4.20 | 99.04 | 0.96 | | Fondo | ---- | 4.80 | 0.96 | 100.00 | 0.00 | | Muestra (gr) | | 500.00 | | | | | Muestra Perdida (gr) | | 0.30 | | | | | TM | | 3/8" | | | | | TM N | | N°4 | | | | | Módulo de Finura | | 2.74 | | | | |
| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TAMICES | ABERTURA | PESO RETENIDO | RETENIDO PARCIAL | RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ASTM | mm. | gr | % | % | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N°4 | 4.750 | 12.60 | 2.52 | 2.52 | 97.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N°8 | 2.360 | 66.50 | 13.31 | 15.83 | 84.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N°16 | 1.180 | 91.10 | 18.23 | 34.06 | 65.94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N°30 | 0.600 | 100.00 | 20.01 | 54.07 | 45.93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N°50 | 0.300 | 92.70 | 18.55 | 72.62 | 27.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N°100 | 0.150 | 111.00 | 22.21 | 94.84 | 5.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N°200 | 0.075 | 21.00 | 4.20 | 99.04 | 0.96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fondo | ---- | 4.80 | 0.96 | 100.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestra (gr) | | 500.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestra Perdida (gr) | | 0.30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TM | | 3/8" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TM N | | N°4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de Finura | | 2.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><u>Coordinador de laboratorio:</u></p> <p>Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel</p> |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

**ANALISIS
GRANULOMETRICO**

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam tera: LEKERSA, El milagro - Trujillo

M uestra: M2

Fecha: 7/ 07/ 2023

D atos tecnicos

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAM IZADO - AGREGADO FINO | | | | | |
|---|----------|------------------|---------------------|-----------------------|------------|
| TAM ICES ASTM | ABERTURA | PESO RETENIDO | RETENIDO PARCIAL | RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
| pulg. | m m . | gr | % | % | % |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N °4 | 4.750 | 17.90 | 3.58 | 3.58 | 96.42 |
| N °8 | 2.360 | 76.30 | 15.27 | 18.85 | 81.15 |
| N °16 | 1.180 | 101.10 | 20.24 | 39.09 | 60.91 |
| N °30 | 0.600 | 97.70 | 19.56 | 58.65 | 41.35 |
| N °50 | 0.300 | 69.30 | 13.87 | 72.52 | 27.48 |
| N °100 | 0.150 | 106.00 | 21.22 | 93.74 | 6.26 |
| N °200 | 0.075 | 25.70 | 5.14 | 98.88 | 1.12 |
| Fondo | ---- | 5.60 | 1.12 | 100.00 | 0.00 |
| M uestra (gr) | | 500.00 | | | |
| M uestra Perdida (gr) | | 0.40 | | | |
| TM | | 3/8" | | | |
| TM N | | N °4 | | | |
| M odule de Finura | | 2.86 | | | |

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon , Luis M iguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

**ANALISIS
GRANULOMETRICO**

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam terna: LEKERSA, El milagro - Trujillo

M uestra: M3

Fecha: 7/ 07/ 2023

D atos tecnicos

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAM IZADO - AGREGADO FINO | | | | | |
|---|----------|------------------|---------------------|-----------------------|------------|
| TAM ICES ASTM | ABERTURA | PESO RETENIDO | RETENIDO PARCIAL | RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
| pulg. | m m . | gr | % | % | % |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N °4 | 4.750 | 16.40 | 3.28 | 3.28 | 96.72 |
| N °8 | 2.360 | 73.40 | 14.68 | 17.96 | 82.04 |
| N °16 | 1.180 | 102.10 | 20.42 | 38.38 | 61.62 |
| N °30 | 0.600 | 94.00 | 18.80 | 57.18 | 42.82 |
| N °50 | 0.300 | 69.20 | 13.84 | 71.02 | 28.98 |
| N °100 | 0.150 | 111.10 | 22.22 | 93.24 | 6.76 |
| N °200 | 0.075 | 26.70 | 5.34 | 98.58 | 1.42 |
| Fondo | ---- | 7.10 | 1.42 | 100.00 | 0.00 |
| M uestra (gr) | | 500.00 | | | |
| M uestra Perdida (gr) | | 0.00 | | | |
| TM | | 3/8" | | | |
| TM N | | N °4 | | | |
| M odule de Finura | | 2.81 | | | |

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 399.185 / ASTM C-566

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo Fecha 11/07/2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
GRADACIÓN DE 3/4"

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include: A Peso de tara, B Peso tara + Muestra húmeda, C Peso tara + Muestra seca, D Peso del agua (B- C), E Peso de la muestra seca (A- C), F Contenido de Humedad ((D/ E)*100), G Contenido de Humedad promedio.

