

**Universidad Católica de Santa María**

**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**“PROPUESTA DE IMPERMEABILIZACIÓN EN CIMENTACIONES,  
REALIZANDO UN DISEÑO DE MEZCLA CON TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO  
ADICIONANDO MUCÍLAGO OBTENIDO DEL NOPAL OPUNTIA FICUS-INDICA  
EN LARA- AREQUIPA-PERÚ”**

Tesis presentada por los bachilleres:

**Cervantes Choquehuayta, Claudia  
Milagros**

**Espinoza Cuadra, David Bruno**

para optar el Título Profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Asesor:**

**Dr. Díaz Galdós Miguel Renato**

**Arequipa – Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA CIVIL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 07 de Septiembre del 2021

**Dictamen: 002926-C-EPIC-2021**

Visto el borrador del expediente 002926, presentado por:

**2013800822 - CERVANTES CHOQUEHUAYTA CLAUDIA MILAGROS**

**2013201501 - ESPINOZA CUADRA DAVID BRUNO**

Titulado:

**PROPUESTA DE IMPERMEABILIZACIÓN EN CIMENTACIONES, REALIZANDO UN DISEÑO DE MEZCLA CON TECNOLOGÍAS DE BAJO COSTO ADICIONANDO MUCILAGO OBTENIDO DEL NOPAL OPUNTIA FICUS-INDICA EN LARA- AREQUIPA-PERÚ**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1949 - DIAZ GALDOS MIGUEL RENATO  
DICTAMINADOR**



**2778 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO  
DICTAMINADOR**



**3044 - GAMARRA TUCO RUBEN FRANCISCO  
DICTAMINADOR**



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por darme la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida, ayudándome a superar cada obstáculo.*

*A mi padre, José Luis, que desde el cielo me protege, cuida y motiva a seguir adelante y por su amor incondicional.*

*A mi madre, Ana María, por su inmenso amor, por estar siempre ahí para apoyarme y creer en mí.*

*A mis hermanas, Anny, María Fernanda y Joselyn, por su paciencia y comprensión, por estar siempre a mi lado apoyándome, aconsejándome y motivándome.*

*A mi compañero de tesis David, por el tiempo invertido y por su esfuerzo constante en elaboración de esta tesis.*

*A mi asesor, Doctor Miguel Renato Díaz Galdós, por sus consejos, su tiempo, su apoyo, constante en la elaboración de esta tesis.*

*Al equipo técnico del laboratorio, por sus consejos y colaboración en los ensayos realizados en el laboratorio UCSM.*

## DEDICATORIA

*A Dios, a mis padres y hermanas, por ser el soporte en mi vida, y ayudarme a descubrir quién soy gracias a ustedes. Les dedico todo mi esfuerzo y pasión, en reconocimiento a todo el sacrificio que han realizado durante toda mi vida.*

***Claudia Milagros Cervantes Choquehuayta***

## AGRADECIMIENTOS

*Mi agradecimiento a todas las autoridades y personal de la UCSM, por abrirme las puertas de la institución durante mi formación, y permitirme realizar todo el proceso de investigación para la presente tesis.*

*Mi agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Profesional De Ingeniería Civil de la UCSM, en especial al Ing. Yorel Noriega, por su excelente vocación, dedicación, esmero y amistad.*

*Mi agradecimiento, a mi compañera Claudia, por su constante motivación, ejemplo y apoyo.*

*Mi agradecimiento a todos los amigos y compañeros que nos ayudaron durante la realización de los ensayos, por compartir sus experiencias y consejos.*

*Finalmente expresar un enorme agradecimiento al Dr. Miguel Renato Díaz Galdós, quien, con su dirección, apoyo y conocimientos, permitió el desarrollo y culminación de esta tesis de investigación.*

## DEDICATORIA

*A Dios, a mis padres Doroteo y Juliana, por ser un ejemplo constante de perseverancia, y emprendimiento, brindándome su amor y apoyo día tras día.*

*A mi hermano Daniel, por su paciencia y preocupación.*

*A mis amigos, por darme la mano y su consejo en todo momento.*

**David Bruno Espinoza Cuadra**

## RESUMEN

La permeabilidad del concreto, es la propiedad que tiene este material para permitir el paso de sustancias, ya sean líquidas o gaseosas por medio de los poros que presenta, estas sustancias en la mayoría de casos origina patologías del concreto, es por tal motivo que la permeabilidad es un factor esencial en la durabilidad del concreto.

Actualmente para prevenir estos problemas, se usan aditivos impermeabilizantes, que en algunos casos llegan a ser muy costosos.

Es por esto que la presente investigación, tiene como objetivo comparar el diseño tradicional con cemento tipo IP, con un concreto adicionando un aditivo natural como es el mucilago de nopal a proporciones del 0.5%, 1.0% y 3.0%, al fin de determinar si se puede obtener una reducción de la permeabilidad, sin perder las otras propiedades como la resistencia a la compresión.

Los resultados indican que el mucilago de nopal logra reducir notablemente el coeficiente permeabilidad, la sorptividad que es la velocidad de absorción del concreto, y el porcentaje de poros permeables, cuando se aplica en un 3%, pero la resistencia a la compresión se ve afectada a medida que se incrementa el porcentaje de mucilago según antecedentes previos, por tal motivo se recomienda utilizar este aditivo en proporción del (1% al 3%) del peso del cemento.

### **Palabras Clave:**

Permeabilidad del concreto, poros, absorción, sorptividad, mucilago de nopal, relación agua/cemento, tipo de cemento, resistencia a la compresión.

**ABSTRACT**

The permeability of concrete is the property that this material has to allow the passage of substances, whether liquid or gaseous through the pores it presents, these substances in most cases cause concrete pathologies, it is for this reason that the Permeability is an essential factor in the durability of concrete.

Currently, to prevent these problems, waterproofing additives are used, which in some cases become very expensive.

That is why the present investigation aims to compare the traditional design with IP-type cement, with a concrete adding a natural additive such as nopal mucilage at proportions of 0.5%, 1.0% and 3.0%, in order to determine whether a reduction in permeability can be obtained, without losing the other properties such as compressive strength.

The results indicate that the nopal mucilage manages to significantly reduce the permeability coefficient, the sorptivity which is the speed of absorption of the concrete, and the percentage of permeable pores, when applied by 3%, but the compressive strength is affected. as the percentage of mucilage increases according to previous antecedents, for this reason it is recommended to use this additive in a proportion of (1% to 3%) of the weight of the cement.

**Key Words:**

Permeability of concrete, pores, absorption, sorptivity, nopal mucilage, water / cement ratio, type of cement, compressive strength.

### Introducción:

Como principal regla, las estructuras elaboradas a base de concreto deberían presentar dureza, durabilidad, y estética, estas condiciones son conseguidas usando adecuadas técnicas de diseño y construcción. Sin embargo, ocasionalmente los procedimientos y/o técnicas no son siempre los correctos, o los más óptimos, ocasionando errores en la construcción, tanto en su estructura como en su estética, un ejemplo de esto es el caso de la eflorescencia.

Esta eflorescencia es una mancha o velo superficial presente en los exteriores e interiores de la construcción, debido a la presencia de sales solubles como sales de calcio, potasio, sodio, bario, nitrato, magnesio y carbonato, que es arrastrada por el agua de la lluvia para luego precipitarse dentro de los poros de los ladrillos por procesos de capilaridad. (Osuna Marcos, 1998).

Los cementos portland son cementos hidráulicos conformados casi en su totalidad de silicatos hidráulicos de calcio, los cuales permiten la fragua y endurecimiento debido a la reacción química que estos tienen al estar en contacto con el agua. Durante esta reacción química, el cemento se mezcla con el agua para formar una masa llamada pasta. Cuando se adiciona la pasta (cemento y agua) a los agregados (arena y grava) esta actúa como un adhesivo y los une para formar el concreto, este es el material de construcción más versátil y usado en el mundo. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi., 2004)

La tuna o nopal, la cual es una planta tropical de la familia de los cactus (*Opuntia ficus-indica*), tiene una gran relevancia en las zonas agro-ganaderas de los andes peruanos, donde ha encontrado las condiciones adecuadas para su establecimiento, donde el uso más

frecuente que se le da a esta planta es como hospedera para la crianza de un insecto conocido como cochinilla (*Dactylopius coccus costa*), en cuyo interior se produce el carmín, pigmento natural usado en la industria alimenticia, textil y farmacéutica.

“El Perú es el principal productor de carmín de cochinilla y abastece el 90% de la demanda mundial, de la cual Arequipa provee el 70% de materia prima utilizada para generar este producto final”. (Segura, 2017)

El mucílago de nopal, contenido en la baba de las pencas de nopal, ha sido empleado en la producción de morteros de cal durante siglos para proteger y restaurar edificios debido a su desempeño contra el agrietamiento y la penetración de agua (Cardenas, Arguelles, & Goycoolea, 1998).

También se ha utilizado en la elaboración de hormigón hidráulico y mortero, encontrando que el mucílago de nopal permite incrementar los tiempos de fraguado, disminuye la absorción de agua y aumenta la resistencia a la compresión (Chandra, S.; Eklund, L.; Villarreal R. R.; , 1998). Asimismo, otras investigaciones demuestran que el mucílago de nopal actúa como agente modificador de la viscosidad en la pasta de cemento, con lo que se incrementa la resistencia a la segregación del hormigón auto compactate, además reduce la absorción capilar de agua e incrementar la resistencia a la compresión. (Ruiz-Garcia, S.; , MSc Thesis,, 2005). (Peschard, A.; Govin, A.; Grosseau, P.; Guilhot, B.; Guyonnet, R.;, 2004) estudiaron por medio de calorimetría isotérmica, termogravimetría y espectroscopia infrarroja el proceso de hidratación de pastas de cemento conteniendo distintos polisacáridos. Sus resultados indican que el retardo de la hidratación depende del tipo de cemento e incrementa con altas relaciones polisacárido/cemento en peso.

En este trabajo se determinará el comportamiento del mucílago de nopal como aditivo natural en estado fresco y endurecido del concreto, la resistencia del concreto a partir de

concentraciones del 0.5, 1% y 3 % de nopal, y el comportamiento del concreto en contacto con el agua (impermeabilidad).



### Índice de contenido

DICTAMEN APROBACION DE BORRADOR.....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN .....	V
ABSTRACT.....	VI
INTRODUCCIÓN:.....	VII
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>X</b>
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XIV
ÍNDICE DE GRAFICAS .....	XV
ÍNDICE DE FORMULAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
CAPITULO I: .....	1
1. GENERALIDADES: .....	1
1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. ....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4. REVISIÓN DE ANTECEDENTES .....	3
1.4.1. INTERNACIONAL.....	3
1.4.2. NACIONAL.....	4
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.5.1. GENERAL. ....	5
1.5.2. ESPECÍFICOS.....	5
1.6. HIPÓTESIS .....	6
1.7. ANÁLISIS DE VARIABLES.....	6
1.7.1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN.....	7
1.8. METODOLOGÍA PROPUESTA.....	9
1.8.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	9
1.8.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	9
1.8.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	9
1.8.4. ALCANCE .....	10
1.8.5. POBLACIÓN .....	10
1.8.6. MUESTRA.....	10
1.8.7. TOMA DE MUESTRA.....	11
1.8.8. INSTRUMENTO.....	11
1.8.9. TÉCNICA.....	12

X

CAPITULO II: .....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 NORMAS TÉCNICAS .....	13
2.2 CONCRETO .....	14
2.3 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO.....	14
2.3.1 AGUA DE MEZCLA .....	14
2.3.2 AGREGADO .....	14
2.3.3 CEMENTO.....	15
2.3.4 ADITIVOS. ....	16
2.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	16
2.5 DISEÑO DE MEZCLA.....	17
2.5.1 MÉTODOS DEL DISEÑO DE MEZCLA.....	17
2.5.1.3 MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....	18
2.6 EL NOPAL .....	18
2.6.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	18
2.6.2 IMPORTANCIA Y USOS.....	19
2.6.3 MUCILAGO DE NOPAL .....	19
2.6.4 OBTENCIÓN DE LOS CLADODIOS DE LA OPUNTIA FICUS INDICA. (PENCAS DE TUNA) .....	19
2.6.5 EXTRACCIÓN.....	20
CAPÍTULO III.....	21
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS .....	21
3.1. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS.....	21
3.1.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	21
3.1.2. DATOS Y RESULTADOS.....	22
3.2. MÓDULO DE FINEZA .....	33
3.2.1. DATOS Y RESULTADOS.....	33
3.3. ENSAYO PARA DETERMINAR MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ 200.....	34
3.3.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	35
3.3.2. DATOS Y RESULTADOS.....	36
3.4. TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS .....	38
3.4.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	39
3.4.2. DATOS Y RESULTADOS.....	40
3.5. IMPUREZAS ORGÁNICAS .....	44
3.5.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	44
3.5.2. DATOS Y RESULTADOS.....	44
3.6. VALOR DEL AZUL DE METILENO DEL AGREGADO FINO.....	45
3.6.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	45
3.6.2. CÁLCULOS Y FORMULAS.....	46
3.6.3. DATOS Y RESULTADOS.....	47
3.7. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO .....	48
3.7.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	48
3.7.2. CÁLCULOS Y FORMULAS.....	49
3.7.3. DATOS Y RESULTADOS.....	51

3.8. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO .....	53
3.8.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	53
3.8.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	55
3.8.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	57
3.9. PESO UNITARIO COMPACTADO Y SUELTO DE LOS AGREGADOS. ....	58
3.10. PESO UNITARIO COMPACTADO PUC. ....	59
3.10.1. PROCEDIMIENTO.....	59
3.10.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	60
3.10.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	60
3.11. PESO UNITARIO SUELTO PUS. ....	63
3.11.1. PROCEDIMIENTO.....	63
3.11.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	63
3.11.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	64
3.12. CONTENIDO DE HUMEDAD. ....	66
3.12.1. PROCEDIMIENTO.....	66
3.12.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	67
3.12.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	68
3.13. PROPIEDADES DEL CEMENTO .....	69
CAPÍTULO IV: .....	70
4. DISEÑO DE MEZCLA Y ENSAYOS DEL CONCRETO.....	70
4.1. DISEÑO DE MEZCLA.....	70
4.1.1. METODOLOGÍA DEL DISEÑO. ....	70
4.1.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO. ....	70
4.1.3. MÉTODO DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO.....	80
4.2. ENSAYO EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO.....	80
4.2.1. MEDICIÓN DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO. ....	81
4.2.1.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	81
4.2.1.2. DATOS Y RESULTADOS. ....	82
4.2.2. MEDICIÓN DE CONTENIDO DE AIRE Y PESO UNITARIO .....	84
4.2.2.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	84
4.2.2.2. DATOS Y RESULTADOS. ....	85
4.2.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA .....	88
4.2.3.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	88
4.2.3.2. DATOS Y RESULTADOS. ....	89
4.3. ENSAYO EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO. ....	91
4.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. ....	91
4.3.1.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	91
4.3.1.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	92
4.3.1.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	92
4.3.2. ABSORCIÓN CAPILAR (SORPTIVIDAD).....	97
4.3.2.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	97
4.3.2.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	98
4.3.2.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	100
4.3.3. PORCENTAJE DE POROS PERMEABLES. ....	102
4.3.3.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	102

4.3.3.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	103
4.3.3.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	104
4.3.4. PERMEABILIDAD.....	106
4.3.4.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO. ....	107
4.3.4.2. CÁLCULOS Y FORMULAS. ....	107
4.3.4.3. DATOS Y RESULTADOS. ....	108
CAPÍTULO V: .....	111
5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	111
5.1. AGREGADOS.....	111
5.1.1. AGREGADO FINO. ....	111
5.1.2. AGREGADO GRUESO. ....	112
5.2. CONCRETO FRESCO .....	113
5.3. CONCRETO ENDURECIDO .....	114
CAPÍTULO VI: .....	116
6. ANÁLISIS DE COSTOS.....	116
6.1. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO .....	116
CAPITULO VII: .....	122
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
7.1. CONCLUSIONES .....	122
7.2. RECOMENDACIONES.....	125
7.3. PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN .....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
ANEXOS .....	132
ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO .....	132
ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS. ....	141
ANEXO C: RESULTADOS DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE LOS SIGUIENTES DISEÑOS. .....	146
ANEXO D: RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS RESISTENCIAS DE LOS CUATRO DISEÑOS.....	176
ANEXO E: RESULTADOS ABSORCIÓN Y SORPTIVIDAD DE LOS DIFERENTES DISEÑOS. ....	180
ANEXO F: RESULTADOS PERMEABILIDAD DE LOS DIFERENTES DISEÑOS. ....	210

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1 Ensayo de impurezas orgánicas del agregado fino</i> .....	45
<i>Ilustración 2 Modelo de la tasa de absorción sorptividad</i> .....	98
<i>Ilustración 3 Mezcla de agregados</i> .....	132
<i>Ilustración 4 Cuarteo de agregados</i> .....	132
<i>Ilustración 5 Ensayo de Partículas que pasan por el tamiz # 200</i> .....	132
<i>Ilustración 6 Ensayo de terrones de arcilla</i> .....	132
<i>Ilustración 7 Agua destilada del agregado</i> .....	133
<i>Ilustración 8 Agua destilada después del</i> .....	133
<i>Ilustración 9 El cultivo de mucilago de nopal</i> .....	133
<i>Ilustración 10 Mucilago de nopal</i> .....	134
<i>Ilustración 11 Limpieza del mucilago de nopal</i> .....	134
<i>Ilustración 12 Partes del mucilago antes de dejarlas remojar</i> .....	134
<i>Ilustración 13 Aditivo extraído del mucilago de nopal</i> .....	135
<i>Ilustración 14 Agregado Fino</i> .....	135
<i>Ilustración 15 Agregado Grueso</i> .....	135
<i>Ilustración 16 Adicionando mucilago de nopal</i> .....	136
<i>Ilustración 17 Pesaje de la olla de Washington</i> .....	136
<i>Ilustración 18 Peso del concreto fresco</i> .....	136
<i>Ilustración 19 Ensayo del contenido de Aire</i> .....	137
<i>Ilustración 20 Ensayo de temperatura</i> .....	137
<i>Ilustración 21 Ensayo de asentamiento (Slump)</i> .....	137
<i>Ilustración 22 Medición de Slump</i> .....	137
<i>Ilustración 23 Elaboración de las probetas</i> .....	138
<i>Ilustración 24 Curado de las probetas</i> .....	138
<i>Ilustración 25 Corte de los cilindros de concreto (Probetas)</i> .....	138
<i>Ilustración 26 Secado de los cilindros de concreto (Probetas)</i> .....	138
<i>Ilustración 27 Ensayo de absorción capilar</i> .....	139
<i>Ilustración 28 Ensayo de resistencia a la compresión</i> .....	139
<i>Ilustración 29 Ensayo de resistencia</i> .....	139
<i>Ilustración 30 Ensayo de permeabilidad</i> .....	140
<i>Ilustración 31 División de probetas</i> .....	140
<i>Ilustración 32 Ensayo de permeabilidad</i> .....	140

Índice de graficas

<i>Grafica 1 Curva granulométrica M1 del agregado fino.</i> .....	23
<i>Grafica 2 Curva granulométrica M2 del agregado fino.</i> .....	24
<i>Grafica 3 Curva granulométrica M3 del agregado fino.</i> .....	25
<i>Grafica 4 Curva granulométrica promedio del agregado fino.</i> .....	26
<i>Grafica 5 Curva granulométrica M1 del agregado grueso.</i> .....	29
<i>Grafica 6 Curva granulométrica M2 del agregado grueso.</i> .....	30
<i>Grafica 7 Curva granulométrica M3 del agregado grueso.</i> .....	31
<i>Grafica 8 Curva granulométrica del agregado grueso promedio.</i> .....	32
<i>Grafica 9 Asentamiento de los cuatro diseños.</i> .....	84
<i>Grafica 10 Porcentaje de aire de los cuatro diseños.</i> .....	87
<i>Grafica 11 Peso unitario de los cuatro diseños</i> .....	88
<i>Grafica 12 Temperatura de los cuatro diseños</i> .....	91
<i>Grafica 13 Resistencia a la compresión de los cuatro diseños</i> .....	96
<i>Grafica 14 La absorción vs la raíz cuadrada del tiempo</i> .....	100
<i>Grafica 15 Comparación de sorptividad entre los diseños</i> .....	102
<i>Grafica 16 Porcentaje de poros permeables</i> .....	106
<i>Grafica 17 Permeabilidad</i> .....	110
<i>Grafica 18 Influencia del porcentaje de mucilago de nopal sobre la resistencia a la compresión y permeabilidad</i> .....	115
<i>Grafica 19 Resumen costos de elaboración del concreto según diseño</i> .....	120

Índice de formulas

<i>Formula 1 Modulo de fineza del agregado .....</i>	33
<i>Formula 2 Porcentaje del material más fino del tamiz N°200 .....</i>	36
<i>Formula 3 Porcentaje de partículas desmenuzable y terrones de arcilla .....</i>	40
<i>Formula 4: Valor de metileno del agregado fino .....</i>	46
<i>Formula 5 Peso específico de masa del agregado fino. ....</i>	49
<i>Formula 6 Peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado fino .....</i>	49
<i>Formula 7 Peso específico aparente del agregado fino. ....</i>	50
<i>Formula 8 Absorción del agregado fino .....</i>	50
<i>Formula 9 Peso específico de masa del agregado grueso. ....</i>	55
<i>Formula 10 Peso específico de masa saturado con superficie seca del agregado grueso .....</i>	56
<i>Formula 11 Peso específico aparente del agregado grueso. ....</i>	56
<i>Formula 12 Absorción del agregado grueso. ....</i>	57
<i>Formula 13 Peso unitario compactado .....</i>	60
<i>Formula 14 Peso unitario compactado saturado superficialmente seco .....</i>	60
<i>Formula 15 Peso unitario suelto .....</i>	63
<i>Formula 16 Peso unitario suelto saturado superficialmente seco .....</i>	64
<i>Formula 17 Contenido de humedad de los agregados .....</i>	67
<i>Formula 18 Resistencia requerida promedio. ....</i>	71
<i>Formula 19 Contenido de cemento. ....</i>	74
<i>Formula 20 Volumen absoluto del agregado .....</i>	74
<i>Formula 21 Porcentaje de agregado fino .....</i>	76
<i>Formula 22 Resistencia a la compresión .....</i>	92
<i>Formula 23 La absorción del concreto .....</i>	98
<i>Formula 24 Porcentaje de poros permeables .....</i>	103
<i>Formula 25 Coeficiente de permeabilidad .....</i>	107
<i>Formula 26 Profundidad de penetración .....</i>	108

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Variables dependientes e independientes.</i>	6
<i>Tabla 2 Variables y características.</i>	7
<i>Tabla 3 Concreto expuesto a soluciones de sulfatos.</i>	13
<i>Tabla 4 Clasificación taxonómica de nopal.</i>	18
<i>Tabla 5 Requisitos granulométricos para el agregado fino de acuerdo a NTP 400.037.</i>	22
<i>Tabla 6 Granulometría de agregado fino M1.</i>	23
<i>Tabla 7 Granulometría de agregado fino M2.</i>	24
<i>Tabla 8 Granulometría de agregado fino M3.</i>	25
<i>Tabla 9 Granulometría de agregado fino - Promedio.</i>	26
<i>Tabla 10 Requisitos granulométricos para el agregado grueso de acuerdo a NTP 400.037.</i>	27
<i>Tabla 11 Granulometría de agregado grueso M1.</i>	29
<i>Tabla 12 Granulometría de agregado grueso M2.</i>	30
<i>Tabla 13 Granulometría de agregado grueso M3.</i>	31
<i>Tabla 14 Granulometría de agregado grueso promedio.</i>	32
<i>Tabla 15 Modulo de fineza del agregado fino.</i>	33
<i>Tabla 16 Modulo de fineza del agregado grueso.</i>	33
<i>Tabla 17 Límites de sustancias nocivas del agregado fino de acuerdo a la NTP 400.037.</i>	34
<i>Tabla 18 Límites de sustancias nocivas del agregado grueso de acuerdo a la NTP 400.037.</i>	34
<i>Tabla 19 Cantidad mínima de muestra de acuerdo de NTP 400.018.</i>	35
<i>Tabla 20 Datos del material pasante N°200 del agregado fino.</i>	36
<i>Tabla 21 Cálculos del material pasante N°200 del agregado fino.</i>	37
<i>Tabla 22 Datos del material pasante N°200 del agregado grueso.</i>	37
<i>Tabla 23 Cálculos del material pasante N°200 del agregado grueso.</i>	38
<i>Tabla 24 Límites de sustancias nocivas del agregado fino de acuerdo a la NTP 400.037.</i>	38
<i>Tabla 25 Límites de sustancias nocivas del agregado grueso de acuerdo a la NTP 400.037.</i>	38
<i>Tabla 26 Masa mínima de muestra de acuerdo de NTP 400.015.</i>	39
<i>Tabla 27 Tamices a utilizar para la separación de las partículas.</i>	40
<i>Tabla 28 Datos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado fino.</i>	41
<i>Tabla 29 Cálculos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado fino.</i>	41
<i>Tabla 30 Datos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso tamiz N°4.</i>	42
<i>Tabla 31 Cálculos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso tamiz N°4.</i>	42
<i>Tabla 32 Datos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso tamiz 3/8.</i>	43
<i>Tabla 33 Cálculos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso tamiz 3/8.</i>	43
<i>Tabla 34 Valor del Azul de Metileno.</i>	47
<i>Tabla 35 Datos y resultados del valor de azul de metileno.</i>	47
<i>Tabla 36 Densidad del agua y coeficiente de temperatura "K".</i>	51
<i>Tabla 37 Datos del peso específico y absorción del agregado fino.</i>	52
<i>Tabla 38 Cálculos del peso específico y absorción del agregado fino.</i>	52
<i>Tabla 39 Cálculos del peso específico del agregado fino corregida a 20°.</i>	53

<i>Tabla 40</i>	<i>Peso mínimo de la muestra del ensayo de peso específico.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 41</i>	<i>Datos del peso específico y absorción del agregado grueso.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 42</i>	<i>Cálculos del peso específico y absorción del agregado grueso.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 43</i>	<i>Cálculos del peso específico del agregado grueso coregido a 20º.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 44</i>	<i>Datos del peso unitario compactado del agregado grueso.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 45</i>	<i>Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 46</i>	<i>Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso saturado superficialmente seco.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 47</i>	<i>Datos del peso unitario compactado del agregado fino.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 48</i>	<i>Resultados del peso unitario compactado del agregado fino.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 49</i>	<i>Resultados del peso unitario compactado del agregado fino saturado superficialmente seco.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 50</i>	<i>Datos del peso unitario suelto del agregado grueso.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 51</i>	<i>Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 52</i>	<i>Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso saturado superficialmente seco.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 53</i>	<i>Datos del peso unitario suelto del agregado fino.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 54</i>	<i>Resultados del peso unitario suelto del agregado fino.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 55</i>	<i>Resultados del peso unitario suelto del agregado fino saturado superficialmente seco.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 56</i>	<i>Peso mínimo de la muestra del ensayo de contenido de humedad.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 57</i>	<i>Resultados del contenido de humedad del agregado grueso.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 58</i>	<i>Resultados del contenido de humedad del agregado fino.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 59</i>	<i>Resistencia a la compresión promedio.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 60</i>	<i>Volumen unitario de agua.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 61</i>	<i>Contenido de aire atrapado.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 62</i>	<i>Relación agua-cemento por resistencia.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 63</i>	<i>Resultados de volúmenes absolutos.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 64</i>	<i>Modulo de la fineza de la combinación de agregados.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 65</i>	<i>Resultados de los volúmenes absolutos del agregado.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 66</i>	<i>Resultados de lo pesos secos del diseño.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 67</i>	<i>Resultado de corrección de humedad.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 68</i>	<i>Resultados de corrección de agua.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 69</i>	<i>Diseño de mezcla.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 70</i>	<i>Dosificación del concreto parte por volumen.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 71</i>	<i>Diseño de mezclas con las proporciones del mucilago de nopal.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 72</i>	<i>Diseños de mezcla para 1 m3 de concreto con adición de mucilago de nopal.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 73</i>	<i>Conversión de unidades de medición en peso (kgf) de agregados y cemento a volumen (m3).....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 74</i>	<i>Diseños de mezcla para 1 m3 de concreto con adición de mucilago de nopal con volúmenes.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 75</i>	<i>Resultados de asentamiento del diseño con 0.0% de aditivo.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 76</i>	<i>Resultados de asentamiento del diseño con 0.5 % de aditivo.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 77</i>	<i>Resultados de asentamiento del diseño con 1.0 % de aditivo.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 78</i>	<i>Resultados de asentamiento del diseño con 3.0 % de aditivo.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 79</i>	<i>Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 0.0% de aditivo.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 80</i>	<i>Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 0.5% de aditivo.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 81</i>	<i>Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 1.0% de aditivo.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 82</i>	<i>Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 3.0% de aditivo.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 83</i>	<i>Resultados de temperatura del diseño adicionando el 0.0 %.....</i>	<i>89</i>

<i>Tabla 84 Resultados de temperatura del diseño adicionando el 0.5 %</i> .....	89
<i>Tabla 85 Resultados de temperatura del diseño adicionando el 1.0 %</i> .....	90
<i>Tabla 86 Resultados de temperatura del diseño adicionando el 3.0 %</i> .....	90
<i>Tabla 87 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 0.0% de aditivo.</i> .....	93
<i>Tabla 88 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 0.5% de aditivo.</i> .....	93
<i>Tabla 89 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 1.0% de aditivo.</i> .....	94
<i>Tabla 90 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 3.0% de aditivo.</i> .....	94
<i>Tabla 91 Resumen de la resistencia a la compresión de los diseños.</i> .....	95
<i>Tabla 92 Resumen de absorción de los diferentes diseños</i> .....	100
<i>Tabla 93 Resumen de sorptividad en los diferentes diseños.</i> .....	101
<i>Tabla 94 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 0.0% de aditivo.</i> .....	104
<i>Tabla 95 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 0.5 % de aditivo.</i> .....	104
<i>Tabla 96 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 1.0 % de aditivo.</i> .....	105
<i>Tabla 97 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 3.0 % de aditivo.</i> .....	105
<i>Tabla 98 Resultados de permeabilidad del diseño con 0.0% de aditivo.</i> .....	108
<i>Tabla 99 Resultados de permeabilidad del diseño con 0.5% de aditivo.</i> .....	108
<i>Tabla 100 Resultados de permeabilidad del diseño con 1.0% de aditivo.</i> .....	109
<i>Tabla 101 Resultados de permeabilidad del diseño con 3.0% de aditivo.</i> .....	109
<i>Tabla 102 Resumen de resultados del concreto fresco</i> .....	113
<i>Tabla 103 Resumen de resultados del concreto endurecido</i> .....	114
<i>Tabla 104 Análisis de precios unitarios para concreto con 0% de adición de mucilago de nopal.</i> ...	116
<i>Tabla 105 Análisis de precios unitarios para concreto con 0.5% de adición de mucilago de nopal</i> ...	117
<i>Tabla 106 Análisis de precios unitarios de concreto con 1% de adición de mucilago de nopal</i> .....	118
<i>Tabla 107 Análisis de precios unitarios de concreto con 3% de adición de mucilago de nopal</i> .....	119
<i>Tabla 108 Resumen comparativo del concreto por m<sup>3</sup> según el porcentaje de mucilago de nopal adicionado</i> .....	120
<i>Tabla 109 Análisis precios unitarios para la extracción de mucilago de nopal.</i> .....	121

## **CAPITULO I:**

### **1. Generalidades:**

#### **1.1. Título de la Investigación**

Propuesta de impermeabilización en cimentaciones, realizando un diseño de mezcla con tecnologías de bajo costo adicionando mucílago obtenido del Nopal *Opuntia ficus-indica* en Lara-Arequipa-Perú.

#### **1.2. Problema de Investigación**

##### **1.2.1. Enunciado del problema.**

Según Fernando, Málaga Gonzáles; Eduardo, Farfán Bazán; Víctor, Rendón Dávila; Groverly, Núñez Monar, (2002) En Lara-Socabaya, estando el nivel freático muy superficialmente, ocasiona daños en las unidades de albañilería, el concreto y el acero. El acuífero presenta conductividades hidráulicas que lo clasifican como de permeabilidad media. Acarreando como consecuencias en las estructuras de viviendas unifamiliares, principalmente en las cimentaciones, problemas (carbonatación y oxidación).

##### **1.2.2. Descripción del problema.**

La falta de lugares apropiados para la construcción de viviendas, nos con lleva a construir en zonas que pueden traer complicaciones a las estructuras en cimentaciones, como es la zona de Lara , en el distrito de Socabaya en Arequipa, según Fernando, Málaga Gonzáles; Eduardo, Farfán Bazán; Víctor, Rendón Dávila; Groverly, Núñez Monar, (2002) presenta un nivel freático superficial que, repercuten directamente en la durabilidad de las estructuras de concreto armado

siendo esta humedad capaz de invadir las construcciones ascendiendo desde las cimentaciones por el nivel de permeabilidad que posee, a través de los espacios que quedan en el interior de los elementos no protegidos y expuestos, ocasionando carbonatación y oxidación que generaran debilitamiento y pérdida de la estética en las estructuras.

### 1.3. Justificación de la Investigación

La presente investigación, permitirá conocer a profundidad la interacción de los materiales utilizados en el diseño de mezcla con mucilago de nopal en contacto con el suelo y como estas reaccionan ante la presencia de un medio húmedo, en el caso de niveles freáticos superficiales, llegando a reducir significativamente la porosidad en el concreto, logrando impermeabilizarlo por medio de técnicas económicas, viables y sustentables con el medio ambiente, disminuyendo la permeabilidad y capilaridad, así como el deterioro del acero y concreto que comprometen la integridad de la estructura.

a. Impactos Económicos Por su composición e ingredientes, resultaría más económico el concreto a base de nopal en comparación del concreto con aditivos tradicionales como son los impermeabilizantes y súper-plastificantes; ya que, el mucilago utilizado como aditivo natural, se obtiene del desecho de las podas periódicas del nopal (planta de tuna).

b. Impactos Sociales: Se beneficiarían directamente los pobladores de Lara-Socabaya en donde el uso de los aditivos químicos es mínimo, ya que la mayoría de construcciones son informales realizadas por autogestión, mediante la cual se contrata personal en su mayoría solo con conocimientos empíricos, para que elaboren el diseño y construya la vivienda y por autoconstrucción, e indirectamente los poblados de la costa y sierra, en los que abunda esta

variedad de nopal, donde no solo se podrán utilizar las propiedades impermeabilizantes del nopal con el concreto, sino también con otras técnicas de construcción.

c. Impactos Tecnológicos Es una alternativa que podría reemplazar el uso de aditivos impermeabilizantes químicos.

d. Impactos Ambientales Reduce el impacto de la utilización de los aditivos, reduce la huella de carbono producida en su fabricación, utiliza un subproducto de desecho del nopal, (pencas de la tuna).

#### **1.4. Revisión de Antecedentes**

Para la siguiente investigación, se revisaron trabajos, y artículos científicos, relacionados con el concreto y la incorporación de mucilago de nopal, de los cuales se puede destacar.

##### **1.4.1. Internacional.**

Según el trabajo “Efecto del mucilago de nopal en la resistencia del cemento CPC-30R”, realizado en México, se incorporó al cemento CPC-30R, mucilago de nopal (Nopal *Opuntia ficus-indica*) en porcentajes de concentraciones del 0.1 y 0.3%, en la elaboración del concreto se utilizó el siguiente orden de materiales en el trompo, cemento, las concentraciones respectivas del mucilago de nopal, agregados y una vez lograda la homogeneidad se le adiciono agua. Los resultados que obtuvieron en este trabajo de investigación fueron que lograron probar el incremento de la resistencia a la compresión axial en las muestras adicionadas con el mucilago en comparación de las muestras con el diseño tradicional. (Contreras Bermúdez, RE; Córdoba Ceballos, A; García Elías, A; Gonzales Peredez, RO; Sánchez Amador, JL; García Hernández, A, 2011)

Según el trabajo, “Propiedades físicas de la pasta de cemento y mortero con adiciones de cactus deshidratados”, desarrollada en México, se realizaron cubos de morteros adicionando Aloe Vera y mucilago de nopal; se ensayaron a 30, 90, 180 y 900 días, con esto realizaron el seguimiento de la degradación del aditivo en el tiempo, los resultados obtenidos de esta investigación fueron en comparación con el mortero tradicional; a los 30 días disminuyó la resistencia en  $7.1 \text{ kgf/cm}^2$ ; a los 90 días aumentó la resistencia en  $33 \text{ kgf/cm}^2$ ; a los 180 y 900 días aumentó en  $11 \text{ kgf/cm}^2$ . (Martínez-Molina1; Torres-Acosta2; Celis-Mendoza2; Alonso-Guzman1, 2015)

Según el trabajo; “El uso de aditivos de origen natural integral a masas de concreto para la protección contra la corrosión del acero estructural embebido (caso de estudio: Sábila)”; al concreto se adicionó sábila, según las proporciones correspondientes a los diseños de mezclas de resistencias de 210; 245; 280; a las muestras se realizaron pruebas para evaluar la compresión y la velocidad de corrosión; los resultados de este trabajo demostraron que al incrementar la sábila disminuye la compresión axial, mientras se mostró una disminución en los agentes agresivos hasta un 9.74%. (Babilonia Escallon, Indira; Urango Rojas, Sandy Paola, 2015)

#### **1.4.2. Nacional.**

Según el trabajo “Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucilago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.” Desarrollado en Cusco Perú, estudiaron adobes reemplazando el agua en su elaboración por proporciones del mucilago de nopal 0%, 25%, 50%, 75% y 100%; para medir la erosión y también para la compresión del adobe; en este ensayo se demostró que la compresión en adobes aumenta y la erosión de los adobes disminuye. (Quintana Choqueluque, Diana; Vera Salizar, Mithdwar, 2017)

El trabajo “Uso de la goma de tuna como impermeabilizante en morteros de tierra”, realizado en Perú, plantaban la utilización de la goma de tuna para impermeabilizar los morteros de tierra o en otras palabras usarla como revestimiento de viviendas de adobe, tapial y quincha y obtener información sobre las propiedades de este material. Se realizaron los ensayos de laboratorio de consistencia y granulometría, luego se hicieron los cálculos necesarios para añadir los componentes, hasta alcanzar el rango óptimo recomendado, los resultados fueron mejoras significativas a los revestimientos de morteros de tierra frente a la humedad, siendo la proporción que ofrece mejor resistencia la del 20% frente a la humedad. (Mango Molina Castro , 2004).

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. General.**

Solucionar los problemas causados por los niveles freáticos superficiales en las estructuras de las viviendas; debido a la permeabilidad del concreto, empleando un diseño de mezcla adicionando mucílago obtenido del Nopal *Opuntia ficus-indica* en la zona Lara.

### **1.5.2. Específicos.**

- Elaborar un diseño de mezcla eficiente adicionando mucílago nopal siguiendo la metodología de módulo de fineza.
- Verificar si se produce reducción de la capilaridad midiendo la velocidad de absorción (sorptividad) en el diseño de mezcla adicionando mucílago de Nopal según la norma de ASTM-C1585. 2007.
- Verificar si disminuye el porcentaje de poros permeables del concreto, adicionándole mucilago de nopal.
- Verificar si disminuye la permeabilidad del concreto, adicionándole mucilago de nopal.

- Comparar la resistencia a la compresión, del diseño tradicional con el diseño adicionando mucílago de Nopal, según las normas de NTP 339.034.
- Comparar el costo económico, del diseño tradicional, con el diseño a base de mucílago de Nopal.
- Determinar la forma más adecuada de extracción del mucílago nopal.

## 1.6. Hipótesis

Usando tecnologías de impermeabilización de bajo costo a base del mucílago obtenido del Nopal *Opuntia ficus-indica*, se disminuirá la permeabilidad y se aumentará la durabilidad de las estructuras de las viviendas ubicadas en la zona de Lara del distrito de Socabaya, provincia de Arequipa.

## 1.7. Análisis de Variables.

*Tabla 1 Variables dependientes e independientes.*

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual
<b>Independiente</b>	Tecnologías de impermeabilización de bajo costo a base de mucílago de Nopal.	Mucílago de Nopal: Las pencas de nopal excretan mucílago, este es uno de los componentes más importantes ya que forma parte de la fibra. El mucílago del nopal es un polisacárido fibroso.
<b>Dependiente</b>	Capilaridad	Es la cantidad de agua retenida depende del tamaño y de la disposición de los poros en el concreto.
	Permeabilidad	La porosidad es una característica importante del concreto y de esta dependen en parte otras propiedades como la resistencia a la compresión y la durabilidad

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.7.1. Técnicas, Instrumentos y Materiales de Verificación.

Tabla 2 Variables y características

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Tecnologías de impermeabilización de bajo costo a base de mucílago de Nopal.	Mucílago de Nopal	porosidad	Presencia de sulfatos en el suelo	Porcentaje de poros permeables	Cocina
	Las pencas de nopal excretan mucílago, este es uno de los componentes más importantes ya que forma parte de la fibra. El mucílago del nopal es un polisacárido fibroso.		El clima	Absorción capilar (Sorptividad).	Balanza electrónica
Capilaridad	Es la cantidad de agua retenida depende del tamaño y de la disposición de los poros en el concreto.	capilaridad	Humedad		Balanza electrónica
		Carbonatación	Cambio de aspecto físico debido a la Carbonatación en la cimentación	Resistencia a la compresión	Agua
		Corrosión	Corrosión generalizada	Estudio de casos	Recipientes
					Máquina para ensayo de concreto a compresión
				Permeabilidad	Cámara fotográfica
				Ensayos de impurezas de la arena	Permeámetro
					Registro de observación
					Balanzas

Porosidad	La porosidad es una característica importante del concreto y de esta dependen en parte otras propiedades como la resistencia a la compresión y la durabilidad	Eflorescencias del salitre	Composición del mortero Composición de algunos materiales cuyas sales alcalinas es relativamente alto	Porcentaje de poros permeables	Balanza electrónica
			La humedad	Permeabilidad	Agua
		Resistencia a la compresión	Medición de la resistencia a la compresión		Recipientes
					Permeámetro
					Blog de notas
					Registro de observación
				Resistencia a la compresión	Rotura de probetas

Fuente: Elaboración propia

## **1.8. Metodología propuesta**

### **1.8.1. Tipo de investigación**

Por el tipo de investigación, según su naturaleza, el presente estudio contiene condiciones metodológicas de una investigación aplicada, ya que se distinguen propósitos prácticos inmediatos bien definidos, como la relevancia del aditivo natural (mucilago de nopal), en el concreto fresco y endurecido.

### **1.8.2. Nivel de investigación**

Los tipos de investigación que se utilizaron son exploratoria-correlacional, la primera debido a que el tema a investigar acerca de la utilización de mucilago de nopal como aditivo en el concreto, ha sido poco analizado en nuestro medio, pero con el sustento científico de los ensayos que se realizarán, encontraremos la influencia que tiene este aditivo natural en las propiedades mecánicas del concreto.

La segunda porque existe relación entre la incorporación del mucilago de nopal y la durabilidad en el concreto.

### **1.8.3. Diseño de investigación**

En esta investigación se utilizará un diseño experimental, ya que, con los datos bibliográficos obtenidos, se justificarán los distintos aspectos de la misma. Haciendo posible desarrollar distintas actividades como las cantidades de cada uno de los materiales necesarios para producir el concreto, el cual, luego de una serie de experimentos, nos permitirán determinar la resistencia, nivel de permeabilidad y capilaridad del mismo.

“La investigación experimental se da debido al cambio de una variable experimental no comprobada, en un medio controlado, con el fin de escribir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular” (Tamayo y Tamayo, 2004)

#### **1.8.4. Alcance**

Este proyecto tiene como alcance viviendas unifamiliares, actualmente edificadas por los propietarios como autoconstrucción, o edificaciones informales construidas por autogestión, donde la utilización de aditivo impermeabilizante es mínimo y poco conocido, beneficiando directamente a los habitantes de Lara-Socabaya, y los poblados de la costa y sierra, en los que abunda esta variedad de nopal, este diseño está orientado a técnicas de construcción económicas, viables y sustentables con el medio ambiente.

#### **1.8.5. Población**

La población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de la población poseen una característica común, la que estudia y da origen a los datos de esta investigación. Entonces una población es un conjunto de todas las cosas que concuerdan con una serie determinada de especificaciones técnicas.

La población: el concreto convencional y el concreto con adición de mucilago de nopal.

#### **1.8.6. Muestra.**

Es una parte o fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetivas y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población. (Carrasco Diaz, 2008)

Es así que se plantea un muestreo referencial conforme al alcance y diseño de esta investigación, de acuerdo a las especificaciones de los ensayos y normas se muestra el siguiente análisis:

- Los diseños de mezclas de concreto serán de resistencia a compresión de  $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$  ( $21 \text{ N/cm}^2$ ).
- Las muestras (briquetas), serán cilíndricas de 150mm de diámetro x 300mm de alto y 100mm de diámetro x 200mm de alto.
- Los agregados para el estudio serán de la cantera “La Poderosa” de Arequipa, cemento portland puzolánico tipo IP YURA, las pencas de nopal de la especie *Opuntia ficus-indica* disponible en la región.

#### **1.8.7. Toma de muestra.**

La toma de muestras para los agregados se realizarán tomando en cuenta la Norma Técnica Peruana NTP 400.010 (Agregados Extracción y preparación de las muestras) de la cantera “La Poderosa”, teniendo consideraciones como el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el agregado fino a utilizar, además del transporte de las muestras al laboratorio de suelos y concreto de la escuela profesional de Ingeniería Civil, lugar donde se realizaran los ensayo para determinar las características físicas de los agregados(caracterización), los diseños de mezclas y la preparación de los especímenes de concreto, para luego curarlos.

#### **1.8.8. Instrumento**

En la presente investigación, se recogerán datos en el laboratorio que ayudarán a la interpretación y análisis, usando ensayos normalizados, para así tener un control adecuado y sustentatorio, teniendo como participes también al asesor de la tesis, así como al ingeniero laboratorista los cuales se mencionan a continuación.

- Protocolos para ensayos de materiales en el laboratorio.

- Protocolos para los diseños de mezcla.
- Protocolos para elaborar el concreto.
- Protocolos para la prueba de resistencia a la compresión en los cilindros de concreto, con los equipos calibrados correctamente.

### 1.8.9. Técnica

Constituye el conjunto de reglas y pautas que guían las actividades que realizan los investigadores en cada una de las etapas de la indagación. Las técnicas como herramientas y estrategias suponen un previo conocimiento en cuanto a su utilidad y aplicación, de tal modo que seleccionarlas y elegir las resulte claro para el investigador. (Carrasco Diaz, 2008)

En esta investigación se utilizará la técnica de tipo estadístico, en la cual se tomarán datos recolectados en el laboratorio, como también se realizará el procesamiento de dichos datos para obtener los resultados.

Para aplicar la técnica de estadística, se considerará las variaciones de tendencias que tendrán los datos obtenidos en el laboratorio, llegando así al resultado más próximo a la realidad.

