



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA  
PLASTIMENT HE-98 CON EL FIN DE MEJORAR LA  
PERMEABILIDAD DEL CONCRETO, TRUJILLO 2019

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Rodrigo Alessandro Blumen Carrera

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2019

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme una hermosa familia, por acompañarme en cada etapa de mi vida y cuidarme para poder seguir mi camino.*

*A mis padres Jean Paul Blumen y Gisela Carrera, a mi hermana Camila Blumen y a mi novia María José Benites, quienes siempre estuvieron dispuestos a apoyarme a superar cada obstáculo, por sus palabras de aliento y motivación, porque gracias a ellos puedo decir que soy una mejor persona.*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por cuidarme desde el día en que nací, porque cada vez que tuve un problema, él estuvo ahí para mí.

A mis padres, por darme la vida y amarme con todas sus fuerzas, por estar conmigo en cada sueño, por su aliento, por la educación y los valores que inculcaron en mí, por impulsarme a no dejar de luchar hasta conseguir lo que anhelo.

A mi novia y mejor amiga, por estar siempre a mi lado, por motivarme hasta en las situaciones más difíciles, por darme la fuerza para ser capaz de realizar todo lo que me propongo, por apoyarme y sobre todo por hacerme saber que puedo contar con ella pase lo que pase.

Finalmente, agradecer al ingeniero Alberto Rubén Vásquez Díaz, quien fue mi mentor en esta investigación.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>3</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
1.1. <i>Realidad problemática</i>	12
1.2. <i>Formulación del problema</i>	30
1.3. <i>Objetivos</i>	30
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	30
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	30
1.4. <i>Hipótesis</i>	30
1.4.1. <i>Hipótesis general</i>	30
1.4.2. <i>Hipótesis específicas</i>	30
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b>	<b>31</b>
2.1. <i>Tipo de investigación</i>	31
2.2. <i>Población y muestra</i>	31
2.3. <i>Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</i>	33
2.4. <i>Procedimiento</i>	34
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b>	<b>47</b>
3.1. <i>Caracterización de los agregados</i>	47
3.2. <i>Diseño de mezcla del concreto permeable</i>	57
3.3. <i>Asentamiento (Slump)</i>	58
3.4. <i>Peso Unitario Suelto y Compactado</i>	59
3.5. <i>Contenido de vacíos</i>	65
3.6. <i>Resistencia a la compresión</i>	67
3.7. <i>Permeabilidad</i>	73
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>82</b>
ANEXO N°1. Tablas	82
ANEXO N°2 Panel Fotográfico	99
ANEXO N°3 Fichas técnicas y normas.	121

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1 Especificaciones del concreto permeable</b>	<b>13</b>
<b>Tabla N°2 Descripción del Concreto Permeable</b>	<b>13</b>
<b>Tabla N°3 Formación de un concreto permeable</b>	<b>16</b>
<b>Tabla N°4 Límite de sustancias nocivas en el agregado grueso</b>	<b>20</b>
<b>Tabla N°5 Clasificación del agregado según tamaño</b>	<b>21</b>
<b>Tabla N°6 Clasificación del agregado según su densidad</b>	<b>22</b>
<b>Tabla N°7 Clasificación de los aditivos.</b>	<b>27</b>
<b>Tabla N°8 Coeficientes de los testigos cilíndricos, con respecto a las condiciones de laboratorio.</b>	<b>32</b>
<b>Tabla N°9 Cantidad de probetas a realizar.</b>	<b>32</b>
<b>Tabla N°10 Capacidad de los recipientes</b>	<b>35</b>
<b>Tabla N°11 Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N°12 Cantidad mínima de muestra</b>	<b>38</b>
<b>Tabla N°13 Tamaño de muestra del agregado</b>	<b>39</b>
<b>Tabla N° 14 Peso Unitario Suelto del agregado</b>	<b>47</b>
<b>Tabla N° 15 Peso Unitario Compactado del agregado</b>	<b>47</b>
<b>Tabla N°16 Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 3/8" – Muestra 01</b>	<b>48</b>
<b>Tabla N°17 Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 3/8" – Muestra 02</b>	<b>49</b>
<b>Tabla N°18 Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 3/8" – Muestra 03</b>	<b>50</b>
<b>Tabla N°19 Peso Específico y Porcentaje de Absorción del agregado de 3/8"</b>	<b>51</b>
<b>Tabla N°20 Contenido de Humedad del agregado de 3/8"</b>	<b>51</b>
<b>Tabla N°21 Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 1/2"</b>	<b>52</b>
<b>Tabla N°22 Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 1/2"</b>	<b>52</b>
<b>Tabla N°23 Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 1/2" – Muestra 01</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N°24 Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 1/2" – Muestra 02</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N°25 Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 1/2" – Muestra 03</b>	<b>55</b>
<b>Tabla N°26 Peso Específico y Porcentaje de Absorción del agregado de 1/2"</b>	<b>56</b>
<b>Tabla N°27 Contenido de Humedad del agregado de 1/2"</b>	<b>56</b>
<b>Tabla N°28 Diseño de Mezcla de un concreto permeable para 1m<sup>3</sup></b>	<b>57</b>
<b>Tabla N°29 Diseño de Mezcla de un concreto permeable con Aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4% para 1 m<sup>3</sup></b>	<b>57</b>
<b>Tabla N°30 Diseño de Mezcla de un concreto permeable con Aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0% para 1 m<sup>3</sup></b>	<b>58</b>
<b>Tabla N°31 Asentamiento del concreto patrón de 3/8"</b>	<b>58</b>
<b>Tabla N°32 Asentamiento del concreto patrón de 1/2"</b>	<b>59</b>
<b>Tabla N°33 Peso Unitario Suelto del concreto patrón.</b>	<b>59</b>
<b>Tabla N°34 Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.</b>	<b>60</b>
<b>Tabla N°35 Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.</b>	<b>60</b>
<b>Tabla N°36 Peso Unitario Compactado del concreto patrón.</b>	<b>61</b>

<b>Tabla N°37</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.</b>	<b>61</b>
<b>Tabla N°38</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.</b>	<b>62</b>
<b>Tabla N°39</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto patrón.</b>	<b>62</b>
<b>Tabla N°40</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.</b>	<b>63</b>
<b>Tabla N°41</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.</b>	<b>63</b>
<b>Tabla N°42</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto patrón.</b>	<b>64</b>
<b>Tabla N°43</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.</b>	<b>64</b>
<b>Tabla N°44</b>	<b>Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.</b>	<b>65</b>
<b>Tabla N°45</b>	<b>Contenido de vacíos del concreto permeable de 3/8".</b>	<b>65</b>
<b>Tabla N°46</b>	<b>Contenido de vacíos del concreto permeable de 1/2"</b>	<b>66</b>
<b>Tabla N°47</b>	<b>Resistencia a la Compresión del concreto de 3/8" a los 3 días.</b>	<b>67</b>
<b>Tabla N°48</b>	<b>Resistencia a la Compresión del concreto de 3/8" a los 7 días.</b>	<b>68</b>
<b>Tabla N°49</b>	<b>Resistencia a la Compresión del concreto de 3/8" a los 28 días.</b>	<b>69</b>
<b>Tabla N°50</b>	<b>Resistencia a la Compresión del concreto de 1/2" a los 3 días.</b>	<b>70</b>
<b>Tabla N°51</b>	<b>Resistencia a la Compresión del concreto de 1/2" a los 7 días.</b>	<b>71</b>
<b>Tabla N°52</b>	<b>Resistencia a la Compresión del concreto de 1/2" a los 28 días.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla N°53</b>	<b>Test de permeabilidad del concreto de 3/8".</b>	<b>73</b>
<b>Tabla N°54</b>	<b>Test de permeabilidad del concreto de 1/2".</b>	<b>74</b>
<b>Tabla N°55</b>	<b>Costo unitario para 1 m2 sin aditivo Sika Plastiment HE-98.</b>	<b>82</b>
<b>Tabla N°56</b>	<b>Costo unitario para 1 m2 con aditivo Sika Plastiment HE-98.</b>	<b>82</b>
<b>Tabla N°57</b>	<b>Costo total de 500 m2 cuadrado de ciclo vía.</b>	<b>83</b>
<b>Tabla N°58</b>	<b>Resultados estadísticos del Peso Unitario Suelto del agregado grueso de 3/8".</b>	<b>84</b>
<b>Tabla N°59</b>	<b>Resultados estadísticos del Peso Unitario Compactado del agregado grueso de 3/8".</b>	<b>84</b>
<b>Tabla N°60</b>	<b>Resultados estadísticos del Peso Unitario Suelto del agregado grueso de 1/2".</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N°61</b>	<b>Resultados estadísticos del Peso Unitario Compactado del agregado grueso de 1/2"</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N°62</b>	<b>Módulo de finura del agregado grueso de 3/8".</b>	<b>86</b>
<b>Tabla N°63</b>	<b>Módulo de finura del agregado grueso de 1/2".</b>	<b>87</b>
<b>Tabla N°64</b>	<b>Resultados estadísticos del Peso específico y absorción del agregado grueso de 3/8"</b>	<b>88</b>
<b>Tabla N°65</b>	<b>Parámetros estadísticos del peso específico y absorción del agregado grueso de 3/80" ..</b>	<b>88</b>
<b>Tabla N°66</b>	<b>Resultados estadísticos del Peso específico y absorción del agregado grueso de 1/2"</b>	<b>88</b>
<b>Tabla N°67</b>	<b>Parámetros estadísticos del peso específico y absorción del agregado grueso de 1/2."</b>	<b>89</b>
<b>Tabla N°68</b>	<b>Resultados estadísticos del Contenido de humedad del agregado grueso de 3/8"</b>	<b>89</b>
<b>Tabla N°69</b>	<b>Resultados estadísticos del Contenido de humedad del agregado grueso de 1/2"</b>	<b>89</b>
<b>Tabla N°70</b>	<b>Resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 3 días de curado</b>	<b>90</b>

<b>Tabla N°71 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 3 días de curado.</b>	<b>90</b>
<b>Tabla N°72 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 3/8" a los 3 días de curado.</b>	<b>90</b>
<b>Tabla N°73 Resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 7 días de curado.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla N°74 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 7 días de curado.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla N°75 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 3/8" a los 7 días de curado.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla N°76 Resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 28 días de curado.</b>	<b>92</b>
<b>Tabla N°77 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 28 días de curado.</b>	<b>92</b>
<b>Tabla N°78 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 3/8" a los 28 días de curado.</b>	<b>92</b>
<b>Tabla N°79 Resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 3 días de curado</b>	<b>93</b>
<b>Tabla N°80 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 3 días de curado.</b>	<b>93</b>
<b>Tabla N°81 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 1/2" a los 3 días de curado.</b>	<b>93</b>
<b>Tabla N°82 Resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 7 días de curado</b>	<b>94</b>
<b>Tabla N°83 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 7 días de curado.</b>	<b>94</b>
<b>Tabla N°84 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 1/2" a los 7 días de curado.</b>	<b>94</b>
<b>Tabla N°85 Resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 28 días de curado</b>	<b>95</b>
<b>Tabla N°86 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 28 días de curado.</b>	<b>95</b>
<b>Tabla N°87 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 1/2" a los 7 días de curado.</b>	<b>95</b>
<b>Tabla N°88 Permeabilidad del concreto de 3/8".</b>	<b>96</b>
<b>Tabla N°89 Cálculo de la desviación estándar en la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.</b>	<b>97</b>
<b>Tabla N°90 Análisis de varianza de la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.</b>	<b>97</b>
<b>Tabla N°91 Permeabilidad del concreto de 1/2".</b>	<b>97</b>
<b>Tabla N°92 Cálculo de la desviación estándar en la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.</b>	<b>98</b>
<b>Tabla N°93 Análisis de varianza de la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1 Ensayo de resistencia a la compresión.</i>	23
<i>Figura N° 2 Curva Granulométrica del agregado grueso de 3/8" – Muestra 1.</i>	48
<i>Figura N° 3 Curva Granulométrica del agregado grueso de 3/8" – Muestra 2.</i>	49
<i>Figura N° 4 Curva Granulométrica del agregado grueso de 3/8" – Muestra 3.</i>	50
<i>Figura N° 5 Curva Granulométrica del agregado grueso de 1/2" – Muestra 1.</i>	53
<i>Figura N° 6 Curva Granulométrica del agregado grueso de 1/2" – Muestra 2.</i>	54
<i>Figura N° 7 Curva Granulométrica del agregado grueso de 1/2" – Muestra 3.</i>	55
<i>Figura N° 8 Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión.</i>	77
<i>Figura N° 9 Comparación entre el concreto con y sin aditivo Sika Plastiment HE-98.</i>	78
<i>Figura N°10 Comparación de permeabilidad entre los tipos de concretos empleados.</i>	96
<i>Figura N°11 Comparación de permeabilidad entre los tipos de concreto utilizados.</i>	98
<i>Figura N°12 Aprobación del proyecto de tesis.</i>	99
<i>Figura N°13 Separación del agregado grueso de 1/2" y el agregado de 3/8".</i>	100
<i>Figura N°14 Selección de tamices normalizados.</i>	101
<i>Figura N°15 Compactación del peso unitario compactado.</i>	102
<i>Figura N°16 Tamizado los agregados en los tamices normados.</i>	103
<i>Figura N°17 Enrasando el agregado con una varilla de acero.</i>	104
<i>Figura N°18 Agregando el agregado a la malla metálica sumergida.</i>	105
<i>Figura N°19 Distribución de los materiales a utilizar para elaborar el concreto.</i>	106
<i>Figura N°20 Vertiendo el agregado al trompo mezclador.</i>	107
<i>Figura N°21 Registro del peso del concreto en el recipiente de peso unitario.</i>	108
<i>Figura N°22 Compactación para el peso unitario compactado.</i>	109
<i>Figura N°23 Realizando el ensayo de contenido de aire del concreto.</i>	110
<i>Figura N°24 Especímenes de concreto de 1/2" utilizando probetas Forney.</i>	111
<i>Figura N°25 Realizando la homogenización del concreto de 3/8".</i>	112
<i>Figura N°26 Registro del peso del concreto en el recipiente de peso unitario.</i>	113
<i>Figura N°27 Verificación del asentamiento del concreto de 3/8".</i>	114
<i>Figura N°28 Registro del peso del concreto en el recipiente de peso unitario.</i>	115
<i>Figura N°29 Especímenes de concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98.</i>	116
<i>Figura N°30 Realizando el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.</i>	117
<i>Figura N°31 Preparación de ensayo de permeabilidad.</i>	118
<i>Figura N°32 Anillo de infiltración casero de pvc 10 cm de altura.</i>	119
<i>Figura N°33 Registro de infiltración en espécimen de concreto permeable.</i>	120
<i>Figura N°34 Ficha técnica del aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98</i>	121
<i>Figura N°35 Ficha técnica del aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98</i>	122
<i>Figura N°36 Ficha técnica del cemento Portland Tipo I de la empresa Pacasmayo.</i>	123
<i>Figura N°37 Norma NTP 400.037, 2014.</i>	124
<i>Figura N°38 Norma NTP 339.185, 2013.</i>	125

<b>Figura N°39 Norma NTP 400.012, 2013.</b>	<b>126</b>
<b>Figura N°40 Norma NTP 400.017, 2011.</b>	<b>127</b>
<b>Figura N°41 Norma NTP 400.021, 2013.</b>	<b>128</b>

## RESUMEN

La presente investigación estudió el comportamiento de un concreto permeable al haberse realizado una mezcla con agregado de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ ", además de un aditivo plastificante, con la finalidad de determinar si el concreto mejora su permeabilidad con ambos agregados.

Para la elaboración de la tesis, se usó cemento Pacasmayo Tipo I, un agregado grueso de tamaño máximo nominal  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ ". En total se elaboraron 96 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20cm de altura, 16 probetas fueron elaboradas con agregado de  $\frac{1}{2}$ " y sin aditivo Sika Plastiment HE-98, 16 con agregado de  $\frac{3}{8}$ " y sin aditivo Sika Plastiment HE-98, 16 con agregado de  $\frac{1}{2}$ " y con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%, 16 con agregado de  $\frac{3}{8}$ " y con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%, 16 con agregado de  $\frac{1}{2}$ " y con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0% y por último 16 con agregado de  $\frac{3}{8}$ " y con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.

Se evaluó la resistencia a la compresión e infiltración del concreto con dos tipos de agregado grueso, se evaluó la resistencia a compresión del concreto permeable después de un periodo de curado de 3, 7 y 28 días utilizando la Norma ASTM C 39, siendo un total de 72 probetas a ensayar a compresión y en cuanto a la permeabilidad se utilizó la Norma ASTM C 1701 para determinar la cantidad de agua que filtra en un determinado tiempo, para luego con la ecuación proporcionada por la Norma determinar la infiltración en el concreto permeable, siendo un total de 24 probetas a ensayar.

Con los valores obtenidos se analizaron y se determinó que el concreto permeable con agregado de  $\frac{3}{8}$ " con la incorporación de un plastificante mejora la resistencia a compresión y también la permeabilidad en comparación al concreto permeable con agregado de  $\frac{3}{8}$ " sin aditivo plastificante. Sin embargo, el concreto permeable con agregado de  $\frac{1}{2}$ " disminuyó su resistencia a la compresión, aunque si mejoró la permeabilidad.

Se utilizó el laboratorio de la Universidad Privada del Norte Sede Trujillo para la realización de la presente investigación mediante la elaboración de (probetas) de concreto de 4"x8", donde se aplicó una estimación puntual para obtener un valor según la muestra estudiada en los ensayos, principalmente se utilizó la herramienta prueba exacta de Fisher de análisis de varianza para estimar un nivel de confianza de 95% en pequeñas muestras, en este caso probetas de concreto sin y con la incorporación del aditivo SIKA Plastiment HE-98.

## ABSTRACT

The present investigation studied the behavior of a permeable concrete to have made a mixture with ½ "and 3/8" aggregate, in addition to a plasticizer additive, in order to determine if the concrete improves its permeability with both aggregates.

For the elaboration of the thesis, Pacasmayo Type I cement was used, a thick aggregate of maximum nominal size ½ "and 3/8". A total of 96 cylindrical test pieces of 10 cm in diameter and 20 cm in height were made, 16 specimens were made with ½ "aggregate and without Sika Plastiment HE-98 additive, 16 with added 3/8" and without Sika Plastiment HE- additive. 98, 16 with ½ "aggregate and with Sika Plastiment HE-98 additive at 0.4%, 16 with added 3/8" and with Sika Plastiment HE-98 additive at 0.4%, 16 with ½ "aggregate and with Sika additive Plastiment HE-98 at 1.0% and finally 16 with added 3/8 "and with additive Sika Plastiment HE-98 at 1.0%.

The compressive strength and infiltration of the concrete was evaluated with two types of coarse aggregate, the compressive strength of the pervious concrete was evaluated after a curing period of 3, 7 and 28 days using the ASTM C 39 Standard, being a total of 72 test specimens to be compressed and in terms of permeability, ASTM C 1701 was used to determine the amount of water that filters in a given time, and then with the equation provided by the Standard, determine the infiltration in pervious concrete, being a total of 24 test pieces to be tested.

The values obtained were analyzed and it was determined that the pervious concrete with added 3/8 "with the incorporation of a plasticizer improves the compressive strength and also the permeability compared to the pervious concrete with added 3/8" without plasticizer additive. However, pervious concrete with ½ "aggregate decreased its compressive strength, although it did improve permeability.

The laboratory of the Universidad Privada del Norte Sede Trujillo was used to carry out the present investigation through the elaboration of 4 "x8" concrete test pieces, where a point estimate was applied to obtain a value according to the sample studied in the tests, mainly the exact test of Fisher tool was used to estimate a confidence level of 95% in small samples, in this case concrete specimens without and with the incorporation of the additive SIKA Plastiment HE-98.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad:

Entre los desarrollos de construcción sustentable se encuentra el concreto permeable. La principal virtud del concreto permeable es el adecuado manejo del agua de lluvia, cualidad reconocida positivamente por organismos internacionales como la Agencia de Protección Ambiental. En general, se emplean los mismos materiales que en el concreto convencional; es decir, materiales cementantes, agregados grueso, aditivo y agua. Sin embargo, el agregado fino está limitado a pequeñas cantidades o se elimina de la composición de la mezcla. Si bien, al añadir agregado fino se incrementa la resistencia puede reducir el contenido de vacíos y por lo tanto la permeabilidad del concreto, principal característica de estos concretos (Environmental Protection Agency, Aire, 2011)

En Colombia, construcción sostenible o la utilización racional de los recursos naturales disponibles para la construcción, el reciclaje, la reutilización y la recuperación de materiales; y un diseño y proceso constructivo que minimice los impactos ambientales, conllevan a un cambio de mentalidad en la industria de la construcción. En este mismo sentido, la tecnología del concreto responde con las características de sostenibilidad que potencian al material en un nuevo mercado, mejorar las condiciones medioambientales y ahorrar recursos; esta visión incluye tanto la energía, el agua y los materiales, como los sistemas o estrategias que inciden sobre el concepto global de calidad. La tecnología del concreto y el mejoramiento de las condiciones medioambientales se acoplan en el concreto poroso, material compuesto por una matriz cementicia y un agregado como refuerzo, con la principal característica: permitir la infiltración de agua a través de su superficie y proporcionar un almacenamiento temporal, para su posterior disposición. (Ramírez, 2009)

En México, el concreto permeable se ha usado como una solución alternativa para construir pozos de retención o almacenamiento de aguas pluviales, ha tenido mayor éxito en las áreas de pavimento con concreto permeable, que permiten la filtración del agua al subsuelo, reduciendo el escurrimiento superficial, evitando la contaminación, encharcamiento y erosión de las áreas aledañas. (Aire, 2010)

En Ecuador, los estudios realizados en la región han permitido realizar dosificaciones que cumplan con parámetros de resistencia mecánica y de permeabilidad establecidos. El estudio teórico y experimental ha permitido demostrar que es posible la fabricación de hormigón permeable acorde a las normas internacionales existentes. (Francisco Játiva Valverde, 2014)

En el Perú, Unicon es la empresa que inició la fabricación del concreto permeable desde el año 2011, utilizándolo en la construcción del reservorio de la planta Huachipa. Este tipo de concreto está pensado para proyectos enfocados en mantener este ciclo natural, pues permite la filtración y uso eficiente del agua de lluvia sin sacrificar la durabilidad de la superficie. (Miguel Velazco, 2016)

**Tabla N°1** Especificaciones del concreto permeable

<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>CONCRETO PERMEABLE</b>	<b>UNIDAD</b>
<i>Resistencias de especificación</i>	140, 175 y 210	Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Edades de verificación de resistencia f'c</i>	28	Días
<i>Tamaño Máximo de Agregado</i>	¾"	Pulgadas
<i>Tiempo de manejabilidad desde la llegada a obra</i>	2.5	Horas
<i>Asentamiento de diseño</i>	1 a 2	Pulgadas
<i>Tiempo de fraguado inicial desde la salida de planta</i>	De 7 a 9	Horas
<i>Peso Unitario</i>	De 2,200 a 2,300	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Contenido de Aire</i>	De 15 a 20	%

Fuente: (UNICON, 2016)

**Tabla N°2** Descripción del Concreto Permeable

<b>Concreto Ecológico para sistemas urbanos sostenibles</b>	
<b>DETALLE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Descripción	El concreto permeable posee una gran cantidad de vacíos que permiten el paso del agua a través de la masa de concreto, mientras que ofrecen una superficie resistente para las aplicaciones deseadas.
Usos	Recomendado especialmente para pavimentos, losas, veredas, como protección de erosión de finos en el suelo, protección de cimentaciones y/o tuberías enterradas.
Obra ejecutada con este tipo de concreto	Revestimiento de las tuberías de la planta de tratamiento de agua en Huachipa (Lima)
Ventajas	Este producto forma parte de los concretos ecológicos debido a su bajo impacto en el medio ambiente, ya que posibilita la recarga

---

de los acuíferos al permitir que el agua de lluvias llegue al suelo en zonas pavimentadas.

