



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL ADITIVO RETARDANTE SIKA RETARDER
PE Y SU DOSIFICACIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN Y FRAGUADO EN EL CONCRETO, TRUJILLO
- 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Mark Giancarlo Arévalo Cachay

Asesor:

Ing. Alberto Vásquez Díaz

Trujillo – Perú

2020

DEDICATORIA

Le dedico esta investigación a mi Padre y a mi Madre que me dieron la vida y que me solventaron mis estudios en toda mi vida académica.

A Dios por darme las fuerzas para seguir adelante y cumplir mis metas.

También se la dedico a mis docentes los cuales me han formado en todos mis años de universitario que con el tiempo supe madurar y hoy en día me encuentro culminando una etapa de mi vida.

A mi asesor el cual siempre me mantuvo en pie con sus consejos y ayudo aprender más sobre el tema que hoy trato en mi investigación.

A todos los que me apoyaron y que talvez no encuentre las palabras de agradecimiento adecuadas, pero pertenecen a parte de mi progreso y por ello les dedico esta investigación.

A mi jurado que jamás tuvo una negativa y que siempre estuvieron atentos a mi avance.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco la presente investigación a mi familia que siempre me apoyo en todo momento, también a mi asesor que me mantuvo motivo para culminar el proyecto, finalmente a todo el personal de UPN que es mi centro de estudios y donde siempre recibí apoyo desde mis docentes hasta el personal de laboratorio que siempre estuvo atento a mis necesidades.

No encuentro las palabras adecuadas para decirles lo bien que me sentí cuando recibí el apoyo de mi centro de estudios el cual me ha formado en el profesional que soy.

Gracias a todos aquellos que me motivaron a seguir adelante con esta investigación.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulacióndel problema	15
1.3. Justificación	15
1.4. Objetivos	16
1.5. Hipótesis	17
• 1.5.1. Hipótesis general	17
• 1.5.2. Hipótesis específicas	18
• 1.5.3. Variable independiente	18
○ 1.5.3.1. Aditivo Retardante – Sika Retarder PE	19
• 1.5.4. Variable dependiente	19
• 1.5.4.1. Resistencia a la compresión	19
• 1.5.4.2. Tiempo de fraguado del cemento	20
1.6. Antecedentes	20
1.7. Bases teóricas	22
• 1.7.1. El Concreto	22
• 1.7.2. Componentes	23
• 1.7.3. Cemento	23
• 1.7.4. Agregados	23
• 1.7.5. Agregado fino	24
• 1.7.6. Agregado grueso	24
• 1.7.7. Aditivos	24
○ 1.7.7.1. Aditivo retardante de fraguado	25
○ 1.7.7.2. Sika Retarder PE	26
1.8. Métodos de diseño	26
• 1.8.1. Método del Comité ACI 211	26
1.9. Normas y ensayos	29
• 1.9.1. Análisis Granulométrico	29
• 1.9.2. Peso específico del agregado grueso	31
• 1.9.3. Peso específico del agregado fino	33
• 1.9.4. Peso unitario de los agregados grueso y fino	34

• 1.9.5.Calidad del agua en el concreto	36
• 1.9.6.Resistencia a la compresión	37
• 1.9.7.Tiempo de fraguado (aguja de Vicat)	38
1.10.Análisis Estadístico	40
• 1.10.1.Medía Aritmética	41
1.11.Medida de dispersión	41
• 1.11.1.Varianza	41
• 1.11.2.Desviación estándar	42
• 1.11.3.Coeficiente de variación	43
1.12.Variable aleatoria continua	43
1.13.Distribución normal	43
1.14.Distribución muestral	44
• 1.14.1.Tamaño de la muestra	44
• 1.14.2.Test de Shapiro-Wilk	45
1.15.Homogeneidad de varianza	46
• 1.15.1.Test Levene	46
1.16.Pruebas de hipótesis	47
• 1.16.1.Anova	47
• 1.16.2.T-student	48
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	49
2.1.Tipo de investigación	49
• 2.1.1.Según el propósito de la investigación	49
• 2.1.2.Según el diseño de investigación	49
• 2.1.3.Diseño de investigación	49
2.2.Población	49
2.3.Muestra	50
2.4.Unidad de estudio	55
2.5.Técnica e instrumentos de recolección de datos	56
• 2.5.1.Técnica e instrumento de análisis de datos	56
• 2.5.2.Gráfico de procedimiento experimental	58
2.6.Procedimiento experimental	59
• 2.6.1.Selección de materia prima	59
• 2.6.2.Caracterización de agregados	59
• 2.6.3.Granulometría del agregado grueso y fino según NTP 400.012	60

• 2.6.4.Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco de los agregados según NTP 400.017	61
• 2.6.5.Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022	63
• 2.6.6.Peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021	65
• 2.6.7.Diseño de Mezcla (ACI 211)	66
• 2.6.8.Asentamiento del concreto en estado fresco según NTP 339.035	67
• 2.6.9.Elaboración de probetas cilíndricas NTP 339.183	68
• 2.6.10.Resistencia a la compresión NTP 339.034	69
• 2.6.11.Tiempo de fraguado el cemento portland (Método de Vicat) NTP 334.006	70
2.7.Aspectos Éticos	71
CAPITULO III. RESULTADOS	72
3.1.Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas	72
• 3.1.1.Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto convencional	72
• 3.1.3.Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 0.4 %	78
• 3.1.4.Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 0.6%	81
• 3.1.5.Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 0.8%	84
• 3.1.6.Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 1%	87
• 3.2.Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat)	90
• 3.2.1.Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto convencional	90
• 3.2.2.Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.2%)	94
• 3.2.3.Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.4%)	97
• 3.2.4.Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.6%)	102
• 3.2.5.Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.8%)	106
• 3.2.6.Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (1%)	111
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	117
4.1.Discusión	117
• 4.1.1. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto convencional vs concreto con Sika Retarder PE	117
• 4.1.2.Tiempo de fraguado (Aguja de Vicat) – concreto convencional vs concreto con Sika Retarder PE	130
4.2.Conclusiones	137

REFERENCIAS.....	140
ANEXOS.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Hipótesis Específica.....	18
Tabla 2 Volumen de agregado grueso por volumen de concreto	26
Tabla 3 Modulo de fineza de la combinación de agregados.....	28
Tabla 4 Cantidad de muestra.....	30
Tabla 5 Granulometría del agregado fino.....	30
Tabla 6 Requisitos Granulométricos del agregado grueso	30
Tabla 7 Muestreo para peso específico para agregado grueso.....	32
Tabla 8 Tolerancias de tiempo permisible para ensayo.....	38
Tabla 9 Valores de la distribución normal estandarizada.....	51
Tabla 10 Coeficiente de variación.....	51
Tabla 11 Cantidad de muestras	55
Tabla 12 Descripción de la probeta cilíndrica.....	55
Tabla 13 Densidad del agua de acuerdo a su temperatura.....	62
Tabla 14 Resistencia a la compresión de probetas de concreto convencional – 7 días.....	72
Tabla 15 Resistencia a la compresión de probetas de concreto convencional – 14 días.....	73
Tabla 16 Resistencia a la compresión de probetas de concreto convencional – 28 días.....	74
Tabla 17 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.2%) – 7 días	75
Tabla 18 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.2%) – 14 días	76
Tabla 19 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.2%) – 28 días	77
Tabla 20 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.4%) – 7 días	78
Tabla 21 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.4%) –14 días	79
Tabla 22 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.4%) –28 días	80
Tabla 23 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.6%) –7 días	81
Tabla 24 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.6%) –14 días	82
Tabla 25 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.6%) –28 días	83
Tabla 26 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.8%) –7días	84
Tabla 27 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.8%) –14 días	85
Tabla 28 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.8%) –28 días	86
Tabla 29 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (1%) –7 días	87
Tabla 30 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (1%) –14 días	88
Tabla 31 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (1%) –28 días	89
Tabla 32 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 1	90
Tabla 33 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 2	91
Tabla 34 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 3	92
Tabla 35 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 4	93

Tabla 36 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 1.....	94
Tabla 37 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 2.....	95
Tabla 38 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 3.....	96
Tabla 39 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 4.....	97
Tabla 40 Resultados del aditivo al 0.4 % de retardante – ensayo 1.....	98
Tabla 41 Resultados del aditivo al 0.4 % de retardante – ensayo 2.....	99
Tabla 42 Resultados del aditivo al 0.4 % de retardante – ensayo 3.....	100
Tabla 43 Resultados del aditivo al 0.4 % de retardante – ensayo 4.....	101
Tabla 44 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 1.....	102
Tabla 45 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 2.....	103
Tabla 46 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 3.....	104
Tabla 47 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 4.....	105
Tabla 48 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 1.....	106
Tabla 49 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 2.....	107
Tabla 50 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 3.....	108
Tabla 51 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 4.....	110
Tabla 52 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 1.....	111
Tabla 53 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 2.....	112
Tabla 54 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 3.....	114
Tabla 55 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 4.....	115
Tabla 56 Comparaciones de diferentes concretos a 7 días	121
Tabla 57 Comparaciones de diferentes concretos a 14 días	123
Tabla 58 Comparaciones de diferentes concretos a 28 días	125
Tabla 59 Comparaciones de diferentes concretos a 28 días	127
Tabla 60 Homogeneidad de varianza	127
Tabla 61 ANOVA.....	127
Tabla 62 Prueba de normalidad.....	128
Tabla 63 Homogeneidad de varianza	128
Tabla 64 ANOVA.....	128
Tabla 65 Prueba de normalidad.....	128
Tabla 66 Homogeneidad de varianza	129
Tabla 67 ANOVA.....	129
Tabla 68 Tiempo de fraguado concreto patrón.....	131
Tabla 69 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.2%.....	131
Tabla 70 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.4%	132
Tabla 71 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.6%	132
Tabla 72 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.8%	133
Tabla 73 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 1%	133
Tabla 74 Prueba de normalidad.....	136

Tabla 75 Homogeneidad de varianza	136
Tabla 76 ANOVA.....	136
Tabla 77 Prueba de normalidad.....	137
Tabla 78 Prueba de normalidad.....	137
Tabla 79 ANOVA.....	137
Tabla 80 Resultado Granulometría del agregado fino.....	143
Tabla 81 Granulometría del agregado grueso	144
Tabla 82 Peso específico y absorción del agregado fino.....	145
Tabla 83 Peso específico y absorción del agregado grueso.....	146
Tabla 84 Factor de calibración del molde para PUSS Y PUCS	146
Tabla 85 Peso unitario suelto y compactado del AG.....	147
Tabla 86 Resultados de PUCS y PUSS del agregado grueso	147
Tabla 87 Pesos obtenido en laboratorio del PUSS y PUCS del agregado fino.....	147
Tabla 88 Resultados de PUCS y PUSS del agregado fino	148
Tabla 89 Contenido de humedad del agregado grueso.....	148
Tabla 90 Contenido de humedad del agregado fino.....	149
Tabla 91 ACI- cantidad de agua requerida.....	150
Tabla 92 ACI- Relación agua cemento	150
Tabla 93 ACI- Volumen del agregado grueso.....	151
Tabla 94 Diseño de mezcla Según ACI 211.....	153
Tabla 95 Costo del concreto convencional por m ³	154
Tabla 96 Costo del concreto convencional con 0.2% de aditivo SIKA RETARDER	155
Tabla 97 Costo del concreto convencional con 0.4% de aditivo SIKA RETARDER	156
Tabla 98 Costo del concreto convencional con 0.6% de aditivo SIKA RETARDER	157
Tabla 99 Costo del concreto convencional con 0.8% de aditivo SIKA RETARDER	158
Tabla 100 Costo del concreto convencional con 1% de aditivo SIKA RETARDER.....	159

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resistencia a la compresión a concreto convencional.....	117
Gráfico 2 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.2%	118
Gráfico 3 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.4%	119
Gráfico 4 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.6%	119
Gráfico 5 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.6%	120
Gráfico 6 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 1%	121
Gráfico 7 Comparativa de resistencia obtenida a 7 días.....	122
Gráfico 8 Barras de error resistencia a la compresión 7 días.....	122
Gráfico 9 Comparativa de resistencia obtenida a 14 días.....	123
Gráfico 10 Barras de error resistencia a la compresión 14 días.....	124
Gráfico 11 Comparativa de resistencia obtenida a 28 días.....	125
Gráfico 12 Barras de error resistencia a la compresión 28 días.....	126
Gráfico 13 Influencia del retardante tiempo inicial.....	134
Gráfico 14 Barras de error tiempo de fraguado inicial.....	134
Gráfico 15 Influencia del retardante tiempo final	135
Gráfico 16 Barras de error tiempo de fraguado final.....	135
Gráfico 17 Granulometría del agregado fino	143
Gráfico 18 Granulometría del agregado grueso	144

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Probetas cilíndrica.....	160
Ilustración 2 Probetas cilíndricas 20 cm x 10 cm.....	160
Ilustración 3 Prensa hidráulica.....	161
Ilustración 4 Panel de control de prensa hidráulica.....	162
Ilustración 5 Rotura de probetas.....	163
Ilustración 6 Rotura de probetas en prensa hidráulica.....	164
Ilustración 7 Rotura diagonal de probeta cilíndrica.....	165
Ilustración 8 Laboratorio de tecnología del concreto.....	166

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Peso del agregado grueso	27
Ecuación 2 Volumen del agregado grueso	27
Ecuación 3 Volumen del agregado grueso	27
Ecuación 4 Peso del agregado fino	27
Ecuación 5 Porcentaje del agregado fino respecto al volumen total	28
Ecuación 6 Peso del agregado fino para un metro cubico de concreto.....	29
Ecuación 7 Peso del agregado grueso para un metro cubico de concreto.....	29
Ecuación 8 Peso específico del agregado fino	34
Ecuación 9 Peso específico de masa saturada con superficie seca	34
Ecuación 10 Peso específico aparente y Absorción	34
Ecuación 11 Media muestral.....	41
Ecuación 12 Media poblacional.....	41
Ecuación 13 Varianza	42
Ecuación 14 Varianza para datos no agrupados.....	42
Ecuación 15 Desviación estándar para datos no agrupados	42
Ecuación 16 Desviación estándar para datos agrupados	43
Ecuación 17 Coeficiente de variación.....	43
Ecuación 18 Distribución normal.....	43
Ecuación 19 Variante estadística	44
Ecuación 20 Desviación estándar de distribución nominal	44
Ecuación 21 Fórmula de muestra para la presente investigación	45
Ecuación 22 Test de Levene	46
Ecuación 23 Test de Levene	47
Ecuación 24 T-student	48
Ecuación 25 Error – T student	48
Ecuación 26 Muestra.....	50
Ecuación 27 Aplicación de la muestra	52
Ecuación 28 Aplicación de la muestra	53
Ecuación 29 Fórmula de módulo de finura empleado.....	61
Ecuación 30 Factor de calibración del molde.....	62
Ecuación 31 Fórmula para obtener el PUCS o PUSS	63
Ecuación 32 Peso específico del agregado fino	65
Ecuación 33 Absorción del agregado fino	65
Ecuación 34 Peso específico del agregado grueso	66
Ecuación 35 Absorción del agregado grueso	66
Ecuación 36 Fórmula de resistencia a la compresión.....	69

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del aditivo retardante SIKA RETARDER PE a porcentajes del 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1% cuantificando su resistencia a la compresión y su tiempo de fraguado, para ello se realizó un diseño de mezcla para un concreto $f'_c=210$ kg/cm². Previo al diseño fue necesario la caracterización de agregado grueso y agregado fino con la finalidad de que sea óptimo para ser usado en un concreto para construcción. Para ello se obtuvo resultados de peso específico, porcentaje de humedad, porcentaje de absorción, peso unitario suelto seco, peso unitario compactado seco y granulometría del agregado. Una vez el diseño de mezcla estuvo conforme a lo establecido en la norma ACI 211, se procedió a la elaboración de testigos cilíndricos para ser sometidos a compresión de la cual se obtuvo los resultados de 180.24 ± 5.03 kg/cm² para el testigo patrón, 151.82 ± 4.21 kg/cm² para concreto con aditivo al 0.2%, 183.17 ± 4.18 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.4%, 195.47 ± 3.14 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.6%, 204.47 ± 5.25 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.8% y 185.63 ± 5.88 kg/cm² para el concreto con aditivo al 1% todos los resultados obtenidos a los 7 días de curado; también se obtuvo 193.03 ± 5.87 kg/cm² para el testigo patrón, 172.37 ± 5.09 kg/cm² para concreto con aditivo al 0.2%, 205.50 ± 5.50 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.4%, 217.64 ± 5.11 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.6%, 216.04 ± 6.41 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.8% y 220.50 ± 6.74 kg/cm² para el concreto con aditivo al 1% todos los resultados obtenidos a los 14 días de curado; finalmente, se obtuvo 195.36 ± 4.94 kg/cm² para el testigo patrón, 208.77 ± 5.78 kg/cm² para concreto con aditivo al 0.2%, 209.81 ± 3.46 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.4%, 229.98 ± 5.88 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.6%, 242.03 ± 6.98 kg/cm² para el concreto con aditivo al 0.8% y 244.80 ± 7.01 kg/cm² para el concreto con aditivo al 1% todos los resultados obtenidos a los 28 días de curado. Como últimos resultados que se obtuvieron se afirma que el tiempo de fraguado inicial de la mezcla es de 126 ± 7 minutos para la muestra patrón, 154 ± 9 minutos para la muestra con aditivo al 0.2%, 200 ± 12 minutos para la muestra con aditivo al 0.4%, 405.25 ± 18 minutos para la muestra con aditivo al 0.6%, 538 ± 22 minutos para la muestra con aditivo al 0.8% y finalmente 594 ± 28 minutos para la muestra con aditivo al 1%.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad la preparación del concreto en la construcción a nivel mundial esta cabalmente normalizada, pues es el material más significativamente utilizado en la

construcción alrededor del mundo (Cuéllar, 2018). Este es el motivo por el cual la industria de la construcción se ha mostrado con una visión preocupada de desarrollar concreto con mejor desempeño, de manera técnica, económica y además ecológica. Siendo así que se busca nuevas cualidades al concreto, que estos contribuyan al ahorro energético y a su vez de las emisiones contaminantes

En México se establecieron los parámetros de uso de acuerdo a las normatividades establecidas, se explica las condiciones ambientales a las que se trabaja el concreto y el tipo de aditivos que existen en el mercado hoy en día para su trabajabilidad. Así también el uso de acuerdo a las condiciones de diseño y resistencia a la que será trabajado el concreto (Santiago, 2011).

En Colombia, el cemento tipo III desarrolla altas resistencias a edades tempranas.

Conocer los tiempos de fraguado inicial y final, es importante porque así se puede estimar el tiempo disponible para mezclar, transportar, colocar, vibrar, etc.

En la mezcla de concreto elaborada con cemento Tipo III, con o sin aditivos se observó una resistencia a la compresión de tipo creciente, entonces los tiempos de fraguado serán menores (Catellón, 2013).

En Venezuela, para los ensayos de asentamiento se observó que en las mezclas con aditivo Sika plast200VE se obtuvo un valor promedio de 5", mientras que en las mezclas sin aditivo se logró un valor de 4", lo cual indica que el aditivo permite una mayor trabajabilidad. Empleando el aditivo no se obtiene un aumento de resistencia final, sino un aumento de resistencia a edades tempranas (Villalobos & Villalobos, 2010).

En Perú y Trujillo se conoce sobre una diversa gama de aditivos retardantes, el cual lleva a un amplio conocimiento sobre este tipo de aditivos entre ellos se encuentra la empresa SIKA que ofrece un aditivo para retardar el tiempo de fragua del concreto.

El aditivo SIKA PLAST 200VE mejora las características de la mezcla, es decir permite reducir la cantidad de cemento aprovechando el incremento de resistencia logrado con la reducción de agua optimizado (Villalobos & Villalobos, 2010).

El asentamiento para cualquier relación a/c, experimento incrementos mínimos con dosis de aditivo Superplastificante de 250 ml, e incrementos máximos con dosis de aditivo Superplastificante de 1050 ml. Además, se encontró que la temperatura mínima y máxima promedio alcanzadas por las mezclas de concreto fueron 17.8°C y 19.2°C respectivamente (Mayta, 2014).

Un caso especial de concreto el cual fue alterado para reducir su tiempo de fraguado se hace referencia a la aplicación de diatomita la cual disminuye de manera directamente proporcional a la cantidad de aditivo usado, debido a que la diatomita reduce el calor de hidratación provocando que el concreto endurezca a largo plazo (Sanchez, 2018).

La empresa SIKA PERU SAC ha puesto a disposición en el mercado un producto denominado Sika® Retarder PE, el cual es un aditivo retardante de fragua que permite mantener la trabajabilidad del concreto en el tiempo, exento de cloruros.

Los aditivos son importantes y su uso se extiende cada vez más, por la aportación que hacen a la economía de la mezcla; por la necesidad de modificar las características del concreto de tal forma que éstas se adapten a las condiciones de la obra y a los requerimientos del constructor. Existen diversas necesidades en la actualidad especialmente en las construcciones las cuales están expuestas a altas temperaturas donde se produce un fraguado violento y se tiene la necesidad de mantener la trabajabilidad de la mezcla durante un mayor periodo. Asimismo, con la implementación del concreto premezclado existen diversas empresas las cuales transportan el concreto al lugar donde se realiza la obra y se requiere que el concreto tenga un mayor tiempo de fraguado debido a la demora ya sea por tránsito o distancia en llegar a la obra.

El aditivo estabilizador de hidratación (AEH) se difiere de un aditivo retardador convencional por el intervalo de control sobre la variedad de reacciones en la superficie de los granos de cemento y se compone de una tecnología que tiene como objetivo controlar la hidratación del cemento permitiendo que el hormigón

permanezca en estado plástico/fresco durante más tiempo, lo que lo convierte en una alternativa viable para la reutilización de residuos de hormigón.

El aditivo retardante juega un papel importante en el concreto debido a que ofrece un mejor desempeño del mismo en el estado plástico permitiendo acomodar su colocación de acuerdo a distintos parámetros que se puede encontrar en algunas obras como tiempo de traslado, colocación de concretos masivos, etc., permitiendo preservar la calidad de concreto especificado en dichos elementos estructurales.

Se hace mención que el presente proyecto tiene la finalidad de a conocer el uso de los aditivos en diferentes casos y futuras investigaciones basados en estos temas que brinden nuevas tecnologías en las construcciones, además las aplicaciones de materiales eficientes en la construcción.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye el aditivo retardante Sika Retarder PE y su dosificación sobre la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado en el concreto, Trujillo-2020?

1.3. Justificación

Con el presente proyecto de investigación se busca incentivar la correcta aplicación de aditivos retardantes en el concreto convencional cuya resistencia aplicada será de 210 kg/cm^2 . La cual es una de las más comunes en la ciudad de Trujillo desde obras pequeñas hasta obras de gran magnitud, debido a que la importancia del aditivo retardante la cual para objeto de la presente investigación será Sika Retarder PE de la empresa internacional SIKA SA; con el objetivo de incentivar a la población la importancia de los aditivos retardantes y su influencia en la calidad del concreto, ya que el tiempo de fraguado repercute en las propiedades mecánicas del material. Cabe recalcar que se ha empleado agregado extraído directo desde una cantera proveedora de la ciudad de Trujillo y el cemento más común por ser una zona de suelo con presencia de sulfatos. Es así que se busca dar a conocer a los futuros lectores el estado actual del concreto que se manufactura en la ciudad de Trujillo y el beneficio de usar

Sika Retarder PE, debido a que la mayoría de constructores no toma en cuenta la calidad de los trabajos y desconoce la importancia de los aditivos especiales. Por lo que los beneficiados directos con la presente investigación serán los constructores independientes, las empresas privadas, las entidades públicas y de modo indirecto será la población cuyo interés sea por una mejor calidad en las obras de concreto.

El aditivo Sika Retarder PE en el concreto convencional está destinado a cualquier estructura las cuales estén expuestas a climas calurosos o periodos largos de transporte debido a que se ve afectada la hidratación del cemento disminuyendo el tiempo de fraguado y provocando endurecimiento en la mezcla; la cual ya no podrá ser trabajada. Tomando en cuenta que si el tiempo de fraguado del material se encuentra en su etapa final y es colocado sin tomar en cuenta las indicaciones profesionales podría provocar la presencia de cangrejeras y por ende el déficit estructural.

En resumen, todos los beneficios descritos llevan a que el uso de aditivo retardante (Sika Retarder PE) produce una mejor calidad en las obras siempre que este sea usado de forma correcta, mejorando la calidad del concreto a emplear y por lo tanto una mejor estructura con mejores acabados y propiedades.

La presente investigación contribuirá con el conocimiento de futuros tesis sobre el concreto con retardante, fomentará la búsqueda de más aditivos similares para evaluar su comportamiento y por lo tanto poseer el criterio necesario para su vida profesional.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

- Determinar la influencia del aditivo tipo retardante Sika Retarder PE y su dosificación sobre la compresión y fraguado en el concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, Trujillo-2020.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Determinar el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto con aditivo retardante Sika Retarder PE a distintos porcentajes del 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1.0% respetando los procesos establecidos en la NTP 339.034.
- Comparar la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos del concreto convencional endurecido vs el concreto con aditivo Sika Retarder PE a porcentajes del 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1.0% mediante procesos estadísticos que definan la variación que pueda existir.
- Obtener el porcentaje de aditivo que representa más aspectos positivos en la mezcla de concreto, representado en este caso en particular como el ideal.
- Analizar la resistencia a la compresión del concreto convencional elaborado con materia extraída del sector El Milagro – Huanchaco.
- Evaluar el comportamiento del concreto en su estado fresco a través del ensayo de tiempo de fraguado del cemento portland (Método de Vicat) según la NTP 334.006, de este modo determinar la efectividad del aditivo con el cemento.

1.5.Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- Utilizando el aditivo retardante Sika Retarder PE aumentará el tiempo de fraguado y habrá un mayor tiempo de trabajabilidad para la mezcla del concreto sin afectar su resistencia, solucionando los problemas de endurecimiento rápido en zonas con temperaturas altas y para controlar el fraguado cuando se requiere transportar concreto premezclado a lugares lejanos.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Utilizando el Aditivo Retardante Sika Retarder PE de la empresa SIKA, se aumentará el tiempo de fraguado y a la vez no repercutirá negativamente en la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 1 Hipótesis Específica

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
Utilizando los aditivos retardantes se aumentará el tiempo de fraguado y habrá un mayor tiempo de trabajabilidad para la mezcla del concreto sin afectar su resistencia, solucionando los problemas de endurecimiento rápido en zonas con temperaturas altas y para controlar el fraguado cuando se requiere transportar concreto premezclado a lugares lejanos.	<p><u>Variable independiente</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de Aditivo Retardante <p><u>Variable Dependiente</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la Compresión. • Tiempo de Fraguado. 	<p>Concreto</p> <p>Convencion al $f'_c = 210$ kg/cm² mejorado con aditivo Retardante</p>	Mejora	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	2020

1.5.3. Variable independiente

Se denomina de esta manera a la cantidad que se ha modificado en la presente investigación sin necesidad de ser dependiente de otro factor.

1.5.3.1. Aditivo Retardante – Sika Retarder PE

Según Niño (2010), el aditivo retardante de concreto es utilizado en la elaboración de concreto siempre que este se encuentre expuesto a temperaturas altas, con la finalidad de mantener un tiempo de colocación que garantice al trabajador su correcto uso; de este modo evita la presencia de juntas frías. Estos aditivos también son conocidos como aditivo Tipo B.

Para la presente investigación este porcentaje de aditivo se encontrará en los porcentajes de 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1.0 %, siendo el responsable de intervenir en las propiedades del concreto en estado fluido y en estado endurecido.

Fuente 1 Elaboración propia, 2020

1.5.4. Variable dependiente

Se denomina de esta manera a la representación de la cantidad cuyo valor depende de la modificación establecida en la variable independiente.