Las técnicas a implementar en este proyecto consisten en cotejar las tablas de resultados de los diferentes diseños de mezcla, revisando específicamente los resultados.

## CAPITULO II:

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Normas técnicas

En la norma técnica E 050, nos menciona que en lugares con Napa Freática en la zona activa de la cimentación o donde se conozca o sea evidente la ocurrencia de ataque químico al concreto de cimentaciones y superestructuras, como es el caso de la zona de Lara donde se realizó este proyecto. En el estudio de suelos se debe de realizar un análisis basado en ensayos químicos del agua o del suelo en contacto con ellas, para descartar o contrarrestar tal evento. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019)

En la Tabla 4.4.3 de la Norma técnica E.060 Concreto Armado que se muestra a continuación, se indican los grados de ataque químico por sulfatos en aguas y suelos subterráneos y la medida correctiva a usar en cada caso. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019)

*Tabla 3 Concreto expuesto a soluciones de sulfatos*

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) <sup>1</sup> , presente en el suelo, % en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) En agua p.p.m.	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal Relación máxima agua/cemento en peso <sup>1</sup>	Concreto con agregados de peso normal y ligero Resistencia mínima a compresión, f'c MPa <sup>1</sup>
Despreciable	0,00 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,10	0,00 ≤ SO <sub>4</sub> < 150	--	--	--
Moderado <sup>2</sup>	0,10 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,20	150 ≤ SO <sub>4</sub> < 1500	II, IP(MS),IS(MS),P(MS),	0,50	28
Severo	0,20 ≤ SO <sub>4</sub> < 2,00	1500 ≤ SO <sub>4</sub> < 10000	I(PM)(MS),I(SM)(MS)	0,45	31
Muy Severo	SO <sub>4</sub> > 2,00	SO <sub>4</sub> > 1000	V V más puzolana <sup>3</sup>	0,45	31

**Fuente: Tabla 4.4.3 de la Norma técnica E 0.60, Reglamento Nacional de Edificaciones, (2019)**

## 2.2 Concreto

Según la norma ASTM C125 (2010) El concreto se define como una combinación compuesta por el material aglomerante y agregados. Dicha mezcla al endurecerse, puede soportar esfuerzos grandes de compresión. (ASTM C125, 2010)

## 2.3 Composición del concreto.

### 2.3.1 Agua de mezcla

Según la Dirección de Normalización del INACAL la norma NTP 339.088 (2014) indica que el agua es el elemento encargado de causar la reacción química con los materiales cementantes, por tal motivo es recomendable el uso de agua potable; si se usara otro tipo de agua se deberá verificar que se cumplan con los parámetros indicados en dicha norma.

### 2.3.2 Agregado

Según la Dirección de Normalización del INACAL en la norma NTP 400.037 (2018), menciona que los agregados también llamados áridos se clasifican según su tamaño, pueden ser finos (arena gruesa) y gruesos (grava), el origen de estos puede ser natural o artificial. Esta norma nos brinda parámetros necesarios que deben ser verificados para que este material pueda ser utilizado en la elaboración del concreto.

#### 2.3.2.1 Ensayos del Agregado fino

- Granulometría
- Módulo de fineza
- Contenido de humedad

- Peso específico y absorción
- Peso unitario
- Materiales más finos que pasan el tamiz 200
- Terrones de arcillas y partículas desmenuzables

#### 2.3.2.2 Ensayos del Agregado grueso

- Granulometría
- Tamaño máximo
- Tamaño máximo nominal
- Módulo de fineza
- Contenido de humedad
- Peso específico y absorción
- Peso unitario
- Materiales más finos que pasan el tamiz 200
- Terrones de arcillas y partículas desmenuzables

#### 2.3.3 Cemento

Según, la Dirección de Normalización del INACAL en las normas NTP 334.090 (2016) y NTP 334.082 (2016) Material compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulico, estos al mezclarse con el agua actúan químicamente convirtiéndose en el principal aglomerante del concreto. En estas normas nos brindan clasificaciones de cementos adicionados y los requisitos químicos y físicos que estos deben cumplir.

- Ensayo de peso unitario de concreto fresco
- Ensayo de contenido de aire
- Ensayo de resistencia a la compresión
- Ensayo de absorción por capilaridad
- Ensayo de la permeabilidad

#### 2.3.4 Aditivos.

El aditivo que se utilizará, será el mucílago de nopal de la especie *Opuntia ficus indica*, esta será añadida durante la mezcla del mortero en pequeñas cantidades, con relación a la masa del cemento. Su función será aportar a las propiedades del concreto, tanto en estado fresco como endurecido

#### 2.4 Resistencia a la compresión.

Algunas propiedades del concreto endurecido se relacionados con su resistencia son: impermeabilidad, densidad, resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades, sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades ( (Neville A.M; Brooks J.J., 2010)

Según, el Reglamento Nacional de Edificaciones E-060 “Concreto Armado” nos indica que para que un concreto sea aceptado para la construcción de cualquier elemento estructural, y sean satisfactorios los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días, se tiene que cumplir con los requisitos de aceptación de las resistencias deseadas en obra, en el acápite 5.5.3.3, donde el criterio 1 indica que promedio aritmético de 3 probetas

debe ser igual o mayor del  $f'c$  (en este caso  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ) y el criterio 2 indica que ningún resultado individual del ensayo de resistencia debe ser menor que el  $f'c$  en más de 35  $\text{kgf/cm}^2$ ; es decir, en nuestro caso no deben ser menores de 175  $\text{kgf/cm}^2$ .

En la misma norma indica, que el diseño se hace adicionando el factor de seguridad y con este factor si o si debe cumplir con la resistencia deseada.  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

## **2.5 Diseño de mezcla.**

Entre los diferentes componentes la mezcla de concreto y sus proporciones; debe existir un balance, entre la economía y el cumplimiento de los requisitos mínimos de la obra. (Rivva Lopez, 2007).

### **2.5.1 Métodos del diseño de mezcla.**

#### **2.5.1.1 Método del comité 211 del ACI.**

El diseño de mezclas desarrollado por el comité 211 del ACI, es un procedimiento simple, que consiste en seguir las tablas. Se basa en las características de obra y limitaciones, que están presentes en esta; como son la relación agua cemento, asentamiento, resistencia a la compresión, y los requisitos especiales como la presencia de sulfatos. (Rivva Lopez, 2007).

#### **2.5.1.2 Método de Walker.**

Este método fue desarrollado por el profesor Stanton Walker y la principal diferencia entre el método de ACI, es la relación del agregado fino con el grueso, la cual varía, de acuerdo al contenido de pasta de la mezcla; también se considera, el perfil, tamaño máximo nominal del agregado grueso, y el módulo de fineza del agregado fino. (Rivva Lopez, 2007)

### 2.5.1.3 Método del módulo de fineza de la combinación de agregados.

Stanton Walker y un grupo de investigación del laboratorio de concreto de la universidad de Maryland, elaboraron un procedimiento, que permite obtener las proporciones del concreto; en el cual las cantidades de los agregados se modifican de acuerdo a sus propios módulos de fineza, mejorando su combinación porcentual en el volumen absoluto, para las condiciones establecidas; como la resistencia, la relación agua/cemento y total de agua. (Rivva Lopez, 2007)

## 2.6 El nopal

El nopal (*Opuntia ficus-indica*) es la cactácea que posee la mayor importancia agronómica a nivel mundial, estas plantas tienen la capacidad de resistir temporadas prolongadas de sequía debido a la presencia de mucilagos que al formar redes moleculares tridimensionales capaces de retener grandes cantidades de agua. (Cardenas, Arguelles, & Goycoolea, 1998)

### 2.6.1 Clasificación taxonómica.

Tabla 4 Clasificación taxonómica de nopal

Reino:	Planta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Cactaceae
Subfamilia:	Opuntioideae
Tribu:	Opuntieae
Género:	Opuntia
Subgénero:	Opuntia
Especie:	O. ficus-indica

**Fuente: Elaboración propia**

### 2.6.2 Importancia y usos.

Los frutos (tunas), se utilizan como alimento para ser consumida fresco; Las pencas de la planta, llamados también “nopalitos”, cuando tienen entre 9 meses a dos años de edad, producen cochinilla.

Las pencas con y sin espinas, se utilizan para alimentar animales (vacas, cabras, ovejas, cuyes, etc.) durante las épocas secas. Las pencas de pocas semanas se utilizan para preparar ensaladas y encurtidos. Las pencas de uno o dos años se cortan en pequeños trozos, se dejan secar y se muelen para obtener almidón para consumo humano y animal.

“La goma de las pencas, mezclada con barro y paja, se utiliza como adherente en el tarrajeo de paredes de viviendas. También se usa como floculante y clarificante de las aguas turbias”. (Segura, 2017)

### 2.6.3 Mucilago de Nopal

Las pencas de nopal excretan una sustancia “viscosa” llamada mucílago, “El mucílago de nopal, obtenido de cladodios, es una sustancia hidro coloidal, heteropolisacárido (con residuos de arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa como azúcares neutros)” (Vargas-Rodríguez, L., Arroyo Figueroa, G., Herrera Méndez, C. H., Pérez Nieto, A., García Vieyra, M. I., & Rodríguez Núñez, J. R., 2016)

### 2.6.4 Obtención de los cladodios de la *Opuntia ficus indica*. (Pencas de tuna)

Los cladodios o pencas de tuna se obtienen gracias al aprovechamiento del subproducto de la poda del nopal, las mismas que se realiza para su formación y limpieza. Las podas de formación, son para lograr una buena arquitectura de la planta, buscando que las pencas se orienten del mismo modo que la penca originaria, las podas de limpieza se

efectúan para eliminar periódicamente las pencas dañadas por plagas o enfermedades, así como aquellos que se han deteriorado por acción de la cochinilla. (Acosta, 2010)

### **2.6.5 Extracción.**

En este método, después de ser lavados y retiradas las espinas se emplea agua para extraer el mucílago, por lo que los trozos de nopal sólo quedan sumergidos en ella, posteriormente son raspados y la solución obtenida se vierte en un embudo de separación para decantarla y separarla de las partículas sólidas, obteniendo así el mucílago concentrado. Este procedimiento es muy usado en la industria de la construcción, cuando se agrega el mucílago como aditivo en los morteros de concreto. (Villalobos Ruiz, 2014).



## CAPÍTULO III

### 3. Caracterización de los materiales utilizados

#### 3.1. Granulometría de los agregados.

El ensayo de granulometría consiste en verificar la gradación de los agregados, los cuales serán utilizados en la elaboración del concreto, los resultados de este ensayo deben estar distribuidas de tal manera que se encuentre dentro de los parámetros definidos en la norma NTP 400.037, con esto comprobar si son aptos para utilizarse en obra cumpliendo con sus especificaciones técnicas.

Los datos obtenidos de este ensayo son esenciales para la elaboración del diseño de mezcla, estos influyen directamente en los ensayos posteriores del concreto tanto fresco como endurecido.

##### 3.1.1. Procedimiento del ensayo.

- Extraer 3 muestras de cada agregado, en el caso del grueso se debe cumplir con el peso mínimo indicado en la Tabla A.1 del Anexo A de la norma (Dirección de Normalización - INACAL, 2013); y para el agregado fino como mínimo deben de ser de 300 g, según lo indica la norma antes mencionada. Obtener las muestras con la máquina de cuarteo mecánico como indica el método A de la norma (Dirección de Normalización - INACAL, 2015), permite estas sean divididas de manera homogénea.
- Dejar las muestras en el horno a una temperatura  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta que su peso no varíe.
- Seleccionar y ordenar en decreciente los tamices correspondientes, agregado fino  $75\mu\text{m}$  (N° 200);  $150\mu\text{m}$  (N° 100);  $300\mu\text{m}$  (N° 50);  $600\mu\text{m}$  (N° 30);  $1,18\text{ mm}$  (N°

16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); y en el agregado grueso 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 12,5 mm (½ de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 25 mm (1 pulgada).

- Utilizar el agitador de tamices a una frecuencia de 150 revoluciones por minuto, dejar los tamices por 3 minutos.
- Pesar el material retenido por cada uno de los tamices.
- Realizar los cálculos y las gráficas de la curva granulométrica.

### 3.1.2. Datos y resultados.

#### 3.1.2.1. Agregado Fino

En la norma NTP 400.012, nos indica que esta prueba debe ser realizada por lo menos tres veces para verificar resultados, y el pesado inicial de la muestra fue aproximadamente 1000 gf. La gráfica de granulometría debe estar entre los parámetros indicados en la tabla 1 de la norma NTP 400.037.

*Tabla 5 Requisitos granulométricos para el agregado fino de acuerdo a NTP 400.037.*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 pulg.)	100
4.75 mm (#4)	95-100
2.36 mm (#8)	80-100
1.18 mm (#16)	50-85
600 µm (#30)	25-60
300 µm (#50)	5-30
150 µm (#100)	0-10
75 µm (#200)	0-3 <sup>a</sup> B

<sup>a</sup> Para concreto no sujeto a la abrasión, el límite para el material más fino que el tamiz #200 debe ser máximo 5%.  
 B Para agregado fino artificial u otros reciclados, si el material más fino que el tamiz #200 es polvo de trituración libre de arcillas o esquistos, este límite debe ser 5% para concreto sujeto a abrasión y 7% como máximo para concreto no sujeto a abrasión.

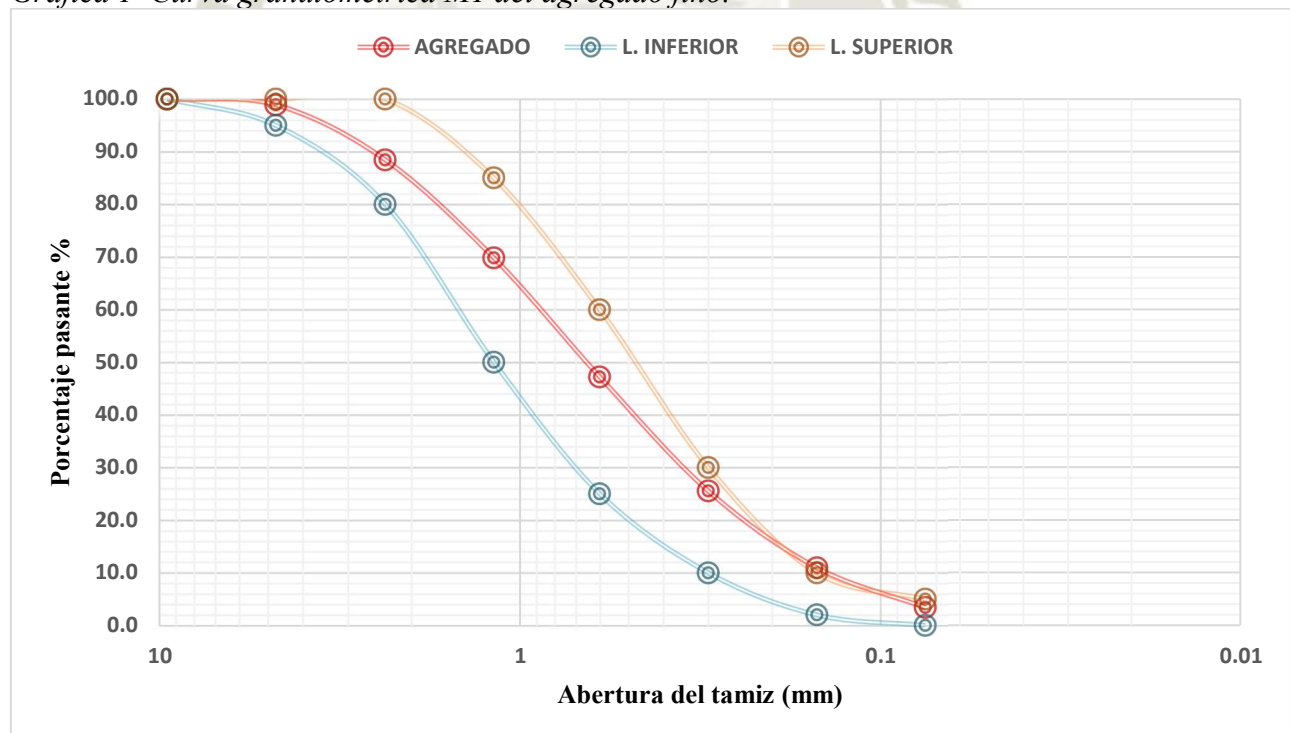
**Fuente: Adaptación de Tabla 1 de la norma NTP 400.037 (2018).**

Tabla 6 Granulometría de agregado fino M1.

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø (mm)	Retenido(gf)	Parcial	Acumulado	Pasa
3/8"	9.5	0	0.0	100.0
N.º 4	4.75	10.69	1.1	98.9
N.º 8	2.36	110.64	11.1	87.8
N.º 16	1.18	196.4	19.7	68.1
N.º 30	0.6	229.24	23.0	45.1
N.º 50	0.3	207.73	20.8	24.3
N.º 100	0.15	137.96	13.8	10.4
N.º 200	0.075	69.23	6.9	3.5
Cazuela		34.89	3.5	0.0
<b>Total</b>		996.78		

Fuente: Elaboración propia

Grafica 1 Curva granulométrica M1 del agregado fino.



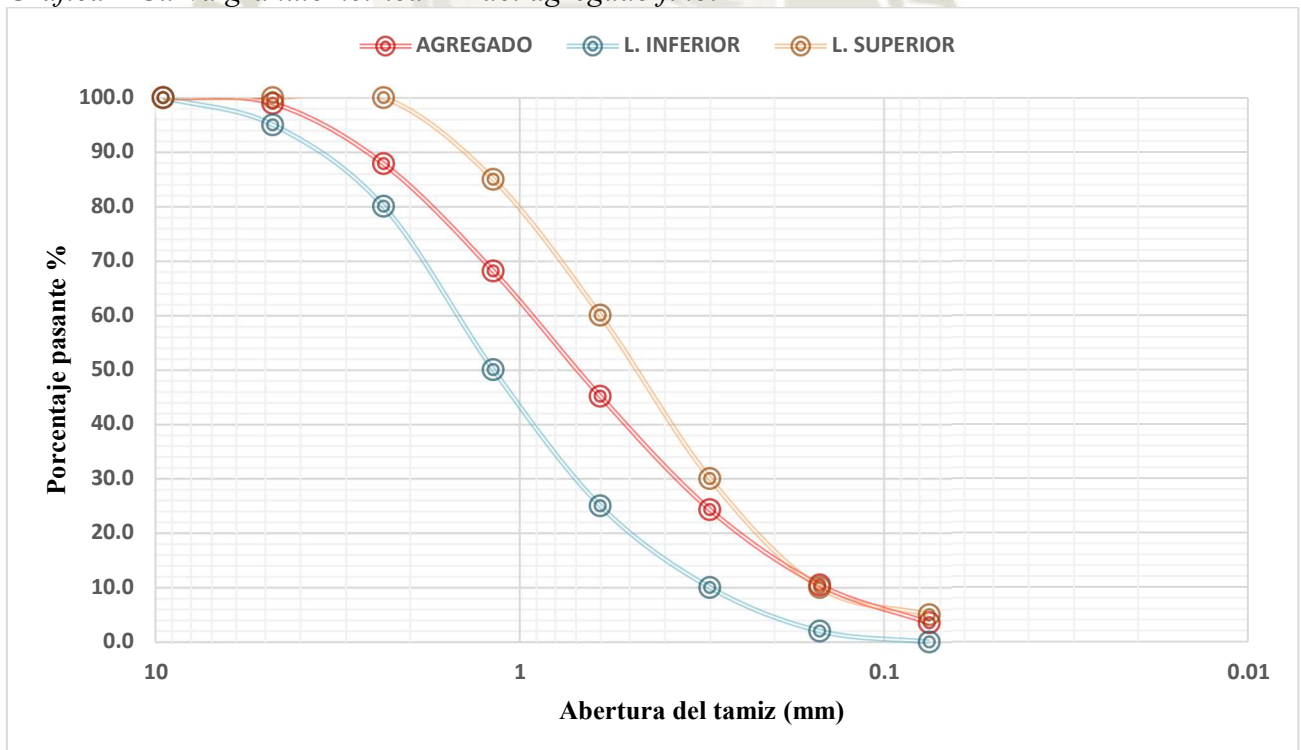
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Granulometría de agregado fino M2

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido(gf)	Parcial	Pasa
3/8"	9.5	0	0.0	100.0
N.º 4	4.75	10.69	1.1	98.9
N.º 8	2.36	110.64	11.1	87.8
N.º 16	1.18	196.4	19.7	68.1
N.º 30	0.6	229.24	23.0	45.1
N.º 50	0.3	207.73	20.8	24.3
N.º 100	0.15	137.96	13.8	10.4
N.º 200	0.075	69.23	6.9	3.5
Cazuela		34.89	3.5	0.0
<b>Total</b>		<b>996.78</b>		

Fuente: Elaboración propia

Grafica 2 Curva granulométrica M2 del agregado fino.



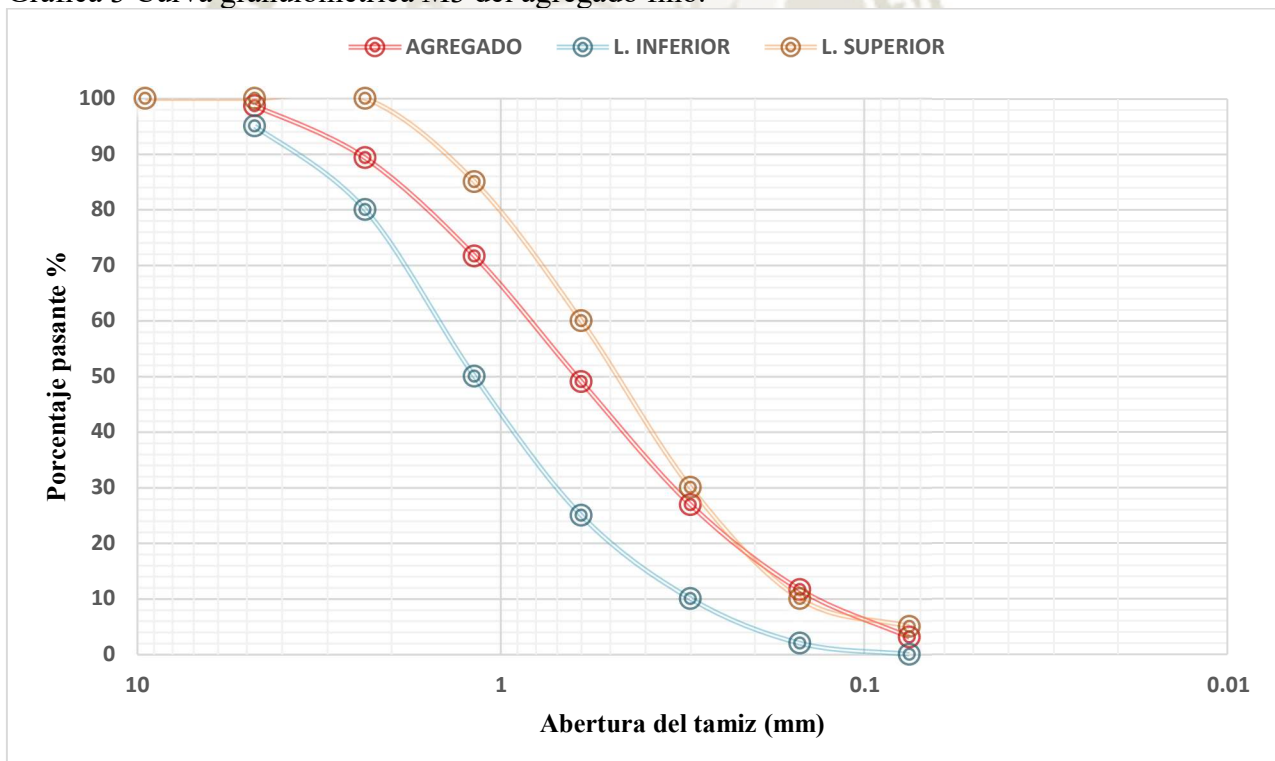
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Granulometría de agregado fino M3

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido(gf)	Parcial	Pasa
3/8"	9.5	0	0.0	100.0
N.º 4	4.75	13.4	1.3	98.7
N.º 8	2.36	93.47	9.4	89.3
N.º 16	1.18	176.01	17.6	71.7
N.º 30	0.6	225.8	22.6	49.0
N.º 50	0.3	220.91	22.1	26.9
N.º 100	0.15	152.4	15.3	11.6
N.º 200	0.075	85.18	8.5	3.1
Cazuela		30.83	3.1	0.0
<b>Total</b>		998		

Fuente: Elaboración propia

Grafica 3 Curva granulométrica M3 del agregado fino.



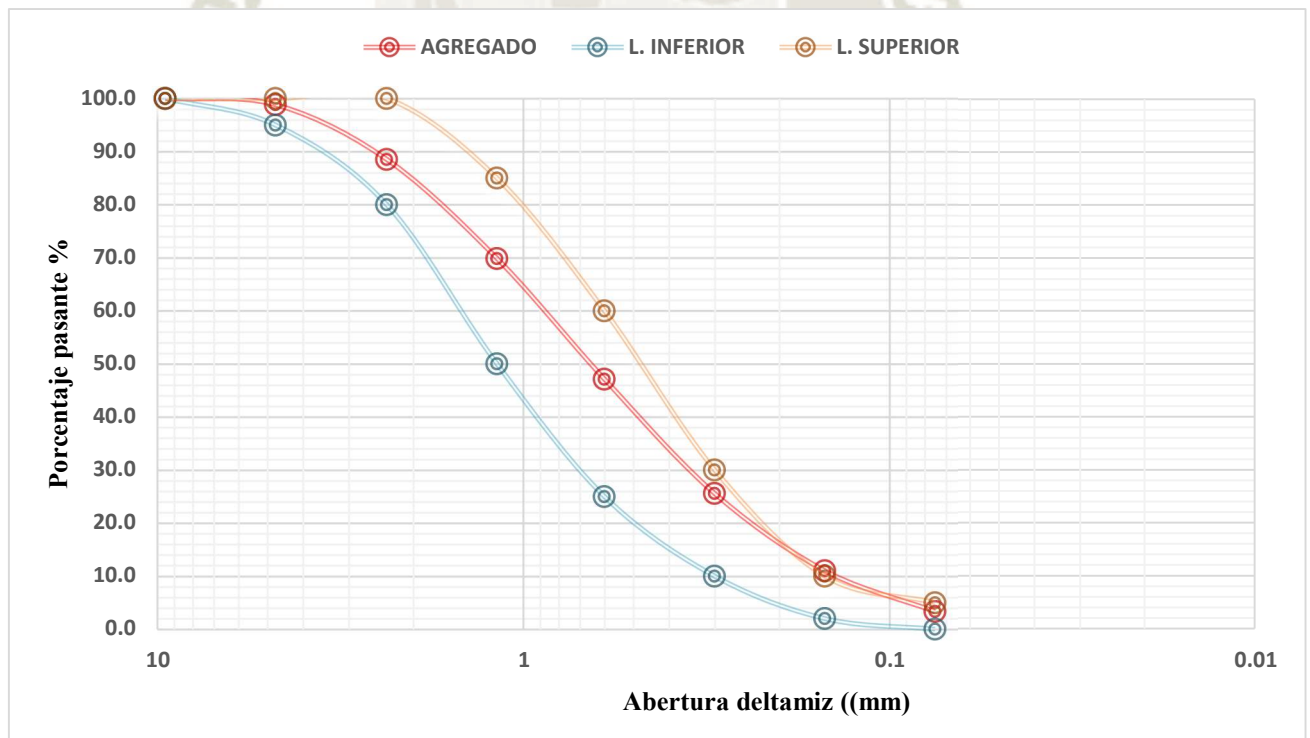
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Granulometría de agregado fino - Promedio.

Tamices	Ø (mm)	% Retenido Acumulado				% Que Pasa				D est
		M1	M2	M3	Promedio	M1	M2	M3	Promedio	
3/8"	9.5	0	0	0	0	100	100	100	100	0.000
N.º 4	4.75	1.1	1.1	1.3	1.2	98.9	98.9	98.7	98.8	0.115
N.º 8	2.36	11.5	12.2	10.7	11.5	88.5	87.8	89.3	88.5	0.750
N.º 16	1.18	30.2	31.9	28.3	30.1	69.8	68.1	69.8	69.9	0.981
N.º 30	0.6	52.8	54.9	51	52.9	47.2	46.6	48	47.1	0.702
N.º 50	0.3	74.5	75.7	73.1	74.4	25.5	24.3	25.9	25.6	0.832
N.º 100	0.15	89	89.6	88.4	89	11	10.4	11.6	11	0.600
N.º 200	0.075	96.6	96.5	96.9	96.7	3.4	3.5	3.1	3.3	0.208
Cazuela		100	100	100	100	0	0	0	0	0.000

Fuente: Elaboración propia

Grafica 4 Curva granulométrica promedio del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica 4, la curva granulométrica promedio del agregado fino se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

### 3.1.2.2. Agregado Grueso

En la norma NTP 400.012, nos indica que esta prueba debe ser realizada por lo menos tres veces para verificar resultados, y el pesado inicial de la muestra fue aproximadamente 2000 g. La gráfica de granulometría debe estar entre los parámetros indicados en la tabla 4 de la norma NTP 400.037, según las características debe encontrarse dentro de los límites definidos en el huso 7.

*Tabla 10 Requisitos granulométricos para el agregado grueso de acuerdo a NTP 400.037.*

Huso	Tamaño máximo nominal		Porcentaje que pasa por los tamices normalizados para agregado grueso													
	mm	pulg.	100 mm (4")	90 mm 3 1/2"	75 mm 3"	63 mm 2 1/2"	50 mm 2"	37.5 mm 1 1/2"	25 mm 1"	19 mm 3/4"	12.5 mm 1/2"	9.5 mm 3/8"	4.75 mm N°4	2.36 mm N°8	1.18 mm N°16	0.30 mm N°50
1	90 - 37.5	3 1/2" - 1 1/2"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-
2	63 - 37.5	2 1/2" - 1 1/2"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-
3	50 - 25	2" - 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-15	-	-	-	-	-
357	50 - 4.75	2" - N°4	-	-	-	100	95-100	35-70	35-70	-	10.-30	-	0-5	-	-	-
4	37.5 - 19	1 1/2" - 3/4"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-5	-	0-5	-	-	-	-
467	37.5 - 4.75	1 1/2" - N°4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10.-30	0-5	-	-	-
5	25 - 12.5	1" - 1/2"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-	-
56	25 - 9.5	1" - 3/8"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10.-40	0-15	0-5	-	-	-

57	25 - 4.75	1" - N°4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-	-
6	19 - 9.5	3/4" - 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-	-
67	19 - 4.75	3/4" - N°4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-	-
7	12.5 - 4.75	1/2" - N°4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	90-100	40-70	0-15	0-5	-	-
8	9.5 - 2.36	3/8" - N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10.-30	0-10	0-5	-
89	9.5 - 1.18	3/8" - N°16	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	25-55	5.-30	0-10	0-5
9	4.75 - 1.18	N°4 - N°16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10.-40	0-10	0-5

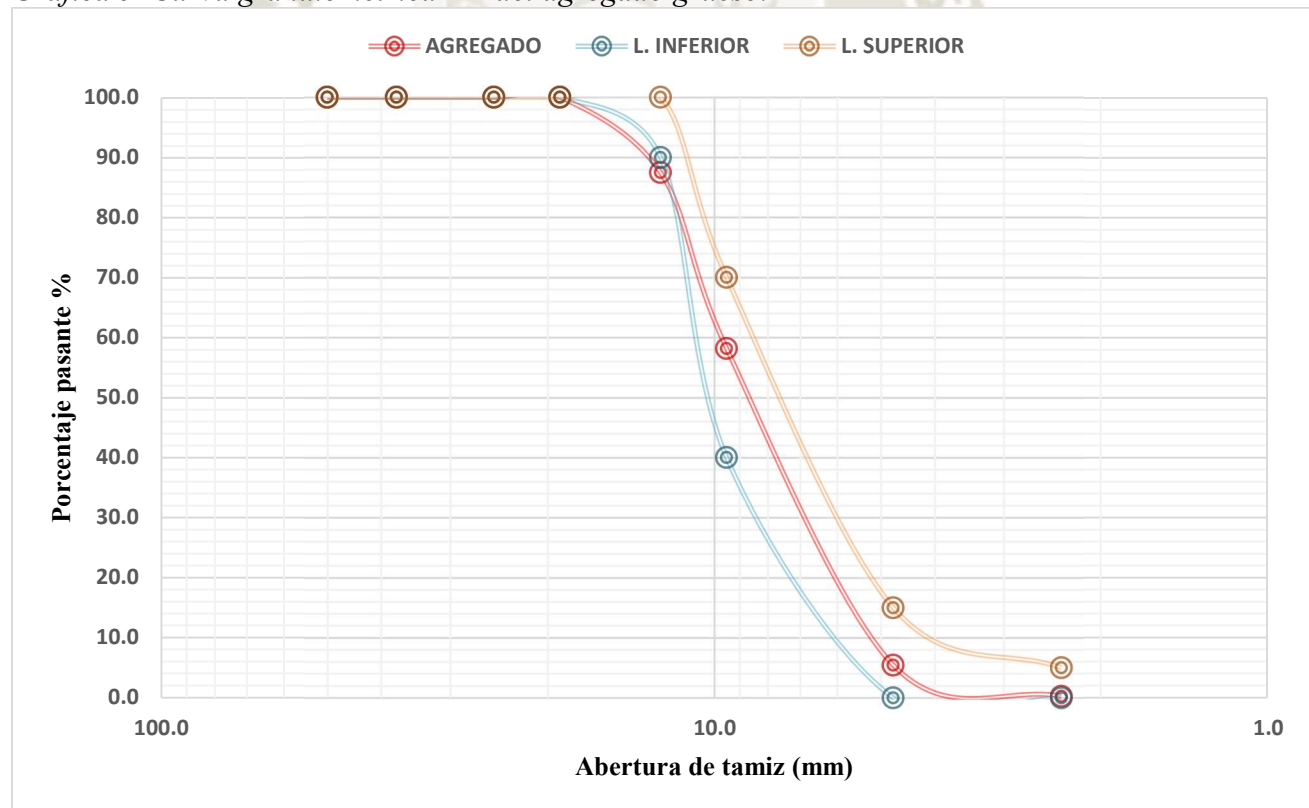
Fuente: Adaptación de Tabla 4 de la norma NTP 400.037 (2018).

Tabla 11 Granulometría de agregado grueso M1.

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø (mm)	Retenido(gf)	Parcial	Acumulado	Pasa
2"	50.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.5	251.2	12.6	87.4
3/8"	9.5	585.9	29.3	58.2
N.º 4	4.8	1055.2	52.7	5.4
N.º 8	2.4	103.5	5.2	0.3
Cazuela		5.2	0.3	0.0
<b>Total</b>		2000.96		

Fuente: Elaboración propia

Grafica 5 Curva granulométrica M1 del agregado grueso.



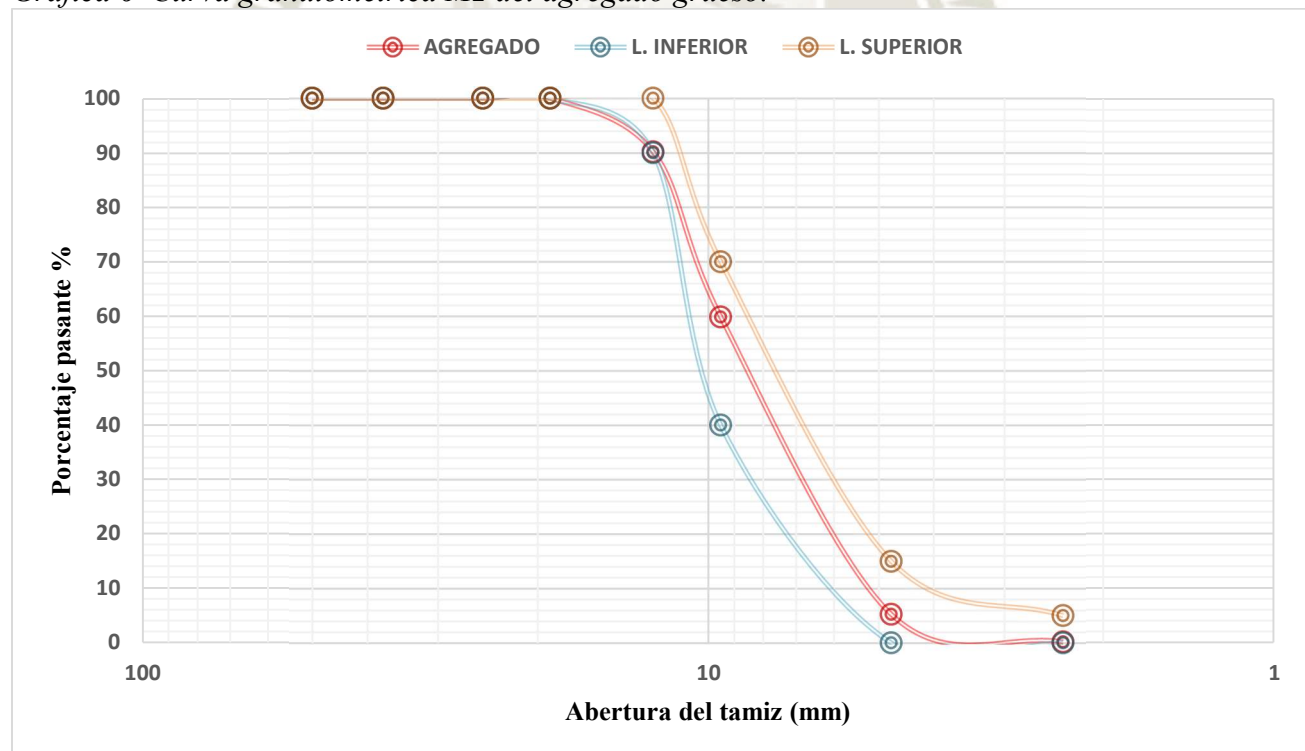
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Granulometría de agregado grueso M2.

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø (mm)	Retenido(gf)	Parcial	Acumulado	Pasa
2"	50.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.5	195.8	9.8	90.2
3/8"	9.5	606.5	30.3	59.9
N.º 4	4.8	1092.0	54.6	5.3
N.º 8	2.4	101.5	5.1	0.2
Cazuela		3.62	0.2	0.0
<b>Total</b>		1999.55		

Fuente: Elaboración propia

Grafica 6 Curva granulométrica M2 del agregado grueso.



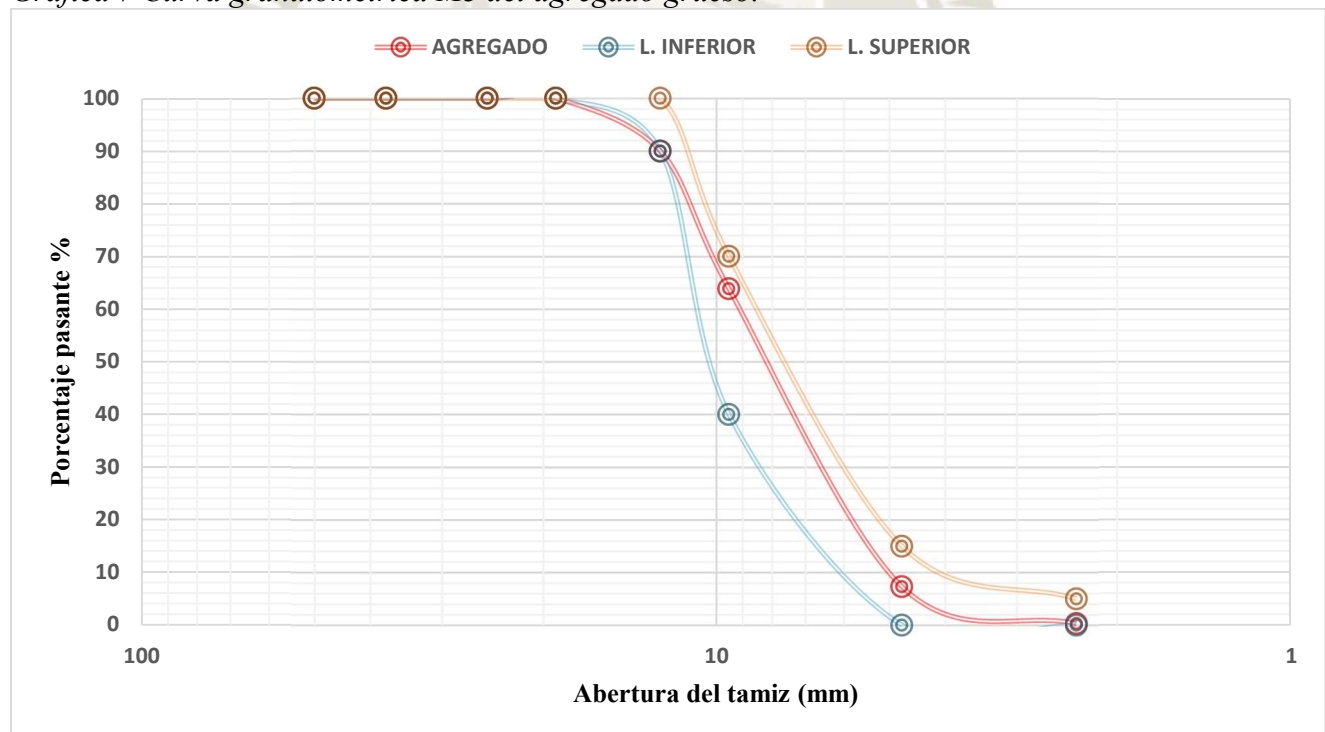
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Granulometría de agregado grueso M3.

Tamices	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido(gf)	Parcial	Pasa
2"	50.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100.0
1"	25.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.5	200.5	10.0	90.0
3/8"	9.5	522.8	26.1	63.8
N.º 4	4.8	1131.5	56.6	7.3
N.º 8	2.4	140.2	7.0	0.3
Cazuela		5.6	0.3	0.0
<b>Total</b>		2000.6		

Fuente: Elaboración propia

Grafica 7 Curva granulométrica M3 del agregado grueso.



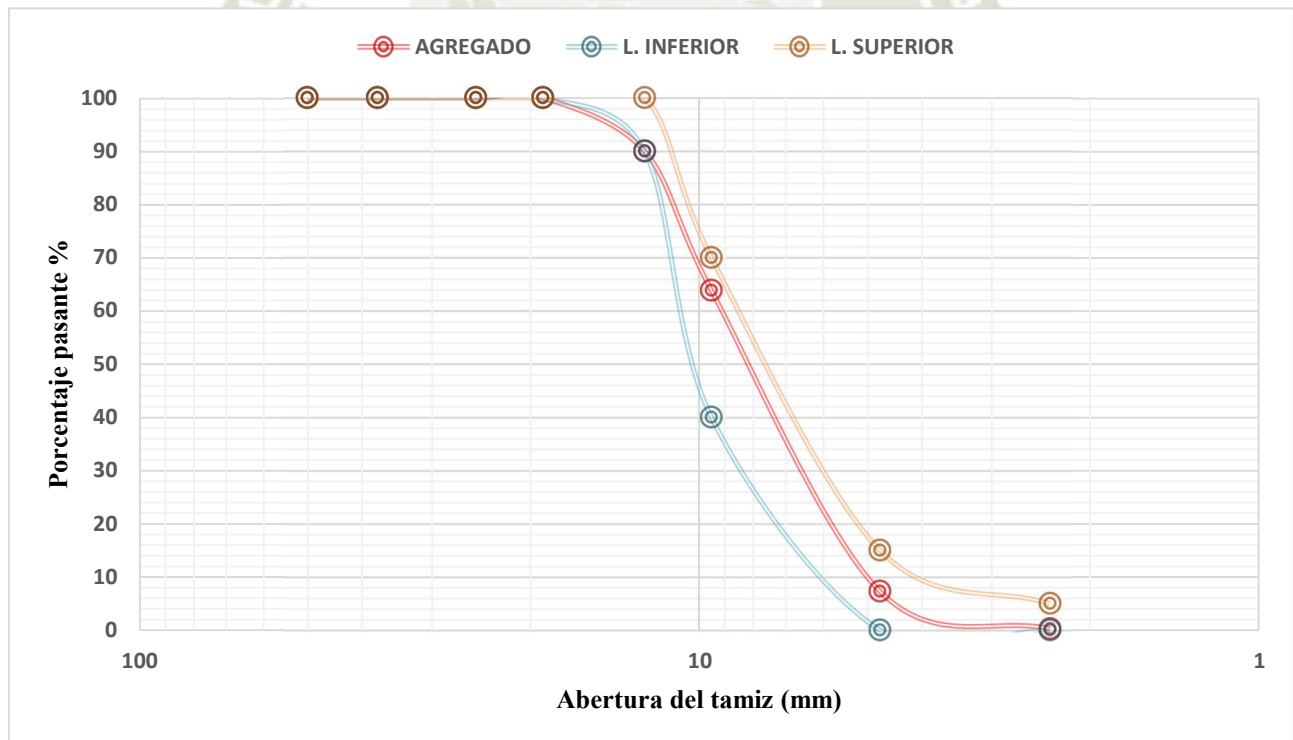
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Granulometría de agregado grueso promedio.

Tamices	Ø (mm)	% Retenido Acumulado				% Que Pasa				D est
		M1	M2	M3	Promedio	M1	M2	M3	Promedio	
2"	50	0	0	0	0	100	100	100	100	0.000
1 1/2"	37.5	0	0	0	0	100	100	100	100	0.000
1"	25	0	0	0	0	100	100	100	100	0.000
3/4"	19	0	0	0	0	100	100	100	100	0.000
1/2"	12.5	12.6	9.8	10	10.8	88.5	90.2	90	89.2	0.929
3/8"	9.5	41.8	40.1	36.2	39.4	59.6	59.9	61.2	60.6	0.850
N.º 4	4.8	94.6	94.7	92.7	94	5.4	5.3	6.8	6	0.838
N.º 8	2.4	99.7	99.8	99.7	99.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.057
Cazuela		100	100	100	100	0	0	0	0	0.000

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8 Curva granulométrica del agregado grueso promedio.



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica 8, la curva granulométrica promedio del agregado grueso, se sale de los límites, debido a que el porcentaje retenido en la malla 3/8” es menor de lo requerido, pero, ya que la mayor parte de la curva se encuentra dentro de los requerimientos de la NTP 400.037.

### 3.2. Módulo de fineza

El módulo de finura, es el valor que nos permite tener una idea sobre el grosor del agregado, y es un dato importante utilizado en la elaboración del diseño de mezcla.