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
GRADACIÓN DE 1/2"

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include: A Peso de tara, B Peso tara + Muestra húmeda, C Peso tara + Muestra seca, D Peso del agua (B- C), E Peso de la muestra seca (A- C), F Contenido de Humedad ((D/ E)*100), G Contenido de Humedad promedio.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon , Luis M iguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 399.185 / ASTM C-566

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo Fecha 12/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
GRADACIÓN DE 3/8"

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include: A Peso de tara, B Peso tara + Muestra húmeda, C Peso tara + Muestra seca, D Peso del agua (B- C), E Peso de la muestra seca (A- C), F Contenido de Humedad ((D/ E)*100), G Contenido de Humedad promedio.

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include: A Peso de tara, B Peso tara + Muestra húmeda, C Peso tara + Muestra seca, D Peso del agua (B- C), E Peso de la muestra seca (A- C), F Contenido de Humedad ((D/ E)*100), G Contenido de Humedad promedio.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon , Luis M iguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 12/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO 3/4"

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include measurements for mold weight, compacted aggregate, loose aggregate, and unit weight calculations.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 12/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO 1/2"

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include: A Peso del molde, B Peso del molde + Agregado compactado, C Peso del Agregado compactado, D Peso unitario compactado, E Peso del molde + Agregado suelto, F Peso del Agregado suelto, G Peso unitario suelto.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Camtera: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 12/07/2023

Datos técnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO 3/8"

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include measurements for mold weight, compacted aggregate, loose aggregate, and unit weight calculations.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 13/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include measurements for mold weight, compacted aggregate, loose aggregate, and unit weight calculations.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis Miguel



**UPAO****FACULTAD DE INGENIERIA**

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO**ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO**

NTP 400.021 / ASTM C-127

Datos generales**Proyecto:** INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.**Autores:** Br. Italo Miguel Amaya Torres

Br. Alex Navarro Chistama

Camtera: LEKERSA, El Milagro - Trujillo**Fecha:** 18/07/2023Datos técnicos**ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN 3/4"**

| ID | Descripción | Und. | 1 | 2 | 3 | Prom |
|----|---|--------------------|---------|---------|---------|------|
| A | Peso saturado superficialmente seco de la muestra al aire | gr | 3306.10 | 3016.00 | 3351.30 | - |
| B | Peso saturado superficialmente seco de la muestra en agua | gr | 2078.70 | 1903.50 | 2108.20 | - |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos; $C = A - B$ | gr | 1227.40 | 1112.50 | 1243.10 | - |
| D | Peso seco de la muestra | gr | 3285.10 | 2999.10 | 3331.20 | - |
| E | Volumen de masa; $E = C - (A - D)$ | cm ³ | 1206.40 | 1095.60 | 1223.00 | - |
| F | Peso específico (Base seca) $F = D / C$ | gr/cm ³ | 2.68 | 2.70 | 2.68 | 2.69 |
| G | Peso específico (Base saturada) $G = A / C$ | gr/cm ³ | 2.69 | 2.71 | 2.70 | 2.70 |
| H | Peso específico aparente (Base seca); $H = D / E$ | gr/cm ³ | 2.72 | 2.74 | 2.72 | 2.73 |
| I | Absorción $K = (A - D / D) * 100$ | % | 0.64 | 0.56 | 0.60 | 0.60 |

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLOCoordinador de laboratorio:**Nombre:** Ing. Soto Leon, Luis Miguel



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam tera: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 18/07/2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN 1/2"

Table with 7 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3, Prom. Rows include A (Peso saturado superficialmente seco de la muestra al aire), B (Peso saturado superficialmente seco de la muestra en agua), C (Volumen de masa + volumen de vacíos; C = A - B), D (Peso seco de la muestra), E (Volumen de masa; E = C - (A - D)), F (Peso específico (Base seca) F = D / C), G (Peso específico (Base saturada) G = A / C), H (Peso específico aparente (Base seca); H = D / E), I (Absorción K = (A - D / D) * 100).