1.5.4.1. Resistencia a la compresión

Según Galicia y Velásquez (2016) se denomina de esta manera a la capacidad que tiene el material para aguantar las fuerzas de compresión, normalmente para poder obtener este dato es necesario ensayar probetas cilíndricas las cuales deben seguir los procesos establecidos en la norma.

Para la presente investigación se evaluaron 180 probetas cilíndricas las cuales fueron divididas con respecto a su cantidad de aditivo incluido al momento de realizar la mezcla y al tiempo de curado para obtener sus resistencias iniciales y finales.

1.5.4.2. Tiempo de fraguado del cemento

Según Molina y Sencara (2018) el proceso de fraguado tiene un comienzo cuando las partículas de cemento se juntan con el agua y con ello inician una reacción exotérmica que generan nuevos productos de hidratación lo que posteriormente producirá el endurecimiento progresivo del concreto.

De esta manera en la investigación se ha empleado el aditivo retardante Sika Retarder PE el cual retarda el endurecimiento del concreto provocando de esta manera un aumento del endurecimiento del concreto.

1.6. Antecedentes

Título: “INFLUENCIA DEL ADITIVO ASTM C494 TIPO E EN EL ASENTAMIENTO, FRAGUA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL, TRUJILLO 2020”, Pierre (2020) se mejoró las propiedades físicas y mecánicas del concreto como asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión. Por lo cual se adicionó al concreto, aditivo ASTM C494 tipo E porque es un químico que cumple la función de acelerante y plastificante.

El siguiente estudio aportó como dato que el aditivo accelguard 90 cumple con los requisitos de la ASTM C494; basándose en reducciones mínimas de 60 minutos en el fraguado y en el incremento mínimo de 25% en la resistencia a compresión a 3 días, además, y de 10% en edades de 7 y 28 días.

Título: “INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE PERLAS DE POLIESTIRENO SOBRE PESO UNITARIO, RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y ASENTAMIENTO EN UN CONCRETO LIVIANO ESTRUCTURAL PARA LOSAS ALIGERADAS, TRUJILLO 2018”, Chuquilin (2018) determinó como influye el poliestireno sobre el peso unitario, resistencia a la compresión y asentamiento en un concreto liviano

estructural para losas aligeradas. Para la ejecución de la investigación caracterizó los agregados, tanto el fino como el grueso, bajo las normas NTP, seguido del diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm^2 a partir del método ACI 211. Buscando obtener un concreto liviano estructural que pueda ser aplicado a losas aligeradas, por lo cual se sustituyó el agregado fino por porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de perlas de polietileno.

En el estudio se obtuvo que el remplazo óptimo se da en el 40% de perlas de poliestireno, donde se obtuvo un asentamiento de 100 mm, un peso unitario de 2160 kg/m^3 y una resistencia a la compresión de 242 kg/cm^2 .

Título: “INFLUENCIA DE UN ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE CONCRETO $f'_c=250 \text{ Kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE JAEN” Aponte (2017) determinó en su investigación la influencia del aditivo Z RETAR en el comportamiento físico y en la resistencia a la compresión a diferentes edades del concreto con $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$, determinando la influencia del aditivo Z RETAR en el tiempo de fraguado del concreto, en la temperatura, peso unitario en el estado fresco y endurecido, con respecto al concepto patrón.

El estudio aportó que la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Z RETAR a los 7 días disminuye porcentajes en 6.05% con respecto al concreto patrón, a los 14 días el porcentaje reduce la diferencia a 3.71% y a los días aumenta la variación porcentual en 4.85% con respecto al concreto patrón.

Título: “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXION DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, REUTILIZADO EN LA ETAPA DE FRAGUADO” Molina y Sencara (2018) determinó en su investigación que el tiempo de fraguado de un concreto convencional con una relación de 0.45 agua cemento es de 330 minutos para el tiempo de fraguado inicial.

El estudio aportó una idea de cuanto es el tiempo de fraguado inicial en un concreto convencional para la ciudad de Arequipa; que a pesar de ser localidades distintas el cemento puede tener un comportamiento de similar lo cual se llegará a comprobar con los ensayos posteriores a realizar.

Título: “EVALUACIÓN DEL EFECTO RETARDANTE DE ADITIVO SIKA RETARDER PE Y EL AZUCAR BLANCA, EN ELEMENTO COLUMNA PARA UN CONCRETO $f'_c=210$ kg/cm², en Lima 2019” Mego (2019) determinó en su investigación donde empleó aditivo Sika Retarder PE al 0.2% y 0.6% que la variación en la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos con respecto al concreto convencional es de 23.3 kg/cm² y 54.9 kg/cm² siendo la mayor en el porcentaje más alto de aditivo utilizado.

El estudio antes descrito mostró la variabilidad que puede existir con respecto a la resistencia a la compresión, y el comportamiento que el concreto posee a medida que se aumenta los porcentajes de aditivo Sika Retarder PE; tal investigación servirá como base para la prueba de resistencia aplicado a probetas cilíndricas.

1.7. Bases teóricas

1.7.1. El Concreto

Se denomina concreto u hormigón al material constituido por pasta y agregados como principales componentes. La pasta es un compuesto en su mayoría por cemento portland y agua, este sirve como unión para los agregados (Arena y grava); creando una masa similar a una roca cuando alcanza su dureza total. Generalmente los agregados están constituidos por dos grupos los cuales son agregados finos y agregados gruesos; estos agregados constituyen entre el 60% y 75% del volumen total del concreto, razón por la cual debe poseer un control de calidad riguroso. Aunque la calidad del concreto depende de la unión entre pasta y agregados, en una mezcla confeccionada adecuadamente cada partícula de

agregado se encuentra embebido en la pasta de cemento (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

1.7.2. Componentes

Como se describe en el párrafo anterior el concreto está compuesto por agregados y pasta de cemento, adicional a ello se le agregado un aditivo que de acuerdo a su necesidad mejora sus propiedades. Dichos componentes se describen a continuación:

1.7.3. Cemento

Producto de origen mineral usado para unir diversos materiales de construcción, que permite desarrollar obras resistentes y durables. Por lo general se presenta como material pulverizado, al contacto con el agua esta cambia su propiedad volviéndose más plástica, con la capacidad de endurecer expuesto al aire y bajo el agua (Adocem, 2019).

1.7.4. Agregados

Uno de los insumos que ocupa gran parte del volumen del concreto, puesto su valor mínimo se encuentra establecido en el 65%. Antes se tenía la creencia de que el agregado no era un material importante en la confección del concreto, pero posee gran aporte sobre la trabajabilidad, consistencia en el estado plástico, durabilidad, resistencia, cambios de volumen y peso unitario del concreto. El agregado fino y grueso puede ser extraído desde canteras almacenan grandes cantidades de este insumo debido a que su origen puede ser natural, cabe recalcar que en Perú aún no se emplean agregados de tipo artificial (ACI, 2000).

Los agregados se dividen en dos tipos en agregado finos y agregados gruesos los cuales se describen a continuación:

1.7.5. Agregado fino

Denominado de esta manera al material fino que resulta de la desintegración o de la trituración de areniscas. Para que este material sea aplicado en obra no debe contener algún residuo o sustancia extraña, para que el cemento pueda adherirse a él; de este modo se asegura una adherencia perfecta. Toda arena debe encontrarse graduada menor a los 6 mm, con cierta proporción de partículas grandes; cuando la arena está constituida en gran parte por granos muy finos esta puede ser mayor a aquella formada por granos gruesos, es por ello que la arena debe contener partículas que varíen su tamaño (De la Garza, 1998).

1.7.6. Agregado grueso

Determinado de esta manera al material de origen natural o artificial el cual queda retenido por el tamiz normalizado 4.75 mm (N° 4) el cual puede consistir en grava proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, piedra chancada por acción mecánica, concreto reciclado o la combinación de ellos con forma los requisitos de la NTP 400.037, considerando que el concreto reciclado puede necesitar precauciones adicionales en el diseño ante ambientes especiales. Este tipo de agregado deberá cumplir con los husos granulométricos especificados en la tabla N° 4 de la norma NTP 400.037, aunque se podrá aceptar agregados que no cumplan la gradación especificada siempre y cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida. (INDECOPI, 2014)

1.7.7. Aditivos

El American Concrete Institute define al aditivo como material que se muele junto al cemento hidráulico o se mezcla en cantidades limitadas con el mismo, ya sea

como aditivo de procesamiento para facilitar la fabricación o manipuleo del cemento o como aditivo funcional para modificar las propiedades del producto acabado, y un aditivo para el concreto como un material que se puede utilizar como ingrediente del hormigón, por ejemplo, un agente incorporador de aire. (ACI, 2000)

La Norma técnica peruana clasifica a estos aditivos en siete, según las propiedades que atribuyan a la mezcla de concreto:

- **Tipo A Aditivos reductor de agua:** Disminuyen el contenido de agua a la mezcla de concreto.
- **Tipo B Aditivos retardante:** Retardan el fraguado inicial del concreto.
- **Tipo C Aditivos acelerantes:** Reducen el tiempo de fraguado inicial del concreto.
- **Tipo D Aditivos reductores de agua y retardantes:** Disminuyen el contenido de agua en la mezcla y retardan el fraguado inicial del concreto.
- **Tipo E Aditivos reductores de agua y acelerantes:** Disminuyen el contenido de agua en la mezcla y reducen el tiempo de fraguado inicial del concreto.
- **Tipo F Aditivos reductores de agua de alto rango:** Reducen el contenido de agua entre 12% y 25%.
- **Tipo G Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes:** Reducen el contenido de agua entre 12% y 25% y retarda el fraguado inicial del concreto. (INDECOPI, 2015)

1.7.7.1. Aditivo retardante de fraguado

Es un aditivo que retarda aproximadamente el tiempo de fraguado inicial del concreto hasta tres horas y media sin comprometer sus demás características como la trabajabilidad, fluidez y consistencia. (ASTM, 2005)

1.7.7.2. Sika Retarder PE

Es un aditivo de la marca Sika S. A. C. retardante para el concreto y mortero que permite mantener la trabajabilidad del concreto en el tiempo, exento de cloruros pudiendo ser empleado en los vaciados de concreto en tiempos calurosos, vaciado de concreto en grandes volúmenes, concreto premezclado, transporte de concreto, concreto bombeado, y en situaciones que amerite el retraso del tiempo inicial de fraguado de la mezcla de concreto. El producto es despachado en cilindros de 200 litros y en tanques de 1000 litros teniendo una vida útil de un año desde su fecha de envasado siempre y cuando se mantenga en condiciones herméticas y frescas de almacenaje. El fabricante recomienda emplear el producto en una dosis de 0.2% a 0.9% del peso del cemento diluido en agua basándose en pruebas de laboratorio, sin embargo, también es recomendado realizar pruebas bajo condiciones propias para optimizar la dosis (Sika, 2017).

1.8. Métodos de diseño

Cuando se desea elaborar concreto en una obra en específico, es necesario determinar las propiedades y la cantidad que este tendrá de acuerdo con las especificaciones que el proyecto requiere; uno de los métodos más comunes es propuesto por el ACI el cual se describe a continuación:

1.8.1. Método del Comité ACI 211

Dependiente del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino. La presente tabla permite obtener el coeficiente b/b_0 resultado de dividir el peso seco del agregado entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso.

Tabla 2 Volumen de agregado grueso por volumen de concreto

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diferentes módulos de finura.
--------------------------------------	---

		MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente 2 ACI 211,2020

A partir de ello se puede calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cúbico de concreto:

Ecuación 1 Peso del agregado grueso

$$\text{Peso Seco del A. Grueso (kg/m}^3\text{)} = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado del A. grueso})$$

Fuente 3 Diseño de mezclas de concreto,2006

Los volúmenes de los agregados gruesos y finos serán los siguientes:

Ecuación 2 Volumen del agregado grueso

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco de A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

Fuente 4 Diseño de mezclas de concreto,2006

Ecuación 3 Volumen del agregado grueso

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. Cemento} + \text{Vol. agregado grueso})$$

Fuente 5 Diseño de mezclas de concreto,2006

Por consiguiente, el agregado fino será:

Ecuación 4 Peso del agregado fino

$$\text{Peso del agregado fino (kg/m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado fino})(\text{Peso específico del agregado fino})$$

Fuente 6 Diseño de mezclas de concreto,2006

En la Universidad de Maryland se realizó una investigación la cual consistía en establecer una combinación de los agregados grueso y finos cuando estos se encuentren dentro de los parámetros de la Norma ASTM C 33; por lo que debe producir un concreto trabajable en condiciones comunes, siempre que el módulo de fineza del agregado fino se encuentre dentro de los rangos de la tabla presentada a continuación (Zamora, 2014).

Tabla 3 Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tamaño Máximo nominal del agregado grueso.		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
mm.	Pulg.	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente 7 Diseño de mezclas de concreto, 2006

Luego se obtiene el módulo de fineza de la combinación de agregado (mc) junto a ello se tiene los valores del módulo de fineza del agregado fino (mf) y del agregado grueso (mg), de los cuales se hará uso para obtener el porcentaje de agregado fino mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 5 Porcentaje del agregado fino respecto al volumen total

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} \times 100$$

Fuente 8 Diseño de mezclas de concreto, 2006

Donde:

rf= Porcentaje del agregado fino con respecto al volumen total de los agregados.

Entonces el volumen de agregado fino y el volumen de agregado grueso por metro cubico de concreto es el siguiente:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento})$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = \frac{r_f}{100} \times (\text{Vol. total de agregados})$$

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \text{Vol. total de agregados} - \text{Vol. agregado fino}$$

Por lo tanto, los pesos de los agregados en un metro cúbico son:

Ecuación 6 Peso del agregado fino para un metro cubico de concreto

$$\text{Peso agregado fino (m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado fino})(\text{Peso específico del agregado fino})$$

Fuente 9 Diseño de mezclas de concreto, 2006

Ecuación 7 Peso del agregado grueso para un metro cubico de concreto

$$\text{Peso agregado grueso (m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado grueso})(\text{peso específico del ag. grueso})$$

Fuente 10 Diseño de mezclas de concreto, 2006

(Huanca, 2006).

1.9. Normas y ensayos

1.9.1. Análisis Granulométrico

Se le conoce como análisis granulométrico al ensayo el cual tiene por objetivo determinar la distribución por tamaño de partículas del agregado grueso, el agregado fino y global por tamizado, cuyos resultados son utilizados para determinar el cumplimiento de dicha distribución con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra. El método consiste en una muestra secada al horno por un mínimo de 24 horas a 110 °C \pm 5°C y de masa conocida que es separada a través de una serie de tamices ordenados de mayor a menor abertura para si separar la muestra por su tamaño de partículas por acción manual o mecánica, seguidamente se procede a medir mediante una balanza la masa de la muestra retenido por cada tamiz. La cantidad de muestra a ensayar

depende del tamaño máximo nominal del agregado siendo de tal forma en lo expresado en la siguiente tabla.

Tabla 4 Cantidad de muestra

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima
4.75 mm o más pequeño	300 g
Mayor que 4.45 mm a 9.5 mm	1000 g
Mayor a 9.5 mm a 19 mm	2500 g
Mayor a 19 mm	5000 g

Fuente 11 Norma Técnica Peruana 400.018,2013

Considerar limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado. Continuar con la acción de tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasara a través de él durante 1, minuto de tamizado manual. El procedimiento de cálculo consiste hallar los porcentajes de masa retenidos, respecto a la masa total de la muestra y verificar que se encuentra bajo los estándares especificados por los siguientes cuadros:

Tabla 5 Granulometría del agregado fino

Tamiz	% que pasa
9.5 mm (3/8')	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 um (No. 30)	25 a 60
300 um (No. 50)	05 a 30
150 um (No. 100)	0 a 10

Fuente 12 Norma Técnica Peruana 400.037,2013

Tabla 6 Requisitos Granulométricos del agregado grueso

Huso	TMN	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		4'	3 ½'	3'	2 ½'	2'	1 ½'	1'	¾'	½'	3/8'	No 4	No 8	No 16	No 50
1	3 ½' a 1 ½'	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-

2	2 ½' a 1 ½'	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	2' a 1'	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	2' a No 4	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	½' a ¾'	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-
467	1 ½' a ¾'	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	1' a ½'	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	1' a 3/8'	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	1' a No 4	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	¾' a 3/8'	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	¾' a No 4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	½' a No 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	3/8' a No 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	½' a 3/8'	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	No 4 a No 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente 13 Norma Técnica Peruana 400.037,2013

Finalmente, cuando se requiera calcular el módulo de fineza, se suma el porcentaje acumulado retenido de los tamices N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8', ¾', 1 ½', y mayores incrementando en la relación de 2 a 1 (INDECOPI, 2013).

1.9.2. Peso específico del agregado grueso

Es una propiedad de los materiales, la cual pretende determinar la densidad promedio de partículas del agregado grueso (no incluye orificios entre

partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. El procedimiento de obtención de estos datos es mediante el procedimiento de muestreo, seleccionando la cantidad de muestra a analizar según el tamaño máximo nominal impartido por la siguiente tabla:

Tabla 7 Muestreo para peso específico para agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal (in)	Masa mínima de muestra de ensayo kg
½ o menor	2
¾	3
1	4
1 ½	5
2	8
2 ½	12
3	18
3 ½	25
4	40
5	75

Fuente 14 Norma Técnica Peruana 400.021, 2013

Una vez muestreada la masa mínima a ensayar se procede a secar la muestra en el horno a temperatura constante de 110°C ± 5°C durante 24 horas y luego enfriarla a temperatura ambiente por al menos 1 hora, posteriormente se sumerge la muestra en agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas ± 4 horas, pasado el tiempo, retirar la muestra y hacer rodar sobre un paño absorbente grande hasta que se eliminen las partículas visibles de agua y determinar la masa con una balanza, seguidamente se coloca la muestra en un recipiente y se determina su masa aparente en agua a 23°C de temperatura ± 2°C, finalmente se seca la muestra en el horno a 110°C ± 5°C.

El procedimiento de cálculo tiene las siguientes variables las cuales se identifican en el procedimiento anterior y son:

A=masa de la muestra seca al horno en el aire (g)

B=masa de la muestra de superficie saturada seca en aire (g)

C=masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua (g)

Y las incógnitas son:

$$\text{Densidad relativa} = A/(B-C)$$

$$\text{Gravedad específica} = B/(B-C)$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = A/(A-C)$$

Finalmente se informan los resultados de la densidad con una aproximación de 10 kg/cm^3 , los resultados de la densidad relativa. (INDECOPI, 2013)

1.9.3. Peso específico del agregado fino

Utilizado principalmente para calcular el volumen ocupado por el agregado en una mezcla con el cemento portland u otro material (concreto bituminoso); las cuales son proporcionadas en base al volumen. El Peso específico y peso específico aparente atañen al material sólido de partículas constituyentes que no incluyen poros en su interior. Además, también se incluye el porcentaje de absorción el cual es usado para determinar el cambio de masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros. El presente ensayo no es aplicable en agregado ligeros debido a que la inmersión por 24 horas no asegura que los poros sean llenados completamente.

Para preparar la muestra de agregado fino es necesario que se cuartee la muestra y se colocó en un secado al ambiente por 24 horas hasta obtener el peso constante del material. Luego colocar el molde cónico y golpear la superficie suavemente 25 veces con la varilla de apisonado y levantar luego el molde. Si existe humedad libre el cono mantendrá su forma; para obtener la humedad óptima el cono de arena deberá mantener la forma del molde en $\frac{3}{4}$ partes.

Cuando el material obtenga la humedad óptima, se introducirá 500 g de material preparado en la fiola; se colocará agua a 23°C con una variación de 2°C hasta alcanzar a marca de 500 cm^3 . Luego, se agita el frasco hasta eliminar toda burbuja de aire de manera manual o mecánica.

Finalmente, luego de realizar los pesos respectivos necesarios para los cálculos posteriormente descritos, la muestra será retirada del frasco para ser colocada

en el horno a una temperatura de 110°C con una variación de 5°C hasta determinar el peso constante.

Para los cálculos será necesario la aplicación de las siguientes fórmulas:

Ecuación 8 Peso específico del agregado fino

$$\text{Peso específico} = W_o * 100 / (V - V_a)$$

Fuente 15 Norma Técnica Peruana 400.022, 2013

Ecuación 9 Peso específico de masa saturada con superficie seca

$$\text{Peso específico de masa saturada} = 500 * 100 / (V - V_a)$$

Fuente 16 Norma Técnica Peruana 400.022, 2013

Ecuación 10 Peso específico aparente y Absorción

$$\text{Peso específico aparente} = W_o * 100 / (V - V_a) - (500 - W_o)$$

$$\text{Absorción} = (500 - W_o) * 100 / W_o$$

Fuente 17 Norma Técnica Peruana 400.022, 2013

Donde:

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

V = Volumen del frasco (cm^3).

V_a = Peso en gramos o volumen añadido al frasco (cm^3).

Finalmente se expresan los resultados de la densidad con una aproximación de 10kg/m^3 (MTC, 2016)

1.9.4. Peso unitario de los agregados grueso y fino

La Norma Técnica Peruana establece la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método de ensayo es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño nominal máximo.

El método consiste en determinar la densidad de masa del agregado por volumen, que incluya las partículas individuales y el volumen de vacíos entre

partículas expresado en Kg/m^3 . La densidad de masa puede también ser usada para determinaciones de las relaciones masa/volumen para conversiones en investigación de mediciones de campo. Sin embargo, las relaciones entre el grado de compactación de agregados en una unidad de transporte o depósito logrado en este método de ensayo son desconocido. Además, los agregados en unidades de transporte y depósitos usualmente contienen humedad superficial o absorbida (Que posteriormente afectan la masa), mientras este método de ensayo determina la densidad de masa sobre una base seca.

El procedimiento involucra la necesidad de emplear un recipiente de acuerdo con el tamaño máximo nominal del agregado siendo un mínimo de 0.0028 m^3 y a la calibración de este para determinar la capacidad de este con un volumen de agua que ocupa todo el volumen del recipiente.

El procedimiento de apisonado especifica llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar como anteriormente. Finalmente, llenar el recipiente a sobre volumen y apisonar nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibre los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente y en el apisonado de la primera capa, procurar no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la 2da. y 3ra. capas, usar un esfuerzo vigoroso, pero no mayor de la que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado, mientras que para el peso suelto solo es necesario llenar el molde a no más de 50 mm de altura entre este y el cucharón del que se está soltando el agregado.

El procedimiento de cálculo debe mostrar la densidad de masa del agregado dividiendo la masa del agregado dentro del recipiente entre el volumen de este y el porcentaje de vacíos dividiendo la resta de la gravedad específica de masa

por la densidad del agua, menos la densidad de masa del agregado, entre el mismo producto del peso específico de masa por la densidad del agua. (INDECOPI, 2011)

1.9.5. Calidad del agua en el concreto

Es un ingrediente fundamental en la elaboración del concreto debido a que desempeña una función importante en estado fresco y endurecido en el concreto. Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la relación con el cemento, ambos funcionan de acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, sin embargo, este insumo se encuentra avalado por su propia norma técnica peruana la cual se encuentra codificada como NTP 339.088 donde se especifica los parámetros mínimos que este insumo debe poseer antes de ser aplicado en concreto. En esta norma se indica que el agua potable es la única que puede ser aplicada sin ensayos previos.

La calidad del agua varía en algunos países en función de las características propias del cemento, pero en general existe uniformidad de criterios fruto de los resultados de investigaciones desarrolladas en USA, España, Inglaterra, etc.

En Colombia generalmente, fuera de los perímetros urbanos, se corre el riesgo de utilizar aguas de calidad desconocidas, las cuales no son estudiadas para su empleo en la elaboración de hormigones. Las impurezas en el agua pueden causar efectos en el concreto como interferir en el tiempo de fraguado, promover la aceleración de corrosión de refuerzo con sulfatos entre otros. No necesariamente el agua óptima para beber es la óptima para la mezcla de concreto (Niño, Tecnología del concreto, 2014).

1.9.6. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una característica del concreto la cual se determina mediante el método de aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o mediante el proceso de diamantina a una velocidad normal en un rango prescrito mientras ocurre la falla. la resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección recta de la probeta, la norma técnica peruana se aplica para concretos con peso unitario mayores a 800 kg/cm^3 .

El principal instrumento para desarrollar el método es la máquina de compresión axial la cual será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, una de las cuales se asentará sobre una rótula que le permitirá acomodarse a la superficie superior de la probeta y otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma. las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas. Respecto a las probetas de concreto estos no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%, antes del ensayo, ninguna base de las probetas de ensayo se apartará de la perpendicularidad de los ejes por más de 0.5° y las bases de compresión de las probetas que no sean planas dentro de los 0.050mm , serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037.

El número de cilindros individuales medidos para la determinación del diámetro promedio será de uno por cada 10 probetas o 3 probetas por día, el que sea mayor. Si todos los cilindros son hechos de un lote de moldes reusables o de uso simple.

el procedimiento consiste en los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo los cuales serán hechos tan pronto como sea posible luego de ser retirados del almacenaje de humedad. los cilindros serán protegidos por

pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo del retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán sellados en condición húmedos y todos los cilindros de ensayo para una determinada edad ensayos eran fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancia prescritas en el siguiente cuadro:

Tabla 8 Tolerancias de tiempo permisible para ensayo

Edad de ensayo	Tolerancia Permisible
24 h	+ - 0.5 h o 2.1%
3 d	+ - 2 h o 2.8%
7 d	+ - 6 h o 3.6%
28 d	+ - 25 h o 3.0%
90 d	+ - 48 h o 2.2%

Fuente 18 Normas Técnica Peruana 339.037,2013

En cuanto a la velocidad de la carga será aplicado continuamente y sin ser detenida a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 ± 0.05 Mpa/s, Excepto durante la 1ª mitad de la fase de carga anticipada la cual podrá ser a una alta velocidad más de lo permitido anteriormente.

respecto a los cálculos la resistencia a la compresión del espécimen es calculada por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada y expresar el resultado con una aproximación a 0.1MPa (INDECOPI, 2015).

1.9.7. Tiempo de fraguado (aguja de Vicat)

En este método se utiliza el aparato de Vicat que se utilizó en la determinación de la consistencia normal, con la diferencia de que, en el extremo inferior, en lugar del émbolo, se coloca una aguja de 1 mm de diámetro. El procedimiento resumido es que primero se elabora una pasta con el contenido de humedad determinado en la prueba de consistencia normal, que se introduce en un molde tronco cónico de dimensiones estándar, en cuya parte superior se coloca la aguja de 1 mm de diámetro, el cual soporta un émbolo con una masa de 300 g y se deja que penetre en la pasta de cemento por su propio peso durante un

lapso de 30 s. La primera lectura se realiza en 30 minutos luego que se moldea sin ser alterada en un cuarto de curado y luego se realizan lecturas a intervalos de 15 minutos hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menor. Con esta serie de datos se determina por interpolación el tiempo correspondiente a una penetración de 25 mm y éste será el tiempo de fraguado inicial del cemento. Posteriormente se realizan penetraciones hasta determinar el primer instante en el cual la aguja no deja huella visible en la pasta endurecida de cemento, y se registra como el tiempo de fraguado final.

En cuanto al procedimiento del ensayo la temperatura del aire y en la vecindad del equipo de mezclado, cemento seco, molde, y placa base deberá mantenerse entre los 20 y 27.5 °C. la temperatura del agua de mezclado y el gabinete húmedo o 4° húmedo no deberá variar entre 23 \pm 1.7 °C la humedad relativa del laboratorio no deberá ser menor de 50%. elaborar una pasta de cemento con 650 gramos de cemento según el procedimiento de mezclado de pastas realizado en la partida de determinación de consistencia normal del cemento y con la cantidad de agua que se determine en esa práctica, inmediatamente luego después de la finalización del mezclado moldear el espécimen de prueba haciendo una bola con los guantes de hule pasando a las 6 veces de una mano a otra manteniendo las manos apartadas en 6 pulgadas aproximadamente. Colocar el molde tronco cónico con su extremo mayor en una placa de vidrio y cortar el exceso de pasta en la parte superior del extremo menor por una sola pasada de una llana de borde recto sosteniendo a un ligero ángulo con la parte superior del molde tronco cónico, durante la operación de corte y alisado tener cuidado de no comprimir la pasta. Inmediatamente después del moldeado colocar el espécimen de prueba y la placa de vidrio en un gabinete húmedo o en un 4° húmedo y dejarlo reposar hasta que las determinaciones de penetración se realicen.