#### 3.2.1. Datos y resultados.

El módulo de fineza se puede calcular con la siguiente formula:

$$M_f = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acumulado}(\#100; \#50; \#30; \#16; \#8; \#4; \frac{3}{8}"; \frac{3}{4}"; 1 \frac{1}{2}"; \text{ y mayores en relaciones 2 a 1})}{100}$$

*Formula 1 Modulo de fineza del agregado*

#### 3.2.1.1. Agregado Fino

*Tabla 15 Modulo de fineza del agregado fino*

MODULO DE FINEZA				
<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	Promedio	D EST
2.59	2.65	2.52	2.59	0.0650

**Fuente:** Elaboración propia

#### 3.2.1.2. Agregado Grueso

*Tabla 16 Modulo de fineza del agregado grueso*

MODULO DE FINEZA				
<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	Promedio	D EST
6.36	6.34	6.28	6.33	0.0416

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3. Ensayo para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz 200

Este ensayo consiste en la aceptabilidad de los agregados finos y gruesos con los requisitos de la NTP 400.037, en lo referido al material pasante de tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N°200).

*Tabla 17 Límites de sustancias nocivas del agregado fino de acuerdo a la NTP 400.037*

Requisitos	Porcentaje del Total de la muestra (Max)
Material más fino que la malla normalizada 75 $\mu\text{m}$ (N°200)	
Concreto sujeto a abrasión	3,0A
Otros concretos	5,0A

**Fuente: Adaptación de Tabla 2 de la norma NTP 400.037 (2018).**

*Tabla 18 Límites de sustancias nocivas del agregado grueso de acuerdo a la NTP 400.037*

Requisitos	Porcentaje del Total de la muestra (Max)
Material más fino que la malla normalizada 75 $\mu\text{m}$ (N°200)	1,0 A

**Fuente: Adaptación de Tabla 5 de la norma NTP 400.037 (2018).**

Respecto al material pasante del tamiz 200. Consiste en verificar el recubrimiento superficial de los agregados, la presencia en mayor cantidad perjudicaría el comportamiento de concreto.

Las partículas finas del tamiz 200 se pueden separar de las partículas más grandes a través de un tamizado en húmedo de manera más eficaz en comparación de un tamizado seco.

Se realizará el procedimiento A- lavado con agua; según indica la norma NTP 400.018.

### 3.3.1. Procedimiento del ensayo.

- Obtener tres muestras con la máquina de cuarteo mecánico como indica el método A de la norma NTP 400.043; la cantidad mínima de las muestras está estipulada en la tabla 1 de la norma NTP 400.018.

*Tabla 19 Cantidad mínima de muestra de acuerdo de NTP 400.018*

<b>Tamaño máximo nominal del agregado</b>	<b>Cantidad mínima (gf)</b>
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor que 19 mm (3/4 pulg)	5000

**Fuente: Adaptación de Tabla 1 de la norma NTP 400.018 (2013).**

- Secar la muestra a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  , hasta que la masa sea constante y no varíe en 0.01gf..
- A la muestra adicionamos agua y se agita vigorosamente con el fin de separar las partículas más finas.
- Verter el agua del lavado, los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, el más grueso en la parte superior hasta el tamiz N° 200.
- Repetir los dos últimos puntos hasta que el agua sea clara.
- El material retenido por el tamiz N°200, se debe dejar secar a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta que el peso no varié

### 3.3.2. Datos y resultados.

$$A = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100$$

*Formula 2 Porcentaje del material más fino del tamiz N°200*

Dónde:

A= Porcentaje de la materia las fino que pasa por el tamiz N° 200 por vía húmeda

P1= Masa seca de la muestra original

P2= Masa seca de la muestra luego del lavado

#### 3.3.2.1. Agregado Fino

En este ensayó se utilizó tres muestras de aproximadamente 500 gf cada una.

*Tabla 20 Datos del material pasante N°200 del agregado fino*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
T1	Tara 1	gf	122.0
T2	Tara 2	gf	160.1
T3	Tara 3	gf	112.6
P1-1	Masa seca de la muestra 1	gf	681.3
P1-2	Masa seca de la muestra 2	gf	617.2
P1-3	Masa seca de la muestra 3	gf	592.0
P2-1	Masa seca de la muestra 1 luego del lavado	gf	669.1
P2-2	Masa seca de la muestra 2 luego del lavado	gf	607.3
P2-3	Masa seca de la muestra 3 luego del lavado	gf	581.7

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 21 Cálculos del material pasante N°200 del agregado fino

Código	Descripción	Unidad	M1	M2	M3	Prom.	D est
A	Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 $\mu$ m (N° 200)	%	2.179	2.165	2.148	2.164	0.015

**Fuente: Elaboración propia**

El porcentaje pasante no llega al máximo permitido, del 3% según los requerimientos de la norma NTP 400.037; es decir el agregado fino cumple con este requisito; y puede ser utilizado en la elaboración de concreto.

### 3.3.2.2. Agregado Grueso

En este ensayo utilizaremos tres muestras aproximadamente de 2500 gf de cada una.

Tabla 22 Datos del material pasante N°200 del agregado grueso

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
T1	Tara 1	gf	155.9
T2	Tara 2	gf	164.1
T3	Tara 3	gf	164.3
P1-1	Masa seca de la muestra 1	gf	2719.3
P1-2	Masa seca de la muestra 2	gf	2702.6
P1-3	Masa seca de la muestra 3	gf	2711.9
P2-1	Masa seca de la muestra 1 luego del lavado	gf	2707.5
P2-2	Masa seca de la muestra 2 luego del lavado	gf	2692.6
P2-3	Masa seca de la muestra 3 luego del lavado	gf	2703.0

**Fuente: Elaboración propia**

*Tabla 23 Cálculos del material pasante N°200 del agregado grueso*

Código	Descripción	Unidad	M1	M2	M3	Prom.	D est
A	Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75um (N° 200)	%	0.460	0.393	0.349	0.401	0.055

**Fuente: Elaboración propia**

El porcentaje pasante no llega al máximo permitido, del 1 % según los requerimientos de la norma NTP 400.037, (2018); es decir el agregado grueso cumple con este requisito; y puede ser utilizado en la elaboración de concreto.

### 3.4. Terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados

Este ensayo consiste en la aceptabilidad de los agregados finos y gruesos con los requisitos de la, NTP 400.037, (2018); en lo referido a terrones de arcilla y partículas desmenuzables.

*Tabla 24 Límites de sustancias nocivas del agregado fino de acuerdo a la NTP 400.037*

Requisitos	Porcentaje del Total de la muestra (Max)
Terrones de arcilla y partículas friables	3,0

**Fuente: Adaptación de Tabla 2 de la norma NTP 400.037 (2018).**

*Tabla 25 Límites de sustancias nocivas del agregado grueso de acuerdo a la NTP 400.037*

Requisitos	Porcentaje del Total de la muestra (Max)
Terrones de arcilla y partículas friables	5,0

**Fuente: Adaptación de Tabla 5 de la norma NTP 400.037 (2018).**

### 3.4.1. Procedimiento del ensayo.

- Para obtener las muestras estas deben ser las obtenidas después de realizar el “ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N°200)” de acuerdo a la norma. NTP 400.018., (2018)
- Secar la muestra a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta que su peso no varié.
- Las muestras del agregado fino estarán comprendidas en las partículas retenidas en el tamiz 1,18mm (N°16) y tendrá como peso mínimo 25gf.
- Las muestras de agregado grueso deberán ser separadas en 4,75mm (N°4); 9,50mm (3/8 pulg); 19,0mm (3/4 pulg); 37; 5mm (1 ½ pulg); y su peso mínimo requerido se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 26 Masa mínima de muestra de acuerdo de NTP 400.015*

<b>Tamaño de las partículas de la muestra</b>	<b>Cantidad mínima (gf)</b>
4.75 mm a 9,5 mm (N°4 a 3/8 pulg)	1000
9,5 mm a 19,0 mm (3/8 pulg a 3/4 pulg)	2000
19,0 mm a 37,5 mm (3/4 pulg a 1 1/2 pulg)	3000
Mayor que 37,5 mm (1 1/2 pulg)	5000

**Fuente: Adaptación de Tabla 1 de la norma NTP 400.015 (2018).**

- Cubrir la muestra con agua destilada y poner en remojo durante un periodo  $24\text{h} \pm 4\text{h}$ .
- El desprendimiento de los terrones de arcilla y de las partículas pequeñas se realiza con ayuda de la presión entre los dedos pulgar e índice, solo con las yemas de los mismos.
- Por medio de un tamizado húmedo, sobre el tamiz correspondiente de acuerdo a la tabla de la norma NTP 400.015.

Tabla 27 Tamices a utilizar para la separación de las partículas

Tamaño de las partículas de la muestra	Tamiz a utilizar para la separación de los terrones de arcilla y partículas desmenuzables
Agregado fino retenido por el tamiz de 1,18mm (N°16)	850µm (N° 20)
4.75 mm a 9,5 mm (N°4 a 3/8 pulg)	2,36mm (N° 8)
9,5 mm a 19,0 mm (3/8 pulg a 3/4 pulg)	4,75mm (N° 4)
19,0 mm a 37,5 mm (3/4 pulg a 1 1/2 pulg)	4,75mm (N° 4)
Mayor que 37,5 mm (1 1/2 pulg)	4,75mm (N° 4)

Fuente: Adaptación de Tabla 2 de la norma NTP 400.015 (2018).

- Las partículas retenidas en el tamiz correspondiente secarlas a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta que su peso no varié.

### 3.4.2. Datos y resultados.

$$P = \frac{(M - R)}{M} \times 100$$

Formula 3 Porcentaje de partículas desmenuzable y terrones de arcilla

Dónde:

$P$ =Porcentaje de partículas desmenuzables y terrones de arcilla (%)

$M$ = Masa seca de la muestra original (gf)

$R$ = Masa seca de las partículas retenido sobre designado (gf).

### 3.4.2.1. Agregado Fino

Tabla 28 Datos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado fino

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
T1	Tara 1	gf	159.7
T2	Tara 2	gf	122.1
T3	Tara 3	gf	112.6
M1	Masa de partículas retenidas en el tamiz N° 16 de la muestra 1	gf	260.6
M2	Masa de partículas retenidas en el tamiz N° 16 de la muestra 2	gf	222.6
M3	Masa de partículas retenidas en el tamiz N° 16 de la muestra 3	gf	215.9
R1	Masa de partículas retenidas del tamiz N° 20 de la muestra 1	gf	260.1
R2	Masa de partículas retenidas del tamiz N° 20 de la muestra 2	gf	222.2
R3	Masa de partículas retenidas del tamiz N° 20 de la muestra 3	gf	215.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Cálculos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado fino

Código	Descripción	Unidad	M1	M2	M3	Prom.	D est
P	Porcentaje de partículas desmenuzable y terrones de arcilla	%	0.495	0.398	0.387	0.426	0.059

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de terrones de arcilla, no llega al máximo permitido, del 3% según los requerimientos de la norma NTP 400.037; es decir el agregado fino cumple con este requisito; y puede ser utilizado en la elaboración de concreto

### 3.4.2.2. Agregado Grueso

Tabla 30 Datos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso tamiz

N°4

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
T1	Tara 1	gf	196.2
T2	Tara 2	gf	528.0
M1	Masa de partículas retenidas entre el tamiz N° 4 Y 3/8" de la muestra 1	gf	1257.7
M2	Masa de partículas retenidas entre el tamiz N° 4 Y 3/8" de la muestra 2	gf	1829.4
R1	Masa de partículas retenidas del tamiz N° 8 de la muestra 1	gf	1254.1
R2	Masa de partículas retenidas del tamiz N° 8 de la muestra 2	gf	1824.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 Cálculos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso

tamiz N°4

Código	Descripción	Unidad	M1	M2	Prom.	D est
P	Porcentaje de partículas desmenuzable y terrones de arcilla	%	0.339	0.345	0.342	0.004

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32 Datos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso tamiz 3/8

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
T1	Tara 1	gf	590.6
T2	Tara 2	gf	590.7
M1	Masa de partículas retenidas entre el tamiz 3/4 " Y 3/8" de la muestra 1	gf	2753.0
M2	Masa de partículas retenidas entre el tamiz 3/4 " Y 3/8" de la muestra 2	gf	2800.0
R1	Masa de partículas retenidas del tamiz N° 4 de la muestra 1	gf	2746.9
R2	Masa de partículas retenidas del tamiz N° 4 de la muestra 2	gf	2795.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33 Cálculos de las partículas desmenuzables y terrones de arcilla del agregado grueso tamiz 3/8

Código	Descripción	Unidad	M1	M2	Prom.	D est
P	Porcentaje de partículas desmenuzable y terrones de arcilla	%	0.282	0.208	0.245	0.052

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de terrones de arcilla del tamiz N°4 y del tamiz 3/8", no llega al máximo permitido, del 5 %, según los requerimientos de la norma NTP 400.037; es decir el agregado grueso cumple con este requisito; y puede ser utilizado en la elaboración de concreto

### 3.5. Impurezas orgánicas

El principal valor de este ensayo es advertirnos sobre la cantidad de impurezas orgánicas no deseadas que pueden estar presentes en el agregado fino. Cuando una muestra sobrepasa los niveles establecidos de recomendable desarrollar la prueba del efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero. NTP 400.011, ( 2016)

#### 3.5.1. Procedimiento del ensayo.

- Se selecciona 450 gf de muestra de agregado fino.
- Una botella de vidrio, debe de ser llenada hasta que llegue a la marca de 130 ml.
- Posteriormente se añade la solución de Hidróxido de Sodio
- Se agitan la muestra con la solución y se llena con más solución hasta sea 200 ml.
- Se agita nuevamente y se deja reposar por 24 h.
- Se compara el color de la muestra reposada con la placa Gardner.

Cuando una muestra produzca un color más oscuro que el color estándar, o el de la Placa Orgánica No.3 (Color del Patrón Gardner No. 11), se considera que el agregado fino bajo ensayo posiblemente presente impurezas orgánicas no deseadas. NTP 400.011, (2016)

#### 3.5.2. Datos y resultados.

Este ensayo no se realizó en el momento oportuno, y actualmente por motivos de la pandemia no se puede realizar ya que el laboratorio continúa cerrado, por tal motivo se utilizarán de referencia los datos de la tesis “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del concreto empleando los agregados y cementos con mayor demanda comercial en la ciudad de

Arequipa utilizando métodos de diseños de mezclas para resistencias  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  la cual fue desarrollada al mismo tiempo y con las mismas muestras.

*Ilustración 1 Ensayo de impurezas orgánicas del agregado fino*



**Fuente: Carpio Cáceres, Fernando Jesús; Quintanilla Velásquez, Cristian Nicolás, (2021)**

Esta imagen es de la tesis mencionada anteriormente, donde se puede apreciar que en la escala colores del patrón Gardner no alcanza a la coloración N°05, con lo cual se verifica que es apto para la elaboración de concreto

### 3.6. Valor del Azul de Metileno del Agregado Fino.

Este ensayo sirve para verificar cuanta presencia de arcilla nociva, si el valor del azul de metileno es alto resolutoria que la presencia de esta arcilla también es elevada

#### 3.6.1. Procedimiento del ensayo.

- La muestra a ser ensayada debe ser tamizada por la malla N.º 200 y del material que logra pasar se debe obtener una muestra de  $30 \pm 0.1 \text{ gf}$ .
- En un recipiente se coloca  $500 \pm 5 \text{ ml}$  de agua destilada; posteriormente incorpora la muestra y se agita el recipiente durante 5 minutos.

- A esta mezcla se le añade 5 ml de azul de metileno y se vuelve a agitar durante 1 minuto.
- Con ayuda de la varilla de vidrio se coloca una gota de la solución encima del papel de filtro
- Si se genera una aureola de 1 mm de espesor alrededor de la gota y se repite el procedimiento anterior ,4 veces más, agitando 1 minuto entre cada uno.
- Si aureola no aparece en la primera gota o no se mantiene la formación durante las siguientes 4 gotas, a la mezcla se le añade 5 ml más de azul de metileno y se repite en los procedimientos anteriores.
- Si la aureola desaparece en el quinto minuto, solo será necesario aumentar 2 ml de azul de metileno.

### 3.6.2. Cálculos y formulas.

$$VA = \frac{V}{M} * 10$$

*Formula 4: Valor de metileno del agregado fino*

Dónde:

$VA$  = Valor de metileno (ml/gf)

$V$  = Volumen total de azul de metileno añadido (ml).

$M$  = Masa total de la muestra de ensayo (gf).

El resultado deberá ser comparado con la tabla que se muestra a continuación

*Tabla 34 Valor del Azul de Metileno*

<b>Valor de Azul de Metileno (ml/gf)</b>	<b>Desempeño anticipado</b>
$\leq 6$	Excelente
7-12	Marginalmente aceptable
13-19	Problemas/Posible falla
$\geq 20$	Fallado

**Fuente: Adaptación de I.N.V. E – 235 “valor de azul de metileno en agregados finos”**

(INVIAS, 2012)

### 3.6.3. Datos y resultados.

Este ensayo de igual manera se basará en los resultados de la tesis “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del concreto empleando los agregados y cementos con mayor demanda comercial en la ciudad de Arequipa utilizando métodos de diseños de mezclas para resistencias  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ” la cual fue desarrollada al mismo tiempo y con las mismas muestras.

*Tabla 35 Datos y resultados del valor de azul de metileno*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>
M= Muestra (gf)	30.1
V= Azul de metileno añadido (ml)	20
VA= Valor de azul de metileno (ml/gf)	6.645

**Fuente: Adaptación de la tabla 3.33 Carpio Cáceres, Fernando Jesús; Quintanilla**

**Velásquez, Cristian Nicolás, (2021)**

Comparando el Valor de Azul de Metileno resultante 6.645 con la tabla 34, se afirma que entra en la categoría de Marginalmente aceptable, haciendo apto su uso como material para el concreto.

### 3.7. Peso específico y absorción del agregado fino

Se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparentemente y la absorción, con el fin de usar estos datos en los cálculos y correcciones del diseño de mezcla. NTP 400.022, (2018).

#### 3.7.1. Procedimiento del ensayo.

- Obtener una muestra de aproximadamente 2000 gf con la máquina de cuarteo mecánico como indica el método A de la norma NTP 400.043.
- Se cubre la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- Se debe dejar secar superficialmente con ayuda de hornillas eléctricas, para comprobar si el porcentaje de secado es correcto, con ayuda de un molde cónico y se golpea 25 veces con una barra de metal y se levanta el molde y hasta que se derrumbe el cono de arena es que ha alcanzado el nivel deseado.
- Se introduce en un picnómetro 500 gf del material anterior y se completa el con agua hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup>, se saca el aire (rodando el picnómetro para eliminar cualquier burbuja) y se deja reposar por unos minutos.
- Se completa hasta la marca nuevamente de 500 cm<sup>3</sup> y se pesa.
- Se retira la muestra del picnómetro y se pone a secar a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . hasta que su peso no varié.
- Los tres últimos pasos deben realizarse con tres muestras diferentes para verificar los resultados obtenidos.

### 3.7.2. Cálculos y formulas.

#### 3.7.2.1. Peso específico de masa (PEm).

$$PEm = \frac{W_o}{(V - Pa)}$$

*Formula 5 Peso específico de masa del agregado fino.*

Dónde:

$PEm$  = Peso específico de masa ( $g/cm^3$ ).

$W_o$  = Peso seco (gf).

$V$  = Volumen de picnómetro ( $cm^3$ ).

$Pa$  = Peso de agua añadida al picnómetro (gf).

#### 3.7.2.2. Peso específico de masa saturado con superficie seca (PEsss).

$$PEsss = \frac{Psss}{(V - Pa)} \times 100$$

*Formula 6 Peso específico de masa saturada con superficie seca del agregado fino*

Dónde:

$PEsss$  = Peso específico de masa saturada con superficie seca ( $gf/cm^3$ ).

$V$  = Volumen de picnómetro ( $cm^3$ ).

$Pa$  = Peso de agua añadida al picnómetro (gf).

$Psss$  = Peso saturado superficialmente seco (gf).

### 3.7.2.3. Peso específico aparente (Pea).

$$Pea = \frac{(Wo)}{(V - Pa) - (Psss - Wo)}$$

*Formula 7 Peso específico aparente del agregado fino.*

Dónde:

$Pea$  = Peso específico aparente(gf/cm<sup>3</sup>).

$Wo$  = Peso seco (gf).

$V$  = Volumen de picnómetro(cm<sup>3</sup>).

$Pa$  = Peso de agua añadida al picnómetro (gf).

$Psss$  = Peso saturado superficialmente seco (gf).

### 3.7.2.4. Absorción (%Abs).

$$\%Abs = \frac{Psss - Wo}{Wo} \times 100$$

*Formula 8 Absorción del agregado fino*

Dónde:

$Abs$  = Porcentaje de absorción.

$Wo$  = Peso seco (gf).

$Psss$  = Peso saturado superficialmente seco (gf).

### 3.7.3. Datos y resultados.

Los valores de pesos específico corregidos por la temperatura se usará tabla que se sigue a continuación, en la que se muestran los valores de K para cada temperatura y con esto realizar la corrección a una temperatura de 20° C.

Tabla 36 Densidad del agua y coeficiente de temperatura “K”.

Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) <sup>a</sup>	Coficiente Temperatura (K)
15,0	0,99910	1,00090	16,0	0,99895	1,00074	17,0	0,99878	1,00057	18,0	0,99860	1,00039
15,1	0,99909	1,00088	16,1	0,99893	1,00072	17,1	0,99876	1,00055	18,1	0,99858	1,00037
15,2	0,99907	1,00087	16,2	0,99891	1,00071	17,2	0,99874	1,00054	18,2	0,99856	1,00035
15,3	0,99906	1,00085	16,3	0,99890	1,00069	17,3	0,99872	1,00052	18,3	0,99854	1,00034
15,4	0,99904	1,00084	16,4	0,99888	1,00067	17,4	0,99871	1,00050	18,4	0,99852	1,00032
15,5	0,99902	1,00082	16,5	0,99886	1,00066	17,5	0,99869	1,00048	18,5	0,99850	1,00030
15,6	0,99901	1,00080	16,6	0,99885	1,00064	17,6	0,99867	1,00047	18,6	0,99848	1,00028
15,7	0,99899	1,00079	16,7	0,99883	1,00062	17,7	0,99865	1,00045	18,7	0,99847	1,00026
15,8	0,99898	1,00077	16,8	0,99881	1,00061	17,8	0,99863	1,00043	18,8	0,99845	1,00024
15,9	0,99896	1,00076	16,9	0,99879	1,00059	17,9	0,99862	1,00041	18,9	0,99843	1,00022
19,0	0,99841	1,00020	20,0	0,99821	1,00000	21,0	0,99799	0,99979	22,0	0,99777	0,99957
19,1	0,99839	1,00018	20,1	0,99819	0,99998	21,1	0,99797	0,99977	22,1	0,99775	0,99954
19,2	0,99837	1,00016	20,2	0,99816	0,99996	21,2	0,99795	0,99974	22,2	0,99773	0,99952
19,3	0,99835	1,00014	20,3	0,99814	0,99994	21,3	0,99793	0,99972	22,3	0,99770	0,99950
19,4	0,99833	1,00012	20,4	0,99812	0,99992	21,4	0,99791	0,99970	22,4	0,99768	0,99947
19,5	0,99831	1,00010	20,5	0,99810	0,99990	21,5	0,99789	0,99968	22,5	0,99766	0,99945
19,6	0,99829	1,00008	20,6	0,99808	0,99987	21,6	0,99786	0,99966	22,6	0,99764	0,99943
19,7	0,99827	1,00006	20,7	0,99806	0,99985	21,7	0,99784	0,99963	22,7	0,99761	0,99940
19,8	0,99825	1,00004	20,8	0,99804	0,99983	21,8	0,99782	0,99961	22,8	0,99759	0,99938
19,9	0,99823	1,00002	20,9	0,99802	0,99981	21,9	0,99780	0,99959	22,9	0,99756	0,99936
23,0	0,99754	0,99933	24,0	0,99730	0,99909	25,0	0,99705	0,99884	26,0	0,99679	0,99858
23,1	0,99752	0,99931	24,1	0,99727	0,99907	25,1	0,99702	0,99881	26,1	0,99676	0,99855
23,2	0,99749	0,99929	24,2	0,99725	0,99904	25,2	0,99700	0,99879	26,2	0,99673	0,99852
23,3	0,99747	0,99926	24,3	0,99723	0,99902	25,3	0,99697	0,99876	26,3	0,99671	0,99850
23,4	0,99745	0,99924	24,4	0,99720	0,99899	25,4	0,99694	0,99874	26,4	0,99668	0,99847
23,5	0,99742	0,99921	24,5	0,99717	0,99897	25,5	0,99692	0,99871	26,5	0,99665	0,99844
23,6	0,99740	0,99919	24,6	0,99715	0,99894	25,6	0,99689	0,99868	26,6	0,99663	0,99842
23,7	0,99737	0,99917	24,7	0,99712	0,99892	25,7	0,99687	0,99866	26,7	0,99660	0,99839
23,8	0,99735	0,99914	24,8	0,99710	0,99889	25,8	0,99684	0,99863	26,8	0,99657	0,99836
23,9	0,99732	0,99912	24,9	0,99707	0,99887	25,9	0,99681	0,99860	26,9	0,99654	0,99833
27,0	0,99652	0,99831	28,0	0,99624	0,99803	29,0	0,99595	0,99774	30,0	0,99565	0,99744
27,1	0,99649	0,99828	28,1	0,99621	0,99800	29,1	0,99592	0,99771	30,1	0,99562	0,99741
27,2	0,99646	0,99825	28,2	0,99618	0,99797	29,2	0,99589	0,99768	30,2	0,99559	0,99738
27,3	0,99643	0,99822	28,3	0,99615	0,99794	29,3	0,99586	0,99765	30,3	0,99556	0,99735
27,4	0,99641	0,99820	28,4	0,99612	0,99791	29,4	0,99583	0,99762	30,4	0,99553	0,99732
27,5	0,99638	0,99817	28,5	0,99609	0,99788	29,5	0,99580	0,99759	30,5	0,99550	0,99729
27,6	0,99635	0,99814	28,6	0,99607	0,99785	29,6	0,99577	0,99756	30,6	0,99547	0,99726
27,7	0,99632	0,99811	28,7	0,99604	0,99783	29,7	0,99574	0,99753	30,7	0,99544	0,99723
27,8	0,99629	0,99808	28,8	0,99601	0,99780	29,8	0,99571	0,99750	30,8	0,99541	0,99720
27,9	0,99627	0,99806	28,9	0,99598	0,99777	29,9	0,99568	0,99747	30,9	0,99538	0,99716

Fuente: Manual de ensayos de materiales MTC, (2016) pág. 85.

Tabla 37 Datos del peso específico y absorción del agregado fino

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
<i>V</i>	Volumen del picnómetro	cm <sup>3</sup>	500
<i>P<sub>ss</sub></i>	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gf	500
<i>P<sub>f1</sub></i>	Peso del picnómetro 1+ agua	gf	649.3
<i>P<sub>f2</sub></i>	Peso del picnómetro 2 + agua	gf	650.4
<i>P<sub>f3</sub></i>	Peso del picnómetro 3 + agua	gf	645.6
<i>M1</i>	Peso del picnómetro + agua y muestra 1	gf	954.6
<i>M2</i>	Peso del picnómetro + agua y muestra 2	gf	954.9
<i>M3</i>	Peso del picnómetro + agua y muestra 3	gf	950.5
<i>Pa1</i>	Peso de la muestra sumergida 1	gf	305.3
<i>Pa2</i>	Peso de la muestra sumergida 2	gf	304.5
<i>Pa3</i>	Peso de la muestra sumergida 3	gf	304.9
<i>Wo1</i>	Peso seco de la muestra 1	gf	488.9
<i>Wo2</i>	Peso seco de la muestra 2	gf	490.4
<i>Wo3</i>	Peso seco de la muestra 3	gf	490.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Cálculos del peso específico y absorción del agregado fino

Código	Descripción	Unid	M1	M2	M3	Prom	D est
<i>PE<sub>m</sub></i>	Peso específico de masa	gf/cm <sup>3</sup>	2.511	2.508	2.512	2.511	0.002
	Peso específico de masa saturado	gf/cm <sup>3</sup>	2.568	2.558	2.563	2.563	0.005
<i>PE<sub>ss</sub></i>	superficialmente seco						
<i>Pe<sub>a</sub></i>	Peso específico aparente	gf/cm <sup>3</sup>	2.663	2.638	2.646	2.649	0.013
<i>%Abs</i>	Porcentaje de absorción	%	2.17	1.976	2.02	2.083	0.102

Fuente: Elaboración propia

La temperatura que se realizó el ensayo fue de 21.3°C, por tal motivo el coeficiente de corrección fue 0.99972 para poder corregir a temperatura de 20° C.

*Tabla 39 Cálculos del peso específico del agregado fino corregida a 20°*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid</b>	<b>Prom</b>	<b>K</b>	<b>Corregida 20°</b>
<i>PEm</i>	Peso específico de masa	gf/cm <sup>3</sup>	2.511	0.99972	2.51
<i>PEss</i>	Peso específico de masa saturado superficialmente seco	gf/cm <sup>3</sup>	2.563	0.99972	2.562
<i>Pea</i>	Peso específico aparente	gf/cm <sup>3</sup>	2.649	0.99972	2.648

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.8. Peso específico y absorción del agregado grueso

Se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparentemente y la absorción, del agregado grueso, con el fin de usar estos datos en los cálculos y correcciones del diseño de mezcla NTP 400.021, (2018).

#### 3.8.1. Procedimiento del ensayo.

- Obtener tres muestras del peso mínimo de la tabla 1 de la norma NTP 400.021, con la máquina de cuarteo mecánico como indica el método A de la norma NTP 400.043.

Tabla 40 Peso mínimo de la muestra del ensayo de peso específico.

Tamaño máximo nominal mm (pulg).	Peso mínimo de la muestra de ensayo kgf (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: Adaptación de Tabla 1 de la norma NTP 400.021 (2018).

- Se cubre la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- Se debe dejar secar superficialmente con ayuda de un paño o toalla, para hacer desaparecer el agua visible superficialmente y se debe evitar la evaporación durante el procedimiento.
- Se introduce la muestra en la cesta de alambre y se determina su peso en el agua, tener cuidado en de remover todo el aire atrapado antes del pesado.
- Se retira la muestra y se pone a secar a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta que la masa sea constante y no varíe en 0.01gf.
- Los tres últimos pasos deben realizarse con tres muestras diferentes para verificar los resultados obtenidos.

### 3.8.2. Cálculos y formulas.

#### 3.8.2.1. Peso específico de masa (Pem).

$$Pem = \frac{Wo}{(Wsss - Wsa)} \times 100$$

*Formula 9 Peso específico de masa del agregado grueso.*

Dónde:

$Pem$  = Peso específico de masa (gf/cm<sup>3</sup>).

$Wo$  = Peso seco (gf).

$Wsss$  = Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire (gf).

$Wsa$  = Peso en el agua de la muestra saturada (gf).

#### 3.8.2.2. Peso específico y absorción del agregado grueso

Se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparentemente y la absorción, del agregado grueso, con el fin de usar estos datos en los cálculos y correcciones del diseño de mezcla. NTP 400.021, (2018).

#### 3.8.2.3. Peso específico y absorción del agregado grueso

Se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparentemente y la absorción, del agregado grueso, con el fin de usar estos datos en los cálculos y correcciones del diseño de mezcla. NTP 400.021, (2018).

### 3.8.2.4. Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS).

$$PeSSS = \frac{W_{SSS}}{(W_{SSS} - W_{sa})} \times 100$$

*Formula 10 Peso específico de masa saturado con superficie seca del agregado grueso*

Dónde:

$PeSSS$  = Peso específico de masa saturado con superficie seca (gf/cm<sup>3</sup>).

$W_o$  = Peso seco (gf).

$W_{SSS}$  = Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire (gf).

$W_{sa}$  = Peso en el agua de la muestra saturada (gf).

### 3.8.2.5. Peso específico aparente (Pea).

$$Pea = \frac{W_o}{(W_o - W_{sa})} \times 100$$

*Formula 11 Peso específico aparente del agregado grueso.*

Dónde:

$Pea$  = Peso específico aparente del agregado grueso (gf/cm<sup>3</sup>).

$W_o$  = Peso seco (gf).

$W_{SSS}$  = Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire (gf).

$W_{sa}$  = Peso en el agua de la muestra saturada (gf).

### 3.8.2.6. Absorción (%Abs).

$$\%Abs = \frac{W_{sss} - W_o}{(W_o)} \times 100$$

*Formula 12 Absorción del agregado grueso.*

Dónde:

$\%Abs$  = Porcentaje de absorción

$W_o$  = Peso seco (gf).

$W_{sss}$  = Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire (gf).

$W_{sa}$  = Peso en el agua de la muestra saturada (gf).

### 3.8.3. Datos y resultados.

*Tabla 41 Datos del peso específico y absorción del agregado grueso*

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
$P$	Peso de canastilla sumergida en agua	gf	0.0
$W_{sss1}$	Peso saturado superficialmente seco de la muestra 1	gf	2114.0
$W_{sss2}$	Peso saturado superficialmente seco de la muestra 2	gf	2001.3
$W_{sss3}$	Peso saturado superficialmente seco de la muestra 3	gf	2101.0
$W_{sa1}$	Peso sumergido de la muestra 1	gf	1334.0
$W_{sa2}$	Peso sumergido de la muestra 2	gf	1231.0
$W_{sa3}$	Peso sumergido de la muestra 3	gf	1331.0
$W_o1$	Peso seco de la muestra 1	gf	2088.9
$W_o2$	Peso seco de la muestra 2	gf	1973.0
$W_o3$	Peso seco de la muestra 3	gf	2081.6

**Fuente: Elaboración propia**

*Tabla 42 Cálculos del peso específico y absorción del agregado grueso*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>Prom</b>	<b>D est</b>
<i>Pem</i>	Peso específico de masa	gf/cm <sup>3</sup>	2.678	2.648	2.703	2.677	0.028
<i>PeSSS</i>	Peso específico de masa saturado superficialmente seco	gf/cm <sup>3</sup>	2.710	2.663	2.729	2.701	0.034
<i>Pea</i>	Peso específico aparente	gf/cm <sup>3</sup>	2.767	2.726	2.773	2.755	0.026
<i>%Abs</i>	Porcentaje de absorción	%	1.202	1.170	0.932	1.101	0.147

**Fuente: Elaboración propia**

La temperatura que se realizó el ensayo fue de 21.3°C, por tal motivo el coeficiente de corrección fue 0.99972 para poder corregir a temperatura de 20° C.

*Tabla 43 Cálculos del peso específico del agregado grueso coregido a 20°*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid</b>	<b>Prom</b>	<b>K</b>	<b>Corregida 20°</b>
<i>Pem</i>	Peso específico de masa	gf/cm <sup>3</sup>	2.677	0.99972	2.676
<i>PeSSS</i>	Peso específico de masa saturado superficialmente seco	gf/cm <sup>3</sup>	2.701	0.99972	2.7
<i>Pea</i>	Peso específico aparente	gf/cm <sup>3</sup>	2.755	0.99972	2.755

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.9. Peso unitario compactado y suelto de los agregados.

A través de este ensayo se puede obtener los valores de peso unitario, o densidad de masa que es necesarios en muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de concreto.

La definición del peso unitario, es el peso por unidad de volumen, este término ha sido remplazado por densidad de masa cuya definición, es masa de una unidad de volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresadas en kgf/m<sup>3</sup>.

La densidad de masa también puede ser usada para la determinación de relaciones masa/volumen, aunque es necesario tomar en cuenta que estas pueden variar de acuerdo a la humedad del agregado, ya que este ensayo determina la densidad de masa sobre una base seca. NTP 400.017, (2011).

### **3.10. Peso unitario compactado PUC.**

#### **3.10.1. Procedimiento.**

- Obtener tres muestras con la máquina de cuarteo mecánico como indica el método A de la norma NTP 400.043.
- Secar las muestras a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta que la masa sea constante y no varíe en 0.01gf.
- El método que utilizar es el método de apisonamiento, se debe agregar agregado hasta un tercio del recipiente, se debe apisonar con 25 golpes con ayuda de una varilla.
- A continuación, se aumenta un tercio más y se vuelve a apisonar con la varilla y posteriormente completar con el último tercio y volver apisonar nuevamente como se indica, posteriormente se procederá a enrazar.
- Por último, se pesa y se repite este ensayo por lo menos tres veces.

### 3.10.2. Cálculos y formulas.

$$PUC = \frac{G - T}{V}$$

*Formula 13 Peso unitario compactado*

Dónde:

$PUC$  = Peso unitario compactado (kgf/m<sup>3</sup>).

$G$  = Peso del agregado más molde (kgf).

$T$  = Peso del molde vacío (kgf).

$V$  = Volumen del molde (m<sup>3</sup>).

$$PUC_{SSS} = PUC \left( 1 + \frac{A}{100} \right)$$

*Formula 14 Peso unitario compactado saturado superficialmente seco*

Dónde:

$PUC_{SSS}$  = Peso unitario compactado saturado superficialmente seco (kgf/m<sup>3</sup>).

$A$  = Absorción (%).

### 3.10.3. Datos y resultados.

#### 3.10.3.1. Agregado grueso

*Tabla 44 Datos del peso unitario compactado del agregado grueso*

Código	Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
$Dm$	Diámetro del molde	cm	15.200	15.150	15.200
$Hm$	Altura del molde	cm	15.400	15.450	15.450
$T$	Peso del molde vacío	kgf	1.637	1.637	1.637
$G$	Peso del molde y el agregado	kgf	6.241	6.216	6.229

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 45 Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso

Código	Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
$V$	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2794.465	2785.124	2803.538
	Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00278	0.00280
$G-T$	Peso del agregado	kgf	4.603	4.578	4.592
$PUC$	Peso unitario compactado	kgf/m <sup>3</sup>	1647.454	1643.947	1638.072
	Peso unitario compactado promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1643.158	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46 Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso saturado superficialmente seco

Código	Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
$PUC$	Peso unitario compactado	kgf/m <sup>3</sup>	1647.454	1643.947	1638.072
$I+(A/100)$	1+ Absorción/100	%	1.01101	1.01101	1.01101
$PUC_{sss}$	Peso unitario compactado saturado superficial seco	kgf/m <sup>3</sup>	1665.592	1662.047	1656.107
$PUC_{sss}$	Peso unitario compactado saturado superficial seco promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1661.249	

Fuente: Elaboración propia

### 3.10.3.2. Agregado Fino

Tabla 47 Datos del peso unitario compactado del agregado fino

Código	Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
$Dm$	Diámetro del molde	cm	15.2	15.15	15.2
$Hm$	Altura del molde	cm	15.4	15.45	15.45
$T$	Peso del molde vacío	kgf	1.637	1.637	1.637
$G$	Peso del molde y el agregado	kgf	6.305	6.256	6.227

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48 Resultados del peso unitario compactado del agregado fino

Código	Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
$V$	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2794.465	2785.124	2803.538
	Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00278	0.00280
$G-T$	Peso del agregado	kgf	4.667	4.619	4.5895
$PUC$	Peso unitario compactado	kgf/m <sup>3</sup>	1670.265	1658.453	1637.038
	Peso unitario compactado promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1655.252	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49 Resultados del peso unitario compactado del agregado fino saturado superficialmente seco

Código	Descripción	Unidad	Muestra	Muestra	Muestra
			1	2	3
$PUC$	Peso unitario compactado	kgf/m <sup>3</sup>	1670.265	1658.453	1637.038
$I+(A/100)$	% Absorción	%	1.02082	1.02082	1.02082
$PUC_{SSS}$	Peso unitario compactado saturado superficial seco	kgf/m <sup>3</sup>	1705.040	1692.982	1671.121
$PUC_{SSS}$	Peso unitario compactado saturado superficial seco promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1689.714	

Fuente: Elaboración propia

### 3.11. Peso unitario suelto PUS.

#### 3.11.1. Procedimiento.

- Obtener tres muestras con la máquina de cuarteo mecánico como indica el método A de la norma NTP 400.043.
- Secar las muestras a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta que la masa sea constante y no varíe en 0.01gf.
- Se debe agregar agregado a una altura que no exceda 50mm hasta llenar el recipiente, posteriormente se procederá a enrazar.
- Por último, se pesa y se repite este ensayo por lo menos tres veces.

#### 3.11.2. Cálculos y formulas.

$$PUS = \frac{G - T}{V}$$

*Formula 15 Peso unitario suelto*

Dónde:

$PUS$  = Peso unitario suelto ( $\text{kgf}/\text{m}^3$ ).

$G$  = Peso del agregado más molde ( $\text{kgf}$ ).

$T$  = Peso del molde vacío ( $\text{kgf}$ ).

$V$  = Volumen del molde ( $\text{m}^3$ ).

$$PUS_{SSS} = PUS \left(1 + \frac{A}{100}\right)$$

*Formula 16* Peso unitario suelto saturado superficialmente seco

Dónde:

$PUS_{SSS}$  = Peso unitario suelto saturado superficialmente seco (kgf/m<sup>3</sup>).

$A$  = Absorción (%).

### 3.11.3. Datos y resultados.

#### 3.11.3.1. Agregado grueso

*Tabla 50* Datos del peso unitario suelto del agregado grueso

Código	Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
$D_m$	Diámetro del molde	cm	15.2	15.15	15.2
$H_m$	Altura del molde	cm	15.4	15.45	15.45
$T$	Peso del molde vacío	kgf	1.637	1.637	1.637
$G$	Peso del molde y el agregado	kgf	5.808	5.764	5.804

**Fuente:** Elaboración propia

*Tabla 51* Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso

Código	Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
$V$	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2794.465	2785.124	2803.538
	Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00278	0.00280
$G-T$	Peso del agregado	kgf	4.171	4.127	4.167
	Peso unitario suelto	kgf/m <sup>3</sup>	1492.739	1481.797	1486.364
$PUS$	Peso unitario suelto promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1486.967	

**Fuente:** Elaboración propia

*Tabla 52 Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso saturado superficialmente seco*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<i>PUS</i>	Peso unitario suelto	kgf/m <sup>3</sup>	1492.739	1481.797	1486.364
<i>I+(A/100)</i>	% Absorción	%	1.01101	1.01101	1.01101
<i>PUS<sub>sss</sub></i>	Peso unitario suelto saturado superficial seco	kgf/m <sup>3</sup>	1509.174	1498.112	1502.729
<i>PUS<sub>sss</sub></i>	Peso unitario suelto saturado superficial seco promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1503.338	

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.11.3.2. Agregado fino

*Tabla 53 Datos del peso unitario suelto del agregado fino*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<i>Dm</i>	Diámetro del molde	cm	15.2	15.15	15.2
<i>Hm</i>	Altura del molde	cm	15.4	15.45	15.45
<i>T</i>	Peso del molde vacío	kgf	1.6375	1.6375	1.6375
<i>G</i>	Peso del molde y el agregado	kgf	5.879	5.9155	5.9255

**Fuente: Elaboración propia**

*Tabla 54 Resultados del peso unitario suelto del agregado fino*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<i>V</i>	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2794.465	2785.124	2803.538
	Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00278	0.00280
<i>G-T</i>	Peso del agregado	kgf	4.241	4.278	4.288
<i>PUS</i>	Peso unitario suelto	kgf/m <sup>3</sup>	1517.821	1536.017	1529.495
	Peso unitario suelto promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1527.778	

**Fuente: Elaboración propia**

*Tabla 55 Resultados del peso unitario suelto del agregado fino saturado superficialmente seco*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
<i>PUS</i>	Peso unitario suelto	kgf/m <sup>3</sup>	1517.821	1536.017	1529.495
<i>1+(A/100)</i>	% Absorción	%	1.02082	1.02082	1.02082
<i>PUS<sub>sss</sub></i>	Peso unitario suelto saturado superficial seco	kgf/m <sup>3</sup>	1549.422	1567.997	1561.339
<i>PUS<sub>sss</sub></i>	Peso unitario suelto saturado superficial seco promedio	kgf/m <sup>3</sup>		1559.586	

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.12. Contenido de humedad.

Este procedimiento sirve para determinar el porcentaje total de humedad evaporable de la muestra, la humedad incluye la humedad superficial y la contenida en los poros. Basándonos en la norma “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado” NTP 339.185, (2013).

Estos resultados obtenidos en esta norma se aplican en la corrección de las proporciones de las tandas de los ingredientes del concreto.

#### 3.12.1. Procedimiento.

- Se debe de obtener una muestra representativa mínima según la tabla 1 de la NTP 339.185.

*Tabla 56 Peso mínimo de la muestra del ensayo de contenido de humedad.*

<b>Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg).</b>	<b>Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kgf</b>
---	--

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
25,0 (1)	4,0
37,5 (1 1/2)	6,0
50 (2)	8,0
63 (2 1/2)	10,0
75 (3)	13,0
90 (3 1/2)	16,0
100 (4)	25,0
150 (6)	50,0

**Fuente: Adaptación de Tabla 1 de la norma NTP 339.185 (2013).**

- Se procede a secar la muestra con ayuda de una estufa eléctrica lo que permite acelerar este proceso.
- Se vuelve a pesar la muestra después del secado.

### 3.12.2. Cálculos y formulas.

$$\omega = 100 * \frac{(W - W_o)}{W_o}$$

*Formula 17 Contenido de humedad de los agregados*

Dónde:

$w$  = Contenido de humedad (%).

$W$  = Peso de la muestra húmeda (kgf).

$W_o$  = Peso de la muestra seca (kgf).