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam terna: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 18/07/2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN 3/8"

Table with 7 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3, Prom. Rows include A (Peso saturado superficialmente seco de la muestra al aire), B (Peso saturado superficialmente seco de la muestra en agua), C (Volumen de masa + volumen de vacíos; C = A - B), D (Peso seco de la muestra), E (Volumen de masa; E = C - (A - D)), F (Peso específico (Base seca) F = D / C), G (Peso específico (Base saturada) G = A / C), H (Peso específico aparente (Base seca); H = D / E), I (Absorción K = (A - D / D) * 100).

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

NTP 400.022 / ASTM C-128

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam terna: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 19/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

Table with 7 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3, Prom. Rows include A (Peso saturado superficialmente seco), B (Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml), C (Peso saturado superficialmente seco de la muestra + peso de la fiola + agua), D (Peso de la fiola + Peso saturado superficialmente seco + agua hasta marca de 500ml), E (Volumen de masa + volumen de vacío), F (Peso seco de la muestra), G (Volumen de masa), H (Peso específico (Base seca)), I (Peso específico (Base saturada)), J (Peso específico aparente (Base seca)), K (Absorción).

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon , Luis M iguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

ABRASION DE LOS ANGELES

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

NTP 400.019 / ASTM C-131

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Camtera: LEKERSA, El milagro - Trujillo Fecha: 19/07/2023

Datos técnicos

Table with 5 columns: Gradacion, A, B, C, D. Rows include Tam año del Tam iz, Pasa, Retiene, Cantidad de Material (gr), Total, Numero de esferas, and Numero de revoluciones.

Table with 4 columns: ID, Descripción, Und., Muestra. Rows include A, B, C, D, and E (D esgaste a la abrasion de los angeles).

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel



Anexo D: Ensayos del concreto permeable

| | | | | | |
|--|--|--|------------------------------------|----------|----------|
|  UPAO | FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL | | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | |
| | ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 / ASTM C-39 | | | | |
| <u>Datos generales</u> Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022. Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres Br. Alex Navarro Chistama | | | | | |
| <u>Datos técnicos</u> Fecha Elaboración: 22/ 08/ 2023 Fecha Rotura: 19/ 09/ 2023 | | | | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS | | | | | |
| Gradación: | | 3/4" | % A. Fino: | | 20% |
| ID | Descripción | Und. | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 101.17 | 101.62 | 101.28 |
| B | Diámetro 2 | mm | 101.38 | 101.82 | 101.72 |
| C | Diámetro promedio ((A+B)/ 2) | mm | 101.28 | 101.72 | 101.50 |
| D | Altura | mm | 200.00 | 200.00 | 200.00 |
| E | Carga de aplicación | kg | 14200.00 | 14235.00 | 14150.00 |
| F | Área de contacto | cm ² | 80.56 | 81.26 | 80.91 |
| G | Resistencia (E/ F) | kg/ cm ² | 176.27 | 175.18 | 174.89 |
| H | Resistencia Promedio | kg/ cm ² | 175.45 | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS | | | | | |
| Gradación: | | 1/2" | % A. Fino: | | 20% |
| ID | Descripción | Und. | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 101.51 | 101.64 | 101.21 |
| B | Diámetro 2 | mm | 101.57 | 101.39 | 101.18 |
| C | Diámetro promedio ((A+B)/ 2) | mm | 101.54 | 101.52 | 101.20 |
| D | Altura | mm | 200.00 | 200.00 | 200.00 |
| E | Carga de aplicación | kg | 17098.00 | 16714.00 | 17200.00 |
| F | Área de contacto | cm ² | 80.98 | 80.94 | 80.43 |
| G | Resistencia (E/ F) | kg/ cm ² | 211.14 | 206.50 | 213.85 |
| H | Resistencia Promedio | kg/ cm ² | 210.50 | | |
| LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO | | | | | |
| Coordinador de laboratorio: Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel | |  | | | |



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 22/08/2023
Fecha Rotura: 19/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, contact area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres

Br. Alex Navarro Chistama

D atos tecnicos

Fecha Elaboración: 22/ 08/ 2023

Fecha Rotura: 19/ 09/ 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (3/4"), % A. Fino (15%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, area, and resistance.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (1/2"), % A. Fino (15%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, area, and resistance.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: B r. Italo Miguel Amaya Torres
B r. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 22/ 08/ 2023
Fecha Rotura: 19/ 09/ 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, contact area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 23/08/2023
Fecha Rotura: 20/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include Diámetro 1, Diámetro 2, Diámetro promedio, Altura, Carga de aplicación, Área de contacto, Resistencia (E/F), and Resistencia Promedio.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include Diámetro 1, Diámetro 2, Diámetro promedio, Altura, Carga de aplicación, Área de contacto, Resistencia (E/F), and Resistencia Promedio.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 23/08/2023
Fecha Rotura: 20/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres

Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 23/08/2023

Fecha Rotura: 20/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (3/4"), % A. Fino (5%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include Diámetro 1, Diámetro 2, Diámetro promedio, Altura, Carga de aplicación, Área de contacto, Resistencia (E/F), and Resistencia Promedio.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (1/2"), % A. Fino (5%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include Diámetro 1, Diámetro 2, Diámetro promedio, Altura, Carga de aplicación, Área de contacto, Resistencia (E/F), and Resistencia Promedio.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 23/08/2023
Fecha Rotura: 20/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 25/08/2023
Fecha Rotura: 22/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Row 1: Gradación: 3/4", % A. Fino: 0%. Row 2: ID A, Descripción Diámetro 1, Und. mm, 100.73, 100.79, 101.08.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Row 1: Gradación: 1/2", % A. Fino: 0%. Row 2: ID A, Descripción Diámetro 1, Und. mm, 100.73, 100.15, 101.30.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 25/08/2023
Fecha Rotura: 22/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, contact area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 22/08/2023

Fecha de ensayo: 19/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom cm/s | k medio cm/s |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|----------------|-----------------|
| PA204 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 273.00 | 0.194 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 268.00 | 0.198 | 0.196 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 271.00 | 0.196 | | |
| PA205 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 261.00 | 0.203 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 258.00 | 0.206 | 0.203 | 0.198 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 265.00 | 0.200 | | |
| PA206 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 270.00 | 0.197 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 275.00 | 0.193 | 0.196 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 269.00 | 0.197 | | |

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom cm/s | k medio cm/s |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|----------------|-----------------|
| PA154 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 175.00 | 0.303 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 180.00 | 0.295 | 0.297 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 182.00 | 0.292 | | |
| PA155 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 180.00 | 0.295 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 175.00 | 0.303 | 0.298 | 0.291 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 179.00 | 0.297 | | |
| PA156 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 189.00 | 0.281 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 190.00 | 0.279 | 0.277 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 195.00 | 0.272 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal


 Ing. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL
 ING. CIVIL
 R. CIP. 76295



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos tecnicos

Fecha de elaboracion : 23/08/2023
Fecha de ensayo: 20/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PA104 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 112.00 | 0.472 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 117.00 | 0.451 | 0.451 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 123.00 | 0.429 | | |
| PA105 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 128.00 | 0.413 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 120.00 | 0.440 | 0.423 | 0.424 |
| PA106 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 127.00 | 0.416 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 132.00 | 0.400 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 130.00 | 0.406 | 0.398 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 29.50 | 1.00 | 136.00 | 0.388 | | |

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PA54 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 86.00 | 0.617 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 81.00 | 0.655 | 0.645 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 80.00 | 0.663 | | |
| PA55 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 82.00 | 0.647 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 86.00 | 0.617 | 0.635 | 0.623 |
| PA56 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 83.00 | 0.639 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 88.00 | 0.603 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 92.00 | 0.577 | 0.590 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 90.00 | 0.590 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

Mg. LUCIO MEDINA CARBAJAL
ING CIVIL
R CIP 76395



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboracion : 25/08/2023

Fecha de ensayo: 22/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PA04 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 65.00 | 0.817 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 63.00 | 0.842 | 0.829 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 64.00 | 0.829 | | |
| PA05 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 67.00 | 0.792 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 61.00 | 0.870 | 0.839 | 0.834 |
| PA06 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 62.00 | 0.856 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 64.00 | 0.829 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 63.00 | 0.842 | 0.834 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 64.00 | 0.829 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

Mg. LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
ING CIVIL
R. CIP. 7435



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI 522R-10

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboracion : 22/08/2023
Fecha de ensayo: 19/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom cm/s | k medio cm/s |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|----------------|-----------------|
| PB204 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 350.00 | 0.152 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 345.00 | 0.154 | 0.153 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 348.00 | 0.153 | | |
| PB205 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 338.00 | 0.157 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 335.00 | 0.158 | 0.157 | 0.154 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 342.00 | 0.155 | | |
| PB206 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 347.00 | 0.153 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 352.00 | 0.151 | 0.152 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 346.00 | 0.153 | | |