Para la determinación del fraguado inicial se debe dejar reposar el espécimen y la placa de vidrio en el gabinete húmedo por 30 minutos luego de ser moldeado sin ser alterado, después, montar el espécimen y la placa de vidrio

en el aparato de Vicat y colocar la aguja de un milímetro de diámetro debajo del émbolo, colocar la aguja en la parte superior de la pasta de cemento, fijar el tornillo de sujeción y registra la lectura inicial soltando el émbolo y dejando caer la aguja asentando por 30 segundos y registra la lectura de la penetración, retirar la aguja limpiarla tomar lecturas sucesivas a intervalos de 15 minutos hasta que una penetración de 25mm o menor se ha obtenido.

para la determinación del tiempo fraguado final continuar las penetraciones hasta determinar el tiempo transcurrido en el primer instante en que la aguja no haga una marca visible en la pasta endurecida, este tiempo será reportado como el tiempo de fraguado final. la precisión encontrada para un solo operador es una desviación estándar de 12 minutos para el tiempo de fraguado inicial y a través del rango de 49 a 202 minutos y de 20 minutos para un tiempo de fraguado final que esté dentro del rango de 185 a 312 minutos.

el procedimiento de cálculo debe determinar por interpolación el tiempo requerido para una penetración correspondiente a 25 milímetros el cual se reportará como el tiempo de fraguado inicial. (Simeon, 2007)

1.10. Análisis Estadístico

La estadística es el conjunto de técnicas que se emplean para la recolección, organización, análisis e interpretación de datos. Los datos pueden ser cuantitativos, con valores expresados numéricamente, cuanto cualitativos, en cuyo caso se tabulan las características de las observaciones. La estadística es aplicable en muchos campos; sirve para la toma de mejores decisiones a partir de la comprensión de las fuentes de variación y de la detección de patrones y relaciones en los datos obtenidos determinación de las variables. (Jinez, 2009)

1.10.1. Media Aritmética

La media aritmética (también denominada media) es la medida de tendencia central que se media aritmética utiliza con mayor frecuencia. Se calcula sumando todas las observaciones de un conjunto de datos, dividiendo después ese total entre el número total de elementos involucrados.

La media aritmética de un conjunto de valores $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ que se define como el cociente entre la suma de los valores y el número de ellos. (Estuardo, 2012)

a. Media muestral:

Ecuación 11 Media muestral

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Fuente 19 Manual de estadística UPN, 2014

Donde n es el tamaño de la muestra. (Estuardo, 2012)

b. Media poblacional:

Ecuación 12 Media poblacional

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N}$$

Fuente 20 Manual de estadística UPN, 2014

Donde N es el tamaño de la población. (Estuardo, 2012)

1.11. Medida de dispersión

1.11.1. Varianza

La varianza se define como el promedio aritmético de las diferencias entre cada uno de los valores del conjunto de datos y la media aritmética del conjunto elevadas al cuadrado. Su símbolo es s^2 si estamos trabajando con una muestra y σ^2 si estamos trabajando con una población.

a. Varianza para datos agrupados:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Ecuación 13 Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N-1}$$

Fuente 21 Manual de estadística UPN, 2014

Donde x_i representa los datos de la muestra o los datos de población.
(Estuardo, 2012)

b. Varianza para datos no agrupados:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * f_i}{n-1}$$

Ecuación 14 Varianza para datos no agrupados

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 * f_i}{N-1}$$

Fuente 22 Manual de estadística UPN, 2014

Donde x_i es la marca de clase. (Estuardo, 2012)

1.11.2. Desviación estándar

Es la raíz cuadrada positiva de la Varianza. Su símbolo es S si se está trabajando con una muestra, y es σ si se está trabajando con una población.

a. Desviación estándar para datos no agrupados:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Ecuación 15 Desviación estándar para datos no agrupados

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N-1}}$$

Fuente 23 Manual de estadística UPN, 2014

b. Desviación estándar para datos agrupados:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * f_i}{n-1}}$$

Ecuación 16 Desviación estándar para datos agrupados

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 * f_i}{N-1}}$$

Fuente 24 Manual de estadística UPN, 2014

1.11.3. Coeficiente de variación

Propuesto por Karl Pearson (1895) con el propósito de comparar variabilidad entre distribuciones, el coeficiente de variación o variación relativa. Sirve para determinar la variación respecto a una base, cabe recalcar que no se puede realizar este proceso si las unidades de medida no son iguales (Martínez, 2000).

Ecuación 17 Coeficiente de variación

$$CV = \frac{S}{\bar{x}}$$

Fuente 25 Manual de estadística UPN, 2014

1.12. Variable aleatoria continua

1.13. Distribución normal

Se extiende sobre un campo de variabilidad infinito, se suele denominar distribución Gaussiana. Descubierta por De Moivre (1756) como forma de límite de la Distribución Binomial; el cual consiste en determinar la probabilidad que se pueda obtener éxitos en una cantidad de ensayos (Martínez, 2000).

Ecuación 18 Distribución normal

$$Y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{Z^2}{2\sigma^2}}$$

Fuente 26 Manual de estadística UPN, 2014

Donde:

N: es el número de datos

σ : es la desviación estándar de la distribución binomial

e: es la base de los logaritmos naturales

Ecuación 19 Variante estadística

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Fuente 27 Manual de estadística UPN, 2014

Donde:

Z: es la variante estadística

X: es variable discreta

Ecuación 20 Desviación estándar de distribución nominal

$$\sigma = \sqrt{n * p * q}$$

Fuente 28 Manual de estadística UPN, 2014

Donde:

n: es el número de ensayos

p: es probabilidad de éxito en cada ensayo

q: es probabilidad de fracaso en cada ensayo

1.14. Distribución muestral

1.14.1. Tamaño de la muestra

Se denomina muestra al número de sujetos que componen una fracción o parte de la población, siendo estos los valores más representativos. Para calcular el tamaño de la muestra se toma en cuenta tres factores los cuales son el porcentaje de confianza, el porcentaje de error y el nivel de variabilidad. El porcentaje de confianza existe para generalizar los resultados obtenidos, esto quiere decir que un valor del 100% implica estudiar en su totalidad todos los

casos de la población. El porcentaje de error equivale a la probabilidad de aceptar una hipótesis falsa como si fuera verdadera o inversa; del mismo modo utilizar un error igual a 0% representa que la muestra es del mismo tamaño que la población. La variabilidad es la probabilidad (porcentaje) con el que se aceptó o rechazó la hipótesis en alguna investigación anterior; el porcentaje con el que se aceptó la hipótesis se denomina variabilidad positiva (p) y el porcentaje con el que se rechazó la hipótesis se denomina variabilidad negativa (q), por lo que la suma de ambos porcentajes debe dar la unidad ($p + q = 1$). La máxima variabilidad en caso de no existir antecedente alguno la variabilidad es $p = q = 0.5$. (Moreno & Medina, 2018).

Ecuación 21 Fórmula de muestra para la presente investigación

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{E^2}$$

Fuente 29 Manual de estadística UPN, 2014

Donde:

N = es el tamaño de la muestra

Z = es el nivel de confianza

E = es el error

σ = es la varianza

1.14.2. Test de Shapiro-Wilk

La prueba de Shapiro-Wilk es una de las más consolidadas y con mayor potencia estadística entre las existentes actualmente. Su fundamento estadístico está basado en una gráfica de probabilidad en la que se considera la regresión de las observaciones sobre los valores esperados de la distribución hipotetizada, en donde su estadístico W representa el cociente de dos estimaciones de la varianza de una distribución normal. Esta prueba ha demostrado de manera general, resultados adecuados en comparación a las pruebas clásicas, pero especialmente cuando se

trabaja con distribuciones de colas cortas y con un tamaño muestral inferior a 30, ya que muestra una alta variabilidad cuando se modifican tanto la simetría como el tamaño muestral de la distribución, especialmente entre 20 y 50 participantes (Pedrosa, Juarros, Basterio, & García, 2014).

1.15. Homogeneidad de varianza

1.15.1. Test Levene

El estadístico de prueba de Levene se define como:

Ecuación 22 Test de Levene

$$W = \frac{(N-k) * \sum_{i=1}^k n_i * (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}$$

Fuente 30 Manual de estadística UPN, 2014

Donde Z_{ij} puede tener una de las siguientes definiciones:

$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_i|$ donde \bar{X}_i es la media del i -ésimo sub grupo.

$Z_{ij} = |X_{ij} - \tilde{X}_i|$ donde \tilde{X}_i es la mediana del i -ésimo sub grupo.

$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}'_i|$ donde \bar{X}'_i es la media recortada del i -ésimo sub grupo de los

Z_{ij}

La prueba de Levene rechaza la hipótesis de que las varianzas son iguales con un nivel de significancia α si $W > F_{\alpha, k-1, N-k}$ donde $F_{\alpha, k-1, N-k}$ es el valor crítico superior de la distribución F con $k-1$ grados de libertad en el numerador y $N-k$ grados de libertad en el denominador a un nivel de significancia α . La prueba de Levene ofrece una alternativa más robusta que el procedimiento de Bartlett, ya que es poco sensible a la desviación de la normalidad. Eso significa

que será menos probable que rechace una verdadera hipótesis de igualdad de varianzas solo porque las distribuciones de las poblaciones muestreadas no son normales (Correa, Iral, & Rojas, 2006).

1.16. Pruebas de hipótesis

1.16.1. Anova

El análisis de varianza (ANOVA), se refiere en general a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativas de unidades experimentales. El problema más sencillo de ANOVA se conoce como el análisis de varianza de un solo factor o diseño completamente al azar, éste se utiliza para comparar dos o más tratamientos, dado que sólo consideran dos fuentes de variabilidad, los tratamientos y el error aleatorio.

En este todas las corridas experimentales se deben de realizar en un orden aleatorio. De esta manera, si durante el estudio se hacen N pruebas, éstas se corren al azar, de manera que los posibles efectos ambientales y temporales se vayan repartiendo equitativamente entre los tratamientos.

Por lo general se recomiendan entre 5 y 30 mediciones en cada tratamiento. En caso de que los tratamientos tengan efecto, las observaciones y_{ij} de la tabla 1 se puede escribir como el modelo estadístico lineal dado por:

Ecuación 23 Test de Levene

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Fuente 31 Manual de estadística UPN, 2014

Donde:

μ – Es el parámetro de escala común a todos los tratamientos, llamado media global
 τ_i – Es un parámetro que mide el efecto del tratamiento

ε_{ij} – es el error atribuido a la medición y_i

1.16.2. T-student

El instrumento que se utilizará es la Prueba T de Student pues nos ayudará a identificar las diferencias entre dos poblaciones de muestras independientes, cuyos datos obtenidos sean medidos en escala ordinal.

La fórmula por utilizar para el análisis será la siguiente:

Ecuación 24 T-student

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\text{error}}$$

Fuente 32 Manual de estadística UPN, 2014

Donde:

Ecuación 25 Error – T student

$$\text{error} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Fuente 33 Manual de estadística UPN, 2014

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x)^2}{n-1}}$$

\bar{X} : Media

μ : Valor a analizar

Sx: Desviación estándar

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según el propósito de la investigación

La presente investigación es aplicada debido a que se aplican técnicas complejas tanto como recolección de datos, como de elaboración.

2.1.2. Según el diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental, se ejerce un control total en las variables puesto que se manipuló cantidad de insumos que se ha empleado. Además, este diseño va de acuerdo a uno de las principales observaciones que luego fueron analizadas denominado causa y efecto entre las variables. No se ve afectado por factores externos que repercutan en un cambio drástico en los resultados, por lo que se puede establecer una confiabilidad alta.

2.1.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental puro debido a que se puede manipular uno o más aditivos retardantes para observar los cambios en las propiedades del concreto, teniendo una aleatoriedad de las variables y un control de las repeticiones.

2.2. Población

Todo el concreto convencional el cual fue modificado con aditivo Sika Retarder PE en porcentajes de 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1.0% en la ciudad de Trujillo en el año 2020. Para la presente investigación se estableció un total de 24 muestras de concreto fresco las cuales solo dependieron del porcentaje de aditivo y 180 probetas cilíndricas

de concreto endurecido las cuales adicional al porcentaje de aditivo se dividieron en tiempos de 7 días, 14 días y 28 días de curado.

2.3.Muestra

La muestra es de tipo probabilística denominado de esta manera a la técnica empleada donde las muestras son seleccionadas mediante un proceso que brinda la misma oportunidad a todos los testigos de ser seleccionados.

Además, se realizará por muestreo estratificado ya que la población se sub divide sub grupos o estratos (porcentaje de aditivo y resultados obtenidos de acuerdo al ensayo realizado).

Para calcular el tamaño de la muestra, según Rubio (2014) en el Manual de Estadística para considera variables cuantitativas y asumiendo poblaciones infinitas se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 26 Muestra

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Fuente 34 Manual de estadística UPN, 2014

Donde:

- Z = es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador.
- S = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

- E= Error del muestreo en % del estimador o en absoluto (unidades).

Fijada por el investigador.

- n_0 = Tamaño de la muestra

Tabla 9 Valores de la distribución normal estandarizada

VALORES DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDARIZADA (Z)			
Nivel de Confianza(1- α)	Nivel de significancia (α)	Valor z (Unilateral)	Valor z (Bilateral)
90%=0.90	10% = 0.10	1.282	1.645
91%=0.91	9% = 0.09	1.341	1.695
92%=0.92	8% = 0.08	1.405	1.751
93%=0.93	7% = 0.07	1.476	1.812
94%=0.94	6% = 0.06	1.555	1.881
95%=0.95	5% = 0.05	1.645	1.960
96%=0.96	4% = 0.04	1.751	2.054
97%=0.97	3% = 0.03	1.881	2.170
98%=0.98	2% = 0.02	2.054	2.326
99%=0.99	1% = 0.01	2.326	2.576

Fuente 35 Manual de estadística UPN, 2014

Tabla 10 Coeficiente de variación

Dispersión total					
Clase de Operación	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.9	> 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6

Dispersión entre testigos					
Clase de Operación	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

Fuente 36 Pasquel E., 1996

- Para el ensayo de resistencia a la compresión

Ecuación 27 Aplicación de la muestra

$$n_0 \geq \frac{Z^2 S^2}{E^2} = \frac{(1.96)^2 (22.26)^2}{(14.7)^2}$$

Fuente 37 Elaboración propia, 2020

$$n_0 = 8.81 \cong 9$$

- ✓ n_0 = Muestra.
- ✓ Z = Nivel de confianza al 95%.
- ✓ S = Valor de la Desviación estándar (Valor tomado según NTP 339.034).
- ✓ E = Precisión (error máximo tolerable en la estimación del parámetro).

$Z = 1.96$ para un valor Z bilateral (cuya campana de gauss se representa por ambos extremos como errores no aceptables), donde se aplica una confianza del 95% y una significancia de 0.05 la cual será aplicada en la mayoría de criterios establecidos en la presente investigación.

$S = 22.26 \text{ kg/cm}^2$, esta cifra se ha obtenido al emplear el rango aceptable de 10.6% para cilindros de 100mm x 200mm según lo especificado en la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.034; además se tomará en cuenta la resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 aplicados en la presente investigación.

$E = 14.7 \text{ kg/cm}^2$, se ha considerado un error tolerable de 7% del valor promedio de resistencia a la compresión la cual es 210 kg/cm^2 , asegurando que el valor de la muestra se encuentra por encima del mínimo establecido para análisis estadísticos (3 probetas cilíndricas de concreto).

Según la Norma Técnica Peruana 339.034 la cantidad mínima de réplicas para la evaluación del ensayo de resistencia a compresión del concreto en probetas cilíndricas de 100mm x 200mm es de 3 réplicas; por recomendación del personal con experiencia en la elaboración de probetas cilíndricas se tomará en cuenta la elaboración de un número par de replicas dando como resultado un total de 10 especímenes cilíndricos de concreto por cada tipo diferente que se proceda a evaluar, es necesario evaluar un número alto de replicas con la finalidad de disminuir el error probable que pueda ser causante de la eliminación de testigos manufacturados por poseer un valor muy disperso del promedio entre testigos, tomando en cuenta que si se elimina suficientes probetas donde el resultado final sean 2 testigos que no presentan dispersión, este no podrá ser analizado estadísticamente por lo que se deberá repetir el ensayo.

- Para el ensayo de tiempo de fraguado se tomarán lo siguientes valores:

Ecuación 28 Aplicación de la muestra

$$n_0 \geq \frac{Z^2 S^2}{E^2} = \frac{(1.96)^2 (20)^2}{(26.7)^2}$$

Fuente 38 Elaboración propia, 2020

$$n_0 = 2.16 \cong 3$$

- n_0 = Muestra.
- Z = Nivel de confianza al 95%.
- S = Valor de la Desviación estándar (Valor tomado por antecedentes).
- E = Precisión (error máximo tolerable en la estimación del parámetro).

$Z= 1.96$ para un valor Z bilateral (cuya campana de gauss se representa por ambos extremos como errores no aceptables), donde se aplica una confianza del 95% y una significancia de 0.05 la cual será aplicada en la mayoría de criterios establecidos en la presente investigación.

$S= 20$ minutos, denominado de esta manera a la desviación estándar probable para el tiempo de fraguado final según lo establece la Norma Técnica Peruana 334.006 “Determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico utilizando la aguja de Vicat”.

$E=26.7$ minutos, se ha considerado un error tolerable de 5% del valor promedio de tiempo de fraguado final de 534 minutos, este último dato fue obtenido como resultado de investigaciones previas con aditivo Sika Retarder PE en la investigación de Mego (2019).

De este modo se obtiene que el número de réplicas por cada ensayo de tiempo de fraguado para la presente investigación será de 3 muestras de concreto fresco. Por recomendación del personal calificado y con experiencia en el presente ensayo, y tomando en cuenta que en el tiempo de fraguado existe la probabilidad de obtener una desviación estándar elevada; se procedió a añadir una muestra más arrojando un total de 4 unidades. De este modo si se llegará a eliminar una muestra por encontrarse muy dispersa del promedio aún se podría trabajar con la cantidad de unidades mínimas calculadas.

El número total de tratamientos de probetas de concreto para evaluar la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado, es igual a:

Tabla 11 Cantidad de muestras


	Resistencia a la Compresión			Tiempo de Fraguado
	7 d	14 d	28 d	
Patrón:	10	10	10	4
0.2% Sika Retarder PE:	10	10	10	4
0.4% Sika Retarder PE:	10	10	10	4
0.6% Sika Retarder PE:	10	10	10	4
0.8% Sika Retarder PE:	10	10	10	4
1.0% Sika Retarder PE:	10	10	10	4

Fuente 39 Elaboración propia, 2020

2.4.Unidad de estudio

La unidad de estudio para la presente investigación fueron 10 probetas cilíndricas de 4"x8" o 100 mm x 200mm. La cual es detallada en la siguiente tabla donde se especifica la materia prima y las dimensiones que esta posee.

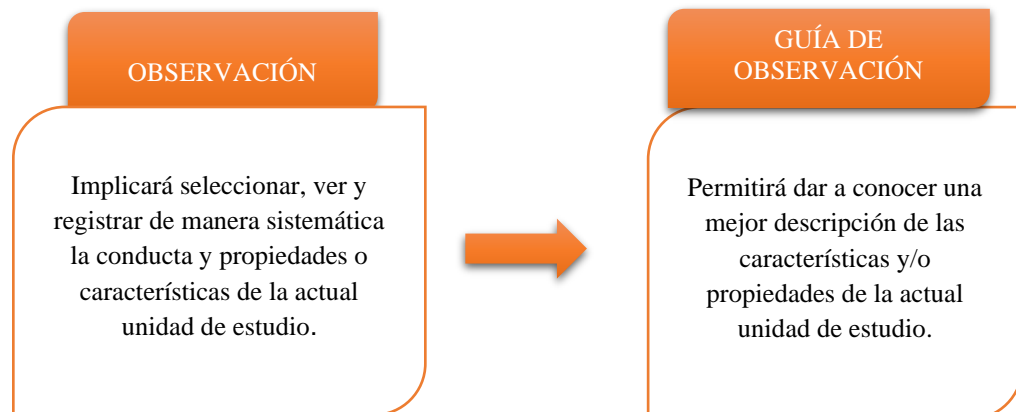
Tabla 12 Descripción de la probeta cilíndrica

PROBETA CILINDRICA	
	Dimensiones
	Altura: 8" - 200mm
	Ancho: 4" - 100mm
	Composición
	-Cemento portland tipo HS
	-Agregado fino (arena)
	-Agregado grueso (piedra chancada de 1/2")
	-Agua potable
	-Aditivo Sika Retarder PE (0.2%,0.4%,0.6%,0.8% y 1.0%)

Fuente 40 Elaboración propia, 2020

2.5. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la técnica de percepción del investigador (observación directa). Por ello, la observación se aplicará a todos los ensayos a realizar bajo la única responsabilidad del investigador, ya que la tesis requiere la observación de los fenómenos que se presentan en la variable dependiente con el propósito de obtener la información necesaria para la investigación; tomando en cuenta que siguen los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana asegurando la confiabilidad de los resultados y obteniendo conclusiones verdaderas. El instrumento de recolección de datos que se utilizará en la presente investigación será la guía de observación, puesto que esta permitirá dar a conocer una mejor descripción de las características y/o propiedades de la actual unidad de estudio.



2.5.1. Técnica e instrumento de análisis de datos

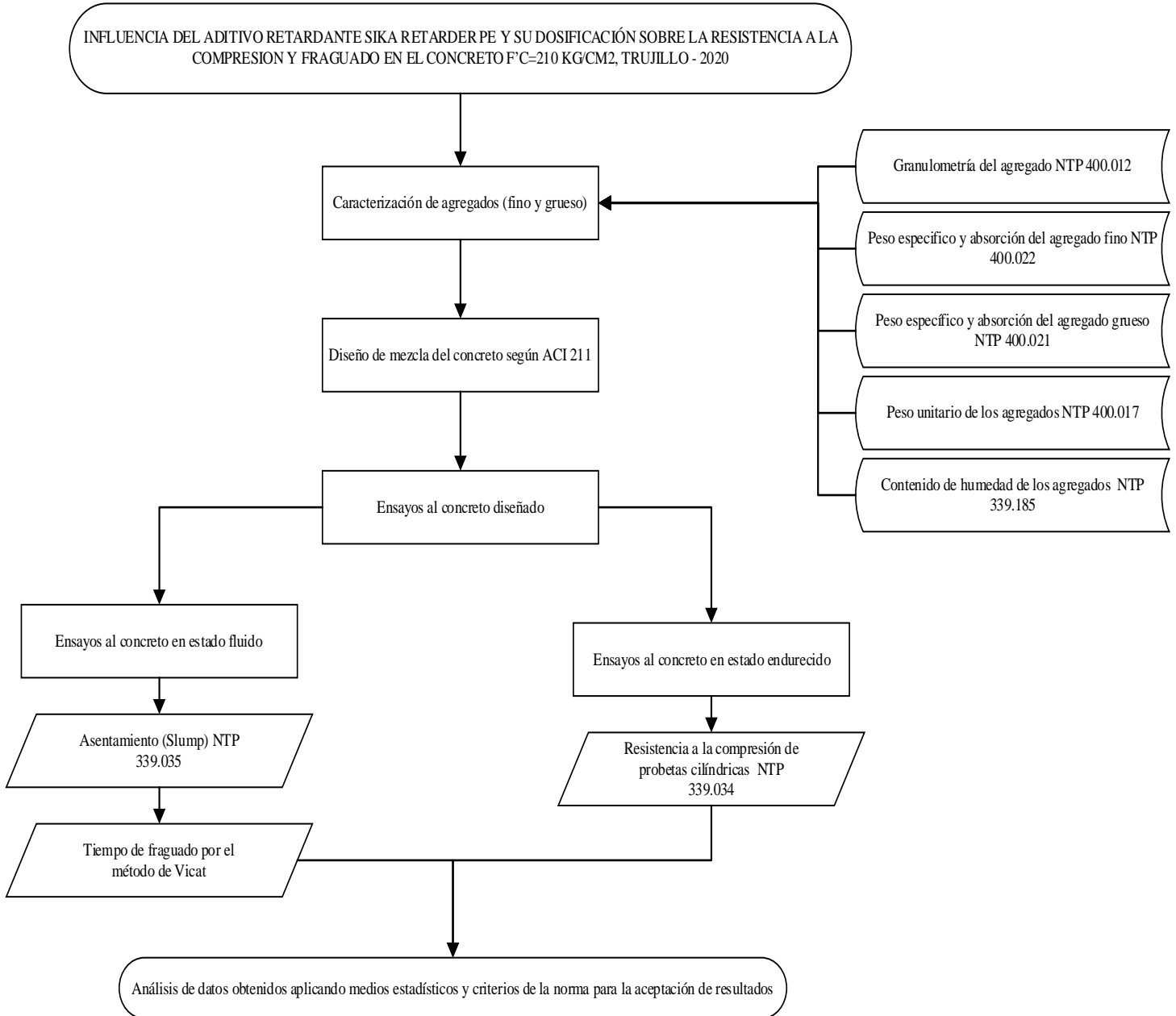
Para el análisis estadístico de la presente investigación utilizó el método de inferencia estadística; ya que, a partir de la información empírica proporcionada por la muestra, se

podrá inducir el comportamiento de la población teniendo un riesgo de error mínimo measurable en términos probabilísticos.

La prueba de hipótesis es paramétrica porque se hará una suposición de datos para determinar si es o no válida. Para esto es necesario realizar una suposición de datos que se midan en escala de intervalos. Por lo tanto, se usará el de análisis de la varianza (ANOVA) para la obtención de resultados; debido a que se cuenta con dos variables dependientes.



2.5.2. Gráfico de procedimiento experimental



2.6. Procedimiento experimental

2.6.1. Selección de materia prima

Para la obtención de la materia prima se procedió a seleccionar una cantera cercana a Trujillo la cual por su distancia es una de las principales proveedoras de agregado fino y grueso en este caso se selecciona la cantera más próxima ubicada en El Milagro; donde se tomará el material suficiente para la caracterización de agregados, elaboración de probetas y muestras de concreto fresco para el ensayo de Vicat. Por otro lado, para el Cemento al ser un material manufacturado en su mayoría en otros departamentos del país, pero siendo un recurso que se puede encontrar en las principales ferreterías de la ciudad, su facilidad y la confianza de almacenado no trajo mayores problemas. El agua de la mezcla será potable del mismo Laboratorio de Tecnología del concreto de la Universidad Privada del Norte. Finalmente, el aditivo Sika Retarder PE es un material que se encuentra envasado el cual será protegido siguiendo los parámetros establecidos en su ficha técnica.

2.6.2. Caracterización de agregados

Los ensayos de caracterización de agregados son necesarios para realizar el diseño de mezcla siguiendo los parámetros del ACI 211, fueron elaborados en el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Privada del Norte ubicada en la localidad de Trujillo, la cual cuenta con equipos de buena calidad y con una correcta calibración; asegurando de esta manera los correctos resultados.

2.6.3. Granulometría del agregado grueso y fino según NTP 400.012

Para realizar el ensayo de contenido de humedad según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- Se pesó la muestra del material en estado natural, la cual no debe presentar alteraciones ni cambios de color por presencia de agua; de lo contrario se procederá a su secado a la intemperie.
- La cantidad de material mínimo empleado para obtener la humedad del agregado fino es de 500 g, por otro lado, la cantidad mínima de agregado grueso necesario para realizar la prueba fue de 2 kg.
- Ambas muestras fueron colocadas en un horno el cual se encontró en una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ con la finalidad de eliminar toda partícula de agua que se encuentre dentro del material.
- Se tomó en cuenta que los pesos mínimos de los agregados descritos líneas atrás serán cuando el material se encuentre secado en el horno.
- Los tamices de bronce fueron armados de forma decreciente dependiendo de la abertura de la malla hasta colocar en la base un contenedor denominado “fondo”.
- Los tamices fueron agitados por un tiempo de 10 a 15 minutos, tomando en cuenta que el agregado puede obstruir el paso de partículas finas en los tamices de abertura superior será necesario que se fraccione la muestra en 5 partes.