### 3.12.3. Datos y resultados.

#### 3.12.3.1. Agregado grueso

Tabla 57 Resultados del contenido de humedad del agregado grueso

Fecha Elaboración	Diseños	Tara (kgf)	W(kg)	Wo(kg)	W-Tara(kg)	Wo-Tara(kg)	w(%)
3/01/2020	D8	372.0	1280.6	1277.1	908.6	905.1	0.386
6/01/2020	D9-D10	372.0	1300.0	1296.8	928.0	924.8	0.346
9/01/2020	D11-D12	372.0	1297.6	1294.1	925.6	922.1	0.379
10/01/2020	D13-D14	372.0	1070.8	1068.4	698.8	696.4	0.344
13/01/2020	D15-D16	367.4	1155.4	1152.6	788.0	785.2	0.356
14/01/2020	D17-D18	367.4	1120.4	1118.4	753.0	751.0	0.266
16/01/2020	D19-D20-D21	371.6	1481.8	1478.5	1110.2	1106.9	0.298
17/01/2020	D22-S23	371.3	1109.2	1106.8	737.9	735.5	0.326
21/01/2020	D24-D25-D26	371.0	1312.3	1309.5	941.3	938.5	0.298
23/01/2020	D27-D28-D29	371.1	1330.2	1327.0	959.1	955.9	0.334
24/01/2020	D30-D31	371.5	1436.8	1433.0	1065.3	1061.5	0.358
28/01/2020	D32-E33-D34	371.5	1186.3	1184.0	814.8	812.5	0.283
4/02/2020	D35-D36-D37	371.4	1649.5	1644.6	1278.1	1273.2	0.384
Promedio de contenido de humedad del agregado grueso							0.335

Fuente: Elaboración propia

#### 3.12.3.2. Agregado fino

Tabla 58 Resultados del contenido de humedad del agregado fino

Fecha Elaboración	Diseños	Tara(kg)	W(kg)	Wo(kg)	W-Tara (kg)	Wo-Tara (kg)	w(%)
3/01/2020	D8	375.8	1450.0	1445.5	1074.2	1069.7	0.420
6/01/2020	D9-D10	375.8	1386.0	1381.3	1010.2	1005.5	0.467
9/01/2020	D11-D12	375.8	1427.0	1423.5	1051.2	1047.7	0.334

10/01/2020	D13-D14	375.8	1102.5	1100.0	726.7	724.2	0.345
13/01/2020	D15-D16	373.3	1379.4	1375.2	1006.1	1001.9	0.419
14/01/2020	D17-D18	373.3	1210.2	1206.9	836.9	833.6	0.395
16/01/2020	D19-D20-D21	375.1	1491.8	1488.7	1116.7	1113.6	0.278
17/01/2020	D22-S23	375.3	1372.6	1368.6	997.3	993.3	0.402
21/01/2020	D24-D25-D26	375.6	1363.8	1359.4	988.2	983.8	0.447
23/01/2020	D27-D28-D29	375.1	1483.2	1478.2	1108.1	1103.1	0.453
24/01/2020	D30-D31	375.2	1598.2	1592.7	1223.0	1217.5	0.451
28/01/2020	D32-E33-D34	375.4	1249.3	1244.8	873.9	869.4	0.517
4/02/2020	D35-D36-D37	375.5	1561.3	1556.5	1185.8	1181.0	0.406
Promedio de contenido de humedad del agregado fino							0.410

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.13. Propiedades del cemento

Sabemos por las normas E-050 y E-060 que se debería hacer ensayos para determinar el tipo de cemento a utilizar, pero, debido a que la presente tesis se proyecta a la realización de viviendas unifamiliares edificadas por los propietarios por autoconstrucción o autogestión, se utilizará el cemento portland IP; además, sabemos que en Arequipa - Perú, para obtener cementos especiales como es el caso del cemento tipo V, se debe hacer un previo requerimiento de dicho material, y debido a la poca disponibilidad del mismo, no suelen ser usados en proyectos de esta magnitud.

Como se indicó anteriormente se usará cemento Yura IP. En el anexo B se estipulan la ficha técnica proporcionada por la empresa. Donde especifica su composición, uso, y otros datos importantes. El dato que utilizaremos para la elaboración del diseño de mezcla es del peso específico  $2.85 \text{gf/cm}^3$ , de acuerdo de su ficha técnica.

## CAPÍTULO IV:

### 4. Diseño de mezcla y ensayos del concreto

#### 4.1. Diseño de mezcla

##### 4.1.1. Metodología del diseño.

Con el conocimiento de las propiedades; del agregado, y tipo de cemento que utilizaremos, se realizaron algunos ensayos previos, para determinar; el método del diseño de mezclas, el contenido de agua y relación de a/c, que garantice un buen comportamiento del concreto.

Basándonos en los ensayos previos mencionados, se decidió utilizar el método de módulo de fineza, ya que los resultados obtenidos eran los más altos comparando la resistencia a la compresión de los tres métodos.

##### 4.1.2. Diseño de mezcla del concreto.

Las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinadas, siguiendo los primeros pasos del Método del comité 211 del ACI. (Rivva Lopez, 2007)

- Seleccionar la resistencia requerida promedio, al no contar con registros de resultados de ensayos, que facilite el cálculo de la desviación estándar, por lo tanto, se debe de tomar en cuenta la tabla 7.4.3 del libro de Riva.

*Tabla 59 Resistencia a la compresión promedio*

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210 kgf/cm <sup>3</sup>	$f'c+70$
210 kgf/cm <sup>3</sup> a 350 kgf/cm <sup>3</sup>	$f'c+84$
sobre 350 kgf/cm <sup>3</sup>	$f'c+98$

**Fuente:** Adaptación de Tabla 7.4.3 del libro (Rivva Lopez, 2007).

El alcance de la presente tesis, se enfoca a la realización de viviendas unifamiliares, donde actualmente los propietarios, las edifican por medio de la autoconstrucción o autogestión, por tal motivo la resistencia de compresión promedio será de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

$$f'c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'cr = f'c + 84 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f'cr = 294 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

*Formula 18 Resistencia requerida promedio.*

- El tamaño máximo nominal del agregado es de ½”
- Seleccionar el asentamiento, “es aquella propiedad del concreto no endurecido, que define el grado de humedad de la mezcla.”

“El concreto se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre 3 y 4 pulgadas, si las consolidaciones por vibración y de 5 pulgadas o menor, si la compactación es por varillado.” (Rivva Lopez, 2007). Se escogerá por tal motivo el rango de 3 a 4”

- Seleccionar el volumen unitario del agua para agregado seco en concretos preparados con o sin aire incorporado y con ayuda de la tabla 10.2.1 del libro de Rivva.

*Tabla 60 Volumen unitario de agua*

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-

**Fuente:** Adaptación de Tabla 10.2.1 del libro Rivva Lopez, (2007).

El volumen unitario de agua es 216 lt/m<sup>3</sup>

- Seleccionar el contenido de aire con ayuda de la tabla 11.2.1 “da el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado”. Rivva Lopez, ( 2007)

*Tabla 61 Contenido de aire atrapado*

Tamaños nominales máximos	Contenido de Aire atrapado (%)
3/8	3
1/2	2.5
3/4	2
1	1.5
1 1/2	1
2	0.5
3	0.3
6	0.2

**Fuente:** Adaptación de Tabla 11.2.1 del libro Rivva Lopez, ( 2007).

El contenido de aire atrapado es de 2.5 % según la tabla anterior.

- Seleccionar de relación agua-cemento. “Se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condiciones saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua.” Este valor debe de seleccionarse de las tablas 12.2.2 y 13.2.5 por resistencia y por durabilidad respectivamente, de los cuales se elegirá menor.

Al no tener en este proyecto condiciones especiales de exposición solo se usará tabla 12.2.2 del libro de Rivva Lopez.

*Tabla 62 Relación agua-cemento por resistencia*

F'cr 28 días(kgf/cm <sup>3</sup> )	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	C. sin aire incorporado	C. con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

**Fuente: Adaptación de Tabla 12.2.2 del libro Rivva Lopez, (2007).**

La interpolación de la tabla anterior era 0.5584.

- Determinar “el factor del cemento por unidad cubica del concreto, consiste en dividir el volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cubico, entre la relación agua-cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento para un metro cubico de concreto.” (Rivva Lopez, 2007).

$$C. cemento = \frac{216}{0.5584}$$

$$C. cemento = 386.819 \text{ kgf}$$

$$C. cemento = 9.102 \text{ bolsas/m}^3$$

*Formula 19 Contenido de cemento.*

- Determinar el volumen absoluto de la pasta de concreto, “consiste en sumar los volúmenes absolutos en relaciones con unidad.” Rivva Lopez, (2007)

*Tabla 63 Resultados de volúmenes absolutos*

<b>Descripción</b>	<b>Volumen absoluto</b>
Volumen de cemento (m <sup>3</sup> )	0.136
Volumen de agua (m <sup>3</sup> )	0.216
Aire	0.025
Volumen total de cemento + agua + aire	0.377

**Fuente: Elaboración propia**

- Determinar el volumen absoluto del agregado, este es igual a la unidad menos el volumen absoluto de la pasta.

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 1 - 0.377$$

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 0.623 \text{ m}^3$$

*Formula 20 Volumen absoluto del agregado*

- Calcular el módulo de fineza de la combinación de agregados. “Las investigaciones han permitido establecer que la combinación de agregado fino y grueso, cuando estos tienen granulometría comprendidas dentro de los valores de la norma ASTM C33, si el módulo de fineza de la combinación se aproxima a los valores indicados en la tabla 16.3.10.” Rivva Lopez, (2007)

*Tabla 64 Modulo de la fineza de la combinación de agregados*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de los agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cubico indicados			
	<b>6.00</b>	<b>7.00</b>	<b>8.00</b>	<b>9.00</b>
3/8	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4	4.96	5.04	5.11	5.19
1	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2	5.56	5.64	5.71	5.79
2	5.86	5.94	6.01	6.09
3	6.16	6.24	6.31	6.39

**Fuente: Adaptación de Tabla 16.3.10 del libro Rivva Lopez, (2007).**

La interpolación de la tabla anterior era  $m = 4.6971$ .

- Calcular el valor de módulo de fineza de la combinación de agregados se puede determinar el porcentaje del agregado fino en relación el volumen absoluto total de agregado con la fórmula 20.1.7 del libro de Rivva.

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100$$

Dónde:

$r_r$  = Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

$m$  = Modulo de fineza de la combinación de agregados = 4.6971.

$m_r$  = Modulo de fineza del agregado fino = 2.59.

$m_g$  = Modulo de fineza del agregado grueso = 6.33.

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100$$

$$r_r = \frac{6.33 - 4.6971}{6.33 - 2.59} \times 100$$

$$r_r = 43.689 \%$$

*Formula 21 Porcentaje de agregado fino*

- Calcular los volúmenes absolutos de los agregados.

*Tabla 65 Resultados de los volúmenes absolutos del agregado*

<b>Descripción</b>	<b>Volúmenes absolutos</b>
Volumen absoluto del agregado fino (m <sup>3</sup> )	0.272
Volumen absoluto del agregado grueso(m <sup>3</sup> )	0.351

**Fuente: Elaboración propia**

- Determinar los pesos secos.

*Tabla 66 Resultados de lo pesos secos del diseño*

	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Específico (kgf/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (kgf)</b>
Agua	0.216	1000	216.000
Cemento	0.136	2850	386.819
Ag. Grueso	0.351	2647.6	929.228
Ag. Fino	0.272	2510.5	683.619
Aire	0.025	-	-

**Fuente: Elaboración propia**

- Corrección por humedad del agregado.

*Tabla 67 Resultado de corrección de humedad*

<b>HUMEDAD</b>	
Peso Ag. Grueso Húmedo (kgf)	930.99
Peso Ag. Fino Húmedo (kgf)	686.36

**Fuente: Elaboración propia**

- Corrección de agua del diseño.

*Tabla 68 Resultados de corrección de agua*

<b>ABSORCION</b>	
Agua Libre Ag. Grueso (lt)	-9.288
Agua Libre Ag. Fino (lt)	-11.477
Agua de mezcla corregida (lt)	236.77

**Fuente: Elaboración propia**

- Diseño final.

*Tabla 69 Diseño de mezcla*

Descripción	Cantidades
Cemento (kgf)	386.819
Ag Grueso (kgf)	930.991
Ag. Fino (kgf)	686.361
Agua (kgf)	236.766

**Fuente: Elaboración propia**

- Dosificación del diseño de muestra.

*Tabla 70 Dosificación del concreto parte por volumen*

CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO	AGUA
1	1.77	2.41	0.61

**Fuente: Elaboración propia**

- Trabajaremos con mucilago de nopal como aditivo en las siguientes proporciones del concreto.

La tanda de diseño será de 0.04921 m<sup>3</sup>.

*Tabla 71 Diseño de mezclas con las proporciones del mucilago de nopal*

Descripción	Diseño con porcentajes			
	0%	0.50%	1.00%	3.00%
Aditivo de Mucilago de nopal (lt)	0.000	0.100	0.190	0.570
Cemento (kgf)	19.030	19.030	19.030	19.030
Ag Grueso (kgf)	45.820	45.820	45.820	45.820
Ag. Fino (kgf)	33.780	33.780	33.780	33.780
Agua (lt)	11.660	11.565	11.470	11.089

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 72 Diseños de mezcla para 1 m<sup>3</sup> de concreto con adición de mucilago de nopal

Descripción	Diseño con porcentajes			
	0%	0.50%	1.00%	3.00%
Aditivo de Mucilago de nopal (lt)	0.000	2.031	3.858	11.574
Cemento (kgf)	386.819	386.819	386.819	386.819
Ag Grueso (kgf)	930.991	930.991	930.991	930.991
Ag. Fino (kgf)	686.361	686.361	686.361	686.361
Agua (lt)	236.766	234.837	232.908	225.171

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73 Conversión de unidades de medición en peso (kgf) de agregados y cemento a volumen (m<sup>3</sup>)

Elemento	Peso (kgf)	Peso Específico (kgf/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Agua	236.766	1000	0.237
Cemento	386.819	2850	0.136
Ag. Grueso	930.991	2647.6	0.352
Ag. Fino	686.361	2510.5	0.273
		total	1.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74 Diseños de mezcla para 1 m<sup>3</sup> de concreto con adición de mucilago de nopal con volúmenes

Descripción	Diseño con porcentajes			
	0%	0.50%	1.00%	3.00%
Aditivo de Mucilago de nopal (lt)	0.000	2.031	3.858	11.574
Cemento (bls) (0.136m <sup>3</sup> )	9.087	9.087	9.087	9.087
Ag Grueso (m <sup>3</sup> )	0.352	0.352	0.352	0.352
Ag. Fino (m <sup>3</sup> )	0.273	0.273	0.273	0.273
Agua (m <sup>3</sup> )	0.237	0.235	0.233	0.225

**Fuente: Elaboración propia**

**4.1.3. Método de dosificación de la mezcla de concreto.**

El método de la dosificación que se utilizara en esta investigación se detalla a continuación.

- Pesar los materiales a participar en el concreto.
- Humedecer el trompo para evitar perdida de agua.
- Se coloca el agregado fino en su totalidad con  $\frac{1}{4}$  del agua total, encender el trompo hasta que el agregado fino absorba el agua inicial.
- Se adiciona el agregado grueso en su totalidad y  $\frac{1}{4}$  de agua del total y se espera hasta que se uniformice la mezcla.
- Se coloca el cemento total en el trompo y se espera que se distribuya correctamente.
- Se adicione  $\frac{1}{2}$  del agua restante, y el mucilago de nopal y posteriormente el resto del agua y se espera que se homogenice bien la mezcla de concreto.
- Se vacía la muestra en una caretilla o bugui.
- De ahí se coloca la mezcla en los moldes de 10cm de diámetro, varillando 25 veces cada tercio del molde, y dando 12 golpes con un martillo de goma.

**4.2. Ensayo en estado fresco del concreto.**

Los ensayos del concreto en estado fresco nos permiten verificar cuantitativamente si el concreto elaborado, logra cumplir con requerimientos o requisitos para el cual fue realizado.

#### 4.2.1. Medición de asentamiento del concreto.

Este método fue desarrollado para proporcionar una técnica para monitorear la consistencia del concreto no endurecido, el asentamiento del concreto se incrementa proporcionalmente con el contenido de agua para una mezcla dada y por lo tanto esta inversamente con la resistencia del concreto. NTP 339.035, (2015)

##### 4.2.1.1. Procedimiento del ensayo.

- Se humedece el molde conocido como cono de Abrams y se coloca sobre una superficie plana, no debe ser absorbente y humedad.
- Se coloca la muestra de concreto en el cono de Abrams, en tres capas cada una de las capas debe ser aproximadamente la tercera parte del volumen, se debe de asegurar la correcta distribución del concreto para evitar la segregación.
- Cada capa se compacta 25 golpes con la barra compactadora y aplicados uniformemente en toda la sección, se llena por exceso antes de compactar la última capa, de ser necesario se añade concreto para mantener el exceso.
- Se enrasa rodando la barra compactadora sobre el borde superior.
- Se retira inmediatamente el molde de concreto levantándolo cuidadosamente, la operación completa desde el principio hasta el final, sin interrupciones.
- Se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y el centro de la cara superior del cono deformado.

4.2.1.2. Datos y resultados.

Tabla 75 Resultados de asentamiento del diseño con 0.0% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Slump	
			cm	Pulg
0.0% 294	D14	10/01/2020	12	4.724
	D19	16/01/2020	13	5.118
	D24	21/01/2020	17	6.693
	D27	23/01/2020	15	5.906
	D31	24/01/2020	14	5.512
	D34	28/01/2020	8	3.150
	D36	4/02/2020	9.5	3.740

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76 Resultados de asentamiento del diseño con 0.5 % de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Slump	
			cm	Pulg
0.5% 294	D8	3/01/2020	11	4.331
	D12	9/01/2020	11.5	4.528
	D17	14/01/2020	10	3.937
	D21	16/01/2020	7	2.756
	D26	21/01/2020	11	4.331
	D30	24/01/2020	17	6.693
	D35	4/02/2020	18.5	7.283

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77 Resultados de asentamiento del diseño con 1.0 % de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Slump	
			cm	Pulg
1% 294	D9	6/01/2020	11	4.331
	D10	6/01/2020	10.6	4.173
	D15	13/01/2020	12.5	4.921
	D18	14/01/2020	7	2.756
	D22	17/01/2020	10.5	4.134
	D25	21/01/2020	11	4.331
	D29	23/01/2020	16.5	6.496
	D33	28/01/2020	15.5	6.102

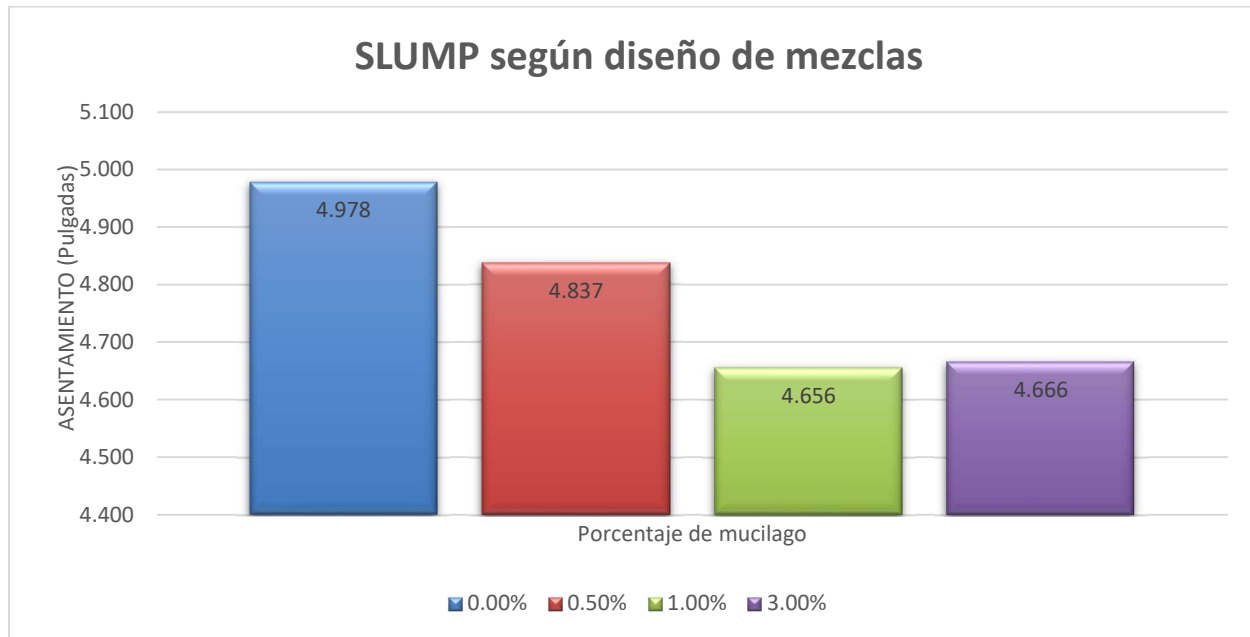
Fuente: Elaboración propia

Tabla 78 Resultados de asentamiento del diseño con 3.0 % de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Slump	
			cm	Pulg
3% 294	D11	9/01/2020	12.3	4.843
	D13	10/01/2020	13	5.118
	D16	13/01/2020	7.5	2.953
	D20	16/01/2020	8	3.150
	D23	17/01/2020	11.5	4.528
	D28	23/01/2020	17	6.693
	D32	28/01/2020	15.5	6.102
	D37	17/01/2020	10	3.937

Fuente: Elaboración propia

Grafica 9 Asentamiento de los cuatro diseños



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2. Medición de contenido de aire y peso unitario

Este ensayo, brinda el porcentaje de aire atrapado e incorporado, en este proyectó, no se utilizó aditivo para incorporar aire, el aire atrapado depende de las características físicas de los materiales y el tamaño máximo se utilizará el método de presión, la presión se realizará en un recipiente hermético (olla de Washington). NTP. 339.083

El ensayo de peso unitario del concreto fresco consiste, dividir el peso del concreto entre el volumen que ocupe este. NTP. 339.046

##### 4.2.2.1. Procedimiento del ensayo.

- Todos los utensilios a utilizar deberán ser humedecidos

- Se vierte la mezcla en tres capas, para eliminar los espacios vacíos, se precede a realizar 25 varilladas por cada capa, con ayuda de un martillo de coma se golpea en los costados por lo menos unas 10 o 12 veces por capa.
- Se enraza la última capa y se limpia superficialmente los bordes y se procede a cerrar la olla de Washington.
- Se pesa el recipiente lleno para tener el peso del concreto descontando el peso de la olla de Washington vacía.
- Se introduce agua en la válvula de purga derecha, hasta que esta salga por la válvula izquierda.
- Se procede a bombear aire en la cámara hasta que la presión indique 0 % cerramos las dos llaves, se presiona la válvula y se espera que el nanómetro se estabilice y se toma la medida.

#### 4.2.2.2. Datos y resultados.

*Tabla 79 Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 0.0% de aditivo.*

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Aire %	Peso kgf	Peso Unitario kgf/m <sup>3</sup>
0.0% 294	D14	10/01/2020	1.45	16.274	2324.860
	D19	16/01/2020	1.75	16.183	2311.860
	D24	21/01/2020	1.65	16.325	2332.140
	D27	23/01/2020	1.15	16.435	2347.860
	D31	24/01/2020	1.45	16.298	2328.290
	D34	28/01/2020	1.20	16.370	2338.570
	D36	04/02/2020	1.55	16.258	2322.570

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 80 Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 0.5% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Aire %	Peso kgf	Peso Unitario kgf/m <sup>3</sup>
0.5% 294	D8	03/01/2020	1.35	16.285	2326.430
	D12	09/01/2020	1.55	16.187	2312.430
	D17	14/01/2020	1.60	16.252	2321.710
	D21	16/01/2020	1.80	16.181	2311.570
	D26	21/01/2020	1.60	16.172	2310.290
	D30	24/01/2020	1.30	16.412	2344.570
	D35	04/02/2020	1.25	16.349	2335.570

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81 Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 1.0% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Aire %	Peso kgf	Peso Unitario kgf/m <sup>3</sup>
1% 294	D9	06/01/2020	1.26	16.224	2317.710
	D10	06/01/2020	1.36	16.358	2336.860
	D15	13/01/2020	1.40	16.283	2326.140
	D18	14/01/2020	1.90	16.266	2323.710
	D22	17/01/2020	1.65	16.305	2329.290
	D25	21/01/2020	1.70	16.163	2309.000
	D29	23/01/2020	1.90	16.407	2343.860
	D33	28/01/2020	1.30	16.458	2351.140

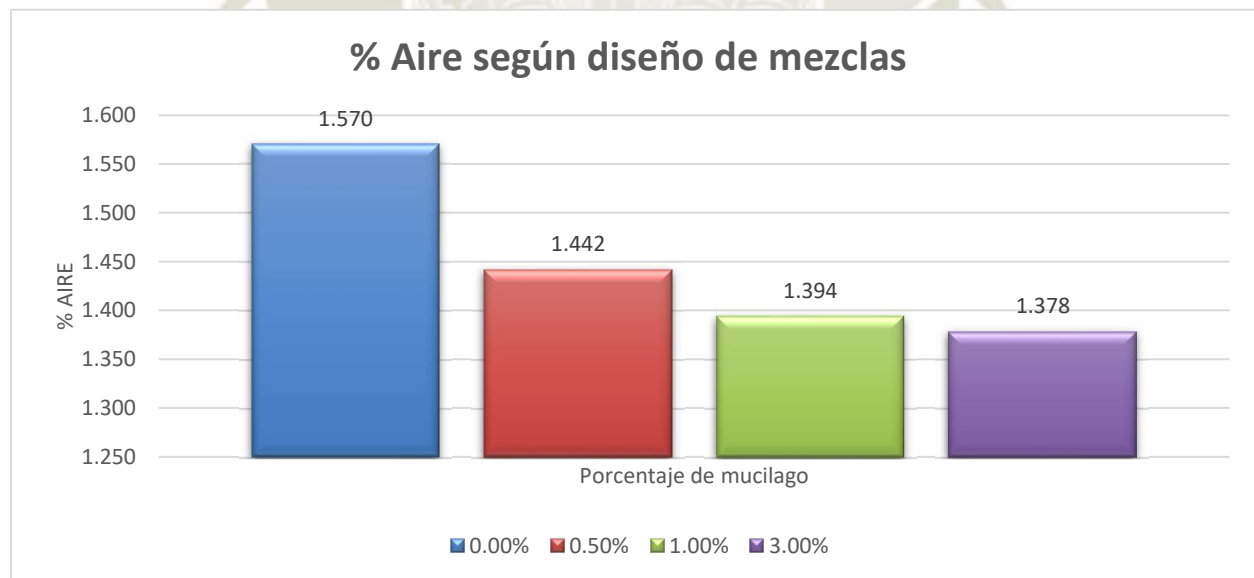
Fuente: Elaboración propia

Tabla 82 Resultados de contenido de aire y peso unitario del diseño con 3.0% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Aire %	Peso kgf	Peso Unitario kgf/m <sup>3</sup>
3% 294	D11	09/01/2020	1.50	16.259	2322.710
	D13	10/01/2020	1.37	16.327	2332.430
	D16	13/01/2020	2.00	16.208	2315.430
	D20	16/01/2020	2.00	16.347	2335.290
	D23	17/01/2020	1.27	16.279	2325.710
	D28	23/01/2020	1.30	16.441	2348.710
	D32	28/01/2020	1.60	16.432	2347.430
	D37	17/01/2020	1.45	16.399	2342.710

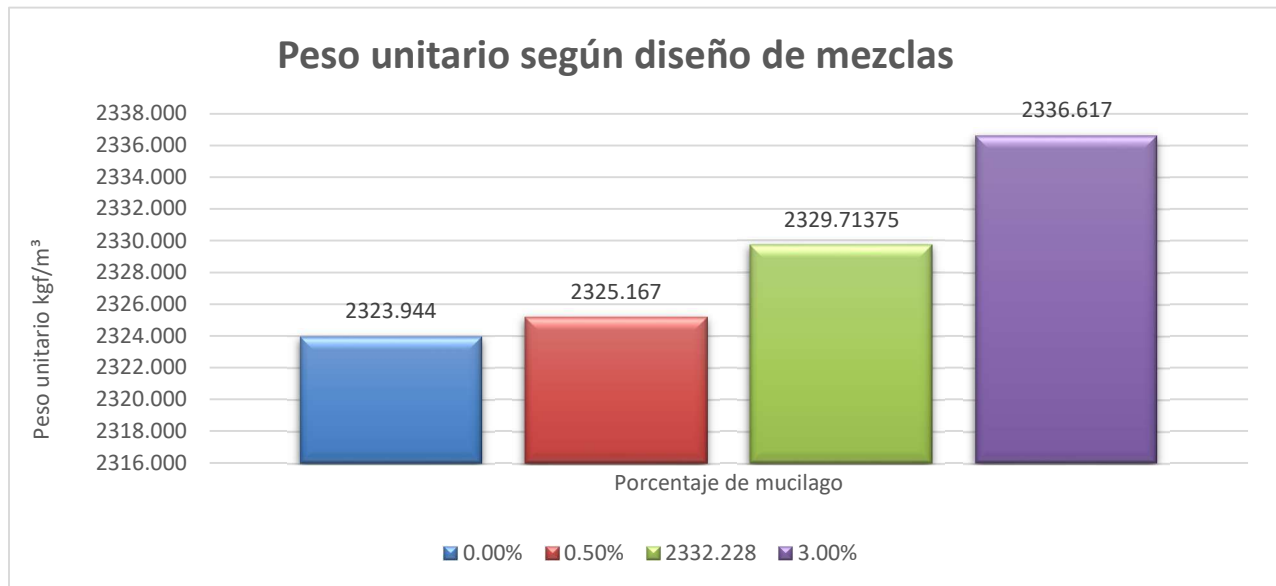
Fuente: Elaboración propia

Grafica 10 Porcentaje de aire de los cuatro diseños



Fuente: Elaboración propia

Grafica 11 Peso unitario de los cuatro diseños



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2.3. Medición de temperatura

Esta propiedad tiene una gran importancia sobre propiedades tanto en el estado fresco y el estado endurecido. Es esencial usar termómetros que como mínimo, ingresen 7.5 cm sobre la muestra de concreto y debe estar como mínimo 2 a 5 minutos en contacto con la muestra. (Dirección de Normalización - INACAL, 2001)

##### 4.2.3.1. Procedimiento del ensayo.

- Se tomará una muestra representativa de concreto fresco.
- Se humedece parte del termómetro que ingresará dentro de la muestra.
- Se deberá dejar entre 2 a 5 minutos para tomar la lectura de la temperatura.

4.2.3.2. Datos y resultados.

Tabla 83 Resultados de temperatura del diseño adicionando el 0.0 %

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Temperatura °C
0.0% 294	D14	10/01/2020	18.9
	D19	16/01/2020	21.5
	D24	21/01/2020	20.0
	D27	23/01/2020	19.6
	D31	24/01/2020	19.7
	D34	28/01/2020	20.3
	D36	04/02/2020	21.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84 Resultados de temperatura del diseño adicionando el 0.5 %

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Temperatura °C
0.5% 294	D8	03/01/2020	19.3
	D12	09/01/2020	20.3
	D17	14/01/2020	19.6
	D21	16/01/2020	19.8
	D26	21/01/2020	20.3
	D30	24/01/2020	19.7
	D35	04/02/2020	21.3

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 85 Resultados de temperatura del diseño adicionando el 1.0 %*

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Temperatura
			°C
1% 294	D9	06/01/2020	20.4
	D10	06/01/2020	21.2
	D15	13/01/2020	19.6
	D18	14/01/2020	19.5
	D22	17/01/2020	19.2
	D25	21/01/2020	19.8
	D29	23/01/2020	20.6
	D33	28/01/2020	19.8

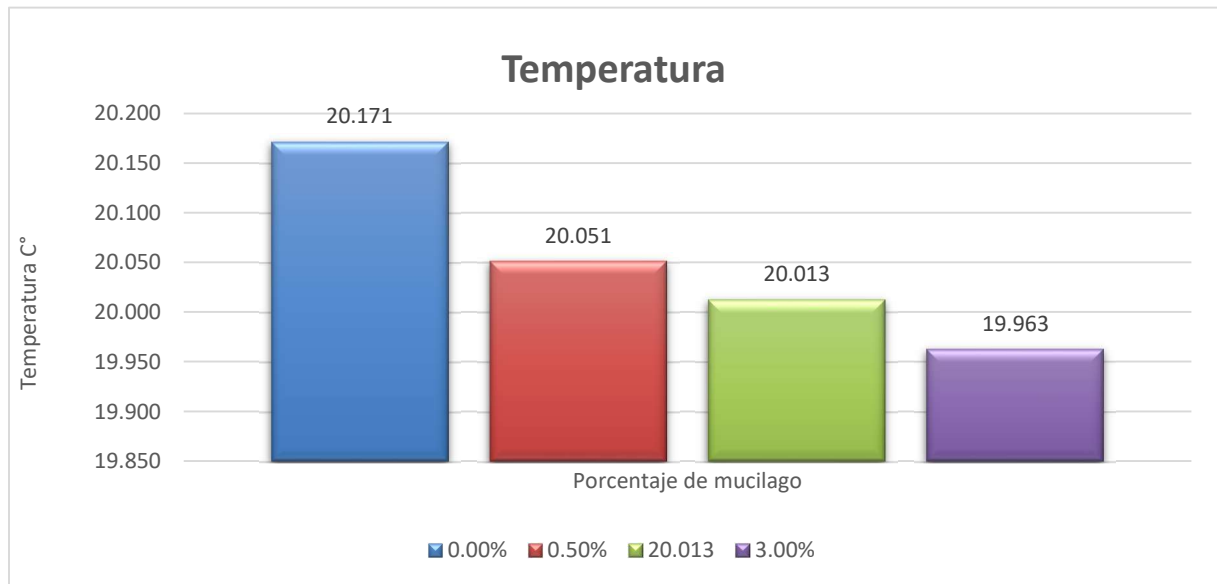
**Fuente: Elaboración propia**

*Tabla 86 Resultados de temperatura del diseño adicionando el 3.0 %*

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Temperatura
			°C
3% 294	D11	09/01/2020	20.6
	D13	10/01/2020	19.8
	D16	13/01/2020	20.3
	D20	16/01/2020	19.8
	D23	17/01/2020	18.9
	D28	23/01/2020	20.4
	D32	28/01/2020	20.1
	D37	17/01/2020	19.8

**Fuente: Elaboración propia**

*Grafica 12 Temperatura de los cuatro diseños*



**Fuente: Elaboración propia**

### **4.3. Ensayo en estado endurecido del concreto.**

#### **4.3.1. Resistencia a la compresión.**

Este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial, a los cilindros moldeados a una velocidad normalizada en un rango mientras ocurre la falla, esta es la división de la carga máxima entre el área de la sección donde se aplicó la carga. NTP 339.034, (2015)

Los resultados de este ensayo son usados como referencia para el control de calidad y como control para la evaluación de la efectividad de los aditivos y usos similares.

##### **4.3.1.1. Procedimiento del ensayo.**

- Los ensayos de compresión serán realizados en estado húmedo.

- Las probetas de concreto serán medidas en especial para tener el área promedio de la cara recta donde se aplique la carga.
- Los cilindros de concreto serán colocados de manera vertical, sobre la rótula del cabezal de la máquina, este debe estar alineado con el eje central de la probeta.
- La velocidad de carga debe ser de carga continua y sin que se detenga, la velocidad de esfuerzo sobre la probeta de aproximadamente de 0.25 MPa/s. La velocidad de movimiento será menor en la mitad final de la carga.
- Cuando ocurra la falla la maquina deberá ser detenida, y se registrara la carga máxima que resistió antes de la falla.

#### 4.3.1.2. Cálculos y formulas.

$$RC = \frac{CARGA\ MAXIMA}{AREA}$$

*Formula 22 Resistencia a la compresión*

Dónde:

$RC$  = Resistencia a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>).

*Carga máxima* = Carga máxima resistida antes de la falla (kgf).

*Área* = Área de la cara perpendicular donde se aplica la carga (cm<sup>2</sup>).

#### 4.3.1.3. Datos y resultados.

En las siguientes tablas se resumen los resultados obtenidos por las probetas de 10 x 20 cm, a la edad de 4, 7, 14 y 28 días, según para una resistencia mínima de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

En la primera iteración de las mezclas, se realizaron 26 vaciados con una relación agua/cemento de 0.56.

*Tabla 87 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 0.0% de aditivo.*

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión(kgf/cm <sup>2</sup> )			
			4 días	7 días	14 días	28 días
0.0% 294	D14	10/01/2020	<b>120.924</b>	<b>138.948</b>	<b>195.787</b>	263.528
	D19	16/01/2020	<b>186.233</b>	195.814	234.077	<b>310.006</b>
	D24	21/01/2020	147.148	175.193	223.443	280.616
	D27	23/01/2020	146.175	193.026	219.905	263.593
	D31	24/01/2020	132.143	<b>161.914</b>	<b>200.736</b>	<b>291.565</b>
	D34	28/01/2020	151.83	201.933	247.177	251.882
	D36	04/02/2020	140.678	<b>210.752</b>	234.968	274.403
	Promedio		144.324	181.487	231.914	266.804
Desviación Estándar		8.487	11.485	10.758	11.0930	

**Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo D**

*Tabla 88 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 0.5% de aditivo.*

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			4 días	7 días	14 días	28 días
0.5% 294	D8	3/01/2020	149.981	179.102	228.918	273.361
	D12	9/01/2020	146.106	182.741	218.420	<b>247.209</b>
	D17	14/01/2020	<b>120.591</b>	184.404	218.854	285.706
	D21	16/01/2020	161.647	164.568	239.280	281.039
	D26	21/01/2020	145.738	<b>151.680</b>	<b>204.089</b>	257.945
	D30	24/01/2020	149.181	181.530	<b>211.909</b>	275.738
	D35	4/02/2020	146.958	<b>196.482</b>	239.380	275.841
Promedio		149.935	178.469	228.970	274.938	
Desviación Estándar		7.480	9.237	11.949	10.523	

**Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo D**

Tabla 89 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 1.0% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			4 días	7 días	14 días	28 días
1% 294	D9	6/01/2020	147.112	190.968	236.963	285.773
	D10	6/01/2020	147.164	190.956	236.785	288.282
	D15	13/01/2020	135.591	187.189	<b>216.952</b>	278.045
	D18	14/01/2020	<b>125.305</b>	197.133	225.363	299.996
	D22	17/01/2020	156.430	200.702	240.583	<b>305.151</b>
	D25	21/01/2020	158.880	<b>157.550</b>	234.226	286.263
	D29	23/01/2020	139.565	177.347	<b>208.826</b>	<b>251.924</b>
	D33	28/01/2020	<b>132.027</b>	<b>217.002</b>	246.225	275.661
	Promedio			147.457	190.716	236.691
Desviación Estándar			11.747	10.520	8.952	10.985

Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo D

Tabla 90 Resultado de la resistencia a la compresión del diseño con 3.0% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			4 días	7 días	14 días	28 días
3% 294	D11	9/01/2020	147.120	186.833	<b>229.177</b>	280.101
	D13	10/01/2020	146.371	182.724	<b>211.029</b>	274.671
	D16	13/01/2020	163.008	178.162	<b>207.093</b>	290.444
	D20	16/01/2020	<b>186.043</b>	195.313	226.906	<b>302.071</b>
	D23	17/01/2020	136.309	176.474	213.069	273.407
	D28	23/01/2020	152.624	198.787	219.109	269.366
	D32	28/01/2020	132.688	<b>213.699</b>	242.128	272.883
	D37	17/01/2020	142.620	<b>218.997</b>	239.992	288.123
	Promedio			146.353	186.382	228.397
Desviación Estándar			12.290	10.158	12.711	8.833

Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo D

Tabla 91 Resumen de la resistencia a la compresión de los diseños.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )				
	0 días	4 días	7 días	14 días	28 días
0.0% 294	0.000	143.595	191.491	231.914	266.804
0.5% 294	0.000	149.878	178.547	228.963	274.938
1% 294	0.000	147.457	190.680	236.691	285.670
3% 294	0.000	146.353	187.226	228.397	278.428

Fuente: Elaboración propia

Grafica 13 Resistencia a la compresión de los cuatro diseños



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica 9, en los concretos adicionando el mucilago de nopal, la dispersión de su resistencia a edades tempranas es similar, donde el concreto adicionando el 1% de mucilago de nopal, siempre es superior al diseño base, lo que no ocurre cuando se adiciona más mucilago, como se puede comprobar con el diseño al 3%. A los 28 días el diseño del 1% logra superar al diseño base en un 6.9% y el diseño con 3% de mucilago de nopal, logra superar al diseño patrón en solo un 4.2%.

#### **4.3.2. Absorción capilar (Sorptividad).**

Este ensayo se utiliza para determinar la tasa de absorción de agua (sorptividad) en el mortero se realizará con el fin de determinar la cantidad de agua penetrante en nuestro concreto por capilaridad, de acuerdo a la norma ASTM C1585.

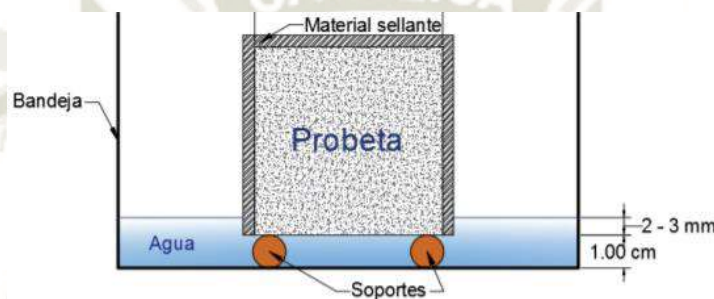
El concreto está expuesto a muchos agentes del medio ambiente, a largo plazo, por tal motivo se debe verificar la penetrabilidad de su sistema de poros. En el hormigón no saturado el ritmo de penetración de agua u otros fluidos está fuertemente controlado por la absorción debida al ascenso capilar. Este método de ensayo está basado en el desarrollado por Hall, que denominó el fenómeno como “sorptividad de agua”. ASTM C1585, (2007)

##### **4.3.2.1. Procedimiento del ensayo.**

- Se debe preparar las muestras a ensayar, estas deben ser cilindros de concreto de 100mm de diámetro y con un espesor de 50 mm aproximadamente.
- Secar la muestra a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  , hasta que la masa sea constante y no varíe en 0.01gf.

- Medir el diámetro de la cara que será expuesta al agua, para posteriormente hallar el área de esta cara. Se procede a impermeabilizar las otras caras que no serán expuestas al agua.
- Se pesan las muestras con una balanza de precisión de 0.1g, esta será nuestra masa inicial.
- Con ayuda de una bandeja plana y con unos soportes de 1cm donde se apoyará la muestra, se verta agua de 2 a 3 milímetros, como se muestra en la ilustración siguiente.

*Ilustración 2 Modelo de la tasa de absorción sorptividad*



Fuente: (Angulo, 2017)

- Se deberá registrar el peso de la muestra a los 60seg; 3; 5; 7; 10; 15; 30; 45; 60 min.

#### 4.3.2.2. Cálculos y formulas.

$$I = \frac{\Delta M}{A \delta}$$

*Formula 23 La absorción del concreto*

Dónde:

$I$  = La absorción (mm).

$\Delta M$  = Variación de la masa (gf).

$A$  = Área de la cara expuesta al agua (mm<sup>2</sup>).

$\delta$  = Densidad del agua (0.001gf/mm<sup>3</sup>)

El ritmo o tasa inicial de absorción (sorptividad) es la pendiente de la línea que constituye el ploteo de  $I$  contra la raíz cuadrada del tiempo ( $s^{1/2}$ ). Esta pendiente se obtiene utilizando análisis de regresión lineal desde el  $t = 1$  hasta las 6 horas



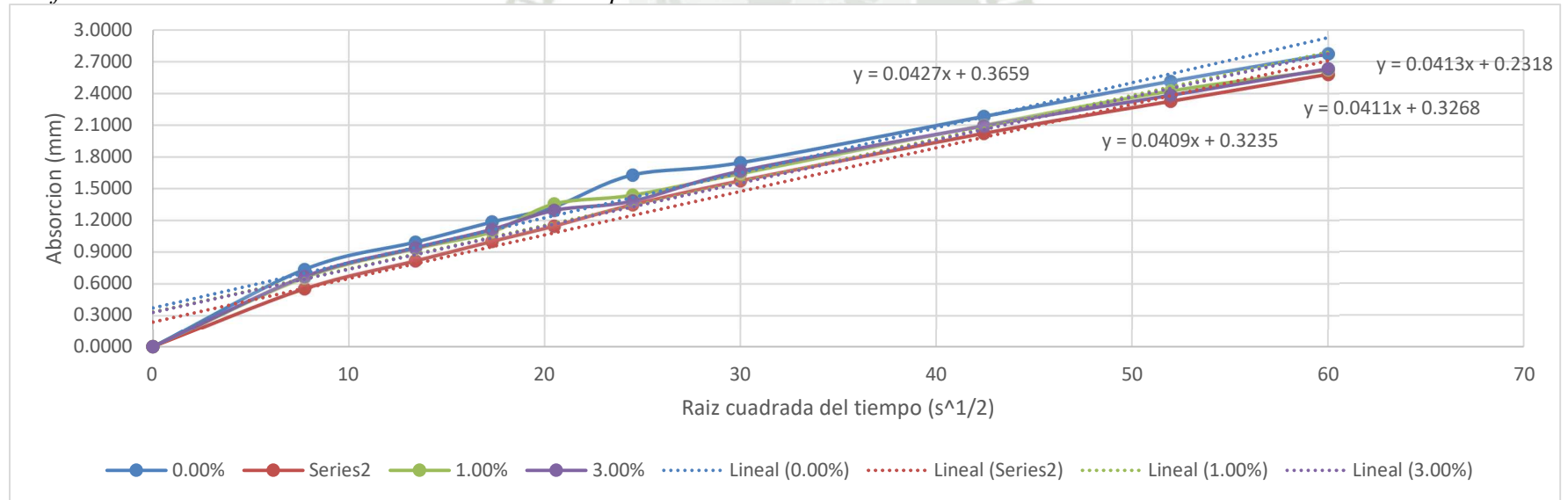
**4.3.2.3. Datos y resultados.**

*Tabla 92 Resumen de absorción de los diferentes diseños*

Porcentaje de mucilago	0	7.7459	13.4164	17.3205	20.4939	24.4948	30	42.4264	51.9615	60	Sorptividad
0.00%	0.0000	0.7372	0.9959	1.1857	1.3297	1.6305	1.7461	2.1839	2.5155	2.7744	0.0427
0.50%	0.0000	0.5537	0.8181	1.0024	1.1479	1.3483	1.5753	2.0241	2.3272	2.5820	0.0413
1.00%	0.0000	0.6593	0.9335	1.0928	1.3564	1.4389	1.6431	2.0991	2.4243	2.6227	0.0411
3.00%	0.0000	0.6695	0.9420	1.1155	1.2961	1.3829	1.6665	2.0934	2.3837	2.6338	0.0409

**Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo E**

*Grafica 14 La absorción vs la raíz cuadrada del tiempo*



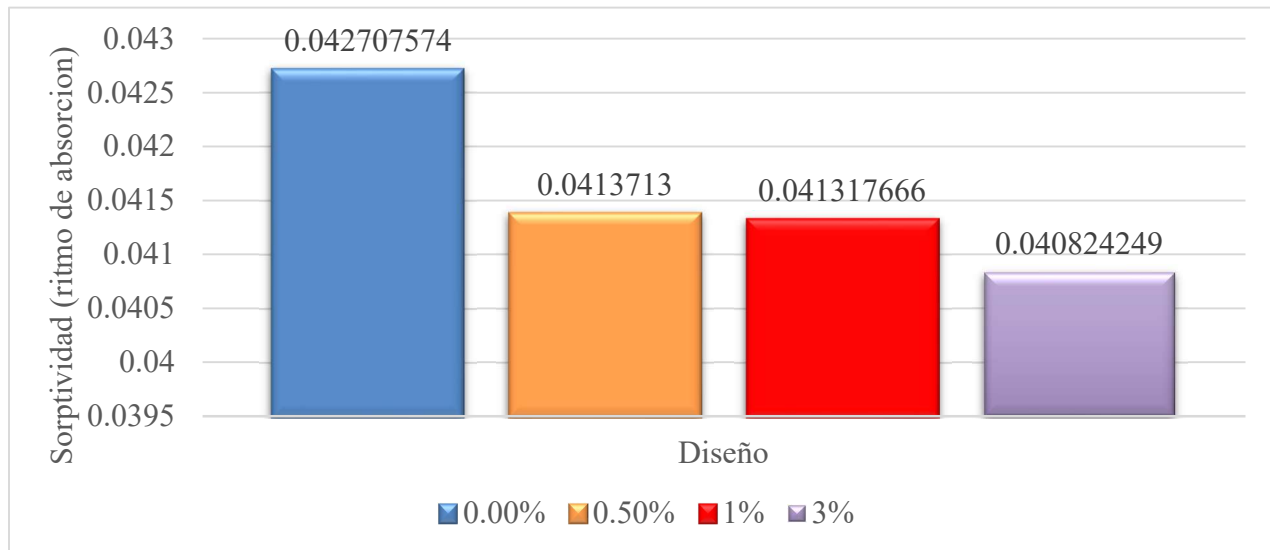
Fuente: Elaboración propia

Tabla 93 Resumen de sorptividad en los diferentes diseños

Porcentaje de mucilago	Diseño	Sorptividad Promedio (adimensional)	Sorptividad promedio de diseño(adimensional)	Desviación Estándar
0.00%	D14	0.0447		
	D19	0.0414		
	D24	0.0437		
	D27	0.0425	0.0427	0.0016
	D31	0.0444		
	D34	0.0408		
	D36	0.0411		
	D8	0.0418		
	D12	0.0411		
	D17	0.0410		
0.50%	D21	0.0402	0.0413	0.0017
	D26	0.0450		
	D30	0.0407		
	D35	0.0394		
	D9	0.0424		
	D10	0.0416		
	D15	0.0431		
	D18	0.0424	0.0413	0.0016
	D22	0.0400		
	D25	0.0401		
1%	D29	0.0422		
	D33	0.0384		
	D11	0.0404		
	D13	0.0419		
	D16	0.0429		
	D20	0.0405	0.0408	0.0023
	D23	0.0433		
	D28	0.0376		
	D32	0.0423		
	D37	0.0373		

Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo E

Grafica 15 Comparación de sorptividad entre los diseños



**Fuente: Elaboración propia**

Como se puede observar en la gráfica 11, los concretos adicionando el mucilago de nopal, su sorptividad, es inversamente proporcional al porcentaje de aditivo adicionado.