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom cm/s | k medio cm/s |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|----------------|-----------------|
| PB154 | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 225.00 | 0.231 | | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 223.00 | 0.233 | 0.231 | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 227.00 | 0.229 | | |
| PB155 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 225.00 | 0.236 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 228.00 | 0.233 | 0.233 | 0.225 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 230.00 | 0.231 | | |
| PB156 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 250.00 | 0.212 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 249.00 | 0.213 | 0.212 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 253.00 | 0.210 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

.....
 Ing. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL
 ING CIVIL
 R. G.P. 76395



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 23/08/2023

Fecha de ensayo: 20/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PB104 | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 120.00 | 0.434 | | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 125.00 | 0.416 | 0.416 | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 131.00 | 0.397 | | |
| PB105 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 136.00 | 0.390 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 128.00 | 0.415 | 0.399 | 0.397 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 135.00 | 0.393 | | |
| PB106 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 140.00 | 0.379 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 138.00 | 0.385 | 0.377 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 144.00 | 0.369 | | |

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PB54 | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 94.00 | 0.554 | | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 89.00 | 0.585 | 0.576 | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 88.00 | 0.591 | | |
| PB55 | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 90.00 | 0.578 | | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 94.00 | 0.554 | 0.568 | 0.566 |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 91.00 | 0.572 | | |
| PB56 | 15.00 | 9.90 | 76.98 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 96.00 | 0.564 | | |
| | 15.00 | 9.90 | 76.98 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 100.00 | 0.542 | 0.553 | |
| | 15.00 | 9.90 | 76.98 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 98.00 | 0.553 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal



 Ing. LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
 ING. CIVIL
 R. O.P. 76095



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos tecnicos

Fecha de elaboracion : 25/08/2023
Fecha de ensayo: 22/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Table with 11 columns: Item, L, D, Ap, At, h1, h2, t, k, k prom, k medio. Rows include items PB04, PB05, and PB06 with their respective measurements.

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

Handwritten signature and stamp: Ing. Lucio Medina Carbajal, Ing. Civil, N. CIP. 70005



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI 522R-10

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboracion : 22/08/2023

Fecha de ensayo: 19/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PC204 | 15.00 | 10.05 | 79.33 | 82.52 | 30.00 | 1.00 | 395.00 | 0.134 | | |
| | 15.00 | 10.05 | 79.33 | 82.52 | 30.00 | 1.00 | 393.00 | 0.135 | 0.134 | |
| | 15.00 | 10.05 | 79.33 | 82.52 | 30.00 | 1.00 | 397.00 | 0.134 | | |
| PC205 | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 83.32 | 30.00 | 1.00 | 395.00 | 0.134 | | |
| | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 83.32 | 30.00 | 1.00 | 398.00 | 0.133 | 0.133 | 0.132 |
| PC206 | 15.00 | 10.10 | 80.12 | 83.32 | 30.00 | 1.00 | 400.00 | 0.133 | | |
| | 15.00 | 10.40 | 84.95 | 88.25 | 30.00 | 1.00 | 410.00 | 0.129 | | |
| | 15.00 | 10.40 | 84.95 | 88.25 | 30.00 | 1.00 | 413.00 | 0.128 | 0.128 | |
| | 15.00 | 10.40 | 84.95 | 88.25 | 30.00 | 1.00 | 415.00 | 0.128 | | |

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PC154 | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 300.00 | 0.21 | | |
| | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 305.00 | 0.20 | 0.205 | |
| | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 307.00 | 0.20 | | |
| PC155 | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 310.00 | 0.20 | | |
| | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 315.00 | 0.20 | 0.200 | 0.205 |
| PC156 | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 312.00 | 0.20 | | |
| | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 297.00 | 0.21 | | |
| | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 298.00 | 0.21 | 0.210 | |
| | 20.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.50 | 294.00 | 0.21 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

ING. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL
ING CIVIL
R. CIP. 76035



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 23/08/2023
Fecha de ensayo: 20/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom cm/s | k medio cm/s |
|-------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|----------------|-----------------|
| PC104 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 243.00 | 0.218 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 237.00 | 0.224 | 0.223 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 235.00 | 0.226 | | |
| PC105 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 250.00 | 0.212 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 242.00 | 0.219 | 0.215 | 0.221 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 248.00 | 0.214 | | |
| PC106 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 235.00 | 0.226 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 238.00 | 0.223 | 0.224 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 239.00 | 0.222 | | |