- Una vez terminado el vibrado de los tamices se procede a pesar el contenido del material retenido en cada tamiz.
- Para el cálculo del módulo de finura será necesario aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 29 Fórmula de módulo de finura empleado.

$$MF = \frac{\text{Porcentajes retenidos acumulados}}{100}$$

Fuente 41 Elaboración propia, 2020

El porcentaje retenido acumulado será de los tamices N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8”, 3/4”, 1 1/2”.

2.6.4. Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco de los agregados según NTP 400.017

Para realizar el ensayo de peso unitario según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- El recipiente cilíndrico establecido en la NTP 400.017, será sometido a una calibración la cual aseguró la correcta aplicación de las fórmulas en la presente normativa.
- Para realizar la calibración fue necesario llenar el molde con agua hasta su límite máximo, utilizando un gotero en esta última etapa.
- El recipiente con el agua fue pesado en una balanza cuya capacidad limite es de 80 kg.

- La NTP 400.017, indica que la temperatura del agua es necesaria para obtener un peso específico real y por lo tanto la obtención del volumen sea la adecuada. Los valores se pueden observar a continuación.

Tabla 13 Densidad del agua de acuerdo a su temperatura

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)
15.6	999.01
18.3	998.54
21.1	997.97
23.0	997.54
23.9	997.32
26.7	996.59
29.4	995.83

Fuente 42 MTC, 2018

- El factor de calibración se calculará de la siguiente manera:

Ecuación 30 Factor de calibración del molde

$$F = \frac{\text{Densidad del agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{W_a}$$

Fuente 43 Elaboración propia, 2020

Donde:

F= Factor de calibración del recipiente (m⁻³)

W_a= Peso del agua del recipiente (Kg)

- Para obtener el peso suelto seco del agregado grueso o fino, es necesario pesar el recipiente cilíndrico vacío.
- Luego, se procedió a llenar por descarga directa el recipiente a una altura no menor de 5 cm.

- Finalmente se enrasa el molde de todo el material sobrante, y finalmente se pesa para obtener el peso del molde con el material.
- Por otro lado, para obtener el peso unitario compactado seco del agregado grueso o fino, es necesario que el material se vierta en 3 capas las cuales serán compactadas por 25 golpes con una varilla de punta redonda correctamente distribuidos.
- Finalmente se enrasó el material y se procedió a pesar, luego de obtener los datos del peso unitarios suelto y el peso unitario compactado se aplica la siguiente fórmula.

Ecuación 31 Fórmula para obtener el PUCS o PUSS

$$M=(G-T) \times F$$

Fuente 44 Elaboración propia, 2020

Donde:

M= Peso unitario del agregado en (kg/m³).

G= Peso del recipiente de medida más el agregado (kg).

T= Peso del recipiente de medida (kg).

F= Factor del recipiente de medida (m⁻³).

2.6.5. Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022

Para realizar el ensayo de peso específico y absorción según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- Se selecciona la muestra por cuarteo la cual debe tener un mínimo de 1000 g. Dicha muestra será colocada sobre una bandeja de metal la cual se encontró a 10 cm sobre una estufa eléctrica.
- Para dicho proceso se debió tener cuidado con no quemar a muestra por lo que se procedió a mover el material para que obtenga un secado homogéneo.
- Luego se escoge el molde cónico con diámetro superior de 40 mm y diámetro inferior de 90 mm, el cual fue llenado y apisonado con la siguiente configuración tres capas de material compactadas con 25 golpes por un pisón de acero cuyo peso será de 340 g y diámetro 25 mm.
- Para aceptar la muestra el cono formado por el agregado fino luego de retirado el molde debe mantenerse solo 2/3 del cono original. Esto determinará que el material alcanzo su condición saturada superficialmente seca.
- El material que cumple la condición superficialmente seca debe colocarse en la fiola con agua hasta 500 ml indicados en el recipiente, tomando en cuenta que no debe contener aire el agregado en la base de la fiola se procedió a “rolar “de izquierda a derecha con la finalidad de eliminar el aire atrapado.
- La fiola con la muestra y el agua es pesada, luego de que se dejó reposar por un día la muestra.
- La muestra debe ser retirada de la fiola y colocada en el horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- Finalmente, se pesó la muestra seca y se calculó los resultados aplicando las siguientes fórmulas.

Ecuación 32 Peso específico del agregado fino

$$\text{Peso específico} = W_o * 100 / (V - V_a)$$

Fuente 45 Norma Técnica Peruana 400.022, 2013

Ecuación 33 Absorción del agregado fino

$$\text{Absorción} = (500 - W_o) * 100 / W_o$$

Fuente 46 Norma Técnica Peruana 400.022, 2013

Donde:

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

V = Volumen del frasco (cm^3).

V_a = Peso en gramos o volumen añadido al frasco (cm^3).

2.6.6. Peso específico y absorción del agregado grueso NTP 400.021

Para realizar el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- Se toma la muestra por cuarteo con un peso de 2 kg o 2000 g.
- Dicha muestra fue colocada en agua y se dejó reposar por un tiempo de 24 horas hasta peso constante con este nuevo peso se asegura que el material llegó a su peso saturado.
- La muestra se colocó en la canasta metálica suspendida en agua utilizando la balanza especial con un anzuelo en la base, tomando en cuenta que el

contenedor de agua donde será introducida la canasta metálica con el material tendrá una temperatura de 20°C.

- Por último, la muestra debe ser colocada en el horno con una temperatura de 100°C±5°C para obtener el peso seco. Se aplicó las siguientes fórmulas para obtener el peso específico y absorción.

Ecuación 34 Peso específico del agregado grueso

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{B-C}$$

Fuente 47 Norma Técnica Peruana 400.021, 2013

Ecuación 35 Absorción del agregado grueso

$$\text{Absorción} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Fuente 48 Norma Técnica Peruana 400.021, 2013

Donde:

A= Peso en el aire de la muestra seca (g)

B= Peso en el aire de la muestra saturada (g)

C= Peso suspendido de la muestra (g)

2.6.7. Diseño de Mezcla (ACI 211)

Para realizar el diseño de mezcla del concreto según lo establecido en el Instituto Americano del Concreto (ACI), se siguió los siguientes procesos:

- El concreto convencional cuya relación a/c es de 0.56 elaborado con cemento portland resistente a los sulfatos recomendado para la ciudad de

Trujillo posee un peso específico de 2.94 g/cm^3 , el cual fue diseñado para obtener una resistencia de 210 kg/cm^2 y un slump de 4”.

- Se utilizó agua potable para la elaboración de esta mezcla, según la NTP 339.088 “Agua para la mezcla. Requisitos”. Los ensayos al agua serán opcionales siempre que se considere que proviene de una fuente potable.
- Finalmente se tomó en cuenta las tablas de características para diseño indicados en la guía de ACI 211 donde fue necesario utilizar los datos obtenidos en la caracterización de agregados.
- Todos los resultados fueron obtenidos en kg como unidad de medida, para obtener a dosificación estándar se redondeó los resultados luego de ser divididos entre la cantidad de cemento.

2.6.8. Asentamiento del concreto en estado fresco según NTP 339.035

Para realizar el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- El ensayo de asentamiento slump se empleó en el concreto convencional y en el concreto con aditivo Sika Retarder PE a diferente porcentaje.
- Durante la elaboración de las probetas cilíndricas se extrajo una muestra de concreto convencional del cual se obtendrá la muestra representativa.
- Dicha muestra será colocada dentro del cono de Abrams en una superficie plana y será compactada y dividida en la siguiente configuración de tres capas y 25 golpes de forma circulares con una varilla de puna redonda.

- El cono será retirado luego de realizar el apisonamiento y se observó el descenso de la mezcla, una vez se estabilice se realiza la medida tomando como referencia la altura del cono.
- Finalmente, la medida obtenida debe estar en pulgadas como unidad.

2.6.9. Elaboración de probetas cilíndricas NTP 339.183

Para la elaboración de probetas cilíndricas según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- Para la elaboración de probetas cilíndricas se utilizaron moldes de 100 mm x 200 mm los cuales serán apisonados con una varilla con punta redondeada con 25 golpes en cada capa (3 capas). Además, se golpeó las caras laterales del molde entre 10 a 15 golpes. Todo con la finalidad de expulsar espacios vacíos que se puedan encontrar dentro de la probeta cilíndrica.
- El material a utilizar debía contar con las cantidades establecidas en el diseño de mezcla antes descrito, además este fue combinado por un lapso de 8 a 10 minutos en la mezcladora o trompo.
- Una vez el material se encuentre dentro del molde cilíndrico se enrasa en la superficie y se coloca un material plástico que evite la evaporación del agua con la finalidad de que el curado comience en el momento que obtiene su fraguado final.
- Luego de 24 horas y el concreto se encuentra endurecido se retira el molde con presión de aire.

- Finalmente se coloca las probetas de concreto en un pozo de agua saturada de cal por un lapso de 7, 14 y 28 días necesarios para la presente investigación.

2.6.10. Resistencia a la compresión NTP 339.034

Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- La probeta fue medida en su ancho y su altura con la finalidad de establecer un promedio y si lo requería poder realizar la corrección por dimensiones en la resistencia.
- Utilizando neopreno en ambas caras donde la prensa hidráulica ejercerá presión se procedió a centrarla en la máquina.
- Se aplicó carga de forma continua hasta que la probeta se fractura.
- Para obtener la resistencia obtenida se utilizó la siguiente fórmula.

Ecuación 36 Fórmula de resistencia a la compresión

$$f'_c = \frac{P_{max}}{A}$$

Fuente 49 Norma Técnica Peruana 339.034, 2015

Donde:

f'_c = Resistencia a la compresión (kg/cm²)

B = Carga máxima de rotura (kg)

C = Diámetro de la probeta cilíndrica (cm²)

2.6.11. Tiempo de fraguado el cemento portland (Método de Vicat) NTP 334.006

Para realizar el ensayo de tiempo de fraguado según lo establecido en la Norma Técnica Peruana, se siguió los presentes procesos:

- Para el ensayo de Vicat se utilizó pasta de cemento la cual será mezclada para luego formar una masa esférica que fue arrojada de mano en mano por 6 veces.
- Manteniendo la masa en las manos se colocó en el interior del molde cónico encima de una placa de vidrio.
- El material sobrante por encima del cono será retirado con una espátula y alisado.
- La muestra dentro del cono fue colocada debajo de la aguja, la cual es calibrada a la altura de la superficie de cemento.
- La muestra es colocada en una cámara húmeda por 30 minutos luego se realizó la primera medida, el tiempo del fraguado inicial se determinó cuando la aguja obtenga una altura de 25 mm con respecto a la superficie de material cementante.
- Se tomó en cuenta que los inicones de la aguja se encuentren separados entre sí por lo menos 6 mm.
- Finalmente, para obtener el tiempo de fraguado final será cuando el marcador de la aguja será de 2 mm.

2.7.Aspectos Éticos

Para la presente investigación se tomó en cuenta el valor científico debido a que muestra los procedimientos establecidos por años en un producto innovador que mejorará las propiedades del concreto, además el valor social influye al ser aplicado en el concreto que comúnmente es manufacturado a pulso en distintas obras sea construcciones formales o informales. En cuanto a la validez científica con la finalidad de garantizar los resultados obtenidos se realizan pruebas estadísticas con lo que se corroboró que todos los resultados se encuentran dentro de un rango aceptable muy aparte de tomar en cuenta la consideración de la Norma Técnica peruana.

Con respecto a la evaluación, se tomó en cuenta la participación del personal de laboratorio el cual con sus equipos calibrados adecuadamente y su presencia al momento de realizar los ensayos validaron los resultados obtenidos, de la misma manera el asesor de la presente investigación verificó el comportamiento del concreto de acuerdo a los resultados obtenidos. Todos los resultados obtenidos fueron garantizados mediante el certificado de ejecución de ensayos ubicado en el ítem de Anexos.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas

El ensayo de resistencia a la compresión de probetas de concreto convencional y probetas con aditivo Sika Retarder PE a distinto porcentaje fueron analizados en 10 unidades tal y como se explica en el ítem de muestra.

3.1.1. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto convencional

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 7 días de curado otorgó un resultado de 180.24 ± 5.03 kg/cm² con un coeficiente de 2.79 % el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 14 Resistencia a la compresión de probetas de concreto convencional – 7 días

Descripción	Testigo patrón - 7 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	158.20	155.30	150.55	160.15	159.05	166.65	162.90	156.55	158.05	162.05
Carga (kgf)	16131.65	15835.94	15351.58	16330.50	16218.33	16993.30	16610.91	15963.40	16116.36	16524.24
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	179.40	176.11	170.72	181.61	180.36	188.98	184.73	177.53	179.23	183.77
Tipo de falla	3.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	3.00	5.00	6.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						188.98				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						170.72				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						18.26				
Desviación Estándar (kg/cm ²)						5.03				
Coefficiente de variación (%)						2.79				
Promedio (kgf/cm ²)						180.24				

Fuente 50 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 4.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 14 días de curado otorgó un resultado de 193.03 ± 5.87 kg/cm^2 con un coeficiente de 3.04 % el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 15 Resistencia a la compresión de probetas de concreto convencional – 14 días

Descripción	Testigo patrón - 14 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	164.71	162.45	166.10	160.90	167.35	162.80	160.05	168.55	165.50	164.10
Carga (kgf)	16795.48	16565.03	16937.22	16406.97	17064.68	16600.72	16320.30	17187.04	16876.04	16733.28
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	186.78	184.22	199.70	182.46	201.12	184.62	192.84	191.14	187.68	186.09
Tipo de falla	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						201.12				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						181.50				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						19.62				
Desviación Estándar						5.87				
Coeficiente de variación (%)						3.04				
Promedio (kgf/cm ²)						193.03				

Fuente 51 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 4.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 28 días de curado otorgó un resultado de 195.36 ± 4.94 kg/cm² con un coeficiente de 3.04 % el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 16 Resistencia a la compresión de probetas de concreto convencional – 28 días

Descripción	Testigo patrón - 28 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	169.85	170.15	180.50	178.70	174.70	172.55	168.90	170.70	168.90	167.75
Carga (kgf)	17319.60	17350.20	18405.59	18222.04	17814.16	17594.92	17222.73	17406.28	17222.73	17105.47
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kg/cm ²) de 10 testigos	192.61	192.95	204.69	202.65	198.11	195.67	191.53	193.58	191.53	190.23
Tipo de falla	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	5.00
Máximo valor obtenido (kg/cm ²)					204.69					
Mínimo valor obtenido (kg/cm ²)					190.23					
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)					14.46					
Desviación Estándar					4.94					
Coefficiente de variación (%)					2.53					
Promedio (kg/cm ²)					195.36					

Fuente 52 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 4.5 pulgadas.

3.1.2. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 0.2 %

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 7 días de curado otorgó un resultado de 151.82 ± 4.21 kg/cm² con un coeficiente de 2.77 % el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 17 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.2%) – 7 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.2% - 7 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	138.35	140.50	133.00	132.60	128.10	135.90	133.90	134.60	129.95	131.85
Carga (kgf)	14107.55	14326.79	13562.01	13521.22	13062.36	13857.72	13653.78	13725.16	13251.00	13444.74
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	156.89	159.33	150.82	150.37	145.27	154.11	151.84	152.64	147.36	149.52
Tipo de falla	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						159.33				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						145.27				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						14.06				
Desviación Estándar						4.21				
Coefficiente de variación (%)						2.77				
Promedio (kgf/cm ²)						151.82				

Fuente 53 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 5.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 14 días de curado otorgó un resultado de 172.37 ± 5.09 kg/cm² con un coeficiente de 2.95 % el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 18 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.2%) – 14 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.2% - 14 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	158.25	153.05	152.35	149.90	154.85	157.05	148.60	153.25	142.75	149.95
Carga (kgf)	16136.75	15606.51	15535.13	15285.30	15790.05	16014.39	15152.74	15626.90	14556.22	15290.40
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	179.46	173.56	172.77	169.99	175.60	178.10	168.51	173.79	161.88	170.04
Tipo de falla	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)					179.46					
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)					161.88					
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)					17.58					
Desviación Estándar					5.09					
Coeficiente de variación (%)					2.95					
Promedio (kgf/cm ²)					172.37					

Fuente 54 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 5.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 28 días de curado otorgó un resultado de $208.77 \pm 5.78 \text{ kg/cm}^2$ con un coeficiente de 5.78 % el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 19 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.2%) – 28 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.2% - 28 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	194.55	189.20	176.55	185.05	182.05	184.05	182.00	178.60	183.65	185.30
Carga (kgf)	19838.26	19292.72	18002.80	18869.55	18563.64	18767.58	18558.54	18211.84	18726.79	18895.04
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	220.62	214.55	200.21	209.85	206.45	208.71	206.39	202.53	208.26	210.13
Resistencia (kgf/cm ²)	220.62	214.55	200.21	209.85	206.45	208.71	206.39	202.53	208.26	210.13
Tipo de falla	3.00	3.00	3.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	3.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						220.62				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						200.21				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						20.41				
Desviación Estándar						5.78				
Coeficiente de variación (%)						2.77				
Promedio (kgf/cm ²)						208.77				

Fuente 55 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 6 pulgadas.

3.1.3. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 0.4 %

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 7 días de curado otorgó un resultado de 183.17 ± 4.18 kg/cm² con un coeficiente de 4.18% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 20 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.4%) – 7 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.4% - 7 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	160.20	159.30	162.30	157.95	154.85	163.85	161.40	167.25	165.90	162.25
Carga (kgf)	16335.59	16243.82	16549.73	16106.16	15790.05	16707.78	16457.96	17054.48	16916.82	16544.63
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	181.67	180.65	184.05	179.12	175.60	185.81	183.03	189.66	188.13	183.99
Tipo de falla	3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						189.66				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						175.60				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						14.06				
Desviación Estándar						4.18				
Coeficiente de variación (%)						2.28				
Promedio (kgf/cm ²)						183.17				

Fuente 56 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 14 días de curado otorgó un resultado de 205.50 ± 5.50 kg/cm² con un coeficiente de 2.68% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 21 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.4%) –14 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.4% - 14 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	178.65	183.60	179.75	179.00	184.40	175.00	177.20	177.40	186.95	190.18
Carga (kgf)	18216.94	18721.69	18329.11	18252.63	18803.27	17844.75	18069.08	18089.48	19063.29	19392.65
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	202.59	208.20	203.84	202.99	209.11	198.45	200.95	201.17	212.00	215.67
Tipo de falla	3.00	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	6.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						215.67				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						198.45				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						17.21				
Desviación Estándar						5.50				
Coeficiente de variación (%)						2.68				
Promedio (kgf/cm ²)						205.50				

Fuente 57 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 28 días de curado otorgó un resultado de 209.81 ± 3.46 kg/cm² con un coeficiente de 1.65% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 22 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.4%) –28 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.4% - 28 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	184.25	189.80	184.60	187.65	180.60	180.80	188.15	182.95	186.40	184.95
Carga (kgf)	18787.97	19353.91	18823.66	19134.67	18415.78	18436.18	19185.66	18655.41	19007.21	18859.35
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	208.94	215.23	209.34	212.80	204.80	205.03	213.36	207.47	211.38	209.73
Resistencia (kgf/cm ²)	208.94	215.23	209.34	212.80	204.80	205.03	213.36	207.47	211.38	209.73
Tipo de falla	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00	5.00	6.00	5.00	6.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						215.23				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						204.80				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						10.43				
Desviación Estándar						3.46				
Coeficiente de variación (%)						1.65				
Promedio (kgf/cm ²)						209.81				

Fuente 58 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9.5 pulgadas.

3.1.4. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 0.6 %

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 7 días de curado otorgó un resultado de 195.47 ± 3.14 kg/cm² con un coeficiente de 1.61% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 23 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.6%) –7 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.6% - 7 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	171.70	170.45	177.00	168.05	170.70	171.25	173.75	172.15	171.95	176.70
Carga (kgf)	17508.25	17380.79	18048.69	17136.06	17406.28	17462.36	17717.29	17554.14	17533.74	18018.10
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	194.71	193.29	200.72	190.57	193.58	194.20	197.03	195.22	194.99	200.38
Tipo de falla	5.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)					200.72					
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)					190.57					
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)					10.15					
Desviación Estándar					3.14					
Coefficiente de variación (%)					1.61					
Promedio (kgf/cm ²)					195.47					

Fuente 59 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 14 días de curado otorgó un resultado de 217.64 ± 5.11 kg/cm² con un coeficiente de 2.35% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 24 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.6%) –14 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.6% - 14 días										
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10	
Carga (kN)	198.15	194.20	184.25	191.70	196.75	194.80	185.60	192.75	187.90	190.15	
Carga (kgf)	20205.36	19802.57	18787.97	19547.65	20062.60	19863.76	18925.63	19654.72	19160.16	19389.60	
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10	
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88	
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	224.70	220.22	208.94	217.39	223.12	220.90	210.47	218.58	213.08	215.63	
Tipo de falla	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	3.00	
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						224.70					
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						208.94					
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						15.76					
Desviación Estándar						5.11					
Coeficiente de variación (%)						2.35					
Promedio (kgf/cm ²)						217.64					

Fuente 60 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 10.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 28 días de curado otorgó un resultado de 229.98 ± 5.88 kg/cm² con un coeficiente de 2.56% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 25 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.6%) –28 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.6% - 28 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	204.20	208.95	202.70	203.20	208.50	195.25	200.40	209.85	196.85	198.15
Carga (kgf)	20822.27	21306.63	20669.32	20720.30	21260.75	19909.64	20434.79	21398.40	20072.79	20205.36
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	231.56	236.95	229.86	230.43	236.44	221.42	227.26	237.97	223.23	224.70
Tipo de falla	5.00	5.00	6.00	3.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						237.97				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						221.42				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						16.56				
Desviación Estándar						5.88				
Coeficiente de variación (%)						2.56				
Promedio (kgf/cm ²)						229.98				

Fuente 61 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 10.5 pulgadas.

3.1.5. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 0.8 %

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 7 días de curado otorgó un resultado de 204.47 ± 5.25 kg/cm² con un coeficiente de 2.57% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 26 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.8%) –7días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.8% - 7 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	183.95	187.00	181.50	184.50	172.95	181.75	178.35	172.85	180.15	180.05
Carga (kgf)	18757.38	19068.39	18507.56	18813.47	17635.71	18533.05	18186.35	17625.51	18369.90	18359.70
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	208.60	212.06	205.82	209.22	196.13	206.11	202.25	196.01	204.29	204.18
Tipo de falla	3.00	3.00	3.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						212.06				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						196.01				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						16.05				
Desviación Estándar						5.25				
Coefficiente de variación (%)						2.57				
Promedio (kgf/cm ²)						204.47				

Fuente 62 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 14 días de curado otorgó un resultado de 216.04 ± 6.41 kg/cm² con un coeficiente de 2.97% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 27 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.8%) –14 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.8% - 14 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	197.10	194.35	195.70	185.85	182.30	181.65	193.05	195.60	188.95	190.55
Carga (kgf)	20098.29	19817.87	19955.53	18951.12	18589.13	18522.85	19685.31	19945.33	19267.23	19430.38
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	223.51	220.39	221.93	210.76	206.73	205.99	218.92	221.81	214.27	216.09
Tipo de falla	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						223.51				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						205.99				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						17.52				
Desviación Estándar						6.41				
Coeficiente de variación (%)						2.97				
Promedio (kgf/cm ²)						216.04				

Fuente 63 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 28 días de curado otorgó un resultado de 242.03 ± 6.98 kg/cm² con un coeficiente de 2.88% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 28 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (0.8%) –28 días

Descripción	Testigo con Aditivo 0.8% - 28 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	214.20	208.95	219.25	220.85	209.15	210.50	207.75	205.25	214.75	223.60
Carga (kgf)	21841.97	21306.63	22356.92	22520.07	21327.03	21464.69	21184.27	20929.34	21898.06	22800.49
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	242.90	236.95	248.63	250.45	237.18	238.71	235.59	232.76	243.53	253.56
Tipo de falla	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						253.56				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						232.76				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						20.81				
Desviación Estándar						6.98				
Coeficiente de variación (%)						2.88				
Promedio (kgf/cm ²)						242.03				

Fuente 64 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9.5 pulgadas.

3.1.6. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto con aditivo al 1%

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 7 días de curado otorgó un resultado de 185.63 ± 5.88 kg/cm² con un coeficiente de 3.17% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 29 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (1%) – 7 días

Descripción	Testigo con Aditivo 1% - 7 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	163.05	164.00	174.00	164.20	157.00	158.70	159.09	162.65	164.00	170.25
Carga (kgf)	16626.21	16723.08	17742.78	16743.47	16009.29	16182.64	16222.41	16585.42	16723.08	17360.39
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	184.90	185.98	197.32	186.20	178.04	179.97	180.41	184.45	185.98	193.06
Resistencia (kgf/cm ²)	184.90	185.98	197.32	186.20	178.04	179.97	180.41	184.45	185.98	193.06
Tipo de falla	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						197.32				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						178.04				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						19.28				
Desviación Estándar						5.88				
Coeficiente de variación (%)						3.17				
Promedio (kgf/cm ²)						185.63				

Fuente 65 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 14 días de curado otorgó un resultado de 220.50 ± 6.74 kg/cm² con un coeficiente de 3.06% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 30 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (1%) –14 días

Descripción	Testigo con Aditivo 1% - 14 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	188.60	197.75	196.55	200.80	184.45	187.45	198.20	202.45	194.80	193.40
Carga (kgf)	19231.54	20164.57	20042.20	20475.58	18808.37	19114.28	20210.45	20643.83	19863.76	19721.00
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	213.87	224.25	222.89	227.71	209.17	212.57	224.76	229.58	220.90	219.32
Tipo de falla	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.00	5.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)					229.58					
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)					209.17					
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)					20.41					
Desviación Estándar					6.74					
Coeficiente de variación (%)					3.06					
Promedio (kgf/cm ²)					220.50					

Fuente 66 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9.5 pulgadas.

En la siguiente tabla se observa que el ensayo de 10 probetas cilíndricas a 28 días de curado otorgó un resultado de 244.80 ± 7.01 kg/cm² con un coeficiente de 2.87% el cual se encuentra dentro del rango aceptable por la Norma Técnica Peruana.

Tabla 31 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con aditivo (1%) – 28 días

Descripción	Testigo con Aditivo 1% - 28 días									
	PPC-1	PPC-2	PPC-3	PPC-4	PPC-5	PPC-6	PPC-7	PPC-8	PPC-9	PPC-10
Carga (kN)	217.65	215.30	210.90	213.60	207.65	208.74	222.85	219.30	215.35	227.35
Carga (kgf)	22193.77	21954.14	21505.47	21780.79	21174.07	21285.22	22724.01	22362.02	21959.24	23182.88
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.30	20.20	20.10	20.00	20.10	20.30	20.20	20.10
Relación longitud/ diámetro	1.89	1.88	1.90	1.89	1.88	1.87	1.88	1.90	1.89	1.88
Resistencia (kgf/cm ²) de 10 testigos	246.82	244.15	239.16	242.22	235.48	236.71	252.71	248.69	244.21	257.82
Tipo de falla	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Máximo valor obtenido (kgf/cm ²)						257.82				
Mínimo valor obtenido (kgf/cm ²)						235.48				
Diferencia entre máximo y mínimo (kg/cm ²)						22.34				
Desviación Estándar						7.01				
Coefficiente de variación (%)						2.87				
Promedio (kgf/cm ²)						244.80				

Fuente 67 Elaboración propia, 2020

Asentamiento (Slump) promedio del ensayo realizado antes: 9.5 pulgadas.