#### 4.3.3. Porcentaje de poros permeables.

Este ensayo consiste en calcular el porcentaje de vacíos en el concreto endurecido, este es un dato esencial para calcular la permeabilidad de los concreto de los distintos diseños.

##### 4.3.3.1. Procedimiento del ensayo.

Las muestras a ensayar serán porciones individuales en este caso serán cilindros, el volumen de cada muestra no será menor de  $350 \text{ cm}^3$ , la muestra deberá estar libre de grietas, fisuras o bordes astillados.

- Secar la muestra a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , hasta que la masa sea constante y no varíe en  $0.01\text{kgf}$ , como mínimo de 24 horas, posteriormente dejarlos enfriar hasta que alcancé una temperatura de  $20^\circ\text{C}$  o  $25^\circ\text{C}$ .

- Se procede a pesar la muestra este dato será considerado el peso seco.
- Las muestras deben ser sumergidas en agua a una temperatura de 21°C por lo menos durante 48 horas, hasta que esté totalmente saturada, hasta que el peso no varíe, será secado superficialmente con ayuda de un paño y será pesado, este dato será considerado como peso superficialmente seco después de la inmersión.
- Posteriormente se coloca la muestra ensayada en un contenedor y se procede a hervirlo durante 5 horas, dejar enfriar por pérdida natural por lo menos durante 14 horas, a continuación, se procede a secar superficialmente con ayuda de un trapo y se pesa nuevamente este dato será considerado como peso superficialmente seco después de la inmersión y hervido.
- A continuación, se suspende la muestra con un alambre y pesarlo sumergido, este dato será considerado como Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido.

#### 4.3.3.2. Cálculos y formulas.

$$\%PP = \frac{(C - A)}{(C - D)} \times 100$$

*Formula 24 Porcentaje de poros permeables*

Dónde:

$\%PP$  = Porcentaje de poros permeables.

$A$  = Masa de la muestra seca

$C$  = Masa de la muestra superficialmente seca, después de la inmersión y hervido

$D$  = Masa aparente de la muestra en agua, después de la inmersión y hervido

#### 4.3.3.3. Datos y resultados.

*Tabla 94 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 0.0% de aditivo.*

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	D	Muestra	A	C	D	Poros %	Prom Poros %	Prom Poros %
0.0% 294	D14	1	1148.34	1254.3	435.3	12.943	13.026	
		2	1152.24	1259.7	439.7	13.110		
	D19	1	1156.67	1261.0	438.7	12.684	13.201	
		2	1162.17	1274.2	457.8	13.719		
	D24	1	1156.69	1258.7	453.7	12.671	12.670	
		2	1154.82	1257.8	444.8	12.669		
	D27	1	1164.37	1270.4	452.6	12.962	13.012	13.165
		2	1165.39	1272.9	449.9	13.062		
	D31	1	1152.80	1265.4	453.4	13.867	13.642	
		2	1157.48	1266.8	452.2	13.418		
	D34	1	1165.18	1257.2	573.2	13.450	12.990	
		2	1166.59	1269.0	451.7	12.529		
	D36	1	1149.04	1262.0	429.6	13.575	13.614	
		2	1146.42	1255.9	453.9	13.653		

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 95 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 0.5 % de aditivo.*

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Muestra	A	C	D	Poros %	Prom Poros %	Prom Poros %
0.5% 294	D8	1	1150.4	1252.6	456.6	12.839	12.817	
		2	1146.6	1258.3	385.3	12.795		
	D12	1	1152.7	1254.9	456.9	12.807	12.810	
		2	1148.8	1260.5	388.7	12.813		
	D17	1	1156.6	1260.3	456.0	12.893	12.760	
		2	1159.3	1260.8	457.0	12.628		
	D21	1	1150.7	1251.9	453.5	12.675	12.834	12.817
		2	1149.7	1255.3	442.5	12.992		
	D26	1	1143.5	1244.8	441.6	12.612	12.764	
		2	1150.9	1254.9	450.1	12.916		
	D30	1	1163.5	1265.8	461.6	12.721	12.825	
		2	1167.5	1272.4	461.0	12.929		
	D35	1	1161.8	1270.3	467.1	13.508	13.580	
		2	1162.2	1271.8	469.0	13.652		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 1.0 % de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Muestra	A	C	D	Poros %	Prom Poros %	Prom Poros %
1% 294	D9	1	1152.3	1252.3	463.0	12.669	12.780	
		2	1149.8	1251.7	450.4	12.717		
	D10	1	1155.6	1256.6	467.3	12.796		
		2	1150.7	1252.7	451.4	12.729		
	D15	1	1150.6	1254.0	464.7	13.100		
		2	1153.3	1255.2	453.9	12.717		
	D18	1	1150.8	1253.6	449.2	12.780		
		2	1153.0	1255.7	442.3	12.626		
	D22	1	1156.9	1259.2	447.8	12.608		
		2	1160.9	1264.1	451.5	12.700		
	D25	1	1154.4	1257.8	451.3	12.821		
		2	1159.1	1261.5	464.8	12.853		
	D29	1	1166.3	1269.9	468.6	12.929		
		2	1168.9	1277.5	425.1	12.740		
	D33	1	1158.8	1261.5	463.2	12.865		
		2	1161.0	1263.8	462.5	12.829		

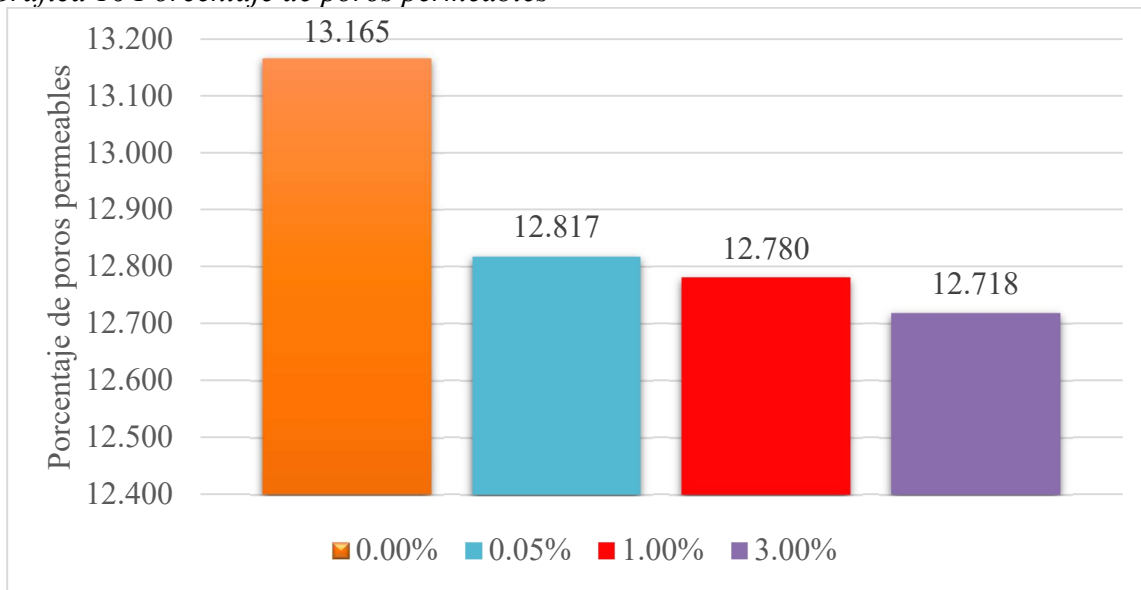
Fuente: Elaboración propia

Tabla 97 Resultados de porcentaje de poros permeables del diseño con 3.0 % de aditivo.

Porcentaje / Resistencia(kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Muestra	A	C	D	Poros %	Prom Poros %	Prom Poros %
3% 294	D11	1	1154.3	1252.5	490.2	12.882	12.718	
		2	1139.5	1247.5	394.9	12.667		
	D13	1	1152.7	1250.9	488.6	12.882		
		2	1149.8	1259.1	406.5	12.820		
	D16	1	1141.1	1244.0	446.0	12.895		
		2	1147.2	1262.6	367.6	12.894		
	D20	1	1149.4	1263.3	371.6	12.773		
		2	1151.0	1248.8	479.9	12.719		
	D23	1	1153.9	1257.3	452.3	12.845		
		2	1154.9	1268.8	385.6	12.893		
	D28	1	1173.2	1275.7	460.5	12.567		
		2	1176.1	1274.8	422.2	11.576		
	D32	1	1167.0	1270.7	457.7	12.755		
		2	1170.3	1285.9	382.2	12.792		
	D37	1	1149.4	1247.8	463.5	12.546		
		2	1152.4	1264.4	401.1	12.973		

Fuente: Elaboración propia

*Grafica 16 Porcentaje de poros permeables*



Fuente: Elaboración propia

Los concretos adicionando el mucilago de nopal, porcentaje de poros, es inversamente proporcional al porcentaje de aditivo adicionado.

#### 4.3.4. Permeabilidad

Este ensayo actualmente no cuenta con una norma vigente, en nuestro país, pero básicamente consiste, en hallar el coeficiente de permeabilidad de los cuatro diseños adicionando el mucilago de nopal.

Para este procedimiento se utilizó la propuesta de la norma técnica “Ensayo de permeabilidad al agua del concreto” elaborada por Paula Dongo Gómez en la tesis “Propuesta de incorporación del ensayo de permeabilidad al agua del concreto en la normativa técnica peruana y su implementación en el laboratorio de la UCSM – Arequipa 2019”

#### 4.3.4.1. Procedimiento del ensayo.

- Se probetas a ensayar, estas deben ser cilindros de concreto de 150mm de diámetro y una altura de 300 mm.
- Secar las probetas a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta que la masa sea constante y no varíe en 0.01gf., como mínimo 24 horas.
- Se debe raspar con ayuda de un cepillo metálico la cara que estará expuesta a la presión del agua, para retirar la capa superficial.
- Se deben de colar las probetas a ensayar en la máquina y deben ser ajustadas con los soportes metálicos, de tal manera que se eviten cualquier fuga en los puntos de salida de agua.
- Se debe aplicar la presión de agua a 1 MPa de manera continua durante 96 horas.
- Dividir las probetas como se menciona en la norma NTP 339.084, (20212)
- Con la ayuda de un marcador se deberá marcar la zona húmeda.

#### 4.3.4.2. Cálculos y formulas.

$$K = \frac{e^2 v}{2ht}$$

*Formula 25 Coeficiente de permeabilidad*

Dónde:

$K$ = Coeficiente de permeabilidad.

$e$  = Profundidad de penetración (m).

$h$ = Presión aplicada (101.97 mca).

$t$  = Tiempo de duración del ensayo (345600 segundos).

$V$ = Porosidad calculada según la NTP 339.187. (resultados ítem 4.4.3)

$$e = \frac{\text{área de la zona húmeda}}{\text{longitud de la base de la zona húmeda}}$$

*Formula 26 Profundidad de penetración*

#### 4.3.4.3. Datos y resultados.

*Tabla 98 Resultados de permeabilidad del diseño con 0.0% de aditivo.*

Porcentaje / Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Permeabilidad (m/s)				Promedio	Promedio
		1	2	3	4		
0.0% 294	D14	7.38E-13	5.96E-13	1.49E-12	2.83E-12	1.41E-12	
	D19	3.11E-12	2.81E-12	3.51E-12	3.06E-12	3.12E-12	
	D24	1.61E-12	3.23E-12	2.91E-12	4.88E-12	3.16E-12	
	D27	2.06E-12	3.40E-12	2.59E-12	1.64E-12	2.42E-12	2.56E-12
	D31	1.30E-12	2.71E-12	2.10E-12	1.95E-12	2.01E-12	
	D34	2.34E-12	3.07E-12	2.60E-12	1.67E-12	2.42E-12	
	D36	3.88E-12	3.60E-12	1.74E-12	4.33E-12	3.39E-12	

**Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo F**

*Tabla 99 Resultados de permeabilidad del diseño con 0.5% de aditivo.*

Porcentaje / Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Permeabilidad (m/s)				Promedio	Promedio
		1	2	3	4		
0.5% 294	D8	8.29E-13	1.18E-12	1.036E-12	8.229E-13	9.68E-13	
	D12	1.19E-12	1.54E-12	1.40E-12	1.27E-12	1.35E-12	
	D17	3.79E-12	2.71E-12	4.07E-12	1.66E-12	3.06E-12	
	D21	2.13E-12	2.24E-12	1.54E-12	1.27E-12	1.79E-12	2.05E-12
	D26	2.02E-12	5.28E-12	1.41E-12	1.61E-12	2.58E-12	
	D30	1.23E-12	2.55E-12	2.94E-12	1.83E-12	2.14E-12	
	D35	2.40E-12	3.06E-12	2.20E-12	2.11E-12	2.44E-12	

**Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo F**

Tabla 100 Resultados de permeabilidad del diseño con 1.0% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Permeabilidad (m/s)				Promedio	Promedio
		1	2	3	4		
1% 294	D9	1.18E-12	1.89E-12	4.48E-13	1.26E-12	1.20E-12	
	D10	9.94E-13	1.53E-12	1.69E-12	1.20E-12	1.35E-12	
	D15	1.86E-12	1.36E-12	8.14E-13	1.33E-12	1.34E-12	
	D18	4.70E-12	3.20E-12	1.84E-12	4.08E-12	3.45E-12	1.92E-12
	D22	1.94E-12	2.06E-12	3.04E-12	2.35E-12	2.35E-12	
	D25	2.31E-12	1.37E-12	1.78E-12	2.15E-12	1.90E-12	
	D29	2.42E-12	1.62E-12	2.57E-12	1.67E-12	2.07E-12	
	D33	1.95E-12	2.36E-12	1.17E-12	1.39E-12	1.72E-12	

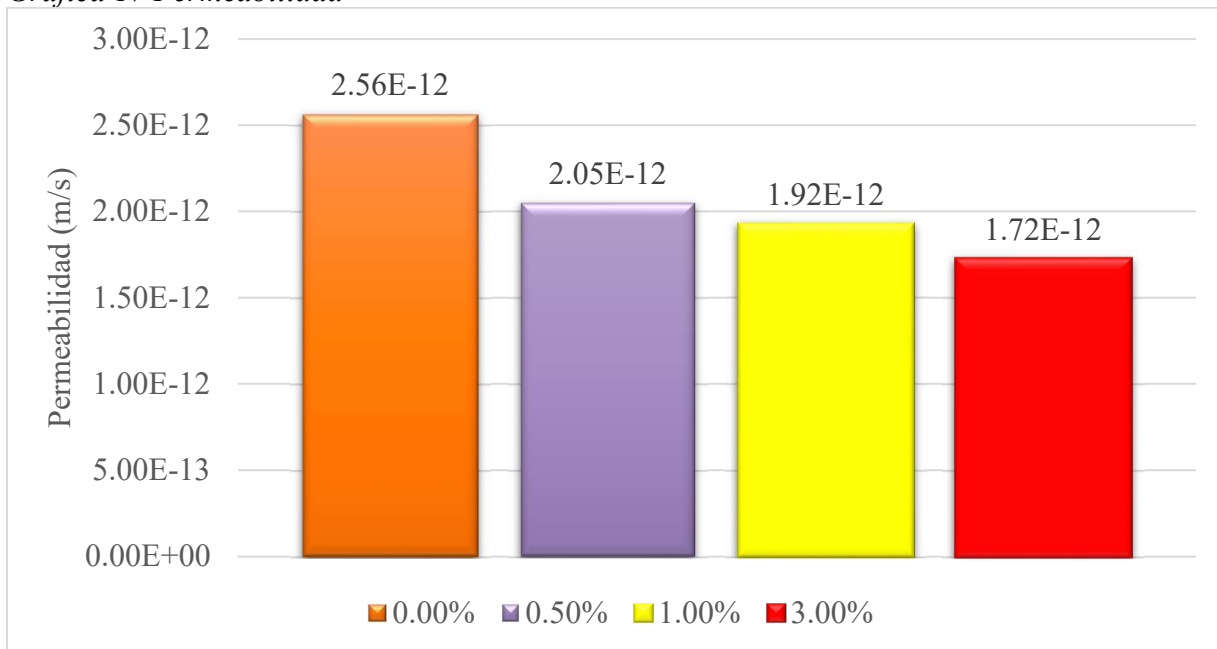
Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo F

Tabla 101 Resultados de permeabilidad del diseño con 3.0% de aditivo.

Porcentaje / Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Diseño	Permeabilidad (m/s)				Promedio	Promedio
		1	2	3	4		
3% 294	D11	1.18E-12	1.11E-12	1.75E-12	1.27E-12	1.33E-12	
	D13	4.51E-13	1.23E-12	4.58E-13	1.07E-12	8.03E-13	
	D16	1.89E-12	1.67E-12	2.57E-12	1.91E-12	2.01E-12	
	D20	4.44E-12	3.76E-12	4.43E-12	2.57E-12	3.80E-12	1.72E-12
	D23	1.05E-12	8.71E-13	1.12E-12	1.23E-12	1.07E-12	
	D28	9.06E-13	9.38E-13	8.76E-13	9.51E-13	9.18E-13	
	D32	1.73E-12	1.66E-12	1.51E-12	1.83E-12	1.68E-12	
	D37	2.02E-12	3.46E-12	1.41E-12	1.80E-12	2.17E-12	

Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo F

*Grafica 17 Permeabilidad*



**Fuente: Elaboración propia**

Los concretos adicionando el mucilago de nopal, porcentaje de poros, es inversamente proporcional al porcentaje de aditivo adicionado.

## CAPÍTULO V:

### 5. Interpretación de resultados

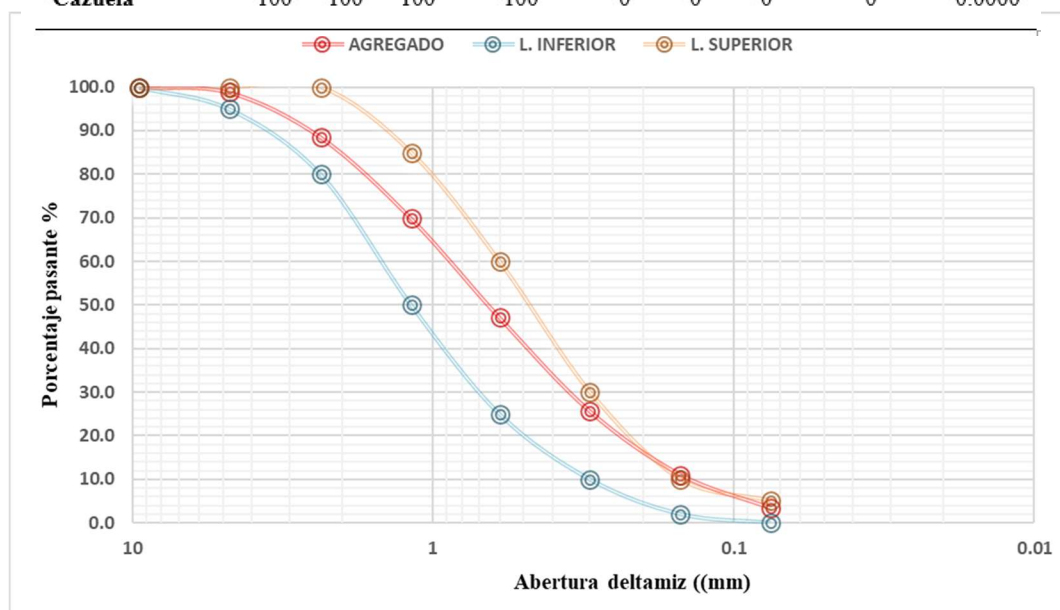
#### 5.1. Agregados

##### 5.1.1. Agregado fino.

###### Ficha resumen del agregado fino

Modulo de fineza:	2.59	Peso especifico de masa(gf/cm <sup>3</sup> ):	2.51	Puc (kgf/m <sup>3</sup> ):	1655.252
Porcentaje pasante tamiz 200:	2.164	Absorcion (%):	2.082	Pus (kgf/m <sup>3</sup> ):	1527.778
Particulas desmenuzables y terrones:	0.426	Contenido de humedad:	0.404		

Tamices Ø	(mm)	% Retenido Acumulado				% Que Pasa				D est
		M1	M2	M3	Promedio	M1	M2	M3	Promedio	
3/8"	9.5	0	0	0	0	100	100	100	100	0.0000
N.º 4	4.75	1.1	1.1	1.3	1.2	98.9	98.9	98.7	98.8	0.1155
N.º 8	2.36	11.5	12.2	10.7	11.5	88.5	87.8	89.3	88.5	0.7506
N.º 16	1.18	30.2	31.9	28.3	30.1	69.8	68.1	69.8	69.9	0.9815
N.º 30	0.6	52.8	54.9	51	52.9	47.2	46.6	48	47.1	0.7024
N.º 50	0.3	74.5	75.7	73.1	74.4	25.5	24.3	25.9	25.6	0.8327
N.º 100	0.15	89	89.6	88.4	89	11	10.4	11.6	11	0.6000
N.º 200	0.075	96.6	96.5	96.9	96.7	3.4	3.5	3.1	3.3	0.2082
<b>Cazuela</b>		100	100	100	100	0	0	0	0	0.0000



El agregado fino cumple con todos los parámetros descritos en la NTP 400.037.

### 5.1.2. Agregado grueso.

#### Ficha resumen del agregado grueso

Modulo de fineza:	6.33	Peso específico de masa(gf/cm <sup>3</sup> ):	2.676	Puc (kgf/m <sup>3</sup> ):	1643.158
Porcentaje pasante tamiz 200:	0.4012	Absorción (%):	1.101	Pus (kgf/m <sup>3</sup> ):	1486.967
Partículas desmenuzables y terrones:	0.342	Contenido de humedad:	0.335		

Tamices Ø (mm)	% Retenido Acumulado					% Que Pasa					D est
	M1	M2	M3	Promedio	M1	M2	M3	Promedio			
2"	50	0	0	0	0	100	100	100	100	0.0000	
1 1/2"	37.5	0	0	0	0	100	100	100	100	0.0000	
1"	25	0	0	0	0	100	100	100	100	0.0000	
3/4"	19	0	0	0	0	100	100	100	100	0.0000	
1/2"	12.5	12.6	9.8	10	10.8	88.5	90.2	90	89.2	0.9292	
3/8"	9.5	41.8	40.1	36.2	39.4	59.6	59.9	61.2	60.6	0.8505	
N.º 4	4.8	94.6	94.7	92.7	94	5.4	5.3	6.8	6	0.8386	
N.º 8	2.4	99.7	99.8	99.7	99.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.0577	
Cazuela		100	100	100	100	0	0	0	0	0.0000	



El agregado grueso cumple con todos los parámetros descritos en la NTP 400.037.

## 5.2. Concreto fresco

*Tabla 102 Resumen de resultados del concreto fresco*

Porcentaje / Resistencia	Diseño	Fecha de elaboración	Slump		Aire %	Peso kgf	Peso Unitario kgf/m <sup>3</sup>	Temperatura °C
			cm	Pulg				
0.0% 294	D14	10/01/2020	12.00	4.724	1.45	16.274	2324.860	18.9
	D19	16/01/2020	13.00	5.118	1.75	16.183	2311.860	21.5
	D24	21/01/2020	17.00	6.693	1.65	16.325	2332.140	20.0
	D27	23/01/2020	15.00	5.906	1.15	16.435	2347.860	19.6
	D31	24/01/2020	14.00	5.512	1.45	16.298	2328.290	19.7
	D34	28/01/2020	8.00	3.150	1.20	16.370	2338.570	20.3
	D36	04/02/2020	9.50	3.740	1.55	16.258	2322.570	21.2
0.5% 294	D8	03/01/2020	11.00	4.331	1.35	16.285	2326.430	19.3
	D12	09/01/2020	11.50	4.528	1.55	16.187	2312.430	20.3
	D17	14/01/2020	10.00	3.937	1.60	16.252	2321.710	19.6
	D21	16/01/2020	7.00	2.756	1.80	16.181	2311.570	19.8
	D26	21/01/2020	11.00	4.331	1.60	16.172	2310.290	20.3
	D30	24/01/2020	17.00	6.693	1.30	16.412	2344.570	19.7
	D35	04/02/2020	18.50	7.283	1.25	16.349	2335.570	21.3
1% 294	D9	06/01/2020	11.00	4.331	1.26	16.224	2317.710	20.4
	D10	06/01/2020	10.60	4.173	1.36	16.358	2336.860	21.2
	D15	13/01/2020	12.50	4.921	1.40	16.283	2326.140	19.6
	D18	14/01/2020	7.00	2.756	1.90	16.266	2323.710	19.5
	D22	17/01/2020	10.50	4.134	1.65	16.305	2329.290	19.2
	D25	21/01/2020	11.00	4.331	1.70	16.163	2309.000	19.8
	D29	23/01/2020	16.50	6.496	1.90	16.407	2343.860	20.6
D33	28/01/2020	15.50	6.102	1.30	16.458	2351.140	19.8	
3% 294	D11	09/01/2020	12.30	4.843	1.50	16.259	2322.710	20.6
	D13	10/01/2020	13.00	5.118	1.37	16.327	2332.430	19.8
	D16	13/01/2020	7.50	2.953	2.00	16.208	2315.430	20.3
	D20	16/01/2020	8.00	3.150	2.00	16.347	2335.290	19.8
	D23	17/01/2020	11.50	4.528	1.27	16.279	2325.710	18.9
	D28	23/01/2020	17.00	6.693	1.30	16.441	2348.710	20.4
	D32	28/01/2020	15.50	6.102	1.60	16.432	2347.430	20.1
D37	17/01/2020	10.00	3.937	1.45	16.399	2342.710	19.8	

**Fuente:** Elaboración propia

Los ensayos del concreto en estado fresco nos permitieron verificar cuantitativamente si el concreto está elaborado, de la manera correcta con los requerimientos o requisitos para el cual fue realizado.

### 5.3. Concreto endurecido

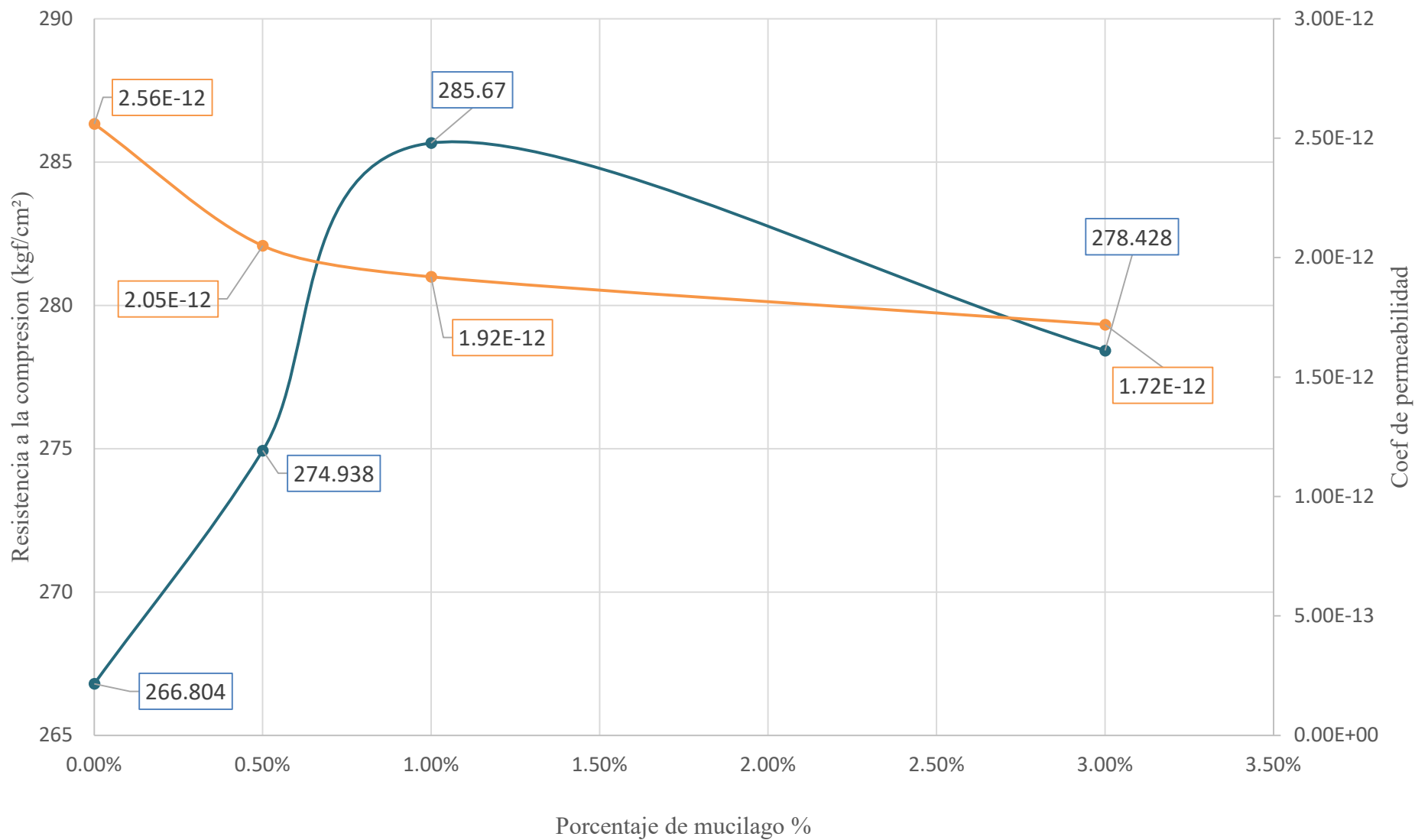
*Tabla 103 Resumen de resultados del concreto endurecido*

Porcentaje/ Resistencia	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )					Sorptividad (adimensional)	Poros permeables (%)	Permeabilidad (m/s)
	0	4	7	14	28			
0.00%	0	143.595	191.491	231.914	266.804	0.0427	13.165	2.56E-12
0.50%	0	149.878	178.547	228.963	274.938	0.0413	12.817	2.05E-12
1.00%	0	147.457	190.68	236.691	285.670	0.0413	12.78	1.92E-12
3.00%	0	146.353	187.226	228.397	278.428	0.0408	12.718	1.72E-12

**Fuente: Elaboración propia**

Si solo nos basamos, en los ensayos de permeabilidad, absorción y poros, el diseño más óptimo sería el de 3% adicionando mucilago de nopal, pero cuando consideramos la resistencia a la compresión, el diseño representativo sería el de concreto adicionando de 1% a 3% de mucilago de nopal, si se incrementa esta cantidad de mucilago la resistencia de compresión decrece, lo que dificultaría el correcto funcionamiento de las estructuras a construir.

Grafica 18 Influencia del porcentaje de mucilago de nopal sobre la resistencia a la compresión y permeabilidad



## CAPÍTULO VI:

### 6. Análisis de Costos.

#### 6.1. Análisis costo beneficio

De acuerdo a los cálculos realizados en el ítem, 4.1.2, Diseño de mezcla del concreto, utilizamos las proporciones de materiales para  $1\text{m}^3$  en la cual utilizaremos 9.0870 bolsas correspondientes a  $0.136\text{ m}^3$ .

Tabla 104 Análisis de precios unitarios para concreto con 0% de adición de mucilago de nopal.

<b>Partida: CONCRETO PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION F'C=210</b>						
			<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>			
Unidad: M3					Jornada de diaria de trabajo = 8 horas	
Rendimiento: 22 M3/DIA					Costo unitario = S/. 333.333	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano De Obra</b>						
101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0364	27.4900	0.9996
101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	22.9100	8.3309
101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3636	18.1200	6.5891
101010005	PEON	hh	6.0000	2.1818	16.3700	35.7164
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	0.7273	23.7000	17.2364
						<b>68.8724</b>
<b>Materiales</b>						
2070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.3520	52.0700	18.3286
2070200010002	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.2730	50.3000	13.7319
207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.2330	15.0000	3.4950
213010003	CEMENTO PORTLAND TIPO 1P	bol		9.0870	24.0000	218.0880
231010001	MUCILAGO DE NOPAL	lt		0.0000	2.0011	0.0000
						<b>253.7035</b>
<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	68.8724	2.0662
3012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3636	5.7600	2.0945
3012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3636	18.1400	6.5964
						<b>10.7571</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 105 Análisis de precios unitarios para concreto con 0.5% de adición de mucilago de nopal

<b>Partida: CONCRETO PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION</b>						
<b>F'C=210 kgf/cm<sup>2</sup></b>						
Unidad: M3			Jornada de diaria de trabajo = 8 horas			
Rendimiento: 22 M3/DIA			Costo unitario = S/.		337.367	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio <i>SI.</i>	Parcial <i>SI.</i>
<b>Mano De Obra</b>						
101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0364	27.4900	0.9996
101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	22.9100	8.3309
101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3636	18.1200	6.5891
101010005	PEON	hh	6.0000	2.1818	16.3700	35.7164
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	0.7273	23.7000	17.2364
						<b>68.8724</b>
<b>Materiales</b>						
2070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.3520	52.0700	18.3286
2070200010002	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.2730	50.3000	13.7319
207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.2350	15.0000	3.5250
213010003	CEMENTO PORTLAND TIPO 1P	bol		9.0870	24.0000	218.0880
231010001	MUCILAGO DE NOPAL	lt		2.0310	2.0011	4.0643
						<b>257.7378</b>
<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	68.8724	2.0662
3012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3636	5.7600	2.0945
3012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3636	18.1400	6.5964
						<b>10.7571</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 106 Análisis de precios unitarios de concreto con 1% de adición de mucilago de nopal

<b>Partida : CONCRETO PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION F'C=210 kgf/cm<sup>2</sup></b>						
Unidad : M3		Jornada de diaria de trabajo = 8 horas				
Rendimiento: 22 M3/DIA		Costo unitario = S/.		340.993		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano De Obra</b>						
101010002	CAPATAZ	hh	0.1	0.0364	27.49	0.9996
101010003	OPERARIO	hh	1	0.3636	22.91	8.3309
101010004	OFICIAL	hh	1	0.3636	18.12	6.5891
101010005	PEON	hh	6	2.1818	16.37	35.7164
1.0101E+12	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2	0.7273	23.7	17.2364
						<b>68.8724</b>
<b>Materiales</b>						
2.0701E+12	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.352	52.07	18.3286
2.0702E+12	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.273	50.3	13.7319
207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.233	15	3.495
213010003	CEMENTO PORTLAND TIPO 1P	bol		9.087	24	218.088
231010001	MUCILAGO DE NOPAL	lt		3.858	2.0011	7.7203
						<b>261.3638</b>
<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3	68.8724	2.0662
3.0129E+12	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1	0.3636	5.76	2.0945
3.0129E+12	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1	0.3636	18.14	6.5964
						<b>10.7571</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 107 Análisis de precios unitarios de concreto con 3% de adición de mucilago de nopal

<b>Partida : CONCRETO PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION</b>						
<b>F'C=210 kgf/cm<sup>2</sup></b>						
Unidad : M3		Jornada de diaria de trabajo = 8 horas				
Rendimiento : 22 M3/DIA		Costo unitario = S/.			356.314	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano De Obra</b>						
101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0364	27.4900	0.9996
101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	22.9100	8.3309
101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3636	18.1200	6.5891
101010005	PEON	hh	6.0000	2.1818	16.3700	35.7164
1010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	0.7273	23.7000	17.2364
						<b>68.8724</b>
<b>Materiales</b>						
2070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.3520	52.0700	18.3286
2070200010002	ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>		0.2730	50.3000	13.7319
207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.2250	15.0000	3.3750
213010003	CEMENTO PORTLAND TIPO 1P	bol		9.0870	24.0000	218.0880
231010001	MUCILAGO DE NOPAL	lt		11.5740	2.0011	23.1608
						<b>276.6844</b>
<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	68.8724	2.0662
3012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3636	5.7600	2.0945
3012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.3636	18.1400	6.5964
						<b>10.7571</b>

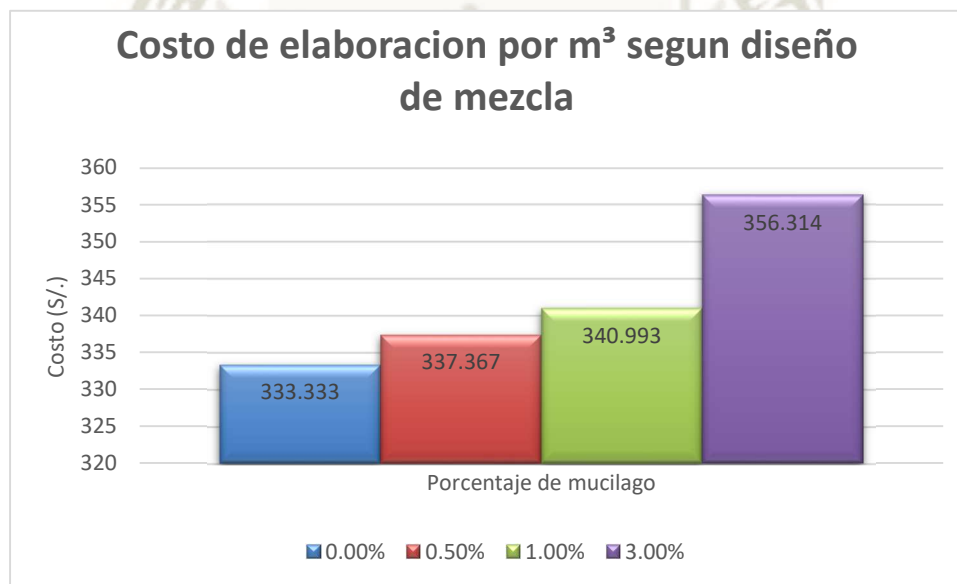
**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 108 Resumen comparativo del concreto por m<sup>3</sup> según el porcentaje de mucilago de nopal adicionado

%	TMN	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resis a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Poros permeables (%)	Permeabilidad (m/s)	Costo m <sup>3</sup>
0.00%	1/2	210	266.800	13.170	2.56E-12	S/.333.333
0.50%	1/2	210	274.940	12.820	2.05E-12	S/.337.367
1.00%	1/2	210	285.670	12.780	1.92E-12	S/.340.993
3.00%	1/2	210	278.430	12.720	1.72E-12	S/.356.314

Fuente: Elaboración Propia

Grafica 19 Resumen costos de elaboración del concreto según diseño



Fuente: Elaboración Propia

- La obtención de la cactácea (nopal) como materia prima, es sencilla, ya que aprovechamos las podas de formación y crecimiento para obtenerlas sin coste alguno debido a que se consideran productos residuales, considerándose como único costo el de transporte.
- Los costos para la extracción del mucilago fueron calculados de acuerdo al rendimiento real durante la realización de la presente tesis.

*Tabla 109 Análisis precios unitarios para la extracción de mucilago de nopal.*

<b>Partida: EXTRACCIÓN DE MUCILAGO DE NOPAL</b>				<b>jornada de diaria de trabajo = 8 horas</b>		
Unidad: LITROS						
Rendimiento: 80 LITROS/DIA				Costo unitario S/. 2.0011		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio <i>SI.</i>	Parcial <i>SI.</i>
<b>Mano De Obra</b>						
101010005	PEON	hh	1.0000	0.1000	16.3700	1.6370
<b>1.6370</b>						
<b>Materiales</b>						
	PENCAS DE NOPAL PUESTO	tn		0.0010	300.0000	0.3000
207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m <sup>3</sup>		0.0010	15.0000	0.0150
<b>0.3150</b>						
<b>Equipos</b>						
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	1.6370	0.0491
<b>0.0491</b>						

**Fuente: Elaboración Propia**

## CAPITULO VII:

### 7. Conclusiones y recomendaciones

#### 7.1. Conclusiones

1. Con el presente trabajo se logró reducir la permeabilidad del concreto adicionando mucilago de nopal en una proporción del (1% al 3%) del cemento, e incrementando la resistencia a la compresión axial, dando solución a los problemas que causan los niveles freáticos superficiales, pero no necesariamente a los problemas causados por la exposición a sulfatos y cloruros.
2. Se elaboro un diseño de mezcla eficiente adicionando mucílago nopal siguiendo la metodología de módulo de fineza con la siguiente proporción 1/1.70/2.41/0.60/0.01.
3. Se verifico la reducción de la capilaridad midiendo la velocidad de absorción (sorptividad); en el diseño adicionando el 1% del aditivo, se redujo en un 3.74%; y en el diseño adicionando el 3 % de mucilago de nopal, se reduce en un 4.22%.
4. Se logró disminuir el porcentaje de poros permeables; en el diseño con 1% de mucilago de nopal, se redujo en un 2.79%; y en el diseño con 3 % de mucilago de nopal, se redujo en un 3.39%.
5. Se logró disminuir la permeabilidad; en el diseño adicionando el 1% de mucilago de nopal, se redujo en un 16.40%; y en el diseño adicionando el 3 % de mucilago de nopal, se reduce en un 33.2%.
6. Se verifico que en los cuatro diseños se pueden considerar, los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días son satisfactorios, ya que cumplen con los dos

requisitos de del reglamento nacional de edificaciones, que su promedio de tres probetas sea superior a  $210 \text{ kgf/cm}^2$  y que el resultado individual, de cada uno de los especímenes sea superior al  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

7. Se comparó que, en los diseños de mezcla, adicionando el mucilago de nopal, la dispersión de sus resistencias a edades tempranas es similar, donde el concreto adicionando 1% de mucilago de nopal, siempre es superior al diseño base, lo que no ocurre cuando se adiciona más mucilago, como se puede comprobar con el diseño al 3%. A los 28 días el diseño del 1% logra superar al diseño base en un 6.9% y el diseño con 3% de mucilago de nopal, logra superar al diseño patrón en solo un 4.2%.
8. Se comparó el costo de la elaboración del concreto convencional con 0 % de mucilago de nopal, cuyo costo de elaboración es de S/. 333.333 nuevos soles por metro cubico, versus el concreto adicionando mucilago de nopal al 1 % y 3%, teniendo en cuenta que, estos incrementos se deben a gastos relacionados con la extracción del mucilago de nopal resumido en el análisis de precios unitarios de dicha partida, siendo el precio unitario de extracción de mucilago de nopal, según nuestro análisis de S/. 2.001 nuevos soles por litro, el cual se procesa en 8 hh, y se utiliza, 1.0 kgf en pencas de nopal, y 1.0 litro de agua; Obtuvimos como resultados de este análisis que: En el comparativo de costo con adición de 1% (3.858 litros de mucilago de nopal), el costo por metro cubico fue de S/. 340.993 nuevos soles, superior en S/. 7.72 nuevos soles, y representando un incremento de 2.298% por metro cubico comparado con el costo del concreto convencional, y en el comparativo de costo con adición de 3% (11.5740 litros de mucilago de nopal), el costo por metro cubico fue de S/. 356.314 nuevos soles, superior en S/. 22.98 nuevos soles, y representando un incremento de 6.894% por metro cubico comparado con el costo del concreto convencional.

9. Mediante las pruebas realizadas se obtuvo la técnica más rápida y económica para la extracción del mucílago del nopal industrializado, es realizando un corte longitudinal a la panca de tuna (nopal) de tal forma que se deje expuesta la pulpa, luego se procede a remojarla por 24 horas, posterior a esto se realiza la extracción del mucílago por medio de la decantación.
  
10. Se demostró que los estudios previos, están en lo correcto al indicar que cuando se incrementa el porcentaje de mucílago, la resistencia empieza a disminuir y esto se verifica al comparar los resultados del diseño 1% y del diseño del 3%.



## 7.2. Recomendaciones

1. Se recomienda utilizar mucilago de nopal en proporción del (1% al 3%), para mejorar las propiedades del concreto sin afectar otras propiedades esenciales como es la resistencia a la compresión, ya que, de acuerdo a las investigaciones previas, y de las pruebas realizadas en esta tesis se verifico que a medida que se incrementa el mucilago de nopal la resistencia empieza a decaer.
2. Se recomienda tener en cuenta y evaluar los diferentes tipos de cimentaciones, ya que este diseño permite reducir la permeabilidad, pero no necesariamente reducir la resistencia a la exposición de sulfatos y cloruros, en tal caso, este aditivo se debería adicionar a mezclas con cementos de tipo HS y tipo V, y adicionalmente sumarlo a otras técnicas de impermeabilización.
3. Se recomienda la recolección de las pencas de nopal en sembríos industrializados, en la época de poda, ya que esto le da un segundo uso a un producto de desecho, sin llegar a afectar la existencia de las mismas.
4. Se elaboró un diseño de mezclas de  $210 \text{ kgf/cm}^2$  debido a que es el más usado y conocido en nuestro medio, teniendo en cuenta que nuestro alcance es para viviendas unifamiliares realizadas por los propietarios por autoconstrucción y autogestión, beneficiando directamente a los habitantes de Lara-Socabaya, y los poblados de la costa y sierra, en los que abunda esta variedad de nopal, este diseño está orientado a técnicas de construcción económicas, viables y sustentables con el medio ambiente, se recomienda ampliar el área de influencia para futuras investigaciones, para poder comparar el comportamiento del mucilago de nopal con otros tipos de cemento y resistencias variables.

5. Para el peso unitario de los agregados, se puede obtener estos datos en dos estado, en estado seco y en estado saturado superficialmente seco mediante formula, pero debido a que en el diseño de mezclas se realiza una corrección por humedad, se recomienda usar los datos del peso unitario seco.