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom cm/s | k medio cm/s |
|------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|----------------|-----------------|
| PC54 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 180.00 | 0.295 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 175.00 | 0.303 | 0.295 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 185.00 | 0.287 | | |
| PC55 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 177.00 | 0.300 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 175.00 | 0.303 | 0.302 | 0.291 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 176.00 | 0.302 | | |
| PC56 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 192.00 | 0.276 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 190.00 | 0.279 | 0.276 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 195.00 | 0.272 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

.....
 Ing. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL
 ING CIVIL
 R CIP. 76895



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 25/08/2023

Fecha de ensayo: 22/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

| Item | L cm | D cm | Ap cm ² | At cm ² | h1 cm | h2 cm | t s | k cm/s | k prom | k medio |
|------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|--------|-----------|--------|---------|
| PC04 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 138.00 | 0.385 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 133.00 | 0.399 | 0.392 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 135.00 | 0.393 | | |
| PC05 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 141.00 | 0.376 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 140.00 | 0.379 | 0.381 | 0.383 |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 137.00 | 0.387 | | |
| PC06 | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 144.00 | 0.369 | | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 136.00 | 0.390 | 0.376 | |
| | 15.00 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 144.00 | 0.369 | | |

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

.....
 Ing. LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
 ING. CIVIL
 R. CIP. 76095

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACION, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : Br. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, Br. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACION : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISION DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS PRISMATICAS DE CONCRETO

| PROBETA PRISMÁTICA | | Diseño R. Compresión Kg/cm ² | Fecha de Rotura | | Edad (días) | Longitud cm | Ancho cm | Altura cm | Luz libre entre apoyos cm | Carga | | | Resistencia Mr Kg/cm ² |
|--------------------|-------------------------|---|-----------------|------------|-------------|-------------|----------|-----------|---------------------------|-------|---------|---------|-----------------------------------|
| Nº | Elemento | | Elaboración | Rotura | | | | | | KN | Kgs. | Lbs. | |
| 01 | V.A. Piedra de 3/4" 001 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 19.05 | 1942.53 | 4282.54 | 25.90 |
| 02 | V.A. Piedra de 3/4" 002 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 20.95 | 2136.27 | 4709.67 | 28.48 |
| 03 | V.A. Piedra de 3/4" 003 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 19.73 | 2011.87 | 4435.41 | 26.82 |
| 04 | V.A. Piedra de 3/4" 051 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 22.93 | 2338.17 | 5154.79 | 31.18 |
| 05 | V.A. Piedra de 3/4" 052 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 21.74 | 2216.83 | 4887.27 | 29.56 |
| 06 | V.A. Piedra de 3/4" 053 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 22.16 | 2259.66 | 4981.69 | 30.13 |
| 07 | V.A. Piedra de 3/4" 101 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 23.77 | 2423.83 | 5343.62 | 32.32 |
| 08 | V.A. Piedra de 3/4" 102 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 24.34 | 2481.95 | 5471.76 | 33.09 |
| 09 | V.A. Piedra de 3/4" 103 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 25.55 | 2605.33 | 5743.78 | 34.74 |
| 010 | V.A. Piedra de 3/4" 151 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 27.24 | 2777.66 | 6123.70 | 37.04 |
| 011 | V.A. Piedra de 3/4" 152 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 26.63 | 2715.46 | 5986.57 | 36.21 |
| 012 | V.A. Piedra de 3/4" 153 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 27.70 | 2824.62 | 6227.22 | 37.66 |

Observaciones: Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.
El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el modulo de rotura:

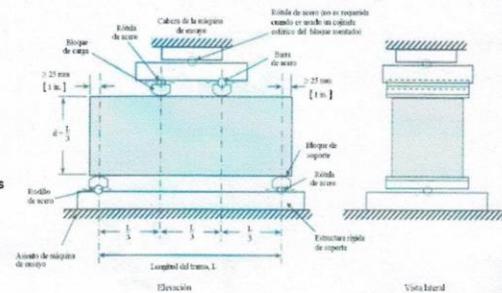
$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm².
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg
L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm
h : Es la altura promedio de la viga, en cm.
NOTA 2. El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (Nº SERIE: 2002021)
CAPACIDAD: 100 000 Kgf.
CERTIFICADO DE CALIBRACION: 1378/20 (12-12-2022)
LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