3.2. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat)

3.2.1. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto convencional

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco reflejan un tiempo de fraguado inicial de 121 minutos y 331 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 32 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 1

PATRON - ENSAYO 1	
Penetración (mm)	Variación Hora: Minuto: Segundo
Mezcla Cámara Húmeda	
40 mm	0:02:00
28 mm	0:31:00
26 mm	1:01:00
25 mm	1:31:00
19 mm	2:01:00
18 mm	2:31:00
17 mm	3:01:00
13 mm	3:31:00
9 mm	4:01:00
5 mm	4:31:00
2 mm	5:01:00
1 mm	5:31:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	121
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	331

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco reflejan un tiempo de fraguado inicial de 122 minutos y 362 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 33 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 2

PATRON - ENSAYO 2	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
40 mm	0:32:00
30 mm	1:02:00
17 mm	1:32:00
25 mm	2:02:00
19 mm	2:32:00
18 mm	3:02:00
16 mm	3:32:00
13 mm	4:02:00
10 mm	4:32:00
6 mm	5:02:00
4 mm	5:32:00
2 mm	6:02:00
<hr/>	
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	122
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	362

Fuente 69 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco reflejan un tiempo de fraguado inicial de 124 minutos y 364 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 34 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 3

PATRON - ENSAYO 3	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
41 mm	0:34:00
32 mm	1:04:00
18 mm	1:34:00
25 mm	2:04:00
20 mm	2:34:00
19 mm	3:04:00
15 mm	3:34:00
12 mm	4:04:00
9 mm	4:34:00
6 mm	5:04:00
4 mm	5:34:00
2 mm	6:04:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	124
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	364

Fuente 70 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco reflejan un tiempo de fraguado inicial de 137 minutos y 287 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 4 mm respectivamente.

Tabla 35 Resultados del concreto patrón sin retardante – ensayo 4

PATRON - ENSAYO 4	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
40 mm	0:17:00
35 mm	0:47:00
30 mm	1:17:00
27 mm	1:47:00
25 mm	2:17:00
17 mm	2:47:00
16 mm	3:17:00
13 mm	3:47:00
7 mm	4:17:00
5 mm	4:47:00
4 mm	5:17:00
2 mm	5:21:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	137
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	321

Fuente 71 Elaboración propia, 2020

3.2.2. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.2%)

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.2% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 155 minutos y 395 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 36 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 1

ADITIVO 0.2% - ENSAYO 1	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
32 mm	0:22:00
30 mm	0:53:00
29 mm	1:03:00
27 mm	1:35:00
26 mm	2:05:00
25 mm	2:35:00
19 mm	3:05:00
17 mm	3:35:00
16 mm	4:05:00
8 mm	4:35:00
7 mm	5:05:00
5 mm	5:35:00
4 mm	6:05:00
2 mm	6:35:00
1 mm	7:05:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	155
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	395

Fuente 72 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.2% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 157 minutos y 427 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 37 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 2

ADITIVO 0.2 % - ENSAYO 2	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
31 mm	0:20:00
30 mm	0:53:00
28 mm	1:26:00
27 mm	2:07:00
25 mm	2:37:00
22 mm	3:07:00
19 mm	3:37:00
18 mm	4:07:00
16 mm	4:37:00
9 mm	5:07:00
6 mm	5:37:00
4 mm	6:07:00
3.5 mm	6:37:00
2 mm	7:07:00
1 mm	7:37:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	157
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	427

Fuente 73 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.2% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 162 minutos y 432 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 38 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 3

ADITIVO 0.2 % - ENSAYO 3	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
30 mm	1:20:00
30 mm	1:40:00
29 mm	2:12:00
25 mm	2:42:00
23 mm	3:12:00
22 mm	3:42:00
20 mm	4:12:00
19 mm	4:42:00
18 mm	5:12:00
12 mm	5:42:00
10 mm	6:12:00
6 mm	6:42:00
2 mm	7:12:00
1 mm	7:42:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	162
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	432

Fuente 74 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.2% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 142 minutos (luego de la interpolación) y 408 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm por interpolación y 2 mm respectivamente.

Tabla 39 Resultados del aditivo al 0.2 % de retardante – ensayo 4

ADITIVO 0.2 % - ENSAYO 4	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
29 mm	0:17:00
30 mm	0:47:00
30 mm	1:17:00
32 mm	1:47:00
27 mm	2:17:00
22 mm	2:47:00
20 mm	3:17:00
15 mm	3:47:00
18 mm	4:17:00
15 mm	4:47:00
14 mm	5:17:00
10 mm	5:47:00
8.5 mm	6:17:00
7 mm	6:47:00
6 mm	7:17:00
5.5 mm	7:47:00
5 mm	4:17:00
4 mm	5:47:00
3 mm	6:17:00
2 mm	6:48:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	142
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	408

Fuente 75 Elaboración propia, 2020

3.2.3. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.4%)

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.4% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 205 minutos y

535 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 40 Resultados del aditivo al 0.4 % de retardante – ensayo 1

ADITIVO 0.4 % - ENSAYO 1	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
30 mm	0:25:00
29 mm	0:55:00
28 mm	1:25:00
28 mm	1:55:00
28 mm	2:25:00
27 mm	2:55:00
25 mm	3:25:00
20 mm	3:55:00
19 mm	4:25:00
16 mm	4:55:00
13 mm	5:25:00
9 mm	5:55:00
8 mm	6:25:00
7 mm	6:55:00
6 mm	7:25:00
5 mm	7:55:00
5 mm	8:25:00
2 mm	8:55:00
3 mm	9:25:00
2 mm	9:55:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	205
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	535

Fuente 76 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.4% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 212 minutos y

542 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 41 Resultados del aditivo al 0.4 % de retardante – ensayo 2

ADITIVO 0.4 % - ENSAYO 2	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
31 mm	0:32:00
30 mm	1:02:00
29 mm	1:32:00
28 mm	2:02:00
27 mm	2:32:00
26 mm	3:02:00
25 mm	3:32:00
20 mm	4:02:00
19 mm	4:32:00
15 mm	5:02:00
14 mm	5:32:00
10 mm	6:02:00
9 mm	6:32:00
7 mm	7:02:00
6 mm	7:32:00
5.5 mm	8:02:00
5 mm	8:32:00
2 mm	9:02:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	212
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	542

Fuente 77 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.4% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 184 minutos y 544 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 42 Resultados del aditivo al 0,4 % de retardante – ensayo 3

ADITIVO 0,4 % - ENSAYO 3	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
31 mm	0:34:00
30 mm	1:04:00
29 mm	1:34:00
28 mm	2:04:00
27 mm	2:34:00
25 mm	3:04:00
22 mm	3:34:00
20 mm	4:04:00
18 mm	4:34:00
13 mm	5:04:00
12 mm	5:34:00
10 mm	6:04:00
9 mm	6:34:00
8 mm	7:04:00
7 mm	7:34:00
6 mm	8:04:00
5 mm	8:34:00
2 mm	9:04:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	184
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	544

Fuente 78 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.4% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 197 minutos y

557 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 43 Resultados del aditivo al 0.4 % de retardante – ensayo 4

ADITIVO 0.4 % - ENSAYO 4	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
29 mm	0:17:00
30 mm	0:47:00
30 mm	1:17:00
32 mm	1:47:00
31 mm	2:17:00
25 mm	2:47:00
22 mm	3:17:00
15 mm	3:47:00
18 mm	4:17:00
15 mm	4:47:00
14 mm	5:17:00
12 mm	5:47:00
11 mm	6:17:00
11 mm	6:47:00
10 mm	7:17:00
9 mm	7:47:00
8 mm	4:17:00
8 mm	5:47:00
7 mm	6:17:00
6.5 mm	7:17:00
5 mm	8:17:00
2 mm	9:17:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	197
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	557

Fuente 79 Elaboración propia, 2020

3.2.4. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.6%)

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.6% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 390 minutos y 600 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 1 mm respectivamente.

Tabla 44 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 1

ADITIVO AL 0.6% - ENSAYO 1	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
40 mm	0:30:00
40 mm	1:00:00
39 mm	1:30:00
38 mm	2:00:00
37 mm	2:30:00
35 mm	3:00:00
34 mm	3:30:00
33 mm	4:00:00
31 mm	4:30:00
30 mm	5:00:00
28 mm	5:30:00
27 mm	6:00:00
25 mm	6:30:00
20 mm	7:00:00
13 mm	7:30:00
12 mm	8:00:00
10 mm	8:30:00
7 mm	9:00:00
5 mm	9:30:00
1 mm	10:00:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	390
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	600

Fuente 80 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.6% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 423 minutos y 603 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 45 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 2

ADITIVO AL 0.6% - ENSAYO 2	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:03:00
40 mm	0:33:00
39 mm	1:03:00
39 mm	1:33:00
38 mm	2:03:00
36 mm	2:33:00
35 mm	3:03:00
34 mm	3:33:00
34 mm	4:03:00
30 mm	4:33:00
30 mm	5:03:00
28 mm	5:33:00
27 mm	6:03:00
26 mm	6:33:00
25 mm	7:03:00
13 mm	7:33:00
11 mm	8:03:00
9 mm	8:33:00
7 mm	9:03:00
5 mm	9:33:00
2 mm	10:03:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	423
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	603

Fuente 81 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.6% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 390 minutos y 600 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 46 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 3

ADITIVO AL 0.6%-ENSAYO 3	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
40 mm	0:30:00
39 mm	1:00:00
38 mm	1:30:00
37 mm	2:00:00
36 mm	2:30:00
35 mm	3:00:00
34 mm	3:30:00
33 mm	4:00:00
31 mm	4:30:00
30 mm	5:00:00
29 mm	5:30:00
27 mm	6:00:00
25 mm	6:30:00
20 mm	7:00:00
16 mm	7:30:00
12 mm	8:00:00
10 mm	8:30:00
6 mm	9:00:00
4 mm	9:30:00
2 mm	10:00:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	390
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	600

Fuente 82 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.6% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 418 minutos (Luego de realizada la interpolación) y 568 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 47 Resultados del aditivo al 0.6 % de retardante – ensayo 4

ADITIVO AL 0.6% - ENSAYO 4	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:13:00
40 mm	0:28:00
39 mm	1:28:00
37 mm	2:28:00
35 mm	3:28:00
31 mm	4:28:00
30 mm	5:28:00
24 mm	6:28:00
19 mm	7:28:00
10 mm	8:28:00
2 mm	9:28:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	418
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	568

Fuente 83 Elaboración propia,2020

3.2.5. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (0.8%)

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.8% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 565 minutos y 955 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 48 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 1

ADITIVO AL 0.8% - ENSAYO 1	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:05:00
41 mm	0:25:00
40 mm	0:55:00
40 mm	1:25:00
39 mm	1:55:00
38 mm	2:25:00
38 mm	2:55:00
37 mm	3:25:00
36 mm	3:55:00
36 mm	4:25:00
35 mm	4:55:00
35 mm	5:25:00
34 mm	5:55:00
32 mm	6:25:00
30 mm	6:55:00
29 mm	7:25:00
28 mm	7:55:00
27 mm	8:25:00
26 mm	8:55:00
25 mm	9:25:00
20 mm	9:55:00
19 mm	10:25:00
18 mm	10:55:00
16 mm	11:25:00

15 mm	11:55:00
13 mm	12:25:00
12 mm	12:55:00
10 mm	13:25:00
9 mm	13:55:00
7 mm	14:25:00
6 mm	14:55:00
5 mm	15:25:00
2 mm	15:55:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	565
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	955

Fuente 84 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.8% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 545 minutos y 965 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 49 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 2

ADITIVO AL 0.8% -ENSAYO 2	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
41 mm	0:20:00
40 mm	0:55:00
39 mm	1:30:00
39 mm	2:05:00
38 mm	2:40:00
37 mm	3:15:00
36 mm	3:50:00
36 mm	4:25:00
35 mm	5:00:00
35 mm	5:35:00
34 mm	6:10:00
33 mm	6:45:00
30 mm	7:20:00
28 mm	7:55:00

27 mm	8:30:00
25 mm	9:05:00
24 mm	9:40:00
23 mm	10:15:00
22 mm	10:50:00
20 mm	11:25:00
18 mm	12:00:00
17 mm	12:35:00
16 mm	13:10:00
12 mm	13:45:00
10 mm	14:20:00
8 mm	14:55:00
4 mm	15:30:00
2 mm	16:05:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	545
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	965

Fuente 85 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.8% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 515 minutos y 960 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 50 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 3

ADITIVO AL 0.8% - ENSAYO 3	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cam. Húmeda	0:02:00
40 mm	0:26:00
40 mm	1:00:00
39 mm	1:35:00
38 mm	2:00:00
37 mm	2:35:00
36 mm	3:00:00
36 mm	3:35:00
35 mm	4:00:00
35 mm	4:35:00

34 mm	5:00:00
33 mm	5:35:00
32 mm	6:00:00
31 mm	6:35:00
30 mm	7:00:00
27 mm	7:35:00
27 mm	8:00:00
25 mm	8:35:00
24 mm	9:00:00
23 mm	9:35:00
20 mm	10:00:00
19 mm	10:35:00
18 mm	11:00:00
16 mm	11:35:00
15 mm	12:00:00
14 mm	12:35:00
13 mm	13:00:00
12 mm	13:35:00
11 mm	14:00:00
9 mm	15:35:00
8 mm	15:00:00
5 mm	16:35:00
2 mm	16:00:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	515
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	960

Fuente 86 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 0.8% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 527 minutos y 977 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 1 mm respectivamente.

Tabla 51 Resultados del aditivo al 0.8 % de retardante – ensayo 4

ADITIVO AL 0.8% -ENSAYO 4	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cam. Húmeda	0:02:00
41 mm	0:17:00
41 mm	0:47:00
41 mm	1:17:00
41 mm	1:47:00
40 mm	2:17:00
40 mm	2:47:00
40 mm	3:17:00
40 mm	3:47:00
38 mm	4:17:00
37 mm	4:47:00
32 mm	5:17:00
31 mm	5:47:00
30 mm	6:17:00
29 mm	6:47:00
28 mm	7:17:00
27 mm	7:47:00
26 mm	8:17:00
25 mm	8:47:00
22 mm	9:17:00
21 mm	9:47:00
20 mm	10:17:00
18 mm	10:47:00
16 mm	11:17:00
15 mm	11:47:00
13 mm	12:17:00
12 mm	12:47:00
10 mm	13:17:00
8 mm	13:47:00
7 mm	14:17:00
6 mm	14:47:00
5 mm	15:17:00
3 mm	15:47:00
1 mm	16:17:00

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	527
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	977

Fuente 87 Elaboración propia, 2020

3.2.6. Tiempo de fraguado de la pasta de cemento (Aguja de Vicat) – concreto con aditivo retardante (1%)

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 1% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 570 minutos y 1020 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 52 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 1

ADITIVO AL 1% -ENSAYO 1	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
41 mm	0:20:00
41 mm	0:30:00
40 mm	1:00:00
38 mm	1:30:00
38 mm	2:00:00
37 mm	2:30:00
37 mm	3:00:00
37 mm	3:30:00
36 mm	4:00:00
36 mm	4:30:00
35 mm	5:00:00
35 mm	5:30:00
34 mm	6:00:00
34 mm	6:30:00
33 mm	7:00:00
32 mm	7:30:00
30 mm	8:00:00
29 mm	8:30:00
27 mm	9:00:00

25 mm	9:30:00
23 mm	10:00:00
20 mm	10:30:00
20 mm	11:00:00
18 mm	11:30:00
18 mm	12:00:00
17 mm	12:30:00
17 mm	13:00:00
16 mm	13:30:00
15 mm	14:00:00
15 mm	14:30:00
13 mm	15:00:00
10 mm	15:30:00
7 mm	16:00:00
5.5 mm	16:30:00
2 mm	17:00:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	570
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	1020

Fuente 88 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 1% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 600 minutos y 1050 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 53 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 2

ADITIVO AL 1% - ENSAYO 2	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cámara Húmeda	0:02:00
41 mm	0:30:00
40 mm	1:00:00
39 mm	1:30:00
38 mm	2:00:00
37 mm	2:30:00
37 mm	3:00:00
36 mm	3:30:00

36 mm	4:00:00
35 mm	4:30:00
35 mm	5:00:00
34 mm	5:30:00
34 mm	6:00:00
34 mm	6:30:00
33 mm	7:00:00
33 mm	7:30:00
32 mm	8:00:00
32 mm	8:30:00
30 mm	9:00:00
27 mm	9:30:00
25 mm	10:00:00
24 mm	10:30:00
20 mm	11:00:00
19 mm	11:30:00
18 mm	12:00:00
17 mm	12:30:00
17 mm	13:00:00
16 mm	13:30:00
16 mm	14:00:00
15 mm	14:30:00
14 mm	15:00:00
13 mm	15:30:00
9 mm	16:00:00
7 mm	16:30:00
5 mm	17:00:00
2 mm	17:30:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	600
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	1050

Fuente 89 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 1% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 630 minutos y

1080 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm y 2 mm respectivamente.

Tabla 54 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 3

ADITIVO AL 1% -ENSAYO 3	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cam. Húmeda	0:02:00
40 mm	0:30:00
40 mm	1:00:00
39 mm	1:30:00
38 mm	2:00:00
37 mm	2:30:00
37 mm	3:00:00
36 mm	3:30:00
35 mm	4:00:00
35 mm	4:30:00
34 mm	5:00:00
34 mm	5:30:00
33 mm	6:00:00
33 mm	6:30:00
33 mm	7:00:00
32 mm	7:30:00
30 mm	8:00:00
30 mm	8:30:00
30 mm	9:00:00
27 mm	9:30:00
26 mm	10:00:00
25 mm	10:30:00
20 mm	11:00:00
19 mm	11:30:00
18 mm	12:00:00
17 mm	12:30:00
17 mm	13:00:00
16 mm	13:30:00
15 mm	14:00:00
15 mm	14:30:00
14 mm	15:00:00

13 mm	15:30:00
10 mm	16:00:00
8 mm	16:30:00
6 mm	17:00:00
5 mm	17:30:00
2 mm	18:00:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	630
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	1080

Fuente 90 Elaboración propia, 2020

Los resultados finales obtenidos del concreto en estado fresco con adición de Sika Retarder PE al 1% de la cantidad de cemento reflejan un tiempo de fraguado inicial de 573 minutos y 1068 minutos en el fraguado final; datos que fueron obtenidos cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm (luego de realizada la interpolación) y 2 mm respectivamente.

Tabla 55 Resultados del aditivo al 1 % de retardante – ensayo 4

ADITIVO AL 1% - ENSAYO 4	
Penetración (mm)	Variación
Mezcla	Hora: Minuto: Segundo
Cam. Húmeda	0:03:00
41 mm	0:18:00
41 mm	0:48:00
41 mm	1:18:00
40 mm	1:48:00
40 mm	2:18:00
35 mm	2:48:00
36 mm	3:18:00
34 mm	3:48:00
31 mm	4:18:00
36 mm	4:48:00
33 mm	5:18:00
31 mm	5:48:00
31 mm	6:18:00
31 mm	6:48:00
34 mm	7:18:00
34 mm	7:48:00
30 mm	8:18:00
30 mm	8:48:00

28 mm	9:18:00
24 mm	9:48:00
22 mm	10:18:00
21 mm	10:48:00
20 mm	11:18:00
18 mm	11:48:00
15 mm	12:18:00
15 mm	12:48:00
15 mm	13:18:00
14 mm	13:48:00
14 mm	14:18:00
13 mm	14:48:00
11 mm	15:18:00
9 mm	15:48:00
8 mm	16:18:00
5 mm	16:48:00
4 mm	17:18:00
2 mm	17:48:00
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (min)	573
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (min)	1068

Fuente 91 Elaboración propia,2020

CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1.Discusión

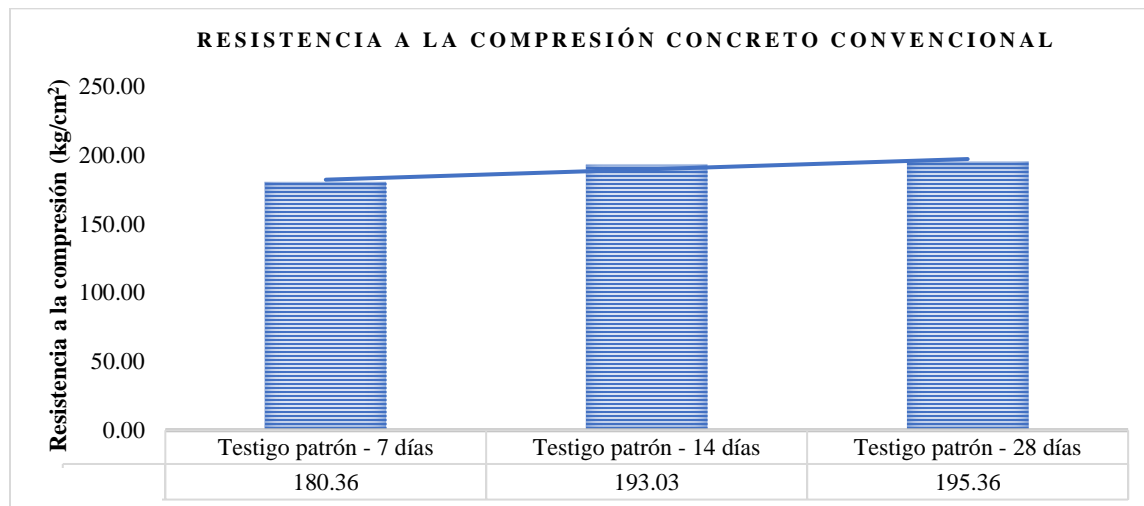
Los siguientes ensayos que son el eje principal en la presente investigación (Resistencia a la compresión y Tiempo de fraguado) serán evaluados por medios estadísticos y comparados con antecedentes y normas; con la finalidad de la calidad de respuesta sean confiables.

4.1.1. Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas – concreto convencional vs concreto con Sika Retarder PE

Las probetas cilíndricas elaboradas para la presente investigación respetaron los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana, con la finalidad de garantizar la veracidad de los resultados. Se plantea el análisis de la aplicación de SIKA RETARDER PE en porcentajes de 1 %, 0.8 %, 0.6%, 0.4% y 0.2% con respecto a la cantidad de cemento con la finalidad de verificar si dicha variación influye en la resistencia a la compresión.

La resistencia obtenida a distintos días los cuales son a 7 días, 14 días y 28 días del concreto convencional cuya relación agua cemento es de 0.56, demuestran el aumento de las resistencias del concreto a diferentes días.

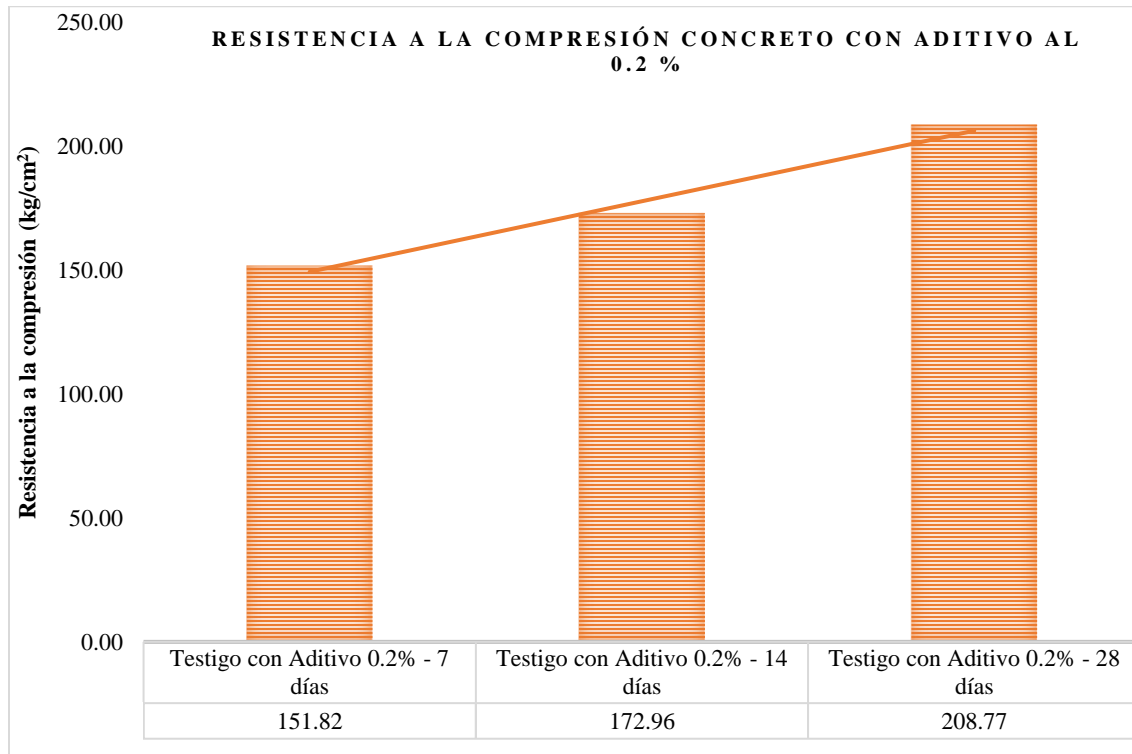
Gráfico 1 Resistencia a la compresión a concreto convencional



Fuente 92 Elaboración propia, 2020

La resistencia obtenida a distintos días los cuales son a 7 días, 14 días y 28 días del concreto con aditivo retardante (0.2%), demuestran el aumento de las resistencias del concreto a diferentes días.

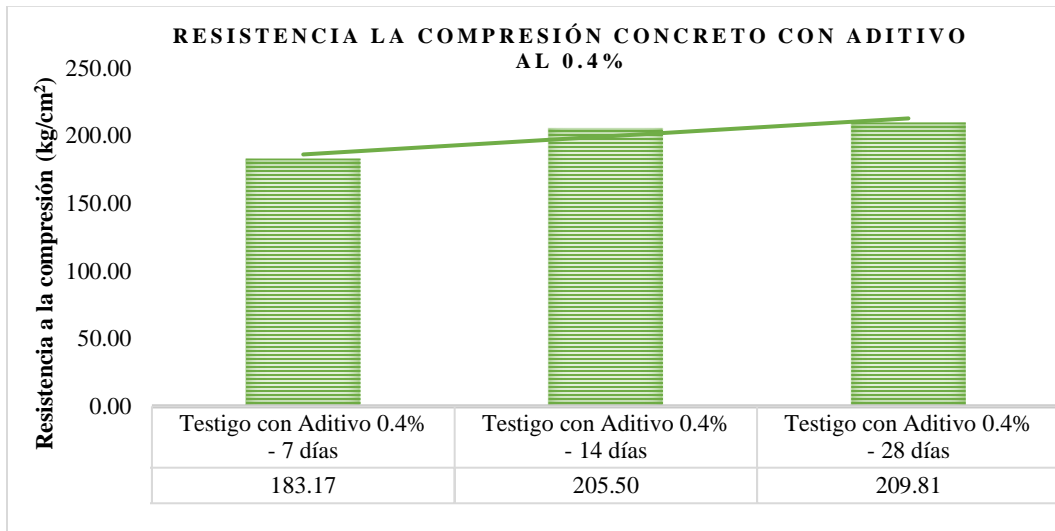
Gráfico 2 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.2%



Fuente 93 Elaboración propia,2020

La resistencia obtenida a distintos días los cuales son a 7 días, 14 días y 28 días del concreto con aditivo retardante (0.4%), demuestran el aumento de las resistencias del concreto a diferentes días.