### 7.3. Propuestas de investigación

1. Se propone continuar con la investigación estudiando la permeabilidad, sorptividad de concretos elaborados con mucilagos de nopal con cementos de distintas marcas ciudad de Arequipa.
2. Se propone continuar con la investigación estudiando la permeabilidad, sorptividad y demás propiedades de concretos elaborados con mucilagos de nopal con cementos tipos en la ciudad de Arequipa.
3. Se recomienda continuar con la investigación estudiando la permeabilidad de concretos adicionando mucilagos de nopal y compararlos con concretos elaborados con aditivos impermeabilizantes.
4. Se recomienda continuar con la investigación estudiando la permeabilidad de concretos adicionando mucilago de nopal, con distintos tipos de curado.
5. Se recomienda realizar estudios de la interacción entre el mucilago de nopal y preservantes naturales, para lograr preservar el aditivo por un plazo más prolongado sin que pierda sus propiedades.

## Referencias bibliográficas

- A. Cárdenas, W. M. Arguelles, and F. M. Goycoolea . (1998). On the Possible Role of Opuntia ficus-indica Mucilage in Lime Mortar Performance in the Protection of Historical Buildings. *Centro de investigacion en Alimentos y Desarrollo A. C.*, 2.
- A., G. (1975). Development of strength properties of hydrating cement pastes and their relation to structural features., (pág. 8). Cembereu.
- Acosta, F. M. (2010). *Universidad San Martin de Porres*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos52/exportacion-tuna/exportacion-tuna3.shtml>
- Álvarez, O. C., Díaz S. C., Ramírez V. D. y Yáñez F.J. (2007). “Secado por Aspersión de Mucílago de Nopal”. *IX Congreso de ciencia de los alimentos y V foro de ciencia y tecnología de alimentos.*, (pág. 277). MEXICO.
- Angulo, A. J. (2017). *EVALUACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y TIPOS DE AGREGADOS FINOS SOBRE LA COMPRESIÓN, SORPTIVIDAD Y DENSIDAD DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, TRUJILLO 2017*”. Trujillo.
- Arizmendi, C. (. (s.f.). Optimización de dos compuestos plastificantes (glicerol y polietilenglicol) en la elaboración de una película plástica comestible obtenida a partir del mucílago de nopal de la especie opuntia tomentosa salm-dyck. Mexico .
- ASTM C125. (2010). *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*.
- ASTM C1585 . (2007). *Método de ensayo normalizado para medir el ritmo de absorción de agua de los hormigones de cemento hidraulico*. ASTM.
- Babilonia Escallon, Indira ; Urango Rojas, Sandy Paola. (2015). *El uso de aditivos de origen natural integral a masas de concreto para la protección contra la corrosión del acero estructural embebido. (Caso de estudio: Sábila)*. España. Obtenido de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/2394/1/El%20uso%20de%20aditivos%20de%20origen%20natural.pdf>
- Cardenas, A., Arguelles, W. M., & Goycoolea, F. M. (1998). “On the Possible Role of Opuntia ficus-indica Mucilage in Lime Mortar Performance in the Protection of Historical Buildings. *Journal of the Professional, Association for Cactus Development,*, vol. 3, 1-8.
- Carpio Cáceres, Fernando Jesús; Quintanilla Velásquez, Cristian Nicolás. (2021). “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL CONCRETO EMPLEANDO LOS AGREGADOS Y CEMENTOS CON MAYOR DEMANDA COMERCIAL EN LA CIUDAD DE AREQUIPA UTILIZANDO MÉTODOS DE DISEÑOS DE MEZCLAS PARA RESISTENCIAS  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”. Arequipa.
- Carrasco Diaz, S. (2008). *Metodología de la Investigacion Cientifica*. Lima: San Marcos.

- Chandra, S.; Eklund, L.; Villarreal R. R.: . (1998). "Use of Cactus in Mortars and Concrete". *Cem. Concr. Res.*, XXVIII(1), 41-51. doi:10.1016/S0008-8846(97)00254-8
- Chen, H. (2018). The effect of superhydrophobic nano-silica particles on the transport and mechanical properties of hardened cement pastes. *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*, 182, 620-628. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.06.146
- Contreras Bermúdez, RE; Córdoba Ceballos, A; García Elías, A; Gonzales Peredez, RO; Sánchez Amador, JL; García Hernández, A. (2011). *Efecto del mucílago de nopal en la resistencia del cemento CPC-30R*. Veracruz. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/acordova/files/2010/11/resumen-cartel-mucilago-de-nopal.pdf>
- DavidWatt. (2002). Investigating the effects of humidity and salt crystallisation. *Building and Environment*, 737-749. doi:10.1016/S0360-1323(00)00015-9
- Dirección de Normalización - INACAL . (2018). *NTP 400.018. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinarmateriales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (Nº 200) por lavado en agregados*. Lima: Dirección de Normalización - INACAL.
- Dirección de Normalización - INACAL. (s.f.). *NTP. 339.046 Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cubico, rendimiento y contenido de aire del hormigon*. Lima-Peru.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2001). *NTP 339.046 Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)*. Lima.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2011). *NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (" Peso Unitario") y los vacios en los agregados*. Lima-Peru: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – INDECOPI.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2013). *NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – INDECOPI.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2015). *NTP 339.034 Metodo de ensayo normalizado para la derterminacion de la resistencia a la compresion del concreto , en muestras cilindricas*. Lima-Peru: INDECOPI.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2015). *NTP 400.043 AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo*. Lima: Dirección de Normalización - INACAL.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2016). *NTP 400.011 Método de ensayo normalizado para determinar las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto*. Lima-Peru: omisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – INDECOPI.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2018). *NTP 400.037 AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos*. Dirección de Normalización – INACAL.

- Dirección de Normalización - INACAL. (2012). *NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica*. Lima: Dirección de Normalización – INACAL.
- Dirección de Normalización - INACAL. (s.f.). *NTP. 339.083 Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por método de presión*. Lima-Peru.
- Dirección de Normalización -INACAL. (2013). *NTP 339.185 Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima-Peru: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – INDECOPI.
- Dirección de Normalización -INACAL. (2015). *NTP 339.035 Metodo de ensayo para la medicion del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima - Peru: Direccion de Normalizacion - INACAL.
- Dirección de Normalización -INACAL. (2018). *NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para para la densidad, la densidad relativa (peso especifico) y absorcion del agregado grueso*. Lima - Peru: Dirección de Normalizacion - INACAL.
- Dirección de Normalización -INACAL. (2018). *NTP 400.022 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para para la densidad, la densidad relativa (peso especifico) y absorcion del agregado fino*. Lima, Peru: Dirección de Normalizacion - INACAL.
- Fernando, Málaga Gonzáles; Eduardo, Farfán Bazán; Víctor, Rendón Dávila; Groverly, Núñez Monar. (2002). *PLAN DE MITIGACION SECTOR LARA-SOCABAYA-AREQUIPA*. AREQUIPA. Obtenido de [http://bvpad.indec.gov.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Arequipa/arequipa/lara-socabaya.pdf](http://bvpad.indec.gov.pe/doc/estudios_CS/Region_Arequipa/arequipa/lara-socabaya.pdf)
- INVIAS. (2012). *I.N.V. E – 235 “valor de azul de metileno en agregados finos”*.
- JianfengZhang. (junio de 2018). Developing a Long Short-Term Memory (LSTM) based model for predicting water table depth in agricultural areas. *Journal of Hydrology*, 918-929. doi:10.1016/j.jhydrol.2018.04.065
- Jongprateep, O. (2018). EFFECTS OF ALUMINIUM ADDITION ON INHIBITION OF CONCRETE EXPANSION RESULTED FROM ALKALI SILICA REACTION (ASR). *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATE*, 91-97. doi:10.21660/2018.51.MAT114
- Mango Molina Castro . (2004). *Uso de la goma de tuna como impermeabilizante en morteros de tierra*.
- Martínez-Molina<sup>1</sup>; Torres-Acosta<sup>2</sup>; Celis-Mendoza<sup>2</sup>; Alonso-Guzman<sup>1</sup>. (19 de Mayo de 2015). Physical Properties of Cement-Based Paste and Mortar With Dehydrated Cacti Additions. *International Journal of Architectural Heritage*, IX(4), 443-452. doi:10.1080/15583058.2013.800919
- Metha Kumar, M. P. (1998). *Estructura, propiedades y materiales*. Mexico.
- Neville A.M; Brooks J.J. (2010). *Concrete technology* (Vol. 2nd edition). London, United Kingdon: Pearson Education Limit.
- Osuna Marcos, J. J. (Abril de 1998). *FRUPESA*. Obtenido de <http://www.frupesa.com/uploads/media/Eflorescencias.pd>

- O-tek. (s.f.). *The first choice of engineers*. Obtenido de [http://www.etertec.at/fileadmin/Redaktion/Downloads/Broschueren/Pdfs/Case\\_Studies\\_02\\_09\\_2008\\_Hydro\\_prot.pdf](http://www.etertec.at/fileadmin/Redaktion/Downloads/Broschueren/Pdfs/Case_Studies_02_09_2008_Hydro_prot.pdf)
- Peschard, A.; Govin, A.; Grosseau, P.; Guilhot, B.; Guyonnet, R.: (2004). "Effect of polysaccharides on the hydration of cement paste at early ages". *Cem. Concr. Res*, 34(11), 2153-2158.  
doi:dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.04.001
- Quintana Choqueluque, Diana; Vera Salizar, Mithdwar. (2017). *Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%*. Cusco. Obtenido de [http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/1212/3/Diana\\_Mithdwar\\_Tesis\\_bachiller\\_2017\\_Part.1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/1212/3/Diana_Mithdwar_Tesis_bachiller_2017_Part.1.pdf)
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2019). *E 050 Suelos y Cimentaciones*. Lima - Peru: Fondo editorial ICG.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2019). *E. 060 Concreto Armado*. Lima -Peru: Fondo editorial ICG.
- Rivva Lopez, E. (2007). *Diseño de mezclas*. Lima-Peru: Nueva edicion mejorada.
- Ruiz-Garcia, S.: , MSc Thesis,. (2005). Concreto autoconsolidable para climas calidos utilizando solucion de extracto de nopal y polvo de caliza. *Instituto Tecnologico de Oaxaca*.
- Sarahí Rodríguez-González. (2009). *OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL*. Obtenido de <https://smbb.mx/congresos%20smbb/queretaro11/TRABAJOS/trabajos/III/carteles/CIII-71.pdf>
- Segura, J. L. (2017). *Exportaciones de cochinilla cayeron 26% en primer bimestre del 2017*. Lima: Gestion. Obtenido de [https://www.academia.edu/8499454/Establecimiento\\_y\\_desarrollo\\_de\\_tuna](https://www.academia.edu/8499454/Establecimiento_y_desarrollo_de_tuna)
- Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de concreto*., Skokie, Illinois, EEUU: Portland Cement Associaton (PCA), pp 25;45:64.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigacion Cientifica* (Vol. 4ta Edicion). Distrito federal, Mexico: Limusa.
- Vargas-Rodríguez, L., Arroyo Figueroa, G., Herrera Méndez, C. H., Pérez Nieto, A., García Vieyra, M. I., & Rodríguez Núñez, J. R. (2016). Propiedades físicas del mucilago de nopal. *Acta Universitaria*, NE-1(26), 8-11.
- Villalobos Ruiz, R. (2014). *MORTEROS DE CAL CON MUCÍLAGO DE NOPAL (OPUNTIA FICUSINDICA) COMO ADITIVO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN BASE AL MÉTODO DE EXTRACCIÓN EMPLEADO*. San Luis Potosi.

## ANEXOS

### ANEXO A: Panel fotográfico



*Ilustración 3 Mezcla de agregados*



*Ilustración 4 Cuarteo de agregados*



*Ilustración 5 Ensayo de Partículas que pasan por el tamiz # 200*



*Ilustración 6 Ensayo de terrones de arcilla*



*Ilustración 7 Agua destilada del agregado*



*Ilustración 8 Agua destilada después del  
ensayo de los terrones*



*Ilustración 9 El cultivo de mucilago de nopal*



*Ilustración 10 Mucilago de nopal*



*Ilustración 11 Limpieza del mucilago de nopal*



*Ilustración 12 Partes del mucilago antes de dejarlas remojar*



*Ilustración 13 Aditivo extraído del mucilago de nopal*



*Ilustración 14 Agregado Fino*



*Ilustración 15 Agregado Grueso*



*Ilustración 16 Adicionando mucilago de nopal*



*Ilustración 17 Pesaje de la olla de Washington*



*Ilustración 18 Peso del concreto fresco*



*Ilustración 19 Ensayo del contenido de Aire*



*Ilustración 20 Ensayo de temperatura*



*Ilustración 21 Ensayo de  
asentamiento (Slump)*



*Ilustración 22 Medición de Slump*



*Ilustración 23 Elaboración de las probetas*



*Ilustración 24 Curado de las probetas*



*Ilustración 25 Corte de los cilindros de concreto (Probetas)*



*Ilustración 26 Secado de los cilindros de concreto (Probetas)*



*Ilustración 27 Ensayo de absorción capilar*



*Ilustración 28 Ensayo de resistencia  
a la compresión*



*Ilustración 29 Ensayo de resistencia*



*Ilustración 30 Ensayo de permeabilidad*



*Ilustración 31 División de probetas*



*Ilustración 32 Ensayo de permeabilidad*

## ANEXO B: Fichas técnicas de los materiales utilizados.



### DESCRIPCIÓN

**EL CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP** es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

*Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.*

## DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

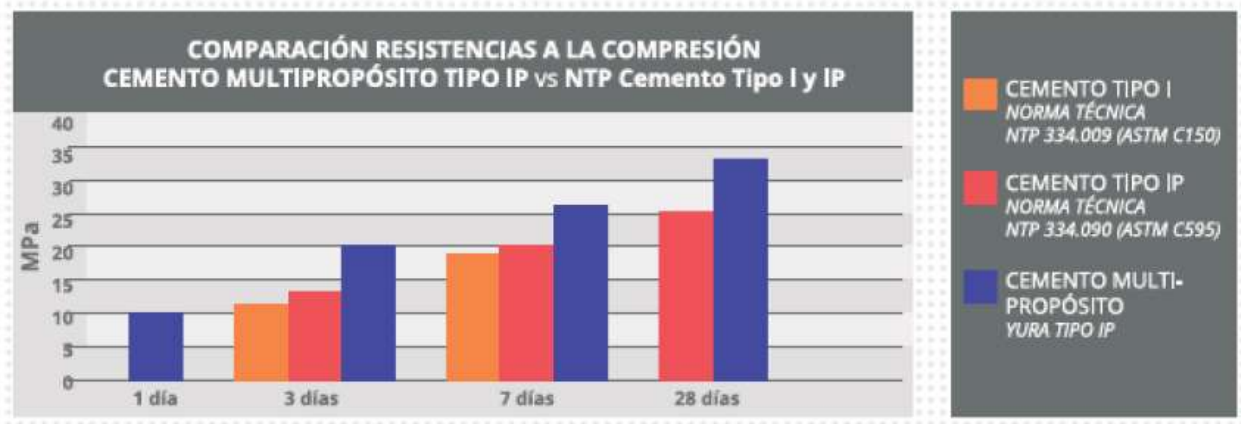
### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS	CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595		REQUISITOS NORMA NTP 334.009 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I)	
REQUISITOS QUÍMICOS						
MgO (%)	1.5 a 2.4		6.00 Máx.			
SO <sub>3</sub> (%)	1.5 a 2.3		4.00 Máx.			
Pérdida por Ignición (%)	1.5 a 3.8		5.00 Máx.			
REQUISITOS FÍSICOS						
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.77 a 2.85		-			
Expansión en autoclave (%)	-0.05 a 0.03		-0.20 a 0.80			
Fraguado Vicat Inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420			
Contenido de aire	2.5 a 8.0		12 Máx.			
Resistencia a la compresión	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
1 día	80 a 104	7.8 a 10.2	-	-	-	-
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín.	13	122 Mín.	12
7 días	225 a 260	22.0 a 25.4	204 Mín.	20	194 Mín.	19
28 días	306 a 350	30.0 a 34.3	255 Mín.	25	-	-
Resistencia a los sulfatos	%		%		%	
% Expansión a los 6 meses	< 0.021%		0.05 Máx			
% Expansión a 1 año	< 0.023%		0.10 Máx			



FICHA TÉCNICA / Versión 2019

### COMPARATIVO CON REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NORMAS TÉCNICAS



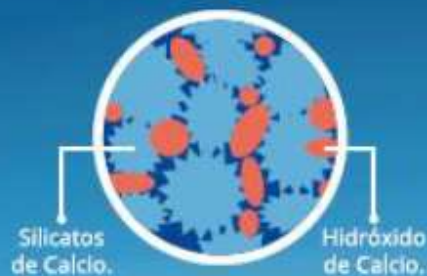
## PROPIEDADES

### 1 ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolanas, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

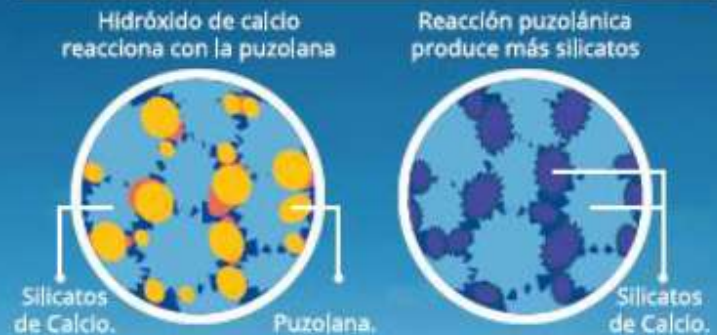
Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

#### CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25% es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

#### CON CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP



La puzolana que contiene el cemento MULTI-PROPÓSITO YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.



## 2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS Y CLORUROS

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio deshidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP es resistente a los sulfatos, cloruros y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.



## 3 MAYOR IMPERMEABILIDAD

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace más impermeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

## 4 REDUCE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI - AGREGADO

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos.

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.



## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:

## BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.

- Cemento fabricado con menor emisión de CO<sub>2</sub>.



Botas Impermeables



Protección Respiratoria



Guantes Impermeables



Protección Ocular

FICHA TÉCNICA / Versión 2019

YURA



## ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

## PRESENTACIONES DISPONIBLES

<b>Bolsas 25 Kg</b>	Ergonómico. Ideal para proyectos pequeños y pocas áreas de almacenamiento.
<b>Bolsas 42.5 Kg</b>	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
<b>Big Bag 1.0 TM</b>	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
<b>Big Bag 1.5 TM</b>	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
<b>Granel</b>	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

## NORMAS TÉCNICAS

NORMA DE PAIS	NORMA	DENOMINACIÓN	
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.090	Cemento Portland Pozolánico	TIPO IP
NORMA CHILENA	NCh 148 Of.68	Cemento Pozolánico	GRADO CORRIENTE
NORMA AMERICANA	ASTM C595	Portland Pozzolan Cement	TYPE IP
NORMA BOLIVIANA	NB-011	Cemento Pozolánico	TIPO P 30
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 490	Cemento Portland Pozolánico	TIPO IP
NORMA BRASILEÑA	NBR 5736	Cimento Portland pozolánico	TIPO CP IV 32
NORMA COLOMBIANA	NTC 121 - 321	Cemento Portland	TIPO 1

**ANEXO C: Resultados de las resistencias a la compresión de los siguientes diseños.**

**DISEÑO 8**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0.5%		
Elaboradas				3/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				7/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.145	10.132	10.135	10.1373333	80.712	12160	150.66
2	10.21	10.192	10.149	10.1836667	81.451	12158	149.27
3	10.157	10.107	10.1643333	10.143	80.799	12172	150.65

Elaboradas				3/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				10/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.25	10.185	10.146	10.194	81.611	14553	178.32
2	10.145	10.137	10.134	10.139	80.733	14552	180.25
3	10.217	10.193	10.132	10.181	81.403	14549	178.73

Elaboradas				3/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				17/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.215	10.124	10.123	10.154	80.977	18543.00	228.99
2	10.123	10.132	10.161	10.139	80.733	18539.00	229.63
3	10.191	10.197	10.208	10.199	81.691	18635.00	228.11

Elaboradas				3/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				31/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.136	10.167	10.093	10.183	81.441	22195.6	272.54
2	10.195	10.145	10.19	10.177	81.339	22186.3	272.76
3	10.192	10.198	10.202	10.197	81.670	22215.3	272.01

**DISEÑO 9**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1.0%		
Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				10/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.145	10.132	10.135	10.1373333	80.712	11915	147.62
2	10.21	10.192	10.149	10.1836667	81.451	11929	146.46
3	10.157	10.107	10.1643333	10.143	80.799	11948	147.87

Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				13/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.25	10.185	10.146	10.194	81.611	15555	190.60
2	10.145	10.137	10.134	10.139	80.733	15436	191.20
3	10.217	10.193	10.132	10.181	81.403	15556	191.10

Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				20/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.215	10.124	10.123	10.154	80.977	19153.00	236.52
2	10.123	10.132	10.161	10.139	80.733	19158.00	237.30
3	10.191	10.197	10.208	10.199	81.691	19365.00	237.05

Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				3/02/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.136	10.167	10.093	10.132	80.627	23001	285.28
2	10.195	10.145	10.19	10.177	81.339	23609	290.25
3	10.192	10.198	10.202	10.197	81.670	23012	281.77

**DISEÑO 10**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1.0%		
Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				10/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.145	10.132	10.135	10.137	80.712	11920	147.69
2	10.21	10.192	10.149	10.184	81.451	12002	147.35
3	10.157	10.107	10.164	10.143	80.799	11883	147.07

Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				13/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.25	10.185	10.146	10.194	81.611	15553	190.57
2	10.145	10.137	10.134	10.139	80.733	15432	191.15
3	10.217	10.193	10.132	10.181	81.403	15559	191.13

Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				20/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.215	10.124	10.123	10.154	80.977	19153.00	236.52
2	10.123	10.132	10.161	10.139	80.733	19023.00	235.63
3	10.191	10.197	10.208	10.199	81.691	19458.00	238.19

Elaboradas				6/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				3/02/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.136	10.167	10.093	10.132	80.627	23002	285.29
2	10.195	10.145	10.19	10.177	81.339	23539	289.39
3	10.192	10.198	10.202	10.197	81.670	23696	290.14

**DISEÑO 11**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3.0%		
Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				13/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.145	10.132	10.135	10.137	80.712	11803	146.24
2	10.21	10.192	10.149	10.184	81.451	12036	147.77
3	10.157	10.107	10.164	10.143	80.799	11956	147.97

Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				16/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.25	10.185	10.146	10.194	81.611	15206	186.32
2	10.145	10.137	10.134	10.139	80.733	14872	184.21
3	10.217	10.193	10.132	10.181	81.403	15463	189.96

Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				23/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.215	10.124	10.123	10.154	80.977	18693.00	230.84
2	10.123	10.132	10.161	10.139	80.733	18395.00	227.85
3	10.191	10.197	10.208	10.199	81.691	18693.00	228.82

Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				6/02/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.136	10.167	10.093	10.132	80.627	22531	279.45
2	10.195	10.145	10.19	10.177	81.339	22753	279.73
3	10.192	10.198	10.202	10.197	81.670	22958	281.11

**DISEÑO 12**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0.5%		
Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				13/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.139	10.166	10.151	10.152	80.946	10135	125.21
2	10.184	10.166	10.175	10.175	81.313	12105	148.87
3	10.149	10.161	10.172	10.161	81.084	11622	143.33

Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				16/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.144	10.146	10.149	10.146	80.855	16175	200.05
2	10.183	10.173	10.174	10.177	81.339	14782	181.73
3	10.118	10.114	10.135	10.122	80.473	14786	183.74

Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				23/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.182	10.207	10.21	10.200	81.707	16343	200.02
2	10.124	10.228	10.271	10.208	81.836	17736	216.73
3	10.114	10.216	10.224	10.185	81.467	17932	220.11

Elaboradas				9/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				6/02/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.255	10.191	10.222	10.223	82.076	19904	242.51
2	10.244	10.158	10.157	10.186	81.494	20284	248.90
3	10.245	10.252	10.098	10.198	81.686	20439	250.21

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 13**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				14/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.195	10.170	10.191	10.185	81.478	12424	152.48
2	10.242	10.184	10.189	10.205	81.793	12008	146.81
3	10.241	10.233	10.206	10.227	82.141	11484	139.81

Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				17/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.166	10.177	10.231	10.191	81.574	14876	182.36
2	10.175	10.131	10.151	10.152	80.951	16353	202.01
3	10.248	10.171	10.217	10.212	81.905	14995	183.08

Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				24/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.126	10.297	10.119	10.181	81.403	15854	194.76
2	10.132	10.224	10.208	10.188	81.521	17272	211.87
3	10.245	10.178	10.166	10.196	81.654	17162	210.18

Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				7/02/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.153	10.060	10.097	10.103	80.171	21747	271.26
2	10.242	10.193	10.126	10.187	81.505	23659	290.28
3	10.219	10.217	10.182	10.206	81.809	22749	278.07

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 14**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0%		
Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				14/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.266	10.208	10.219	10.231	82.210	10066	122.44
2	10.161	10.208	10.202	10.1903333	81.558	9738	119.40
3	10.230	10.208	10.215	10.218	81.996	8919	108.77

Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				17/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.276	10.245	10.265	10.262	82.709	14537	175.76
2	10.176	10.188	10.27	10.211	81.895	11562	141.18
3	10.284	10.234	10.216	10.245	82.430	11269	136.71

Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				24/01/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.123	10.224	10.191	10.179	81.382	15887	195.22
2	10.216	10.176	10.158	10.183	81.446	15992	196.35
3	10.206	10.182	10.192	10.193	81.606	13465	165.00

Elaboradas				10/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				7/02/2020			
# probeta	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro 3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.263	10.145	10.148	10.185	81.478	21583	264.89
2	10.209	10.188	10.193	10.197	81.659	19476	238.50
3	10.211	10.216	10.212	10.213	81.921	21476	262.15

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 15**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				17/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.0128	10.026	10.078	10.039	79.153	10391	131.28
2	10.223	10.186	10.165	10.191	81.574	11412	139.90
3	10.253	10.272	10.273	10.266	82.774	9345	112.90

Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				8			
Fecha de ruptura				21/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.22	10.26	10.191	10.224	82.092	14850	180.89
2	10.216	10.282	10.223	10.240	82.360	15477	187.92
3	10.21	10.179	10.157	10.182	81.425	15694	192.74

Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				27/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.163	10.173	10.31	10.215	81.959	18010	219.74
2	10.186	10.203	10.217	10.202	81.745	18154	222.08
3	10.277	10.191	10.158	10.209	81.852	17109	209.02

Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				10/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.097	10.039	10.058	10.065	79.559	21010	264.08
2	10.020	10.018	10.000	10.013	78.739	21614	274.50
3	10.082	10.000	10.000	10.027	78.970	22236	281.58

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 16**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				17/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.0236	10.029	10.0269	10.027	78.957	12490	158.19
2	10.236	10.286	10.286	10.269	82.827	11305	136.49
3	10.219	10.231	10.252	10.234	82.256	13804	167.82

Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				20/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.277	10.189	10.224	10.230	82.194	11446	139.26
2	10.134	10.284	10.243	10.220	82.039	14785	180.22
3	10.1268	10.1236	10.129	10.126	80.539	14183	176.10

Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				27/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.247	10.128	10.147	10.174	81.297	17352	213.44
2	10.17	10.172	10.24	10.194	81.617	16548	202.75
3	10.245	10.191	10.007	10.148	80.876	16651	205.88

Elaboradas				13/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				10/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.169	10.201	10.166	10.179	81.371	24205	297.46
2	10.097	10.13	10.263	10.163	81.126	23326	287.53
3	10.186	10.182	10.194	10.187	81.510	23339	286.33

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 17**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				18/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.143	10.253	10.258	10.218	82.001	11118	135.58
2	10.196	10.156	10.195	10.182	81.430	10097	124.00
3	10.263	10.243	10.258	10.255	82.591	9678	117.18

Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				21/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.215	10.198	10.271	10.228	82.162	13793	167.88
2	10.138	10.18	10.223	10.180	81.398	15338	188.43
3	10.247	10.197	10.224	10.223	82.076	14804	180.37

Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				28/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.146	10.26	10.222	10.209	81.862	17772	217.10
2	10.08	10.29	10.154	10.175	81.307	17326	213.09
3	10.185	10.204	10.181	10.190	81.553	18462	226.38

Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				11/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.162	10.159	10.23	10.184	81.451	23378	287.02
2	10.095	10.049	10.098	10.081	79.812	21803	273.18
3	10.11	10.101	10.181	10.131	80.606	22923	284.38

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 18**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				3			
Fecha de ruptura				17/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.146	10.235	10.226	10.202	81.750	10549	129.04
2	10.202	10.215	10.25	10.222	82.071	9977	121.57
3	10.269	10.235	10.232	10.245	82.441	11777	142.85

Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				21/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.176	10.22	10.146	10.181	81.403	16158	198.49
2	10.26	10.148	10.16	10.189	81.542	15900	194.99
3	10.166	10.188	10.186	10.180	81.393	16108	197.90

Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				28/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.195	10.155	10.173	10.174	81.302	19379	238.36
2	10.014	10.007	10.0253	10.015	78.782	17546	222.71
3	10.199	10.193	10.197	10.196	81.654	18617	228.00

Elaboradas				14/01/2020			
Días de vida				31			
Fecha de ruptura				14/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.201	10.226	10.25	10.226	82.125	24673	300.43
2	10.020	10.0185	10.015	10.018	78.820	23492	298.05
3	10.172	10.194	10.208	10.191	81.574	24593	301.48

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 19**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0%		
Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				20/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.255	10.286	10.154	10.232	82.221	15776	191.87
2	10.177	10.198	10.201	10.192	81.585	14640	179.45
3	10.110	10.201	10.156	10.156	81.004	15178	187.37

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				23/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.271	10.231	10.17	10.224	82.098	16006	194.96
2	10.189	10.192	10.13	10.170	81.238	16152	198.82
3	10.291	10.15	10.221	10.221	82.044	15888	193.65

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				30/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.22	10.133	10.252	10.202	81.740	19212	235.04
2	10.216	10.146	10.193	10.185	81.473	18992	233.11
3	10.214	10.208	10.177	10.200	81.707	20122	246.27

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				13/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.205	10.158	10.2	10.188	81.515	25158	308.63
2	10.253	10.197	10.150	10.200	81.713	25443	311.37
3	10.176	10.203	10.208	10.196	81.643	24101	295.20

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 20**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				20/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.239	10.231	10.223	10.231	82.210	15110	183.80
2	10.223	10.236	10.157	10.205	81.798	15401	188.28
3	10.236	10.162	10.11	10.169	81.222	9207	113.36

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				23/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.161	10.189	10.216	10.189	81.531	16093	197.38
2	10.288	10.205	10.236	10.243	82.403	15923	193.23
3	10.152	10.171	10.216	10.180	81.387	17220	211.58

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				30/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.215	10.137	10.231	10.194	81.622	18827	230.66
2	10.181	10.226	10.231	10.213	81.916	18279	223.14
3	10.244	10.181	10.174	10.200	81.707	19842	242.84

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				13/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.211	10.186	10.099	10.165	81.158	25162	310.04
2	10.012	10.013	10.000	10.008	78.672	23505	298.77
3	10.0168	10.017	10.018	10.017	78.810	23437	297.39

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 21**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				20/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.147	10.127	10.141	10.138	80.728	12684	157.12
2	10.12	10.118	10.189	10.142	80.791	13597	168.30
3	10.128	10.224	10.183	10.178	81.366	12979	159.51

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				23/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	10.11	10.125	10.112	80.304	13155	163.82
2	10.199	10.211	10.22	10.210	81.873	14513	177.26
3	10.113	10.112	10.11	10.112	80.304	13275	165.31

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				30/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.188	10.212	10.212	10.204	81.777	19670	240.53
2	10.223	10.24	10.137	10.200	81.713	17953	219.71
3	10.26	10.222	10.158	10.213	81.927	19500	238.02

Elaboradas				16/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				13/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.13	10.243	10.28	10.218	81.996	23307	284.25
2	10.225	10.127	10.262	10.205	81.788	22352	273.29
3	10.193	10.182	10.181	10.185	81.478	23268	285.57

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 22**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				21/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.237	10.170	10.19	10.199	81.697	13185	161.39
2	10.237	10.209	10.2	10.215	81.959	12756	155.64
3	10.198	10.201	10.199	10.199	81.702	12439	152.25

Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				24/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.228	10.208	10.191	10.209	81.857	14204	173.52
2	10.148	10.189	10.248	10.195	81.633	16044	196.54
3	10.19	10.243	10.138	10.190	81.558	16708	204.86

Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				31/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.266	10.33	10.095	10.230	82.200	19420	236.25
2	10.287	10.173	10.124	10.195	81.627	20190	247.34
3	10.279	10.231	10.116	10.209	81.852	19495	238.17

Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				14/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.163	10.164	10.134	10.154	80.972	24723	305.33
2	10.150	10.191	10.038	10.126	80.537	22236	276.10
3	10.0246	10.020	10.016	10.020	78.860	24049	304.96

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 23**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				21/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.189	10.194	10.259	10.214	81.937	11257	137.39
2	10.212	10.207	10.208	10.209	81.857	10731	131.09
3	10.184	10.186	10.204	10.191	81.574	11456	140.44

Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				24/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.126	10.125	10.126	10.126	80.526	13710	170.26
2	10.143	10.136	10.133	10.137	80.712	14837	183.83
3	10.154	10.147	10.135	10.145	80.839	14173	175.32

Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				31/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.207	10.176	10.198	10.194	81.611	19270	236.12
2	10.133	10.126	10.125	10.128	80.563	17528	217.57
3	10.202	10.23	10.255	10.229	82.178	17139	208.56

Elaboradas				17/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				14/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.204	10.161	10.215	10.193	81.606	22632	277.33
2	10.182	10.213	10.214	10.203	81.761	20097	245.80
3	10.21	10.171	10.169	10.183	81.446	21947	269.47

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 24**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0%		
Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				25/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.206	10.290	10.3	10.265	82.763	12031	145.37
2	10.16	10.312	10.141	10.204	81.782	12180	148.93
3	10.107	10.175	10.148	10.143	80.807	13869	171.63

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				28/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.069	10.135	10.287	10.164	81.132	14440	177.98
2	10.264	10.204	10.128	10.199	81.691	12405	151.85
3	10.211	10.24	10.199	10.217	81.980	14134	172.41

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				4/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.125	10.274	10.241	10.213	81.927	17913	218.65
2	10.154	10.215	10.21	10.193	81.601	18552	227.35
3	10.185	10.266	10.243	10.231	82.216	18443	224.32

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				18/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.197	10.205	10.25	10.217	81.991	20400	248.81
2	10.019	10.18	10.020	10.073	79.690	22168	278.18
3	10.175	10.258	10.186	10.206	81.814	23158	283.06

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 25**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				25/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.218	10.249	10.198	10.222	82.060	12935	157.63
2	10.201	10.2	10.214	10.205	81.793	13097	160.12
3	10.185	10.243	10.25	10.226	82.130	11651	141.86

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				28/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.216	10.249	10.29	10.252	82.543	12633	153.05
2	10.1571017	10.168	10.217	10.181	81.404	11798	144.93
3	10.18	10.269	10.205	10.218	82.001	13288	162.05

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				4/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.178	10.57	10.172	10.307	83.431	17109	205.07
2	10.195	10.212	10.212	10.206	81.814	19468	237.95
3	10.225	10.11	10.12	10.152	80.940	18656	230.49

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				18/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.0178	10.015	10.0105	10.014	78.764	19281	244.79
2	10.023	10.0195	10.019	10.021	78.862	22953	291.05
3	10	10.050	10.020	10.023	78.907	22209	281.46

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 26**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				25/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.18	10.114	10.192	10.162	81.105	11990	147.83
2	10.093	10.183	10.162	10.146	80.850	12040	148.92
3	10.201	10.203	10.184	10.196	81.649	11468	140.46

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				28/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.148	10.224	10.243	10.205	81.793	12557	153.52
2	10.17	10.227	10.201	10.199	81.702	12313	150.71
3	10.178	10.147	10.263	10.196	81.649	12313	150.80

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				4/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.154	10.257	10.262	10.224	82.103	16678	203.13
2	10.186	10.23	10.234	10.217	81.980	16809	205.04
3	10.196	10.211	10.203	10.203	81.766	17983	219.93

Elaboradas				21/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				18/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.159	10.165	10.155	10.160	81.068	19430	239.68
2	10.162	10.123	10.124	10.136	80.698	21108	261.57
3	10.0211	10.024	10.024	10.023	78.900	20065	254.31

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 27**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0%		
Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				27/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.24	10.109	10.116	10.155	80.993	11604	143.27
2	10.147	10.153	10.205	10.168	81.206	12106	149.08
3	10.085	10.145	10.278	10.169	81.222	12916	159.02

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				30/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.275	10.17	10.128	10.191	81.569	15985	195.97
2	10.185	10.133	10.25	10.189	81.542	15378	188.59
3	10.126	10.255	10.118	10.166	81.174	15790	194.52

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				6/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.244	10.151	10.161	10.185	81.478	17719	217.47
2	10.179	10.094	10.272	10.182	81.419	18103	222.34
3	10.272	10.197	10.146	10.205	81.793	16846	205.96

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				20/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.272	10.222	10.203	10.232	82.232	22022	267.80
2	10.182	10.23	10.233	10.215	81.953	18882	230.40
3	10.0168	10.014	10.016	10.016	78.784	20434	259.37

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 28**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				27/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.195	10.140	10.198	10.178	81.355	12511	153.78
2	10.203	10.233	10.344	10.260	82.677	12229	147.91
3	10.113	10.198	10.244	10.185	81.473	12724	156.18

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				30/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.23	10.213	10.173	10.205	81.798	14686	179.54
2	10.251	10.209	10.133	10.198	81.675	16149	197.72
3	10.137	10.219	10.227	10.194	81.622	16312	199.85

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				6/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.241	10.25	10.191	10.227	82.151	17966	218.69
2	10.176	10.151	10.265	10.197	81.670	17928	219.52
3	10.231	10.313	10.151	10.232	82.221	19545	237.71

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				20/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.237	10.159	10.224	10.207	81.820	21891	267.55
2	10.145	10.188	10.219	10.184	81.457	21784	267.43
3	10.188	10.255	10.190	10.211	81.889	22364	273.10

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 29**

RESISTENCIA				210kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				27/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.11	10.182	10.237	10.176	81.334	13223	162.58
2	10.11	10.175	10.202	10.162	81.110	11528	142.13
3	10.272	10.172	10.278	10.241	82.366	11284	137.00

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				30/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.232	10.212	10.148	10.197	81.670	14436	176.76
2	10.109	10.262	10.22	10.197	81.665	14771	180.87
3	10.265	10.166	10.158	10.196	81.654	14241	174.41

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				6/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.19	10.213	10.227	10.210	81.873	14603	178.36
2	10.165	10.278	10.169	10.204	81.777	16829	205.79
3	10.197	10.213	10.226	10.212	81.905	17352	211.85

Elaboradas				23/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				20/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.209	10.187	10.258	10.218	82.001	18170	221.58
2	10.053	10.128	10.123	10.101	80.138	19801	247.09
3	10.184	10.126	10.217	10.176	81.324	20880	256.75

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 30**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				28/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.134	10.218	10.308	10.220	82.034	12254	149.38
2	10.191	10.175	10.252	10.206	81.809	12216	149.32
3	10.177	10.136	10.18	10.164	81.142	12077	148.84

Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				31/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.262	10.197	10.189	10.216	81.969	14834	180.97
2	10.219	10.222	10.224	10.222	82.060	14735	179.56
3	10.184	10.156	10.255	10.198	81.686	15034	184.05

Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				7/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.271	10.203	10.162	10.212	81.905	17636	215.32
2	10.152	10.22	10.267	10.213	81.921	17080	208.49
3	10.31	10.196	10.09	10.199	81.691	16095	197.02

Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				21/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.226	10.214	10.173	10.204	81.782	23064	282.02
2	10.020	10.013	10.020	10.018	78.815	21420	271.77
3	10.0236	10.020	10.020	10.021	78.870	21563	273.40

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 31**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0%		
Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				28/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.228	10.216	10.167	10.204	81.772	10640	130.12
2	10.149	10.139	10.288	10.192	81.585	10946	134.17
3	10.232	10.18	10.133	10.182	81.419	12713	156.14

Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				31/01/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.187	10.29	10.23	10.236	82.285	13298	161.61
2	10.187	10.195	10.21	10.197	81.670	14524	177.84
3	10.267	10.23	10.142	10.213	81.921	13289	162.22

Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				7/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.199	10.247	10.241	10.229	82.178	18571	225.98
2	10.12	10.128	10.127	10.125	80.516	15812	196.38
3	10.207	10.19	10.168	10.188	81.526	16719	205.08

Elaboradas				24/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				21/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.294	10.199	10.256	10.250	82.508	24404	295.78
2	10.080	10.0176	10.029	10.042	79.204	20945	264.44
3	10.016	10.017	10.014	10.016	78.788	22639	287.34

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 32**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				1/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.151	10.190	10.224	10.188	81.526	11075	135.85
2	10.155	10.241	10.291	10.229	82.178	11297	137.47
3	10.210	10.225	10.21	10.215	81.953	10223	124.74

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				4/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.273	10.272	10.154	10.233	82.242	17779	216.18
2	10.224	10.245	10.175	10.215	81.948	16442	200.64
3	10.186	10.171	10.197	10.185	81.467	17207	211.21

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				11/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.056	10.058	10.154	10.089	79.949	19023	237.94
2	10.154	10.214	10.27	10.213	81.916	20177	246.31
3	10.154	10.102	10.188	10.148	80.882	21312	263.50

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				25/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.249	10.137	10.243	10.210	81.868	22066	269.53
2	10.253	10.301	10.176	10.243	82.409	22781	276.44
3	10.191	10.209	10.199	10.200	81.707	22279	272.67

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 33**

RESISTENCIA				210kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				1/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.233	10.213	10.164	10.203	81.766	12071	147.63
2	10.259	10.16	10.188	10.202	81.750	10955	134.01
3	10.191	10.255	10.181	10.209	81.857	10645	130.04

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				4/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.198	10.158	10.228	10.195	81.627	16453	201.56
2	10.177	10.184	10.256	10.206	81.804	17526	214.24
3	10.266	10.17	10.195	10.210	81.878	17993	219.75

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				11/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.226	10.148	10.233	10.202	81.750	20371	249.19
2	10.0192	10.081	10.103	10.068	79.607	19365	243.26
3	10.171	10.184	10.184	10.180	81.387	21615	265.58

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				25/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.133	10.080	10.026	10.080	79.796	22337	279.93
2	10.027	10.050	10.023	10.033	79.064	21457	271.39
3	10.245	10.216	10.184	10.215	81.953	19863	242.37

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 34**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0%		
Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				1/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.0151	10.014	10.0141	10.014	78.765	11620	147.53
2	10.22	10.301	10.168	10.230	82.189	12832	156.13
3	10.225	10.225	10.28	10.243	82.409	10567	128.23

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				4/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.245	10.17	10.203	10.206	81.809	16471	201.33
2	10.158	10.202	10.162	10.174	81.297	14766	181.63
3	10.202	10.141	10.174	10.172	81.270	16459	202.52

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				11/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.204	10.095	10.163	10.154	80.977	19723	243.56
2	10.17	10.161	10.216	10.182	81.430	20188	247.92
3	10.222	10.103	10.153	10.159	81.063	20269	250.04

Elaboradas				28/01/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				25/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.166	10.244	10.253	10.221	82.050	21031	256.32
2	10.021	10.000	10.017	10.013	78.736	19482	247.43
3	10.1	10.255	10.293	10.216	81.969	17619	214.95

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 35**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	1%		
Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				8/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.125	10.105	10.126	10.119	80.415	12025	149.54
2	10.112	10.09	10.175	10.126	80.526	11556	143.51
3	10.085	10.123	10.125	10.111	80.293	11869	147.82

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				11/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.27	10.151	10.148	10.190	81.547	19286	236.50
2	10.09	10.192	10.283	10.188	81.526	18612	228.30
3	10.101	10.212	10.295	10.203	81.756	18208	222.71

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				18/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.17	10.142	10.175	10.162	81.110	19495	240.35
2	10.183	10.161	10.196	10.180	81.393	19428	238.69
3	10.166	10.221	10.175	10.187	81.510	19487	239.07

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				3/03/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.161	10.138	10.206	10.168	81.206	22362	275.37
2	10.271	10.278	10.255	10.268	82.806	22920	276.79
3	10.14	10.198	10.260	10.199	81.702	22496	275.34

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 36**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	0%		
Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				8/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.115	10.135	10.125	10.125	80.516	11595	144.01
2	10.114	10.115	10.118	10.116	80.367	11358	141.33
3	10.125	10.11	10.112	10.116	80.367	10985	136.69

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				11/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.149	10.169	10.201	10.173	81.281	16879	207.66
2	10.199	10.255	10.185	10.213	81.921	17595	214.78
3	10.168	10.158	10.254	10.193	81.606	17121	209.80

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				18/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.195	10.228	10.168	10.197	81.665	19314	236.50
2	10.097	10.105	10.083	10.095	80.039	18200	227.39
3	10.162	10.283	10.12	10.188	81.526	19648	241.00

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				3/03/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.252	10.159	10.192	10.201	81.729	22401	274.09
2	10.204	10.187	10.189	10.193	81.606	22302	273.29
3	10.204	10.239	10.205	10.216	81.969	22608	275.81

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO 37**

RESISTENCIA				294kgf/cm <sup>2</sup>	3%		
Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				4			
Fecha de ruptura				8/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.115	10.125	10.136	10.125	80.521	11236	139.54
2	10.08	10.114	10.0958	10.097	80.065	11458	143.11
3	10.118	10.135	10.129	10.127	80.553	11696	145.20

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				7			
Fecha de ruptura				11/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.208	10.138	10.198	10.181	81.414	19811	243.34
2	10.13	10.183	10.266	10.193	81.601	17829	218.49
3	10.165	10.181	10.221	10.189	81.537	19874	243.74

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				14			
Fecha de ruptura				18/02/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10.203	10.17	10.187	10.187	81.499	19648	241.08
2	10.111	10.198	10.232	10.180	81.398	17992	221.04
3	10.148	10.152	10.229	10.176	81.334	19430	238.89

Elaboradas				4/02/2020			
Días de vida				28			
Fecha de ruptura				3/03/2020			
# probeta	Diámetro1 (cm)	Diámetro2 (cm)	Diámetro3 (cm)	Diámetro Promedio(cm)	Área Promedio (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	10	10.000	10	10.000	78.540	21991	280.00
2	10.231	10.167	10.153	10.184	81.451	23709	291.08
3	10.106	10.050	10.000	10.052	79.359	23509	296.24

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO D: Resumen de resultados de las resistencias de los cuatro diseños.**