OBRA : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : Br. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, Br. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO

| PROBETA PRISMÁTICA | Diseño R. | Compresión Kg/cm ² | Fecha de Rotura | | Edad (días) | Longitud cm | Ancho cm | Altura cm | Luz libre entre apoyos cm | Carga | | | Resistencia Mr Kg/cm ² |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|------------|-------------|-------------|----------|-----------|---------------------------|-------|---------|---------|-----------------------------------|
| | | | Elaboración | Rotura | | | | | | KN | Kgs. | Lbs. | |
| 01 | V.A. Piedra de 34" 201 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 35.79 | 3649.51 | 8045.78 | 48.66 |
| 02 | V.A. Piedra de 34" 202 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 33.53 | 3419.05 | 7537.72 | 45.59 |
| 03 | V.A. Piedra de 34" 203 | 210 Kg/cm ² | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 31.46 | 3207.98 | 7072.38 | 42.77 |
| 04 | V.B. Piedra de 1/2" 001 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 18.37 | 1873.19 | 4129.67 | 24.98 |
| 05 | V.B. Piedra de 1/2" 002 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 22.85 | 2330.01 | 5136.80 | 31.07 |
| 06 | V.B. Piedra de 1/2" 003 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 19.31 | 1969.04 | 4340.99 | 26.25 |
| 07 | V.B. Piedra de 1/2" 051 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 25.96 | 2647.14 | 5835.95 | 35.30 |
| 08 | V.B. Piedra de 1/2" 052 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 26.21 | 2672.63 | 5892.15 | 35.64 |
| 09 | V.B. Piedra de 1/2" 053 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 25.63 | 2613.49 | 5761.76 | 34.85 |
| 10 | V.B. Piedra de 1/2" 101 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 31.18 | 3179.42 | 7009.43 | 42.39 |
| 11 | V.B. Piedra de 1/2" 102 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 28.18 | 2873.51 | 6335.02 | 38.31 |
| 12 | V.B. Piedra de 1/2" 103 | 210 Kg/cm ² | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 26.18 | 2669.57 | 5885.40 | 35.59 |

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.
El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el modulo de rotura:

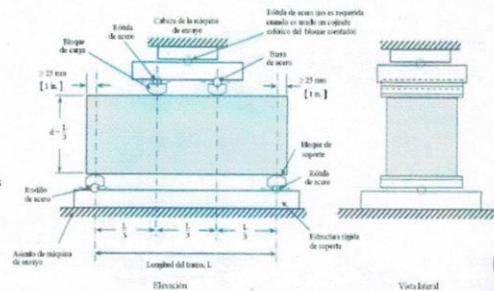
$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm².
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg
L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm
h : Es la altura promedio de la viga, en cm.
NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MÁQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)
CAPACIDAD: 500 000 kgf.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (12-12-2022)
LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

OBRA : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : Br. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, Br. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO

| PROBETA PRISMÁTICA | Diseño R. CompresiónK g/cm2 | Fecha de Rotura | | Edad (días) | Longitud cm | Ancho cm | Altura cm | Luz libre entre apoyos cm | Carga | | | Resistencia Mr Kg/cm2 | |
|--------------------|-----------------------------|-----------------|------------|-------------|-------------|----------|-----------|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------|-------|
| | | Elaboración | Rotura | | | | | | KN | Kgs. | Lbs. | | |
| 01 | V.B. Piedra de 1/2" 151 | 210 Kg/cm2 | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 38.33 | 3908.51 | 8616.79 | 52.11 |
| 02 | V.B. Piedra de 1/2" 152 | 210 Kg/cm2 | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 36.17 | 3688.25 | 8131.21 | 49.18 |
| 03 | V.B. Piedra de 1/2" 153 | 210 Kg/cm2 | 18/07/2023 | 15/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 36.35 | 3706.61 | 8171.68 | 49.42 |
| 04 | V.B. Piedra de 1/2" 201 | 210 Kg/cm2 | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 44.18 | 4505.03 | 9931.90 | 60.07 |
| 05 | V.B. Piedra de 1/2" 202 | 210 Kg/cm2 | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 44.38 | 4525.43 | 9976.86 | 60.34 |
| 06 | V.B. Piedra de 1/2" 203 | 210 Kg/cm2 | 21/07/2023 | 18/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 43.64 | 4449.97 | 9810.51 | 59.33 |
| 07 | V.C. Piedra de 3/8" 001 | 210 Kg/cm2 | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 18.72 | 1908.88 | 4208.36 | 25.45 |
| 08 | V.C. Piedra de 3/8" 002 | 210 Kg/cm2 | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 18.09 | 1844.64 | 4066.73 | 24.60 |
| 09 | V.C. Piedra de 3/8" 003 | 210 Kg/cm2 | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 18.87 | 1924.17 | 4242.08 | 25.66 |
| 010 | V.C. Piedra de 3/8" 051 | 210 Kg/cm2 | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 21.12 | 2153.61 | 4747.89 | 28.71 |
| 011 | V.C. Piedra de 3/8" 052 | 210 Kg/cm2 | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 19.83 | 2022.07 | 4457.89 | 26.96 |
| 012 | V.C. Piedra de 3/8" 053 | 210 Kg/cm2 | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 20.52 | 2092.42 | 4613.01 | 27.90 |