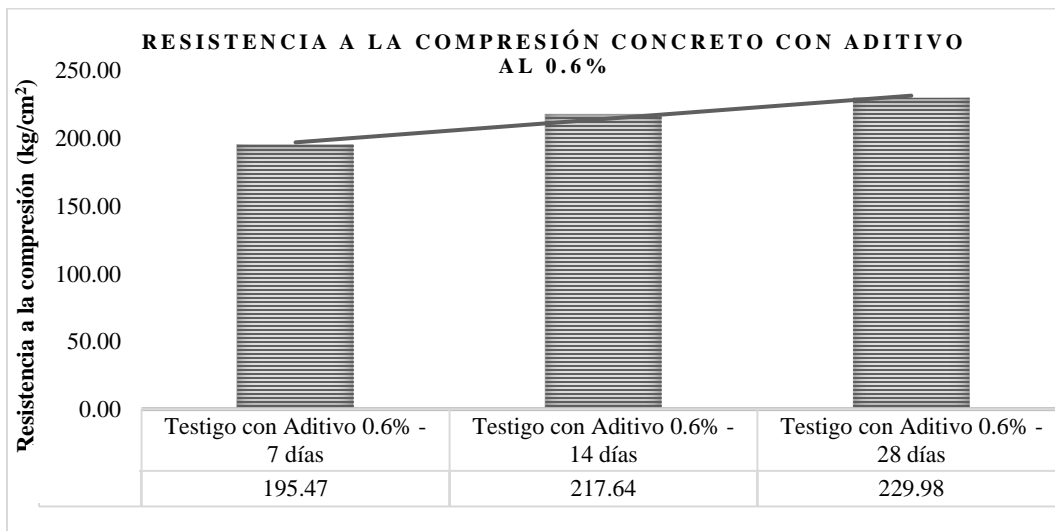
Gráfico 3 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.4%



Fuente 94 Elaboración propia,2020

La resistencia obtenida a distintos días los cuales son a 7 días, 14 días y 28 días del concreto con aditivo retardante (0.6%), demuestran el aumento de las resistencias del concreto a diferentes días.

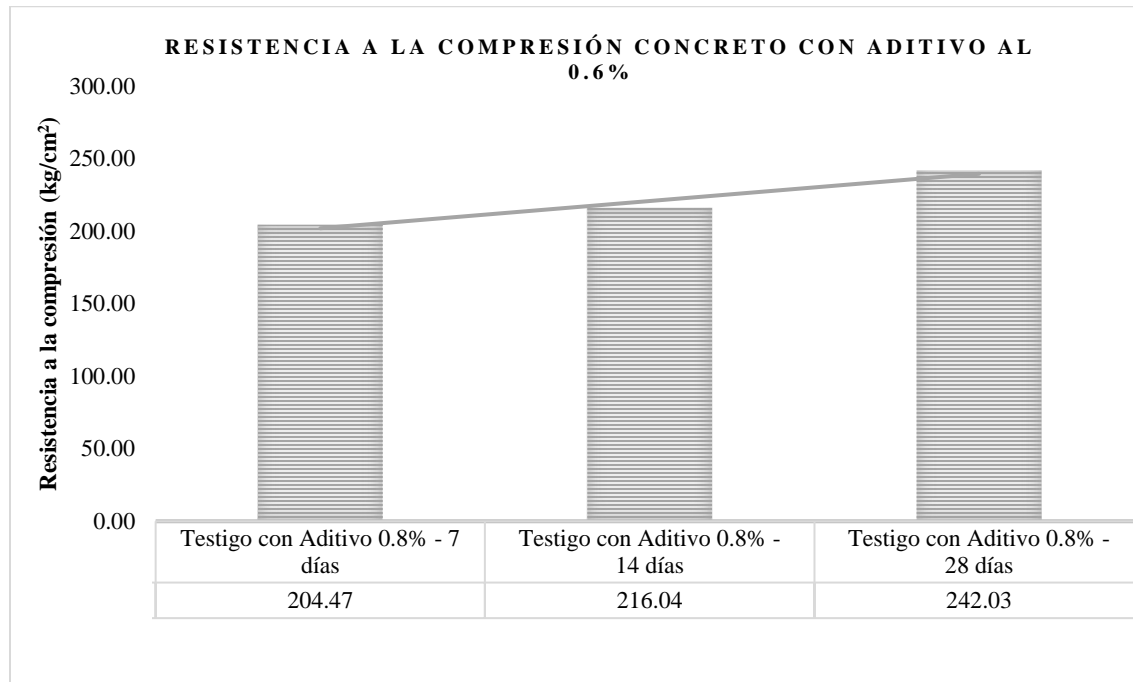
Gráfico 4 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.6%



Fuente 95 Elaboración propia,2020

La resistencia obtenida a distintos días los cuales son a 7 días, 14 días y 28 días del concreto con aditivo retardante (0.8%), demuestran el aumento de las resistencias del concreto a diferentes días.

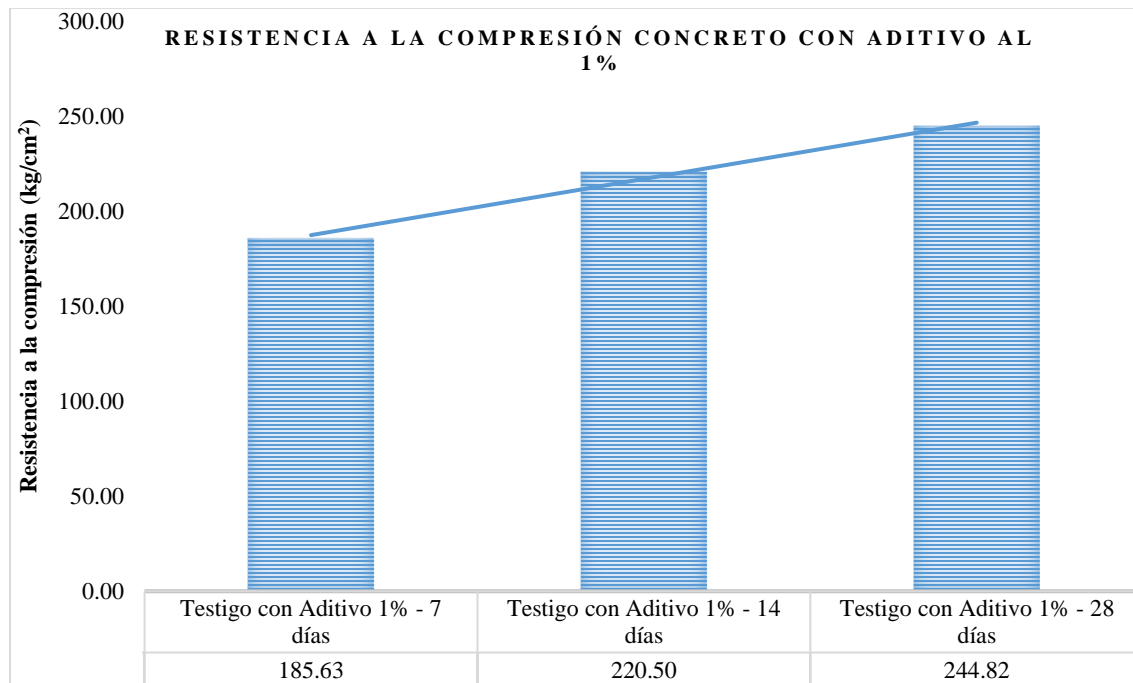
Gráfico 5 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 0.6%



Fuente 96 Elaboración propia, 2020

La resistencia obtenida a distintos días los cuales son a 7 días, 14 días y 28 días del concreto con aditivo retardante (1%), demuestran el aumento de las resistencias del concreto a diferentes días.

Gráfico 6 Resistencia a la compresión concreto con aditivo al 1%



Fuente 97 Elaboración propia,2020

En la siguiente tabla se muestran los resultados promedio obtenidos en gabinete luego de realizar los procesos respectivos en laboratorio para edad de 7 días de curado.

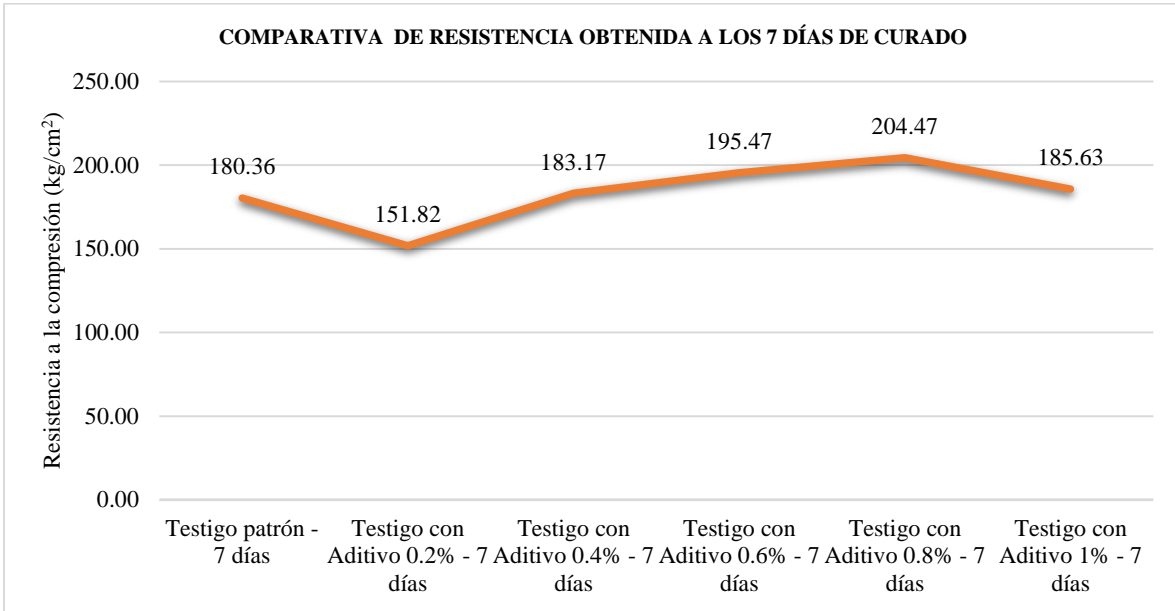
Tabla 56 Comparaciones de diferentes concretos a 7 días

Edad del concreto	Resistencia promedio(kg/cm ²)
Testigo patrón - 7 días	180.24
Testigo con Aditivo 0.2% - 7 días	151.82
Testigo con Aditivo 0.4% - 7 días	183.17
Testigo con Aditivo 0.6% - 7 días	195.47
Testigo con Aditivo 0.8% - 7 días	204.47
Testigo con Aditivo 1% - 7 días	185.63

Fuente 98 Elaboración propia,2020

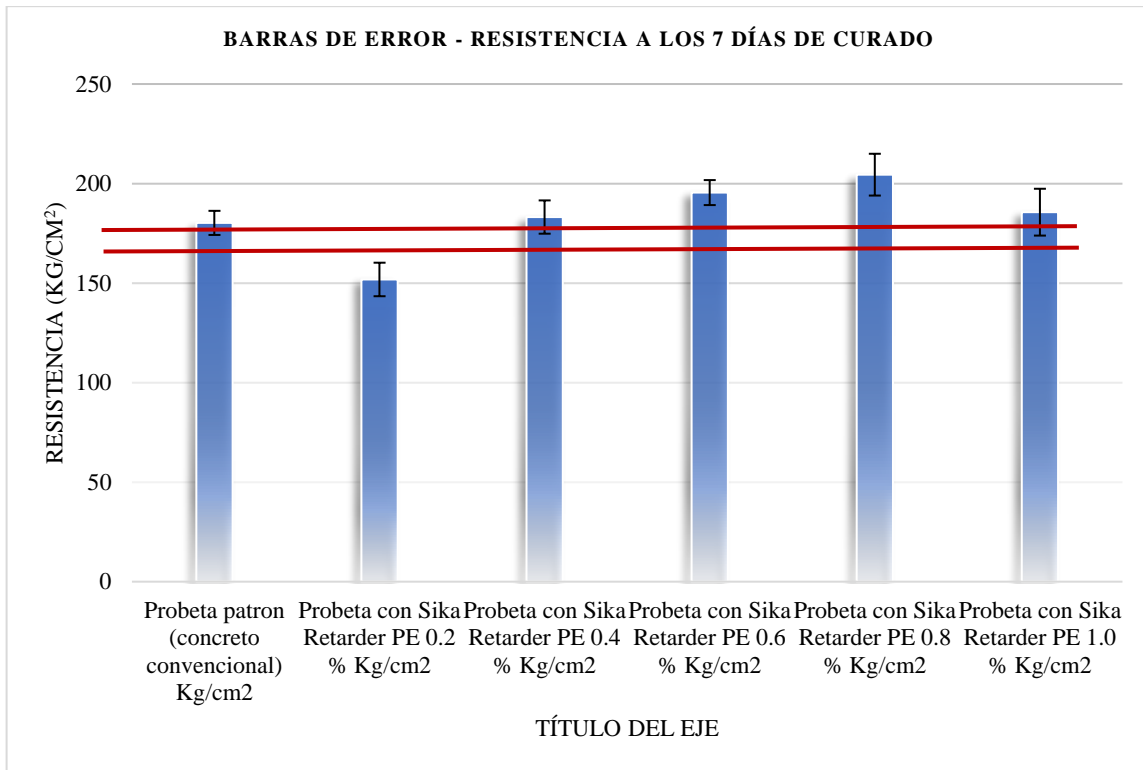
En el siguiente gráfico se muestra como a más detalle cómo influye la adición de aditivo en el concreto convencional empleado los datos antes descritos. En efecto la gráfica muestra un aumento progresivo de resistencia a la compresión a medida que se aumenta el porcentaje de aditivo Sika Retarder PE.

Gráfico 7 Comparativa de resistencia obtenida a 7 días



Fuente 99 Elaboración propia, 2020

Gráfico 8 Barras de error resistencia a la compresión 7 días



Fuente 100 Elaboración propia, 2020

La gráfica de error refleja la similitud en resultados con respecto a su amplitud determinada por la desviación estándar, donde se puede observar que existe similitud con los resultados obtenidos de aditivo Sika Retarder PE al 0.4% y 1.0 %.

En la siguiente tabla se muestran los resultados promedio obtenidos en gabinete luego de realizar los procesos respectivos en laboratorio para edad de 14 días de curado.

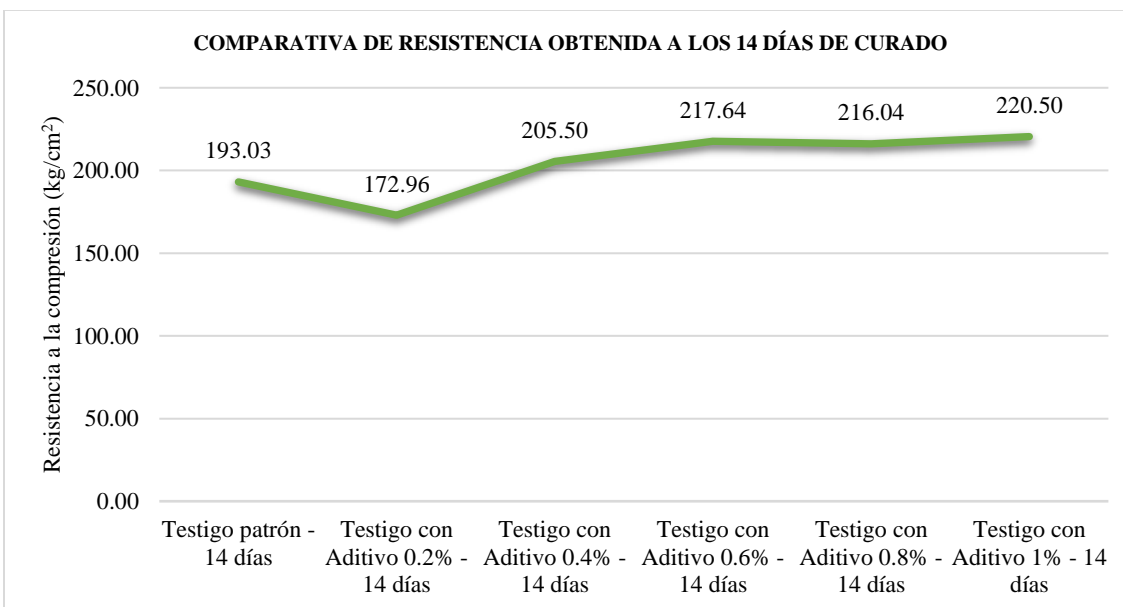
Tabla 57 Comparaciones de diferentes concretos a 14 días

Edad del concreto	Resistencia promedio (kg/cm ²)
Testigo patrón - 14 días	194.49
Testigo con Aditivo 0.2% - 14 días	172.97
Testigo con Aditivo 0.4% - 14 días	206.22
Testigo con Aditivo 0.6% - 14 días	218.69
Testigo con Aditivo 0.8% - 14 días	214.60
Testigo con Aditivo 1% - 14 días	218.33

Fuente 101 Elaboración propia, 2020

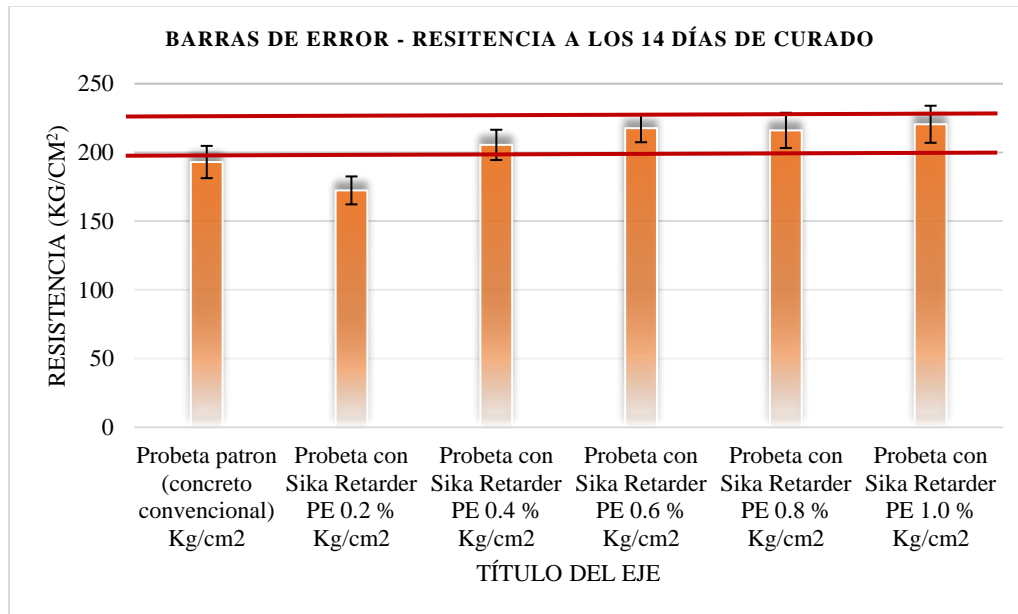
En el siguiente gráfico se muestra como a más detalle cómo influye la adición de aditivo en el concreto convencional empleado los datos antes descritos a 14 días. En efecto la gráfica muestra un aumento progresivo de resistencia a la compresión a medida que se aumenta el porcentaje de aditivo Sika Retarder PE.

Gráfico 9 Comparativa de resistencia obtenida a 14 días



Fuente 102 Elaboración propia, 2020

Gráfico 10 Barras de error resistencia a la compresión 14 días



Fuente 103 Elaboración propia,2020

La gráfica de error refleja la similitud en resultados con respecto a su amplitud determinada por la desviación estándar, donde se puede observar que existe similitud con los resultados obtenidos de aditivo Sika Retarder PE al 0.4% y 0.8 %.

Uno de los factores que influye en el déficit de resistencia en el 0.2 % a los 7 días y 14 días con respecto al concreto convencional se encuentra enlazado al tiempo de fraguado realizado con la aguja de Vicat, debido a que en este último ensayo en específico la aguja tiende a retener por periodos largos la misma medida. Del mismo modo el aditivo retardante puede influir en la ganancia de resistencias iniciales reteniendo su proceso de endurecimiento. Recordando que los aditivos retardantes en general crean una barrera entre las partículas de cemento y de agua evitando su hidratación lo cual se reduce en un aumento del tiempo de fraguado.

En la siguiente tabla se muestran los resultados promedio obtenidos en gabinete luego de realizar los procesos respectivos en laboratorio para edad de 28 días de curado.

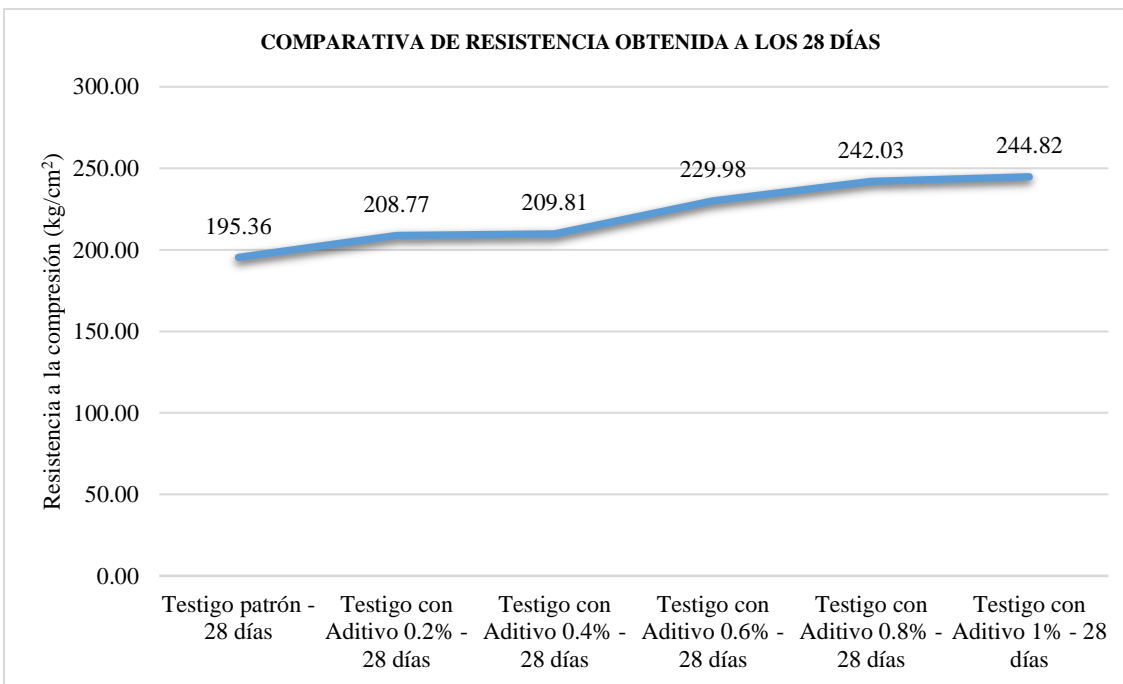
Tabla 58 Comparaciones de diferentes concretos a 28 días

Edad del concreto	Resistencia promedio (kg/cm ²)
Testigo patrón - 28 días	195.64
Testigo con Aditivo 0.2% - 28 días	208.77
Testigo con Aditivo 0.4% - 28 días	209.81
Testigo con Aditivo 0.6% - 28 días	229.54
Testigo con Aditivo 0.8% - 28 días	243.06
Testigo con Aditivo 1% - 28 días	244.82

Fuente 104 Elaboración propia, 2020

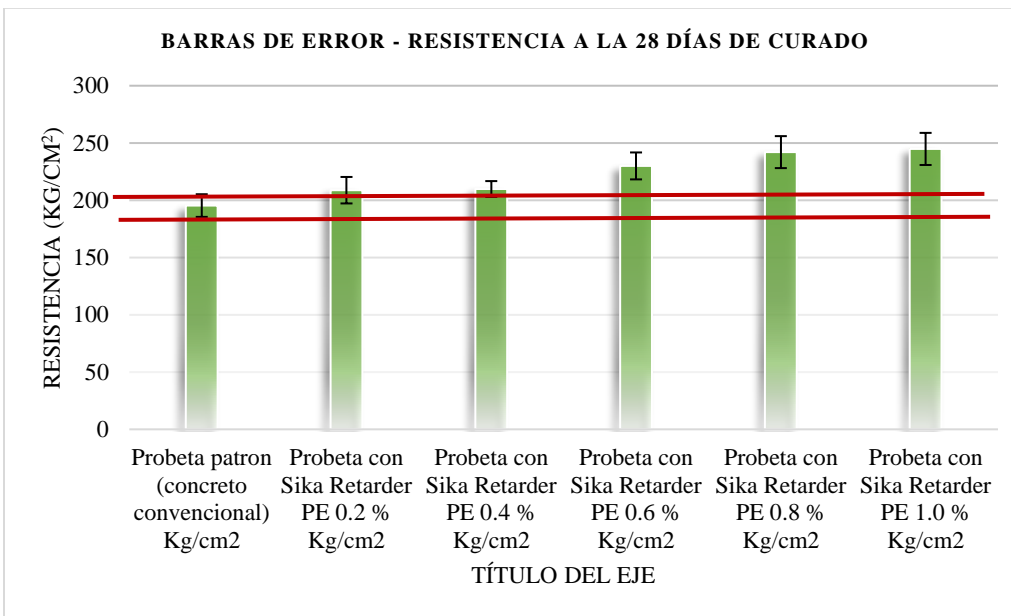
En el siguiente gráfico se muestra como a más detalle cómo influye la adición de aditivo en el concreto convencional empleado los datos antes descritos a 28 días. En efecto la gráfica muestra un aumento progresivo de resistencia a la compresión a medida que se aumenta el porcentaje de aditivo Sika Retarder PE.

Gráfico 11 Comparativa de resistencia obtenida a 28 días



Fuente 105 Elaboración propia, 2020

Gráfico 12 Barras de error resistencia a la compresión 28 días



Fuente 106 Elaboración propia, 2020

La resistencia a la compresión de las probetas analizadas a 28 días en las dosificaciones de 0.2% y en el concreto convencional no supera la resistencia solicitada de 210 kg/cm²; por otro lado según la Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, establece que el valor mínimo aceptable es de 3.5 MPa o 35.69 kg/cm² por debajo de la resistencia 210 kg/cm² otorgando un valor mínimo aceptable de 174.31 kg/cm²; además de que los resultados obtenidos deben superar o igualar a la resistencia requerida, siendo este último el criterio que no cumple el concreto elaborado con el material de la cantera ubicada en el sector El Milagro. Por lo que la norma recomienda que todo concreto que no supere o iguale la resistencia requerida debe ser modificado o mejorado de forma externa con la finalidad de que pueda ser usado en estructuras.

La gráfica de error refleja la similitud en resultados con respecto a su amplitud determinada por la desviación estándar, donde se puede observar que existe similitud con los resultados obtenidos de aditivo Sika Retarder PE al 0.2% y 0.4 %.

La prueba de normalidad Shapiro Wilk refleja una significancia mayor al 0.05; por lo tanto, se afirma que los valores obtenidos presentan similitud en las resistencias obtenidas a los 7 días de curado.

Tabla 59 Comparaciones de diferentes concretos a 28 días

Shapiro Wilk	
Pruebas normalidad	Significancia
Patrón	0.988
Aditivo 0.2%	0.976
Aditivo 0.4%	0.888
Aditivo 0.6%	0.335
Aditivo 0.8%	0.436
Aditivo 1%	0.289

Fuente 107 Elaboración propia, 2020

La prueba de hipótesis, determina si los resultados obtenidos presentan similitud o por el contrario reflejan la diferencia entre los valores obtenidos por la muestra. Dependiendo del valor de la significancia cuando esta es menor a 0.05 se afirma que existe diferencia en la resistencia obtenida a distinto porcentaje.

Tabla 60 Homogeneidad de varianza

Homogeneidad de varianza	
Significancia	0.817

Fuente 108 Elaboración propia, 2020

Tabla 61 ANOVA

ANOVA	
Significancia	0.000

Fuente 109 Elaboración propia, 2020

Según la prueba ANOVA de un factor se afirma que el aditivo Sika Retarder PE influye en la resistencia del concreto a edades de 7 días.

La prueba de normalidad Shapiro Wilk refleja una significancia mayor al 0.05; por lo tanto, se afirma que los valores obtenidos presentan similitud en las resistencias obtenidas a los 14 días de curado.