Asimismo, evita empozamientos de agua en pavimentos (estacionamientos, pistas y veredas) sujetas a flujos de agua constantes sea por lluvias o regadío.

---

*Fuente:* (UNICON, 2016)

En Cajamarca, la presente investigación se enfoca en analizar un agregado proveniente de la cantera "Río Cajamarquino" con el fin de determinar si sus propiedades físico – mecánicas permiten fabricar un concreto permeable que cumpla con la resistencia mínima para su uso en pavimentos en la ciudad de Cajamarca. Se analizó al agregado por medio de ensayos de laboratorio propuestos según las normas peruanas en vigencia (NTP) y se determinaron sus características para la fabricación de concreto permeable con un porcentaje de vacíos adecuado para la cuenca de Cajamarca. Se realizó el diseño de mezcla según lo establecido por el ACI 211.3R-02 y se comparó el resultado de resistencia a compresión con la resistencia mínima requerida para su utilización en pavimentos rígidos ( $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ). Los resultados de los ensayos realizados para el agregado y concreto, muestran mediante indicadores, sus propiedades y características. (Alcalde, 2015)

Teniendo como resultado de los ensayos a los agregados; contenido de humedad 3.99%, granulometría con el huso 67, porcentaje de abrasión 24.65%, Peso unitario de agregado porcentaje de absorción 2.02%, peso unitario 1639.36 kg/m<sup>3</sup>; y los resultados del ensayo a compresión de las probetas de concreto a 28 días con  $f'c=68.41\text{kg/cm}^2$ . Finalmente, de los ensayos, se determinó que el agregado por sí solo, no cumple lo requerido para fabricar un concreto drenante ya que su resistencia a 28 días no satisface la necesaria. (Alcalde, 2015)

En su estudio del comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, Carmen, Aramuaca y la pedrera, de la zona oriental de El Salvador concluyeron que, El uso del concreto permeable con el agregado grueso de tamaño nominal de 3/8" de las canteras el Carmen, Aramuaca y la Pedrera y según las pruebas de ASTM C-132 Y ASTM C-72 su resistencia es ideal para superficies de baja intensidad de carga. Se determinó según la prueba ASTM C 1701 Prueba de permeabilidad del concreto permeable que no es adecuado la instalación de pavimentos de concreto permeable en lugares donde haya mucho contenido de arcilla y sea del tipo arcilla limosa debido a que requiere una gran restitución del suelo y la capa de base granular sea mayor lo que genera más inversión económica. (Barahona, 2013)

En el estudio de la tecnología del concreto permeable o ecológico en la construcción proporciona información técnica sobre la aplicación de concreto permeable, métodos de diseño, materiales, propiedades, dosificación de mezcla, los métodos de construcción, ensayo e inspección. En base a sus estudios, concluye que debido al agotamiento de los mantos acuíferos en México ayudaría mucho el uso de concreto permeable para mantener el

medio ambiente, ya que permite la recuperación de agua de lluvia a los mantos acuíferos que son fuentes naturales. (Flores, 2010)

El desarrollo de hormigones permeables enfocado al diseño de mezclas, construcción de obras y a la protección ambiental basado en las normas ACI, ASTM e INEN; señala que la elaboración de hormigón permeable es de mucha importancia que el agregado grueso esté libre de finos y propiamente seco, pues el cambio de humedad en el agregado puede afectar radicalmente a la mezcla, la resistencia del hormigón permeable radica en la adhesión entre el cemento y el agregado, por lo tanto, las características de los agregados son fundamentales para obtener una mayor resistencia. (Francisco Játiva Valverde, 2014)

La empresa CONCRETO ECOLÓGICO, elaboró un concreto hidráulico totalmente permeable denominada HIDROCRETO, ha sido desarrollado por un mexicano llamado Jaime Grau Genesías, con el propósito de resolver el problema del agotamiento de los mantos acuíferos, con la ventaja de que se puede utilizar en aplicaciones de uso común como son las calles, plazas, veredas, pistas, estacionamientos, etc.

El material, es similar al concreto hidráulico común, se fabrica sin materiales finos como la arena, la cual es reemplazada por el aditivo HIDROCRETO (antes llamado ECOCRETO) el cual reacciona al contacto con el cemento, potencializándolo y provocando un aumento de su resistencia durante los primeros minutos de fraguado dando como resultado una mezcla porosa, maleable, fácil de usar y colar y de alta resistencia mecánica. (CONCRETO ECOLÓGICO DE MÉXICO S.A.)

#### A. Concreto Permeable:

El concreto permeable o poroso, se caracteriza por ser un concreto con revenimiento cero con un alto índice de porosidad y con una alta relación de vacíos, está conformado por una mezcla de cemento portland, agregado grueso, agua y generalmente nada de finos en su composición, la mezcla endurecida presenta poros conectados entre sí. Su tamaño varía de 2 a 8 mm, por lo cual el agua puede ingresar con facilidad a su interior; el contenido de vacíos varía de 15% a 35% y puede alcanzar resistencias a la compresión de entre 28 y 280 kg/cm<sup>2</sup>. (ACI 522R-10).

(Flores Quispe & Pacompia Calcina, 2015)

##### A.1. Aplicaciones y usos:

El concreto permeable se utiliza mayormente para la pavimentación de áreas de uso vehicular y peatonal, que necesiten ser más permeable que otras infraestructuras, permitiendo así el fácil ingreso del agua a través de sus capas y drenándola sin dejar agua acumulada y eliminando la escorrentía superficial. Entre las aplicaciones se encuentra:

- Vialidades de tráfico ligero.
- Estacionamiento.

- Andadores, banquetas y ciclo vías.
- En jardines, patios y parques.
- Capas rígidas de drenaje.
- Aplicaciones en muros estructurales en donde se requiere características de peso ligero o de mejor aislamiento térmico.
- Pavimentos, muros y pisos donde se desee mejorar la absorción acústica.
- Capa de base para calles urbanas, carreteras municipales, caminos y aeropuertos.
- En lavaderos de autos.
- Lechos de sedimentos en plantas para el tratamiento de aguas residuales.
- Estructuras de playas y muros marinos.
- Terraplenes de puentes.
- Losas deportivas.

(Flores Quispe & Pacompia Calcina, 2015)

#### A.2. Componentes del concreto permeable:

Según la ACI-522R, el concreto permeable se forma a partir del cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. La combinación de estos materiales produce un concreto con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm lo que permite el fácil acceso del agua. (Aire, 2010)

**Tabla N°3** Formación de un concreto permeable

<b>Formación de un concreto permeable</b>	
1. Cemento Portland	Cemento portland Tipo I
2. Agregado Grueso	Agregado grueso de 1/2" y de 3/8"
3. Agua	Agua potable.
4. Aditivo	aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98

Fuente: Elaboración propia.

### A.3. Beneficios del concreto permeable:

#### A.3.1. Medioambientales:

Debido a la elevada permeabilidad de este concreto, se presenta como una solución al problema de escurrimiento superficial proveniente de las aguas pluviales, además tiene la capacidad de filtrar naturalmente el agua y cuando se combina con áreas verdes, permite la filtración de oxígeno lo cual es vital para el crecimiento de las plantas que dan sombra y calidad al aire. (Aire, 2010)

#### A.3.2. Económicos:

El concreto permeable es una alternativa para las áreas de estacionamiento, ciclo vías, veredas, este concreto evita la construcción de pozos de retención de agua pluvial, debido a que el mismo concreto funcionará como área de retención, se disminuirá el costo de inversión al no emplearse un pozo de retención, instalación de bombas, tubos de drenaje y el mantenimiento. (Aire, 2010)

#### A.3.3. Estructurales:

La textura porosa del concreto proporciona la tracción suficiente para los vehículos, permitiendo seguridad a los conductores o transeúntes. El concreto permeable es durable y resistente al tiempo, pudiendo durar entre 20 a 30 años con el correcto mantenimiento. (Aire, 2010)

### B. Cemento:

Material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las que permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuada.

Su densidad o peso específico del cemento es la relación existente entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. Cuando no presenta adiciones, este valor suele estar entre 3.10 y 3.15  $gr/cm^3$ . En el caso que se presenten adiciones, este valor disminuye debido a que el contenido de clinker por tonelada de cemento es menor; varía entre 3.00 y 3.10  $gr/cm^3$ , dependiendo del porcentaje de adiciones que tenga el cemento.

Este peso específico no indica directamente la calidad del mismo, pero a partir de él se puede deducir otras características cuando se le analiza en conjunto con otras propiedades.

Con respecto al fraguado del cemento, se puede decir que es el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento.

En la práctica, cuando una muestra de cemento se mezcla con cierta cantidad de agua, se forma una pasta plástica que se va perdiendo conforme pasa el tiempo, hasta llegar un momento en que la pasta pierde su viscosidad y se eleva su temperatura; el tiempo

transcurrido desde la adición de agua por primera vez se le llama "tiempo de fraguado inicial", e indica que el cemento está parcialmente hidratado y la pasta semidura. Posteriormente, la pasta sigue su proceso de fraguado hasta que deja de ser deformable con cargas pequeñas, se vuelve rígida y alcanza su temperatura máxima; a todo este tiempo transcurrido se le conoce como "tiempo de fraguado final", el cual indica que el cemento está aún más hidratado (no lo suficiente) y la pasta ya está dura. A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento de la pasta y el cemento fraguado empieza a adquirir resistencias mecánicas

Los factores que más influyen al tiempo de fraguado son: la composición química del cemento, la finura del cemento, la cantidad de agua y la temperatura del ambiente.

(Guzmán, 2001)

Los tipos de cemento portland sin adiciones que considera la norma técnica peruana son:

- Tipo I: Para uso general que no requiere propiedades específicas de cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

(NTP 334.009, 2005)

Mientras que, los tipos de cemento portland con adiciones que considera la norma técnica peruana son:

- Tipo IS: Cemento Portland con escoria de alto horno.
- Tipo IP: Cemento Portland puzolánico.
- Tipo IL: Cemento Portland-caliza
- Tipo I (PM): Cemento Portland puzolánico modificado.
- Tipo IT: Cemento adicionado ternario.

- Tipo ICo: Cemento portland compuesto.

(NTP 334.009, 2005)

#### C. Agua

El agua a utilizar en las mezclas de concreto debe estar en su mayoría libre de residuos y sales, para trabajar con un agua potable y así mejorar la trabajabilidad de la mezcla, esta sirve para hidratar el concreto durante el proceso de endurecimiento, para determinar si se puede usar un agua no potable es necesario consultar con la NORMA ASTM C-109.

El agua que se usa en el mezclado de concreto y mortero por lo general, debe ser potable y no tener un pronunciado olor o sabor. Sin embargo, esto no es del todo cierto, debido a que dentro del agua potable se pueden encontrar disueltas en altas concentraciones sales, cítricos o azúcares, entre otros, que pueden ser perjudiciales para la mezcla. Para verificar la calidad del agua, se acostumbra hacer un ensayo de resistencias sobre cubos de mortero a 7, 28 y 90 días de edad. Para que el agua sea considerada apta, la resistencia de los cubos elaborados con agua cuestionada no tiene que ser inferiores al 90% de la resistencia de los cubos testigo elaborados con agua destilada.

(Guzmán, 2001)

#### D. Agregados

Son materiales con una alta resistencia propia, la cual no afecta ni altera el proceso de endurecimiento del concreto y, además, logra una adherencia perfecta con el cemento. Los agregados ocupan entre 60 a 75% del volumen del concreto, prácticamente toda la mezcla y tienen una gran influencia en el concreto ya sea en estado fresco o endurecido.

(Briones Blandón & Ríos Sánchez, 2016)

La clasificación de agregados según la norma técnica peruana es de tipo fino y grueso. Estos son definidos de acuerdo al ensayo de granulometría realizado al material de acuerdo con la norma técnica peruana. (N.T.P. 400.037 , 2014).

Se define como la cantidad de aglomerado grueso o grava que durante el proceso de granulometría queda retenido en la malla del tamiz N°.4 (4.75mm.), es un agregado primordial para el concreto debido a su fuerza y durabilidad, además este cuenta con una gran capacidad de adherencia al cemento.

(Laguna Alemán & Piedrahita Gonzalez, 2017)

Los agregados deben cumplir con algunas normas para que su uso en ingeniería se optimice: deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos absorbidos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. (Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, & Jussara, 2004)

#### D.1. Agregado Grueso:

Se establece como agregado grueso al elemento retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) originario de la descomposición natural o mecánica de las rocas. Según (N.T.P. 400.037 , 2014)

El agregado grueso tiene que estar constituido por partículas puras, de características preferentemente angular o semi angular, duras, macizas, resistentes y de textura rugosa (Abanto, 1999).

**Tabla N°4 Límite de sustancias nocivas en el agregado grueso**

<b>Características</b>	<b>Requisito</b>		<b>Unidad</b>
	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	
<b><i>Pasante de la malla N°200</i></b>	N.A.	1	%
<i>Cloruros solubles</i>	N.A.	1000	ppm
<i>Sulfatos solubles</i>	N.A.	10000	ppm
<i>Terrones de arcilla y partículas deleznales</i>	N.A.	5	%
<i>Abrasión por máquina de los Ángeles</i>	N.A.	50	%
<i>Inalterabilidad por sulfato de magnesio</i>	N.A.	18	%

Fuente: (Yura, 2018)

#### D.2. Clasificación del agregado

- Por origen de las rocas:

Dentro de esta clasificación se encuentran los agregados naturales y los agregados artificiales. Los agregados naturales son los que se encuentran de forma natural en la superficie del suelo, los cuales son llevados a unos procesos para convertirlos en arena y grava. Los artificiales son el resultado del uso de residuos industriales, causados por fenómenos de licuefacción y pulverización.

- Por densidad:

En esta categoría se encuentran los agregados ligeros, agregados normales y agregados pesados. Los ligeros son utilizados para relleno, mampostería y compactación, su densidad oscila entre 500 a 1000 kg/m<sup>3</sup>. Los normales se

utilizan en todo tipo de concreto sin excepción, su densidad oscila entre 1300 a 1600 kg/m<sup>3</sup>. Y finalmente los pesados, utilizados mayormente en grandes obras como hospitales, universidades, centrales nucleares, en estructuras de hormigón pesado, etc.

- Por su forma:

Aquí se encuentran los canto rodado, triturado y canto rodado y triturado(mixto), el canto rodado es un agregado de forma circular que abunda en ríos. La triturado es extraída de canteras y tiene una forma media angulada, por último, se tiene la canto rodado y triturado, posee una forma circular media fracturada, y es el resultado de la trituración del canto rodado mezclado con grava natural.

- Por el tamaño de las partículas:

En la última clasificación se encuentran los materiales más usados en la construcción, el agregado fino y grueso. Los agregados finos son las partículas de aglomerado que son menores a 4.75mm (Tamiz N°.4) es decir las que pasan por este tamiz sin problema y el agregado grueso es el que queda retenido dentro del tamiz N°.4.

(Briones Blandón & Ríos Sánchez, 2016)

**Tabla N°5 Clasificación del agregado según tamaño**

<b>Clasificación general del agregado según su tamaño</b>			
<b>Tamaño de las partículas en mm (pulgadas)</b>	<b>Denominación más corriente</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Clasificación como agregado para concreto</b>
inferior a 0.002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
entre 0.002 - 0.074 (No. 200)	Limo	Agregado fino	
entre 0.074 - 4.76 (No. 200) - (No 4)	Arena	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
entre 4.76 - 19.1 (No. 4) - (3/4")	Gravilla		
entre 19.1 - 50.8 (3/4") - (2")	Grava		
entre 50.8 - 152.4 (92") - (6")	Piedra		
Superior a 152.4 (6")	Rajón, piedra bola		

Fuente: (Briones Blandón & Ríos Sánchez, 2016)

**Tabla N°6** Clasificación del agregado según su densidad

Clasificación del agregado según su densidad				
Tipo de concreto	Peso unitario aprox. del concreto kg/m <sup>3</sup>	Peso unitario del agregado kg/m <sup>3</sup>	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ligero	400-800	60-480	Concreto para aislamientos	Piedra pómez
	950-1350	480-1040	Concreto para rellenos y mampostería no estructural	Perlita
	1450-2000		Concreto estructural	
Normal	2000-2500	1300-1600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado Agregados de río
Pesado	2500-5600	3400-7500	Concreto para protección contra radiación gamma o X, y contrapesas	Piedra barita, magnetita

Fuente: (Briones Blandón & Ríos Sánchez, 2016)

#### E. Características del concreto

Para elaborar una mezcla de concreto es necesario homogenizar materiales como el cemento, arena gruesa, piedra y agua, este se endurece conforme avanza la reacción química del agua con el cemento. Existen varios tipos de concreto en la actualidad, tales como:

- Concreto ciclópeo: Generalmente se utiliza para todo tipo de obras de cimentaciones y sobre cimientos.
- Concreto simple: Es utilizado en obras de falso piso y contra piso.
- Concreto armado: En obras donde se requiere un refuerzo con la utilización de acero corrugado.
- Concreto liviano: Son preparados con agregados livianos y su peso mínimo varía desde 400 a 1700 kg/m<sup>3</sup>.
- Concreto premezclado: Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra.
- Concreto normal: Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía entre 2300 y 2500 kg/m<sup>3</sup>, según el tamaño máximo del agregado.
- Concreto pesado: Son preparados utilizando agregados pesados, el peso unitario varía entre 2800 y 6000 kg/m<sup>3</sup>.
- Concreto bombeado: Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías de hacia su ubicación final.
- Concreto prefabricado: Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.

( Aceros Arequipa, 2009)

#### F. Resistencia a la Compresión

La norma ASTM C39, define la resistencia a la compresión como la capacidad que tiene el concreto en estado endurecido de resistir mediante un proceso mecánico un esfuerzo de carga axial sobre este, que se expresa en kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia se estima normalmente a los 7 y 28 días, y se identifica con el símbolo  $f'_c$ , que es lo mismo que decir esfuerzo a la compresión.

(Chaiña Quispe y Villanueva Escobedo, 2017)



**Figura N°1** Ensayo de resistencia a la compresión.

#### G. Durabilidad del Concreto

La durabilidad del concreto se puede definir como la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería. Los diferentes tipos de concreto necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables.

Según el (ACI 201.2R-01, 2001) la durabilidad del concreto del cemento portland se define como su capacidad para resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro; es decir, el concreto durable retendrá su forma original, su calidad y su servicio, cuando se exponga a su medio ambiente.

(Kumar & Monteiro, 1998)

#### H. Trabajabilidad del concreto

La trabajabilidad es una propiedad importante para las aplicaciones del concreto, se refiere a la facilidad con la cual se puede mezclar, manejar, transportar y colocarse, sabiendo que la mezcla permanecerá homogénea. (Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, & Jussara, 2004)

## I. Permeabilidad del Concreto

Es básicamente la capacidad que posee el concreto de resistir una filtración de agua o cualquier sustancia líquida en su interior, además la filtración de agua en el concreto no afecta de ninguna manera su estructura original.

(Laguna Alemán & Piedrahita Gonzalez, 2017).

Esta es una de la principal característica de un concreto permeable, debido a su capacidad de filtración del agua y se mide según el contenido de vacíos, a medida que el contenido de vacíos aumenta también aumenta su permeabilidad, disminuyendo su resistencia, el concreto permeable busca lograr una igualdad entre resistencia y permeabilidad.

(Flores Quispe & Pacompia Calcina, 2015).

## J. Aditivos

Son sustancias líquido o en polvo que, al hacer contacto con el concreto, dentro del proceso de mezclado de este, alteran radicalmente sus propiedades en estado fresco como en estado endurecido.

(Harmsen, 2002)

### J.1. Tipos de aditivos

Los aditivos se clasifican en aditivos químico y aditivos minerales, entre los aditivos químicos se puede encontrar los plastificantes y súper-plastificantes, los incorporadores de aire y controladores de fragua. Y dentro de los aditivos minerales se encuentran los aditivos naturales, cenizas volantes, microsilice y escoria de la producción de acero.

Aditivos plastificantes: Logran mejorar la trabajabilidad y plasticidad del concreto endurecido, permite reducir la cantidad de agua, estos permiten reducir la cantidad de agua en el concreto, si al eliminar la cantidad de agua se mantiene constante la cantidad de cemento su resistencia aumentará, el tiempo de efectividad de los aditivos es limitado, pero durante su uso se puede lograr una mejora en el concreto.

Aditivos súper- plastificantes: Este aditivo permite reducir el agua en el concreto, 3 o 4 veces más que el aditivo plastificante, este aditivo puede ser utilizado en la elaboración de concreto de alta resistencia y en concretos fluidos, a parte aceleran rápidamente la hidratación del cemento, obteniendo así resistencias altas en el primer, tercer y séptimo día de curado.

Aditivos controladores de fragua: Estos aditivos bien pueden ser aceleradores o retardadores de concreto, si se usa como acelerador, este tiene la capacidad de incrementar la velocidad del fraguado, la resistencia del concreto aumenta a un tiempo mayor, el tiempo de curado, la duración del proceso constructivo y a su vez esto permite reducir el tiempo de utilización de encofrados. Los aditivos retardadores

a diferencia del acelerante, incrementan el tiempo de reacción del cemento, se utilizan para contrarrestar la fragua rápida que tiene en climas cálidos.

Aditivos incorporadores de aire: Su objetivo es añadir a la mezcla partículas de aire uniformes, mejorando la resistencia al deterioro del concreto expuesto a climas muy calurosos o muy fríos. Se utilizan también para mejorar la trabajabilidad del concreto, este aditivo está conformado por sales de resina de la madera, sales de los ácidos del petróleo, ácidos resinosos, detergentes sintéticos, sales, etc.

Aditivos minerales: Son materiales muy finos compuestos por sílice, que se adicionan al concreto en grandes proporciones, la función de este aditivo es reaccionar a la hidratación del cemento la cual evita el mejoramiento de la resistencia. Se utilizan para:

- Mejorar la trabajabilidad.
- Disminuir el agrietamiento por el calor.
- Mejorar la durabilidad a ataques químicos.
- Reducir la corrosión.
- Elaborar concreto con alta resistencia.

(Harmsen, 2002)

#### K. Sika Plastiment HE-98

Este producto es un aditivo plastificante e impermeabilizante libre de cloruros que produce en el concreto un aumento en su trabajabilidad logrando una reducción en la relación agua/cemento.

Plastiment HE-98 es un aditivo de uso universal y su empleo se recomienda para todos los concretos en obras de ingeniería tales como, edificaciones, pavimentación, prefabricados y en obras donde se requiera un concreto de alta calidad, elaboración de elementos livianos, para concretos caravista, facilitación de colocación, obras hidráulicas.

El aditivo Plastiment HE-98 mejora la trabajabilidad del concreto en estado fresco, facilitando así la colocación de este, permite una reducción de agua en el concreto y así produciendo una alta resistencia, aumenta su impermeabilidad, disminuye las retracciones, no tiene cloruros en su fórmula, fácil colocación del concreto en lugares no muy accesibles y una rápida colocación del concreto bombeado gracias a su revenimiento.

(Sika Perú, 2018)

## L. Normas

### L.1. NORMA ASTM C 31

Este ensayo se refiere a la práctica normalizada para la preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en obra. El concreto utilizado para realizar especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento mensurable o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.

(ASTM C 31, 1996)

### L.2. NORMA ASTM C 143

Este ensayo cubre la determinación del revenimiento del concreto tanto en el laboratorio como en el campo.

El ensayo de revenimiento se realiza para monitorear la consistencia de una muestra de concreto fresco. Bajo condiciones de laboratorio y con un estricto control de los materiales del concreto, se ha encontrado una relación directa entre la cantidad de agua y el revenimiento de una mezcla de concreto. (El revenimiento aumenta proporcionalmente con la cantidad de agua).

En condiciones de campo, esta relación no es clara, por lo tanto se debe tener especial cuidado en relacionar el revenimiento con la resistencia del concreto. El ensayo se aplica a concretos plásticos con agregados gruesos de hasta 37.5 mm (1 ½ pulg). Si el tamaño máximo es mayor, se debe aplicar tamizado en húmedo según ASTM C 172 en la malla con abertura de 37.5 mm y realizar la prueba al concreto que pasa la malla. El ensayo no es aplicable a concretos no plásticos (revenimiento menor que 15 mm) ni a concretos no cohesivos (revenimientos mayores que 230 mm). El ensayo para concretos con estas características puede no ser significativo.

(ASTM C 143, 1996)

### L.3. NORMA ASTM C 1688

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad del hormigón permeable recién mezclado y proporciona fórmulas para calcular el contenido de huecos o el hormigón permeable. Los valores indicados en unidades SI o unidades pulgadas-libra deben considerarse por separado como estándar.

Los valores indicados en cada sistema no pueden ser equivalentes exactos, por lo tanto, cada sistema se utilizará independientemente del otro, la combinación de valores de los dos sistemas puede dar lugar a no conformidad con el estándar.

Esta norma no pretende abordar todas las preocupaciones de seguridad, si las hay, relacionadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes del uso.

Las mezclas de cementos hidráulicos son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas en la piel y los tejidos después de una exposición prolongada.

(ASTM C 1688, 1996)

### L.4. NORMA ASTM C 231

Esta norma especifica el ensayo de contenido de vacíos del concreto en estado fresco, este ensayo excluye cualquier cantidad de aire que pueda existir dentro de los vacíos de las partículas del agregado.

(ASTM C 231, 1996)

### L.5. NORMA ASTM C 494

Esta especificación trata sobre materiales para ser utilizados como aditivos químicos a ser agregados a mezclas para concreto de cemento hidráulico en obra para el propósito o propósitos indicados por los ocho tipos siguientes:

**Tabla N°7 Clasificación de los aditivos.**

<b>Aditivo</b>	<b>Clasificación</b>
Reductor de agua	A
Retardante de fraguado	B
Acelerante de fraguado	C
Reductor de agua y reductor	D
Reductor de agua y acelerante	E

---

Reductor de agua de alto rango	F
Reductor de agua de alto rango y retardante	G
Comportamiento específico	S

---

*Fuente:* (ASTM C 494, 1996)

#### L.6. NORMA ASTM C 39

Este ensayo permite la determinación de la resistencia a la compresión ( $f_c$ ) de los especímenes cilíndricos de concreto moldeados en laboratorio o en campo u obtenidos por medio de la extracción de núcleos. Se limita a concretos con peso unitario mayor que 800 kg/m<sup>3</sup>.

Consiste en la aplicación de una carga de compresión uniaxial a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad de carga especificada ( $0.25 \pm 0.05$  MPa/s).

La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen.

(ASTM C 39, 1996)

#### L.7. NORMA ASTM C 1701

Esta norma abarca el ensayo de la determinación de la tasa de infiltración de agua del hormigón permeable en sitio, la tasa de infiltración obtenida por este método es válida solo para el área localizada en donde se realiza la prueba.

(ASTM C 1701, 1996)

#### L.8. NORMA ACI 522R-10

Esta norma proporciona información técnica sobre la aplicación del hormigón permeable, métodos de diseño, materiales, propiedades, proporción de mezcla, métodos de construcción, pruebas e inspección. El término "hormigón permeable" típicamente describe un tipo de revenimiento, material consistente de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, mezclas y agua. La combinación de estos materiales producirá un material endurecido con poros conectados, que varían de tamaño desde 0.08 a 0.32 pulgadas (2 a 8 mm), que permiten que el agua pase fácilmente. El contenido de vacíos puede variar entre el 18 y el 35% con resistencias a la compresión típicas de 400 a 4000 psi (2.8 a 28 MPa). La tasa de drenaje del hormigón permeable varía con el tamaño del agregado y la

densidad de la mezcla, pero generalmente esta entre 2 a 18 gal/min/ft<sup>2</sup> (81 a 730 l/min/m<sup>2</sup>).

(ACI, 2010)

#### L.9. NORMA TÉCNICA PERUANA 339.185

La presente norma establece el método para determinar el contenido de humedad del agregado.

(NTP 339.185, 2013)

#### L.10. NORMA TÉCNICA PERUANA 400.012

La presente norma establece el método para determinar la distribución por tamaño de las partículas del agregado por medio del tamizado. Los resultados del ensayo serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución con los requisitos que exige la especificación técnica de obra y proporcionar datos necesarios para el control de la producción de agregados.

Este ensayo se determina mediante una muestra de agregado seco, separándose a través de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor.

(NTP 400.012, 2013)

#### L.11. NORMA TÉCNICA PERUANA 400.017

La presente norma establece el método para determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado.

(NTP 400.017, 2011)

#### L.12. NORMA TÉCNICA PERUANA 400.021

La presente norma establece el método para determinar el peso específico y absorción del agregado.

(NTP 400.021, 2013)

En la presente investigación se evaluará la aplicación del aditivo Sika Plastiment HE-98 en el comportamiento del concreto, para determinar si mejora la permeabilidad y también observar si mejora o reduce la resistencia a la compresión y así permitir comparar la eficacia y costos que posee dicho aditivo en el concreto.

La consecuencia de no realizar esta investigación es que no se encontrará cómo influye el aditivo antes mencionado en la permeabilidad del concreto y en la resistencia a la compresión del concreto y no se podrá tomar esta investigación como base futura para las siguientes investigaciones que se podrían hacer.

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la aplicación del aditivo Sika Plastiment HE-98 en la permeabilidad del concreto?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar de qué manera influye la aplicación del aditivo Sika Plastiment HE-98 en la permeabilidad del concreto.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización de los agregados gruesos de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ ".
- Realizar un diseño de mezcla sin adición de agregado fino y dos tipos de agregado grueso para un concreto permeable con adición de un aditivo plastificante.
- Determinar la resistencia a compresión del concreto mediante la norma (ASTM C 39) en testigos cilíndricos curados por inmersión en agua a edades de 3, 7 y 28 días.
- Determinar la permeabilidad del concreto mediante la norma (ASTM C1701) en testigos cilíndricos curados a 28 días.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos a fin de determinar la influencia del aditivo plastificante en un concreto permeable con piedra de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ ". Asimismo, cual es el concreto más eficiente en cuanto calidad-costos.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1 Hipótesis general

La aplicación del aditivo SIKA PLASTIMENT HE-98, el cual sirve como plastificante del concreto, influye positivamente en el mejoramiento de la permeabilidad del concreto con piedra de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ ", aumenta la trabajabilidad en estado fresco y no reducirá su resistencia a la compresión.

La elaboración del concreto permeable es más económico que la elaboración de un concreto convencional. De acuerdo a lo estudiado y realizado con el cemento Portland Tipo I, agua, agregado grueso y el aditivo, en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte- San Isidro, ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación del aditivo Sika Plastiment HE-98 (ASTM C494) permitirá que el concreto mejore sus propiedades tanto en permeabilidad, como trabajabilidad y resistencia a la compresión a 3, 7 y 28 días de curado.
- El uso del aditivo Sika Plastiment HE-98 en los testigos de concreto mantendrá la resistencia a la compresión del concreto deseado en los elementos estructurales construidos a los 3, 7 y 28 días de su elaboración. (ASTM C39)

- El uso del aditivo Sika Plastiment HE-98 en los testigos de concreto mantendrá la permeabilidad del concreto deseado en los elementos estructurales construidos a los 28 días de su elaboración. (ASTM C1701)

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental, porque por medio de la manipulación de una variable la independiente, el aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98 y en función a los días en los que se va analizar que son 3, 7 y 28.

De acuerdo al diseño de investigación es de modo experimental puro, porque a partir de los análisis del objeto de estudio, demuestra con hechos la verificación de las hipótesis planteadas.

De acuerdo al fin que se persigue es aplicada porque busca la utilización de los conocimientos adquiridos en la práctica de la Ingeniería Civil.

En la presente tesis se podrá evaluar el comportamiento del concreto antes y después de realizada la mezcla utilizando dos tipos de agregado grueso, 1/2" y 3/8", así mismo durante los ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad.

### 2.2. Población y muestra

#### a. Población

En la presente investigación, la población serán todas las probetas de concreto de PVC con dimensiones de 4" x 8" sometidos a ensayos de compresión y permeabilidad.

#### b. Muestra

La obtención de la muestra en la presente investigación se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$N = \left( \frac{Z^2 x S^2}{E^2} \right)$$

Donde:

N= Tamaño de la muestra

Z = Valor en base al nivel de confianza (1.96 corresponde a 95%)

S = Desviación estándar de la variable de estudio

E = Porcentaje de precisión o error

El ensayo de compresión de la (ASTM C39) de los testigos cilíndricos de concreto de 4" x 8" permite comprobar si en verdad se está diseñando con la resistencia a la compresión ( $f'_c$ ).

Precisión del ensayo de compresión en cilindros elaborados de concreto correctamente mezclado.

**Tabla N°8** Coeficientes de los testigos cilíndricos, con respecto a las condiciones de laboratorio.

Criterio	Coeficiente de Variación	Rango Aceptable de Resistencia de Cilindros Individuales	
		2 cilindros	4 cilindros
4 por 8 in. [100 por 200 mm]			
Condiciones de laboratorio	3.2%	9.0%	10.6%

Se observa que para 4 especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8", la precisión es de 10.6%. La muestra queda expresada de la siguiente manera:

$$n_0 = \frac{1.96^2 10.6^2}{10.6^2} = 3.84 \approx 4$$

**Tabla N°9** Cantidad de probetas a realizar.

Días de ensayo de rotura	Resistencia a la Compresión			Permeabilidad
	3 días	7 días	28 días	28 días
Concreto permeable patrón con agregado de 1/2"	4	4	4	4
Concreto permeable patrón con agregado de 3/8"	4	4	4	4
Concreto permeable con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4% con agregado de 1/2"	4	4	4	4

Concreto permeable con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4% con agregado de 3/8"	4	4	4	4
Concreto permeable con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0% con agregado de 1/2"	4	4	4	4
Concreto permeable con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0% con agregado de 3/8"	4	4	4	4
Sub Total	24	24	24	24
Total	96 probetas			

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

#### a. Técnicas de recolección de datos

Para la técnica de recolección de datos se empleará la GUÍA DE OBSERVACIÓN, porque se busca ver, analizar y ensayar en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, para finalmente expresar los resultados de lo observado durante los ensayos.

- La dosificación para la elaboración de las probetas de ensayo se realizará de acuerdo a la ASTM C 31
- Para la evaluación de la resistencia a la compresión, se ejecutará el método de ensayo de la (ASTM C 39)
- Para la evaluación de la permeabilidad del concreto por medio del método de ensayo normalizado para medir el ritmo de absorción del concreto del (ASTM C1701)

#### b. Instrumentos para la recolección de datos

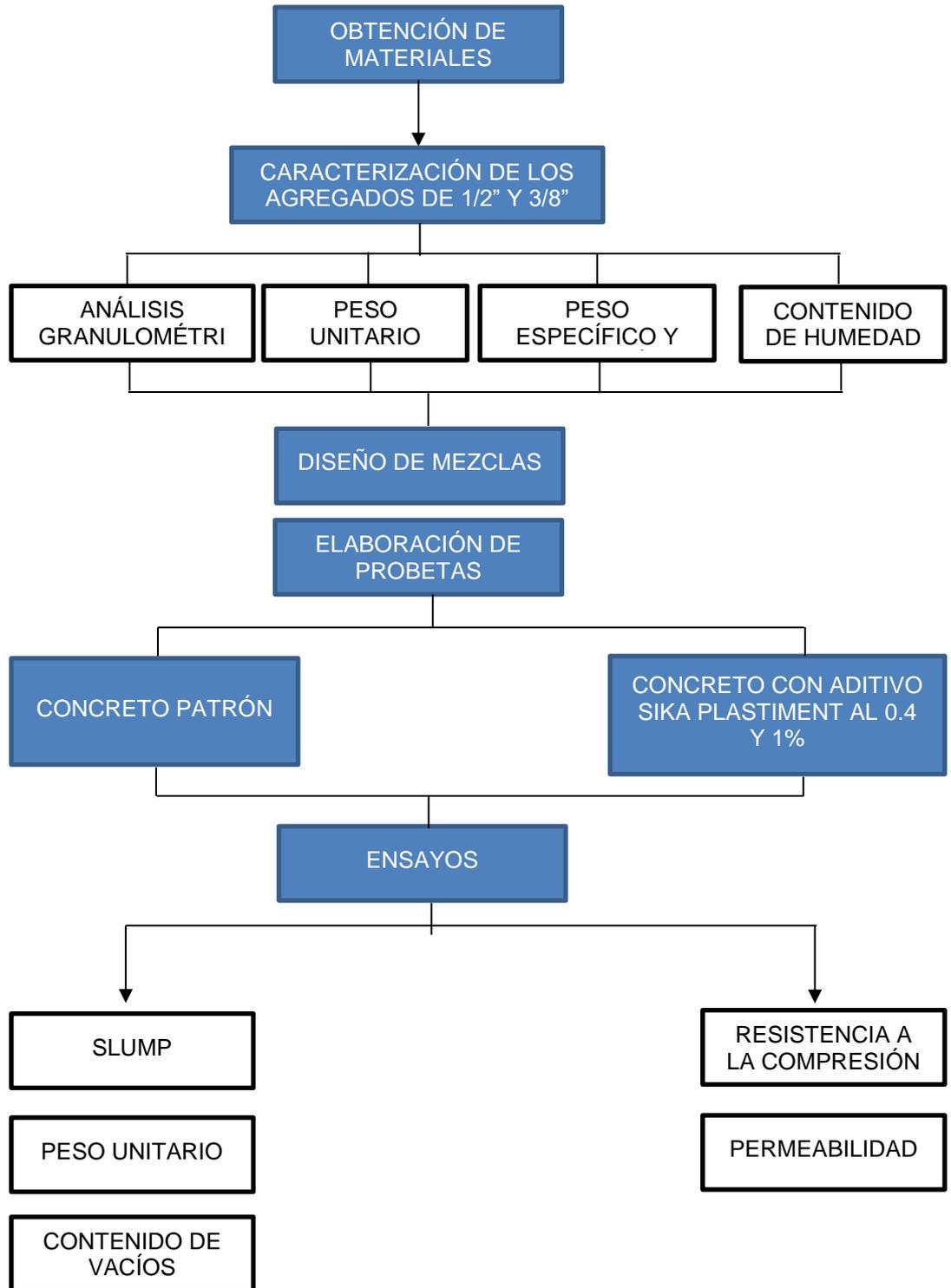
Los instrumentos para la recolección de datos que emplearemos en la presente investigación serán para evaluar la resistencia a la compresión según la (ASTM C 39), se empleará una máquina de ensayo para determinar la resistencia a la compresión.

Una vez terminado la elaboración de testigos, se esperará el tiempo correspondiente para que estas alcancen los días propuesto en el proyecto para posteriormente ensayarlo bajo compresión (ASTM C 39) y por permeabilidad (ASTM C 1701).

El instrumento que se usará para poder recoger y registrar los datos de la investigación, será mediante LAS GUÍAS DE OBSERVACIÓN. A fin de que todo sea anotado de forma clara y ordenada según indicada cada ensayo realizado.

## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Secuencia experimental



Fuente: Elaboración Propia

## 2.4.2. Ensayo del laboratorio a los Agregados Gruesos de 1/2" y 3/8"

### a. Agregado Grueso 1/2"

- **Peso Unitario Suelto (NTP 400.017)**

Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, 2011) es la masa de agregado cuando se acomoda naturalmente en el recipiente, sin compactar.

El procedimiento fue el siguiente:

- Obtención la muestra necesaria.
- Elegir la capacidad del recipiente.

**Tabla N°10** Capacidad de los recipientes

<b>Tamaño Máximo del Agregado</b>		<b>Capacidad</b>	
<b>Pulg</b>	<b>mm</b>	<b>M3</b>	<b>pie3</b>
1/2	12.5	0.028	1/10
1	25.0	0.0093	1/3
1 1/2	37.5	0.0140	1/2
3	75.0	0.0280	1

Fuente: (NTP 400.017, 2011)

- Llenar el recipiente hasta el rebose con una pala o cucharón, eliminar todo agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo.
- Nivelar la superficie del agregado con una espátula para que equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.

$$PUS = f * Ws$$

Donde:

PUS: Peso Unitario Suelto

F: Factor de calibración del recipiente (1/m3)

Ws: Peso de la muestra suelta (kg)

- **Peso Unitario Compactado (NTP 400.017)**

Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, 2011) es la masa de agregado compactado en el recipiente.

El procedimiento fue el siguiente:

- Obtención la muestra necesaria.
- Elegir la capacidad del recipiente. Considerar **Tabla N°10** (Capacidad del recipiente)
- Llenar el recipiente hasta la tercera parte y se nivela superficialmente.
- Se apisona la masa con una barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie del agregado.
- Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y nuevamente se compactada con 25 golpes.
- Luego se llena hasta rebosar y se compacta 25 golpes más.
- Se elimina el agregado que sobresale utilizando la barra compactadora.
- Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
- Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor *f* de calibración del recipiente.

$$PUC = f * Wc$$

Donde:

PUC: Peso Unitario Compactado

F: Factor de calibración del recipiente (1/m<sup>3</sup>)

Wc: Peso de la muestra suelta (kg)

- **Análisis Granulométrico (NTP 400.012)**

El análisis granulométrico comprende la separación de los agregados por tamaños mediante la utilización de tamices normados.

El procedimiento fue el siguiente:

- Obtención de la muestra. **Ver Tabla N°11**

**Tabla N°11** Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.

<b>Tamaño Máximo Nominal</b>	<b>Cantidad de la muestra de ensayo, Mínimo</b>
<b>Aberturas Cuadradas</b>	
<b>Mm (pulg)</b>	<b>Kg(lb)</b>
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: (NTP 400.012, 2013)

- Secar la muestra según el tamaño del agregado a una temperatura de 110°C.
- Se selecciona el tamaño adecuado de tamices para proporcionar la información requerida, encajar los tamices en orden de abertura descendiente desde la tapa hasta el fondo.
- Colocar la muestra y agitar manualmente. Utilizar la cantidad de material necesaria de tal forma que todas las partículas puedan alcanzar la abertura del tamiz.
- Determinar la masa retenida en cada malla sobre una balanza con una precisión de 0.1%. La masa total del material luego de haberse tamizado deberá ser verificada con la masa retenida en cada malla. Si la cantidad difiere en más de 0.3% de la masa original, el resultado no deberá utilizarse.

- **Tamaño Máximo del Agregado (NTP 339.047, 2006)**

El Tamaño Máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

- **Peso Específico (NTP 400.021,2013)**

Peso Específico, es la relación a una temperatura estable de la masa de un volumen unitario de material a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas.

El procedimiento fue el siguiente:

- Seleccionar el material de muestra necesario. Ver **Tabla N°12**.

**Tabla N°12** Cantidad mínima de muestra

<b>Tamaño mínimo nominal</b>	<b>Masa mínima de muestra de ensayo</b>
<b>Mm (pulg)</b>	<b>Kg (lb)</b>
12.5 (1/2) o menor	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Fuente: (NTP 400.021, 2013)

- Secar la muestra de ensayo en una estufa a una temperatura de 110°C más menos 5°C, enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas.
- Dejar la muestra sumergida en agua durante 24 horas.
- Secar la muestra superficialmente utilizando un paño absorbente hasta que se eliminen todas las partículas visibles de agua. Limpiar las piedras más grandes de manera individual.
- Determinar la masa de la muestra de ensayo en condiciones de superficie saturada seca. Anotar esta y todas las masas posteriores cercanas a 0.5gr o 0.05% de la masa de la muestra.

- Luego de tomada la muestra superficialmente seca, colocar en un recipiente y determinar el peso aparente en agua a 23°C, agitando el recipiente mientras está sumergido. El recipiente deberá estar sumergido a una profundidad suficiente para cubrirlo y también cubrir la muestra de ensayo.
- Secar la muestra de ensayo en la estufa a una temperatura de 110°C más menos 5°C, enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, o hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea manipulable (aproximadamente 50°C) y determinar el peso de la masa.
- Calcular el peso específico de la muestra de ensayo, mediante la siguiente fórmula:

$$Pe = \frac{(Peso\ seco)}{(Peso\ en\ agua\ del\ agregado\ ya\ saturado\ con\ superficie\ seca)}$$

- **Porcentaje de Absorción (NTP 400.021,2013)**

La absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas, se expresa como porcentaje del peso seco.

- Se calcula el porcentaje de absorción mediante la siguiente fórmula:

$$Abs\ \% = \frac{(Peso\ saturado\ superficialmente\ seco) - (Peso\ seco)}{(Peso\ seco)} \times 100$$

- **Contenido de Humedad (NTP 339.185)**

El contenido de humedad es el porcentaje total del agregado luego de haberse secado.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se obtuvo el tamaño de la muestra a ensayar. Ver **Tabla N°13**.

**Tabla N°13** Tamaño de muestra del agregado

<b>Tamaño máximo nominal de agregado Mm(pulg)</b>	<b>Masa mínima de la muestra de agregado de peso nominal (kg)</b>
4.75 (0187) (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 ½)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2 ½)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3)	16.0
100.0 (4)	25.0
150.0 (6)	50.0

Fuente: (NTP 339.185, 2013)

- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0.1%.
- Secar la muestra en un recipiente utilizando un horno de calor durante 24 horas. La masa estará lo suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0.1% de pérdida adicional de masa.
- Determinar la masa de la muestra seca con una precisión del 0.1% después que haya secado y enfriado lo suficiente.
- Calcular el contenido de humedad de la muestra ensayada, mediante la siguiente fórmula:

$$P\% = \frac{100 \times (W - D)}{D}$$

$$P\% = \frac{100 \times (\text{Masa de la muestra húmeda} - \text{Masa de la muestra seca})}{\text{Masa de la muestra seca}}$$

Donde:

P%: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W: Peso de la muestra húmeda original (gr)

D: Peso de la muestra seca (gr)

#### b. Agregado Grueso 3/8"

- **Peso Unitario Suelto (NTP 400.017)**

Peso Unitario Suelto es la masa de agregado cuando se acomoda naturalmente en el recipiente, sin compactar.

El procedimiento fue el siguiente:

Obtención la muestra necesaria.

- Elegir la capacidad del recipiente. **Considerar Tabla N°10**
  - Llenar el recipiente hasta el rebose con una pala o cucharón, eliminar todo agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo.
  - Nivelar la superficie del agregado con una espátula para que equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
  - Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
  - Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente calculado.
- **Peso Unitario Compactado (NTP 400.017)**

Peso Unitario Compactado es la masa de agregado compactado en el recipiente.

El procedimiento fue el siguiente:

- Obtención la muestra necesaria.
  - Elegir la capacidad del recipiente. **Considerar Tabla N° 10**
  - Llenar el recipiente hasta la tercera parte y se nivela superficialmente.
  - Se apisona la masa con una barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie del agregado.
  - Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y nuevamente se compactada con 25 golpes.
  - Luego se llena hasta rebosar y se compacta 25 golpes más.
  - Se elimina el agregado que sobresale utilizando la barra compactadora.
  - Se determina el peso neto del agregado en el recipiente.
  - Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor f de calibración del recipiente.
- **Análisis Granulométrico (NTP 400.012)**

El análisis granulométrico comprende la separación de los agregados por tamaños mediante la utilización de tamices normados.

El procedimiento fue el siguiente:

- Obtención de la muestra. **Considerar Tabla N°11**
- Secar la muestra según el tamaño del agregado a una temperatura de 110°C.

- Se selecciona el tamaño adecuado de tamices para proporcionar la información requerida, encajar los tamices en orden de abertura descendiente desde la tapa hasta el fondo.
- Colocar la muestra y agitar manualmente. Utilizar la cantidad de material necesaria de tal forma que todas las partículas puedan alcanzar la abertura del tamiz.
- Determinar la masa retenida en cada malla sobre una balanza con una precisión de 0.1%. La masa total del material luego de haberse tamizado deberá ser verificada con la masa retenida en cada malla. Si la cantidad difiere en más de 0.3% de la masa original, el resultado no deberá utilizarse.

- **Tamaño Máximo del Agregado (NTP 339.047, 2006)**

El Tamaño Máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

- **Peso Específico (NTP 400.021, 2013)**

Peso Específico, es la relación a una temperatura estable de la masa de un volumen unitario de material a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas.

El procedimiento fue el siguiente:

- Seleccionar el material de muestra necesario. **Considerar Tabla N°12.**
- Secar la muestra de ensayo en una estufa a una temperatura de 110°C más menos 5°C, enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas.
- Dejar la muestra sumergida en agua durante 24 horas.
- Secar la muestra superficialmente utilizando un paño absorbente hasta que se eliminen todas las partículas visibles de agua. Limpiar las piedras más grandes de manera individual.
- Determinar la masa de la muestra de ensayo en condiciones de superficie saturada seca. Anotar esta y todas las masas posteriores cercanas a 0.5gr o 0.05% de la masa de la muestra.
- Luego de tomada la muestra superficialmente seca, colocar en un recipiente y determinar el peso aparente en agua a 23°C, agitando el recipiente mientras está sumergido. El recipiente deberá estar sumergido a una profundidad suficiente para cubrirlo y también cubrir la muestra de ensayo.

- Secar la muestra de ensayo en la estufa a una temperatura de 110°C más menos 5°C, enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, o hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea manipulable (aproximadamente 50°C) y determinar el peso de la masa.
- Calcular el peso específico de la muestra de ensayo, mediante la siguiente fórmula:

$$Pe = \frac{(Peso\ seco)}{(Peso\ en\ agua\ del\ agregado\ ya\ saturado\ con\ superficie\ seca)}$$

- **Porcentaje de Absorción (NTP 400.021,2013)**

La absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas, se expresa como porcentaje del peso seco.

- Se calcula el porcentaje de absorción mediante la siguiente fórmula:

$$Abs\ \% = \frac{(Peso\ saturado\ superficialmente\ seco) - (Peso\ seco)}{(Peso\ seco)} \times 100$$

- **Contenido de Humedad (NTP 339.185)**

El contenido de humedad es el porcentaje total del agregado luego de haberse secado.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se obtuvo el tamaño de la muestra a ensayar. **Considerar Tabla N°13.**
- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0.1%.
- Secar la muestra en un recipiente utilizando un horno de calor durante 24 horas. La masa estará lo suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0.1% de pérdida adicional de masa.
- Determinar la masa de la muestra seca con una precisión del 0.1% después que haya secado y enfriado lo suficiente.
- Calcular el contenido de humedad de la muestra ensayada, mediante la siguiente fórmula:

$$P\% = \frac{100 \times (W - D)}{D}$$

$$P\% = \frac{100 \times (Masa\ de\ la\ muestra\ húmeda - Masa\ de\ la\ muestra\ seca)}{Masa\ de\ la\ muestra\ seca}$$

Donde:

P%: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W: Peso de la muestra húmeda original (gr)

D: Peso de la muestra seca (gr)

#### 2.4.3. Diseño de Mezcla (Norma ACI 211)

Se realizó el diseño de mezcla según la norma ACI 211 y revisando la norma ACI 522R-10.

Ver **Tablas N° 28 a 30** .

#### 2.4.4. Elaboración de los especímenes de concreto (ASTM C 31)

El procedimiento fue el siguiente:

- Una vez que el concreto sea mezclado, se tomarán las probetas a utilizar y se humedecerán con aceite.
- Con la ayuda de un badilejo se tomarán porciones de concreto y se rellenará en tres capas, en cada capa se compactará 25 golpes con una varilla de acero y con un mazo de goma se aplicarán 15 golpes a la probeta. Este proceso se realiza para cada capa.
- Una vez enrasado, se cubrirá la superficie de la probeta y se le colocará un nombre para diferenciar.
- Finalmente se dejará reposar durante 24 horas y se sumergirá en el tanque de curado.

#### 2.4.5. Ensayos del concreto

##### a. Asentamiento (ASTM C 143)

El asentamiento del concreto, es el monitoreo de calidad de la consistencia del concreto.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se obtendrá una muestra de concreto del trompo mezclador.
- Se humedecerá el cono de Abraham y la bandeja en donde se realizará el ensayo.
- Se sujetará las azas del cono con los pies y luego se llenará con el concreto.
- El relleno será en tres capas, en cada capa se le dará 25 golpes con la varilla de acero.
- Una vez enrasado el cono, se procede a sujetar el cono con las manos y quitar los pies. Se levantará el cono con cuidado y se colocará de manera inversa.
- Con la varilla puesta sobre el cono, se medirá el asentamiento del concreto utilizando una regla.
- Se anotarán los resultados de los ensayos. Ver **Tablas N° 31 y 32**.

#### **b. Peso Unitario Suelto y Compactado (ASTM C 1688)**

Es la densidad del concreto en estado fresco, permite obtener el rendimiento, el cual se define como un volumen de concreto a partir de una mezcla de materiales conocidos.

El procedimiento fue el siguiente:

- Una vez realizada la mezcla del concreto, con la dosificación específica, se procederá a tomar una muestra de concreto.
- Se utilizará un molde cilíndrico de acero, este se pesará y luego se le echará agua al tope, para determinar el volumen.
- Primero se realizará el peso unitario suelto, para este ensayo se llenará el molde hasta el tope, se enrasará y se determinará el peso del concreto.
- Para el ensayo de peso unitario compactado, se rellenará en tres capas compactadas con 25 golpes, se enrasará y luego se determinará el peso del concreto.
- Se anotarán los resultados de los ensayos. Ver **Tablas N° 33 a 44.**

#### **c. Contenido de Aire (ASTM C 231)**

Es la cantidad de aire atrapado en el concreto una vez mezclado, este se mide en porcentaje.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se utilizará el equipo medidor de aire atrapado.
- El molde se humedecerá y rellenará con concreto en 3 capas compactadas con 25 golpes.
- Al enrasar se limpiará el borde del molde, el cual estará en contacto con el medidor de aire atrapado.
- Una vez limpio el molde, se colocará el medidor y se asegurará al molde con unas abrazaderas de bronce.
- Se llenará con agua una válvula de alivio del medidor, hasta que salga por otra válvula.
- Se bombeará el manómetro hasta que llegue a cero.
- Se abrirán las válvulas para liberar el aire.
- Se anotarán los resultados de los ensayos. Ver **Tablas N°45 y 46.**

#### d. Resistencia a la Compresión (ASTM C 39)

Es el esfuerzo que soporta el concreto luego de cierto periodo de curado, sometiéndose a compresión.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se retirarán los especímenes de concreto del tanque de curado y se dejarán reposar durante 24 horas.
- Una vez estos se encuentren secos, se aplicará la compresión con una máquina compresora, proporcionada por la Universidad Privada del Norte.
- Los especímenes de concreto de 4" x 8" serán sometidos a esfuerzo hasta que se aprecie una ruptura.
- Se anotarán los resultados de los ensayos. Ver **Tablas N° 47 a 52.**

#### e. Test de infiltración (ASTM C 1701)

Es la tasa de infiltración que obtiene el concreto permeable, cuando se encuentra expuesto a un flujo de agua constante.

El procedimiento fue el siguiente:

- Una vez curado el concreto por 28 días, se colocará en una superficie de tierra adecuada.
- Se colocará un anillo de pvc para la medición, a este se le marcará 10 mm y 15 mm respectivamente, ya que a ese nivel deberá llegar el agua mientras es absorbido por el concreto.
- Se tomará el tiempo con un cronómetro y se anotarán los resultados obtenidos.
- Con la siguiente fórmula correspondiente a la norma (ASTM C 1701), se determinará la tasa de infiltración del concreto permeable.

$$I = \frac{K.M}{t.D^2}$$

Donde:

I: Tasa de infiltración (mm/h)

K: Constante (4,856,666,000)

M: Masa de agua (litros)

D: Diámetro del anillo (mm)

T: Tiempo (seg)

- Se anotarán los resultados del ensayo. Ver **Tablas N° 53 y 54.**
-

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Caracterización de los agregados

##### a. Agregado Grueso de 3/8" (NTP 400.017)

- **Peso Unitario Suelto**

En la siguiente tabla, se podrá apreciar los resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de 3/8". Se muestra el resultado de tres muestras diferentes de masa y el promedio final de estas.

**Tabla N° 14** *Peso Unitario Suelto del agregado*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Peso muestra suelta + molde (kg)</i>	25.088	25.112	25.062	<b>1,500</b>
<i>Peso del molde (kg)</i>	5.512	5.512	5.512	
<i>Peso muestra suelta (kg)</i>	19.576	19.600	19.551	
<i>Peso del agua en el molde (kg)</i>	13.114	13.114	13.114	
<i>Factor de calibración (1/m3)</i>	76.25	76.25	76.25	
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m3)</i>	1,500	1,500	1,490	

Fuente: Elaboración propia.

- **Peso Unitario Compactado**

**Tabla N° 15** *Peso Unitario Compactado del agregado*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Peso muestra suelta + molde (kg)</i>	26.708	26.762	26.692	<b>1,620</b>
<i>Peso del molde (kg)</i>	5.512	5.512	5.512	
<i>Peso muestra suelta (kg)</i>	21.196	21.250	21.180	
<i>Peso del agua en el molde (kg)</i>	13.114	13.114	13.114	
<i>Factor de calibración (1/m3)</i>	76.25	76.25	76.25	
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m3)</i>	1,620	1,620	1,620	

Fuente: Elaboración propia.

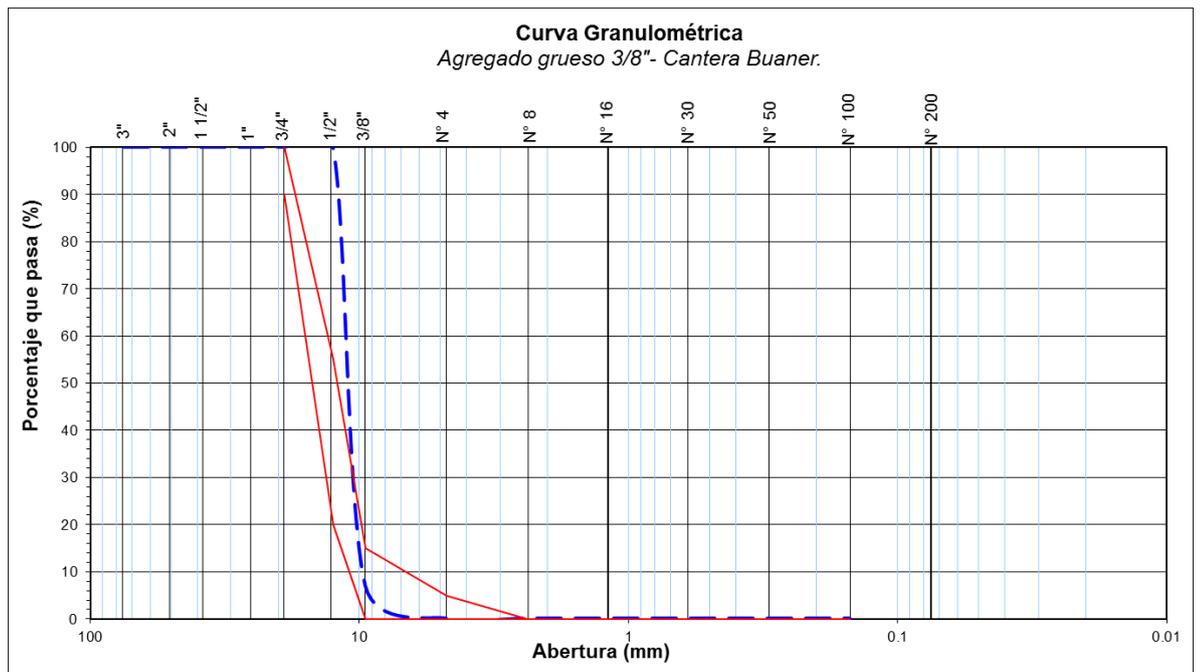
- **Análisis Granulométrico (NTP 400.012)**

En la siguiente tabla se observa los resultados del ensayo de análisis granulométrico por medio del tamizado de 3 muestras de agregado, se identifica que el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso es de 3/8" y el Tamaño Máximo es de 1/2".

**Tabla N°16 Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 3/8" – Muestra 01**

Tamiz	Peso del tamiz (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Huso Granulométrico 6 NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
2"	536.80	-			100		
1 1/2"	562.20	-			100		
1"	529.80	-			100		
3/4"	544.30	-			100	90	100
1/2"	533.10	3.10	0.31	0.31	99.69	20	55
3/8"	518.80	926.40	92.64	92.95	7.05	0	15
N° 4	503.60	69.30	6.93	99.88	0.12	0	5
Fondo	441.20	1.20	0.12	100.00	-		
Total		1,000.00	100.00	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

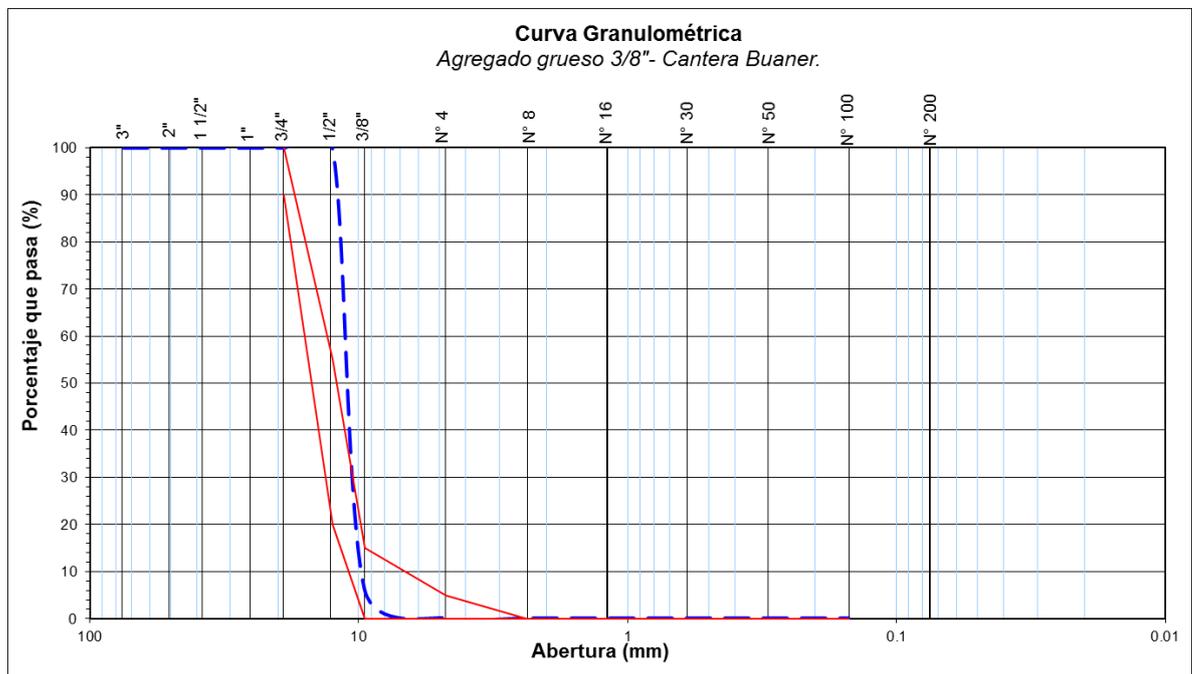


**Figura N° 2 Curva Granulométrica del agregado grueso de 3/8" – Muestra 1.**

**Tabla N°17** Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 3/8" – Muestra 02

Tamiz	Peso del tamiz (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Huso Granulométrico 6 NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
2"	536.80	-			100		
1 1/2"	562.20	-			100		
1"	529.80	-			100		
3/4"	544.30	-			100	90	100
1/2"	533.10	1.90	0.19	0.19	99.81	20	55
3/8"	518.80	936.25	93.63	93.82	6.19	0	15
N°.4	503.60	60.90	6.09	99.91	0.10	0	5
Fondo	441.20	0.95	0.10	100.00	-		
Total		1,000.00	100.00	-			

Fuente: Elaboración propia.

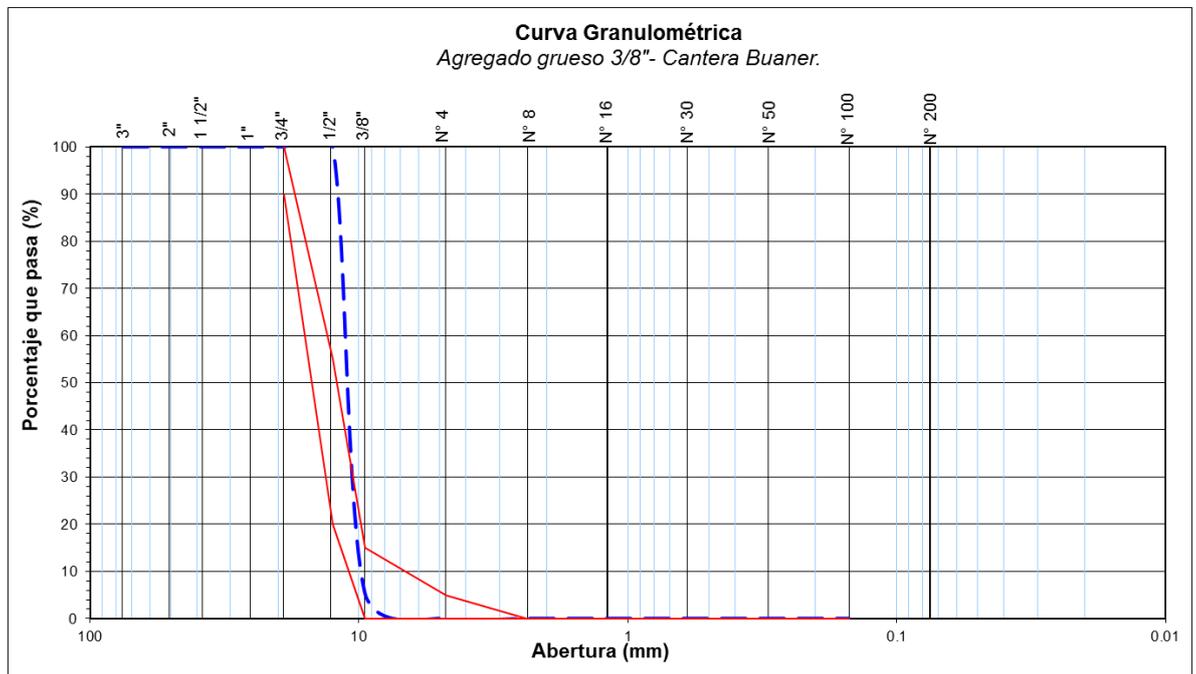


**Figura N° 3** Curva Granulométrica del agregado grueso de 3/8" – Muestra 2.

**Tabla N°18** Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 3/8" – Muestra 03

Tamiz	Peso del tamiz (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Huso Granulométrico 6 NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
2"	536.80	-			100		
1 1/2"	562.20	-			100		
1"	529.80	-			100		
3/4"	544.30	-			100	90	100
1/2"	533.10	0.98	0.10	0.10	99.90	20	55
3/8"	518.80	942.71	94.25	94.37	5.63	0	15
N°.4	503.60	55.43	5.54	99.91	0.09	0	5
Fondo	441.20	0.88	0.09	100.00	-		
Total		1,000.00	100.00				

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N° 4** Curva Granulométrica del agregado grueso de 3/8" – Muestra 3.

- **Peso específico y Absorción (NTP 400.021)**

**Tabla N°19** *Peso Específico y Porcentaje de Absorción del agregado de 3/8"*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Muestra Seca (gr)</i>	1,971.90	1,972.60	1,975.70	1,973
<i>Muestra Saturada Seca (gr)</i>	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000
<i>Muestra Sumergida en Agua (gr)</i>	1,259.00	1,253.00	1,251.00	1,254
<i>Peso Específico Seco (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	2.66	2.64	2.64	2.65
<i>Peso Específico Superficial (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	2.70	2.68	2.67	2.68
<i>Peso Específico Aparente (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	2.77	2.74	2.73	2.74
<i>Porcentaje de Absorción (%)</i>	1.43	1.39	1.23	1.35

Fuente: Elaboración propia.

- **Contenido de Humedad (NTP 339.185)**

**Tabla N°20** *Contenido de Humedad del agregado de 3/8"*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Peso Húmedo (gr)</i>	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500
<i>Peso Seco (gr)</i>	1,490.90	1,488.60	1,493.10	1,490
<i>Contenido de agua (gr)</i>	9.10	11.40	6.90	9.13
<i>Porcentaje de Humedad (%)</i>	0.61	0.77	0.46	0.61

Fuente: Elaboración propia.

**b. Agregado Grueso de 1/2" ( NTP 400.017)**

• **Peso Unitario Suelto**

**Tabla N°21** Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 1/2"

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso muestra suelta + molde (kg)	25.450	25.514	25.412	<b>1,520</b>
Peso del molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	19.938	20.002	19.900	
Peso del agua en el molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m3)	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg)	1,520	1,530	1,520	

Fuente: Elaboración propia.

• **Peso Unitario Compactado**

**Tabla N°22** Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso de 1/2"

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso muestra suelta + molde (kg)	27.202	27.262	27.160	<b>1,650</b>
Peso del molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	21.690	21.750	21.650	
Peso del agua en el molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m3)	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg)	1,650	1,660	1,650	

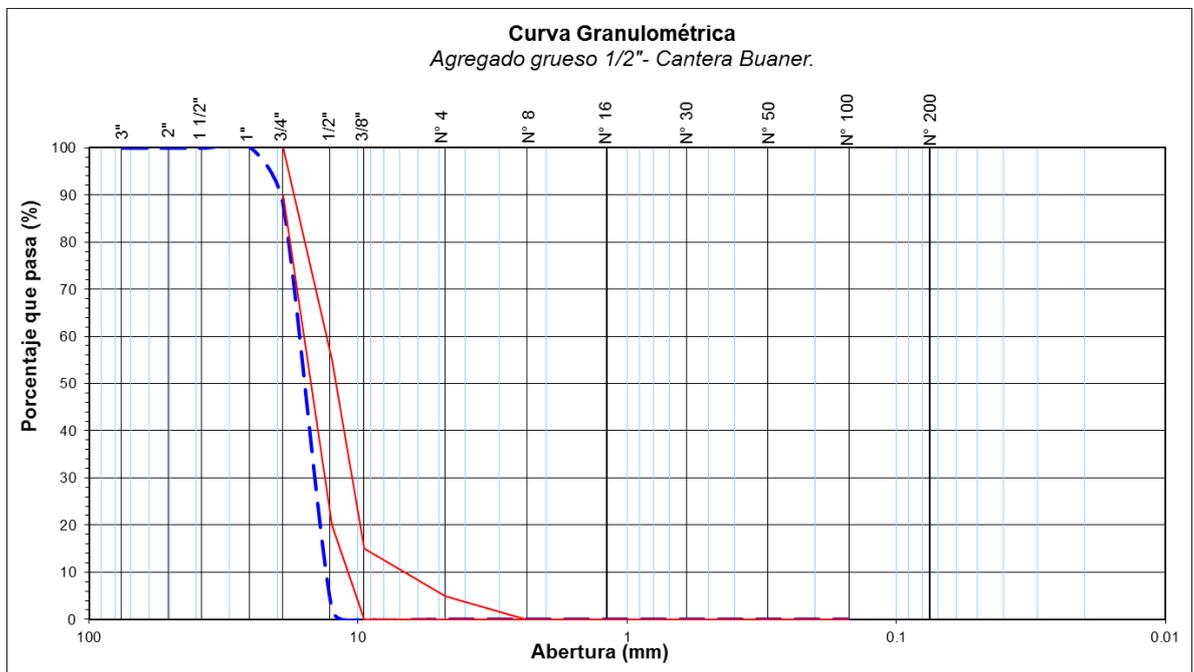
Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis Granulométrico (NTP 400.012)**

**Tabla N°23** Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 1/2" – Muestra 01

Tamiz	Peso del tamiz (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Huso Granulométrico NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
2"	536.80	-	-	-	100	-	-
1 1/2"	562.20	-	-	-	100	-	-
1"	529.80	-	-	-	100	-	-
3/4"	544.30	235.80	11.79	11.79	88.21	90	100
1/2"	533.10	1,720.05	86.00	97.79	2.21	20	55
3/8"	518.80	42.90	2.15	99.94	0.06	0	15
N°.4	503.60	-	-	-	-	0	5
Fondo	441.20	1.25	0.06	100.00	-	-	-
<b>Total</b>		<b>2,000.00</b>	<b>100.00</b>				

Fuente: Elaboración propia.

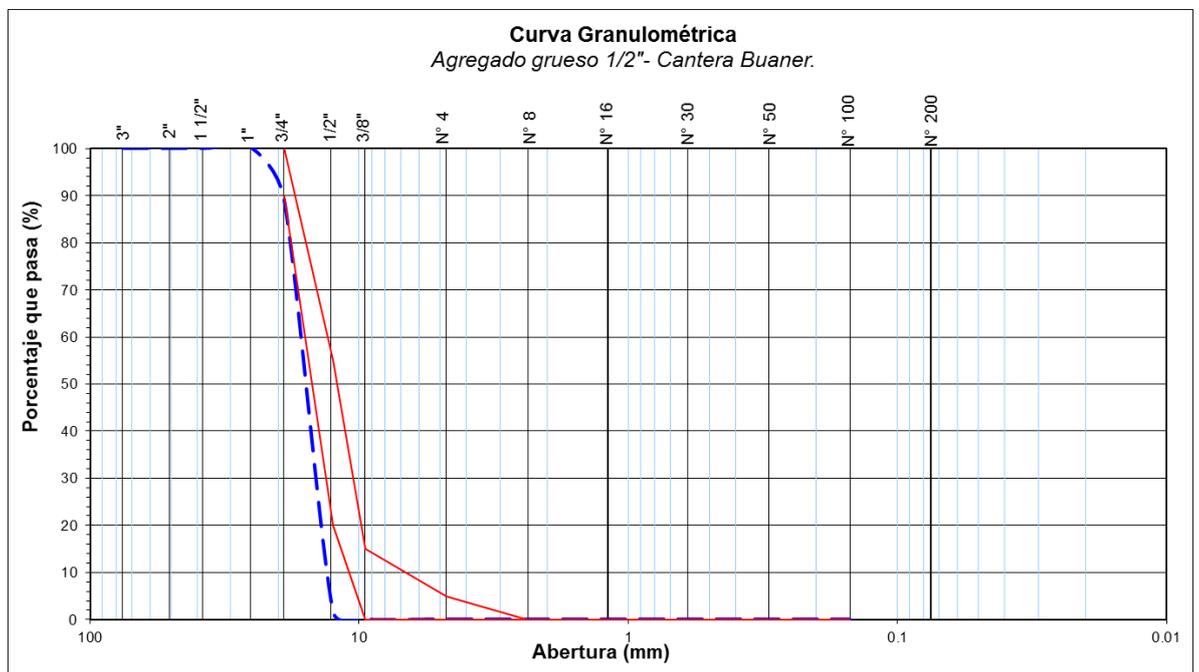


**Figura N° 5** Curva Granulométrica del agregado grueso de 1/2" – Muestra 1.

**Tabla N°24** Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 1/2" – Muestra 02

Tamiz	Peso del tamiz (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante	Huso Granulométrico NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
2"	536.80	-					
1 1/2"	562.20	-					
1"	529.80	-					
3/4"	544.30	216.89	10.85	10.85	89.15	90	100
1/2"	533.10	1,749.21	87.46	98.30	1.70	20	55
3/8"	518.80	32.60	1.63	99.93	0.07	0	15
N°.4	503.60	-	-	-	-	0	5
Fondo	441.20	1.30	0.07	100.00	-		
Total		2,000.00	100.00				

Fuente: Elaboración propia.

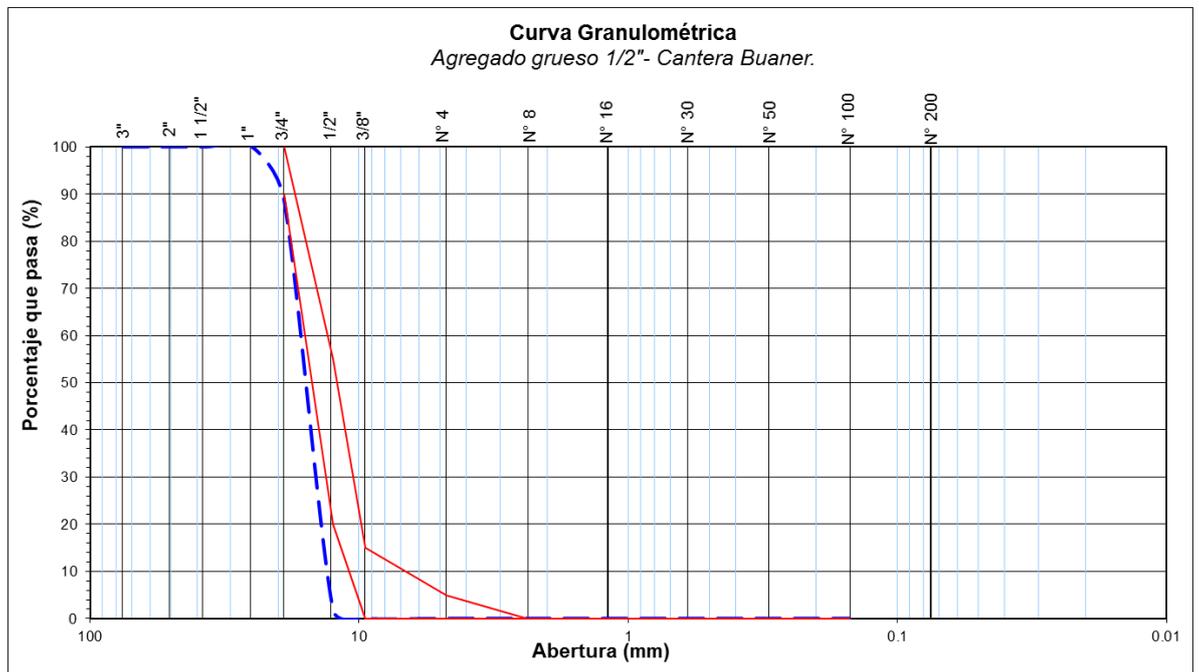


**Figura N° 6** Curva Granulométrica del agregado grueso de 1/2" – Muestra 2.

**Tabla N°25** Análisis Granulométrico Agregado Grueso de 1/2" – Muestra 03

Tamiz	Peso del tamiz (gr)	Peso retenido (gr)	%	%	%	Huso Granulométrico NTP 400.037	
						Retenido	Retenido acumulado
2"	536.80	-					
1 1/2"	562.20	-					
1"	529.80	-					
3/4"	544.30	224.97	11.25	11.25	88.75	90	100
1/2"	533.10	1,736.20	86.81	98.06	1.94	20	55
3/8"	518.80	37.88	1.89	99.95	0.05	0	15
N°.4	503.60	-	-	-	-	0	5
Fondo	441.20	0.95	0.05	100.00	-		
<b>Total</b>		2,000.00	100.00				

Fuente: Elaboración propia.



- **Peso específico y Absorción (NTP 400.021)**

**Tabla N°26** *Peso Específico y Porcentaje de Absorción del agregado de 1/2"*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Muestra Seca (gr)</i>	1,967.00	1,969.00	1,972.00	1,696
<i>Muestra Saturada Seca (gr)</i>	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000
<i>Muestra Sumergida en Agua (gr)</i>	1,246.00	1,250.00	1,252.00	1,249
<i>Peso Específico Seco (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	2.61	2.63	2.64	2.62
<i>Peso Específico Superficial (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	2.65	2.67	2.67	2.66
<i>Peso Específico Aparente (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	2.73	2.74	2.74	2.74
<i>Porcentaje de Absorción (%)</i>	1.68	1.57	1.42	1.56

Fuente: Elaboración propia.

- **Contenido de Humedad (NTP 339.185)**

**Tabla N°27** *Contenido de Humedad del agregado de 1/2"*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Peso Húmedo (gr)</i>	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
<i>Peso Seco (gr)</i>	1,980.50	1,983.60	1,985.50	1,983.20
<i>Contenido de agua (gr)</i>	19.50	16.40	14.50	16.80
<i>Porcentaje de Humedad (%)</i>	0.98	0.83	0.73	0.85

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Diseño de mezcla del concreto permeable

El diseño de mezcla fue elaborado para un concreto permeable, siguiendo la norma ACI 211 en la presente dosificación no se consideró el agregado fino en absoluto. Los resultados se expresaron en las siguientes tablas.

**Tabla N°28** Diseño de Mezcla de un concreto permeable para 1m<sup>3</sup>

Material	Volumen	Porcentaje (%)	Peso por m <sup>3</sup> (kg)
Cemento	0.0845	8.45%	262
Agregado 3/8"	0.7120	71.20%	1,849
Agua	0.1835	18.35%	184
Aire atrapado	0.02	2%	-
Total	1.0000	100.00	2,295

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°29** Diseño de Mezcla de un concreto permeable con Aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4% para 1 m3

Material	Volumen	Porcentaje (%)	Peso por m <sup>3</sup> (kg)
Cemento	0.0845	8.45%	262
Agregado 3/8"	0.7107	71.07%	1,849
Agua	0.1835	18.35%	184
Aire atrapado	0.0200	2%	-
Aditivo Sika Plastiment HE-98	0.0013	0.13%	1.31
Total	1.0000	100.00	2,296.31

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°30** Diseño de Mezcla de un concreto permeable con Aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0% para 1 m<sup>3</sup>

Material	Volumen	Porcentaje (%)	Peso por m <sup>3</sup> (kg)
Cemento	0.0845	8.45%	262
Agregado 3/8"	0.7094	70.94%	1,849
Agua	0.1835	18.35%	184
Aire atrapado	0.02	2%	-
Aditivo Sika Plastiment HE-98	0.0026	0.26%	2.62
<b>Total</b>	<b>1.0000</b>	<b>100.00</b>	<b>2,296.31</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Asentamiento (Slump)

- **Concreto permeable de 3/8"**

**Tabla N°31** Asentamiento del concreto patrón de 3/8"

Muestra	Espécimen	Hora	Slump (")	T (°C)	T. Ambiente (°C)
Concreto Patrón	M1 Patrón	8:20 am	0	29.6	25
	M2 Patrón	8:50 am	0	30.0	25
	M3 Patrón	9:20 am	0	29.8	25
Concreto con Aditivo Sika al 0.4%	M1+S 0.4%	9:50 am	0	30.1	25
	M2+S 0.4%	10:20 am	0	30.1	25
	M3+S 0.4%	10:50 am	0	30.0	25
Concreto con Aditivo Sika al 1.0%	M1+S 1.0%	11:20 am	0	31.0	25
	M2+S 1.0%	11:50 am	0	30.9	25
	M3+S 1.0%	12:20 pm	0	30.8	25

Fuente: Elaboración propia

- **Concreto permeable de 1/2"**

**Tabla N°32** Asentamiento del concreto patrón de 1/2"

Muestra	Espécimen	Hora	Slump (")	T (°C)	T. Ambiente (°C)
Concreto Patrón	M1 Patrón	10:05 am	0	31.2	26
	M2 Patrón	10.35 am	0	31.2	26
	M3 Patrón	11:05 am	0	31.2	26
Concreto con Aditivo Sika al 0.4%	M1+S 0.4%	11:35 am	0	31.1	26
	M2+S 0.4%	12:05 pm	0	31.0	26
	M3+S 0.4%	12:35 pm	0	31.1	26
Concreto con Aditivo Sika al 1.0%	M1+S 1.0%	12:55 pm	0	29.9	26
	M2+S 1.0%	13:05 pm	0	30.0	26
	M3+S 1.0%	13:35 pm	0	30.0	26

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Peso Unitario Suelto y Compactado

#### 3.4.1. Concreto permeable de 3/8"

- **Peso Unitario Suelto**

**Tabla N°33** Peso Unitario Suelto del concreto patrón.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	25.410	25.396	25.627	1,520
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	19.898	19.884	20.115	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,520	1,520	1,530	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°34** Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	25.535	25.631	25.479	1,530
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	20.023	20.119	19.967	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,530	1,530	1,520	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°35** Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	26.608	26.434	26.511	1,600
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	21.096	20.922	20.999	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,610	1,600	1,600	

Fuente: Elaboración propia.

- **Peso Unitario Compactado**

**Tabla N°36** *Peso Unitario Compactado del concreto patrón.*

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	28.205	28.509	28.367	1,740
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	22.693	22.997	22.855	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,730	1,750	1,740	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°37** *Peso Unitario Compactado del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.*

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	28.764	28.509	28.620	1,760
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	23.252	22.997	23.108	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,770	1,750	1,760	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°38** Peso Unitario Compactado del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	29.507	29.295	29.568	
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	23.995	23.783	24.056	1,830
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,830	1,815	1,835	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Concreto permeable de 1/2"

- **Peso Unitario Suelto**

**Tabla N°39** Peso Unitario Suelto del concreto patrón.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	23.337	23.504	22.971	
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	17.825	17.992	17.459	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	1,350
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,360	1,370	1,330	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°40** Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	24.175	24.108	23.941	1,420
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	18.663	18.596	18.429	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m3)	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1,420	1,420	1,410	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°41** Peso Unitario Suelto del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	26.145	26.464	26.327	1,590
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	20.633	20.952	20.815	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m3)	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1,570	1,600	1,590	

Fuente: Elaboración propia.

- **Peso Unitario Compactado**

**Tabla N°42** *Peso Unitario Compactado del concreto patrón.*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Peso Muestra Suelta + molde (kg)</i>	25.034	24.503	24.944	1,470
<i>Peso Molde (kg)</i>	5.512	5.512	5.512	
<i>Peso muestra suelta (kg)</i>	19.522	18.991	19.432	
<i>Peso de agua en molde (kg)</i>	13.114	13.114	13.114	
<i>Factor de calibración (1/m3)</i>	76.25	76.25	76.25	
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m3)</i>	1,490	1,450	1,480	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°43** *Peso Unitario Compactado del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 0.4%.*

<i>Descripción</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>Promedio</i>
<i>Peso Muestra Suelta + molde (kg)</i>	26.305	26.528	26.501	1,600
<i>Peso Molde (kg)</i>	5.512	5.512	5.512	
<i>Peso muestra suelta (kg)</i>	20.793	21.016	20.988	
<i>Peso de agua en molde (kg)</i>	13.114	13.114	13.114	
<i>Factor de calibración (1/m3)</i>	76.25	76.25	76.25	
<i>Peso Unitario Suelto (kg/m3)</i>	1,590	1,600	1,600	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°44** Peso Unitario Compactado del concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.

Descripción	M1	M2	M3	Promedio
Peso Muestra Suelta + molde (kg)	26.801	27.264	26.791	1,630
Peso Molde (kg)	5.512	5.512	5.512	
Peso muestra suelta (kg)	21.289	21.752	21.279	
Peso de agua en molde (kg)	13.114	13.114	13.114	
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25	
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,620	1,660	1,620	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Contenido de vacíos

**Tabla N°45** Contenido de vacíos del concreto permeable de 3/8".

Muestra	Espécimen	Cont. Vacíos Teórico (%)	Densidad Real (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Teórica (Pe) (kg/m <sup>3</sup> )	Cont. Vacíos real (%)	Promedio Cont. Vacíos real (%)
Concreto patrón	M1 Patrón	15	1,730.44	1,600	16	16
	M2 Patrón	15	1,753.62	1,600	16	
	M3 Patrón	15	1,742.79	1,600	16	
Concreto con aditivo Sika 0.4%	M1+S 0.4%	18	1,773.07	1,600	20	20
	M2+S 0.4%	18	1,753.62	1,600	20	
	M3+S 0.4%	18	1,762.09	1,600	20	
Concreto con aditivo Sika 1.0%	M1+S 1.0%	20	1,829.72	1,600	23	23
	M2+S 1.0%	20	1,813.56	1,600	23	
	M3+S 1.0%	20	1,834.38	1,600	23	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°46** Contenido de vacíos del concreto permeable de 1/2"

<i>Muestra</i>	<i>Espécimen</i>	<i>Cont. Vacíos Teórico (%)</i>	<i>Densidad Real (kg/m3)</i>	<i>Densidad Teórica (Pe) (kg/m3)</i>	<i>Cont. Vacíos real (%)</i>	<i>Promedio Cont. Vacíos real (%)</i>
<i>Concreto patrón</i>	M1 Patrón	15	1,488.64	1,600	14	14
	M2 Patrón	15	1,448.15	1,600	14	
	M3 Patrón	15	1,481.78	1,600	14	
<i>Concreto con aditivo Sika 0.4%</i>	M1+S 0.4%	18	1,585.56	1,600	18	18
	M2+S 0.4%	18	1,602.56	1,600	18	
	M3+S 0.4%	18	1,600.43	1,600	18	
<i>Concreto con aditivo Sika 1.0%</i>	M1+S 1.0%	20	1,623.38	1,600	21	21
	M2+S 1.0%	20	1,658.69	1,600	21	
	M3+S 1.0%	20	1,622.62	1,600	21	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Resistencia a la compresión

**Tabla N°47 Resistencia a la Compresión del concreto de 3/8" a los 3 días.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio Kg/cm <sup>2</sup>
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	3 días	
Concreto patrón	M1	10	4,420.00	78.54	56.28	54
	M2	10	4,238.00	78.54	53.96	
	M3	10	3,890.00	78.54	49.54	
	M4	10	4,518.00	78.54	57.52	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	4,764.00	78.54	60.66	59
	M2 0.4%	10	4,544.00	78.54	57.85	
	M3 0.4%	10	4,638.00	78.54	59.05	
	M4 0.4%	10	4,680.00	78.54	59.59	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	5,785.00	78.54	73.66	73
	M2 1.0%	10	5,365.00	78.54	68.30	
	M3 1.0%	10	5,851.00	78.54	74.49	
	M4 1.0%	10	5,845.00	78.54	74.42	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°48 Resistencia a la Compresión del concreto de 3/8" a los 7 días.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	7 días	Kg/cm <sup>2</sup>
Concreto patrón	M1	10	6,800.00	78.54	86.58	
	M2	10	6,520.00	78.54	83.02	
	M3	10	5,986.00	78.54	76.22	84
	M4	10	6,950.00	78.54	88.49	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	7,329.00	78.54	93.32	
	M2 0.4%	10	6,990.00	78.54	89.00	
	M3 0.4%	10	7,135.00	78.54	90.85	91
	M4 0.4%	10	7,200.00	78.54	91.67	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	8,900.00	78.54	113.32	
	M2 1.0%	10	8,253.00	78.54	105.08	
	M3 1.0%	10	9,001.00	78.54	114.61	112
	M4 1.0%	10	8,992.00	78.54	114.49	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°49 Resistencia a la Compresión del concreto de 3/8" a los 28 días.**

Muestra	Especificaciones			Sección (cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)		28 días	Kg/cm <sup>2</sup>
Concreto patrón	M1	10	9,866.00	78.54	125.62	127
	M2	10	10,115.00	78.54	128.79	
	M3	10	10,025.00	78.54	127.64	
	M4	10	9,963.00	78.54	126.85	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	10,676.00	78.54	135.93	137
	M2 0.4%	10	10,869.00	78.54	138.39	
	M3 0.4%	10	10,573.00	78.54	134.62	
	M4 0.4%	10	10,891.00	78.54	138.67	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	12,323.00	78.54	156.90	158
	M2 1.0%	10	11,890.00	78.54	151.39	
	M3 1.0%	10	12,455.00	78.54	158.58	
	M4 1.0%	10	12,905.00	78.54	164.31	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°50 Resistencia a la Compresión del concreto de 1/2" a los 3 días.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio Kg/cm <sup>2</sup>
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	3 días	
Concreto patrón	M1	10	4,049.00	78.54	51.55	53
	M2	10	4,125.00	78.54	52.52	
	M3	10	4,311.00	78.54	54.88	
	M4	10	4,108.00	78.54	52.30	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	4,615.00	78.54	58.76	59
	M2 0.4%	10	4,701.00	78.54	59.86	
	M3 0.4%	10	4,640.00	78.54	59.08	
	M4 0.4%	10	4,614.00	78.54	58.75	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	5,015.00	78.54	63.85	63
	M2 1.0%	10	4,922.00	78.54	62.67	
	M3 1.0%	10	4,949.00	78.54	63.01	
	M4 1.0%	10	4,922.00	78.54	62.66	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°51 Resistencia a la Compresión del concreto de 1/2" a los 7 días.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	7 días	%
Concreto patrón	M1	10	6,417.00	78.54	81.71	81
	M2	10	6,256.00	78.54	79.66	
	M3	10	6,538.00	78.54	83.24	
	M4	10	6,230.00	78.54	79.32	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	6,773.00	78.54	86.24	87
	M2 0.4%	10	6,900.00	78.54	87.86	
	M3 0.4%	10	6,810.00	78.54	86.71	
	M4 0.4%	10	6,772.00	78.54	86.23	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	7,360.00	78.54	93.71	93
	M2 1.0%	10	7,225.00	78.54	91.98	
	M3 1.0%	10	7,264.00	78.54	92.48	
	M4 1.0%	10	7,224.00	78.54	91.97	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°52 Resistencia a la Compresión del concreto de 1/2" a los 28 días.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	28 días	%
Concreto patrón	M1	10	8,879.40	78.54	113.06	115
	M2	10	9,103.50	78.54	115.91	
	M3	10	9,022.50	78.54	114.88	
	M4	10	8,966.70	78.54	114.17	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	9,608.40	78.54	122.34	123
	M2 0.4%	10	9,782.10	78.54	124.55	
	M3 0.4%	10	9,515.70	78.54	121.16	
	M4 0.4%	10	9,801.90	78.54	124.80	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	11,090.70	78.54	141.21	142
	M2 1.0%	10	10,701.00	78.54	136.25	
	M3 1.0%	10	11,209.50	78.54	142.72	
	M4 1.0%	10	11,614.50	78.54	147.88	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7. Permeabilidad

**Tabla N°53** Test de permeabilidad del concreto de 3/8".

Muestra	Espécimen	Cantidad (Litros)	Hora inicial	Hora final	Tiempo (seg)	Tiempo promedio (seg)	Permeabilidad (mm/seg)	Permeabilidad promedio (mm/h)
Concreto patrón	M1	10	9:00:00	9:00:45	45,30		101,184.68	
	M2	10	9:02:00	9:02:50	50,25	49.20	91,217.23	
	M3	10	9:05:00	9:05:48	48,23		95,037.65	93,468.73
	M4	10	9:08:00	9:08:53	53,03		86,435.34	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 - 0.4%	10	9:35:00	9:35:43	43,15		106,226.33	
	M2- 0.4%	10	9:40:00	9:40:40	40,04	40.88	114,477.17	
	M3 - 0.4%	10	9:45:00	9:45:41	41,10		111,524.72	112,267.26
	M4 - 0.4%	10	9:50:00	9:50:39	39,23		116,840.84	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 - 1.0%	10	10:15:00	10:15:40	40,02		114,534.38	
	M2 - 1.0%	10	10:20:00	10:20:38	38,22	38.46	119,928.47	
	M3 - 1.0%	10	10:25:00	10:25:38	38,18		120,054.11	119,268.72
	M4 - 1.0%	10	10:30:00	10:30:37	37,40		122,557.91	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°54 Test de permeabilidad del concreto de 1/2".**

Muestra	Espécimen	Cantidad (Litros)	Hora inicial	Hora final	Tiempo (seg)	Tiempo promedio (seg)	Permeabilidad (mm/seg)	Permeabilidad promedio (mm/h)
Concreto patrón	M1	10	9:00:00	9:00:55	55.18		83,067.52	
	M2	10	9:02:00	9:02:58	58.45		78,420.29	
	M3	10	9:05:00	9:05:52	52.33	54.75	87,591.55	83,882.75
	M4	10	9:08:00	9:08:53	53.02		86,451.64	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 - 0.4%	10	9:35:00	9:35:48	48.23		95,037.65	
	M2 - 0.4%	10	9:40:00	9:40:45	45.10	45.22	101,633.39	
	M3 - 0.4%	10	9:45:00	9:45:43	43.03		106,522.57	101,549.34
	M4 - 0.4%	10	9:50:00	9:50:44	44.50		103,003.73	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 - 1.0%	10	10:15:00	10:15:42	42.58		107,648.33	
	M2 - 1.0%	10	10:20:00	10:20:40	40.41	41.03	113,429.00	
	M3 - 1.0%	10	10:25:00	10:25:41	41.02		111,742.22	111,767.12
	M4 - 1.0%	10	10:30:00	10:30:40	40.12		114,248.90	

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1. Ensayos realizados a los agregados gruesos de 3/8" y 1/2"

El peso unitario suelto y compactado del agregado da a conocer el peso del agregado en volumen, además este será utilizado al momento de elaborar el diseño de mezcla del concreto, siendo el agregado una característica primordial. En la **Tabla N°14** se puede observar el peso unitario suelto promedio del agregado grueso de 3/8", siendo 1,492.70 kg/m<sup>3</sup> y en la **Tabla N°21** se puede observar el peso unitario suelto del agregado grueso de 1/2", con un valor de 1,521.02 kg/m<sup>3</sup>.

Por otro lado, en la **Tabla N°15** se observa el peso unitario compactado del agregado grueso de 3/8", obteniendo un valor de 1,617.25 kg/m<sup>3</sup>. Y por último en la **Tabla N°22** se observa el peso unitario compactado del agregado grueso de 1/2", con un valor de 1,654.47 kg/m<sup>3</sup>.

El análisis granulométrico del agregado, sirve para separar partículas de un agregado, se emplearon las mallas 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°.4 y el fondo. La **Tabla N°62**, muestra que el agregado grueso de 3/8" tiene un módulo de finura de 6.94, además la malla de 3/8" es donde se retienen mayor cantidad de agregado, con un 93%. En la **Tabla N°63**, se observa que el agregado grueso de 1/2" tiene un módulo de finura es de 8.09, además la malla de 1/2" es donde se retienen mayor cantidad de agregado, con un 86%. Se es necesario realizar este ensayo, debido a que de estos resultados dependerá la cantidad de agua necesaria en la mezcla del concreto.

El porcentaje de absorción del agregado, permite calcular el cambio de masa de un agregado, debido al agua que absorbe en sus poros influirá en la durabilidad del concreto ya que está relacionada con la cantidad de espacios vacíos como fisuras, permeabilidad. En la **Tabla N°19**, se observa que el porcentaje de absorción del agregado grueso de 3/8" es 2.61% y en la **Tabla N°26**, el porcentaje de absorción del agregado grueso de 1/2" es de 1.93%.

El peso específico del agregado es la relación existente entre el peso y el volumen, permitirá conocer la densidad del agregado. En la **Tabla N°19**, se observa que el peso específico aparente del agregado grueso de 3/8" es 2,744.50 kg/m<sup>3</sup> y en la **Tabla N°26**, el peso específico aparente del agregado grueso de 1/2" es de 2,735.19 kg/m<sup>3</sup>.

El contenido de humedad, permite determinar el porcentaje total de humedad y dependiendo de estos resultados permitirá reducir el agua de amasado e influirá en la resistencia a compresión del concreto. En la **Tabla N°20**, se observa que el contenido de humedad del agregado grueso de 3/8" es de 0.61% y en la **Tabla N°27**, el contenido de humedad del agregado grueso de 1/2" es de 0.85%.

#### 4.1.2. Ensayos realizados en el concreto en estado fresco.

Una de las propiedades del concreto en estado fresco es el asentamiento (Slump), es para realizar la medición del concreto, es decir determinar la fluidez de la mezcla, ya que este ensayo indica que tan seco o fluido está el concreto. En la **Tabla N°31**, para el concreto permeable de 3/8", se obtuvo un asentamiento de 0" y en la **Tabla N°32**, para el concreto permeable de 1/2", se obtuvo un asentamiento de 0". Lo normal para este tipo de concreto es de 0" a 2".

El peso unitario seco y compactado del concreto, es la densidad del concreto, permite determinar mediante fórmulas el rendimiento, contenido de cemento y el contenido de aire.

En la **Tabla N°33**, se obtuvo el peso unitario suelto promedio del concreto de 3/8" patrón el cual fue de 1,522.47 kg/m<sup>3</sup>, en la **Tabla N°34**, se obtuvo que el peso unitario suelto del concreto de 3/8" con Sika Plastimet HE-98 al 0.4% fue de 1,527.86 kg/m<sup>3</sup> y finalmente en la **Tabla N°35**, el peso unitario suelto del concreto de 3/8" con Sika Plastiment HE-98 al 1.0% fue de 1,601.76 kg/m<sup>3</sup>.

En la **Tabla N°36**, se obtuvo el peso unitario compactado del agregado de 3/8" patrón el cual fue de 1,742.29 kg/m<sup>3</sup>, en la **Tabla N°37**, el peso unitario compactado del concreto de 3/8" con Sika Plastiment HE-98 al 0.4% fue de 1,762.93 kg/m<sup>3</sup> y por último en la **Tabla N°38**, el peso unitario compactado del concreto de 3/8" con Sika Plastiment HE-98 al 1.0% fue de 1,825.89 kg/m<sup>3</sup>.

En la **Tabla N°39**, se obtuvo el peso unitario suelto promedio del concreto de 1/2" patrón el cual fue de 1,354.18 kg/m<sup>3</sup>, en la **Tabla N°40**, el peso unitario suelto del concreto de 1/2" con Sika Plastimet HE-98 al 0.4% fue de 1,415.48 kg/m<sup>3</sup> y en la **Tabla N°41**, el peso unitario suelto del concreto de 1/2" con Sika Plastiment HE-98 al 1.0% fue de 1,586.09 kg/m<sup>3</sup>.

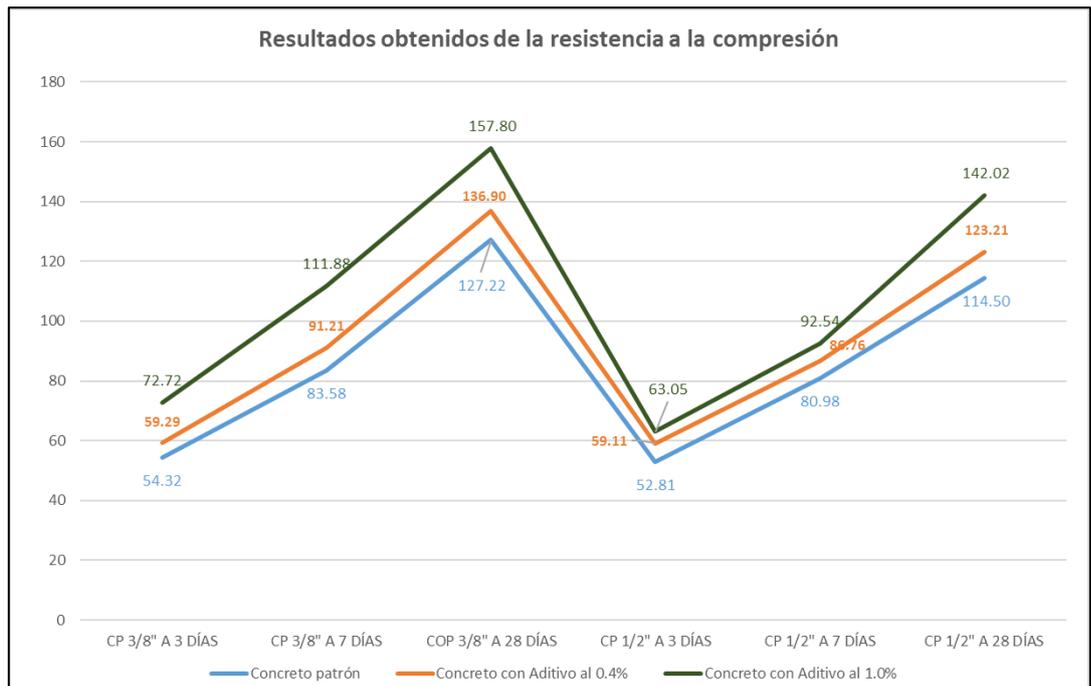
En la **Tabla N°42**, se obtuvo el peso unitario compactado del agregado de 1/2" patrón el cual fue de 1,7472.85 kg/m<sup>3</sup>, en la **Tabla N°43**, el peso unitario compactado del concreto de 1/2" con Sika Plastiment HE-98 al 0.4% fue de 1,596.18 kg/m<sup>3</sup> y finalmente en la **Tabla N°44**, el peso unitario compactado del concreto de 1/2" con Sika Plastiment HE-98 al 1.0% fue de 1,634.89 kg/m<sup>3</sup>.

El contenido de vacíos del concreto, permite determinar el contenido de vacíos de una mezcla, el contenido de aire está en función de las proporciones en que se combinan los materiales, se puede ver la **Tabla N°45**, la cual indica que el porcentaje de vacíos del concreto de 3/8" patrón fue de 16%, del concreto de 3/8" con Sika Plastiment HE-98 al 0.4% fue de 20% y finalmente el concreto con Sika Plastiment HE-98 al 1.0% fue de 23%

Asimismo, se observó en la **Tabla N°46**, el concreto de 1/2" patrón obtuvo un porcentaje de vacíos del 14%, del concreto de 1/2" con Sika Plastiment HE-98 al 0.4% fue de 18% y del concreto de 1/2" con Sika Plastiment HE-98 al 1.0% fue de 20%.

#### 4.1.3. Ensayos realizados en el concreto en estado endurecido.

La propiedad mecánica más resaltante del concreto en estado endurecido es la resistencia a la compresión, se tuvo que someter a esfuerzo aplicando una carga axial sobre las probetas cilíndricas elaboradas en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

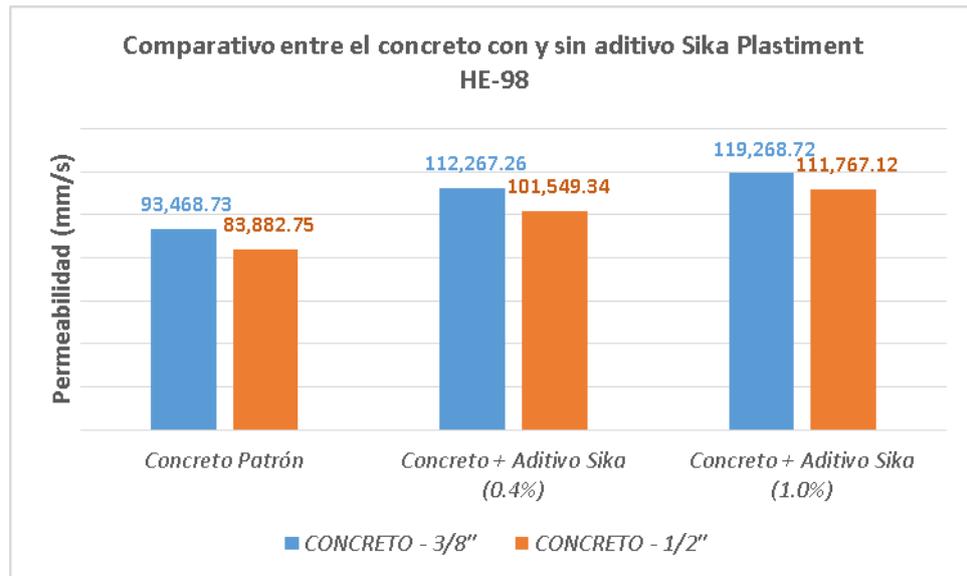


**Figura N° 8** Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión.

En la **Figura N° 8**, se muestra los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de 3/8" y 1/2", incluyendo los que tienen aditivo Sika Plastiment HE-98, se puede observar en la gráfica que la línea superior es del concreto con aditivo al 1.0%, la línea intermedia del concreto con aditivo al 0.4% y finalmente la línea inferior corresponde al concreto patrón. Asimismo, se observan las resistencias de acuerdo a las edades de 3, 7 y 28 días del concreto de 3/8" y de 1/2" representada en las **Tablas N°47, 48, 49, 50, 51 y 52**, las diferentes resistencias en función a las edades del concreto, dando como resultado que el concreto de 3/8" con adición del aditivo obtiene una mejor resistencia a la compresión en comparación al concreto de 1/2" con adición de aditivo.

La permeabilidad del concreto se refiere a la cantidad de flujo de líquido que pasa por los poros del concreto en función al tiempo.

En la **Tabla N°53** y **Tabla N°54**, se muestran los resultados obtenidos del ensayo de permeabilidad, según la norma ASTM C 1701, dando como resultado que el concreto con agregado de 3/8" con adición del aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%, permite un mayor flujo de agua a través de los poros del concreto que el concreto con agregado de 1/2" con adición del aditivo Sika Plastiment HE-98 al 1.0%. Asimismo, en la **Figura N°9** se observa la comparación del concreto sin o con aditivo.



**Figura N°9** Comparación entre el concreto con y sin aditivo Sika Plastiment HE-98.

En cuanto al análisis de costo-beneficio entre el concreto convencional y el concreto permeable, se puede determinar que el concreto permeable es más económico y permitirá que el agua filtre al sub suelo, evitando encharcamientos o agrietamientos en la superficie. Para demostrar la economía del concreto permeable, se tomó como ejemplo la construcción de 500m<sup>2</sup> de ciclo vía.

- **Área de ciclo vía: 500m<sup>2</sup>.**
- **Espesor de vía: 10 cm**
- **Ver Tabla N°55** Costo unitario para 1 m<sup>2</sup> de ciclo vía sin aditivo Sika Plastiment HE-98.
- **Ver Tabla N°56** Costo unitario para 1 m<sup>2</sup> de ciclo vía con aditivo Sika Plastiment HE-98.
- Se observa en la **Tabla N°57** Costo total de 500 m<sup>2</sup> de ciclo vía, que el costo por m<sup>2</sup> utilizando el aditivo Sika Plastiment HE-98 es más económico que utilizar la partida de materiales convencional. Además, brindará una mejor trabajabilidad del concreto cuando este en estado fresco y a su vez mejorará la permeabilidad,

permitiendo que el agua filtre a través de los poros conectados hacia el sub suelo.

#### 4.2 Conclusiones

En la presente investigación se concluyó lo siguiente:

- Se determinó que el aditivo Sika Plastiment HE-98 influye de manera positiva en el concreto, dándole más resistencia y permitiendo un buen flujo del agua en el interior de los especímenes ensayados.
- Se realizó la caracterización del agregado grueso de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{8}$ " concluyendo, que el mejor agregado para elaborar el concreto permeable es el agregado grueso de  $\frac{3}{8}$ ".
- Se realizó el diseño de mezcla para 1 m<sup>3</sup> de concreto con agregado grueso de  $\frac{3}{8}$ " y  $\frac{1}{2}$ ". Así mismo con y sin adición de aditivo Sika Plastiment HE-98.
- Se determinó mediante la norma ASTM C 39, que el concreto permeable de  $\frac{3}{8}$ " con Sika Plastiment HE-98 al 1.0% obtuvo una mayor resistencia a los 28 días de curado en comparación que el concreto de  $\frac{1}{2}$ " con Sika Plastiment HE-98 al 1.0%.
- Se determinó mediante la Norma ASTM C 1701, la permeabilidad del concreto, siendo el concreto con aditivo el que permitió un mejor flujo del agua.
- Se comparó y analizó los datos obtenidos, dando como resultado que el concreto permeable de  $\frac{3}{8}$ " posee una mejor resistencia a la compresión y una mejor permeabilidad que el agregado grueso de  $\frac{1}{2}$ ". No obstante, este concreto con agregado de  $\frac{3}{8}$ ", mejora aún más su resistencia y permeabilidad con la adición del aditivo Sika Plastiment HE-98.
- Se comparó el concreto permeable con el convencional y se demostró que la calidad en cuanto a resistencia no va a ser igual de alta, sin embargo, este podrá ser utilizado en zonas de bajo tránsito, como, por ejemplo: veredas, estacionamientos, parques, ciclo vías, zonas urbanas, entre otros.

## REFERENCIAS

- (s.f.).
- Aceros Arequipa. (2009).
- Abanto. (1999). *Tecnología del Concreto*. Lima: Editorial San Marcos.
- ACI 201.2R-01. (2001). *Durabilidad del Concreto*.
- ACI. (2010). *REPORT ON PERVIOUS CONCRETE*.
- Aire, C. (2010). *CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO*. Obtenido de INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO.
- Alcalde, S. (2015). *EVALUACIÓN DEL AGREGADO PROVENIENTE DE LA CANTERA "RÍO CAJAMARQUINO" PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTO RÍGIDO, CAJAMARCA 2015*. Cajamarca.
- American Concrete Institute. (s.f.).
- ASTM C 143. (1996). *MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA ASENTAMIENTO DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO*.
- ASTM C 1688. (1996). *STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY AND VOID CONTENT OF FRESHLY MIXED PERVIOUS CONCRETE*.
- ASTM C 1701. (1996). *STANDARD TEST METHOD FOR INFILTRATION RATE OF IN PLACE PERVIOUS CONCRETE*.
- ASTM C 1701. (s.f.). *Test de infiltración para concreto permeable*.
- ASTM C 231. (1996). *MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO MEDIANTE EL MÉTODO POR PRESIÓN*.
- ASTM C 31. (1996). *PRÁCTICA NORMALIZADA PARA PREPARACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO DE CONCRETO EN LA OBRA*.
- ASTM C 39. (1996). *MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO*.
- ASTM C 494. (s.f.).
- ASTM C 494. (1996). *ESPECIFICACIÓN NORMALIZADA DE ADITIVOS QUÍMICOS PARA CONCRETO*.
- Barahona, I. y. (2013). *COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO AGREGADO GRUESO DE LAS CANTERAS EL CARMEN, ARANUACA Y LA PEDRERA, DE LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR*. San Miguel.
- Briones Blandón, Y. D., & Ríos Sánchez, L. A. (2016). *DISEÑO COMPARATIVO DE MEZCLA DE CONCRETO HIDRÁULICO*. Managua.
- Candelas, L. (2008). *EL CONCRETO MASIVO*. D.F. Mexico.
- Chaiña Quispe y Villanueva Escobedo. (2017). *"DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE, PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS, UTILIZANDO PIEDRA HUSO 67 Y ARENA GRUESA DE LA CANTERA LA PODEROSA, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA"*. Arequipa.
- CONCRETO ECOLÓGICO DE MÉXICO S.A. (s.f.). Mexico.
- Environmental Protection Agency, Aire. (2011). *A pervious concrete design for water recovery*.
- Flores Quispe, C. E., & Pacompia Calcina, I. A. (2015). *DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PERMEABLE CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO PARA PAVIMENTOS F'C 175KG/CM2 EN LA CIUDAD DE PUNO*. Puno.
- Flores, L. T. (2010). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PERMEABLE O ECOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN*. México DF.
- Francisco Játiva Valverde. (2014). *"Desarrollo de hormigones permeables enfocado al diseño de mezclas, construcción de obras y a la protección ambiental basado en las normas ACI, ASTM e INEN"*. Quito. Obtenido de Quito
- Guzman. (2011). Protección y Curado Capítulo 8. En Guzman, *Tecnología del Concreto* (págs. 157-158). Bogotá: ASOCRETO.
- Guzmán, D. S. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá: Bhandar.
- Harmsen. (2002). *Diseño de estructuras de concreto*. Lima: FONDO EDITORIAL.

- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (2004). *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/cyt/enero04/enero2004.htm>
- Kosmatka, S. H., Beatrix Kerkhoff, W. C., & Jussara, T. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois: Portland Cement Association.
- Kumar, & Monteiro. (1998). *Concreto Estructura, Propiedades y Materiales*. México D.F.: Instituto Mexicano del cemento y del Concreto A.C.
- Laguna Alemán, J. A., & Piedrahita Gonzalez, O. J. (2017). *Estudio comparativo de mezclas de concreto poroso utilizando materiales disponibles en Cartagena de Indias para uso de pavimentos en parqueaderos*. Cartagena de Indias.
- Miguel Velazco. (2016). *UNICON*.  
N.T.P. 400.037 . (2014).  
NTP 334.009. (2005). *Cementos Portland Requisitos*. Lima.  
NTP 339.034. (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima .  
NTP 339.185. (2013). *Método para determinar el contenido de humedad del agregado*. Lima.  
NTP 400.012. (2013). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima.  
NTP 400.017. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos de los agregados*. Lima.  
NTP 400.021. (16 de Mayo de 2002). *Metodo de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.  
NTP 400.021. (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso*. Lima.  
Ramírez. (2009).  
Sika Perú. (Diciembre de 2018). *Sika Perú*.  
UNICON. (2016). Excelente solución para áreas de estacionamiento, pasos peatonales y veredas expuestas a lluvia o empozamiento de agua. *Concreto Ecológico para sistemas urbanos sostenibles*. Lima, Perú.  
Yura. (27 de Setiembre de 2018). *AGREGADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO*.

## ANEXOS

### ANEXO N°.1. Tablas

#### Anexo N°.1.1. Costos unitarios para 1 m<sup>2</sup> de ciclo vía.

**Tabla N°55 Costo unitario para 1 m<sup>2</sup> sin aditivo Sika Plastiment HE-98.**

<b>Rendimiento:100 m<sup>2</sup>/día</b>	<b>Jornada: 8 horas</b>		<b>Costo unitario por m<sup>2</sup>:</b>		<b>s/.63.69</b>
<b>Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio s/.</b>	<b>Parcial s/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					<b>s/.2.68</b>
Peón	hh	2.0000	0.1600	16.73	2.68
<b>Materiales</b>					<b>s/.59.74</b>
Cemento Portland Tipo I	und		1.2500	26.00	32.50
Agregado grueso	kg		0.1250	25.33	3.17
Agregado fino	kg		0.0111	127.12	1.41
Agua	kg		0.0470	0.60	0.03
Madera para encofrado	P2		3.5000	5.50	19.25
Clavos	kg		0.2500	4.50	1.13
Alambre negro #16	kg		0.3500	4.50	2.25
<b>Equipos/Herramientas</b>					<b>s/. 1.27</b>
Herramientas manuales (3%MO)	%MO		3.0000	0.0804	0.25
Vibrador de concreto 4HP 18 PL.	hm	1.0000	0.0800	12.71	1.02

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°56 Costo unitario para 1 m<sup>2</sup> con aditivo Sika Plastiment HE-98.**

<b>Rendimiento:100 m<sup>2</sup>/día</b>	<b>Jornada: 8 horas</b>		<b>Costo unitario por m<sup>2</sup>:</b>		<b>s/.62.55</b>
<b>Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio s/.</b>	<b>Parcial s/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					<b>s/.2.68</b>
Peón	hh	2.0000	0.1600	16.73	2.68
<b>Materiales</b>					<b>s/.58.60</b>
Cemento Portland Tipo I	und		1.2500	26.00	32.50
Agregado grueso	kg		0.1250	25.33	3.17
Sika Plastiment HE-98	kg		0.00625	42.60	0.27

Agua	kg		0.0470	0.60	0.03
Madera para encofrado	P2		3.5000	5.50	19.25
Clavos	kg		0.2500	4.50	1.13
Alambre negro #16	kg		0.3500	4.50	2.25
<b>Equipos/Herramientas</b>					<b>s/. 1.27</b>
Herramientas manuales (3%MO)	%MO		3.0000	0.0804	0.25
Vibrador de concreto 4HP 18 PL.	hm	1.0000	0.0800	12.71	1.02

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°57** Costo total de 500 m2 cuadrado de ciclo vía.

Detalle	Unidad	Área de vereda (m2)	Precio s/.	Parcial s/.
Vereda sin aditivo y con presencia de finos.	M2	500.00	63.69	31,845
Vereda con aditivo Sika Plastiment HE-98 y sin presencia de finos.	M2	500.00	62.55	31,275

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo N°.1.2.** Caracterización de agregados.

**Tabla N°58** Resultados estadísticos del Peso Unitario Suelto del agregado grueso de 3/8".

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso muestra suelta + molde (kg)	25.088	25.112	25.062
Peso molde (kg)	5.512	5.512	5.512
Peso muestra suelta (kg)	19.576	19.600	19.550
Peso del agua en el molde (kg)	13.114	13.114	13.114
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,492.76	1,494.59	1,490.77
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1,492.70		
Varianza	3.64		
Desviación estándar	1.91		
Coefficiente de variación	0.0013		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°59** Resultados estadísticos del Peso Unitario Compactado del agregado grueso de 3/8".

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso muestra suelta + molde (kg)	26.701	26.762	26.692
Peso molde (kg)	5.512	5.512	5.512
Peso muestra suelta (kg)	21.196	21.250	21.180
Peso del agua en el molde (kg)	13.114	13.114	13.114
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,616.288	1,620.406	1,615.068
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1,617.25		
Varianza	7.82		
Desviación estándar	2.80		

Coeficiente de variación	0.0017
--------------------------	--------

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°60** Resultados estadísticos del Peso Unitario Suelto del agregado grueso de 1/2".

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso muestra suelta + molde (kg)	25.450	25.514	25.412
Peso molde (kg)	5.512	5.512	5.512
Peso muestra suelta (kg)	19.938	20.002	19.900
Peso del agua en el molde (kg)	13.114	13.114	13.114
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,520.36	1,525.24	1,517.46
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1,521.02		
Varianza	15.45		
Desviación estándar	3.93		
Coeficiente de variación	0.0026		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°61** Resultados estadísticos del Peso Unitario Compactado del agregado grueso de 1/2"

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso muestra suelta + molde (kg)	27.202	27.262	27.162
Peso molde (kg)	5.512	5.512	5.512
Peso muestra suelta (kg)	21.690	21.750	21.650
Peso del agua en el molde (kg)	13.114	13.114	13.114
Factor de calibración (1/m <sup>3</sup> )	76.25	76.25	76.25
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,653.96	1,658.53	1,650.91
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1,654.47		
Varianza	14.73		

<i>Desviación estándar</i>	3.84
<i>Coefficiente de variación</i>	0.0023

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°62** Módulo de finura del agregado grueso de 3/8".

TAMIZ	MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03	
	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO
2"	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	-	-	-	-	-	-
1"	-	-	-	-	-	-
3/4"	-	-	-	-	-	-
1/2"	0.31	0.31	0.19	0.19	0.10	0.10
3/8"	92.64	92.95	93.63	93.82	94.27	94.37
N°.4	6.93	99.88	6.09	99.91	5.54	99.91
N°. 8	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 16	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 30	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 50	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 100	-	100.00	-	100.00	-	100.00
<b>TOTAL</b>		693.14		693.91		694.38
<b>MOD. FINEZA PROMEDIO</b>		6.93		6.94		6.94
<b>Varianza</b>				0.0000		
<b>Desviación Estándar</b>				0.007		
<b>Coefficiente de variación</b>				0.001		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°63 Módulo de finura del agregado grueso de 1/2".**

TAMIZ	MUESTRA 01		MUESTRA 02		MUESTRA 03	
	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO
2"	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	-	-	-	-	-	-
1"	-	-	-	-	-	-
3/4"	11.79	11.8	10.84	10.84	11.25	11.25
1/2"	86.00	97.79	87.46	98.31	86.81	98.06
3/8"	2.15	99.94	1.63	99.94	1.89	99.95
N°.4	-	99.94	-	99.94	-	99.95
N°. 8	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 16	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 30	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 50	-	100.00	-	100.00	-	100.00
N°. 100	-	100.00	-	100.00	-	100.00
<b>TOTAL</b>		809.46		809.02		809.21
<b>MOD. FINEZA PROMEDIO</b>		8.09		8.09		8.09
<b>Varianza</b>				0.000		
<b>Desviación Estándar</b>				0.002		
<b>Coficiente de variación</b>				0.0003		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°64** Resultados estadísticos del Peso específico y absorción del agregado grueso de 3/8"

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)	1,259.00	1,253.00	1,251.00
Peso de la muestra seca (g)	1,971.90	1,972.60	1,975.70
Peso específico de masa	2.66	2.64	2.64
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2.70	2.68	2.67
Peso específico aparente	2.77	2.74	2.73
Porcentaje de absorción (%)	1.43	1.39	1.23
PROMEDIO		1.35	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°65** Parámetros estadísticos del peso específico y absorción del agregado grueso de 3/8"

Parámetros	Pe. Específico	Pe. EMSSS	Pe. EA	Abs%
Varianza	0.000	0.000	0.000	0.011
Desviación Estándar	0.011	0.015	0.021	0.106
Coefficiente de Variación	0.004	0.006	0.008	0.078

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°66** Resultados estadísticos del Peso específico y absorción del agregado grueso de 1/2"

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Peso de la muestra saturada dentro del agua (g)	1,246.00	1,250.00	1,252.00
Peso de la muestra seca (g)	1,967.00	1,969.00	1,972.00
Peso específico de masa	2.61	2.63	2.64
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2.65	2.67	2.67
Peso específico aparente	2.73	2.74	2.74
Porcentaje de absorción (%)	1.68	1.57	1.42
PROMEDIO		1.56	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°67** *Parámetros estadísticos del peso específico y absorción del agregado grueso de 1/2"*

Parámetros	Pe. E. de masa	Pe. EMSSS	Pe. EA	Abs%
Varianza	0.000	0.000	0.000	0.017
Desviación Estándar	0.015	0.011	0.007	0.131
Coeficiente de Variación	0.006	0.004	0.003	0.084

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°68** *Resultados estadísticos del Contenido de humedad del agregado grueso de 3/8"*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra húmeda (g)	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Peso de la muestra seca (g)	1,490.90	1,488.60	1,493.10
Contenido de agua (g)	9.10	11.40	6.90
Contenido de humedad (%)	0.61	0.77	0.46
Promedio		0.61	
Varianza		0.023	
Desviación Estándar		0.1518	
Coeficiente de Variación		0.25	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°69** *Resultados estadísticos del Contenido de humedad del agregado grueso de 1/2"*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra húmeda (g)	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Peso de la muestra seca (g)	1,980.50	1,983.60	1,985.50
Contenido de agua (g)	19.50	16.40	14.50
Contenido de humedad (%)	0.98	0.83	0.73
Promedio		0.85	
Varianza		0.016	
Desviación Estándar		0.1258	
Coeficiente de Variación		0.15	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°70 Resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 3 días de curado.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	3 días	Kg/cm <sup>2</sup>
Concreto patrón	M1	10	4,420.00	78.54	56.28	
	M2	10	4,238.00	78.54	53.96	
	M3	10	3,890.00	78.54	49.54	54.32
	M4	10	4,518.00	78.54	57.52	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	4,764.00	78.54	60.66	
	M2 0.4%	10	4,544.00	78.54	57.85	
	M3 0.4%	10	4,638.00	78.54	59.05	59.29
	M4 0.4%	10	4,680.00	78.54	59.59	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	5,785.00	78.54	73.66	
	M2 1.0%	10	5,365.00	78.54	68.3	
	M3 1.0%	10	5,851.00	78.54	74.49	72.72
	M4 1.0%	10	5,845.00	78.54	74.42	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°71 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 3 días de curado.**

Grupo	n	Promedio	Desviación Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	54.32	3.51
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	59.29	1.17
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	72.72	2.97

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°72 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 3/8" a los 3 días de curado.**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Cuadrado Medio	Factor Fisher	Probabilidad
Entre grupos	724.36	2	362.18	48.22	0.0000
Dentro de los grupos	67.60	9	7.51		
Total	791.97	11			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°73 Resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 7 días de curado.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	ESPÉCIMEN	D (CM)	CARGA MÁXIMA (KG)	SECCIÓN (CM <sup>2</sup> )	7 DÍAS	KG/CM <sup>2</sup>
Concreto patrón	M1	10	6,800.00	78.54	86.58	83.58
	M2	10	6,520.00	78.54	83.02	
	M3	10	5,986.00	78.54	76.22	
	M4	10	6,950.00	78.54	88.49	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	7,329.00	78.54	93.32	91.21
	M2 0.4%	10	6,990.00	78.54	89	
	M3 0.4%	10	7,135.00	78.54	90.85	
	M4 0.4%	10	7,200.00	78.54	91.67	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	8,900.00	78.54	113.32	111.88
	M2 1.0%	10	8,253.00	78.54	105.08	
	M3 1.0%	10	9,001.00	78.54	114.61	
	M4 1.0%	10	8,992.00	78.54	114.49	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°74 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 7 días de curado.**

Grupo	n	Promedio	Desviación Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	83.58	5.40
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	91.21	1.80
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	111.88	4.57

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°75 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 3/8" a los 7 días de curado.**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grado Libertad	Cuadrado Medio	Factor F	Probabilidad
Entre grupos	1,714.73	2	857.36	48.27	0.0000
Dentro de los grupos	159.85	9	17.76		
Total	1,854.58	11			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°76 Resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 28 días de curado.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio Kg/cm <sup>2</sup>
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	28 días	
Concreto patrón	M1	10	9,866.00	78.54	125.62	
	M2	10	10,115.00	78.54	128.79	127.22
	M3	10	10,025.00	78.54	127.64	
	M4	10	9,963.00	78.54	126.85	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	10,676.00	78.54	135.93	
	M2 0.4%	10	10,869.00	78.54	138.39	136.90
	M3 0.4%	10	10,573.00	78.54	134.62	
	M4 0.4%	10	10,891.00	78.54	138.67	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	12,323.00	78.54	156.90	
	M2 1.0%	10	11,890.00	78.54	151.39	157.80
	M3 1.0%	10	12,455.00	78.54	158.58	
	M4 1.0%	10	12,905.00	78.54	164.31	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°77 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 3/8" a los 28 días de curado.**

Grupo	n	Promedio	Desviación Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	127.23	1.33
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	136.92	1.96
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	157.80	5.32

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°78 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 3/8" a los 28 días de curado.**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Cuadrado Medio	Factor Fisher	Probabilidad
Entre grupos	1,952.98	2	976.49	86.37	0.0000
Dentro de los grupos	101.75	9	11.31		
Total	2,054.74	11			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°79 Resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 3 días de curado.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	3 días	Kg/cm <sup>2</sup>
Concreto patrón	M1	10	4,049.00	78.54	51.55	52.81
	M2	10	4,125.00	78.54	52.52	
	M3	10	4,311.00	78.54	54.88	
	M4	10	4,108.00	78.54	52.3	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	4,615.00	78.54	58.76	59.11
	M2 0.4%	10	4,701.00	78.54	59.86	
	M3 0.4%	10	4,640.00	78.54	59.08	
	M4 0.4%	10	4,614.00	78.54	58.75	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	5,015.00	78.54	63.85	63.05
	M2 1.0%	10	4,922.00	78.54	62.67	
	M3 1.0%	10	4,949.00	78.54	63.01	
	M4 1.0%	10	4,922.00	78.54	62.66	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°80 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 3 días de curado.**

Grupo	n	Promedio	Desviación Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	52.81	1.44
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	59.11	0.52
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	63.05	0.56

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°81 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 1/2" a los 3 días de curado.**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grado Libertad	Cuadrado Medio	Factor Fisher	Probabilidad
Entre grupos	213.24	2	106.62	120.40	0.0000
Dentro de los grupos	7.97	9	0.89		
Total	221.21	11			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°82 Resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 7 días de curado.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	7 días	%
Concreto patrón	M1	10	6,417.00	78.54	81.71	
	M2	10	6,256.00	78.54	79.66	80.98
	M3	10	6,538.00	78.54	83.24	
	M4	10	6,230.00	78.54	79.32	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	6,773.00	78.54	86.24	
	M2 0.4%	10	6,900.00	78.54	87.86	86.76
	M3 0.4%	10	6,810.00	78.54	86.71	
	M4 0.4%	10	6,772.00	78.54	86.23	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	7,360.00	78.54	93.71	
	M2 1.0%	10	7,225.00	78.54	91.98	92.54
	M3 1.0%	10	7,264.00	78.54	92.48	
	M4 1.0%	10	7,224.00	78.54	91.97	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°83 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 7 días de curado.**

Grupo	n	Promedio	Desviación Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	80.98	1.84
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	86.76	0.77
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	92.54	0.82

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°84 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 1/2" a los 7 días de curado.**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Cuadrado Medio	Factor Fisher	Probabilidad
Entre grupos	266.92	2	133.46	86.33	0.0000
Dentro de los grupos	13.91	9	1.55		
Total	280.83	11			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°85 Resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 28 días de curado.**

Muestra	Especificaciones				Res. Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Promedio
	Espécimen	D (cm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	28 días	%
Concreto patrón	M1	10	8,879.40	78.54	113.06	114.5024828
	M2	10	9,103.50	78.54	115.91	
	M3	10	9,022.50	78.54	114.88	
	M4	10	8,966.70	78.54	114.17	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 0.4%	10	9,608.40	78.54	122.34	123.2114209
	M2 0.4%	10	9,782.10	78.54	124.55	
	M3 0.4%	10	9,515.70	78.54	121.16	
	M4 0.4%	10	9,801.90	78.54	124.80	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 1.0%	10	11,090.70	78.54	141.21	142.0158518
	M2 1.0%	10	10,701.00	78.54	136.25	
	M3 1.0%	10	11,209.50	78.54	142.72	
	M4 1.0%	10	11,614.50	78.54	147.88	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°86 Cálculo de la desviación estándar en la resistencia a la compresión del concreto de 1/2" a los 28 días de curado.**

Grupo	n	Promedio	Desviación Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	114.50	1.21
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	123.21	1.76
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	142.02	4.78

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°87 Análisis de varianza de la Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto de 1/2" a los 7 días de curado.**

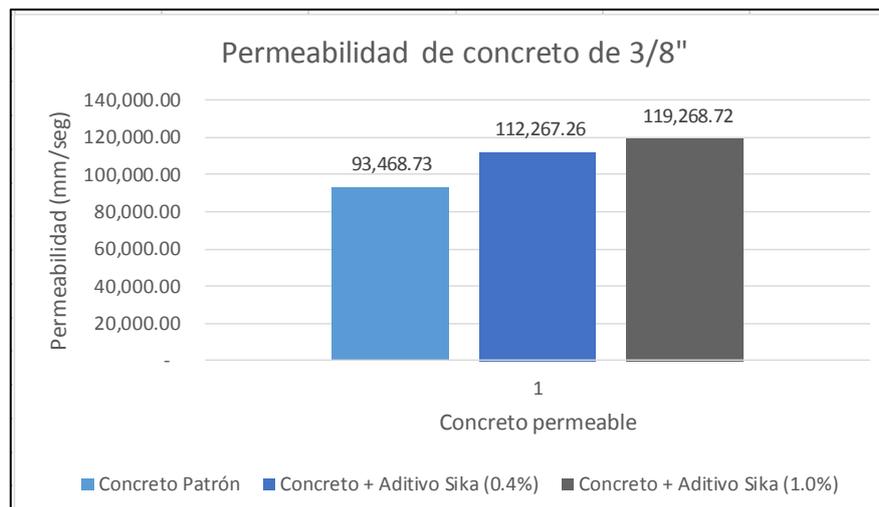
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grado Libertad	Cuadrado Medio	Factor Fisher	Probabilidad
Entre grupos	1,581.92	2	790.96	86.37	0.0000
Dentro de los grupos	82.42	9	9.16		
Total	1,664.33	11			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°88 Permeabilidad del concreto de 3/8"**

Muestra	Espécimen	Cantidad (Litros)	Hora inicial	Hora final	Tiempo (seg)	Tiempo promedio (seg)	Permeabilidad (mm/seg)	Permeabilidad promedio (mm/seg)
Concreto patrón	M1	10	9:00:00	9:00:45	45,30		101,184.68	
	M2	10	9:02:00	9:02:50	50,25	49.20	91,217.23	
	M3	10	9:05:00	9:05:48	48,23		95,037.65	93,468.73
	M4	10	9:08:00	9:08:53	53,03		86,435.34	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 - 0.4%	10	9:35:00	9:35:43	43,15		106,226.33	
	M2 - 0.4%	10	9:40:00	9:40:40	40,04	40.88	114,477.17	
	M3 - 0.4%	10	9:45:00	9:45:41	41,10		111,524.72	112,267.26
	M4 - 0.4%	10	9:50:00	9:50:39	39,23		116,840.84	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 - 1.0%	10	10:15:00	10:15:40	40,02		114,534.38	
	M2 - 1.0%	10	10:20:00	10:20:38	38,22	38.46	119,928.47	
	M3 - 1.0%	10	10:25:00	10:25:38	38,18		120,054.11	119,268.72
	M4 - 1.0%	10	10:30:00	10:30:37	37,40		122,557.91	

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N°10 Comparación de permeabilidad entre los tipos de concretos empleados.**

**Tabla N°89** Cálculo de la desviación estándar en la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.

Grupo de tratamiento	n	Promedio	Desv. Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	93,468.73	6.23
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	112,267.26	4.58
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	119,268.72	3.38

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°90** Análisis de varianza de la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.

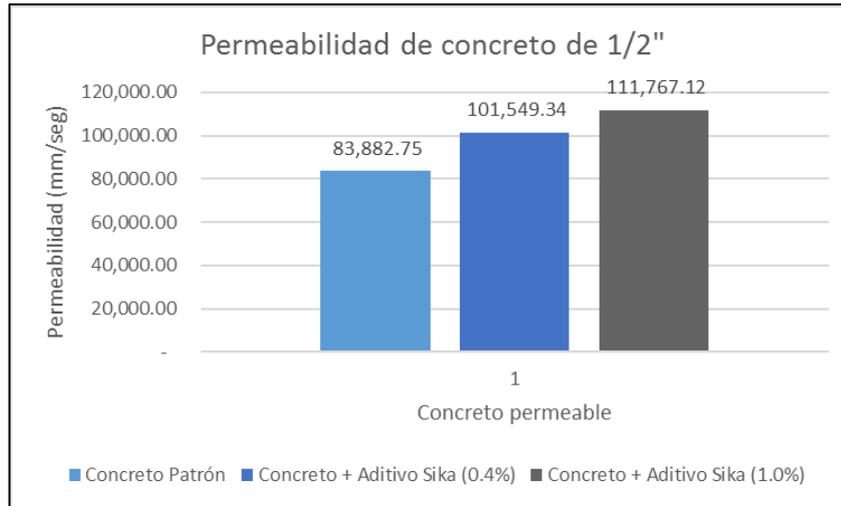
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	de Libertad	Grado	Cuadrado Medio	Factor Fisher	Probabilidad
Entre grupos	1,424,060,023.50	2		712,030,011.75	29.99	0.000104646
Dentro de los grupos	213,665,641.25	9		23,740,626.81		
Total	1,637,725,664.75	11				

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°91** Permeabilidad del concreto de 1/2".

Muestra	Espécimen	Cantidad (Litros)	Hora inicial	Hora final	Tiempo (seg)	Tiempo promedio (seg)	Permeabilidad (mm/seg)	Permeabilidad promedio (mm/seg)
Concreto patrón	M1	10	9:00:00	9:00:55	55.18		83,067.52	
	M2	10	9:02:00	9:02:58	58.45		78,420.29	
	M3	10	9:05:00	9:05:52	52.33	54.75	87,591.55	83,882.75
	M4	10	9:08:00	9:08:53	53.02		86,451.64	
Concreto con Aditivo al 0.4%	M1 - 0.4%	10	9:35:00	9:35:48	48.23		95,037.65	
	M2 - 0.4%	10	9:40:00	9:40:45	45.10	45.22	101,633.39	
	M3 - 0.4%	10	9:45:00	9:45:43	43.03		106,522.57	101,549.34
	M4 - 0.4%	10	9:50:00	9:50:44	44.50		103,003.73	
Concreto con Aditivo al 1.0%	M1 - 1.0%	10	10:15:00	10:15:42	42.58		107,648.33	
	M2 - 1.0%	10	10:20:00	10:20:40	40.41	41.03	113,429.00	
	M3 - 1.0%	10	10:25:00	10:25:41	41.02		111,742.22	111,767.12
	M4 - 1.0%	10	10:30:00	10:30:40	40.12		114,248.90	

Fuente: Elaboración propia.



**Figura N°11** Comparación de permeabilidad entre los tipos de concreto utilizados.

**Tabla N°92** Cálculo de la desviación estándar en la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.

Grupo de tratamiento	n	Promedio	Desv. Estándar
CONCRETO PATRÓN	4	83,882.75	4.12
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 0.4%	4	101,549.34	4.80
CONCRETO CON SIKA PLASTIMENT HE-98 AL 1.0%	4	111,767.12	2.94

Fuente: Elaboración propia.

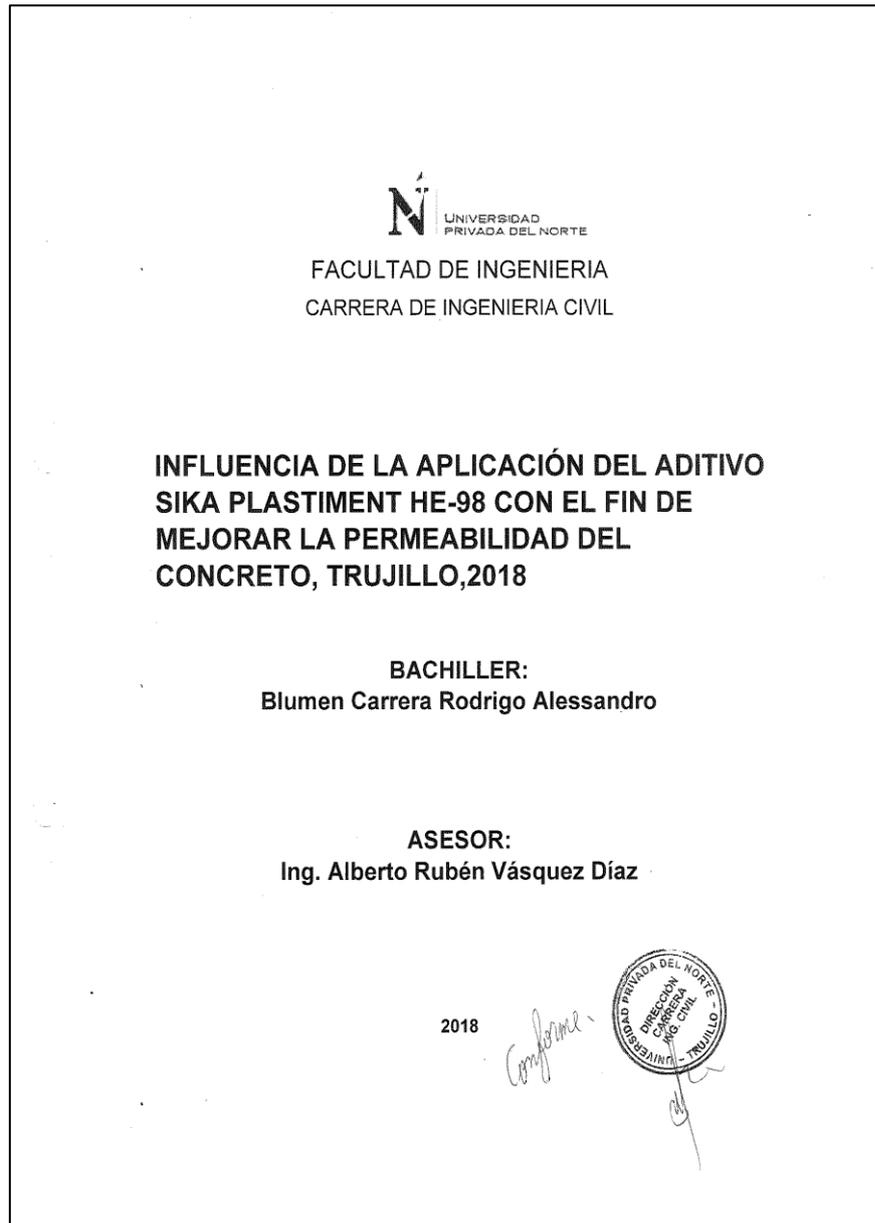
**Tabla N°93** Análisis de varianza de la permeabilidad del concreto a los 28 días de curado.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	de	Grado Libertad	Cuadrado Medio	Factor Fisher	Probabilidad
Entre grupos	1,592,065,176.68		2	796,032,588.34	49.07	0.0000144
Dentro de los grupos	146,000,967.79		9	16,222,329.75		
Total	1,738,066,144.47		11			

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO N°2 Panel Fotográfico**

**Anexo N°2.1 Aprobación del proyecto de tesis.**



**Figura N°12 Aprobación del proyecto de tesis.**

**Anexo N°2.2** Separación de los agregados gruesos



**Figura N°13** Separación del agregado grueso de 1/2" y el agregado de 3/8".

Anexo N°2.3 Tamices normados.



Figura N°14 Selección de tamices normalizados.

**Anexo N°2.4** Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado.



**Figura N°15** Compactación del peso unitario compactado.

**Anexo N°2.5** Ensayo de Análisis Granulométrico.



**Figura N°16** Tamizado los agregados en los tamices normados.

**Anexo N°2.6** Ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado.



*Figura N° 17* Enrasando el agregado con una varilla de acero.

**Anexo N°2.7** Ensayo de Porcentaje de Absorción del agregado.



**Figura N°18** Agregando el agregado a la malla metálica sumergida.

**Anexo N° 2.8. Dosificación de materiales para mezcla de concreto.**



*Figura N°19 Distribución de los materiales a utilizar para elaborar el concreto.*

**Anexo N° 2.9** Elaboración del concreto permeable de ½"



**Figura N°20** Vertiendo el agregado al trompo mezclador.

**Anexo N° 2.11** Ensayo de Peso Unitario Suelto del concreto de ½"



**Figura N°21** Registro del peso del concreto en el recipiente de peso unitario.

**Anexo N° 2.12** Ensayo de Peso Unitario Compactado del concreto de ½"



**Figura N°22** Compactación para el peso unitario compactado.

**Anexo N° 2.13** Ensayo de Contenido de Aire del concreto de 1/2"



*Figura N°23* Realizando el ensayo de contenido de aire del concreto.

**Anexo N° 2.14** Elaboración de probetas de concreto de 4"x8".



**Figura N°24** Especímenes de concreto de 1/2" utilizando probetas Forney.

**Anexo N° 2.15** Elaboración de concreto permeable de 3/8".



**Figura N°25** Realizando la homogenización del concreto de 3/8".

**Anexo N° 2.17** Ensayo de Peso Unitario Suelto del concreto de 3/8".



**Figura N°26** Registro del peso del concreto en el recipiente de peso unitario.

**Anexo N° 2.18** Retiro del cono de Abrahams del concreto de 3/8".



**Figura N°27** Verificación del asentamiento del concreto de 3/8".

**Anexo N° 2.19** Ensayo de Contenido de vacíos del concreto de 3/8".



**Figura N°28** Registro del peso del concreto en el recipiente de peso unitario.

**Anexo N° 2.20** Probetas de concreto con adición de aditivo Sika Plastiment HE-98.



**Figura N°29** Especímenes de concreto con aditivo Sika Plastiment HE-98.

**Anexo N° 2.21** Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto (ASTM C 39)



*Figura N°30* Realizando el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

**Anexo N° 2.22** Ensayo de permeabilidad del concreto



*Figura N°31* Preparación de ensayo de permeabilidad.

**Anexo N° 2.23** Anillo de pvc para ensayo de test de infiltración (ASTM C 1701)



**Figura N°32** Anillo de infiltración casero de pvc 10 cm de altura.

**Anexo N° 2.24** Test de infiltración del concreto permeable (ASTM C 1701)



**Figura N°33** Registro de infiltración en espécimen de concreto permeable.

**ANEXO N°3 Fichas técnicas y normas.**

**Anexo N° 3.1 Ficha técnica aditivo Sika Plastiment HE-98**



BUILDING TRUST

## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# Sika® Plastiment® HE-98

---

ADITIVO PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE

---

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

Es un aditivo plastificante e impermeabilizante libre de cloruros que produce en el concreto un aumento en su trabajabilidad logrando una reducción en la relación agua / cemento.

**USOS**

Plastiment® HE-98 es un aditivo de uso universal y su empleo es recomendable en todos los concretos de obras civiles, edificaciones, prefabricados y en general, en toda obra de concreto donde:

- Se exija un concreto de calidad.
- Se tenga que elaborar elementos esbeltos.
- Se requiera superficies en concreto caravista.
- Se necesite facilitar las labores de colocación.
- En todo tipo de obras hidráulicas (canales, presas, piscinas, cisternas, entre otros).

**CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS**

Mejora la trabajabilidad en el concreto fresco, facilitando las labores de colocación de éste.

- Permite reducir el agua de amasado en el concreto produciendo incrementos en las resistencias mecánicas.
- Aumento de la impermeabilidad.
- Disminución de las retracciones.
- No contiene cloruros.
- Colocación del concreto con una ligera vibración en los lugares con gran cuantía de acero o poco accesible.
- Rapidez en la colocación del concreto bombeado gracias a la mejora de su trabajabilidad (slump).

**CERTIFICADOS / NORMAS**

Plastiment® HE-98 cumple con la norma ASTM C 494 tipo A

---

**INFORMACIÓN DEL PRODUCTO**

<b>Base Química</b>	Base de lignosulfonato modificado.
<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Paquete de 4 envases PET x 4 Litros.</li> <li>▪ Cilindro x 200 Litros.</li> <li>▪ Dispenser x1000L</li> </ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Líquido / Pardo oscuro
<b>Vida Útil</b>	12 meses.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	Se puede almacenar por 1 año en su envase original cerrado, sin deterioro si se mantiene en un lugar fresco y bajo techo
<b>Densidad</b>	1.17 ± 0.02 kg/L

---

**INFORMACIÓN TÉCNICA**

---

Hoja De Datos Del Producto  
 Sika® Plastiment® HE-98  
 Diciembre 2018, Versión 01.01  
 021303011000000149

1 / 3

**Figura N°34** Ficha técnica del aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98

## Anexo N° 3.2 Ficha técnica aditivo Sika Plastiment HE-98

<b>Recomendaciones Específicas</b>	La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales, tipo de cemento y en las condiciones de obra. • Dosificaciones superiores a la recomendada puede ocasionar incorporación de aire en la mezcla.
<b>INFORMACIÓN DE APLICACIÓN</b>	
<b>Dosificación Recomendada</b>	La dosis recomendada varía entre el 0.4% y 1.0% del peso del cemento.
<b>DOSIFICACIÓN</b>	<b>ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plastiment® HE-98 se utiliza diluido en la última parte del agua de amasado del concreto de acuerdo a la dosificación prescrita.</li> <li>• Se recomienda no preparar soluciones de antemano, por cuanto el aditivo tiene mayor densidad que el agua.</li> <li>• Si no se dispone de dosificadores de aditivo, debe emplearse un recipiente con la medida exacta para cada amasado.</li> <li>• El Plastiment® HE-98 se puede usar en combinación con otros aditivos como incorporadores de aire tipo SikaAer®, inhibidores de corrosión tipo Sika® Ferroguard®-901, súper plastificantes tipo Sikament®, Sika ViscoCrete® entre otros.</li> </ul>	<b>NOTAS LEGALES</b>
<b>DOCUMENTOS ADICIONALES</b>	La Hoja de Datos de Seguridad del Material para este producto está disponible para las partes interesadas. Pueden solicitarlo a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descárguelo a través de Internet en nuestro sitio web: <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>
<p>PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Plastiment® HE-98 :</p> <p>1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS</p> 	
<p>2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL</p> 	
<b>NOTAS</b>	
Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.	
<b>RESTRICCIONES LOCALES</b>	
Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto	
<p>Hoja De Datos Del Producto Sika® Plastiment® HE-98 Diciembre 2018, Versión 01.01 021503011000000149</p>	 <b>BUILDING TRUST</b>
2 / 3	

**Figura N°35** Ficha técnica del aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98

Anexo N° 3.3 Ficha técnica Cemento Portland Tipo I.



**PACASMAYO**

**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
 Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
 Teléfono 317 - 6000



**ISO  
9001**  
Unidad Certificada

G-CC-F-04  
Versión 03

**Cemento Portland Tipo I**

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
 Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA

**Resistencia Compresión :**

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.  
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.  
 (\*) Requisito opcional.



**Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas**  
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

Figura N°36 Ficha técnica del cemento Portland Tipo I de la empresa Pacasmayo.

**Anexo N° 3.4** Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

<hr/>	
<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 400.037 2014</b>
<hr/>	
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145	Lima, Perú
<hr/>	
<p><b>AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto</b></p>	
AGGREGATES. Standard Specification for Concrete Aggregates	
Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 33/C33M:2013, Standard Specification for Concrete Aggregates, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International	
<b>2014-12-30 3ª Edición</b>	
<hr/>	
R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14 I.C.S.:91.100.30 Descriptor: Agregados, concreto, requisitos	Precio basado en 20 páginas <b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
<hr/>	
© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014	

**Figura N°37** Norma NTP 400.037, 2014.

**Anexo N°3.5** Método de ensayo para normalizado para contenido de humedad total y evaporable de agregados por secado.

<b>NORMA TÉCNICA</b>	<b>NTP 339.185</b>
<b>PERUANA</b>	<b>2013</b>

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2013-08-07**  
**2ª Edición**

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24 Precio basado en 08 páginas  
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**  
Descriptores: Agregados, secado, contenido de humedad © ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

**Figura N°38** Norma NTP 339.185, 2013.

**Anexo N° 3.6** Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

<hr/>	
<b>NORMA TÉCNICA</b>	<b>NTP 400.012</b>
<b>PERUANA</b>	<b>2013</b>
<hr/>	
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145	Lima, Perú
<hr/>	
 <b>AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global</b>	
AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates	
 <b>2013-01-16</b> <b>3ª Edición</b>	
 <i>PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL</i>	
<hr/>	
R.0006-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-02-01	Precio basado en 15 páginas
I.C.S.: 91.100.30	<b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
Descriptores: agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico	
 © INDECOPI 2013	

**Figura N°39** Norma NTP 400.012, 2013.

**Anexo N° 3.7** Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados.

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 400.017 2011</b>
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI Calle De la Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú	

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados**

AGGREGATE. Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 29/C29M-2009 Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2011-02-02  
3ª Edición**

R.0002-2011/ CNB- INDECOPI. Publicada el 2011-03-12 Precio basado en 14 páginas  
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**  
Descriptores: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario, vacíos en agregados

**Figura N°40** Norma NTP 400.017, 2011.

**Anexo N°3.8** Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico)  
y la absorción del agregado grueso.

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 400.021 2013</b>
Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú	

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso**

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of coarse Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 127-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2013-12-26**  
**3ª Edición**

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 17 páginas  
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**  
Descriptores: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

**Figura N°41** Norma NTP 400.021, 2013.