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión. El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm²
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L : Es la luz libre entre apoyos, en mm

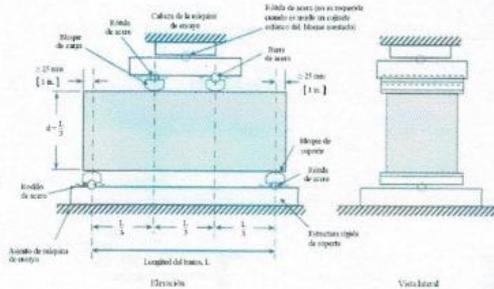
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm

h : Es la altura promedio de la viga, en cm

NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MÁQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 20002021)
CAPACIDAD: 300 000 Kg.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (12-12-2022)
LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

OBRA : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : BR. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, BR. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO

| PROBETA PRISMÁTICA | Diseño R. Compresión Kg/cm ² | Fecha de Rotura | | Edad (días) | Longitud cm | Ancho cm | Altura cm | Luz libre entre apoyos cm | Carga | | | Resistencia Mr Kg/cm ² | |
|--------------------|---|------------------------|------------|-------------|-------------|----------|-----------|---------------------------|-------|-------|---------|-----------------------------------|-------|
| | | Elaboración | Rotura | | | | | | KN | Kgs. | Lbs. | | |
| 01 | V.C. Piedra de 3/8" 101 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 23.33 | 2378.96 | 5244.71 | 31.72 |
| 02 | V.C. Piedra de 3/8" 102 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 22.86 | 2331.03 | 5139.05 | 31.08 |
| 03 | V.C. Piedra de 3/8" 103 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 22.52 | 2296.36 | 5062.62 | 30.62 |
| 04 | V.C. Piedra de 3/8" 151 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 25.67 | 2617.57 | 5770.75 | 34.90 |
| 05 | V.C. Piedra de 3/8" 152 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 26.02 | 2653.26 | 5849.44 | 35.38 |
| 06 | V.C. Piedra de 3/8" 153 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 26.11 | 2662.44 | 5869.67 | 35.50 |
| 07 | V.C. Piedra de 3/8" 201 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 28.25 | 2880.65 | 6350.75 | 38.41 |
| 08 | V.C. Piedra de 3/8" 202 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 27.91 | 2845.98 | 6274.32 | 37.95 |
| 09 | V.C. Piedra de 3/8" 203 | 210 Kg/cm ² | 25/07/2023 | 22/08/2023 | 28 | 52.00 | 15.00 | 15.00 | 45.00 | 26.54 | 2706.28 | 5966.33 | 36.08 |

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.
El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

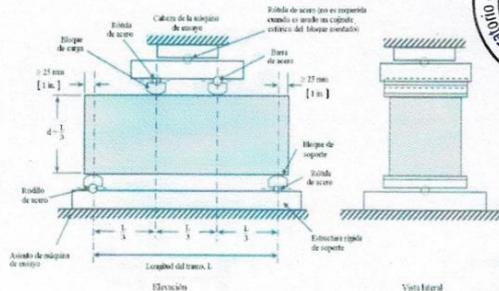
$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm².
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg
L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm
h : Es la altura promedio de la viga, en cm.
NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)
CAPACIDAD: 100 000 Kgf.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (-12-2022)
LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574