Tabla 62 Prueba de normalidad

Shapiro Wilk	
Pruebas normalidad	Significancia
Patrón	0.32
Aditivo 0.2%	0.748
Aditivo 0.4%	0.465
Aditivo 0.6%	0.831
Aditivo 0.8%	0.245
Aditivo 1%	0.663

Fuente 110 Elaboración propia, 2020

La prueba de hipótesis, determina si los resultados obtenidos presentan similitud o por el contrario reflejan la diferencia entre los valores obtenidos por la muestra. Dependiendo del valor de la significancia cuando esta es menor a 0.05 se afirma que existe diferencia en la resistencia obtenida a distinto porcentaje.

Tabla 63 Homogeneidad de varianza

Homogeneidad de varianza	
Significancia	0.821

Fuente 111 Elaboración propia, 2020

Tabla 64 ANOVA

ANOVA	
Significancia	0.000

Fuente 112 Elaboración propia, 2020

Según la prueba ANOVA de un factor se afirma que el aditivo Sika Retarder PE influye en la resistencia del concreto a edades de 14 días.

La prueba de normalidad Shapiro Wilk refleja una significancia mayor al 0.05; por lo tanto, se afirma que los valores obtenidos presentan similitud en las resistencias obtenidas a los 28 días de curado.

Tabla 65 Prueba de normalidad

Shapiro Wilk	
Pruebas normalidad	Significancia
Patrón	0.053

Aditivo 0.2%	0.68
Aditivo 0.4%	0.806
Aditivo 0.6%	0.527
Aditivo 0.8%	0.531
Aditivo 1%	0.858

Fuente 113 Elaboración propia,2020

La prueba de hipótesis, determina si los resultados obtenidos presentan similitud o por el contrario reflejan la diferencia entre los valores obtenidos por la muestra. Dependiendo del valor de la significancia cuando esta es menor a 0.05 se afirma que existe diferencia en la resistencia obtenida a distinto porcentaje.

Tabla 66 Homogeneidad de varianza

Homogeneidad de varianza	
<u>Significancia</u>	0.353

Fuente 114 Elaboración propia,2020

Tabla 67 ANOVA

ANOVA	
<u>Significancia</u>	0.000

Fuente 115 Elaboración propia,2020

Según la prueba ANOVA de un factor se afirma que el aditivo Sika Retarder PE influye en la resistencia del concreto a edades de 14 días.

Los ensayos de resistencia a la compresión a edad de 28 días reflejan un aumento de la resistencia con respecto al concreto convencional la cual se ve enlazada con el control de la hidratación del cemento dentro del concreto, al tener un mayor control de esta materia prima el concreto tiende a producir mayores resistencias.

Según Aponte (2017) en su investigación menciona que el aditivo retardante provoca un aumento entre 3 horas y 4 horas, con respecto al concreto convencional; según los resultados obtenidos y analizados en la presente tesis de investigación podemos observar que el Sika Retarder PE puede incrementar su tiempo de fraguado en 4 horas cuando se le aplica el 0.6% de aditivo con respecto a la cantidad de cemento.

La investigación de Mego (2019) arroja una variabilidad de 23.3 kg/cm² cuando el aditivo Sika Retarder PE se aplica al 0.2% y una variabilidad de 45.03 kg/cm² cuando se emplea

0.6%, mientras que en la presente tesis la variación disminuye a 13.3 kg/cm^2 y 33.9 kg/cm^2 respectivamente. Dicha variación se debe a distintos factores comenzando por la diferente localidad donde se realiza el ensayo, las diferentes condiciones y con respecto al agregado fino el cual cumple en valores bajos con respecto a la granulometría establecido por la norma técnica peruana; es así que para mostrar un tema las cerca de la realidad que se vive en la localidad de Trujillo, se ha empleado dicho agregado de forma directa tal y como es aplicado en la mayoría de obras. Finalmente, por estos diversos puntos se establece una mínima variación de 10 kg/cm^2 y 11.13 kg/cm^2 con respecto a los resultados obtenidos en la investigación de Mego.

4.1.2. Tiempo de fraguado (Aguja de Vicat) – concreto convencional vs concreto con Sika Retarder PE

Las muestras de concreto elaboradas para la presente investigación respetaron los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana, con la finalidad de garantizar la veracidad de los resultados. Se plantea el análisis de la aplicación de Sika Retarder PE en porcentajes de 1 %, 0.8 %, 0.6%, 0.4% y 0.2% con respecto a la cantidad de cemento con la finalidad de verificar si dicha variación influye en el tiempo de fraguado con la aguja de Vicat.

El concreto convencional cuya relación agua cemento es de 0.56 tiene un tiempo de fraguado final promedio de 335 minutos y un tiempo de fraguado inicial promedio de 126 minutos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 68 Tiempo de fraguado concreto patrón

CONCRETO PATRON		
	TIEMPO INICIAL	TIEMPO FINAL
	121	331
	122	362
	124	364
	137	321
PROMEDIO	126	345
DESVIACIÓN	7.44	21.76

Fuente 116 Elaboración propia,2020

La Norma Técnica Peruana (NTP) 334.09 “Cemento Portland adicionados. Requisitos” indica que el tiempo de fraguado de cementos adicionados no debe ser menor de 45 minutos y pasar las 7 horas. Según lo observado en la tabla antes descrita en el párrafo anterior muestra que la pasta convencional se encuentra dentro del rango permisible.

Con respecto a la tesis de Molina & Sencara (2018) indican que el tiempo de fraguado de la pasta de cemento convencional con menor relación agua cemento aplicada en la ciudad de Arequipa es de 330 minutos.

El concreto convencional con adición de aditivo al 0.2% tiene un tiempo de fraguado final promedio de 423 minutos y un tiempo de fraguado inicial promedio de 154 minutos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 69 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.2%

ADITIVO RETARDANTE 0.2 %		
	TIEMPO INICIAL	TIEMPO FINAL
	155	395
	157	427
	162	432
	142	438
PROMEDIO	154	423
DESVIACIÓN	8.52	19.20

Fuente 117 Elaboración propia,2020

El concreto convencional con adición de aditivo al 0.4% tiene un tiempo de fraguado final promedio de 545 minutos y un tiempo de fraguado inicial promedio de 200 minutos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 70 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.4%

ADITIVO RETARDANTE 0.4 %		
	TIEMPO INICIAL	TIEMPO FINAL
	205	535
	212	542
	184	544
	197	557
PROMEDIO	200	545
DESVIACIÓN	12.01	9.18

Fuente 118 Elaboración propia, 2020

El concreto convencional con adición de aditivo al 0.6% tiene un tiempo de fraguado final promedio de 593 minutos y un tiempo de fraguado inicial promedio de 405 minutos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 71 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.6%

ADITIVO RETARDANTE 0.6 %		
	TIEMPO INICIAL	TIEMPO FINAL
	390	600
	423	603
	390	600
	418	568
PROMEDIO	405	593
DESVIACIÓN	17.73	16.56

Fuente 119 Elaboración propia, 2020

El concreto convencional con adición de aditivo al 0.8% tiene un tiempo de fraguado final promedio de 964 minutos y un tiempo de fraguado inicial promedio de 538 minutos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 72 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 0.8%

ADITIVO RETARDANTE 0.8 %		
	TIEMPO INICIAL	TIEMPO FINAL
	565	955
	545	965
	515	960
	527	977
PROMEDIO	538	964
DESVIACIÓN	21.82	9.43

Fuente 120 Elaboración propia, 2020

El concreto convencional con adición de aditivo al 1.0% tiene un tiempo de fraguado final promedio de 1055 minutos y un tiempo de fraguado inicial promedio de 593 minutos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

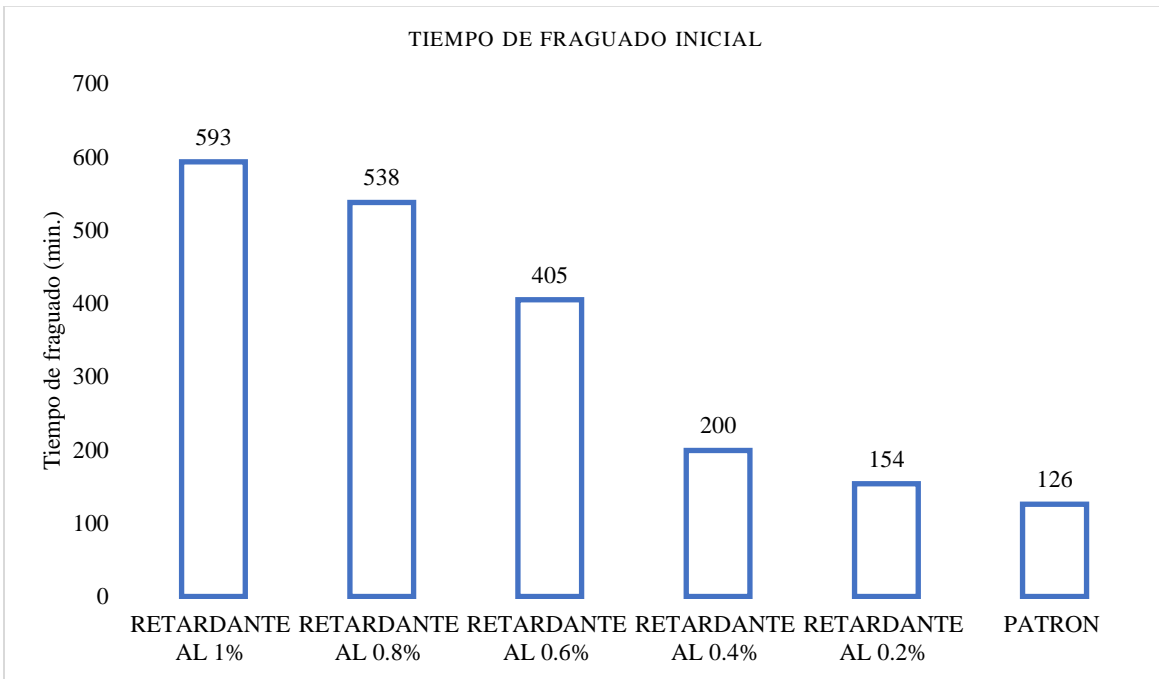
Tabla 73 Tiempo de fraguado concreto con aditivo al 1%

ADITIVO RETARDANTE 1 %		
	TIEMPO INICIAL	TIEMPO FINAL
	570	1020
	600	1050
	630	1080
	573	1068
PROMEDIO	593	1055
DESVIACIÓN	27.97	26.10

Fuente 121 Elaboración propia, 2020

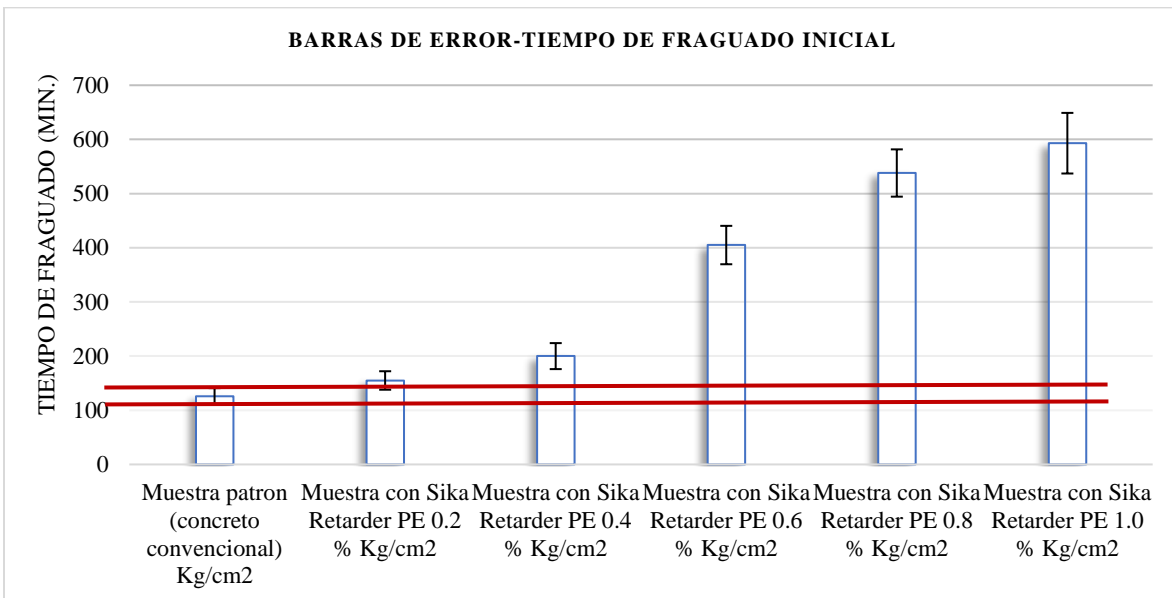
La siguiente gráfica muestra la relación existente en los resultados obtenidos empleando distinto porcentaje de Sika Retarder PE con respecto al tiempo de fraguado inicial. Se puede observar un aumento progresivo en el tiempo de fraguado debido a que las partículas de cemento quedan embebidas del aditivo evitando que cumplan su fraguado normal; por lo que el tiempo se extiende a medida que aumenta el porcentaje de aditivo.

Gráfico 13 Influencia del retardante tiempo inicial



Fuente 122 Elaboración propia, 2020

Gráfico 14 Barras de error tiempo de fraguado inicial

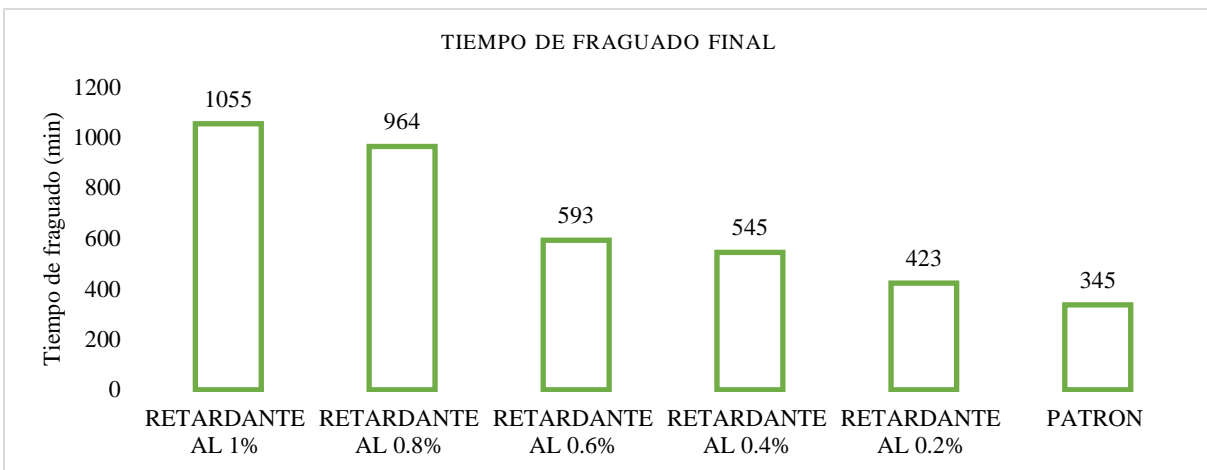


Fuente 123 Elaboración propia, 2020

La gráfica de error refleja la similitud en resultados con respecto a su amplitud determinada por la desviación estándar, donde se puede observar que no existe similitud con ninguno de los resultados obtenidos con Sika Retarder PE.

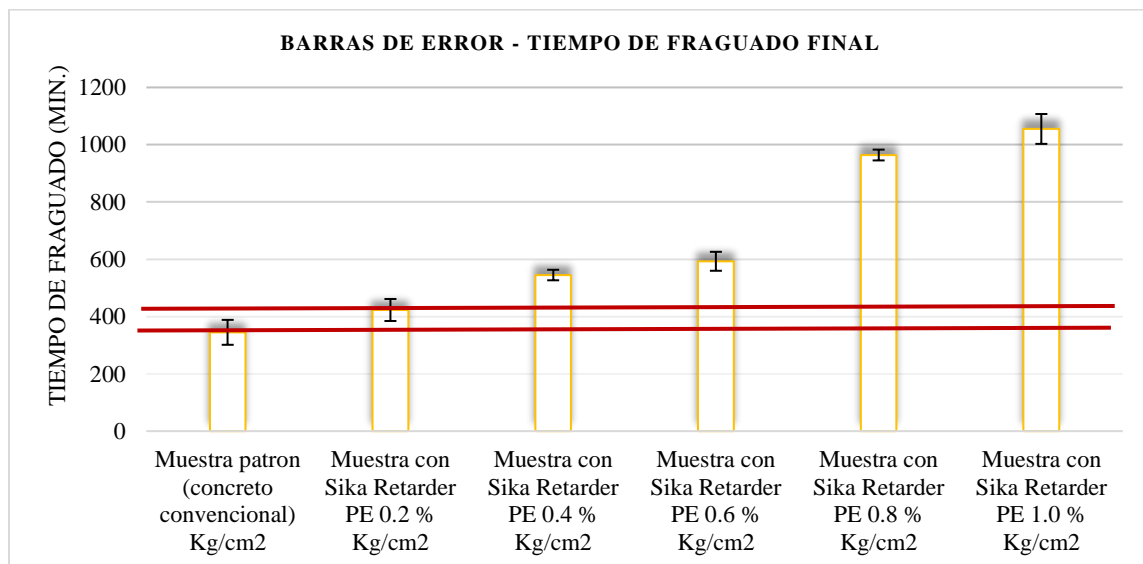
El mismo aumento se puede observar en el tiempo de fraguado final el cual también asciende de acuerdo a la cantidad de aditivo que es agregado al momento de realizar la mezcla.

Gráfico 15 Influencia del retardante tiempo final



Fuente 124 Elaboración propia,2020

Gráfico 16 Barras de error tiempo de fraguado final



Fuente 125 Elaboración propia,2020

La gráfica de error refleja la similitud en resultados con respecto a su amplitud determinada por la desviación estándar, donde se puede observar que no existe similitud con ninguno de los resultados obtenidos con Sika Retarder PE.

La prueba de normalidad Shapiro Wilk refleja una significancia mayor al 0.05; por lo tanto, los resultados obtenidos muestran similitud en el tiempo de fraguado inicial.

Tabla 74 Prueba de normalidad

Shapiro Wilk	
Pruebas normalidad	Significancia
Patrón	0.062
Aditivo 0.2%	0.478
Aditivo 0.4%	0.888
Aditivo 0.6%	0.090
Aditivo 0.8%	0.886
Aditivo 1%	0.388

Fuente 126 Elaboración propia, 2020

La prueba de hipótesis, determina si los resultados obtenidos presentan similitud o por el contrario reflejan la diferencia entre los valores obtenidos por la muestra. Dependiendo del valor de la significancia cuando esta es menor a 0.05 se afirma que existe diferencia en la resistencia obtenida a distinto porcentaje.

Tabla 75 Homogeneidad de varianza

Homogeneidad de varianza	
Significancia	0.058

Fuente 127 Elaboración propia, 2020

Tabla 76 ANOVA

ANOVA	
Significancia	0.000

Fuente 128 Elaboración propia, 2020

Según la prueba ANOVA de un factor se afirma que el aditivo Sika Retarder PE a distinto porcentaje influye en el tiempo de fraguado inicial.

La prueba de normalidad Shapiro Wilk refleja una significancia mayor al 0.05; por lo tanto, los resultados obtenidos muestran similitud en el tiempo de fraguado final.

Tabla 77 Prueba de normalidad

Shapiro Wilk	
Pruebas normalidad	Significancia
Patrón	0.290
Aditivo 0.2%	0.180
Aditivo 0.4%	0.678
Aditivo 0.6%	0.053
Aditivo 0.8%	0.740
Aditivo 1%	0.764

Fuente 129 Elaboración propia,2020

La prueba de hipótesis, determina si los resultados obtenidos presentan similitud o por el contrario reflejan la diferencia entre los valores obtenidos por la muestra. Dependiendo del valor de la significancia cuando esta es menor a 0.05 se afirma que existe diferencia en la resistencia obtenida a distinto porcentaje.

Tabla 78 Prueba de normalidad

Homogeneidad de varianza	
Significancia	0.120

Fuente 130 Elaboración propia,2020

Tabla 79 ANOVA

ANOVA	
Significancia	0.000

Fuente 131 Elaboración propia,2020

Según la prueba ANOVA de un factor se afirma que el aditivo Sika Retarder PE a distinto porcentaje influye en el tiempo de fraguado final.

4.2. Conclusiones

- El aditivo Sika Retarder PE si influye en el concreto convencional diseñado para $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con materiales de la localidad de Trujillo, afirmando que el tiempo de fraguado y el tiempo de fraguado final es directamente proporcional a la cantidad de aditivo aplicado; con respecto a la resistencia a la compresión se asegura que el aditivo Sika Retarder PE a edades tempranas la dosificación más alta tiende a disminuir su resistencia, caso contrario cuando obtiene su resistencias finales aumenta siendo la mayor de los valores obtenidos

- Con respecto a la resistencia a la compresión, se realizó a 7 días según los resultados obtenidos a esta edad, se puede observar resultados muy equitativos en los diferentes porcentajes y el concreto convencional ($R_{a/c} = 0.56$); para ser precisos en la información descritas se puede afirmar que la variación entre el resultado más bajo y resultados más alto es de 52.65 kg/cm^2 . Por otro lado, a los 14 días esta variación disminuye a 47.54 kg/cm^2 y finalmente a los 28 días la variación se extiende levemente a 49.46 kg/cm^2 .
- Según el gráfico de barras de error a los 28 días de curado se asegura que los porcentajes de 0.2% y 0.4% no alteran significativamente la resistencia a la compresión, por otro lado cuando se emplea aditivo al 0.6% la resistencia es alterada a tal punto que no existe valores similares analizados estadísticamente por lo que se puede decir que la resistencia a la compresión con respecto al testigo aumenta mínimo en 34.62 kg/cm^2 y como máximo en 49.46 kg/cm^2 en la presente investigación.
- En los resultados obtenidos de resistencia la compresión a 14 y 28 días se puede observar que al 1% de aditivo las resistencias finales aumentan levemente siendo el más recomendable en cuanto a resistencia, por otro lado, con respecto al tiempo de fraguado al 1% su variabilidad en horas aumenta en aproximadamente 8 horas, en un proyecto civil se puede aplicar de un día para otro sin necesidad de sacrificar las horas de trabajo en su totalidad, satisfaciendo los requisitos que la obra necesite.
- Con respecto a la resistencia a la compresión obtenida con el material empleado de la cantera ubicada en el sector el Milagro se afirma que el agregado fino no cumple con los requisitos mínimos de la norma por otro lado el agregado grueso llega a cumplir en el límite de lo establecido por la Norma Técnica Peruana 400.037. Pero como complemento a la presente investigación se desarrolla la ejecución de las probetas de concreto con la finalidad de comprobar si estas pueden llegar a la resistencia requerida empleando el diseño de mezcla ACI 211; según la norma E060 del Reglamento nacional de edificaciones el concreto convencional a los 28 días de curado la resistencia no debe ser menor de 35.69 kg/cm^2 , todos los resultados promedio de resistencia a la compresión con y sin aditivo representa un valor mayor a 174.31 kg/cm^2 el cual sería

el mínimo aceptado por la norma ; por otro lado los valores obtenidos de 0.4%, 0.6, 0.8% y 1.0% superan la resistencia de 210 kg/cm² cumpliendo como concreto estructural según la norma E0.60.

- El ensayo de tiempo de fraguado del cemento portland (Método de Vicat) reflejo un aumento de 467 minutos con respecto al testigo patrón siendo este el valor más alto obtenido en la presente investigación; del mismo modo cuando el porcentaje se reduce al 0.8% el aumento del tiempo de fraguado es de 412 minutos, cuando el porcentaje se reduce al 0.6 % el tiempo de fraguado aumenta en 279 minutos con respecto al testigo patrón, por otro lado cuando el porcentaje se reduce al 0.4% el aumento del tiempo de fraguado es de 735 minutos, finalmente al emplear el porcentaje más bajo del 2% el aumento en el tiempo de fraguado es de 28 minutos , siendo una variación tan baja que se podría afirmar la inexistencia de partículas de aditivo activas para la masa de cemento.

REFERENCIAS

- ACI . (2000). *Naturaleza y materiales del concreto* . Lima : ICG.
- ACI. (2000). *Cement and Concrete Terminology*. EE.UU: ACI.
- Adocem. (2019). Historia Industrial del Cemento. *Negocios & Mercados*, 34.
- Aponte, E. (2017). *Influencia de un aditivo retardante de fragua en el comportamiento mecánico de concreto $f'c=250$ kg/cm² en la ciudad de Jaén*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca (Tesis para optar el título de ingeniero civil).
- ASTM. (2005). ASTM C949M. *Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto*. West Conshohocken, Pensilvania, EE.UU.
- Catellón, H. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes*. Cartagena.
- Chuquilin, J. (2018). *Influencia del porcentaje de perlas e poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018*. Trujillo: Universidad Privada del Norte (Tesis para optar el título de ingeniero civil) .
- Correa, J., Iral, R., & Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista Colombiana de Estadística*, 57-76.
- Cuéllar, L. (1 de Enero de 2018). *Universidad Autónoma San Francisco*. Obtenido de Universidad Autónoma San Francisco:
<http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/112>
- De la Garza, G. (1998). *Materiales y Construcción*. Mexico : Trillas.
- Estuardo, A. (2012). *Estadística y probabilidades*. Santiago de Chile.
- Galicia, M., & Velásquez, M. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210$ kg/cm²*. (Tesis para optar el grado de ingeniero civil), Universidad Andina del Cusco:: Cusco.
- Huanca, S. (2006). *Diseño de mezclas de concreto*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano .
- INDECOPI. (2005). *NTP 334.009 Cementos. Cemento portland. Requisitos*. Lima: INDECOPI.
- INDECOPI. (2011). *NTP 400.017 AGREGADOS. Metodo de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacios en los agregados*. Lima, Lima, Peru: INDECOPI.
- INDECOPI. (2013). *Cementos. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la agua de Vicat* . Lima: INDECOPI.
- INDECOPI. (2013). *NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Lima, Perú: INDECOPI.
- INDECOPI. (2013). *NTP 400.012 Analisis granulometrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Lima, Perú: INDECOPI.
- INDECOPI. (2014). *NTP 400.037 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima, Lima, Perú: INDECOPI.

- INDECOPI. (2015). NTP 334.088 Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto. Lima, Lima, Perú: INDECOPI.
- INDECOPI. (2015). *NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Lima, Perú: INDECOPI.
- Jinez, P. (2009). *Propuesta de un observatorio económico en la municipalidad del cantón riobamba provincia de Chimborazo*. Riobamba.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Stokie: PCA.
- Martínez, C. (2000). *Estadística y muestreo*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Mayta, W. (2014). *Influencia de aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto en la ciudad de Huancayo*. (Tesis para optar el grado de ingeniero civil): Universidad Nacional del Centro del Perú:Huancayo.
- Mego, J. (2019). *Evaluación del efecto retardante del aditivo Sika Retarder PE y el azúcar blanca, en elemento columna para un concreto $f'c=210$ kg/cm², en Lima 2019*. (Tesis para optar el título de ingeniero civil): Universidad Cesar Vallejo:Lima.
- Molina, C., & Sencara, J. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión y flexión de un concreto de alta resistencia, reutilizado en la etapa de fraguado*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil), Universidad Nacional de San Agustín:: Arequipa.
- Molina, C., & Sencara, J. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión y flexión de un concreto de alta resistencia, reutilizando en la etapa de fraguado*. Universidad Nacional de San Agustín:Arequipa: (Tesis para optar el grado de ingeniero civil).
- Moreno, J., & Medina, J. (2018). *Influencia de las piedras fotoluminiscientes en la Iluminación y las propiedades mecánicas del concreto, trujillo-2018*. (Tesis para optar el grado de ingeniero civil), La Libertad, Perú: Universidad Privada del Norte:Trujillo.
- MTC. (26 de Diciembre de 2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones .
- MVCS. (2018). *Norma E.0.60 Concreto Armado*. Lima : SENCICO .
- Niño, J. (2010). *Tecnología del concreto Tomo 1 Materiales, propiedades y diseños de mezclas*. Bogotá: Asocreto.
- Niño, J. (2014). *Tecnología del concreto*. Bogotá: Nomos Impresores.
- Pedrosa, I., Juarros, J., Basterio, J., & García, E. (18 de Octubre de 2014). *REDALYC.ORG*. Obtenido de Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿que estadístico utilizar? : <https://www.redalyc.org/jatsRepo/647/64739086029/html/index.html>
- Pierre, F. (2019). *Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo - 2019*. Universidad Privada del Norte:Trujillo: (Tesis para optar el grado de ingeniero civil).
- Rondón, P. (2018). *Análisis y comparación de diferentes métodos de curado para elaborar concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² en Arequipa*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil): Universidad Católica de santa María: Arequipa.
- Rubio, A. (2016). *Manual de estadística*. Lima : Universidad Privada del Norte.