Porcentaje / Resistencia kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión kgf/cm <sup>2</sup>				Promedio kgf/cm <sup>2</sup>	Desv. Estándar
			Días	1	2	3		
0.0% 294 kgf/cm <sup>2</sup>	D14	10/01/2020	4	122.445	119.402	<b>108.776</b>	120.923	2.151
			7	<b>175.765</b>	141.183	136.712	138.948	3.161
			14	195.217	196.355	<b>165.004</b>	195.786	0.804
			28	264.893	<b>238.509</b>	262.161	263.527	1.931
	D19	16/01/2020	4	191.873	179.450	187.376	186.233	6.289
			7	194.965	198.827	193.651	195.814	2.690
			14	235.040	233.113	<b>246.275</b>	234.077	1.362
			28	308.636	311.374	<b>295.206</b>	310.005	1.936
	D24	21/01/2020	4	145.368	148.928	<b>171.634</b>	147.148	2.516
			7	177.973	<b>151.851</b>	172.412	175.192	3.932
			14	218.644	227.355	224.328	223.443	4.422
			28	<b>248.814</b>	278.171	283.060	280.615	3.456
	D27	23/01/2020	4	143.270	149.080	<b>159.015</b>	146.175	4.108
			7	195.968	188.591	194.518	193.025	3.908
			14	217.472	222.337	<b>205.959</b>	219.905	3.440
			28	267.810	<b>230.405</b>	259.375	263.592	5.964
	D31	24/01/2020	4	130.121	134.165	<b>156.144</b>	132.143	2.859
			7	161.610	<b>177.842</b>	162.217	161.913	0.429
			14	<b>225.990</b>	196.390	205.081	200.735	6.145
			28	295.780	<b>264.449</b>	287.350	291.565	5.960
	D34	28/01/2020	4	147.531	156.128	<b>128.229</b>	151.829	6.078
			7	201.338	<b>181.635</b>	202.526	201.932	0.839
			14	243.563	247.924	250.043	247.177	3.303
			28	256.324	247.440	<b>214.938</b>	251.882	6.281
D36	4/02/2020	4	144.013	141.330	136.689	140.677	3.705	
		7	207.668	214.783	209.803	210.751	3.651	
		14	236.509	227.395	240.998	234.967	6.931	
		28	274.093	273.296	275.817	274.402	1.288	

**Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo C**

Porcentaje / Resistencia kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión kgf/cm <sup>2</sup>			Promedio kgf/cm <sup>2</sup>	Desv. Estándar real	
			Días	1	2			3
0.5% 294 kgf/cm <sup>2</sup>	D8	3/01/2020	4	150.663	149.270	150.008	149.981	0.697
			7	178.322	180.253	178.730	179.102	1.017
			14	228.992	229.639	228.121	228.917	0.761
			28	275.293	272.768	272.020	273.360	1.714
	D12	9/01/2020	4	<b>125.211</b>	148.873	143.337	146.105	3.915
			7	<b>200.054</b>	181.737	183.743	182.740	1.418
			14	<b>200.023</b>	216.725	220.113	218.419	2.396
			28	242.511	248.905	250.209	247.208	4.119
	D17	14/01/2020	4	<b>135.583</b>	123.999	117.183	120.591	4.819
			7	<b>167.878</b>	188.435	180.373	184.404	5.700
			14	217.091	213.083	226.387	218.854	6.825
			28	287.023	<b>273.186</b>	284.389	285.706	1.862
	D21	16/01/2020	4	157.125	168.300	159.516	161.647	5.884
			7	163.820	<b>177.267</b>	165.314	164.567	1.056
			14	240.539	<b>219.710</b>	238.020	239.280	1.780
			28	284.242	273.292	285.582	281.039	6.741
	D26	21/01/2020	4	147.835	148.920	140.459	145.738	4.603
			7	153.523	150.709	150.805	151.679	1.597
			14	203.135	205.042	<b>219.938</b>	204.089	1.348
			28	<b>239.682</b>	261.574	254.315	257.944	5.133
	D30	24/01/2020	4	149.375	149.326	148.840	149.180	0.295
			7	180.973	179.568	184.048	181.530	2.291
			14	215.324	208.494	<b>197.012</b>	211.909	4.829
			28	282.024	271.782	273.407	275.737	5.504
D35	4/02/2020	4	149.541	143.508	147.824	146.958	3.108	
		7	199.711	191.491	198.243	196.482	4.384	
		14	240.357	238.701	239.080	239.379	0.867	
		28	275.378	276.799	275.343	275.840	0.830	

Porcentaje / Resistencia kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión kgf/cm <sup>2</sup>			Promedio kgf/cm <sup>2</sup>	Desv. Estándar	
			Días	1	2			3
1% 294 kgf/cm <sup>2</sup>	D9	6/01/2020	4	147.628	146.458	147.248	147.111	0.596
			7	190.600	191.203	191.101	190.968	0.322
			14	236.525	237.306	237.057	236.963	0.399
			28	285.282	290.260	281.775	285.772	4.263
	D10	6/01/2020	4	147.690	147.355	146.447	147.164	0.643
			7	190.576	191.153	191.137	190.956	0.329
			14	236.525	235.634	238.195	236.785	1.300
			28	285.295	289.399	290.151	288.281	2.613
	D15	13/01/2020	4	131.280	139.900	<b>112.901</b>	135.590	6.095
			7	180.897	187.922	192.747	187.189	5.958
			14	219.741	222.087	209.025	216.951	6.963
			28	<b>264.087</b>	274.510	281.580	278.045	4.999
	D18	14/01/2020	4	129.041	121.568	<b>142.857</b>	125.304	5.284
			7	198.497	194.992	197.910	197.133	1.877
			14	<b>238.364</b>	222.721	228.005	225.363	3.736
			28	300.441	298.056	301.489	299.995	1.759
	D22	17/01/2020	4	161.392	155.643	152.252	156.429	4.620
			7	<b>173.526</b>	196.541	204.862	200.702	5.884
			14	236.239	247.339	238.170	240.583	5.930
			28	305.335	<b>276.094</b>	304.966	305.151	0.260
	D25	21/01/2020	4	157.631	160.128	<b>141.863</b>	158.880	1.765
			7	153.051	<b>144.934</b>	162.048	157.549	6.362
			14	<b>205.007</b>	237.960	230.491	234.226	5.281
			28	<b>244.801</b>	291.060	281.465	286.263	6.784
	D29	23/01/2020	4	<b>162.576</b>	142.129	136.999	139.564	3.627
			7	176.762	180.871	174.407	177.347	3.271
			14	<b>178.366</b>	205.792	211.860	208.826	4.291
			28	<b>221.586</b>	247.092	256.755	251.923	6.832
	D33	28/01/2020	4	<b>147.631</b>	134.007	130.046	132.026	2.801
			7	<b>201.566</b>	214.248	219.755	217.001	3.894
14			249.189	243.260	<b>265.589</b>	246.225	4.192	
28			279.928	271.394	<b>242.375</b>	275.661	6.034	

Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo C

Porcentaje / Resistencia kgf/cm <sup>2</sup>	Diseño	Fecha de elaboración	Compresión kgf/cm <sup>2</sup>			Promedio kgf/cm <sup>2</sup>	Des. Estándar real	
			Días	1	2			3
3% 294 kgf/cm <sup>2</sup>	D11	9/01/2020	4	146.240	147.772	147.346	147.119	0.790
			7	186.324	184.217	189.958	186.833	2.904
			14	230.844	227.855	228.831	229.177	1.524
			28	279.453	279.736	281.114	280.101	0.888
	D13	10/01/2020	4	152.487	146.813	139.812	146.371	6.348
			7	182.365	<b>202.016</b>	183.081	182.723	0.505
			14	<b>194.751</b>	211.875	210.183	211.029	1.196
			28	271.260	<b>290.280</b>	278.082	274.671	4.823
	D16	13/01/2020	4	158.192	<b>136.491</b>	167.822	163.007	6.809
			7	<b>139.257</b>	180.217	176.106	178.162	2.907
			14	213.440	202.756	205.080	207.092	5.619
			28	297.471	287.520	286.341	290.444	6.113
	D20	16/01/2020	4	183.802	188.283	<b>113.356</b>	186.042	3.168
			7	197.389	193.236	<b>211.585</b>	195.312	2.936
			14	230.663	223.148	<b>242.846</b>	226.906	5.313
			28	310.038	298.779	297.396	302.071	6.934
	D23	17/01/2020	4	137.388	131.098	140.440	136.309	4.763
			7	170.260	183.832	175.328	176.473	6.858
			14	<b>236.125</b>	217.574	208.564	213.069	6.371
			28	277.339	<b>245.808</b>	269.473	273.406	5.561
	D28	23/01/2020	4	153.785	147.912	156.175	152.624	4.252
			7	<b>179.543</b>	197.722	199.850	198.786	1.504
			14	218.698	219.518	<b>237.710</b>	219.108	0.579
			28	267.556	267.436	273.106	269.366	3.239
	D32	28/01/2020	4	135.849	137.469	124.745	132.687	6.926
			7	216.177	<b>200.643</b>	211.219	213.698	3.506
			14	237.940	246.315	<b>263.500</b>	242.127	5.922
			28	269.533	276.440	272.675	272.883	3.458
D37	17/01/2020	4	139.545	143.113	145.201	142.620	2.859	
		7	218.775	<b>218.490</b>	219.219	218.997	0.314	
		14	241.088	<b>221.038</b>	238.895	239.991	1.550	
		28	<b>280.006</b>	291.087	296.240	288.123	3.643	

Fuente: Elaboración propia para ampliar la información revisar el anexo C

**ANEXO E: Resultados absorción y sorptividad de los diferentes diseños.**

**DISEÑO 8**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>		0.5%								Sorpptividad (adimensional)	PROM	DESV EST	
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000				
D8	7	P1	molde	0.00	0.458	0.688	0.853	0.980	1.146	1.261	1.719	1.961	2.215	0.0352	0.0412	0.0068	
			corte	0.00	0.637	0.929	1.133	1.273	1.477	1.719	2.292	2.636	2.941	<b>0.0469</b>			
			fondo	0.00	0.535	0.738	0.904	1.031	1.222	1.401	1.528	2.228	2.496	0.0382			
		P2	molde	0.00	0.484	0.688	0.929	1.019	1.184	1.350	1.757	2.051	2.241	0.0359			
			corte	0.00	0.586	0.840	1.082	1.273	1.464	1.642	2.177	2.470	2.725	0.0437			
			fondo	0.00	0.802	1.070	1.311	1.451	1.642	1.833	2.445	2.737	3.005	0.0467			
	14	P1	molde	0.00	0.866	1.120	1.388	1.375	1.579	1.884	2.508	1.592	3.081	0.0386			
			corte	0.00	0.879	1.235	1.642	1.655	1.884	2.126	2.725	3.094	3.349	<b>0.0517</b>			
			fondo	0.00	0.649	0.904	1.095	1.057	1.235	1.375	1.821	2.190	2.355	0.0360			
		P2	molde	0.00	0.828	1.120	1.184	1.299	1.655	1.783	2.508	2.788	3.018	0.0477			
			corte	0.00	0.879	1.222	1.286	1.375	1.732	1.897	2.623	2.903	3.438	0.0521			
			fondo	0.00	0.815	1.108	1.108	1.222	1.464	1.655	2.317	2.636	3.005	0.0460			
		28	P1	molde	0.00	0.583	0.859	1.089	1.190	1.371	1.696	2.036	2.333	2.558			0.0406
				corte	0.00	0.805	1.110	1.331	1.413	1.617	1.850	2.229	2.510	2.764			0.0415
				fondo	0.00	0.480	0.679	0.834	0.880	1.010	1.165	1.418	1.609	1.816			0.0274
P2	molde		0.00	0.682	1.030	1.241	1.361	1.555	1.756	2.185	2.504	2.828	0.0432				
	corte		0.00	0.564	0.854	1.039	1.128	1.309	1.499	1.921	2.240	2.498	0.0390				
	fondo		0.00	0.542	0.772	0.901	0.959	1.086	1.217	1.916	1.716	1.888	0.0302				

DISEÑO 9

RESISTENCIA					294 kgf/cm <sup>2</sup>		1.0%								SORPTIVIDAD (adimensional)	PROM	DESV EST
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000				
D9	7	P1	fondo	0.00	0.675	0.891	1.019	1.120	1.401	1.502	1.999	2.165	2.406	<b>0.0372</b>	0.0431	0.0091	
			corte	0.00	0.828	1.159	1.375	1.553	1.859	2.063	2.763	3.081	3.400	0.0538			
			moldeo	0.00	0.828	1.171	1.388	1.592	1.897	2.088	2.801	3.094	3.425	0.0541			
		P2	fondo	0.00	0.713	0.853	1.019	1.120	1.337	1.426	2.088	2.317	2.610	<b>0.0406</b>			
			corte	0.00	0.789	1.006	1.222	1.375	1.630	1.833	2.725	3.056	3.425	0.0552			
			moldeo	0.00	0.853	1.082	1.299	1.477	1.744	1.923	2.814	3.209	3.540	0.0568			
	14	P1	fondo	0.00	0.598	0.968	1.159	1.375	1.502	1.783	2.254	2.750	2.954	0.0475			
			corte	0.00	0.688	0.853	1.044	1.248	1.337	1.630	2.126	2.763	2.839	0.0464			
			moldeo	0.00	0.076	0.331	0.497	0.688	0.751	0.929	1.388	1.872	1.846	<b>0.0344</b>			
		P2	fondo	0.00	0.624	0.929	1.082	1.350	1.401	1.541	1.910	1.944	2.266	0.0333			
			corte	0.00	0.560	0.777	1.019	1.082	1.120	1.184	1.490	1.744	1.833	<b>0.0271</b>			
			moldeo	0.00	0.598	0.828	1.044	1.159	1.222	1.350	1.783	1.948	2.063	0.0317			
	28	P1	fondo	0.00	0.611	1.031	1.197	1.362	1.592	1.719	2.355	2.636	2.916	0.0463			
			corte	0.00	0.586	1.184	1.095	1.286	1.515	1.617	2.317	2.508	2.801	0.0439			
			moldeo	0.00	0.598	0.866	0.891	1.019	1.299	1.337	1.923	2.063	2.177	<b>0.0348</b>			
		P2	fondo	0.00	0.433	0.866	1.070	1.171	1.451	1.579	2.343	2.559	2.979	0.0486			
			corte	0.00	0.509	0.929	1.120	1.375	1.464	1.732	2.534	2.636	3.018	0.0493			
			moldeo	0.00	0.395	0.764	0.866	1.019	1.159	1.197	1.884	1.948	2.126	<b>0.0349</b>			

**DISEÑO 10**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>		1.0%									Sorpitudad (adimensional)	PROM	DESV EST
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000				
D10	7	P1	molde	0.00	0.789	0.917	1.146	1.197	1.388	1.884	2.368	2.636	3.183	0.0491	0.0425	0.0074	
			corte	0.00	0.802	0.929	1.082	1.222	1.490	1.910	2.355	2.636	3.170	0.0489			
			fondo	0.00	0.649	0.764	0.853	0.968	1.108	1.451	1.783	1.999	2.445	<b>0.0369</b>			
		P2	molde	0.00	0.929	1.108	1.286	1.388	1.592	2.075	2.508	2.776	3.234	0.0491			
			corte	0.00	0.789	0.917	1.070	1.197	1.375	1.783	2.381	2.623	3.043	0.0479			
			fondo	0.00	0.738	0.840	0.980	1.044	1.184	1.579	1.961	2.126	2.712	0.0400			
	14	P1	molde	0.00	0.738	1.019	1.222	1.362	1.592	1.770	2.355	2.572	2.674	0.0427			
			corte	0.00	0.713	0.929	1.210	1.324	1.553	1.693	2.254	2.496	2.572	0.0412			
			fondo	0.00	0.637	0.853	0.968	1.070	1.248	1.311	1.719	1.833	1.884	0.0288			
		P2	molde	0.00	0.675	0.904	1.120	1.235	1.464	1.655	2.317	2.585	2.801	0.0452			
			corte	0.00	0.637	0.828	1.025	1.171	1.388	1.592	2.203	2.546	2.699	0.0443			
			fondo	0.00	0.738	0.866	1.057	1.210	1.401	1.528	2.177	2.483	2.610	0.0419			
	28	P1	molde	0.00	0.560	1.031	1.070	1.108	1.210	1.388	1.833	2.190	2.496	0.0375			
			corte	0.00	0.471	0.815	0.942	1.120	1.286	1.337	1.872	2.114	2.585	0.0395			
			fondo	0.00	0.458	0.866	0.777	0.853	0.942	1.222	1.451	5.921	1.948	0.0606			
		P2	molde	0.00	0.560	0.955	1.120	1.248	1.401	1.553	2.050	2.483	2.814	0.0437			
			corte	0.00	0.624	0.904	0.942	1.146	1.286	1.388	1.808	2.063	2.406	0.0359			
			fondo	0.00	0.420	0.764	0.828	0.993	1.006	1.171	1.490	1.821	2.024	0.0312			

**DISEÑO 11**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3.0%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D11	7	P1	fondo	0.00	0.688	0.980	1.120	1.299	1.388	1.541	2.024	2.254	2.496	0.0378	0.0419	0.0079
			corte	0.00	0.828	1.171	1.375	1.541	1.719	1.974	2.648	2.979	3.285	0.0513		
			moldeo	0.00	0.955	1.273	1.502	1.668	1.846	2.126	2.827	3.158	3.501	0.0540		
		P2	fondo	0.00	0.598	0.802	0.929	0.993	1.108	1.286	1.795	2.024	2.241	0.0348		
			corte	0.00	0.764	1.019	1.171	1.324	1.502	1.795	2.394	2.712	2.992	0.0472		
			moldeo	0.00	0.879	1.146	1.337	1.502	1.681	1.961	2.648	2.967	3.259	0.0510		
	14	P1	molde	0.00	0.675	1.057	1.324	1.515	1.693	2.114	2.546	2.916	3.272	0.0519		
			corte	0.00	0.713	1.006	1.210	1.375	1.477	1.795	2.305	2.636	3.043	0.0469		
			fondo	0.00	0.649	0.815	1.031	1.210	1.286	1.528	1.898	2.101	2.279	0.0353		
		P2	molde	0.00	0.828	0.993	1.311	1.464	1.642	1.910	2.445	2.801	3.094	0.0482		
			corte	0.00	0.802	0.968	1.222	1.668	1.553	1.872	2.470	2.750	3.005	0.0472		
			fondo	0.00	0.726	0.904	1.120	1.413	1.337	1.961	2.088	2.241	2.445	0.0378		
	28	P1	molde	0.00	0.724	1.031	1.190	1.292	1.449	1.641	2.012	2.184	2.371	0.0355		
			corte	0.00	0.681	1.031	1.066	1.155	1.268	1.387	2.344	1.777	1.901	0.0301		
			fondo	0.00	0.629	0.893	1.015	1.076	1.197	1.286	2.236	1.677	1.749	0.0285		
		P2	molde	0.00	0.674	0.964	1.119	1.206	1.387	1.626	1.721	2.440	2.736	0.0406		
			corte	0.00	0.657	0.912	1.049	1.141	1.221	1.486	1.988	2.312	2.618	0.0403		
			fondo	0.00	0.656	1.058	1.068	1.137	1.295	1.421	1.844	2.215	2.420	0.0362		

**DISEÑO 12**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0.5%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D12	7	P1	molde	0.00	0.458	0.688	0.853	0.980	1.146	1.261	1.719	1.961	2.215	0.0352	0.0412	0.0068
			corte	0.00	0.637	0.929	1.133	1.273	1.477	1.719	2.292	2.636	2.941	<b>0.0469</b>		
			fondo	0.00	0.535	0.738	0.904	1.031	1.222	1.401	1.528	2.228	2.496	0.0382		
		P2	molde	0.00	0.484	0.688	0.929	1.019	1.184	1.350	1.757	2.051	2.241	0.0359		
			corte	0.00	0.586	0.840	1.082	1.273	1.464	1.642	2.177	2.470	2.725	0.0437		
			fondo	0.00	0.802	1.070	1.311	1.451	1.642	1.833	2.445	2.737	3.005	0.0467		
	14	P1	molde	0.00	0.866	1.120	1.388	1.375	1.579	1.884	2.508	1.592	3.081	0.0386		
			corte	0.00	0.879	1.235	1.642	1.655	1.884	2.126	2.725	3.094	3.349	<b>0.0517</b>		
			fondo	0.00	0.649	0.904	1.095	1.057	1.235	1.375	1.821	2.190	2.355	0.0360		
		P2	molde	0.00	0.828	1.120	1.184	1.299	1.655	1.783	2.508	2.788	3.018	0.0477		
			corte	0.00	0.879	1.222	1.286	1.375	1.732	1.897	2.623	2.903	3.438	0.0521		
			fondo	0.00	0.815	1.108	1.108	1.222	1.464	1.655	2.317	2.636	3.005	0.0460		
	28	P1	molde	0.00	0.583	0.859	1.089	1.190	1.371	1.696	2.036	2.333	2.558	0.0406		
			corte	0.00	0.805	1.110	1.331	1.413	1.617	1.850	2.229	2.510	2.764	0.0415		
			fondo	0.00	0.480	0.679	0.834	0.880	1.010	1.165	1.418	1.609	1.816	0.0274		
		P2	molde	0.00	0.682	1.030	1.241	1.361	1.555	1.756	2.185	2.504	2.828	0.0432		
			corte	0.00	0.564	0.854	1.039	1.128	1.309	1.499	1.921	2.240	2.498	0.0390		
			fondo	0.00	0.542	0.772	0.901	0.959	1.086	1.217	1.916	1.716	1.888	0.0302		

**DISEÑO 13**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3%												PROM	DESV EST
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST		
D13	7	P1	fondo	0.00	0.688	0.980	1.120	1.299	1.388	1.541	2.024	2.254	2.496	0.0378	0.0419	0.0079		
			corte	0.00	0.828	1.171	1.375	1.541	1.719	1.974	2.648	2.979	3.285	0.0513				
			moldeo	0.00	0.955	1.273	1.502	1.668	1.846	2.126	2.827	3.158	3.501	0.0540				
		P2	fondo	0.00	0.598	0.802	0.929	0.993	1.108	1.286	1.795	2.024	2.241	2.496			0.0348	
			corte	0.00	0.764	1.019	1.171	1.324	1.502	1.795	2.394	2.712	2.992	0.0472				
			moldeo	0.00	0.879	1.146	1.337	1.502	1.681	1.961	2.648	2.967	3.259	0.0510				
	14	P1	molde	0.00	0.675	1.057	1.324	1.515	1.693	2.114	2.546	2.916	3.272	0.0519				
			corte	0.00	0.713	1.006	1.210	1.375	1.477	1.795	2.305	2.636	3.043	0.0469				
			fondo	0.00	0.649	0.815	1.031	1.210	1.286	1.528	1.898	2.101	2.279	0.0353				
		P2	molde	0.00	0.828	0.993	1.311	1.464	1.642	1.910	2.445	2.801	3.094	0.0482				
			corte	0.00	0.802	0.968	1.222	1.668	1.553	1.872	2.470	2.750	3.005	0.0472				
			fondo	0.00	0.726	0.904	1.120	1.413	1.337	1.961	2.088	2.241	2.445	0.0378				
	28	P1	molde	0.00	0.724	1.031	1.190	1.292	1.449	1.641	2.012	2.184	2.371	0.0355				
			corte	0.00	0.681	1.031	1.066	1.155	1.268	1.387	2.344	1.777	1.901	0.0301				
			fondo	0.00	0.629	0.893	1.015	1.076	1.197	1.286	2.236	1.677	1.749	0.0285				
		P2	molde	0.00	0.674	0.964	1.119	1.206	1.387	1.626	1.721	2.440	2.736	0.0406				
			corte	0.00	0.657	0.912	1.049	1.141	1.221	1.486	1.988	2.312	2.618	0.0403				
			fondo	0.00	0.656	1.058	1.068	1.137	1.295	1.421	1.844	2.215	2.420	0.0362				

DISEÑO 14

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0%										PROM	DESV EST
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	7.746	13.416	17.321	20.494	24.495	30.000	42.426	51.962	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D14	7	P1	fondo	0.00	0.522	0.815	0.942	1.070	1.273	1.541	1.974	2.203	2.432	0.0392	0.0447	0.0087
			corte	0.00	0.649	1.006	1.235	1.401	1.668	1.910	2.661	3.043	3.387	0.0552		
			moldeo	0.00	0.764	1.120	1.337	1.579	1.795	2.114	2.814	3.183	3.565	0.0571		
		P2	fondo	0.00	0.547	0.789	0.917	1.044	1.248	1.477	1.974	2.139	2.419	0.0386		
			corte	0.00	0.713	1.019	1.235	1.439	1.744	2.012	2.674	2.992	3.374	0.0543		
			moldeo	0.00	0.828	1.171	1.388	1.566	2.037	2.126	2.903	3.247	3.654	0.0580		
	14	P1	molde	0.00	0.917	1.120	1.248	1.451	1.604	1.974	2.496	2.865	3.158	0.0488		
			corte	0.00	0.917	1.184	1.362	1.388	1.553	1.859	2.445	2.916	3.221	0.0491		
			fondo	0.00	0.789	0.955	1.019	1.044	1.171	1.439	1.719	1.910	2.165	<b>0.0310</b>		
		P2	molde	0.00	0.955	1.044	1.197	1.286	1.490	1.808	2.330	2.623	2.992	0.0451		
			corte	0.00	0.828	0.840	0.929	1.108	1.273	1.604	2.126	2.406	2.750	0.0427		
			fondo	0.00	0.802	0.738	0.929	1.019	1.108	1.362	1.630	1.795	2.050	<b>0.0296</b>		
	28	P1	molde	0.00	0.619	0.965	1.066	1.183	1.421	1.608	2.324	2.681	3.002	0.0482		
			corte	0.00	0.588	0.886	0.969	1.099	1.352	1.547	2.419	2.636	2.993	0.0491		
			fondo	0.00	0.511	0.736	0.802	0.961	1.031	1.165	1.888	2.072	2.322	<b>0.0375</b>		
P2		molde	0.00	0.567	0.882	1.008	1.193	1.430	1.533	2.186	2.609	2.906	0.0468			
		corte	0.00	0.541	0.787	0.891	1.031	1.297	1.356	2.021	2.315	2.605	0.0420			
fondo	0.00	0.504	0.695	0.765	0.838	1.026	1.080	1.645	1.846	2.040	<b>0.0324</b>					

**DISEÑO 15**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%										Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000				
D15	7	P1	fondo	0.00	0.675	0.891	1.019	1.120	1.401	1.502	1.999	2.165	2.406	<b>0.0372</b>	0.0431	0.0091	
			corte	0.00	0.828	1.159	1.375	1.553	1.859	2.063	2.763	3.081	3.400	0.0538			
			molde	0.00	0.828	1.171	1.388	1.592	1.897	2.088	2.801	3.094	3.425	0.0541			
		P2	fondo	0.00	0.713	0.853	1.019	1.120	1.337	1.426	2.088	2.317	2.610	<b>0.0406</b>			
			corte	0.00	0.789	1.006	1.222	1.375	1.630	1.833	2.725	3.056	3.425	0.0552			
			molde	0.00	0.853	1.082	1.299	1.477	1.744	1.923	2.814	3.209	3.540	0.0568			
	14	P1	fondo	0.00	0.598	0.968	1.159	1.375	1.502	1.783	2.254	2.750	2.954	0.0475			
			corte	0.00	0.688	0.853	1.044	1.248	1.337	1.630	2.126	2.763	2.839	0.0464			
			molde	0.00	0.076	0.331	0.497	0.688	0.751	0.929	1.388	1.872	1.846	<b>0.0344</b>			
		P2	fondo	0.00	0.624	0.929	1.082	1.350	1.401	1.541	1.910	1.944	2.266	0.0333			
			corte	0.00	0.560	0.777	1.019	1.082	1.120	1.184	1.490	1.744	1.833	<b>0.0271</b>			
			molde	0.00	0.598	0.828	1.044	1.159	1.222	1.350	1.783	1.948	2.063	0.0317			
	28	P1	fondo	0.00	0.611	1.031	1.197	1.362	1.592	1.719	2.355	2.636	2.916	0.0463			
			corte	0.00	0.586	1.184	1.095	1.286	1.515	1.617	2.317	2.508	2.801	0.0439			
			molde	0.00	0.598	0.866	0.891	1.019	1.299	1.337	1.923	2.063	2.177	<b>0.0348</b>			
		P2	fondo	0.00	0.433	0.866	1.070	1.171	1.451	1.579	2.343	2.559	2.979	0.0486			
			corte	0.00	0.509	0.929	1.120	1.375	1.464	1.732	2.534	2.636	3.018	0.0493			
			molde	0.00	0.395	0.764	0.866	1.019	1.159	1.197	1.884	1.948	2.126	<b>0.0349</b>			

**DISEÑO 16**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D16	7	P1	fondo	0.00	0.637	0.917	1.082	1.248	1.375	1.655	2.050	2.343	2.559	0.0401	0.0430	0.0067
			corte	0.00	0.726	1.095	1.210	1.401	1.579	1.833	2.381	2.788	3.069	0.0481		
			molde	0.00	0.802	1.222	1.401	1.617	1.833	2.139	2.763	3.234	3.578	0.0565		
		P2	fondo	0.00	0.560	0.828	0.891	1.019	1.159	1.337	1.681	1.974	2.190	0.0336		
			corte	0.00	0.700	1.159	1.210	1.375	1.579	1.833	2.343	2.699	3.069	0.0472		
			molde	0.00	0.713	1.120	1.235	1.426	1.579	1.884	2.139	2.750	3.119	0.0471		
	14	P1	molde	0.00	0.802	1.159	1.426	1.604	1.757	1.986	2.585	3.081	3.158	0.0505		
			corte	0.00	0.662	0.929	1.159	1.362	1.464	1.655	2.228	2.597	2.636	0.0429		
			fondo	0.00	0.586	0.764	0.853	1.133	1.197	1.464	1.872	2.190	2.292	0.0372		
		P2	molde	0.00	0.764	1.070	1.350	1.502	1.579	1.783	2.496	2.928	2.941	0.0477		
			corte	0.00	0.688	0.942	1.146	1.324	1.401	1.655	2.330	2.865	2.878	0.0477		
			fondo	0.00	0.675	0.904	1.133	1.286	1.311	1.515	1.974	2.572	3.132	0.0466		
	28	P1	molde	0.00	0.471	0.904	1.082	1.120	1.439	1.566	2.139	2.432	2.648	0.0431		
			corte	0.00	0.446	0.802	0.917	1.044	1.324	1.401	2.012	2.152	2.355	0.0387		
			fondo	0.00	0.509	0.738	0.891	1.019	1.324	1.439	1.897	1.999	2.139	0.0349		
		P2	molde	0.00	0.369	0.840	0.904	1.082	1.273	1.553	2.190	2.368	2.674	0.0446		
			corte	0.00	0.535	0.789	0.929	0.980	1.120	1.350	1.884	2.024	2.254	0.0359		
			fondo	0.00	0.458	0.738	0.777	0.840	1.006	1.210	1.668	1.757	1.935	0.0310		

**DISEÑO 17**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D17	7	P1	molde	0.00	0.528	0.847	1.038	1.101	1.280	1.751	2.069	2.387	2.769	0.0440	0.0411	0.0069
			corte	0.00	0.497	0.738	0.955	0.993	1.171	1.693	1.986	2.203	2.572	0.0414		
			fondo	0.00	0.691	0.637	0.802	0.815	0.942	1.324	1.515	1.719	1.999	0.0299		
		P2	molde	0.00	0.700	0.764	0.942	0.980	1.133	1.528	1.872	2.177	2.597	0.0396		
			corte	0.00	0.713	0.815	1.006	1.044	1.210	1.617	1.999	2.266	2.712	0.0414		
			fondo	0.00	0.688	0.688	0.879	0.866	0.993	1.269	1.528	1.681	2.037	0.0294		
	14	P1	molde	0.00	0.853	1.146	1.401	1.592	1.668	1.923	2.559	3.221	3.247	0.0521		
			corte	0.00	0.853	1.108	1.350	1.528	1.592	1.884	2.508	3.069	3.565	0.0543		
			fondo	0.00	0.700	0.891	1.070	1.210	1.311	1.426	1.897	2.355	2.457	0.0382		
		P2	molde	0.00	0.713	1.108	1.362	1.566	1.744	1.961	2.559	2.992	3.056	0.0496		
			corte	0.00	0.649	0.968	1.184	1.324	1.490	1.719	2.317	2.559	2.636	0.0430		
			fondo	0.00	0.560	0.726	0.789	1.159	1.311	1.426	2.012	2.215	2.266	0.0381		
	28	P1	molde	0.00	0.497	0.815	0.968	1.120	1.502	1.566	2.228	2.330	2.534	0.0422		
			corte	0.00	0.369	0.738	0.929	1.044	1.248	1.528	1.846	2.101	2.572	0.0405		
			fondo	0.00	0.127	0.598	0.713	0.764	1.019	1.159	1.451	1.617	1.935	0.0316		
		P2	molde	0.00	0.751	0.751	0.917	1.133	1.273	1.388	2.037	2.203	2.394	0.0379		
			corte	0.00	0.573	0.815	0.853	1.070	1.133	1.324	2.126	2.406	3.107	0.0479		
			fondo	0.00	0.229	0.675	0.879	0.980	1.184	1.464	1.630	2.101	2.292	0.0380		

DISEÑO 18

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%										Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000				
D18	7	P1	molde	0.00	0.789	0.917	1.146	1.197	1.388	1.884	2.368	2.636	3.183	0.0491	0.0425	0.0074	
			corte	0.00	0.802	0.929	1.082	1.222	1.490	1.910	2.355	2.636	3.170	0.0489			
			fondo	0.00	0.649	0.764	0.853	0.968	1.108	1.451	1.783	1.999	2.445	<b>0.0369</b>			
		P2	molde	0.00	0.929	1.108	1.286	1.388	1.592	2.075	2.508	2.776	3.234	0.0491			
			corte	0.00	0.789	0.917	1.070	1.197	1.375	1.783	2.381	2.623	3.043	0.0479			
			fondo	0.00	0.738	0.840	0.980	1.044	1.184	1.579	1.961	2.126	2.712	0.0400			
	14	P1	molde	0.00	0.738	1.019	1.222	1.362	1.592	1.770	2.355	2.572	2.674	0.0427			
			corte	0.00	0.713	0.929	1.210	1.324	1.553	1.693	2.254	2.496	2.572	0.0412			
			fondo	0.00	0.637	0.853	0.968	1.070	1.248	1.311	1.719	1.833	1.884	0.0288			
		P2	molde	0.00	0.675	0.904	1.120	1.235	1.464	1.655	2.317	2.585	2.801	0.0452			
			corte	0.00	0.637	0.828	1.025	1.171	1.388	1.592	2.203	2.546	2.699	0.0443			
			fondo	0.00	0.738	0.866	1.057	1.210	1.401	1.528	2.177	2.483	2.610	0.0419			
	28	P1	molde	0.00	0.560	1.031	1.070	1.108	1.210	1.388	1.833	2.190	2.496	0.0375			
			corte	0.00	0.471	0.815	0.942	1.120	1.286	1.337	1.872	2.114	2.585	0.0395			
			fondo	0.00	0.458	0.866	0.777	0.853	0.942	1.222	1.451	5.921	1.948	0.0606			
		P2	molde	0.00	0.560	0.955	1.120	1.248	1.401	1.553	2.050	2.483	2.814	0.0437			
			corte	0.00	0.624	0.904	0.942	1.146	1.286	1.388	1.808	2.063	2.406	0.0359			
			fondo	0.00	0.420	0.764	0.828	0.993	1.006	1.171	1.490	1.821	2.024	0.0312			

**DISEÑO 19**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D19	7	P1	molde	0.00	0.586	0.917	1.299	1.413	1.617	1.961	2.190	2.878	3.043	0.0490	0.0415	0.0073
			corte	0.00	0.586	1.019	1.273	1.388	1.553	1.897	1.923	2.852	2.954	0.0464		
			fondo	0.00	0.522	0.713	0.942	1.031	1.159	1.439	1.592	2.075	2.241	<b>0.0351</b>		
		P2	molde	0.00	0.688	1.299	1.388	1.451	1.668	2.050	2.292	2.928	2.967	0.0467		
			corte	0.00	1.070	1.375	1.528	1.617	1.795	2.241	2.508	3.107	3.170	0.0480		
			fondo	0.00	0.904	1.120	1.120	1.197	1.350	1.693	1.808	2.381	2.343	0.0349		
	14	P1	molde	0.00	0.891	1.108	1.362	1.515	1.821	1.999	2.699	3.107	3.285	0.0525		
			corte	0.00	0.866	1.031	1.222	1.375	1.668	1.859	2.572	2.954	3.145	0.0504		
			fondo	0.00	0.815	0.968	1.095	1.273	1.541	1.655	2.330	2.712	2.750	0.0446		
		P2	molde	0.00	1.031	1.222	1.324	1.502	1.795	1.897	2.406	2.725	2.750	0.0418		
			corte	0.00	0.980	1.082	1.222	1.375	1.668	1.719	2.126	2.406	2.432	0.0363		
			fondo	0.00	0.662	0.700	0.789	0.891	0.993	1.426	2.139	2.368	2.394	0.0413		
	28	P1	molde	0.00	1.146	1.388	1.541	1.630	1.681	1.974	2.483	2.763	3.132	0.0442		
			corte	0.00	0.573	1.044	1.197	1.286	1.413	1.553	2.037	2.381	2.699	0.0410		
			fondo	0.00	0.713	0.942	1.159	1.171	1.299	1.311	1.693	1.884	2.228	0.0309		
		P2	molde	0.00	0.828	1.146	1.311	1.413	1.528	1.630	2.203	2.597	3.056	0.0445		
			corte	0.00	0.025	0.178	0.420	0.420	0.535	0.738	1.184	1.502	1.884	0.0327		
			fondo	0.00	0.051	0.306	0.484	0.509	0.611	0.700	1.082	1.261	1.566	0.0262		

**DISEÑO 20**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	7.746	13.416	17.321	20.494	24.495	30.000	42.426	51.962	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D20	7	P1	molde	0.00	0.547	0.802	0.853	0.980	1.311	1.693	1.974	2.559	2.674	0.0447	0.0405	0.0066
			corte	0.00	0.433	0.573	0.688	0.853	1.031	1.426	1.681	2.228	2.368	0.0400		
			fondo	0.00	0.675	0.802	0.879	0.980	1.108	1.439	1.579	2.024	2.177	0.0331		
		P2	molde	0.00	0.446	0.598	0.713	0.828	1.044	1.401	1.668	2.228	2.432	0.0404		
			corte	0.00	0.382	0.573	0.700	0.853	0.980	1.362	1.655	2.203	2.381	0.0401		
			fondo	0.00	0.980	1.120	1.171	1.273	1.375	1.719	1.872	2.279	2.432	0.0346		
	14	P1	molde	0.00	0.637	0.968	1.311	1.541	1.833	2.114	2.406	2.597	2.839	0.0451		
			corte	0.00	0.649	0.929	1.286	1.541	1.897	2.190	2.355	2.585	2.801	0.0446		
			fondo	0.00	0.624	0.802	1.070	1.299	1.553	1.757	2.037	2.139	2.305	0.0365		
		P2	molde	0.00	0.764	1.019	1.311	1.630	1.986	2.305	2.814	3.005	3.349	0.0540		
			corte	0.00	0.840	1.120	1.401	1.693	2.024	2.343	2.776	2.954	3.361	0.0524		
			fondo	0.00	0.777	0.993	1.248	1.464	1.719	1.974	2.317	2.508	2.763	0.0427		
	28	P1	molde	0.00	0.420	0.853	1.019	1.057	1.171	1.222	1.821	2.165	2.470	0.0386		
			corte	0.00	0.560	0.802	1.006	1.031	1.120	1.286	1.732	2.050	2.305	0.0353		
			fondo	0.00	0.547	0.726	0.815	0.917	0.993	1.108	1.515	1.744	2.177	0.0318		
		P2	molde	0.00	0.713	0.955	1.146	1.184	1.286	1.528	2.254	2.597	3.030	0.0469		
			corte	0.00	0.688	0.942	1.082	1.146	1.197	1.350	1.897	2.190	2.623	0.0385		
			fondo	0.00	0.777	0.726	0.968	0.993	0.815	1.082	1.592	1.859	2.101	0.0305		

**DISEÑO 21**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D21	7	P1	molde	0.00	0.369	0.777	1.057	1.095	1.273	1.655	2.139	2.483	2.661	0.0450	0.0403	0.0057
			corte	0.00	0.357	0.751	0.980	1.082	1.261	1.515	2.203	2.483	2.712	0.0461		
			fondo	0.00	0.229	0.497	0.662	0.637	0.764	0.904	1.324	1.579	1.821	0.0298		
		P2	molde	0.00	0.547	0.879	1.133	1.146	1.362	1.617	2.203	2.508	2.839	0.0455		
			corte	0.00	0.573	0.866	1.095	1.133	1.311	1.528	2.088	2.432	2.661	0.0426		
			fondo	0.00	0.497	0.738	0.942	0.929	1.070	1.210	1.693	1.897	2.114	0.0330		
	14	P1	molde	0.00	0.560	0.802	1.146	1.439	1.744	2.012	2.432	2.572	2.827	0.0466		
			corte	0.00	0.484	0.738	1.095	1.401	1.757	1.935	2.305	2.508	2.699	0.0451		
			fondo	0.00	0.509	0.688	0.993	1.286	1.604	1.808	2.266	2.292	2.496	0.0419		
		P2	molde	0.00	0.293	0.395	0.649	1.006	1.375	1.592	1.999	2.152	2.406	0.0425		
			corte	0.00	0.458	0.713	1.070	1.413	1.681	2.012	2.394	2.546	2.763	0.0469		
			fondo	0.00	0.802	0.993	1.235	1.477	1.795	1.923	2.212	2.406	2.572	0.0393		
	28	P1	molde	0.00	0.306	0.509	0.611	0.904	1.197	1.490	1.744	2.024	2.279	0.0390		
			corte	0.00	0.255	0.369	0.598	0.853	0.942	1.337	1.744	2.330	2.546	0.0449		
			fondo	0.00	0.357	0.458	0.675	0.764	0.904	1.082	1.439	1.655	1.872	0.0306		
		P2	molde	0.00	0.064	0.433	0.446	0.713	1.044	1.171	1.579	1.732	2.088	0.0364		
			corte	0.00	0.242	0.611	0.853	0.955	1.133	1.426	1.757	1.935	2.190	0.0367		
			fondo	0.00	0.407	0.688	0.853	0.891	1.031	1.171	1.655	1.910	2.050	0.0333		

**DISEÑO 22**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D22	7	P1	molde	0.00	0.255	0.649	0.891	1.057	1.311	1.693	1.923	1.974	2.279	0.0382	0.0400	0.0055
			corte	0.00	0.267	0.586	0.853	1.248	1.515	1.846	2.190	2.585	2.827	0.0493		
			fondo	0.00	0.229	0.560	0.688	0.828	1.070	1.413	1.935	2.228	2.496	0.0437		
		P2	molde	0.00	0.191	0.598	0.866	1.019	1.388	1.642	2.037	2.241	2.445	0.0429		
			corte	0.00	0.178	0.497	0.738	0.853	1.044	1.502	1.846	2.203	2.432	0.0429		
			fondo	0.00	0.433	0.471	0.700	0.751	1.019	1.324	1.553	1.795	1.910	0.0322		
	14	P1	molde	0.00	0.228	0.419	0.737	1.081	1.399	1.667	2.100	2.189	2.418	0.0433		
			corte	0.00	0.917	1.070	1.286	1.502	1.846	2.050	2.483	2.546	2.725	0.0421		
			fondo	0.00	0.891	1.006	1.248	1.477	1.808	1.966	2.394	2.508	2.687	0.0415		
		P2	molde	0.00	0.140	0.293	0.560	0.675	0.917	1.171	1.566	1.986	2.165	0.0390		
			corte	0.00	0.624	1.235	1.375	1.617	1.884	2.114	2.368	2.674	2.776	0.0436		
			fondo	0.00	0.662	1.159	1.210	1.477	1.770	1.999	2.215	2.508	2.610	0.0408		
	28	P1	molde	0.00	0.535	0.815	0.993	1.362	1.364	1.528	2.139	2.546	2.776	0.0450		
			corte	0.00	0.560	0.815	1.197	1.311	1.375	1.464	1.986	2.355	2.636	0.0409		
			fondo	0.00	0.471	0.700	1.095	1.133	1.120	1.273	1.604	1.935	2.063	0.0319		
		P2	molde	0.00	0.547	0.955	1.210	14.057	1.604	1.783	2.406	2.827	3.145	0.0272		
			corte	0.00	0.446	0.777	1.133	1.222	1.311	1.426	1.897	2.368	2.699	0.0423		
			fondo	0.00	0.216	0.522	0.675	0.789	0.891	0.980	1.451	1.859	1.974	0.0336		

**DISEÑO 23**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D23	7	P1	molde	0.00	0.166	0.522	0.738	0.879	1.210	1.604	2.075	2.445	2.750	0.0488	0.0434	0.0047
			corte	0.00	0.051	0.407	0.573	0.764	1.031	1.490	1.961	2.266	2.585	0.0471		
			fondo	0.00	0.038	0.331	0.433	0.598	0.929	1.248	1.604	1.859	2.152	0.0391		
		P2	molde	0.00	0.166	0.560	0.840	0.917	1.184	1.439	1.859	2.203	2.585	0.0437		
			corte	0.00	0.166	0.407	0.547	0.726	1.057	1.579	1.986	2.330	2.546	0.0469		
			fondo	0.00	1.171	1.451	1.592	1.681	1.986	2.292	2.674	2.890	3.107	0.0453		
	14	P1	molde	0.00	0.840	1.388	1.515	1.795	2.088	2.241	2.534	2.801	2.979	0.0447		
			corte	0.00	0.751	1.261	1.464	1.681	1.986	2.177	2.496	2.890	3.056	0.0473		
			fondo	0.00	0.675	1.210	1.337	1.655	1.897	2.037	2.381	2.687	2.878	0.0445		
		P2	molde	0.00	0.828	1.401	1.541	1.859	2.177	2.305	2.648	2.916	3.056	0.0467		
			corte	0.00	0.726	1.273	1.439	1.693	1.935	2.075	2.330	2.623	2.725	0.0414		
			fondo	0.00	0.280	0.395	0.446	0.649	0.891	0.968	1.388	1.757	2.037	0.0342		
	28	P1	molde	0.00	0.662	0.917	1.197	1.222	1.350	1.515	2.037	2.610	2.788	0.0437		
			corte	0.00	0.560	0.866	1.057	1.362	1.401	1.541	2.012	2.394	2.788	0.0429		
			fondo	0.00	0.204	0.395	0.535	0.586	0.929	0.980	1.197	1.592	1.884	0.0309		
		P2	molde	0.00	0.738	1.006	1.248	1.451	1.642	1.795	2.317	2.750	3.069	0.0475		
			corte	0.00	0.802	1.057	1.350	1.528	1.642	1.655	2.279	2.648	2.852	0.0434		
			fondo	0.00	0.688	1.006	1.222	1.426	1.541	1.668	2.190	2.559	2.788	0.0431		

DISEÑO 24

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	7.746	13.416	17.321	20.494	24.495	30.000	42.426	51.962	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D24	7	P1	molde	0.00	0.853	1.451	1.604	1.897	2.254	2.432	2.967	3.552	3.718	<b>0.0588</b>	0.0438	0.0080
			corte	0.00	0.764	1.171	1.273	1.490	1.770	1.884	2.152	2.648	2.725	0.0417		
			fondo	0.00	0.688	1.044	1.159	1.286	1.451	1.642	1.872	2.177	2.241	0.0338		
		P2	molde	0.00	0.726	1.159	1.337	1.528	1.757	1.872	2.177	2.597	2.750	0.0417		
			corte	0.00	0.675	1.095	1.248	1.451	1.732	1.846	2.177	2.648	2.725	0.0428		
			fondo	0.00	0.560	0.917	0.993	1.070	1.286	1.388	1.642	2.088	2.165	<b>0.0333</b>		
	14	P1	molde	0.00	0.789	0.993	1.159	1.286	1.477	1.706	2.228	2.661	3.005	0.0462		
			corte	0.00	0.726	0.891	1.044	1.197	1.350	1.592	2.114	2.546	2.801	0.0440		
			fondo	0.00	0.586	0.662	0.789	0.917	1.006	1.171	1.553	1.884	2.101	0.0324		
		P2	molde	0.00	0.777	1.031	1.210	1.350	1.592	1.872	2.508	2.827	3.081	0.0492		
			corte	0.00	0.802	1.070	1.184	1.299	1.490	1.732	2.203	2.534	2.788	0.0426		
			fondo	0.00	0.815	0.955	1.044	1.159	1.324	1.528	1.974	2.292	2.496	<b>0.0378</b>		
	28	P1	molde	0.00	0.726	1.159	1.337	1.528	1.757	1.872	2.177	2.597	2.750	0.0417		
			corte	0.00	1.184	1.337	1.948	2.190	2.508	2.750	3.221	3.552	3.807	0.0581		
			fondo	0.00	0.560	0.700	0.917	1.031	1.324	1.655	2.101	2.546	2.878	0.0472		
		P2	molde	0.00	0.382	0.789	1.146	1.362	1.897	2.139	2.406	2.903	2.979	0.0517		
			corte	0.00	0.293	0.713	1.019	1.273	1.795	1.974	2.432	2.712	2.979	0.0516		
			fondo	0.00	0.688	1.044	1.159	1.286	1.451	1.642	1.872	2.177	2.241	0.0338		

**DISEÑO 25**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%													
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST		
D25	7	P1	molde	0.00	0.624	1.082	1.311	1.502	1.783	2.050	2.432	2.839	3.132	0.0496	0.0402	0.0059		
			corte	0.00	0.522	0.942	1.108	1.311	1.541	1.757	2.165	2.355	2.597	0.0414				
			fondo	0.00	0.471	0.917	0.840	1.006	1.286	1.350	1.681	1.872	2.139	0.0326				
		P2	molde	0.00	0.702	1.222	1.235	1.502	1.719	1.897	2.292	2.546	2.801	0.0426				
			corte	0.00	0.611	0.980	1.019	1.235	1.515	1.693	2.012	2.126	2.394	0.0367				
			fondo	0.00	0.688	1.146	1.171	1.337	1.553	1.719	2.075	2.152	2.521	0.0368				
	14	P1	molde	0.00	0.917	1.197	1.324	1.490	1.706	2.037	2.636	3.069	3.387	0.0527				
			corte	0.00	0.891	1.070	1.171	1.311	1.490	1.732	2.228	2.623	2.852	0.0435				
			fondo	0.00	0.828	1.006	1.082	1.184	1.337	1.553	1.974	2.266	2.483	0.0370				
		P2	molde	0.00	0.866	1.197	1.324	1.451	1.681	1.961	2.534	3.005	3.272	0.0509				
			corte	0.00	0.946	0.993	1.082	1.184	1.375	1.604	2.101	2.457	2.674	0.0403				
			fondo	0.00	0.802	0.942	1.044	1.120	1.286	1.464	1.884	2.177	2.368	0.0354				
	28	P1	fondo	0.00	0.917	1.197	1.324	1.490	1.706	2.037	2.254	2.432	2.750	0.0399				
			corte	0.00	0.691	0.738	0.828	0.929	1.120	1.350	1.846	2.203	2.419	0.0383				
			moldeo	0.00	0.471	0.917	0.840	1.006	1.286	1.350	1.681	1.872	2.139	0.0326				
		P2	fondo	0.00	0.688	0.891	1.171	1.337	1.553	1.719	2.075	2.152	2.521	0.0378				
			corte	0.00	0.522	1.070	1.235	1.311	1.541	1.757	2.165	2.355	2.597	0.0406				
			molde	0.00	0.802	0.942	1.044	1.120	1.286	1.464	1.884	2.050	2.368	0.0345				

**DISEÑO 26**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D26	7	P1	molde	0.00	0.547	1.044	1.197	1.464	1.821	2.075	2.661	3.132	3.425	0.0567	0.0451	0.0079
			corte	0.00	0.382	0.828	0.929	1.171	1.515	1.681	2.165	2.572	2.801	0.0470		
			fondo	0.00	0.802	1.171	1.171	1.362	1.668	1.821	2.279	2.597	2.827	0.0432		
		P2	molde	0.00	0.433	0.777	0.879	1.133	1.464	1.770	2.355	2.636	2.941	0.0500		
			corte	0.00	0.676	1.108	1.146	1.388	1.668	1.884	2.355	2.546	2.839	0.0444		
			fondo	0.00	0.153	0.560	0.497	0.675	0.815	1.031	1.362	1.541	1.757	0.0297		
	14	P1	molde	0.00	0.293	0.497	0.624	0.764	1.019	1.337	1.999	2.546	2.903	0.0505		
			corte	0.00	0.879	1.057	1.159	1.286	1.502	1.795	2.355	2.865	3.081	0.0484		
			fondo	0.00	0.828	0.955	1.031	1.120	1.311	1.515	2.024	2.343	2.559	0.0390		
		P2	molde	0.00	0.904	1.120	1.248	1.362	1.617	1.961	2.623	3.094	3.412	0.0538		
			corte	0.00	0.777	0.993	1.133	1.261	1.490	1.808	2.394	2.801	3.056	0.0488		
			fondo	0.00	0.573	0.751	0.866	0.980	1.171	1.401	1.897	2.254	2.521	0.0404		
	28	P1	molde	0.00	0.547	1.044	1.197	1.592	1.821	2.075	2.661	3.132	3.425	0.0564		
			corte	0.00	0.676	1.108	1.273	1.388	1.668	1.884	2.415	2.546	2.839	0.0443		
			fondo	0.00	0.828	0.955	1.031	1.235	1.311	1.515	2.024	2.215	2.432	0.0366		
		P2	molde	0.00	0.293	0.497	0.624	0.764	1.019	1.337	1.999	2.546	2.776	0.0492		
			corte	0.00	0.382	0.828	0.929	1.171	1.388	1.681	2.063	2.368	2.725	0.0443		
			fondo	0.00	0.153	0.560	0.497	0.675	0.815	1.031	1.311	1.451	1.757	0.0288		

**DISEÑO 27**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0%												
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST	
D27	7	P1	molde	0.00	0.738	1.108	1.337	1.541	1.757	2.228	2.419	2.661	2.839	0.0446	0.0426	0.0056	
			corte	0.00	0.815	1.146	1.464	1.655	1.897	2.394	2.585	2.903	3.170	0.0493			
			fondo	0.00	0.777	1.057	1.286	1.451	1.630	2.075	2.215	2.521	2.750	0.0420			
		P2	molde	0.00	0.917	1.222	1.426	1.604	1.757	2.228	2.419	2.699	2.890	0.0436			
			corte	0.00	0.929	1.222	1.451	1.617	1.770	2.266	2.470	2.776	3.018	0.0455			
			fondo	0.00	0.815	1.019	1.159	1.299	1.451	1.897	2.088	2.394	2.725	0.0407			
	14	P1	molde	0.00	0.554	0.875	1.015	1.169	1.623	1.903	2.072	2.450	2.628	0.0427			
			corte	0.00	0.640	0.908	1.053	1.194	1.333	1.575	2.000	2.412	2.582	0.0408			
			fondo	0.00	0.572	0.774	0.905	1.003	1.085	1.297	1.626	1.923	2.041	0.0317			
		P2	molde	0.00	0.733	1.017	1.193	1.333	1.864	2.101	2.518	2.904	3.114	0.0506			
			corte	0.00	0.710	1.003	1.184	1.350	1.483	1.799	2.275	2.709	2.923	0.0463			
			fondo	0.00	0.601	0.843	0.938	1.035	1.440	1.369	1.670	1.970	2.101	0.0320			
	28	P1	molde	0.00	0.681	0.875	1.142	1.296	1.623	1.903	2.199	2.450	3.010	0.0457			
			corte	0.00	0.815	1.019	1.159	1.299	1.451	1.897	2.088	2.394	2.725	0.0407			
			fondo	0.00	0.601	0.843	0.938	1.035	1.440	1.878	2.180	2.606	2.737	0.0459			
		P2	molde	0.00	0.601	0.843	0.938	1.035	1.440	1.369	1.670	1.970	2.101	0.0320			
			corte	0.00	0.710	1.003	1.184	1.350	1.483	1.799	2.275	2.709	2.923	0.0463			
			fondo	0.00	0.601	0.843	0.938	1.035	1.440	1.878	2.180	2.606	2.737	0.0459			

**DISEÑO 28**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D28	7	P1	molde	0.00	0.675	0.955	1.146	1.337	1.541	2.114	2.368	2.776	4.405	0.0625	0.0376	0.0081
			corte	0.00	0.891	1.095	1.273	1.388	1.541	1.961	2.101	2.406	2.674	0.0392		
			fondo	0.00	0.840	0.968	1.082	1.184	1.337	1.719	1.910	2.139	2.394	0.0352		
		P2	molde	0.00	0.713	1.108	1.235	1.413	1.668	2.165	2.483	2.776	3.018	0.0482		
			corte	0.00	0.815	1.108	1.184	1.490	1.821	1.961	2.165	2.406	2.687	0.0398		
			fondo	0.00	0.866	1.171	1.261	1.464	1.604	1.986	2.254	2.483	2.648	0.0399		
	14	P1	molde	0.00	0.773	1.112	1.351	1.378	1.519	1.830	2.227	2.496	2.641	0.0404		
			corte	0.00	0.768	0.840	1.036	1.115	1.203	1.425	1.715	1.900	2.063	0.0302		
			fondo	0.00	0.769	0.922	1.066	1.142	1.486	1.632	1.811	2.024	2.190	0.0324		
		P2	molde	0.00	0.988	1.175	1.384	4.326	2.103	1.928	2.350	2.662	2.818	0.0366		
			corte	0.00	0.851	1.039	1.229	1.277	1.409	1.635	1.962	2.149	2.236	0.0329		
			fondo	0.00	0.755	0.945	1.092	1.676	1.224	1.451	1.783	2.022	2.088	0.0302		
	28	P1	molde	0.00	0.768	0.840	1.036	1.115	1.203	1.425	1.715	1.900	2.063	0.0302		
			corte	0.00	0.815	1.108	1.184	1.490	1.821	1.961	2.165	2.406	2.687	0.0398		
			fondo	0.00	0.514	0.667	0.811	1.142	1.231	1.378	1.556	1.770	1.935	0.0299		
		P2	molde	0.00	0.773	1.112	1.351	1.505	1.774	1.957	2.227	2.496	2.641	0.0401		
			corte	0.00	0.815	1.108	1.311	1.490	1.821	1.961	2.165	2.406	2.687	0.0395		
			fondo	0.00	0.768	0.840	1.036	1.115	1.203	1.425	1.715	1.900	2.063	0.0302		

**DISEÑO 29**

RESISTENCIA				210 kgf/cm <sup>2</sup>	1%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D29	7	P1	molde	0.00	0.993	1.350	1.515	1.783	2.190	2.483	2.763	3.132	3.387	0.0517	0.0423	0.0071
			corte	0.00	0.942	1.324	1.502	1.795	2.063	2.457	2.750	3.081	3.323	0.0511		
			fondo	0.00	1.006	1.171	1.261	1.528	1.770	2.114	2.266	2.534	2.737	0.0403		
		P2	molde	0.00	0.802	1.108	1.337	1.528	1.757	2.037	2.661	3.183	3.552	0.0561		
			corte	0.00	0.738	1.019	1.235	1.388	1.604	1.872	2.419	2.903	3.183	0.0505		
			fondo	0.00	0.713	0.929	1.095	1.222	1.388	1.592	2.050	2.445	2.661	0.0413		
	14	P1	molde	0.00	1.064	1.257	1.388	1.518	1.700	1.961	2.419	2.810	2.956	0.0441		
			corte	0.00	0.913	1.072	1.230	1.292	1.672	1.884	2.051	2.339	2.390	0.0358		
			fondo	0.00	0.738	0.863	1.003	1.044	1.155	1.357	1.697	1.971	2.010	0.0304		
		P2	molde	0.00	0.792	1.081	1.303	1.448	1.749	1.907	2.334	2.641	2.838	0.0438		
			corte	0.00	0.820	1.082	1.249	1.385	1.617	1.760	2.094	2.423	2.426	0.0371		
			fondo	0.00	0.663	0.870	1.042	1.152	1.357	1.488	1.706	2.182	2.162	0.0336		
	28	P1	molde	0.00	1.006	1.171	1.261	1.528	1.770	2.114	2.394	2.534	2.737	0.0409		
			corte	0.00	0.913	1.072	1.230	1.292	1.672	1.884	2.051	2.339	2.390	0.0358		
			fondo	0.00	0.663	0.870	0.914	1.152	1.357	1.488	1.706	2.182	2.289	0.0352		
		P2	molde	0.00	0.665	0.954	1.175	1.320	1.622	1.780	2.207	2.513	2.711	0.0428		
			corte	0.00	0.688	1.070	1.248	1.541	1.808	2.203	2.496	2.827	3.069	0.0491		
			fondo	0.00	0.713	0.929	1.095	1.222	1.388	1.592	2.050	2.445	2.661	0.0413		

**DISEÑO 30**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESVEST
D30	7	P1	molde	0.00	0.815	1.082	1.311	1.642	1.846	2.126	2.737	3.349	3.629	0.0583	0.0407	0.0077
			corte	0.00	0.815	1.044	1.235	1.413	1.617	1.872	2.381	2.865	3.145	0.0491		
			fondo	0.00	0.828	1.031	1.159	1.299	1.464	1.681	2.088	2.521	2.776	0.0419		
		P2	molde	0.00	0.751	0.993	1.171	1.375	1.566	1.859	2.419	2.954	3.272	0.0520		
			corte	0.00	0.688	0.828	0.968	1.108	1.261	1.515	1.923	2.381	2.674	0.0415		
			fondo	0.00	0.713	0.955	1.006	1.120	1.248	1.502	1.846	2.266	2.496	0.0378		
	14	P1	molde	0.00	0.423	0.796	0.885	1.024	1.281	1.463	1.914	2.325	2.386	0.0402		
			corte	0.00	0.774	1.025	1.215	1.383	1.617	1.811	2.246	2.636	2.650	0.0422		
			fondo	0.00	0.716	0.885	1.008	1.098	1.267	1.403	1.728	2.063	2.052	0.0316		
		P2	molde	0.00	0.640	0.908	1.140	1.264	1.584	1.732	2.135	2.550	2.613	0.0423		
			corte	0.00	0.653	0.899	1.085	1.210	1.426	1.620	1.968	2.301	2.316	0.0370		
			fondo	0.00	0.656	0.880	1.031	1.119	1.309	1.449	1.791	2.153	2.128	0.0335		
	28	P1	molde	0.00	0.497	0.738	0.917	1.120	1.311	1.604	2.165	2.699	2.890	0.0487		
			corte	0.00	0.774	1.025	1.215	1.383	1.617	1.811	2.246	2.636	2.650	0.0422		
			fondo	0.00	0.401	0.498	0.649	0.737	0.927	1.067	1.409	1.771	1.873	0.0310		
		P2	molde	0.00	0.423	0.796	1.012	1.024	1.281	1.463	1.914	2.325	2.386	0.0398		
			corte	0.00	0.399	0.644	0.830	0.955	1.171	1.365	1.714	2.046	2.061	0.0350		
			fondo	0.00	0.334	0.503	0.626	0.716	0.885	1.021	1.346	1.681	1.670	0.0285		

**DISEÑO 31**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D31	7	P1	molde	0.00	0.802	1.057	1.235	1.388	1.592	1.859	2.355	2.928	3.310	0.0511	0.0444	0.0068
			corte	0.00	0.751	0.968	1.146	1.286	1.388	1.719	2.215	2.725	3.069	0.0477		
			fondo	0.00	0.598	0.738	0.879	2.254	1.120	1.286	1.630	2.050	2.330	0.0332		
		P2	molde	0.00	0.968	1.222	1.413	1.553	14.502	2.063	2.687	3.272	3.718	0.0483		
			corte	0.00	0.713	0.879	0.993	1.095	1.248	1.451	1.897	2.330	2.674	0.0406		
			fondo	0.00	0.688	0.853	0.968	1.070	1.210	1.401	1.859	2.228	2.508	0.0384		
	14	P1	molde	0.00	0.738	1.024	1.273	1.421	1.803	1.916	2.409	2.741	2.880	0.0460		
			corte	0.00	0.900	1.180	1.441	1.592	1.898	2.120	2.611	2.935	3.072	0.0481		
			fondo	0.00	0.772	0.989	1.159	1.287	1.544	1.700	2.126	2.322	2.456	0.0379		
		P2	molde	0.00	0.867	1.154	1.362	1.508	1.847	1.991	2.443	2.801	2.965	0.0458		
			corte	0.00	0.801	1.080	1.295	1.415	1.682	1.872	2.315	2.545	2.711	0.0418		
			fondo	0.00	0.756	0.978	1.119	1.216	1.423	1.620	1.921	2.161	2.321	0.0348		
	28	P1	molde	0.00	0.802	1.057	1.235	1.388	1.592	1.859	2.355	2.928	3.310	0.0511		
			corte	0.00	0.900	1.180	1.441	1.592	1.898	2.120	2.611	2.935	3.072	0.0481		
			fondo	0.00	0.433	0.980	1.350	1.642	1.872	2.241	2.737	2.928	3.272	0.0543		
		P2	molde	0.00	0.688	0.853	0.968	1.070	1.210	1.401	1.859	2.228	2.508	0.0384		
			corte	0.00	0.586	0.624	0.993	1.477	1.757	2.037	2.470	2.967	3.438	0.0567		
			fondo	0.00	0.772	0.989	1.159	1.287	1.544	1.700	2.126	2.322	2.456	0.0379		

**DISEÑO 32**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	7.746	13.416	17.321	20.494	24.495	30.000	42.426	51.962	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D32	7	P1	molde	0.00	0.471	0.726	0.879	1.031	1.248	1.566	2.215	2.661	3.030	0.0505	0.0423	0.0068
			corte	0.00	0.726	0.917	1.044	1.171	1.375	1.681	2.292	2.687	3.005	0.0479		
			fondo	0.00	0.662	0.802	0.904	0.993	1.184	1.375	1.872	2.228	2.534	0.0393		
		P2	molde	0.00	0.395	0.713	0.980	1.171	1.388	1.706	2.292	2.687	2.992	0.0507		
			corte	0.00	0.789	1.044	1.299	1.490	-4.673	1.974	2.521	2.890	3.170	0.0543		
			fondo	0.00	0.789	1.031	1.222	1.350	1.477	1.719	2.088	2.355	2.546	0.0383		
	14	P1	molde	0.00	0.267	0.637	0.917	1.019	1.286	1.553	2.139	2.445	2.674	0.0464		
			corte	0.00	0.789	1.095	1.350	1.528	1.528	1.923	2.572	2.827	2.979	0.0476		
			fondo	0.00	0.560	0.879	0.929	1.031	1.108	1.171	1.732	1.884	2.139	0.0322		
		P2	molde	0.00	0.751	1.311	1.401	1.515	1.630	1.732	2.381	2.687	2.865	0.0435		
			corte	0.00	1.019	1.337	1.490	1.617	1.732	1.859	2.496	2.763	3.069	0.0446		
			fondo	0.00	0.751	1.095	1.120	1.197	1.324	1.502	1.897	2.037	2.368	0.0338		
	28	P1	molde	0.00	0.751	1.311	1.401	1.515	1.630	1.732	2.381	2.687	2.865	0.0435		
			corte	0.00	0.751	0.968	1.120	1.197	1.324	1.502	1.770	2.037	2.368	0.0337		
			fondo	0.00	0.560	0.624	0.929	1.031	1.108	1.553	1.732	1.884	2.139	0.0336		
		P2	molde	0.00	0.751	1.311	1.528	1.706	1.884	2.075	2.381	2.687	2.865	0.0429		
			corte	0.00	1.019	1.337	1.490	1.617	1.732	1.859	2.496	2.763	3.069	0.0446		
			fondo	0.00	0.751	0.840	1.120	1.197	1.324	1.502	1.770	2.037	2.368	0.0342		

**DISEÑO 33**

RESISTENCIA				210 kgf/cm <sup>2</sup>	3%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D33	7	P1	molde	0.00	0.891	1.146	1.350	1.528	1.693	1.974	2.521	2.903	3.183	0.0490	0.0384	0.0076
			corte	0.00	0.866	1.108	1.311	1.502	1.681	1.961	2.419	2.865	3.145	0.0484		
			fondo	0.00	0.789	0.993	1.133	1.311	1.413	1.604	1.986	2.254	2.470	0.0368		
		P2	molde	0.00	0.942	1.184	1.388	1.553	1.744	2.037	2.559	2.928	3.183	0.0488		
			corte	0.00	0.853	1.070	1.235	1.388	1.553	1.808	2.279	2.610	2.839	0.0434		
			fondo	0.00	0.802	0.980	1.120	1.286	1.401	1.592	1.974	2.254	2.457	0.0366		
	14	P1	molde	0.00	0.713	1.146	1.273	1.222	1.439	1.566	2.215	2.508	2.839	0.0429		
			corte	0.00	0.828	0.955	1.210	1.261	1.346	1.604	2.254	2.610	2.865	0.0444		
			fondo	0.00	0.802	1.019	1.159	1.222	1.286	1.299	1.719	1.935	2.114	0.0294		
		P2	molde	0.00	0.968	1.337	1.426	1.477	1.719	1.770	2.470	2.661	2.941	0.0431		
			corte	0.00	0.522	0.789	0.955	0.993	1.108	1.210	1.872	2.050	2.292	0.0362		
			fondo	0.00	0.675	0.968	1.057	1.108	1.464	1.197	1.757	1.795	2.088	0.0295		
	28	P1	molde	0.00	0.968	1.337	1.426	1.477	1.719	1.770	2.215	2.470	2.814	0.0393		
			corte	0.00	0.318	0.446	0.700	0.751	0.837	1.095	1.299	1.592	1.719	0.0283		
			fondo	0.00	0.420	0.637	0.777	0.840	0.904	0.917	1.337	1.553	1.732	0.0264		
		P2	molde	0.00	0.344	0.751	0.879	0.828	1.044	1.171	1.821	2.114	2.190	0.0371		
			corte	0.00	0.229	0.471	0.675	0.866	1.044	1.324	1.783	2.228	2.508	0.0433		
			fondo	0.00	0.802	1.019	1.159	1.222	1.375	1.528	1.719	1.935	1.986	0.0283		

**DISEÑO 34**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0%											PROM	DESV EST
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	7.746	13.416	17.321	20.494	24.495	30.000	42.426	51.962	60.000	Sorptividad (adimensional)			
D34	7	P1	molde	0.00	0.993	1.261	1.439	1.630	1.808	2.063	2.597	2.979	3.247	0.0491	0.0409	0.0073	
			corte	0.00	0.879	1.108	1.261	1.413	1.566	1.783	2.228	2.585	2.788	0.0420			
			fondo	0.00	0.738	0.904	1.019	1.235	1.337	1.401	1.706	1.897	2.063	0.0298			
		P2	molde	0.00	0.917	1.171	1.337	1.490	1.668	1.897	2.419	2.712	3.056	0.0457			
			corte	0.00	0.738	0.853	1.120	1.261	1.413	1.630	2.114	2.432	2.699	0.0419			
			fondo	0.00	0.637	0.802	0.929	1.019	1.159	1.299	1.668	1.897	2.088	0.0315			
	14	P1	molde	0.00	0.815	0.968	1.159	1.171	1.617	1.490	2.305	2.241	2.750	0.0408			
			corte	0.00	0.713	0.942	1.070	1.146	1.464	1.515	2.254	2.305	2.737	0.0420			
			fondo	0.00	0.726	0.866	0.968	1.019	1.261	1.286	1.872	1.897	2.152	0.0321			
		P2	molde	0.00	0.751	0.968	1.222	1.337	1.440	1.477	2.215	2.292	2.725	0.0405			
			corte	0.00	0.611	0.802	1.044	1.095	1.261	1.337	1.961	2.088	2.496	0.0379			
			fondo	0.00	0.458	0.624	0.815	0.853	1.235	1.057	1.451	1.630	1.897	0.0287			
	28	P1	molde	0.00	0.993	1.261	1.541	1.630	1.872	2.063	2.725	2.979	3.501	0.0519			
			corte	0.00	0.738	0.853	1.120	1.261	1.413	1.630	2.114	2.432	2.699	0.0419			
			fondo	0.00	0.611	0.904	1.184	1.273	1.413	1.553	1.923	2.177	2.597	0.0384			
		P2	molde	0.00	0.993	1.261	1.502	1.630	1.897	2.177	2.801	3.107	3.247	0.0509			
			corte	0.00	0.611	0.802	1.044	1.095	1.261	1.337	1.961	2.088	2.496	0.0379			
			fondo	0.00	0.866	1.057	1.184	1.528	1.859	2.177	2.623	2.916	3.361	0.0524			

**DISEÑO 35**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	1%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D35	7	P1	molde	0.00	0.828	1.222	1.401	1.566	1.617	1.923	2.470	2.801	3.030	0.0464	0.0395	0.0042
			corte	0.00	0.509	0.764	0.980	1.184	1.401	1.502	1.986	2.368	2.699	0.0429		
			fondo	0.00	0.471	0.840	1.184	1.248	1.337	1.515	1.757	1.923	2.152	0.0325		
		P2	molde	0.00	0.751	1.120	1.261	1.464	1.566	1.783	2.241	2.406	2.712	0.0406		
			corte	0.00	0.764	1.019	1.350	1.451	1.592	1.744	2.101	2.419	2.699	0.0400		
			fondo	0.00	0.586	0.828	1.082	1.210	1.337	1.579	1.693	1.986	2.343	0.0343		
	14	P1	molde	0.00	0.497	0.738	1.006	1.146	1.413	1.528	1.986	2.152	2.712	0.0416		
			corte	0.00	0.280	0.522	0.777	0.904	1.031	1.273	1.388	1.681	2.037	0.0319		
			fondo	0.00	0.318	0.713	0.891	1.057	1.108	1.413	1.961	2.292	2.521	0.0424		
		P2	molde	0.00	0.497	0.993	1.261	1.464	1.566	1.783	2.241	2.406	2.712	0.0425		
			corte	0.00	0.076	0.369	0.853	1.082	1.337	1.579	1.693	1.986	2.343	0.0399		
			fondo	0.00	0.000	0.255	0.471	0.675	1.019	1.248	1.477	1.859	2.190	0.0391		
	28	P1	molde	0.00	0.258	0.526	0.758	0.882	1.202	1.350	1.753	2.168	2.231	0.0393		
			corte	0.00	0.688	0.853	1.044	1.248	1.337	1.630	1.872	2.012	2.203	0.0334		
			fondo	0.00	0.509	0.764	0.980	1.184	1.401	1.502	1.986	2.368	2.699	0.0429		
		P2	molde	0.00	0.446	0.586	0.891	1.057	1.108	1.413	1.961	2.292	2.521	0.0422		
			corte	0.00	0.497	0.993	1.261	1.464	1.604	1.910	2.241	2.406	2.712	0.0426		
			fondo	0.00	0.331	0.166	0.433	0.547	0.789	1.044	1.439	1.859	2.037	0.0362		

**DISEÑO 36**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	0%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D36	7	P1	molde	0.00	0.866	1.299	1.579	1.795	1.808	1.986	2.483	2.928	3.247	0.0480	0.0411	0.0065
			corte	0.00	0.764	1.184	1.451	1.528	1.553	1.783	2.330	2.585	2.979	0.0440		
			fondo	0.00	0.649	0.866	0.993	1.133	1.210	1.324	1.579	1.592	1.859	0.0259		
		P2	molde	0.00	1.082	1.273	1.668	1.642	1.744	2.063	2.546	2.903	3.132	0.0460		
			corte	0.00	0.968	1.095	1.375	1.451	1.579	1.744	2.215	2.508	2.827	0.0409		
			fondo	0.00	0.777	0.866	1.159	1.171	1.261	1.413	1.693	1.961	2.254	0.0318		
	14	P1	molde	0.00	0.866	1.299	1.579	1.795	1.808	1.986	2.483	2.928	3.247	0.0480		
			corte	0.00	0.968	1.095	1.502	1.642	1.821	2.063	2.343	2.508	3.081	0.0434		
			fondo	0.00	0.713	0.993	1.235	1.388	1.553	1.732	1.897	2.126	2.368	0.0344		
		P2	molde	0.00	1.082	1.273	1.668	1.642	1.744	2.063	2.546	2.903	3.132	0.0460		
			corte	0.00	0.637	1.311	1.451	1.528	1.681	1.783	2.330	2.585	2.979	0.0441		
			fondo	0.00	0.713	0.802	1.095	1.146	1.235	1.413	1.668	1.961	2.254	0.0325		
	28	P1	molde	0.00	0.522	1.248	1.502	1.706	1.846	2.024	2.343	2.508	2.750	0.0419		
			corte	0.00	1.082	1.401	1.541	1.642	1.744	2.063	2.546	2.903	3.132	0.0459		
			fondo	0.00	1.159	1.375	1.413	1.553	1.706	1.923	2.203	2.699	3.145	0.0430		
		P2	molde	0.00	0.904	1.324	1.502	1.770	2.075	2.330	2.597	2.737	3.387	0.0486		
			corte	0.00	0.331	0.458	0.738	0.815	0.942	1.108	1.451	1.872	2.190	0.0353		
			fondo	0.00	0.586	0.993	1.362	1.515	1.655	1.872	2.126	2.381	2.623	0.0401		

**DISEÑO 37**

RESISTENCIA				294 kgf/cm <sup>2</sup>	3%											
Diseño	Días	Muestra	Piezas	0.00	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	15.000	30.000	45.000	60.000	Sorptividad (adimensional)	PROM	DESV EST
D37	7	P1	molde	0.00	0.968	1.261	1.451	1.642	1.655	1.795	2.406	2.648	2.827	0.0416	0.0374	0.0052
			corte	0.00	0.917	1.248	1.350	1.528	1.541	1.821	2.355	2.623	2.687	0.0407		
			fondo	0.00	0.637	0.840	1.006	1.146	1.210	1.388	1.642	1.821	2.037	0.0298		
		P2	molde	0.00	0.980	1.248	1.337	1.630	1.553	1.897	2.292	2.496	2.865	0.0408		
			corte	0.00	0.993	1.108	1.350	1.502	1.668	1.948	2.279	2.648	2.878	0.0427		
			fondo	0.00	0.675	0.751	0.942	1.044	1.146	1.299	1.630	1.770	2.126	0.0307		
	14	P1	molde	0.00	0.968	1.261	1.451	1.642	1.655	1.795	2.406	2.648	2.827	0.0416		
			corte	0.00	0.993	1.108	1.350	1.502	1.668	1.693	2.152	2.674	2.776	0.0410		
			fondo	0.00	0.420	0.497	0.688	0.789	0.891	1.044	1.375	1.515	1.872	0.0287		
		P2	molde	0.00	0.509	0.777	0.866	1.159	1.082	1.426	1.821	2.024	2.394	0.0371		
			corte	0.00	0.917	1.248	1.451	1.528	1.668	1.821	2.165	2.597	2.687	0.0393		
			fondo	0.00	0.637	0.840	1.006	1.146	1.210	1.388	1.642	1.821	2.037	0.0298		
	28	P1	molde	0.00	0.611	0.726	0.968	1.120	1.286	1.566	1.897	2.266	2.496	0.0396		
			corte	0.00	0.331	0.497	0.688	0.879	1.019	1.286	1.579	1.757	2.063	0.0338		
			fondo	0.00	0.229	0.471	0.713	0.866	1.108	1.311	1.642	2.012	2.241	0.0383		
		P2	molde	0.00	0.420	0.497	0.688	0.789	0.891	1.044	1.477	1.693	1.986	0.0316		
			corte	0.00	0.662	0.993	1.120	1.324	1.553	1.897	2.292	2.496	2.865	0.0448		
			fondo	0.00	0.586	1.133	1.439	1.553	1.655	1.795	2.241	2.445	2.674	0.0407		

**ANEXO F: Resultados permeabilidad de los diferentes diseños.**

Diseño	Probeta	Cara	Long base(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	e	Profundidad de Penetración (m)	Carga hidráulica (mca)	Tiempo de duración (s)	Volumen de poros	Permeabilidad (m/s)
D8	1	1	10.1	15.2	1.5	1.51E-02	101.9700	172800	0.1282	8.29E-13
		2	10.7	19.3	1.8	1.80E-02	102.0408	172800	0.1282	1.18E-12
	2	1	8.0	13.5	1.7	1.69E-02	102.0408	172800	0.1282	1.04E-12
		2	10.5	15.8	1.5	1.50E-02	102.0408	172800	0.1282	8.23E-13
D9	1	1	10.1	18.2	1.8	1.81E-02	101.9700	172800	0.1269	1.18E-12
		2	10.9	25.0	2.3	2.29E-02	102.0408	172800	0.1269	1.89E-12
	2	1	13.0	14.5	1.1	1.12E-02	102.0408	172800	0.1269	4.48E-13
		2	9.5	17.8	1.9	1.87E-02	102.0408	172800	0.1269	1.26E-12
D10	1	1	11.0	18.2	1.7	1.66E-02	101.9700	172800	0.1276	9.94E-13
		2	10.2	21.0	2.1	2.06E-02	102.0408	172800	0.1276	1.53E-12
	2	1	7.4	16.0	2.2	2.16E-02	102.0408	172800	0.1276	1.69E-12
		2	9.8	17.8	1.8	1.82E-02	102.0408	172800	0.1276	1.20E-12
D11	1	1	10.1	18.2	1.8	1.81E-02	101.9700	172800	0.1277	1.18E-12
		2	12.0	21.0	1.8	1.75E-02	102.0408	172800	0.1277	1.11E-12
	2	1	10.0	22.0	2.2	2.20E-02	102.0408	172800	0.1277	1.75E-12
		2	9.5	17.8	1.9	1.87E-02	102.0408	172800	0.1277	1.27E-12

Diseño	Probeta	Cara	Long base(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	e	Profundidad de Penetración (m)	Carga hidráulica (mca)	Tiempo de duración (s)	Volumen de poros	Permeabilidad (m/s)
D12	1	1	10.1	18.2	1.8	1.81E-02	101.9700	172800	0.1281	1.19E-12
		2	10.2	21.0	2.1	2.06E-02	102.0408	172800	0.1281	1.54E-12
	2	1	7.4	14.5	2.0	1.96E-02	102.0408	172800	0.1281	1.40E-12
		2	9.5	17.8	1.9	1.87E-02	102.0408	172800	0.1281	1.27E-12
D13	1	1	9.6	10.7	1.1	1.11E-02	102.0408	172800	0.1291	4.51E-13
		2	9.7	17.8	1.8	1.83E-02	102.0408	172800	0.1291	1.23E-12
	2	1	8.6	9.6	1.1	1.12E-02	102.0408	172800	0.1291	4.58E-13
		2	9.8	16.7	1.7	1.71E-02	102.0408	172800	0.1291	1.07E-12
D14	1	1	9.5	13.4	1.4	1.41E-02	102.0408	172800	0.1303	7.38E-13
		2	10.0	12.7	1.3	1.27E-02	102.0408	172800	0.1303	5.96E-13
	2	1	9.4	18.9	2.0	2.01E-02	102.0408	172800	0.1303	1.49E-12
		2	9.0	24.9	2.8	2.77E-02	102.0408	172800	0.1303	2.83E-12
D15	1	1	7.0	15.8	2.3	2.26E-02	102.0408	172800	0.1291	1.86E-12
		2	11.0	21.2	1.9	1.93E-02	102.0408	172800	0.1291	1.36E-12
	2	1	12.0	17.9	1.5	1.49E-02	102.0408	172800	0.1291	8.14E-13
		2	9.8	18.7	1.9	1.91E-02	102.0408	172800	0.1291	1.33E-12
D16	1	1	11.0	25.0	2.3	2.27E-02	102.0408	172800	0.1289	1.89E-12
		2	10.3	22.0	2.1	2.14E-02	102.0408	172800	0.1289	1.67E-12
	2	1	9.8	26.0	2.7	2.65E-02	102.0408	172800	0.1289	2.57E-12
		2	14.0	32.0	2.3	2.29E-02	102.0408	172800	0.1289	1.91E-12

Diseño	Probeta	Cara	Long base(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	e	Profundidad de Penetración (m)	Carga hidráulica (mca)	Tiempo de duración (s)	Volumen de poros	Permeabilidad (m/s)
D17	1	1	14.7	47.6	3.2	3.24E-02	102.0408	172800	0.1276	3.79E-12
		2	11.7	32.0	2.7	2.74E-02	102.0408	172800	0.1276	2.71E-12
	2	1	12.7	42.6	3.4	3.35E-02	102.0408	172800	0.1276	4.07E-12
		2	13.2	28.3	2.1	2.14E-02	102.0408	172800	0.1276	1.66E-12
D18	1	1	13.6	49.2	3.6	3.61E-02	102.0408	172800	0.1270	4.70E-12
		2	15.0	44.7	3.0	2.98E-02	102.0408	172800	0.1270	3.20E-12
	2	1	15.0	33.9	2.3	2.26E-02	102.0408	172800	0.1270	1.84E-12
		2	11.0	37.0	3.4	3.36E-02	102.0408	172800	0.1270	4.08E-12
D19	1	1	11.2	32.2	2.9	2.88E-02	102.0408	172800	0.1320	3.11E-12
		2	11.9	32.5	2.7	2.74E-02	102.0408	172800	0.1320	2.81E-12
	2	1	15.0	45.9	3.1	3.06E-02	102.0408	172800	0.1320	3.51E-12
		2	14.0	40.0	2.9	2.86E-02	102.0408	172800	0.1320	3.06E-12
D20	1	1	13.4	47.0	3.5	3.51E-02	102.0408	172800	0.1275	4.44E-12
		2	11.9	38.4	3.2	3.23E-02	102.0408	172800	0.1275	3.76E-12
	2	1	10.0	35.0	3.5	3.50E-02	102.0408	172800	0.1275	4.43E-12
		2	15.0	40.0	2.7	2.67E-02	102.0408	172800	0.1275	2.57E-12
D21	1	1	10.9	26.4	2.4	2.42E-02	102.0408	172800	0.1283	2.13E-12
		2	10.7	26.5	2.5	2.48E-02	102.0408	172800	0.1283	2.24E-12
	2	1	11.9	24.5	2.1	2.06E-02	102.0408	172800	0.1283	1.54E-12
		2	12.2	22.8	1.9	1.87E-02	102.0408	172800	0.1283	1.27E-12

Diseño	Probeta	Cara	Long base(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	e	Profundidad de Penetración (m)	Carga hidráulica (mca)	Tiempo de duración (s)	Volumen de poros	Permeabilidad (m/s)
D22	1	1	14.8	34.3	2.3	2.32E-02	102.0408	172800	0.1265	1.94E-12
		2	12.0	28.7	2.4	2.40E-02	102.0408	172800	0.1265	2.06E-12
	2	1	11.0	32.0	2.9	2.91E-02	102.0408	172800	0.1265	3.04E-12
		2	9.5	24.3	2.6	2.56E-02	102.0408	172800	0.1265	2.35E-12
D23	1	1	9.9	16.8	1.7	1.70E-02	102.0408	172800	0.1287	1.05E-12
		2	11.6	17.9	1.5	1.54E-02	102.0408	172800	0.1287	8.71E-13
	2	1	10.6	18.6	1.8	1.75E-02	102.0408	172800	0.1287	1.12E-12
		2	8.6	15.8	1.8	1.84E-02	102.0408	172800	0.1287	1.23E-12
D24	1	1	10.2	21.6	2.1	2.12E-02	102.0408	172800	0.1267	1.61E-12
		2	12.0	36.0	3.0	3.00E-02	102.0408	172800	0.1267	3.23E-12
	2	1	9.7	27.6	2.8	2.85E-02	102.0408	172800	0.1267	2.91E-12
		2	7.0	25.8	3.7	3.69E-02	102.0408	172800	0.1267	4.88E-12
D25	1	1	12.3	31.0	2.5	2.52E-02	102.0408	172800	0.1284	2.31E-12
		2	9.8	19.0	1.9	1.94E-02	102.0408	172800	0.1284	1.37E-12
	2	1	11.0	24.3	2.2	2.21E-02	102.0408	172800	0.1284	1.78E-12
		2	14.0	34.0	2.4	2.43E-02	102.0408	172800	0.1284	2.15E-12
D26	1	1	11.0	26.0	2.4	2.36E-02	102.0408	172800	0.1276	2.02E-12
		2	8.9	34.0	3.8	3.82E-02	102.0408	172800	0.1276	5.28E-12
	2	1	13.0	25.7	2.0	1.98E-02	102.0408	172800	0.1276	1.41E-12
		2	14.7	31.0	2.1	2.11E-02	102.0408	172800	0.1276	1.61E-12

Diseño	Probeta	Cara	Long base(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	e	Profundidad de Penetración (m)	Carga hidráulica (mca)	Tiempo de duración (s)	Volumen de poros	Permeabilidad (m/s)
D27	1	1	11.0	26.0	2.4	2.36E-02	102.0408	172800	0.1301	2.06E-12
		2	11.2	34.0	3.0	3.04E-02	102.0408	172800	0.1301	3.40E-12
	2	1	9.7	25.7	2.6	2.65E-02	102.0408	172800	0.1301	2.59E-12
		2	14.7	31.0	2.1	2.11E-02	102.0408	172800	0.1301	1.64E-12
D28	1	1	11.0	17.9	1.6	1.63E-02	102.0408	172800	0.1207	9.06E-13
		2	9.0	14.9	1.7	1.66E-02	102.0408	172800	0.1207	9.38E-13
	2	1	15.0	24.0	1.6	1.60E-02	102.0408	172800	0.1207	8.76E-13
		2	11.4	19.0	1.7	1.67E-02	102.0408	172800	0.1207	9.51E-13
D29	1	1	12.3	31.7	2.6	2.58E-02	102.0408	172800	0.1283	2.42E-12
		2	11.7	24.7	2.1	2.11E-02	102.0408	172800	0.1283	1.62E-12
	2	1	10.5	27.9	2.7	2.66E-02	102.0408	172800	0.1283	2.57E-12
		2	9.8	21.0	2.1	2.14E-02	102.0408	172800	0.1283	1.67E-12
D30	1	1	11.4	21.0	1.8	1.84E-02	102.0408	172800	0.1282	1.23E-12
		2	9.5	25.0	2.6	2.65E-02	102.0408	172800	0.1282	2.55E-12
	2	1	12.3	35.0	2.8	2.85E-02	102.0408	172800	0.1282	2.94E-12
		2	10.5	23.6	2.2	2.24E-02	102.0408	172800	0.1282	1.83E-12
D31	1	1	8.3	15.2	1.8	1.83E-02	102.0408	172800	0.1364	1.30E-12
		2	9.5	25.0	2.6	2.65E-02	102.0408	172800	0.1364	2.71E-12
	2	1	7.9	18.3	2.3	2.33E-02	102.0408	172800	0.1364	2.10E-12
		2	10.5	23.6	2.2	2.24E-02	102.0408	172800	0.1364	1.95E-12

Diseño	Probeta	Cara	Long base(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	e	Profundidad de Penetración (m)	Carga hidráulica (mca)	Tiempo de duración (s)	Volumen de poros	Permeabilidad (m/s)
D32	1	1	11.9	26.0	2.2	2.18E-02	102.0408	172800	0.1277	1.73E-12
		2	14.0	30.0	2.1	2.14E-02	102.0408	172800	0.1277	1.66E-12
	2	1	9.7	19.8	2.0	2.04E-02	102.0408	172800	0.1277	1.51E-12
		2	12.0	27.0	2.3	2.25E-02	102.0408	172800	0.1277	1.83E-12
D33	1	1	10.3	23.8	2.3	2.31E-02	102.0408	172800	0.1285	1.95E-12
		2	11.0	28.0	2.5	2.55E-02	102.0408	172800	0.1285	2.36E-12
	2	1	9.8	17.6	1.8	1.80E-02	102.0408	172800	0.1285	1.17E-12
		2	13.8	27.0	2.0	1.96E-02	102.0408	172800	0.1285	1.39E-12
D34	1	1	12.3	31.0	2.5	2.52E-02	102.0408	172800	0.1299	2.34E-12
		2	9.7	28.0	2.9	2.89E-02	102.0408	172800	0.1299	3.07E-12
	2	1	12.0	31.9	2.7	2.66E-02	102.0408	172800	0.1299	2.60E-12
		2	11.7	24.9	2.1	2.13E-02	102.0408	172800	0.1299	1.67E-12
D35	1	1	10.7	26.7	2.5	2.50E-02	102.0408	172800	0.1358	2.40E-12
		2	11.0	31.0	2.8	2.82E-02	102.0408	172800	0.1358	3.06E-12
	2	1	9.8	23.4	2.4	2.39E-02	102.0408	172800	0.1358	2.20E-12
		2	11.4	26.7	2.3	2.34E-02	102.0408	172800	0.1358	2.11E-12
D36	1	1	9.8	31.0	3.2	3.17E-02	102.0408	172800	0.1361	3.88E-12
		2	14.7	44.9	3.1	3.05E-02	102.0408	172800	0.1361	3.60E-12
	2	1	13.6	28.9	2.1	2.13E-02	102.0408	172800	0.1361	1.74E-12
		2	11.5	38.5	3.3	3.35E-02	102.0408	172800	0.1361	4.33E-12
D37	1	1	11.0	26.0	2.4	2.36E-02	102.0408	172800	0.1276	2.02E-12
		2	9.7	30.0	3.1	3.09E-02	102.0408	172800	0.1276	3.46E-12
	2	1	13.0	25.7	2.0	1.98E-02	102.0408	172800	0.1276	1.41E-12
		2	14.7	32.8	2.2	2.23E-02	102.0408	172800	0.1276	1.80E-12