- Sanchez, C. (2018). *Estudio experimental del empleo de diatomita en la producción de concreto de alto desempeño*. Lima.
- Santiago, P. (2011). *Diferentes tipos de aditivo para el concreto*. Veracruz: Monografía, Universidad Veracruzana, Veracruz - Mexico .
- Sika. (Febrero de 2017). *Sika Retarder PE*. Lima, Lima, Peru.
- Simeon, J. (Abril de 2007). Laboratorio de: MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. *Determinación del tiempo de fraguado inicial y final del cemento*. San salvador, El Salvador.
- Villalobos, V., & Villalobos, C. (2010). *Análisis del comportamiento del concreto de resistencia de 210 kg/cm² utilizando en aditivo Sika Plast 200VE*. Republica Bolivariana.
- Zamora, A. (2014). *Influencia del uso de fibras de polipropileno fibromac en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm²*. (Tesis para optar el titulo de ingeniero civil): Universidad Nacional de Cajamarca:Cajamarca .

ANEXOS

Granulometría del agregado fino (arena gruesa)

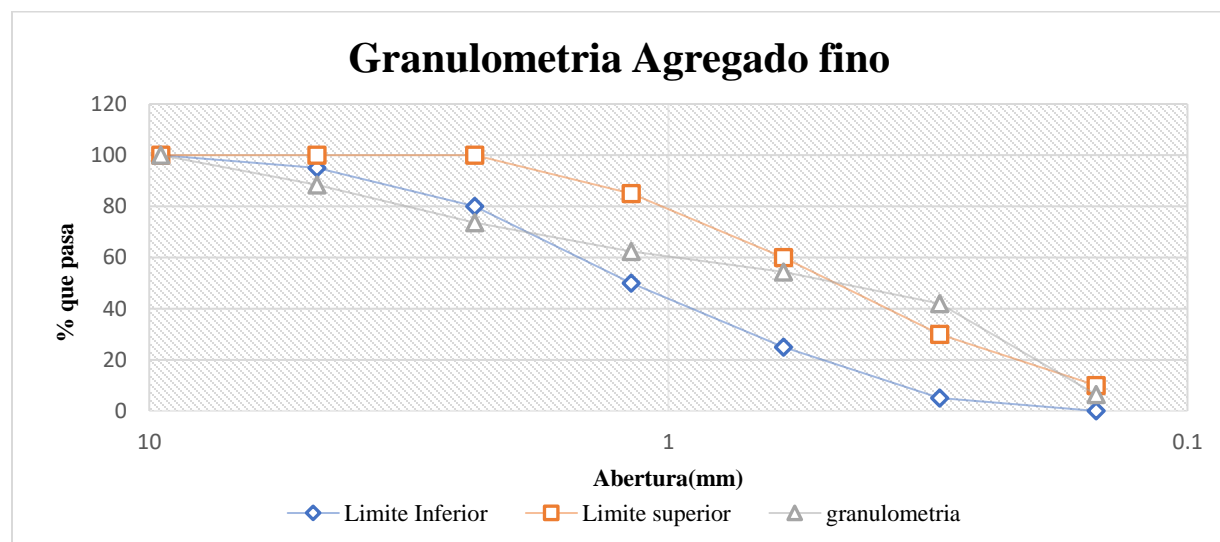
La siguiente tabla muestra el análisis granulométrico del agregado fino el cual refleja un módulo de fineza de 2.728, además la curva granulométrica se encuentra fuera de los husos establecidos por la norma, pero no es limitante para ser evaluados por resistencia a la compresión y corroborar los resultados obtenidos empleando arena gruesa en el sector El Milagro.

Tabla 80 Resultado Granulometría del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Peso que Pasa
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	58.00	11.60	11.60	88.40
N° 8	2.36	74.00	14.80	26.40	73.60
N° 16	1.18	56.00	11.20	37.60	62.40
N° 30	0.60	40.00	8.00	45.60	54.40
N° 50	0.30	62.00	12.40	58.00	42.00
N° 100	0.15	178.00	35.60	93.60	6.40
Fondo	0.00	32.00	6.40	100.00	0.00
SUMATORIA		500.00	100.00	MF	2.728

Fuente 132 Elaboración propia, 2020

Gráfico 17 Granulometría del agregado fino



Fuente 133 Elaboración propia, 2020

Granulometría del agregado grueso (piedra chancada)

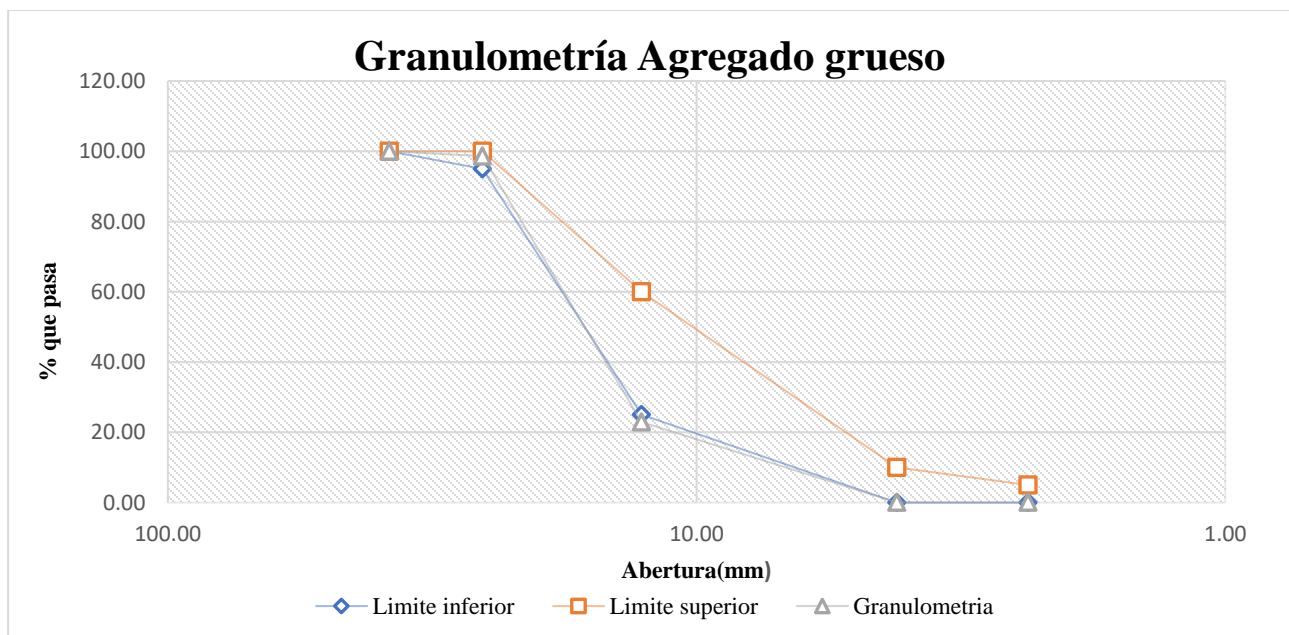
La granulometría del agregado grueso muestra que se encuentra dentro de los Husos establecidos por la Norma Técnica Peruana siendo aceptable para la construcción, aunque se recomienda que el agregado presente un comportamiento más céntrico entre los Husos.

Tabla 81 Granulometría del agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Muestra 1		Peso Retenido (%)	Peso Retenido (%)	Peso Pasa (%)	Requisito de % Peso que Pasa (Huso 57)
		Peso retenido (g)	% Retenido				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"	25.40	28.00	1.40	1.40	98.60	95-100	
1/2"	12.70	1066.00	53.38	54.78	22.96	25-60	
N° 4	4.18	890.00	44.57	99.35	0.04	0-10	
N° 8	2.36	12.00	0.60	99.95	0.04	0-5	
FONDO	0.00	1.00	0.05	100.00	0.00		
Total		1997.00	100.00				

Fuente 134 Elaboración propia, 2020

Gráfico 18 Granulometría del agregado grueso



Fuente 135 Elaboración propia, 2020

Peso específico y absorción del agregado fino (arena gruesa)

Con respecto al peso específico y absorción del agregado fino se obtuvo un resultado promedio de 2500 kg/m³ para el peso específico y 2.6% de absorción.

Tabla 82 Peso específico y absorción del agregado fino

MUESTRA	1	2	3
Peso de muestra preparada (g)	500	500	500
Peso del frasco sin agua (g)	142	172	162
Peso del frasco volumétrico con agua hasta los 1000 cm ³ (g)	640	670	670
Volumen del frasco (g)	498	498	498
Peso del frasco volumétrico + muestra preparada (g)	962	962	962
Peso en gramos o volumen en cm ³ de agua añadida al frasco (g)	322	292	292
Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	488	486	488
Peso específico de masa (kg/m ³)	2773	2359	2369
Peso específico de masa saturada con superficie seca (kg/m ³)	2841	2427	2427
Peso específico aparente (pea) (kg/m ³)	2976	2531	2515
Absorción (%)	2.46	2.88	2.46

Fuente 136 Elaboración propia, 2020

Peso específico y absorción del agregado grueso (piedra chancada)

Con respecto al peso específico y absorción del agregado fino se obtuvo un resultado promedio de 2690 kg/m³ para el peso específico y 0.81% de absorción.

Tabla 83 Peso específico y absorción del agregado grueso

MUESTRA	1	2	3
Peso de la rejilla (g)	1537	1537	1537
Peso sumergido + tara (g)	2800	2803	2802
Peso sumergido (g)	1263	1266	1265
Temperatura del tanque (c°)	20	20	20
Peso de la tara (g)	168	180	168
Peso saturado superficialmente seco (g)	2006	2004	2006
Peso seco + tara (g)	2158	2169	2156
Peso seco (g)	1990	1989	1988
Peso específico de masa (kg/m ³)	2678	2693	2685
Peso específico de masa saturada con sup. Seca (kg/m ³)	2700	2713	2709
Peso específico aparente (kg/m ³)	2737	2749	2750
Absorción (%)	0.80	0.75	0.88

Fuente 137 Elaboración propia, 2020

Peso unitario del agregado grueso y fino

Con respecto al peso unitario suelto seco (PUSS) del agregado grueso se obtuvo un resultado promedio de 1540 kg/m³ por otra parte con respecto al resultado obtenido del peso unitario compactado seco (PUCS) se afirma que fue de 1660 kg/m³.

Tabla 84 Factor de calibración del molde para PUSS Y PUCS

Factor de calibración	70.7990057	m ⁻³
Peso del agua	14.08	kg
Temperatura	25.7	C°
Densidad	996.85	Kg/m ³
Volumen	0.01412449	m ³

Fuente 138 Elaboración propia, 2020

Tabla 85 Peso unitario suelto y compactado del AG

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (Kg)					
	N° de ensayo:		1	2	3
	Peso del molde:		5.32	5.32	5.32
Peso Unitario Compactado	Peso del molde + muestra:		28.712	28.988	28.584
	Peso de la muestra:		23.392	23.668	23.264
Peso Unitario Suelto	Peso del molde + muestra:		27.166	27.078	27.15
	Peso de la muestra:		21.85	21.76	21.83

Fuente 139 Elaboración propia, 2020

Tabla 86 Resultados de PUCS y PUSS del agregado grueso

	1	2	3	PROMEDIO	
Peso unitario compactado	1656.13034	1675.67087	1647.06807	1660	kg/m ³
Peso unitario suelto	1546.67508	1540.44477	1545.54229	1540	kg/m ³

Fuente 140 Elaboración propia, 2020

Con respecto al peso unitario suelto seco (PUSS) del agregado fino se obtuvo un resultado promedio de 1774.27 kg/m³ por otra parte con respecto al resultado obtenido del peso unitario compactado seco (PUCS) se afirma que fue de 1590.29 kg/m³.

Tabla 87 Pesos obtenido en laboratorio del PUSS y PUCS del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (Kg)					
	N° de ensayo:		1	2	3
	Peso del molde:		5.32	5.32	5.32
Peso Unitario Compactado	Peso del molde + muestra:		30.392	30.39	30.36
	Peso de la muestra:		25.072	25.07	25.04
Peso Unitario Suelto	Peso del molde + muestra:		29.058	28.846	29.138
	Peso de la muestra:		22.44	22.40	22.55

Fuente 141 Elaboración propia, 2020

Tabla 88 Resultados de PUCS y PUSS del agregado fino

		1	2	3	PROMEDIO	
Peso unitario compactado		1775.07267	1774.93107	1772.8071	1770	kg/m ³
Peso unitario suelto		1588.72969	1585.61453	1596.51758	1590	Kg/m ³

Fuente 142 Elaboración propia, 2020

Contenido de humedad del agregado grueso

Con respecto al contenido de humedad del agregado grueso se puede afirmar que luego de realizar los ensayos pertinentes se obtuvo un resultado promedio de El porcentaje de 0.50 %.

Tabla 89 Contenido de humedad del agregado grueso

	1	2	3
Peso húmedo solo muestra	2000	2000	2000
Peso de la tara	168	225	182
Peso de la tara + mat.	2158	2217	2170
Peso seco	1990	1992	1988
% de humedad	0.502	0.401	0.603

Fuente 143 Elaboración propia, 2020

Contenido de humedad del agregado fino

Con respecto al contenido de humedad del agregado grueso se puede afirmar que luego de realizar los ensayos pertinentes se obtuvo un resultado promedio de El porcentaje de 0.39 %.

Tabla 90 Contenido de humedad del agregado fino

	1	2	3
Peso húmedo solo muestra	500	500	500
Peso de la tara	110	200.32	150.6
Peso de la tara + mat.	608.1	698.62	648.4
Peso seco	498.1	498.3	497.8
% de humedad	0.381	0.341	0.441

Fuente 144 Elaboración propia, 2020

Diseño de mezcla según ACI – 211 para concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

Datos principales sobre el cemento, slump deseado y resistencia deseada.

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_e = 2.94 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Slump} = 4''$$

Cálculo de la resistencia requerida según la resistencia deseada, se adiciona 84 kg/cm^2 debido a que el ACI demanda dicho factor para resistencias entre 210 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2 .

$$f'_c = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

El contenido de aire para un tamaño máximo nominal de $1/2$ “según el ACI es de 2.50%.

Según la solicitud se realizó el diseño para un asentamiento de $4''$ y con un tamaño máximo nominal de $1/2''$, la siguiente tabla ayudó a determinar la cantidad de agua de 216 lts.

Tabla 91 ACI- cantidad de agua requerida

Agua en l/cm ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Fuente 145 ACI, 2020

La siguiente tabla ayudó a determinar la relación agua cemento la cual por interpolación se determinó que el resultado de 0.56.

Tabla 92 ACI- Relación agua cemento

f' _c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	----
450	0.38	----

Fuente 146 ACI, 2020

El contenido de cemento se realizó utilizando la relación obtenido, tomando en cuenta que la cantidad de agua requerida es de 216 litros y que la relación es 0.55; el resultado obtenido es de 386.82 kg de cemento o un equivalente a 9.1 bolsas de 42.5 kg.

Para determinar el peso de agregado grueso se utilizó la siguiente tabla tomando en cuenta que el módulo de fineza es de 2.7 y que el tamaño máximo nominal es de 1/2" , debido a

que no se encuentran valores se procedió a interpolar arrojando un valor de 0.56 de volumen de agregado grueso.

Tabla 93 ACI- Volumen del agregado grueso

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (m ³).				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente 147 ACI, 2020

El factor de 0.56 fue multiplicado por 1660 kg/m³ (Resultado del peso unitario compactado seco del agregado grueso) dando como resultado el valor de 924.62 kg.

Para obtener el volumen absoluto se procede a realizar la sumatoria de los siguientes factores, 0.132 m³ (cemento), 0.217 m³ (agua); 0.025 m³ (aire); 0.344 m³ (Volumen del agregado grueso) dando como resultado un valor de 0.718 m³.

De la resta obtenida de 1 m³ se obtiene que el volumen absoluto del agregado fino es de 0.2824m³.

Finalmente, este valor se multiplica por el peso específico del agregado fino el cual es 2500 kg/m³, de esta manera se obtiene que el peso es de 706.01 kg.

La corrección por humedad se aplicó la siguiente manera:

$$\frac{706.01 * 0.39}{100} + 1$$

Tomando en cuenta que el contenido de humedad promedio es de 0.39%, por lo tanto, el resultado obtenido es de 708.75 kg de agregado fino.

Por otra parte, para el agregado grueso se aplicó la siguiente fórmula

$$\frac{924.62 * 0.50}{100} + 1$$

Tomando en cuenta que el contenido de humedad promedio es de 0.50%, por lo tanto, el resultado obtenido es de 929.27 kg de agregado grueso.

Además, es necesario calcular el aporte de agua a la mezcla por lo que se utiliza la siguiente ecuación.

$$\frac{(0.39-2.60)*706.01}{100}$$

De este modo se obtiene un resultado de -15.613 litros.

La misma ecuación es aplicada para obtener el aporte de agua del agregado grueso.

$$\frac{(0.50-0.81)*929.267}{100}$$

De este modo se obtiene un resultado de -2.88 litros, realizando la sumatoria correspondiente el aporte de agua es de -18.50 litros. Por otro lado, el agua efectiva total es de 234.50 litros.

Siguiendo los procesos establecidos por el ACI 211 indicados para un concreto $f'_c=210$ kg/cm² con un slump de 4", se obtuvo una dosificación estándar de 1 parte de cemento, 2

partes de agregado fino y 2.5 partes de agregado grueso; a todo ello se le agrega 26 lts por cada bolsa de cemento utilizada.

Tabla 94 Diseño de mezcla Según ACI 211

	DISEÑO DE MEZCLA		
	POR PESO (KG)	DOSIFICACION	DOSIFICACION ESTANDAR
Cemento	386.82	1.00	1.0
Agregado fino	709.03	1.83	2.0
Agregado grueso	929.06	2.40	2.5
Agua	234.50	25.89 lt/bls	26 lt/bls

Fuente 148 Elaboración propia, 2020

Comparación de costos en partidas de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 95 Costo del concreto convencional por m^3

Partida	1.01.01		CONCRETO F'C=210 KG/cm ²				
Rendimiento	m ³ /DIA	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por : m ³	279.90	
H.H.	H.M.						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	17.22	11.02	
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	13.66	4.37	
147010004	PEON	hh	8.0000	2.5600	12.36	31.64	
						47.03	
Materiales							
2210000038	ARENA GRUESA	m ³		0.2966	24.58	7.29	
2210000060	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m ³		0.3612	36.01	13.01	
2210000001	CEMENTO PORTLAND (42.5 KG)	bls		9.5600	20.76	198.47	
2210000044	REGLA DE ALUMINIO	und		0.0100	50.76	0.51	
2210000034	ACEITE DE MOTOR	gal		0.0040	50.00	0.20	
2210000033	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1200	10.20	1.22	
2210000030	AGUA	m ³		0.2279	5.08	1.16	
						221.85	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00%	47.03	1.41	
349880022	VIBRADORA DE CONCRETO 4 HP 1.50 "	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
0349880020	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP 11-12 P3	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
						11.01	

Fuente 149 Elaboración propia, 2020

Tabla 96 Costo del concreto convencional con 0.2% de aditivo SIKA RETARDER

Partida		1.01.01		CONCRETO F'C=210 KG/cm ² CON ADITIVO AL 0.2%			
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por: m3	283.44	
H.H.		H.M.					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	17.22	11.02	
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	13.66	4.37	
147010004	PEON	hh	8.0000	2.5600	12.36	31.64	
						47.03	
Materiales							
2210000038	ARENA GRUESA	m3		0.2966	24.58	7.29	
2210000060	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.3612	36.01	13.01	
2210000001	CEMENTO PORTLAND (42.5 KG)	bls		9.5600	20.76	198.47	
2210000044	REGLA DE ALUMINIO	und		0.0100	50.76	0.51	
2210000034	ACEITE DE MOTOR	gal		0.0040	50.00	0.20	
2210000033	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1200	10.20	1.22	
2210000038	ADITIVO RETARDANTE CILINDRO 200 L	und		0.0041	872.61	3.55	
2210000030	AGUA	m3		0.2279	5.08	1.16	
						225.40	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00%	47.03	1.41	
349880022	VIBRADORA DE CONCRETO 4 HP 1.50 "	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
0349880020	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP 11-12 P3	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
						11.01	

Fuente 150 Elaboración propia, 2020

Tabla 97 Costo del concreto convencional con 0.4% de aditivo SIKA RETARDER

Partida		1.01.01		CONCRETO F'C=210 KG/cm ² CON ADITIVO AL 0.4%			
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por : m3	286.99	
H.H.		H.M.					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	17.22	11.02	
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	13.66	4.37	
147010004	PEON	hh	8.0000	2.5600	12.36	31.64	
						47.03	
Materiales							
2210000038	ARENA GRUESA	m3		0.2966	24.58	7.29	
2210000060	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.3612	36.01	13.01	
2210000001	CEMENTO PORTLAND (42.5 KG)	bls		9.5600	20.76	198.47	
2210000044	REGLA DE ALUMINIO	und		0.0100	50.76	0.51	
2210000034	ACEITE DE MOTOR	gal		0.0040	50.00	0.20	
2210000033	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1200	10.20	1.22	
2210000038	ADITIVO RETARDANTE CILINDRO 200 L	und		0.0081	872.61	7.09	
2210000030	AGUA	m3		0.2279	5.08	1.16	
						228.94	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00%	47.03	1.41	
349880022	VIBRADORA DE CONCRETO 4 HP 1.50 "	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
0349880020	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP 11-12 P3	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
						11.01	

Fuente 151 Elaboración propia, 2020

Tabla 98 Costo del concreto convencional con 0.6% de aditivo SIKA RETARDER

Partida	1.01.01	CONCRETO F'C=210 KG/cm ² CON ADITIVO AL 0.6%					
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por: m3	290.53	
H.H.		H.M.					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	17.22	11.02	
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	13.66	4.37	
147010004	PEON	hh	8.0000	2.5600	12.36	31.64	
						47.03	
Materiales							
2210000038	ARENA GRUESA	m3		0.2966	24.58	7.29	
2210000060	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.3612	36.01	13.01	
2210000001	CEMENTO PORTLAND (42.5 KG)	bls		9.5600	20.76	198.47	
2210000044	REGLA DE ALUMINIO	und		0.0100	50.76	0.51	
2210000034	ACEITE DE MOTOR	gal		0.0040	50.00	0.20	
2210000033	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1200	10.20	1.22	
2210000038	ADITIVO RETARDANTE CILINDRO 200 L	und		0.0122	872.61	10.64	
2210000030	AGUA	m3		0.2279	5.08	1.16	
						232.49	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00%	47.03	1.41	
349880022	VIBRADORA DE CONCRETO 4 HP 1.50 "	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
0349880020	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP 11-12 P3	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
						11.01	

Fuente 152 Elaboración propia, 2020

Tabla 99 Costo del concreto convencional con 0.8% de aditivo SIKA RETARDER

Partida		1.01.01		CONCRETO F'C=210 KG/cm ² CON ADITIVO AL 0.8%			
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por: m3	294.08	
H.H.		H.M.					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	17.22	11.02	
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	13.66	4.37	
147010004	PEON	hh	8.0000	2.5600	12.36	31.64	
						47.03	
Materiales							
2210000038	ARENA GRUESA	m3		0.2966	24.58	7.29	
2210000060	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.3612	36.01	13.01	
2210000001	CEMENTO PORTLAND (42.5 KG)	bis		9.5600	20.76	198.47	
2210000044	REGLA DE ALUMINIO	und		0.0100	50.76	0.51	
2210000034	ACEITE DE MOTOR	gal		0.0040	50.00	0.20	
2210000033	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1200	10.20	1.22	
2210000038	ADITIVO RETARDANTE CILINDRO 200 L	und		0.0163	872.61	14.18	
2210000030	AGUA	m3		0.2279	5.08	1.16	
						236.03	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00%	47.03	1.41	
349880022	VIBRADORA DE CONCRETO 4 HP 1.50 "	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
0349880020	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP 11-12 P3	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
						11.01	

Fuente 153 Elaboración propia, 2020

Tabla 100 Costo del concreto convencional con 1% de aditivo SIKA RETARDER

Partida	1.01.01		CONCRETO F'C=210 KG/cm ² CON ADITIVO AL 1%				
Rendimiento	m3/DIA	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por: m3	297.62	
H.H.		H.M.					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	17.22	11.02	
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	13.66	4.37	
147010004	PEON	hh	8.0000	2.5600	12.36	31.64	
						47.03	
Materiales							
2210000038	ARENA GRUESA	m3		0.2966	24.58	7.29	
2210000060	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.3612	36.01	13.01	
2210000001	CEMENTO PORTLAND (42.5 KG)	bls		9.5600	20.76	198.47	
2210000044	REGLA DE ALUMINIO	und		0.0100	50.76	0.51	
2210000034	ACEITE DE MOTOR	gal		0.0040	50.00	0.20	
2210000033	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1200	10.20	1.22	
2210000038	ADITIVO RETARDANTE CILINDRO 200 L	und		0.0203	872.61	17.73	
2210000030	AGUA	m3		0.2279	5.08	1.16	
						239.58	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00%	47.03	1.41	
349880022	VIBRADORA DE CONCRETO 4 HP 1.50 "	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
0349880020	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP 11-12 P3	hm	1.0000	0.3200	15.00	4.80	
						11.01	

Fuente 154 Elaboración propia, 2020

Ilustración 1 Probetas cilíndrica



Fuente 155 Elaboración propia,2020

Ilustración 2 Probetas cilíndricas 20 cm x 10 cm



Fuente 156 Elaboración propia,2020

Ilustración 3 Prensa hidráulica



Fuente 157 Elaboración propia, 2020

Ilustración 4 Panel de control de prensa hidráulica



Fuente 158 Elaboración propia, 2020

Ilustración 5 Rotura de probetas



Fuente 159 Elaboración propia, 2020

Ilustración 6 Rotura de probetas en prensa hidráulica



Fuente 160 Elaboración propia, 2020

Ilustración 7 Rotura diagonal de probeta cilíndrica



Fuente 161 Elaboración propia, 2020

Ilustración 8 Laboratorio de tecnología del concreto



Fuente 162 Elaboración propia, 2020

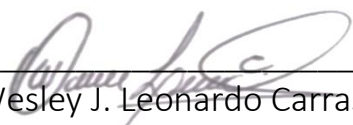


CERTIFICADO **DE ENSAYOS EN LABORATORIOS**

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que el Bachiller. Mark Giancarlo Arévalo Cachay, identificado con D.N.I N° 77130574, ha realizado los ensayos de granulometría, peso unitario suelto y compactado, contenido de humedad, peso específico, absorción, tiempo de fraguado, conformación, curado y compresión de especímenes de concreto, en las instalaciones del *Laboratorio de Concreto* de esta universidad, requeridos para la tesis *“Influencia del Aditivo Retardante Sika Retarder Pe y su Dosificación sobre la Resistencia a la Compresión y Fraguado en el Concreto, Trujillo - 2020”*; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud de los interesados, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 11 de mayo del 2020



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio