

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, UTILIZANDO
NANOSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE”**

TESIS PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Henry Horacio Cabanillas Guillén.

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno.

Enero del 2020

Cajamarca - Perú

AGRADECIMIENTO

Deseo dar gracias a Dios por protegerme y darme salud día a día, a mis familiares (mi madre, hermana); de igual manera agradecer a mis amigos y compañeros de estudios quienes me apoyaron en la realización de los diferentes ensayos de laboratorio para el desarrollo de mi tesis.

A la vez quiero agradecer al ingeniero Mcs. Ing. Héctor Pérez Loayza con quien inicié a desarrollar la presente tesis y que por motivos naturales no está presente entre nosotros; también agradecer al Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, quien aceptó guiarme en la culminación del desarrollo satisfactorio de la presente tesis de investigación

Agradecer a la persona cuya luminosidad y muy especial interés me insistió en realizar, terminar esta tesis para mejorar académicamente y lograr mayores metas a futuro.

Henry H. Cabanillas Guillén

DEDICATORIA

Esta tesis deseo dedicarla especialmente a Dios.
A la persona que ilumina con amor mi camino, a mi madre, a mi hermana y a todos los que ayudaron de diferente manera con la realización de esta tesis de investigación.

Ya que gracias a su insistencia, amor, cariño, cuidado y apoyo brindado siempre; hicieron posible que realice mi carrera profesional y ahora culmine la presente tesis de investigación.

Henry H. Cabanillas Guillén

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE GRÁFICOS	vi
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE ECUACIONES	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRAC	xvi

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5. LIMITACIONES	5
1.6. OBJETIVOS	6
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.7. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	6

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	7
2.1.1. INTERNACIONALES	7
2.1.2. NACIONALES	11
2.1.3. LOCALES.....	15
2.2. BASES TEÓRICAS	16
2.2.1. AGREGADOS	16
2.2.2. AGUA.....	16
2.2.3. CEMENTO	20
2.2.4. ADITIVOS	20
2.2.5. ADICIONES.....	26
2.2.6. CONCRETO.....	33
2.2.7. DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO MÉTODO FAURY	36
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	50

CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA O ESPACIAL DE LA INVESTIGACIÓN	53
3.2. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.3. RECURSOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.4. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	55

3.4.1. PARÁMETROS FIJOS	57
3.4.2. PARÁMETROS VARIABLES	59
3.4.3. UNIDADES DE ESTUDIO.....	60
3.5. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	61
3.5.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO	62
3.5.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	66
3.5.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	68

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO.....	81
4.1.1. AGREGADO FINO PARA CONCRETO.....	81
4.1.2. AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	82
4.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	83
4.2.1. TEMPERATURA	83
4.2.2. ASENTAMIENTO O CONSISTENCIA	84
4.2.3. PESO UNITARIO.....	86
4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	86
4.3.1. PESO UNITARIO.....	86
4.3.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	86
4.3.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD	87
4.3.4. CONTRASTACIÓN CON ANTECEDENTES TEÓRICOS	87
4.3.5. CONTRASTACIÓN CON OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	88

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	90
5.2. RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

ANEXOS

A. CERTIFICADO DE REALIZACION DE ENSAYOS	95
B. PROPIEDADES O CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.....	95
C. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CEMENTO	105
D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ADICION.....	105
E. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	107
F. DISEÑOS DE MEZCLA	109
G. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO.....	132
H. GRÁFICAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA DEL CONCRETO .	140
I. TABLAS DE REFERENCIA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN	176
J. NORMATIVA DE REFERENCIA	178
K. PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	179

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 01: Nanosílice coloidal (obtenida por microscopio electrónico de transmisión).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura N° 02: Nanosílice coloidal (obtenida por microscopio electrónico de transmisión).....</i>	<i>31</i>
<i>Figura N° 03: Gráfica para calcular el radio medio del encofrado (R) según Faury.</i>	<i>40</i>
<i>Figura N° 04: Valores de “Ip” para agregados (M. Faury).....</i>	<i>46</i>
<i>Figura N° 05: Valores de “IO” para el hormigón de referencia (M. Faury).</i>	<i>48</i>
<i>Figura N° 08: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.</i>	<i>53</i>
<i>Figura N° 09: Ubicación geográfica de la planta de chancado “Margarita” – cantera del Río Jequetepeque.</i>	<i>57</i>
<i>Figura N° 10: Contenido de humedad agregado grueso.</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 11: Densidad de agregado fino.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 12: Peso unitario del agregado grueso.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 13: Resistencia a la abrasión del agregado grueso.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 14: Granulometría del agregado grueso.</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 15: Aditivo y adición utilizados en las mezclas de concreto.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 16: Medición del slump del concreto.</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 17: Llenado de espécimens o especímenes.</i>	<i>179</i>
<i>Figura N° 18: Curado del concreto en laboratorio.</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 19: Toma de datos de características de las espécimens o especímenes.....</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 20: Ensayos a compresión de los especímenes de concreto.</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 21: Vista de agregado grueso dentro del espécimen de concreto.</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 22: Presencia de asesor de la investigación.</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 23: Falla típica del espécimen de concreto.</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 24: Vista posterior de la falla típica de espécimen de concreto.</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 25: Ensayo a compresión de los especímenes de concreto.</i>	<i>180</i>
<i>Figura N° 26: Ruptura de espécimen de concreto en otra fecha.</i>	<i>181</i>
<i>Figura N° 27: Especímenes ensayados con vista de fallas típicas.</i>	<i>181</i>
<i>Figura N° 28: Eliminación de desmonte del laboratorio.....</i>	<i>181</i>

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Efecto de un súper-plastificante	22
Gráfico N° 02: Ahorros posibles en cemento por el uso de un reductor de la cantidad de agua.	22
Gráfico N° 03: Efecto de los retardadores y de los acelerantes en la resistencia.....	23
Gráfico N° 04: Efectos del contenido de aire sobre la durabilidad, la resistencia a la compresión y el contenido requerido de agua del hormigón.	23
Gráfico N° 05: Influencia del aire incluido sobre la resistencia del H° con distinto contenido de cemento.....	23
Gráfico N° 06: Contenido de aire ocluido según el tamaño máximo del árido.....	24
Gráfico N° 07: DRX nanosílice (NS) y humo de sílice (SF). tomada de Qing et al, (in press)..	27
Gráfico N° 08: Efecto de la nanosílice en el coeficiente de migración del ion cloruro a los 28 días.	30
Gráfico N° 09: Resistencia a la compresión de pastas adicionadas con NS.	32
Gráfico N° 10: Gráfica de la ecuación de Faury.....	38
Gráfico N° 11: Dosificación gráfica de agregados por Faury.	45
Gráfico N° 13: Curva granulométrica del agregado fino.....	63
Gráfico N° 14: Curva granulométrica del agregado grueso.	65
Gráfico N° 15: Comparación del slump de la mezcla concreto patrón con cada una de las mezclas de concreto dosificadas.....	66
Gráfico N° 16: Comparación del slump de la mezcla concreto patrón con cada una de las mezclas de concreto dosificadas.....	67
Gráfico N° 17: Comparación de los pesos unitarios (Kg/m ³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado fresco.	68
Gráfico N° 18: Comparación de los pesos unitarios (Kg/m ³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado endurecido.	69
Gráfico N° 19: Evolución de la resistencia a la compresión promedio del concreto con las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4.	75
Gráfico N° 20: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y/o aditivo superplastificante SP-4.	76
Gráfico N° 21: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice por edades.	76
Gráfico N° 22: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones aditivo superplastificante SP-4 por edades.	77
Gráfico N° 23: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 por edades.	77
Gráfico N° 24: Comparación del incremento de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 por edades, en porcentaje.	78
Gráfico N° 25: Comparación del módulo de elasticidad de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice en el concreto.	79

<i>Gráfico N° 26: Comparación del módulo de elasticidad de las diferentes dosificaciones del aditivo superplastificante SP-4 en el concreto.</i>	<i>79</i>
<i>Gráfico N° 27: Comparación del módulo de elasticidad de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 en el concreto.</i>	<i>80</i>
<i>Gráfico N° 28: Curva granulométrica de la muestra 1 del agregado fino para concreto.....</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico N° 29: Curva granulométrica de la muestra 2 del agregado fino para concreto.....</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico N° 30: Curva granulométrica de la muestra 3 del agregado fino para concreto.....</i>	<i>97</i>
<i>Gráfico N° 31: Curva granulométrica de la muestra 1 del agregado grueso para concreto. ..</i>	<i>100</i>
<i>Gráfico N° 32: Curva granulométrica de la muestra 2 del agregado grueso para concreto. ..</i>	<i>101</i>
<i>Gráfico N° 33: Curva granulométrica de la muestra 3 del agregado grueso para concreto. ..</i>	<i>102</i>

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 01: Límites Permisibles Para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma ITINTEC 339.088</i>	18
<i>Tabla N° 02: Limitaciones en la Composición de Agua de Lavado Para su Empleo en Agua de Mezcla</i>	18
<i>Tabla N° 03: Efectos de los principales tipos de aditivos en las propiedades del hormigón</i>	25
<i>Tabla N° 04: Propiedades de la nanosílice, comparadas con el humo de sílice (microsílice)</i> ..	28
<i>Tabla N° 05: Concretos de alto comportamiento</i>	34
<i>Tabla N° 06: Concretos de muy alto resistencia</i>	35
<i>Tabla N° 07: Valores de “B” (M. Faury)</i>	41
<i>Tabla N° 08: Valores de “A” (M. Faury)</i>	41
<i>Tabla N° 09: Valores de “K” (M. Faury)</i>	42
<i>Tabla N° 10: Valores de “I_p” para agregados (M. Faury)</i>	46
<i>Tabla N° 16: Matriz de consistencia de la tesis de investigación</i>	56
<i>Tabla N° 17: Unidades de estudio</i>	60
<i>Tabla N° 18: Propiedades físicas promedio del agregado fino</i>	62
<i>Tabla N° 19: Propiedades físicas promedio del agregado grueso</i>	64
<i>Tabla N° 20: Temperatura (°C) promedio de las diferentes mezclas realizadas</i>	66
<i>Tabla N° 21: Slump (cm.) promedio de las diferentes mezclas realizadas</i>	67
<i>Tabla N° 22: Pesos unitarios (Kg/m³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado fresco</i>	68
<i>Tabla N° 23: Pesos unitarios (Kg/m³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado endurecido</i>	68
<i>Tabla N° 24: Resistencia mecánica a la compresión del concreto patrón “CP” y del concreto con adición de nanosílice al 1.0% “NS1.0”</i>	69
<i>Tabla N° 25: Resistencia mecánica a la compresión del concreto con adición de nanosílice al 1.5% “NS1.5” y del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% “SP1.0”</i>	70
<i>Tabla N° 26: Resistencia mecánica a la compresión del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% “SP1.0” y del concreto con adición de nanosílice más superplastificante SP-4 al 0.6% “NS0.6”</i>	70
<i>Tabla N° 27: Resistencia mecánica a la compresión del concreto con adición de nanosílice más superplastificante SP-4 al 0.8% “NS0.8” y con adición de nanosílice más superplastificante SP-4 al 01.2% “NS1.2”</i>	70
<i>Tabla N° 28: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 1.0% en peso del cemento</i>	71
<i>Tabla N° 29: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 1.5% en peso del cemento</i>	72
<i>Tabla N° 30: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con aditivo superplastificante SP4 al 1.0% en peso del cemento</i>	72
<i>Tabla N° 31: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con aditivo superplastificante SP4 al 1.5% en peso del cemento</i>	73

<i>Tabla N° 32: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 0.6% más aditivo superplastificante SP4 al 0.6% en peso del cemento.</i>	73
<i>Tabla N° 33: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 0.8% más aditivo superplastificante SP4 al 0.8% en peso del cemento.</i>	74
<i>Tabla N° 34: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 1.2% más aditivo superplastificante SP4 al 1.2% en peso del cemento.</i>	74
<i>Tabla N° 35: Módulo de elasticidad del concreto obtenida de las gráficas de esfuerzo - deformación.</i>	78
<i>Tabla N° 35: Contrastación con objetivos e hipótesis</i>	88
<i>Tabla N° 36: Granulometría de la muestra 1 del agregado fino para concreto.</i>	95
<i>Tabla N° 37: Granulometría de la muestra 2 del agregado fino para concreto.</i>	96
<i>Tabla N° 38: Granulometría de la muestra 3 del agregado fino para concreto.</i>	97
<i>Tabla N° 39: Peso específico del agua.</i>	98
<i>Tabla N° 40: Factor f.</i>	98
<i>Tabla N° 41: Peso unitario suelto del agregado fino.</i>	98
<i>Tabla N° 42: Peso Unitario compactado del agregado fino.</i>	98
<i>Tabla N° 43: Peso específico del agregado fino.</i>	99
<i>Tabla N° 44: Absorción del agregado fino.</i>	99
<i>Tabla N° 45: Contenido de humedad del agregado fino.</i>	99
<i>Tabla N° 46: Partículas menores que el tamiz N° 200 del agregado fino.</i>	99
<i>Tabla N° 47: Granulometría de la muestra 1 del agregado grueso para concreto.</i>	100
<i>Tabla N° 48: Granulometría de la muestra 2 del agregado grueso para concreto.</i>	101
<i>Tabla N° 49: Granulometría de la muestra 3 del agregado grueso para concreto.</i>	102
<i>Tabla N° 50: Peso específico del agua.</i>	103
<i>Tabla N° 51: Factor f.</i>	103
<i>Tabla N° 52: Peso unitario suelto del agregado grueso.</i>	103
<i>Tabla N° 53: Peso unitario compactado del agregado grueso.</i>	103
<i>Tabla N° 54: Peso específico del agregado grueso.</i>	103
<i>Tabla N° 55: Absorción del agregado grueso.</i>	104
<i>Tabla N° 56: Contenido de humedad del agregado grueso.</i>	104
<i>Tabla N° 57: Partículas menores que el tamiz N° 200 del agregado grueso.</i>	104
<i>Tabla N° 58: Abrasión del agregado grueso.</i>	104
<i>Tabla N° 59: Características de los agregados utilizados en el diseño de mezcla.</i>	109
<i>Tabla N° 60: Cálculo del índice pondearl Ia.</i>	115
<i>Tabla N° 61: Cálculo del índice pondearl Ig.</i>	115
<i>Tabla N° 62: Cálculo del índice pondearl IR.</i>	115
<i>Tabla N° 63: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - "CP"</i>	132
<i>Tabla N° 64: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - "CP"</i>	132
<i>Tabla N° 65: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - "CP"</i>	132
<i>Tabla N° 66: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - "GNI.0"</i>	133
<i>Tabla N° 67: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - "GNI.0"</i>	133
<i>Tabla N° 68: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - "GNI.0"</i>	133

<i>Tabla N° 69: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “GNI.5”</i>	134
<i>Tabla N° 70: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “GNI.5”</i>	134
<i>Tabla N° 71: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “GNI.5”</i>	134
<i>Tabla N° 72: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “SP1.0”</i>	135
<i>Tabla N° 73: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “SP1.0”</i>	135
<i>Tabla N° 74: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “SP1.0”</i>	135
<i>Tabla N° 75: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “SP1.5”</i>	136
<i>Tabla N° 76: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “SP1.5”</i>	136
<i>Tabla N° 77: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “SP1.5”</i>	136
<i>Tabla N° 78: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “NS0.6”</i>	137
<i>Tabla N° 79: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “NS0.6”</i>	137
<i>Tabla N° 80: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “NS0.6”</i>	137
<i>Tabla N° 81: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “NS0.8”</i>	138
<i>Tabla N° 82: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “NS0.8”</i>	138
<i>Tabla N° 83: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “NS0.8”</i>	138
<i>Tabla N° 84: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “NS1.2”</i>	139
<i>Tabla N° 85: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “NS1.2”</i>	139
<i>Tabla N° 86: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “NS1.2”</i>	139
<i>Tabla N° 87: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 7 días espécimen 01.</i>	140
<i>Tabla N° 88: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 7 días espécimen 02.</i>	140
<i>Tabla N° 89: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 7 días espécimen 03.</i>	141
<i>Tabla N° 90: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 14 días espécimen 10.</i>	141
<i>Tabla N° 91: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 14 días espécimen 11.</i>	142
<i>Tabla N° 92: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 14 días espécimen 12.</i>	142
<i>Tabla N° 93: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días espécimen 19.</i>	143
<i>Tabla N° 94: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días espécimen 20.</i>	143
<i>Tabla N° 95: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días espécimen 21.</i>	144
<i>Tabla N° 96: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 7 días espécimen 01.</i>	144
<i>Tabla N° 97: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 7 días espécimen 02.</i>	145
<i>Tabla N° 98: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 7 días espécimen 03.</i>	145
<i>Tabla N° 99: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 14 días espécimen 10.</i>	146
<i>Tabla N° 100: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 14 días espécimen 11.</i>	146

<i>Tabla N° 101: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 14 días espécimen 12.</i>	147
<i>Tabla N° 102: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 28 días espécimen 19.</i>	147
<i>Tabla N° 103: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 28 días espécimen 20.</i>	148
<i>Tabla N° 104: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.0% a los 28 días espécimen 21.</i>	148
<i>Tabla N° 105: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 7 días espécimen 01.</i>	149
<i>Tabla N° 106: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 7 días espécimen 02.</i>	149
<i>Tabla N° 107: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 7 días espécimen 03.</i>	150
<i>Tabla N° 108: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 14 días espécimen 10.</i>	150
<i>Tabla N° 109: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 14 días espécimen 11.</i>	151
<i>Tabla N° 110: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 14 días espécimen 12.</i>	151
<i>Tabla N° 111: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 28 días espécimen 19.</i>	152
<i>Tabla N° 112: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 28 días espécimen 20.</i>	152
<i>Tabla N° 113: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice al 1.5% a los 28 días espécimen 21.</i>	153
<i>Tabla N° 114: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 7 días espécimen 01.</i>	153
<i>Tabla N° 115: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 7 días espécimen 02.</i>	154
<i>Tabla N° 116: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 7 días espécimen 03.</i>	154
<i>Tabla N° 117: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 14 días espécimen 10.</i>	155
<i>Tabla N° 118: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 14 días espécimen 11.</i>	155
<i>Tabla N° 119: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 14 días espécimen 12.</i>	156
<i>Tabla N° 120: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 28 días espécimen 19.</i>	156
<i>Tabla N° 121: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 28 días espécimen 20.</i>	157
<i>Tabla N° 122: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 28 días espécimen 21.</i>	157
<i>Tabla N° 123: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 7 días espécimen 01.</i>	158

<i>Tabla N° 124: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 7 días espécimen 02.</i>	158
<i>Tabla N° 125: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 7 días espécimen 03.</i>	159
<i>Tabla N° 126: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 14 días espécimen 10.</i>	159
<i>Tabla N° 127: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 14 días espécimen 11.</i>	160
<i>Tabla N° 128: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 14 días espécimen 12.</i>	160
<i>Tabla N° 129: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 28 días espécimen 19.</i>	161
<i>Tabla N° 130: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 28 días espécimen 20.</i>	161
<i>Tabla N° 131: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 28 días espécimen 21.</i>	162
<i>Tabla N° 132: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 7 días espécimen 01.</i>	162
<i>Tabla N° 133: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 7 días Espécimen 02.</i>	163
<i>Tabla N° 134: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 7 días espécimen 03.</i>	163
<i>Tabla N° 135: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 14 días espécimen 10.</i>	164
<i>Tabla N° 136: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 14 días espécimen 11.</i>	164
<i>Tabla N° 137: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 14 días espécimen 12.</i>	165
<i>Tabla N° 138: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 28 días espécimen 19.</i>	165
<i>Tabla N° 139: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 28 días espécimen 20.</i>	166
<i>Tabla N° 140: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 28 días espécimen 21.</i>	166
<i>Tabla N° 141: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 7 días espécimen 01.</i>	167
<i>Tabla N° 142: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 7 días espécimen 02.</i>	167
<i>Tabla N° 143: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 7 días espécimen 03.</i>	168
<i>Tabla N° 144: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 14 días espécimen 10.</i>	168
<i>Tabla N° 145: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 14 días espécimen 11.</i>	169
<i>Tabla N° 146: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 14 días espécimen 12.</i>	169

<i>Tabla N° 147: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 28 días espécimen 19.</i>	<i>170</i>
<i>Tabla N° 148: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 28 días espécimen 20.</i>	<i>170</i>
<i>Tabla N° 149: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 28 días espécimen 21.</i>	<i>171</i>
<i>Tabla N° 150: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 7 días espécimen 01.</i>	<i>171</i>
<i>Tabla N° 151: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 7 días espécimen 02.</i>	<i>172</i>
<i>Tabla N° 152: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 7 días espécimen 03.</i>	<i>172</i>
<i>Tabla N° 153: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 14 días espécimen 10.</i>	<i>173</i>
<i>Tabla N° 154: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 14 días espécimen 11.</i>	<i>173</i>
<i>Tabla N° 155: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante sp-4 ambos al 1.2% a los 14 días espécimen 12.</i>	<i>174</i>
<i>Tabla N° 156: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 28 días espécimen 19.</i>	<i>174</i>
<i>Tabla N° 157: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 28 días espécimen 20.</i>	<i>175</i>
<i>Tabla N° 158: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 28 días espécimen 21.</i>	<i>175</i>
<i>Tabla N° 159: Husos granulométricos del agregado grueso.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla N° 160: Husos granulométricos del agregado fino.</i>	<i>176</i>
<i>Tabla N° 161: Tipo de gradación según el peso retenido, para determinar el número de esferas.</i>	<i>176</i>
<i>Tabla N° 162: Numero de esferas según el tipo de gradación del material.</i>	<i>176</i>
<i>Tabla N° 163: Agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregados con o sin aire incorporado.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla N° 164: Agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil mismo.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla N° 165: Relación agua / cemento y resistencia a la compresión del concreto.</i>	<i>177</i>
<i>Tabla N° 166: Máxima relación agua / cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.</i>	<i>177</i>

INDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación N° 01: Porcentaje Absoluto de Agregados (M. Faury).</i>	38
<i>Ecuación N° 02: Menor abertura del tamiz (M. Faury).</i>	39
<i>Ecuación N° 03: Tamaño máximo del agregado según Faury.</i>	39
<i>Ecuación N° 04: Radio medio del encofrado según Faury.</i>	40
<i>Ecuación N° 05: Porcentaje absoluto de agregados (M. Faury).</i>	41
<i>Ecuación N° 06: Volumen de huecos sin efecto pared.</i>	42
<i>Ecuación N° 7: Volumen de huecos con efecto pared.</i>	42
<i>Ecuación N° 08: Contenido de agua con aire (M. Faury).</i>	43
<i>Ecuación N° 09: Contenido de agua sin aire (M. Faury).</i>	43
<i>Ecuación N° 10: Cantidad de cemento.</i>	43
<i>Ecuación N° 11: Porcentaje en volumen absoluto de cemento (M. Faury).</i>	43
<i>Ecuación N° 12: Proporción absoluta de agregados.</i>	46
<i>Ecuación N° 13: Proporción de granos menores de 0.1 mm.</i>	47
<i>Ecuación N° 14: Proporción de granos entre 0.1 mm. y 0.4 mm.</i>	47
<i>Ecuación N° 15: Proporción de granos entre 0.4 mm. y 1.6 mm.</i>	48
<i>Ecuación N° 16: Índice ponderal de las partículas menores que 1.6 mm.</i>	48
<i>Ecuación N° 17: Índice ponderal buscado.</i>	48
<i>Ecuación N° 18: Índice del conjunto.</i>	49
<i>Ecuación N° 19: Proporción de hormigón.</i>	49

RESUMEN

En nuestro medio no es común utilizar estos productos y existiendo la necesidad de tener información de las características de resistencia mecánica a la compresión que se puede obtener; se propone un concreto patrón (CP) de alta resistencia diseñado para un $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ con adición de nanosílice (GAIA NANOSÍLICE) y superplastificante (SP-4) con dosificaciones de 1.0% y 1.5% para la adición y el superplastificante por separado, y dosificaciones del 0.6%, 0.8% y 1.2% mezclando ambos productos. Los resultados obtenidos demuestran el incremento de la resistencia a los 28 días con respecto a los especímenes ensayados del CP. Con la adición de nanosílice: al 1.0%, se obtuvo un $f'c = 826.51 \text{ Kg/cm}^2$, que representa el 56.92% y al 1.5% se logró un $f'c = 729.35 \text{ Kg/cm}^2$, que incorpora el 38.47%. Con el superplastificante es: al 1.0% se alcanzó un $f'c = 752.23 \text{ Kg/cm}^2$ que implica el 42.81% y al 1.5% se adquirió un $f'c = 665.61 \text{ Kg/cm}^2$, que constituye el 26.37%. Con la mezcla de la adición de nanosílice y superplastificante es: al 0.6% se logró un $f'c = 613.83 \text{ Kg/cm}^2$, que evidencia el 16.54%; al 0.8% se obtuvo un $f'c = 666.84 \text{ Kg/cm}^2$, que materializa el 26.60% y al 1.2% se alcanzó un $f'c = 799.55 \text{ Kg/cm}^2$, que representa el 51.80% de incremento en la resistencia. Se presentan también el diseño con las adiciones de Nanosílice y superplastificante de cada una de las dosificaciones realizadas; y las propiedades de los agregados, algunas del concreto en estado fresco como endurecido.

Palabras Clave: Espécimen, concreto de alta resistencia, nanosílice, aditivo superplastificante, trabajabilidad, temperatura, edad, resistencia a la compresión, incremento, dosis óptima.

ABSTRAC

In our environment it is not common to use these products and there is a need to have information on the characteristics of mechanical resistance to compression that can be obtained; a high-strength standard concrete (CP) designed for a $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ is proposed with the addition of nanosilica (GAIA NANOSÍLICE) and superplasticizer (SP-4) with dosages of 1.0% and 1.5% for the addition and the superplasticizer separately, and dosages of 0.6%, 0.8% and 1.2% mixing both products. The results obtained demonstrate the increase in resistance at 28 days with respect to the specimens tested for CP. With the addition of nanosilica: at 1.0%, an $f'c = 826.51 \text{ Kg/cm}^2$ was obtained, which represents 56.92% and at 1.5% an $f'c = 729.35 \text{ Kg/cm}^2$ was achieved, which incorporates the 38.47%. With the superplasticizer it is: 1.0% reached $f'c = 752.23 \text{ Kg/cm}^2$ which implies 42.81% and 1.5% acquired $f'c = 665.61 \text{ Kg/cm}^2$, which constitutes 26.37%. With the mixture of the addition of nanosilica and superplasticizer it is: 0.6% achieved a $f'c = 613.83 \text{ Kg/cm}^2$, which evidences 16.54%; at 0.8%, an $f'c = 666.84 \text{ Kg/cm}^2$ was obtained, which materializes 26.60% and at 1.2% an $f'c = 799.55 \text{ Kg/cm}^2$ was reached, which represents the 51.80% increase in resistance. The design is also presented with the additions of Nanosilica and superplasticizer of each of the dosages made; and the properties of aggregates, some of the concrete in the fresh state as hardened.

Key Words: Specimen, high resistance concrete, nanosilica, superplasticizing additive, workability, temperature, age, compression resistance, increase, optimal dose.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el siglo XXI la ciencia se ha visto revolucionada por investigaciones relacionadas con nanociencia y nanotecnología, conceptos que se traducen en un gran desarrollo tecnológico en una variada gama de actividades de gran impacto para la sociedad. Una de ellas es el estudio de materiales relacionados con la ingeniería civil.

El concreto es una mezcla de cemento, agregados gruesos, agregados finos y agua y es un material que ha sido utilizado y estudiado por cientos de años en virtud de sus propiedades para ser moldeado en estado fresco y por su resistencia en estado endurecido. Su aparición se dio cuando “los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada”. La versatilidad de aplicación del concreto ha permitido su uso en diferentes tipos de estructuras tales como edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fábricas, talleres y casas, permitiendo la creación de obras más cómodas y seguras para los seres humanos. El agua y el cemento, insumos del concreto, reaccionan hidráulicamente generando una reacción química que al fraguar permite formar el esqueleto de la mezcla.

Se han realizado estudios para observar el comportamiento del concreto al ser adherido otro tipo de material con el fin de optimizar la mezcla; uno de los estudios realizados ha sido con ceniza volante del cual se obtuvo buenos resultados, algún tiempo después se realizaron estudios con adiciones de microsílíce obteniendo resultados favorables en su utilización en el concreto.

Gran parte de investigación en aditivos tiene que ver con los aspectos químicos del cemento y sus reacciones con estos productos, y la aplicación final en el concreto involucra muchos fenómenos físicos, siendo la fase práctica de injerencia

de los ingenieros civiles, luego, lo obvio es que no se puede pensar en desarrollo en investigación en este campo si no hay trabajo interdisciplinario.

En relación al nanosílice en los últimos años se ha estudiado sus características generales (tamaño de la partícula, área específica de superficie, apariencia, etc.), como también sus propiedades físicas y químicas (densidad, ph, viscosidad, etc.) y ha sido creada como un producto para ser usado en el concreto u hormigón. En cuanto al concreto que tiene incorporado nanomoléculas de sílice en su estructura, en la actualidad se han realizado estudios para determinar, sus propiedades mecánicas de resistencia, rugosidad superficial, análisis microscópico y sus propiedades reológicas de plasticidad y autocompactación.

En este trabajo se evaluaron propiedades mecánicas de concreto en estado fresco y en estado endurecido, luego de modificar la proporción de agregados (triturado y arena) incluyendo porcentajes de adición de nanosílice y aditivo plastificante.

1.1. Planteamiento del problema

La calidad de un concreto es un factor determinante en la seguridad de una estructura, pero esta no se obtiene únicamente con un correcto diseño de mezcla para una obra, un eficiente mezclado y colocación, porque aun cumpliendo con estos, los resultados de laboratorio muestran variaciones considerables en la resistencia de un concreto hecha bajo un mismo diseño.

En años recientes se ha venido presentando un interés creciente por los concretos de alta resistencia. Aunque la definición exacta es arbitraria, el término se refiere a concretos con resistencias a la compresión uniaxial en el rango de 6000 Lb/pulg^2 (421.842 Kg/cm^2) a $12,000 \text{ Lb/pulg}^2$ (843.684 Kg/cm^2) o más. Estos concretos pueden fabricarse utilizando cementos, arena y piedras cuidadosamente seleccionadas, pero por lo general disponibles; algunos aditivos, incluyendo superplastificantes reductores de agua de alto rango, cenizas volantes y microsílica; además de un control de calidad muy cuidadoso durante la producción, además de lograr una mayor resistencia a la compresión, se mejoran casi todas las demás propiedades de

ingeniería, lo que lleva a la utilización del término alternativo, concreto de alto desempeño. *(Nilson A. y col. 2001: Pág. 49)*

La aplicación más común del concreto de alta resistencia ha sido en las columnas de edificios altos donde el concreto normal resultaría en secciones transversales inaceptablemente grandes, con la pérdida de espacio valioso de piso útil. Se ha demostrado que la utilización de mezclas de concreto de alta resistencia, aunque más costosas, no solamente aumenta el área de piso utilizable, sino que también resulta más económico que aumentar la cantidad de acero de refuerzo. *(Nilson A. y col. 2001: Pág. 49)*

Para el caso de puentes también se presentan ventajas significativas mediante la utilización de secciones transversales menores, con la reducción resultante en carga muerta lo cual permite mayores luces. El mayor módulo elástico y el menor coeficiente de flujo plástico resultan en deflexiones instantáneas y a largo plazo reducidas, y en el caso de puentes preesforzados se logran menores pérdidas en la fuerza de preesfuerzo tanto inicial como en el tiempo. Otras aplicaciones, recientes del concreto de alta resistencia incluyen estructuras costa afuera para explotación de petróleo, edificios para parqueo, realces en tableros de puentes, rebosaderos en presas, bodegas y losas industriales pesadas. *(Nilson A. y col. 2001: Pág. 49)*

Con base a lo expuesto, y considerando la necesidad de mejorar la resistencia, la presente investigación tiene como propósito elaborar, estudiar y obtener un concreto de alta resistencia con una adición de nanosílice y un aditivo superplastificante, de esta manera evaluar resultados con el fin de optimizar las cantidades a utilizar en el diseño de mezcla, para que de esta manera se logre contribuir, con dar a conocer ciertas bondades que nos pueda ofrecer ésta adición de nanosílice y aditivo superplastificante al fabricar un concreto de alta resistencia.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la variación de la resistencia de un concreto diseñado utilizando adición de nanosílice y aditivo superplastificante reductor de agua?

1.3. Justificación de la investigación

Obtener un concreto con las proporciones adecuadas, es la razón principal del enfoque de este estudio, debido a que este aspecto es el que idealmente debe cumplir los productores de concreto.

Por estas razones, nace la necesidad de contar con un diseño realizado con adición mineral de nanosílice y un aditivo superplastificante, los que nos dará las pautas necesarias para la utilización de éstos.

Ayudaran al sector de la construcción beneficiando a la población, por cuanto se espera obtener un buen concreto, como también aprovechar las adiciones y aditivos, que en la actualidad están siendo utilizados con fines de mejorar la calidad del concreto.

Consecuentemente, esta necesidad, hace que el presente estudio de investigación busque proponer un diseño de mezcla de un concreto de alta resistencia con la utilización de una adición de nanosílice y un aditivo superplastificante; ya que mientras mejor se diseñen las mezclas de concreto, mayor será la calidad de un concreto.

1.4. Alcances o delimitación de la investigación

Esta investigación se realizó con un diseño de mezcla patrón de concreto de alta resistencia igual a $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$.

La realización pruebas con diferentes adiciones de GAIA Nanosílice en porcentaje al peso de cemento: 1.00%, 1.50%; de Superplastificante SP-4 en porcentaje de peso de cemento: 1.00%, 1.50% y en una combinación de estos

dos de: 0.60%, 0.80% y 1.20% con cemento portland tipo I Pacasmayo, y la observación la variación del aumento de la resistencia a las edades de 7, 14 y 28 días.

La adición GAIA Nanosílice que se utilizó fue adquirida de ULMEN Perú SAC, variando las dosis, según ficha técnica de la adición.

El super plastificante SP-4 que se utilizó fue adquirida de ULMEN Perú SAC, variando las dosis, según ficha técnica del aditivo.

1.5. Limitaciones

Existe una gran limitación respecto al cemento utilizado, debido a que su producción es finita y las propiedades cambian con las condiciones de almacenado.

Respecto a los productos químicos para mejorar la resistencia del concreto no se encuentra más limitación que la de encontrarlos en el mercado con facilidad ya que no es común su utilidad en nuestro medio.

El curado de los especímenes en condiciones térmicas inadecuadas hace que limite la exactitud de la resistencia a la compresión puesto que ésta debe estar entre $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Los ensayos a compresión diagonal, a flexión y a tracción son otra limitación que existe, ya que no fueron realizados en esta investigación para mejorar el estudio de este concreto.

Otra limitación que existe son los equipos utilizados para la medición de los diferentes ensayos que se realizan al concreto; que deben estar calibrados, tener un buen mantenimiento y control de las bombas hidráulicas.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar en cuanto varia la resistencia de un concreto diseñado con $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando adición de nanosílice y aditivo superplastificante reductor de agua.

1.6.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades del agregado utilizado en el diseño del concreto.
- ✓ Determinar el slump, temperatura, peso unitario en estado fresco del concreto patrón y de cada una de las mezclas realizadas con diferentes adiciones.
- ✓ Determinar el peso unitario en estado endurecido del concreto patrón y de cada una de las mezclas realizadas con diferentes dosificaciones.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión de concreto patrón a edades de 7 días, 14 días y 28 días.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión con adiciones del 1.0%, 1.5% de nanosílice a edades de 7 días, 14 días y 28 días.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión del concreto con adiciones del 1.0%, 1.5% de superplastificante a edades de 7 días, 14 días y 28 días.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión del concreto con adiciones del 0.6% de nanosílice mezclado con 0.6% de superplastificante; del 0.8% de nanosílice mezclado con 0.8% de superplastificante y del 1.2% de nanosílice mezclado con 1.2% de superplastificante cada uno a edades de 7 días, 14 días y 28 días.

1.7. Hipótesis de investigación

La resistencia mecánica a la compresión del concreto diseñado con $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ varía en más del 10% utilizando la adición mineral nanosílice y superplastificante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Internacionales

- A. León N. (2012) “*Influencia de la adición de nanosílice en el hormigón autocompactante*”. (Trabajo de Fin de Máster, Universidad Politécnica de Madrid). Recuperado de:

http://oa.upm.es/13798/2/Tesis_master_Nestor_Eduardo_Leon_Brito.pdf

De forma sintética en este trabajo se estudia el efecto de la incorporación de nano sílice en el hormigón autocompactante. Para ello se llevan a cabo una serie de ensayos, tanto en estado fresco como endurecido del hormigón, unos para asegurar su autocompactabilidad y otros para evaluar el comportamiento del material a lo largo del tiempo.

- ✓ La adición de nano sílice proporciona un aumento en la resistencia a compresión de un hormigón autocompactante. A mayor porcentaje de adición mayor es el valor de resistencia obtenido.
 - ✓ Con la adición de nano sílice al hormigón autocompactante se logra un material con mayor grado de hidratación y por tanto con mayor desarrollo de geles hidratados. Esto redundará en un hormigón más compacto y de mayor resistencia a compresión.
- B. Morataya C. (2005). “*Concreto de Alta Resistencia (Experimentación en Guatemala)*”. (Trabajo de Graduación al Conferírsele el Título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperado de:
- http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2600_C.pdf

Se presenta distintas mezclas para 1 m³ de concreto, utilizando la realizada por Master Builders como base, pero sin la utilización de ceniza volante. En la parte práctica, se realizaron distintas mezclas de comparación entre las que tenemos las comparaciones entre cantidades y tipos de cementos y otras, comparando las distintas arenas, de las cuales se ensayaron cilindros a 7, 28 y 56 días donde se obtuvieron resultados muy favorables.

- ✓ La resistencia alcanzada por los ensayos supera a los 9,000 PSI (630kg/cm²) a 28 días para los concretos con 12.5 sacos de cemento con microsílíce y aditivos reductores de agua de alto rango y plastificantes. Con relaciones de agua/cemento entre 0.28 a 0.36 para distintos tipos de arenas.
- ✓ Se obtuvieron resistencias un poco arriba de 6,000 PSI (420 Kg/cm²) a 56 días, sin la utilización de aditivos, microsílíce, solamente utilizando 10 sacos de cemento clase 5,000 PSI o cemento para fabricar blocks ARI 24, teniendo el cuidado que la cantidad de agua a mezclar no fuera demasiada y ésta no superara la relación agua/cemento en 0.42.
- ✓ La resistencia inicial de estos concretos es sumamente alta y con ello permitirá un desencofrado mucho

C. Jerez J. y Col. (2013). *“Determinación de la Influencia Microsílíce y Nanosílíce en el Hormigón Sometido a Esfuerzo de Compresión”*. (Proyecto presentado para optar al Título de Ingeniero Constructor y al Grado Académico de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería en Construcción, Universidad Tecnológica de Chile). Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/231596181/Determinacion-de-La-Influencia-de-Microsilice-y-Nanosilice-en-El-Hormigon-a-Esfuerzo-de-Compresion>

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del nanosílíce en el hormigón en comparación al microsílíce con

respecto a su resistencia a la compresión. Para ello se determinan las propiedades físico-químicas de ambos materiales para entender la razón del incremento en las resistencias de los hormigones.

- ✓ De acuerdo a los objetivos del presente proyecto de titulación podemos establecer que el beneficio de la investigación radica en que ésta da un conocimiento de las principales diferencias de la microsílíce y nanosílíce tanto físicas y químicas, gracias a esto podemos entender cómo es que influyen cada uno de estos aditivos en el hormigón a esfuerzo a compresión.
- ✓ La microsílíce tiene una gran influencia en el hormigón por su contribución física y química, así queda demostrado en nuestros ensayos de resistencia a compresión, donde se observa que esta adición siempre tuvo un mayor comportamiento con respecto a las demás muestras. Dado los resultados determinados en el análisis de costo para la fabricación de la muestra con microsílíce, estos no son significativo en relación al incremento de resistencia a compresión que produce sobre el mismo.

D. Galeote E. (2012). “*Influencia de la Nanosílíce Sobre las Características de un Microhormigón de Ultra Alta Resistencia*”. (Universidad Politécnica de Catalunya). Recuperado de:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16558/Eduardo%20Galeote%20Moreno%202012%20-%20Influencia%20de%20la%20nanos%20lice%20sobre%20las%20caracter%20sticas%20de%20un%20microhormig%20de%20ultra%20alta%20res~1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Se centra en el análisis de la influencia de la nanosílíce en el comportamiento del microhormigón. Para ello, se ha llevado a cabo una campaña experimental dividida en dos fases. En la primera de ellas se realizan ensayos de difracción de rayos X de cara a evaluar a nivel pasta los diferentes compuestos hidratados formados al incorporar 0%, 0,41%,

0,82%, 1,63% y 2,04% de nanosílice sobre el peso de cemento. En la segunda se caracterizan las propiedades de microhormigones con los mismos contenidos de aditivos descritos anteriormente. En esa fase se determinan características como el peso específico, densidad y porosidad, resistencias mecánicas y módulos de elasticidad.

- ✓ La resistencia a compresión alcanza a 1 día un 81% de su valor final a 28 días. A 7 días se alcanza aproximadamente el 96% de su resistencia total. A 28 días, se obtienen valores de hasta 120,5 MPa para una dosificación con el 2,04% de nanosílice, presentando un valor un 17% superior a la dosificación M0.
- ✓ Los resultados de resistencia a compresión indican que existe un contenido mínimo para que los efectos positivos de la incorporación de nanosílice se produzcan. Así mismo existe un contenido a partir del cual la incorporación de más nanosílice no produce mejoras significativas o incluso reduce la resistencia. Ello queda evidente al comparar los valores medidos para las dosificaciones M0.82 y M2.02 en las cuales, pese el aumento de 250% del contenido de nanosílice, hay un aumento de tan solo un 4% en la resistencia a compresión.
- ✓ En espécimens cilíndricas, contenidos entre un 0,82% y 1,63% ofrecen las más elevadas resistencias a compresión. Este resultado está en concordancia con los resultados obtenidos en porosidad, para los que las series M0.82 y M1.63 ofrecían las menores porosidades.
- ✓ La nanosílice produce un aumento en el módulo de elasticidad del microhormigón. Se alcanza un valor máximo un 23,5% superior a la serie M0 para M1.63. Aun así, la incorporación de nanosílice en una proporción mayor esta última provoca una disminución del módulo elástico.

2.1.2. Nacionales

- A. Villar M. y Col. (2017). “*Influencia de la Adición de Nanosílice en las Propiedades de un Concreto de Alta Resistencia Para la Ciudad de Arequipa*”. (Tesis Presentada Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Agustín). Recuperado de:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2383/TCmovifr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Se propuso diseñar mezclas de concreto según la metodología propuesta por el ACI 211.4 para las resistencias a la compresión de 420, 500, 600 y 700 kg/cm², utilizando tres tasas de dosificación de aditivo nanosílice de 0.8%, 1.0% y 1.2% en peso de cemento para cada resistencia, y tomando en cuenta parámetros como por ejemplo el revenimiento en el rango de 6 a 9 pulgadas para los concretos con aditivo y de 1 a 2 pulgadas para los concretos patrón (sin aditivo), que sirvan para establecer propiedades del concreto como su trabajabilidad y consistencia.

- ✓ Se comprobó que conforme se aumenta la dosificación del aditivo nanosílice, el peso unitario en estado fresco se incrementa; en comparación con el peso unitario teórico se observó un incremento en el orden de 1.66% a 2.68%, y obteniendo como valor máximo 2396.15 kgf/m³ para el diseño de 700 kgf/cm² con una tasa de aditivo nanosílice de 1.2%
- ✓ Se comprobó la capacidad del aditivo nanosílice utilizado para reducir agua de diseño logrando una reducción de hasta 24.23%, para la resistencia de 420 kgf/cm² con una tasa de aditivo nanosílice de 1.2% del peso del cemento.
- ✓ Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos a 28 días de edad, alcanzaron valores en el rango de 100.96% a 159.76% de la resistencia de diseño para las diferentes tasas de dosificación de aditivo comprendidas en la investigación. Siendo la más destacable la

resistencia a la compresión de 670.98 kgf/cm² (159.76%), lograda en el diseño $f'c = 420$ kg/cm² a una tasa de aditivo nanosílice de 0.8%, en veintiocho días.

- B.** López E. y Col. (2017). “*Influencia del Nanosílice y Superplastificante en la Durabilidad del Concreto Sometidos a Ciclos de Congelamiento y Deshielo de la Ciudad de Puno*”. (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Altiplano). Recuperado de: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4955/Lopez_Ampuero_Elisman_Mamani_Copari_Juan_Jose.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Se desarrolla un concreto patrón (CP) que en su composición no posee ninguna adición, relación agua-cemento igual 0.56, manteniendo el asentamiento de 6 a 7 pulgadas y se comparará sus propiedades con cada una de las mezclas diseñadas con adición. A la mezcla patrón se le adiciona 0.5, 1.0 y 1.5% de nanosílice en relación al peso del cemento 0.5NS, 1.0NS y 1.5NS respectivamente. Se presenta también el diseño de diferentes tipos de mezcla y la determinación de sus propiedades al estado fresco y endurecido, que fueron sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo; simulando los ciclos en dos ambientes: primero el ambiente artificial de congelamiento durante 12 horas en la noche (congelador calibrado de -8 a -15°C) y el segundo en un ambiente natural de deshielo durante 12 horas en el día, estos ciclos se sometieron a un periodo de 56 días.

- ✓ Los concretos con adiciones de nanosílice reportan resistencias a la compresión superiores al concreto patrón obteniéndose mayores valores con 1.5% de nanosílice de 490.72 kg/cm² a la edad de 28 días y 516.62 kg/cm² a la edad de 56 días.
- ✓ El concreto con 1.5% de nanosílice tiene una mayor resistencia a la edad de 28 días pero el incremento adicional a la edad de 56 días es solo del 12.33%; sin embargo, el concreto con 1.0% de nanosílice a pesar de que tiene una menor resistencia a la edad de 28 días su

incremento adicional es mucho más a la edad de 56 días de 20.83%; entonces se puede concluir que a más edad del concreto las resistencias de ambas llegaran a coincidir.

- C. Vilca P. (2008). “*Obtención del Concreto de Alta Resistencia*”. (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería). Recuperado de:
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/462/3/vilca_ap.pdf

El diseño del concreto con aditivo más microsílíce se obtuvo a partir del concreto con aditivo, añadiendo la microsílíce en diferentes dosificaciones, para lo cual se tuvo que agregar mas aditivo, pues al aumentar la cantidad de microsílíce la mezcla requería mayor cantidad de agua y el aditivo ayudo a reducirla, siendo l dosificación final de la microsílíce de 15% (respecto al peso del cemento) y del aditivo 1.5% (respecto al peso del cemento).

- ✓ El concreto con aditivo superplastificante en 1.5% (del peso del cemento) reduce la cantidad de agua en 28%.
- ✓ La resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad:
 - Concreto patrón a los 28 días = 100 % (638.09 Kg/cm^2).
 - Concreto patrón más aditivo (1.2%) a los 90 días = 127% (812.12 Kg/cm^2).
 - Concreto patrón más aditivo (1.5%) más microsílíce (15%) a los 180 días = 219% (1400.5 Kg/cm^2).
- ✓ El peso unitario del concreto en estado fresco aumento en 6.32% en el concreto con aditivo (dosificación = 1.2% del peso del cemento) y aumento en 10.48% en el concreto con aditivo más microsílíce (dosis: aditivo = 1.5% del peso del cemento y microsílíce = 15% del peso del cemento).

- D. Huincho E. (2011). “*Concreto de Alta Resistencia Usando Aditivo Superplastificante, Microsilice y Nanosilice con Cemento Portland Tipo P*”. (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería). Recuperado de:
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/420>

Se desarrolla un concreto Patrón (CPO) con relación agua-cementante igual 0.40 y se comparan sus propiedades con cada una de las mezclas diseñadas. A la mezcla patrón se le adicionó 3% de aditivo superplastificante (CPA), luego 10, 15 y 20% de microsilice en peso del cemento SF10, SF15 y SF20 respectivamente; se usó nanosilice en dosis de 1.0, 1.5 y 2.0% en peso del cemento NS1.0, NS1.5 y NS2.0 respectivamente; también se usó microsilice y nanosilice a la vez en dosis de 5% de microsilice más 0.5% de nanosilice, 7.5% de microsilice más 1.0% de nanosilice y 10% de microsilice más 1.5% de nanosilice. Se presentan también el diseño de los diferentes tipos de mezcla y la determinación de sus propiedades al estado fresco y endurecido, así como también un análisis de resultados. Finalmente se realiza un análisis de costos de estos tipos de concretos que incluyen los insumos.

- ✓ La dosis óptima de microsilice encontrada es de 10% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 1420 kg/cm², para el caso de la nanosilice es 1 % (968 kg/cm²) y para el caso de la combinación de microsilice y nanosilice es de 5% de microsilice más 0.5% de nanosilice (1065 kg/cm²).
- ✓ Los concretos con adiciones de microsilice (10, 15, 20%) reportan resistencias a la compresión superiores a los concretos con adición de nanosilice (1.0, 1.5 y 2.0%), sin embargo la adición de nanosilice incrementa también la resistencia a la compresión del concreto pero no en la misma magnitud que la microsilice, su ventaja es su estado líquido y también su uso en bajas dosis (menor al 1%).

- ✓ La nanosílice mejora las características tanto en estado fresco como endurecido del concreto en comparación al patrón, esto es beneficioso ya que al encontrarse en estado líquido su impacto ambiental es nulo.

2.1.3. Locales

A. Vilca M. (2012). *“Incidencia del Porcentaje de Microsílice en un Concreto Autocompactante”*. (Tesis Profesional Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: Biblioteca Especializada de Ingeniería Civil.

- ✓ Conforme se aumenta el porcentaje de microsíllice (desde el 4% hasta el 12%), la resistencia mecánica a la compresión también aumenta.
- ✓ Después de incrementar el 16% de microsíllice, su resistencia mecánica disminuye considerablemente produciendo un efecto negativo.
- ✓ La máxima resistencia a la compresión con adición de microsíllice fue de 390.01 kg/cm² con una dosificación del 12% de microsíllice, a la edad de 28 días equivalente al 111.43%, respecto a la resistencia de diseño (350 kg/cm²).
- ✓ El módulo de elasticidad varía incrementando su valor, conforme como se aumenta el porcentaje de microsíllice hasta el 12% (dosificación #3), luego del cual disminuye también; puesto que está directamente relacionado con la resistencia especificada a la compresión.
- ✓ El valor máximo de $E=296,220.84$ kg/cm², a los 28 días de edad

B. Escobedo G. (2014). *“Incidencia de la Nanosílice en la Resistencia Mecánica de un Concreto de Alta Resistencia con Cemento Portland Tipo*

P". (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: Biblioteca Especializada de Ingeniería Civil.

- ✓ Se obtuvo concretos de alta resistencia a la compresión con un valor de 785.30 kg/cm² con adición de nanosílice en 1.5% del peso del cemento, a la edad de 28 días con la propiedad tiene la propiedad de ser un concreto autocompactante.
- ✓ El incremento de la resistencia a la compresión encontrado es de un 15% mayor en base al Concreto Patrón, a la edad de 28 días, lo cual se asume seguirá incrementándose hasta los 90 días por ser concreto de alta resistencia.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agregados

Llamados también áridos, son un conjunto de partículas de origen natural o artificial; que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por las normas: *NTP 400.0037* y *ASTM C 33*.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cubica de concreto. (Torre A. "Curso Básico de Tecnología del Concreto Para Ingenieros Civiles". 2004: Pág. 43).

2.2.2. Agua

2.2.2.1. El agua de mezcla

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- ✓ Reaccionar con el cemento para hidratarlo,

- ✓ Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto
- ✓ Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

La cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto.

Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas "aguas potables" cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo, sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de establecer especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos etc.

Curiosamente, ni el ACI ni el ASTM establecen requisitos para el agua de mezcla para concreto, sin embargo, en una iniciativa realmente importante, la **norma Nacional Itintec 339.088** sí establece requisitos para agua de mezcla y curado y que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla N° 01: Límites Permisibles Para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma ITINTEC 339.088

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5,000 p.p.m máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 p.p.m. máximo
Sulfato (Ión SO ₄)	600 p.p.m. máximo
Cloruros (Ión Cl ⁻)	1,000 p.p.m. máximo
pH	5 a 8

Fuente: Norma ITINTEC 339.088

El criterio que establece la Norma *Itintec* 339.088 y el Comité *ACI* – 318 para evaluar la habilidad de determinada agua para emplearse en concreto, consiste en preparar cubos de mortero de acuerdo con la norma *ASTM C* – 109 usando el agua dudosa y compararlos con cubos similares elaborados con agua potable. Si la resistencia en compresión a 7 y 28 días de los cubos con el agua en prueba no es menor del 90% de la de los cubos de control, se acepta el agua como apta para su uso en concreto.

Tabla N° 02: Limitaciones en la Composición de Agua de Lavado Para su Empleo en Agua de Mezcla.

Elemento	Limitación	
Cloruros (Ión Cl)	En concreto pretensado o losas de puentes.	500 ppm máximo
	Cualquier otro concreto armado en ambiente húmedo o con elementos embutidos de aluminio o metales diferentes o con insertos galvanizados.	1,000 ppm máximo
Sulfatos (Ión SO ₄)		3,000 ppm máximo
Alkalis (NaO + 0.658 K ₂ O)		600 ppm máximo
Sólidos disueltos totales		50,000 ppm máximo

Notas:

- ✓ El agua de lavado puede superar los límites de cloruros y sulfatos si se demuestra que la concentración calculada en el agua de mezcla total incluyendo el agua de mezcla en los agregados y otras fuentes, no excede los límites establecidos.
- ✓ Para proyectos en que se permite el empleo de cloruro de Calcio como acelerante, los límites de cloruros pueden ser obviados por el propietario.

Fuente: Norma ASTM C-94

La norma *ASTM C – 94* para Concreto Premezclado, establece la Tabla N° 02 donde fija los requisitos del agua de lavado de mixers ó mezcladoras, para reusarse como agua de mezcla de concreto, lo cual no es una práctica usual en nuestro medio, pero está permitido y podría ser útil en alguna ocasión.

2.2.2.2. El agua para curado

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto.

No obstante, lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos.

Otro factor que incide en esta consideración es que el agua de curado permanece relativamente poco tiempo en contacto con el concreto, pues en la mayoría de especificaciones el tiempo máximo exigido para el curado con agua no supera los 14 días.

El agua de lavado de mixers o mezcladoras, puede emplearse normalmente sin problemas en el curado del concreto, siempre que no tengan muchos sólidos en suspensión, ya que en algunos casos se crean costras de cemento sobre las superficies curadas, sobre todo cuando el agua proviene del lavado de equipo donde se han

preparado mezclas ricas en cemento y se ha empleado poca agua en esta labor.

2.2.3. Cemento

El cemento es un material aglutinante que presenta las propiedades de adherencia y cohesión, que permite la unión de fragmentos minerales entre sí. Este material tiene las propiedades de fraguar y endurecerse en presencia de agua, presentando un proceso químico que es el calor de hidratación.

Los cementantes que se utilizan para la fabricación del concreto son hidráulicos, es decir, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aun estando inmersos en ella.

Al referirse específicamente al concreto convencional, empleada en la construcción, resulta excluida la cal hidráulica, por lo cual solo procede considerar los cementos, las escorias, los materiales puzolánicos y sus respectivas combinaciones.

2.2.4. Aditivos

Sustancias o productos que, incorporados al hormigón, mortero o pasta, antes o durante el amasado, producen una modificación deseada de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento en dicho hormigón, mortero o pasta, en estado fresco y/o endurecido.

Al margen de esto, cada vez se va consolidando a nivel internacional el criterio de considerar a los aditivos como un componente normal dentro de la Tecnología del Concreto moderna ya que contribuyen a minimizar los riesgos que ocasiona el no poder controlar ciertas características inherentes a la mezcla de concreto original, como son los tiempos de fraguado, la estructura de vacíos, el calor de hidratación, etc.

El uso de los aditivos se justifica por razones técnicas y económicas ya que determinadas características del hormigón fresco y endurecido no pueden lograrse sin el uso de estos. (Quiroz M. y Col. "Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón". 2006: Pág. 69)

2.2.4.1. Tipos y usos

(Quiroz M. y Col. "Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón". 2006: Pág. 69)

Existen aditivos químicos que, en proporciones adecuadas, cambian las características y/o propiedades del hormigón fresco y del endurecido como el fraguado, la trabajabilidad, el endurecimiento, etc. También se encuentran aditivos con más de una propiedad, (ej. Plastificante incorporador de aire)

Aditivos que modifican la reología de los hormigones, morteros o pastas, en estado fresco

- ✓ Reductores de Agua (Plastificantes)
- ✓ Reductores de Agua de Alto Rango (Super-Plastificantes)

A. Reductor de agua (plastificante)

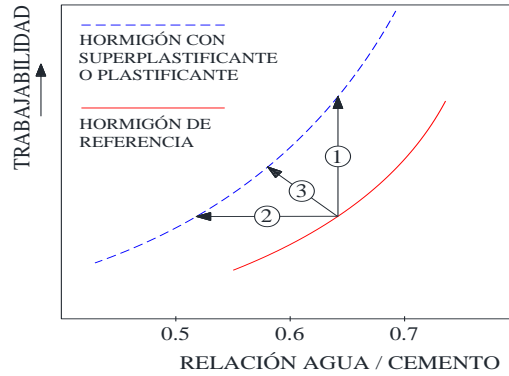
(Quiroz M. y Col. "Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón". 2006: Pág. 71 - 72)

Se puede emplear de las siguientes formas:

- ✓ Como plastificante si se desea mejorar la trabajabilidad del hormigón fresco, manteniendo la cantidad de agua de amasado (sin modificar la relación A/C)
- ✓ Como reductor de agua de amasado (reduce hasta un 15% de agua de amasado, disminuyendo la relación A/C), mientras se mantiene la trabajabilidad del hormigón, mejorando así la resistencia del hormigón.

- ✓ Se puede, además, en forma controlada, conjugar los dos efectos, mejorando la trabajabilidad y reduciendo la relación A/C.

Gráfico N° 01: Efecto de un súper-plastificante



Fuente: Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “Tecnología del Hormigón”

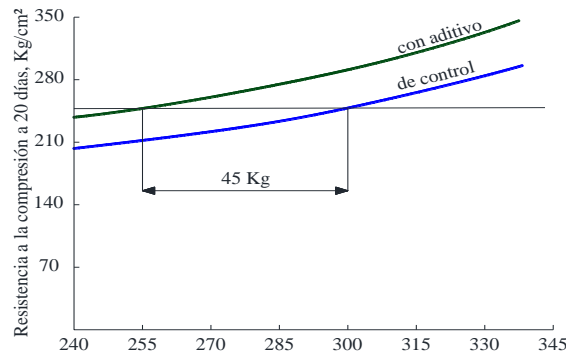
Se los suele utilizar en hormigones que van a ser premasados y bombeados, y en hormigones que van a ser empleados en zonas de alta concentración de armadura.

Se debe tomar en cuenta que algunos pueden retrasar o adelantar el tiempo de fraguado, sobre todo si se emplean en dosis elevadas, por lo que deben tomarse las previsiones correspondientes.

B. Reductores de agua de alto rango (superplastificantes)

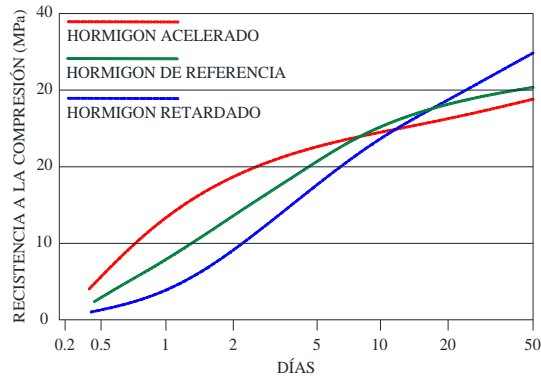
(Quiroz M. y Col. “Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón”. 2006: Pág. 71 - 72)

Gráfico N° 02: Ahorros posibles en cemento por el uso de un reductor de la cantidad de agua.



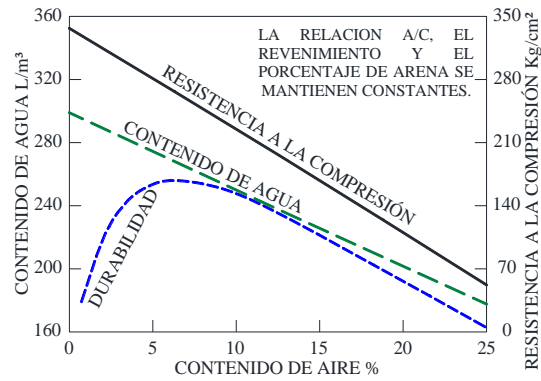
Fuente: Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “Tecnología del Hormigón”

Gráfico N° 03: Efecto de los retardadores y de los acelerantes en la resistencia.



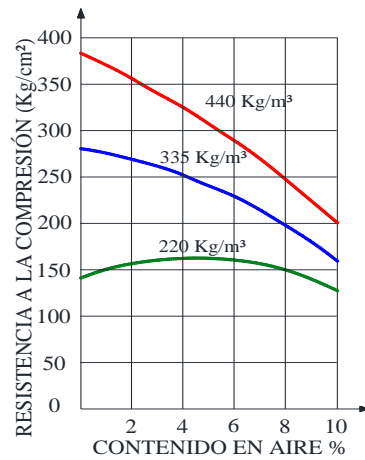
Fuente: Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “Tecnología del Hormigón”

Gráfico N° 04: Efectos del contenido de aire sobre la durabilidad, la resistencia a la compresión y el contenido requerido de agua del hormigón.



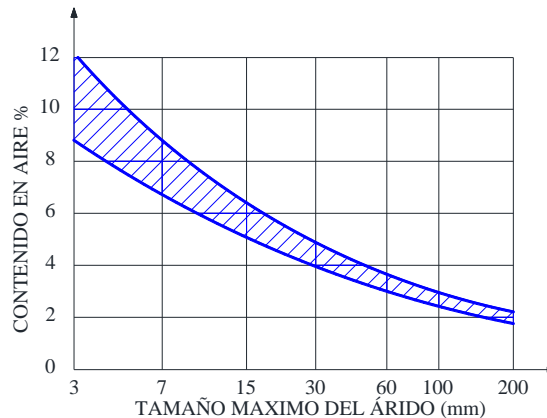
Fuente: Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “Tecnología del Hormigón”

Gráfico N° 05: Influencia del aire incluido sobre la resistencia del H° con distinto contenido de cemento.



Fuente: Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “Tecnología del Hormigón”

Gráfico N° 06: Contenido de aire ocluido según el tamaño máximo del árido.



Fuente: Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “Tecnología del Hormigón”

2.2.4.2. Dosificación

(Quiroz M. y Col. “Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón”. 2006: Pág. 76)

Los aditivos se adicionarán según indicaciones del fabricante, por lo general en una cantidad menor al 5% de peso del cemento, pudiendo ser en el agua de amasado, en el agregado, etc. Una dosificación que no sea la conveniente puede influir de forma indeseable, a veces opuesta a la que se quería conseguir. Todos los aditivos se pueden adicionar después de que el hormigón se ha mezclado parcialmente. En ninguna circunstancia los aditivos deben adicionarse al cemento Pórtland antes de la adición del agua de mezclado.

Es posible que sea necesario adicionar dos o más aditivos de tipos diferentes a la mezcla de hormigón para obtener las características deseadas. La mayor parte de los aditivos son compatibles cuando se mezclan en el hormigón, pero, en ninguna condición, debe permitirse que dos aditivos de tipos diferentes se mezclen entre sí antes de su adición a la mezcladora, ya que, en la mayor parte de los casos, los aditivos reaccionarán provocando precipitación y pérdida de eficacia.

2.2.4.3. Almacenamiento

(Quiroz M. y Col. "Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón". 2006: Pág. 76)

Los aditivos deberán transportarse y almacenarse de forma que su calidad no resulte afectada por influencias físicas o químicas.

El almacenamiento se debe realizar en envases bien cerrados, en lugares secos, frescos y bajo techo. Para todos los casos deben seguirse las direcciones de almacenamiento que indique el fabricante.

Ciertos aditivos se embarcan en forma de polvo para ser disueltos en agua antes de su adición al hormigón. En esos casos, sólo deben mezclarse en tanques de almacenamiento para tener la seguridad de que se adicionan todos los componentes del aditivo para cada amasado.

Tanto la calidad como las condiciones de almacenamiento y utilización, deberán aparecer claramente

Tabla N° 03: Efectos de los principales tipos de aditivos en las propiedades del hormigón.

Tipo de Aditivo					
Efectos en	Plastificante	Super - Plastificante	Acelerantes de Fraguado	Retardadores de fraguado	Incorporadores de Aire
Trabajabilidad	Aumenta	Aumenta	-	-	Aumenta
Exudación	Aumenta o reduce (según el tipo)	Como reductor de la cantidad de agua con finos suficientes, no influye significativamente. Cuando se usa en hormigones pobres o deficientes en finos, o cuando se usa para producir hormigón de fácil flujo, se puede presentar una exudación severa.	-	-	Disminuye

Cantidad de Agua	Disminuye hasta un 15%	Disminuye hasta un 30%	-	-	Puede disminuir
Perdida de Trabajabilidad	Rápida	Mas rápida	-	-	-
Inicio del Fraguado	Retarda o Acelera (según el tipo)	Como reductor de agua afecta poco. Como plastificante Retrasa	Adelanta	Retarda	-
Resistencia Inicial	-	Aumenta	Aumenta	Disminuye	-
Resistencia Final	Mantiene o Aumenta	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Disminuye
Permeabilidad	Disminuye	Disminuye	-	-	Disminuye

Fuente: Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón"

2.2.5. Adiciones

(Quiroz M. y Col. "Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón". 2006: Pág. 77)

En general las adiciones, a diferencia de lo que ocurre con los aditivos, se agregan al hormigón en cantidades importantes, por lo que es necesario tenerlas en cuenta al determinar la composición volumétrica del hormigón.

Podrán utilizarse adiciones, para modificar favorablemente alguna de las propiedades del hormigón o conseguir ciertas características especiales tales como aislamiento térmico o acústico, determinada coloración, etc.

Tienen el carácter de adiciones, las escorias, cenizas volantes, ciertos polvos minerales, materiales inertes, como los colorantes, materiales no minerales, de naturaleza orgánica, tales como ciertas resinas sintéticas. etc.

Al utilizar adiciones con el hormigón no deben sobrepasarse valores límites ya que, en caso contrario, pueden resultar perjudicadas la durabilidad del hormigón o la protección contra la corrosión, sin que esta influencia desfavorable pueda ser detectada mediante ensayos previos de corta duración.

Nota:

Las adiciones de naturaleza orgánica sólo podrán utilizarse previa justificación mediante estudios detallados.

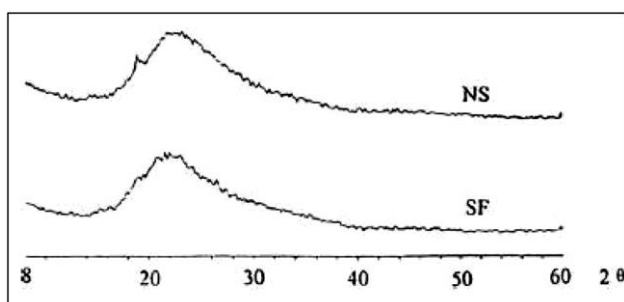
2.2.5.1. Adiciones de nanopartículas en el cemento pórtland

A. Nanosílice (NS)

(Tobón J. y Col. "Adición de Nanopartículas al Cemento Portland". 2006: pág. 179)

Son nanopartículas (1 - 500 nm) de SiO₂ amorfa insolubles en agua. El tamaño, la distribución de tamaños y el área superficial específica son parámetros que se definen de acuerdo al proceso de síntesis (Bj rnstr m et al, 2004). Gracias a sus propiedades la nanosílice se ha convertido en el material sílice de mayor reactividad, por lo cual, ha sido adicionada a materiales como los polímeros para incrementar su resistencia mecánica, flexibilidad y resistencia al envejecimiento (Zhang, Wang & Cheng, 2002 y Bauer et al, 1996 citados por Li, 2004).

Gráfico N  07: DRX nanosílice (NS) y humo de sílice (SF). tomada de Qing et al, (in press).



Fuente: Adición de nanopartículas al cemento portland.

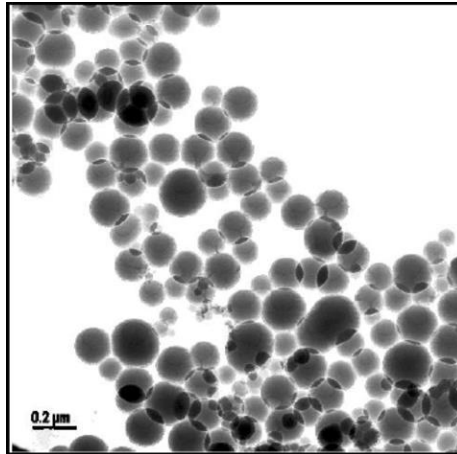
B. Propiedades

("Efecto de la Adición de Nanosílice en Cementos y Concretos"; Dávila M. y Col. 2017: pág. 02)

La nanosílice (NS) son nanopartículas de SiO₂ amorfas e insolubles en el agua que se comercializa en forma líquida

mezclada con otros compuestos para facilitar su transporte y trabajabilidad; al diluirla en agua se denomina sílice coloidal. La siguiente imagen muestra la morfología de la sílice coloidal.

Figura N° 01: Nanosílice coloidal (obtenida por microscopio electrónico de transmisión).



Fuente: Efecto de la adición de nanosílice en cementos y concretos.

Tabla N° 04: Propiedades de la nanosílice, comparadas con el humo de sílice (microsílice).

Características y Diferencias Entre Nanosílice y Microsílice				
Tipo	Densidad (g/ml)	Tamaño (nm)	Superficie específica (m ² /g)	Apariencia
Nanosílice	1.15	3 - 150	20 - 1000	Líquido
Microsílice	0.3	200 - 1000	15 - 20	Polvo seco

Fuente: Efecto de la adición de nanosílice en cementos y concretos.

Cabe destacar que el tamaño, la distribución de tamaños y el área superficial específica son parámetros que se definen de acuerdo al proceso de síntesis. La nanosílice comercial de baja cristalinidad ofrece la máxima reactividad y una pureza igual o superior a 99.9 %.

En cuanto a su toxicidad se ha demostrado que las nanopartículas tienen una respuesta inflamatoria, y enfermedades pulmonares asociadas mayores que con las partículas que la microsílice.

C. Efecto de la nanosílice en las propiedades del concreto

(*"Efecto de la Adición de Nanosílice en Cementos y Concretos"*; Dávila M. y Col. 2017: pág. 02 - 03)

a) En estado fresco

Tiene un efecto acelerante debido a su reactividad superficial y su carácter puzolanico, lo que origina que la velocidad de hidratación sea mayor, aunque no se sabe con exactitud cuánto es el aumento.

Byung-Wan Jo et al también evidenciaron que al incrementar el porcentaje de adición de la NS se incrementa el calor de hidratación de la mezcla, como consecuencia del grado de finura de las nanopartículas.

La nanosílice puede formar compuestos hidratados con el hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) produciendo más tobermorita. Además, se reduce la cantidad, grado de cristalinidad y tamaño de cristales de la Portlandita.

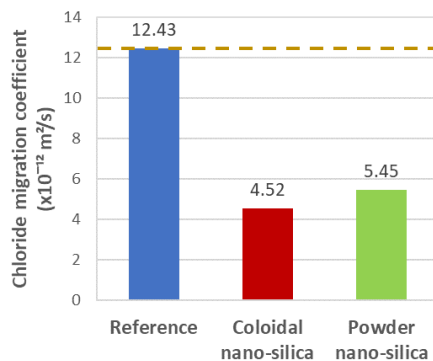
Ha sido posible detectar que la adición de nanosílice permite contar con una mezcla más cohesiva, con una reducción de la pérdida de agua y una tendencia a la segregación.

La adición de nanosílice trae como desventaja la disminución de la trabajabilidad de la pasta debido a la fricción que se genera entre las partículas, lo que hace necesario aumentar la cantidad de agua. También tiene una tendencia a absorber iones en un medio acuoso con lo que se espera la aglomeración; por ende, se debe utilizar un dispersante o plastificante

Un efecto interesante de la adición de nanosílice es la influencia sobre el coeficiente de migración del ion cloruro presente;

seguidamente se presenta el gráfico donde se puede apreciar la variación del coeficiente

Gráfico N° 08: Efecto de la nanosílice en el coeficiente de migración del ion cloruro a los 28 días.



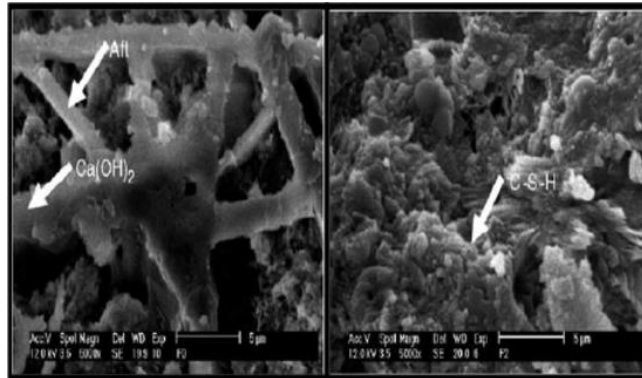
Fuente: Efecto de la adición de nanosílice en cementos y concretos.

A pesar que se emplearon dos tipos de nanosílice se puede observar claramente que la adición de este elemento disminuye el coeficiente de migración del cloro y esto se atribuye a la reducción de la porosidad, a un incremento en la tortuosidad y los cristales de tobermorita que resultan un impedimento para que los iones se muevan libremente dentro de los poros.

A pesar que se emplearon dos tipos de nanosílice se puede observar claramente que la adición de este elemento disminuye el coeficiente de migración del cloro y esto se atribuye a la reducción de la porosidad, a un incremento en la tortuosidad y los cristales de tobermorita que resultan un impedimento para que los iones se muevan libremente dentro de los poros.

La figura 11 esboza cómo la adición de nanosílice propicia la disminución en el contenido de los cristales de CH (Portlandita) y Aft (ettringita) y el material toma un aspecto más denso.

Figura N° 02: Nanosílice coloidal (obtenida por microscopio electrónico de transmisión).



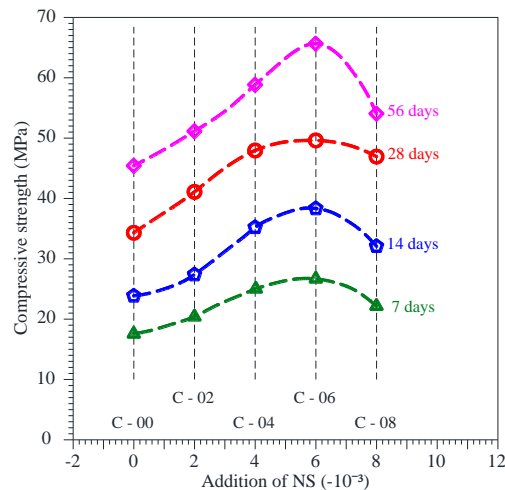
Fuente: Efecto de la adición de nanosílice en cementos y concretos.

b) En estado endurecido

Hay un consenso en el juicio que emiten la mayoría de los investigadores de que al elevar el contenido de nanosílice en el cemento Portland se logra una mejoría importante en el desarrollo de la resistencia a la compresión, las muestras presentan texturas más densas y compactas porque las nanopartículas rellenan los poros, que a su vez favorece la impermeabilidad del concreto, aunado con la formación de tobermorita secundaria que contribuye con la resistencia.

Existe controversia respecto al tiempo en el que se exhibe las mejoras en la resistencia a la compresión. Algunos plantean que esto ocurre a edades tempranas (3 días); otros hablan de incluso 56 y 180 días. Aunque tales discrepancias pueden deberse más bien al contenido de sílice adicionado. En este sentido, los autores Shih, Chang y Hsiao (2006) reportaron que las resistencias a la compresión aumentan con el porcentaje de nanosílice hasta un 0.6%, donde consiguieron el valor máximo de resistencia (65.62MPa) para 56 días de curado. Porcentajes mayores, por ejemplo 0.8%, hace que las resistencias caigan, para todas las edades. El gráfico 02 ilustra este hecho.

Gráfico N° 09: Resistencia a la compresión de pastas adicionadas con NS.



Fuente: Efecto de la adición de nanosílice en cementos y concretos

Estos concretos se caracterizan por tener problemas de mezclado, baja fuerza a la compresión y largos períodos de fraguado, los cuales se pueden arreglar con la adición de la nanosílice.

Se puede utilizar en los morteros, pero se debe cuidar la cantidad de agua que se requiere para trabajar la mezcla.

Otros sectores en donde ha incursionado el uso de nanosílice son:

Empleo en lechadas para cementación de pozos petroleros, especialmente tamaños de partículas que van entre 5 a 50 nm, se ha demostrado que reducen el tiempo de fraguado y aumenta los esfuerzos a compresión.

Se aplica la nanosílice en los llamados Concretos de Alto rendimiento (HPC por sus siglas en inglés) y en concretos autocompactantes, principalmente como un agente que evita el sangrado. Su presencia en la mezcla incrementa la cohesividad del concreto y reduce la tendencia de segregación.

En Japón, el concreto autocompactante ha sido utilizado en muchas estructuras prácticas como en las torres de puentes de concreto pretensado con cables.

La nanosílice se incluye además en fluidos de perforación implementados en la perforación de pozos de petróleo y gas. Dichos “nanofluidos” (fluidos con partículas nanométricas) se encuentran sometidos a esfuerzos de corte y sirven como lubricante y reductores de fricción entre la broca y las paredes del túnel. Son diseñados para evitar el paso de fluidos no deseados a través de rocas permeables, formando un delgado “cake” el cual sella temporalmente los poros.

2.2.6. Concreto

Es una piedra artificial creada por el hombre se ha convertido en el material de construcción más utilizado a nivel mundial, en razón a su extraordinaria versatilidad, en cuanto a las formas que se puede obtener.

El concreto es una mezcla de arena, piedra, agua y cementante hidráulico, que inicialmente tiene características de plasticidad y moldeabilidad, para posteriormente endurecer y adquirir propiedades resistentes permanentes, haciéndolo ideal como material de construcción.

En términos generales, el concreto de resistencia normal es una mezcla de cemento, agua, agregados grueso y fino (grava y arena) y aire, de aplicación convencional en elementos como: cimentaciones, muros, columnas, losas y vigas en edificaciones que requieren resistencias a la compresión entre 150 kg/cm^2 y 400 kg/cm^2 . (*“Concretos Especiales en la Construcción”*; Rocha L. 2009: pág. 18)

El concreto de alto comportamiento es un material de aplicación especial, de acuerdo con características específicas requeridas en las construcciones, como: alta resistencia, bajo o alto peso volumétrico, resistente a agentes

químicos, a condiciones de clima extremo o tránsito intenso. Para dosificar estos concretos se utilizan, además de los materiales convencionales del concreto, aditivos químicos y minerales. Pueden ser necesario emplear técnicas especiales de mezclado, colocación y curado. (*“Concretos Especiales en la Construcción”*; Rocha L. 2009: pág. 18)

Actualmente los concretos de alto comportamiento están siendo usados principalmente en edificaciones como grandes edificios, puentes, túneles y presas, las cuales requieren de una alta resistencia, durabilidad y alto módulo de elasticidad. En la Tabla siguiente se mencionan algunas de las propiedades que se pueden requerir en estos concretos. (*“Concretos Especiales en la Construcción”*; Rocha L. 2009: pág. 18)

Tabla N° 05: Concretos de alto comportamiento.

TIPO DE CONCRETO	APLICACIÓN
Alta resistencia	En cimentaciones especiales, edificios de concreto de gran altura y puentes.
Alto módulo de elasticidad	En cimentaciones especiales, edificios de concreto de gran altura y puentes.
Resistencia a la abrasión	Pavimentos de concreto y pisos industriales con tránsito pesado de maquinaria o vehículos y en obras hidráulicas.
Mayor durabilidad y vida útil prolongada.	En obras públicas como: presas, aeropuertos, puertos, puentes, carreteras y túneles.
Baja permeabilidad	Concreto que protege al acero de refuerzo de la corrosión como en obras marítimas, plantas de tratamiento y plantas industriales.
Resistencia al ataque químico	Su aplicación puede ser en hospitales, plantas agrícolas o industrias donde se trabaje con sustancias ácidas.
Alta resistencia a la congelación y deshielo	Estructuras de concreto sujetas a clima extremo de bajas temperaturas
Tenacidad y resistencia al impacto	Plantas industriales y talleres mecánicos, donde se requiere de una alta resistencia y dureza superficial del concreto

Fuente: *Concretos especiales en la construcción.*

2.2.6.1. Concreto de alta resistencia

(“Concretos Especiales en la Construcción”; Rocha L. 2009: pág. 19)

Cuando se habla de concreto de alta resistencia, es necesario indicar el rango de valores para los que el término debe aplicarse, pero antes de intentar acotar las resistencias para las cuales puede usarse esta acepción, puede ser útil describir cómo se han venido incrementando en las últimas décadas los valores de la resistencia a la compresión. En los años cincuenta, un concreto con resistencia a los esfuerzos de compresión de 350 kg/cm^2 (34.3 MPa) era considerado de alta resistencia; hoy día, este valor es considerado normal. En la siguiente década, valores de los esfuerzos de compresión de 400 kg/cm^2 a 500 kg/cm^2 (39.2 MPa a 49.1 MPa) eran usados comercialmente en algunos sitios (principalmente en países del primer mundo), y para los ochenta ya se producían concretos con valores que llegaban casi al doble.

El desarrollo del incremento de la resistencia del concreto ha sido gradual, y seguramente las investigaciones que se efectúen encontrarán concretos con resistencias superiores. Hoy día se habla ya de concretos de muy alta resistencia, cuya clasificación se propone en cuatro clases diferentes, basándose en las resistencias promedio y en la facilidad con las que éstas se pueden alcanzar.

Tabla N° 06: Concretos de muy alto resistencia.

Clase	Resistencia a la compresión	
	Kg/cm^2	Mpa
I	750	75
II	1,000	100
III	1,250	125
IV	Más de 1,500	Más de 150

Fuente: Concretos Especiales en la Construcción.

Investigaciones sobre la elaboración de concretos de alta resistencia indican que es necesario el empleo de características especiales en los

componentes del concreto y en los procedimientos de mezclado y de dosificación, se mencionan las más importantes:

- ✓ *Cemento*. Son recomendables los tipos I y II, con contenidos significativos de silicato tricálcico (mayores que los normales), módulo de finura alto y composición química uniforme.
- ✓ *Grava*. De alta resistencia mecánica, estructura geológica sana, bajo nivel de absorción, buena adherencia, de tamaño pequeño y densidad elevada.
- ✓ *Arena*. Bien graduada, con poco contenido de material fino plástico y módulo de finura controlado (cerca de 3.00).
- ✓ *Agua*. Requiere estar dentro de las normas establecidas.
- ✓ *Aditivos*. Es recomendable emplear alguno o una combinación de los aditivos químicos: superfluidizantes y retardantes; y, de los aditivos minerales, ceniza volante (fly ash), microsíllica (silica fume) o escoria de alto horno y nanosilice.
- ✓ *Mezcla*. Relaciones agua/cemento bajas (de 0.25 a 0.35), período de curado más largo y controlado, compactación del concreto por presión y confinamiento de la mezcla en dos direcciones.
- ✓ *Procedimientos de mezclado*. Adicionar selectivamente cada uno de los componentes del concreto, mezclar previamente el cemento y el agua con una revolvedora de alta velocidad y utilización de revibrado.

2.2.7. Dosificación de la mezcla de concreto método faury

2.2.7.1. Generalidades

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua, y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse. (Rivera L. pág. 170).

La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto tanto en estado fresco como endurecido. *(Rivva López, 1992, pág. 9)*

2.2.7.2. Diseño de mezcla

En la selección de las proporciones de una mezcla de concreto están involucradas dos etapas: *(Rivva López, 1992, pág. 12)*

- a. Estimación preliminar de las proporciones de la unidad cúbica de concreto más convenientes. Para ello se podrá emplear información previa provenientes de obras anteriores; tablas y gráficos; requisitos de las especificaciones de obra; Normas y Reglamentos; resultados de laboratorio de los ensayos realizados en los materiales a ser utilizados; y condiciones de utilización del concreto.
- b. Comprobación, por medio de ensayo de muestras elaboradas en el laboratorio y en obra, de las propiedades del concreto que se ha preparado con los materiales a ser utilizados en obra y las proporciones seleccionadas en el gabinete.

La selección de las proporciones de la mezcla deberá ser para valores en peso. *(Rivva López, 1992, pág. 14)*

A. Método Faury

(Giraldo O. "Guía Práctica Para el Diseño de Mezclas de Hormigón". 1987: pág. 152 - 176)

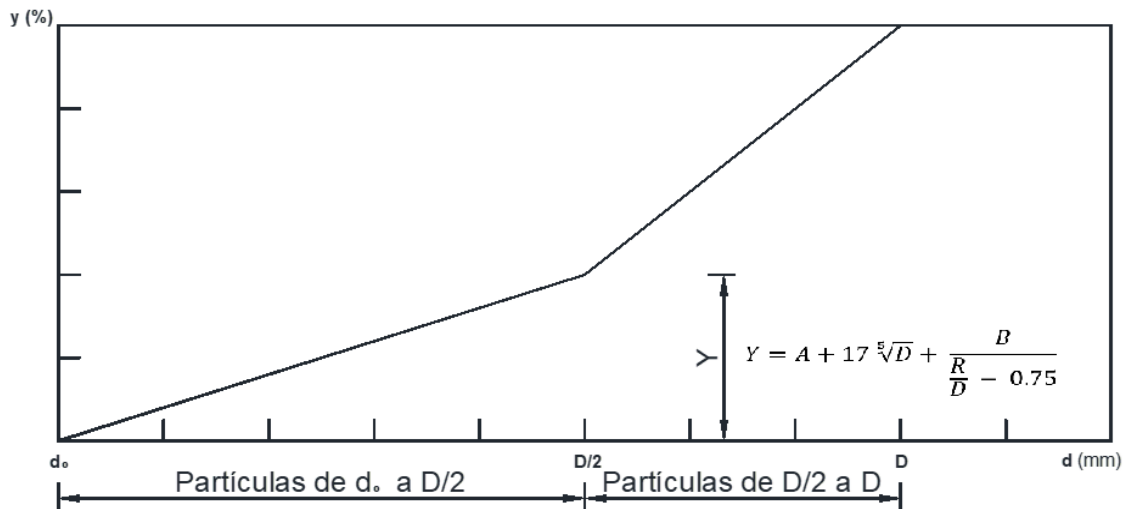
Fue Propuesto en el año 1942, como consecuencia de un estudio general del hormigón realizado por Caquot. Faury propone una

nueva ley granulométrica de tipo continuo que depende de la raíz quinta del tamaño del agregado ($\sqrt[5]{d}$). Su campo de aplicación más importante es en hormigones densamente armados y en estructuras prefabricadas.

La curva granulométrica ideal que conduce a la capacidad máxima del agregado (mínimo de huecos) es prácticamente un diagrama bilineal, distinguiéndose en el hormigón dos clases de agregados: los finos y medios cuyos tamaños son menores que la mitad del tamaño máximo de todos los agregados (menor que $D/2$), y los gruesos con tamaños mayores a $D/2$.

La forma de la curva es la siguiente:

Gráfico N° 10: Gráfica de la ecuación de Faury



Fuente: Guía Práctica Para el Diseño de Mezclas de Hormigón de “Orlando Giraldo Bolívar”

$$Y = A + 17 \sqrt[5]{D} + \frac{B}{\frac{R}{D} - 0.75} \quad \dots (01)$$

Ecuación N° 01: Porcentaje Absoluto de Agregados (M. Faury).

Y : % en volumen absoluto de agregados que pasan por las mallas de abertura d (incluyendo el cemento).

d : abertura de las mallas en mm. (Escala en proporción $\sqrt[5]{D}$).

- d_0 : tamaño mínimo de los agregados. Se toma como 0.0065 mm.
- D : tamaño máximo de los agregados.
- A : coeficiente que depende de la forma de los agregados y la consistencia del hormigón.
- B : coeficiente que depende de la compactación y vibración de los agregados y la consistencia del hormigón.
- R : Radio medio del encofrado en la zona más densamente armada (mm).

a) Tamaño máximo del agregado

Según Faury el tamaño máximo representa la menor abertura de tamiz por el cual pasa todo el agregado, se calcula así:

Sea:

d_1 : la abertura del primer tamiz de mayor a menor en donde se retiene agregado.

d_2 : el tamiz inmediatamente inferior.

Como los tamices van en progresión geométrica de razón 2:

$$d_2 = \frac{d_1}{2} \quad \dots (02)$$

Ecuación N° 02: Menor abertura del tamiz (M. Faury).

Si:

D : tamaño máximo del agregado, mayor que d_1 .

x : peso de agregados retenidos en d_1 .

y : peso de agregados retenidos en d_2 y que pasan d_1 .

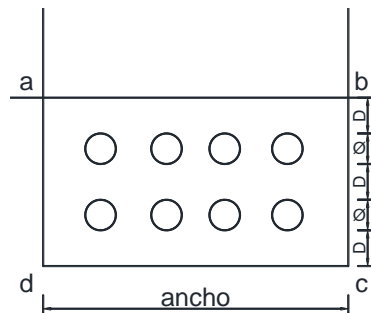
$$D = d_1 + (d_1 + d_2) \frac{x}{y} \quad \dots (03)$$

Ecuación N° 03: Tamaño máximo del agregado según Faury.

b) Radio medio del encofrado

Este define como la relación del volumen del molde a su superficie. Pero el volumen que se considera no es el de todo el molde, sino el de la zona más densamente armada. Por ejemplo, consideremos la viga representada en la figura siguiente:

Figura N° 03: Gráfica para calcular el radio medio del encofrado (R) según Faury.



Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón de “Orlando Giraldo Bolívar”

El volumen será el prisma limitado por un plano ab a una distancia D (Tamaño Máximo del Agregado) de las barras superiores del acero de refuerzo. Al volumen así considerado hay que restarles el volumen de las barras, con lo que se tendrá el volumen del molde V . La superficie del molde, en contacto con el hormigón es la suma de las caras bc , ed y da más la superficie de las barras.

El radio medio del encofrado se calcula como:

$$R = \frac{V}{S} = \frac{(ab)(bc) - V_{barras}}{(ad) + (dc) + (cb) + S_{barras}} \quad \dots (04)$$

Ecuación N° 04: Radio medio del encofrado según Faury.

c) Procedimiento del método

1. Determinamos el tamaño máximo del agregado.

2. Se calcula el radio medio del encofrado R y revisamos el efecto pared.
3. Se calcula la ordenada Y de la curva de referencia en $D/2$, así:

$$Y = A + 17 \sqrt[5]{D} + \frac{B}{\frac{R}{D} - 0.75} \quad \dots (05)$$

Ecuación N° 05: Porcentaje absoluto de agregados (M. Faury).

Donde A y B se escogen de las siguientes tablas:

Tabla N° 07: Valores de "B" (M. Faury).

Compactación del Hormigón	B
Vibración Normal	1.50
Vibración Potente	1.00

Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón de "Orlando Giraldo Bolívar"

Tabla N° 08: Valores de "A" (M. Faury).

Condiciones en la Colocación del Hormigón en Obra	Asentamiento (cm.)	Valores de A para Varios Tipos de Agregados		
		Aluvial	Mixtos	Triturados
Consistencia muy fluida, se colocará sin compactar.	> 15	≥ 32	≥ 34	≥ 38
Consistencia fluida, se colocará con baja compactar.	10 - 15	30 - 32	32 - 34	36 - 38
Consistencia blanda, compactación media.	5 - 10	28 - 30	30 - 32	34 - 36
Consistencia seca, alta compactación.	2 - 5	26 - 28	28 - 30	32 - 34
Consistencia muy seca, compactación muy potente.	0.5 - 2	24 - 26	26 - 28	30 - 32
Consistencia de tierra húmeda, compactación muy potente.	0	22 - 24	24 - 26	28 - 30
Compactación excepcionalmente potente.	-	≤ 22	≤ 24	≤ 28

Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón de "Orlando Giraldo Bolívar"

4. Determinación del Volumen de Huecos V_H

Ha demostrado experimentalmente el volumen de huecos (V_H), en el hormigón depende, de la consistencia de la mezcla, de la naturaleza de los agregados, de la potencia de compactación y del tamaño máximo del agregado. Se puede calcular V_H en una masa identificada como:

$$V_H = \frac{K}{\sqrt[5]{D}} \quad \dots (06)$$

Ecuación N° 06: Volumen de huecos sin efecto pared.

Y un molde teniendo en cuenta el efecto pared:

$$V_H = \frac{K}{\sqrt[5]{D}} + \frac{K'}{D^{-0.75}} \quad \dots (07)$$

Ecuación N° 7: Volumen de huecos con efecto pared.

En donde:

D : Tamaño máximo del agregado (mm).

K : Coeficiente que depende de la consistencia del hormigón, de la potencia de compactación y de la naturaleza de los agregados.

K' : Coeficiente que depende de la potencia de compactación y es igual a 0.003 para compactación normal e igual a 0.002 para alta compactación.

Tabla N° 09: Valores de "K" (M. Faury).

Valores de K para Varios Diferentes Agregados *			
Condiciones en la Colocación del Hormigón en Obra	Redondeados	Mixtos	Triturados
Consistencia muy fluida Sin compactación	≥ 0.370	≥ 0.405	≥ 0.450
Consistencia blanda Compactación Media	0.350 - 0.370	0.375 - 0.405	0.430 - 0.460
Consistencia seca Alta compactación	0.330 - 0.350	0.355 - 0.385	0.400 - 0.430
Consistencia de tierra húmeda Compactación muy potente	0.250 - 0.330	0.330 - 0.350	0.350 - 0.370
Consistencia extra seca Compactación excepcionalmente potente	≤ 0.250	≤ 0.330	≤ 0.350

* Para agregados de forma y granulometría aceptable se recomienda usar el valor mínimo del rango.

Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón de "Orlando Giraldo Bolívar"

5. Cálculo del contenido de Agua (ω):

Se obtiene multiplicando el volumen de huecos por mil teniendo el peso del agua por metro cubico de hormigón. Si el hormigón es con

aire incluido al volumen de huecos (V_H) se le restará el volumen de aire (V_a) para obtener la cantidad de agua.

Peso del agua con aire:

$$\omega_1 = 1000 * (V_H - V_a) \quad \dots (08)$$

Ecuación N° 08: Contenido de agua con aire (M. Faury).

Peso del agua sin aire:

$$\omega_2 = 1000 * V_H \quad \dots (09)$$

Ecuación N° 09: Contenido de agua sin aire (M. Faury).

6. Resistencia de diseño de la mezcla (f'_{cr}):

Se toma el método A.C.I. 211.1

7. Relación “ a/c ” en peso:

Se toma el método A.C.I. 211.1

8. Cantidad de Cemento (C):

Como ya se conoce el agua “ ω ” y la relación “ a/c ”:

$$C = \frac{\omega}{\frac{a}{c}} \quad \dots (10)$$

Ecuación N° 10: Cantidad de cemento.

Para conocer el porcentaje en volumen absoluto de cemento con respecto al volumen absoluto de los sólidos en el hormigón, utilizamos la siguiente expresión:

$$C = \frac{C}{\rho_c} * \frac{1}{1 - V_H} \quad \dots (11)$$

Ecuación N° 11: Porcentaje en volumen absoluto de cemento (M. Faury).

c : Porcentaje en volumen absoluto de cemento respecto el volumen total de materiales sólidos en el hormigón.

C : Peso del cemento por metro cubico de hormigón.

ρ_c : Peso específico del cemento.

V_H : Volumen de huecos.

9. Proporciones de los agregados:

Se puede calcular por uno de las siguientes formas:

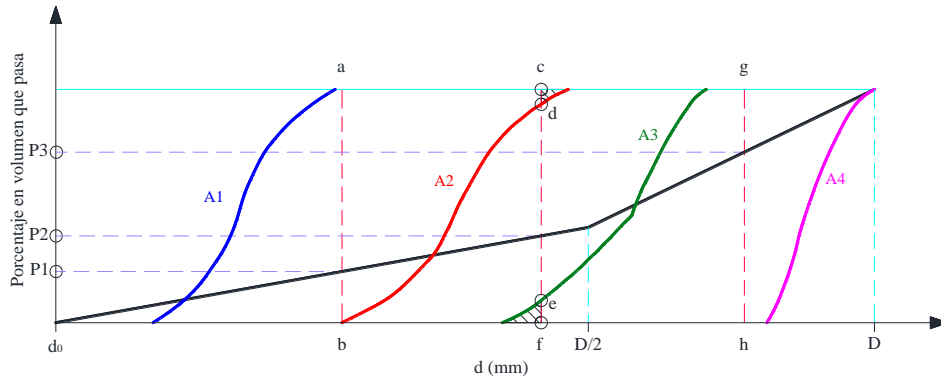
A. Tanteos:

Requiere un poco de práctica y experiencia en el majo de este método, resulta bastante cómodo y rápido obtener la mezcla que mejor se adapte a la curva de referencia. Una regla práctica sería comenzar un primer tanteo con igual porcentaje de agregados y luego se ira ajustando la mezcla para que se adapte mejor a la curva de referencia.

B. Gráficamente:

Es un procedimiento útil y preciso que basándose en las curvas granulométricas de los agregados y aplicando ciertas reglas prácticas permiten obtener los porcentajes de cada uno de los agregados a mezclar. Las proporciones de cada agregado se obtienen levantando verticales en las zonas de frontera de agregados consecutivos, y en los puntos donde estas verticales corten a la curva de referencia se lee en el eje de las ordenadas los porcentajes de cada material.

Gráfico N° 11: Dosificación gráfica de agregados por Faury.



Fuente: Guía Práctica para el diseño de mezclas de hormigón de “Orlando Giraldo Bolívar”

En caso de los agregados A_1 y A_2 no hay duda de la dimensión frontera de ambos; trazamos la vertical ab y leemos en el eje de las ordenadas un porcentaje P_1 .

Para los agregados A_2 y A_3 que se traslapan, la dimensión frontera es aquella donde cd es igual a ef . Trazando la línea ef leemos un porcentaje P_2 .

Finalmente, para los agregados A_3 y A_4 la dimensión frontera puede considerarse como la abertura de tamiz correspondiente a la media de las abscisas extremas de la frontera de los agregados, trazando la línea gh leemos un porcentaje P_3 .

En resumen, los porcentajes de cada uno de los agregados serían: $(P_1 - c)$ de A_1 , $(P_2 - P_1 - c)$ de A_2 , $(P_3 - P_2 - P_1 - c)$ de A_3 y $(100 - P_3 - P_2 - P_1 - c)$ de A_4 .

C. Índices ponderales:

Este es un procedimiento matemático, cuya forma operacional es muy similar al método de los módulos de finura.

Por definición el índice ponderal de una mezcla de agregados es igual a la suma de los productos obtenidos multiplicando la proporción en volumen absoluto de cada tamaño por el índice ponderal correspondiente. Para cada tamaño de agregados existe un índice ponderal como se muestra en la siguiente tabla:

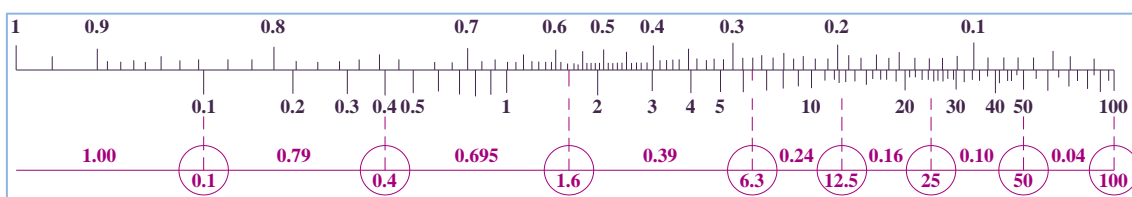
Tabla N° 10: Valores de “ I_p ” para agregados (M. Faury).

	Tamaño de Partícula (mm)	Índice Ponderal I_p
Lodos y Cemento	< 0.100	1.000
Arena Fina	0.100 - 0.400	0.790
Arena Media	0.400 - 1.600	0.695
Arena Gruesa	1.600 - 6.300	0.390
Grava Fina	6.300 - 12.500	0.240
Grava Media	12.500 - 25.000	0.160
Grava Gruesa	25.000 - 50.000	0.100
Piedras	50.000 - 100.000	0.040

Fuente: Guía Práctica Para el Diseño de Mezclas de Hormigón de “Orlando Giraldo Bolívar”

En muchos casos tenemos agregados cuyos límites de tamaño no están en la tabla anterior, por lo que se puede utilizar la siguiente figura:

Figura N° 04: Valores de “ I_p ” para agregados (M. Faury).



Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón de “Orlando Giraldo Bolívar”

En donde la escala inferior representa los tamaños en *mm.* de las partículas de agregado y la superior los valores de los índices ponderables. Para conocer el I_p de un agregado, bastara con determinar el punto medio en la escala inferior de los tamaños extremos del agregado; por ejemplo, el índice ponderal de un agregado de 10 *mm.* a 20 *mm.* (que no está en la tabla) es 0,185.

Veamos cómo se opera en un caso práctico; supongamos que tenemos dos arenas, una fina y otra gruesa para fabricar un hormigón.

Hallemos las proporciones de cada agregado:

$$a_1 + a_2 + g + c = 1 \quad \dots (12)$$

Ecuación N° 12: Proporción absoluta de agregados.

Donde:

a_1 : proporción de arena fina.

a_2 : proporción de arena gruesa.

g : proporción de grava.

c : proporción de cemento, dato conocido.

Las otras relaciones se determinarán las dos condiciones siguientes:

- a. Los pesos de las partículas menores de 1,6 mm. son las mismas. para el hormigón a fabricar y para el hormigón de referencia.
- b. El hormigón a fabricar y el hormigón de referencia tienen el mismo peso, o sea el mismo índice ponderal.

Sean f_1 , F_1 y M_1 las proporciones de lodo, arena fina y arena media respectivamente contenidas en el agregado 1; f_2 , F_2 y M_2 las proporciones de lodo, arena fina y arena media respectivamente contenidas en el agregado 2.

La proporción de granos menores de 0.1 mm. Será:

$$f_1 * a_1 + f_2 * a_2 + c \quad \dots (13)$$

Ecuación N° 13: Proporción de granos menores de 0.1 mm.

La proporción de granos entre 0.1 mm. y 0.4 mm. es:

$$F_1 * a_1 + F_2 * a_2 \quad \dots (14)$$

Ecuación N° 14: Proporción de granos entre 0.1 mm. y 0.4 mm.

La proporción de granos entre 0.4 mm. y 1.6 mm. es:

$$M_1 * a_1 + M_2 * a_2 \quad \dots (15)$$

Ecuación N° 15: Proporción de granos entre 0.4 mm. y 1.6 mm.

Por lo tanto, el índice ponderal de las partículas menores que 1.6 mm. será:

$$(f_1 * a_1 + f_2 * a_2 + c) * 1.0 + (F_1 * a_1 + F_2 * a_2) * 0.790 + (M_1 * a_1 + M_2 * a_2) * 0.695$$

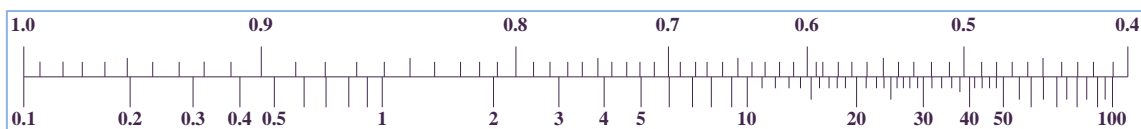
Reagrupando:

$$c + a_1 * (f_1 + 0.790 * F_1 + 0.695 * M_1) + a_2 * (f_2 + 0.790 * F_2 + 0.695 * M_2) \dots (16)$$

Ecuación N° 16: Índice ponderal de las partículas menores que 1.6 mm.

Hemos dicho en (a.) que esto tiene que ser igual al índice ponderal de las partículas menores de 1.6 mm. en el hormigón de referencia. Para determinar el I_p de las partículas menores de 1.6 mm. en el hormigón de referencia se puede proceder utilizando la siguiente figura:

Figura N° 05: Valores de " I_0 " para el hormigón de referencia (M. Faury).



Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón de "Orlando Giraldo Bolívar"

El tamaño máximo del conjunto de partículas se busca en la escala inferior y en la superior se lee directamente el índice ponderal del conjunto (I_0). Ahora sobre la curva de referencia se lee el valor de la ordenada para un tamaño de 1.6 mm. (x); el índice ponderal buscado será:

$$I_P = \frac{x}{100} * \frac{I_0}{1.6} \quad \dots (17)$$

Ecuación N° 17: Índice ponderal buscado.

Igualando las ecuaciones (16) y (17) hallamos la segunda ecuación.

Finalmente, la tercera ecuación se obtiene calculando el I_p de cada agregado y el índice del conjunto será:

$$I_{PC} = c * I_{PC^o} + a_1 * I_{Pa_1} + a_2 * I_{Pa_2} + g * I_{Pg} = I_{PR} \dots (18)$$

Ecuación N° 18: Índice del conjunto.

I_{PC^o} : índice ponderal del cemento que es igual a 1.

I_{PC} : índice ponderal del conjunto.

I_{PR} : índice ponderal del hormigón de referencia.

Este índice será igual al del hormigón de referencia. Este está compuesto de partículas entre 0 y $D/2$ en proporción $Y/100$ y de partículas $(D/2 - D)$ en proporción $(1 - Y/100)$.

Para las partículas de $(0 - D/2)$ el I_p se lee de la figura 14 y el $(D/2 - D)$ en figura 13.

Igualando estos índices y resolviendo el sistema hallamos a_1 , a_2 y g .

10. Proporciones del Hormigón:

Conocidos los % en volumen absoluto de los materiales que componen el hormigón. hallaremos los pesos de cada uno multiplicando el % por:

$$1000 * (1 - V_H) * \text{Peso Específico Aparente Saturado} \dots (19)$$

Ecuación N° 19: Proporción de hormigón.

11. Correcciones por Humedad, Asentamiento y Resistencia:

Se toma el método A.C.I. 211.1

2.3. Definición de términos básicos

1. Aire atrapado o aire ocluido. - Vacío de aire no intencional, con forma irregular, en el concreto fresco o endurecido, con tamaño igual o superior a 1 mm. (*Portland Cement Association, 2004, pág. 397*)
2. Amasada. - Cantidad de mortero u hormigón preparado de una sola vez. (*Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. ii*)
3. Absorción. - Es el proceso por el cual el hormigón ejerce atracción sobre los fluidos con los que está en contacto, de modo que las moléculas de estos penetren en él, llenando sus poros y capilares permeables. (*Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 132*)
4. Adsorción. - Es la retención, adhesión o concentración en la superficie de un sólido, de sustancias disueltas o dispersas de un fluido. Por lo general, cuando un sólido (hormigón) se halla en contacto con una disolución, la sustancia disuelta tiende a concentrarse en la superficie de contacto. Lo mismo ocurre con los gases que llevan alguna sustancia en suspensión. (*Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 132*)
5. Conglomerante. - Material capaz de unir partículas de materiales inertes y dar cohesión al conjunto, por efecto de transformaciones físico-químicas en su masa. (*Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. ii*)
6. Concreto masivo. - Concreto colado en la obra en volúmenes suficientemente grandes para requerir medidas que compensen los cambios de volumen causados por el aumento de la temperatura debido al calor de hidratación, a fin de que el agrietamiento sea el mínimo. (*Portland Cement Association, 2004, pág. 399*)
7. Concreto de alta resistencia. - Concreto con una resistencia de diseño de, por lo menos, 70 MPa (10000 lb/pulg²). (*Portland Cement Association, 2004, pág. 399*)
8. Curado. - Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o

endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto). [NTP 339.047-2006]

9. Curva granulométrica. - Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
10. Dosificación. - Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. [NTP 339.047-2006]
11. Exudación. - Es el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado. (Abanto Castillo, pág. 109)
12. Falso fraguado. - Fenómeno que se produce durante y después del mezclado y que se caracteriza con un espesamiento de la pasta o mortero sin desprendimiento apreciable de calor. Un mezclado prolongado restituye al material su plasticidad. (Rivva López, 2000, pág. 125)
13. Fraguado. - Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química del agua de amasado con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que compone el cemento. (García Torres, pag.111)
14. Plasticidad. - Aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo. [NTP 339.047-2006]

- 15.** Refrentado. - Material que se adiciona en el proceso de preparación de especímenes destinadas al ensayo de compresión, para asegurar que sus bases sean lisas, planas y normales al eje principal, con el fin de obtener la mejor coincidencia posible con las piezas de apoyo y carga de la prensa de ensayo y una distribución uniforme de tensiones durante la aplicación de la carga. *(Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. iv)*
- 16.** Segregación. - Propiedad del concreto fresco, implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. *(Aybar de la Torre, pág.110)*
- 17.** Trabajabilidad. - Facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. *(Abanto Castillo, pág. 114)*
- 18.** Vacíos. - En la unidad de volumen del agregado, espacio entre partículas en una masa de agregado no ocupado por la materia sólida del mineral.
[NTP 400.017-2011]

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación geográfica o espacial de la investigación

Esta investigación fue realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), la cual se encuentra ubicada en la Av. Atahualpa N° 1050, en la ciudad de Cajamarca, Norte del Perú. Con coordenadas UTM: 9 206 975 Norte y 776 618 Este y una altitud de 2687 msnm.

Figura N° 06: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.



Fuente: Google earth (2018)

3.2. Ubicación temporal de la investigación

El estudio se desarrolló en un lapso comprendido entre los meses de noviembre del 2017 y marzo del 2018.

3.3. Recursos, equipos y herramientas utilizados en la investigación

1. Recursos humanos:

- ✓ Tesista: Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén.
- ✓ Otros colaboradores.

2. Recursos materiales:

- ✓ Agregados finos (arena) y gruesos (grava) de río, para concreto.
- ✓ Cemento Portland Tipo I – Pacasmayo.
- ✓ Agua de la Universidad Nacional de Cajamarca – UNC.
- ✓ Adición de Nanosílice GAIA de Industrias Ulmen S.A.
- ✓ Aditivo Supeplastificante SP 4 de Industrias Ulmen S.A.
- ✓ Gas para cocina.
- ✓ Aceite, como antiadherente, para ayudar el desencofrado de los cilindros.
- ✓ Plumones indelebles para el marcado de especímenes.
- ✓ Cal para agua de curado.

3. Maquinaria utilizada:

- ✓ Máquina de Abrasión de Los Ángeles.
- ✓ Máquina Universal para Compresión.

4. Equipo utilizado:

- ✓ Mezcladora para concreto (tipo trompo) eléctrico, carretillas o buggies.
- ✓ Balanza eléctrica, tamices, horno eléctrico, cepillo, brocha, taras (depósitos de diferentes tamaños de aluminio y plástico), charolas.
- ✓ Tanque contenedor de agua para ensayo de peso específico del agregado grueso (peso sumergido).

- ✓ Moldes cilíndricos metálicos y plásticos, varilla de acero, placa de vidrio, espátula, cucharón, badilejo, combo o mazo de goma, cono de Abrams.
- ✓ Computadora, cámara fotográfica.
- ✓ Deformímetro (micrómetro), termómetro.
- ✓ Cono y pisón para arena, fiola de 500 ml, espécimen graduada, canastillas o cestas de alambre.
- ✓ Guantes, franelas, plásticos, sacos (costales), bolsas, baldes, latas.
- ✓ Cocina a gas para secado de muestras.
- ✓ Extensión de energía eléctrica.
- ✓ Tanque de curado para especímenes de concreto.
- ✓ Cronómetro o reloj.

5. Herramientas utilizadas:

- ✓ Palana (pala), pico, martillo, combo, cincel, wincha, regla, alicate, llana metálica, badilejo.

3.4. Metodología seguida en el desarrollo del trabajo de investigación

En primer lugar, mostraremos la Matriz de Consistencia de la presente investigación, con el fin de observar la coherencia y conexión lógica entre el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo, método, diseño de investigación la población y la muestra de estudio. Luego se determinarán y desarrollará cada uno de los parámetros.

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES E INDICADORES	MARCO TEÓRICO	METODOLOGIA
¿Cuál es la variación de la resistencia de un concreto diseñado con utilizando adición de nanosílice y aditivo superplastificante reductor de agua?	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar en cuanto varia la resistencia de un concreto diseñado con $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando adición de nanosílice y aditivo superplastificante reductor de agua.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La resistencia mecánica a la compresión del concreto diseñado con $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ varía el 30% utilizando la adición mineral nanosílice al 0.80% y superplastificante al 0.80% en peso del cemento.</p>	<p>Variable Independiente (X)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Agregados petreos. ✓ Cemento. ✓ Adición de nanosílice. ✓ Aditivo Superplastificante. <p>Variable Dependiente (Y)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Relación agua/cemento. ✓ Trabajabilidad. ✓ Resistencia del concreto. 	<p>1. Antecedentes Teóricos</p> <p>2. Bases Teóricas</p> <p>A. Agregados</p> <p>B. Cemento</p> <p>C. Agua</p> <p>D. Aditivo</p> <p>E. Adición</p> <p>F. Concreto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Investigación. Experimental ✓ • Nivel de Investigación. Descriptiva. Exploratoria. ✓ ✓ • Método. Empírico. Estadístico. ✓ ✓ • Técnicas de recolección de información. Obtención de datos. Procesamiento. ✓ ✓ • Instrumentos. Maquina Universal Calculadora, Software. ✓ ✓ • Fuentes Bibliografías. Normas. ✓ ✓

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.4.1. Parámetros fijos

3.4.1.1. Condiciones de laboratorio

Las pruebas a los componentes del concreto, elaboración de las mezclas y las pruebas al concreto en estado fresco y endurecido; efectuadas por el realizador de esta investigación, a excepción de aquellas en que se requiera la colaboración de personal especializado en la utilización de algún tipo de equipo o máquina para la obtención de datos.

3.4.1.2. Agregados para el concreto

El agregado fino y grueso son extraídos del río Jequetepeque, en la carretera Cajamarca – cruce a Ciudad de Dios Km 93+200 en el lado derecho, para ser procesados en la Planta de Chancado “Margarita”, ubicada en Chilete – con coordenadas UTM: 9200605 Norte y 739250 Este y una altitud de 877 msnm.

Figura N° 07: Ubicación geográfica de la planta de chancado “Margarita” – cantera del Río Jequetepeque.



Fuente: Google earth (2018)

3.4.1.3. Cemento

El cemento que se utiliza para la elaboración de todas las mezclas de concreto es de origen local, cemento Portland Tipo I de la Empresa Pacasmayo, elaborado con base en la norma NTP 334.009 / ASTM C150.

3.4.1.4. Agua

Para esta investigación se utiliza el agua extraída en el Campus de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.4.1.5. Adición de nanosílice

La adición que se utilizará en las mezclas de concreto es GAIA Nanosílice, es el primer adiconante en base a nanosílice generado durante el 2004 por la sinergia Scitech Cognoscible / Ulmen; donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento. Elimina el total de la sílice en polvo en cualquiera de sus alternativas, y también los superplastificantes, reduciendo al mínimo los reductores plastificantes.

3.4.1.6. Aditivo super plastificante

El aditivo que se utilizará en las mezclas de concreto es SP-4 es un superplastificante, que facilita el transporte y vaciado del concreto, prolongando su trabajabilidad. Reduce la relación a/c , ayudando a mejorar las resistencias a todas las edades.

3.4.1.7. Método de proporcionamiento de las mezclas

Las proporciones de los componentes de la mezcla de concreto de peso normal se obtendrán mediante la utilización del Método Faury. Haciendo uso de las tablas presentadas por el ACI, para los componentes.

3.4.1.8. Resistencias a la compresión en estudio

La resistencia a la compresión del concreto en estudio está fijada en 500 kg/cm^2 ; la que servirá como comparación y base para el proporcionamiento de las mezclas de concreto.

3.4.1.9. Revenimiento

Este parámetro se fijará en el rango de 3 a 4 pulgadas, esto considerando una consistencia plástica para una mezcla trabajable.

3.4.1.10. Dosificación

La dosificación se realizará de acuerdo al rango especificado en la Hoja o Ficha Técnica de dicha adición y/o aditivo.

Antes de utilizar cualquier dosificación, es necesario que se elaboren mezclas de prueba sin aditivo, con el fin de determinar la cantidad de agua adicional a la establecida por el diseño, que ha de ser agregada al concreto para conseguir la trabajabilidad deseada, y establecer así una nueva cantidad de agua de mezclado sobre la que será aplicado el porcentaje de reducción de agua que genera una tasa de dosificación específica de la adición y/o aditivo. Para establecer el porcentaje o dosis adecuada para la adición y/o aditivo utilizado, se aplicarán diferentes dosis a cada mezcla para poder obtener por prueba y error, la dosis óptima que genere la consistencia, trabajabilidad y resistencia deseada en el concreto.

3.4.2. Parámetros variables

3.4.2.1. Independientes

- ✓ Cemento.
- ✓ Adición de nanosílice.
- ✓ Aditivo superplastificante.
- ✓ Características de los agregados pétreos.
- ✓ Temperatura del agua de curado.
- ✓ Temperatura y humedad relativa del ambiente.
- ✓ Viento y lluvia.

3.4.2.2. Dependientes

- ✓ Relación agua/cemento.

- ✓ Trabajabilidad del concreto.
- ✓ Temperatura del concreto fresco.
- ✓ Resistencia del concreto a compresión.

3.4.3. Unidades de estudio

Tabla N° 12: Unidades de estudio.

CONCRETO f'c = 500 Kg/cm ²	NUMERO DE ESPESÍMENES (Días)			TOTAL
	07	14	28	
Concreto Patron (C.P.)	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
Con Nanosílice 1.0 %	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
Super Plastificante 1.0 %	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
Con Nanosílice 1.5 %	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
Super Plastificante 1.5 %	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
Nanosílice y Super Plastificante 0.6 %	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
Nanosílice y Super Plastificante 0.8 %	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
Nanosílice y Super Plastificante 1.2 %	6	6	6	18
Modulo de Elasticidad	3	3	3	9
TOTAL =				216

Fuente: Elaboración propia (2018).

Realizar pruebas a compresión de especímenes cilíndricos de concreto en una mezcladora tipo trompo con una capacidad adecuada; de los cuales algunos serán realizados sin aditivo “concreto patrón (C.P.)” y el resto será con una proporción en peso del cemento con la adición de nanosílice y con

aditivo plastificante; con los que se llegará a superar una compresión de 500 Kg/cm² (concreto de alta resistencia).

3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados

Para esta etapa de la investigación, el tratamiento y análisis de los datos se realizó haciendo uso tanto de la estadística descriptiva, calculando una serie de medidas de tendencia central, para ver en qué medida los datos se agrupan o dispersan en torno a un valor central; así como de la estadística inferencial, ya que comprende los métodos y procedimientos que por medio de la inducción determina propiedades de una población estadística, a partir de una pequeña parte de la misma (muestra).

La presentación de resultados se hará haciendo uso de Tablas, Gráficos y Porcentajes; en los cuales se sacarán comentarios en función del objetivos e hipótesis planteado.

Para la ejecución del proceso presentado anteriormente, se realizará haciendo provecho de un software o programa computacional adecuado; los cuales son Microsoft Office Excel 2013, programa estadístico R 3.5.1 para Windows y/o STATGRAPHICS Centurion XVI.II en su versión: v16.2.04. Para este para este proceso se hace uso del programa Microsoft Office Excel 2013 por no requerir realizar una programación para cálculos que complicados.

3.5.1. Propiedades físicas de los agregados para concreto

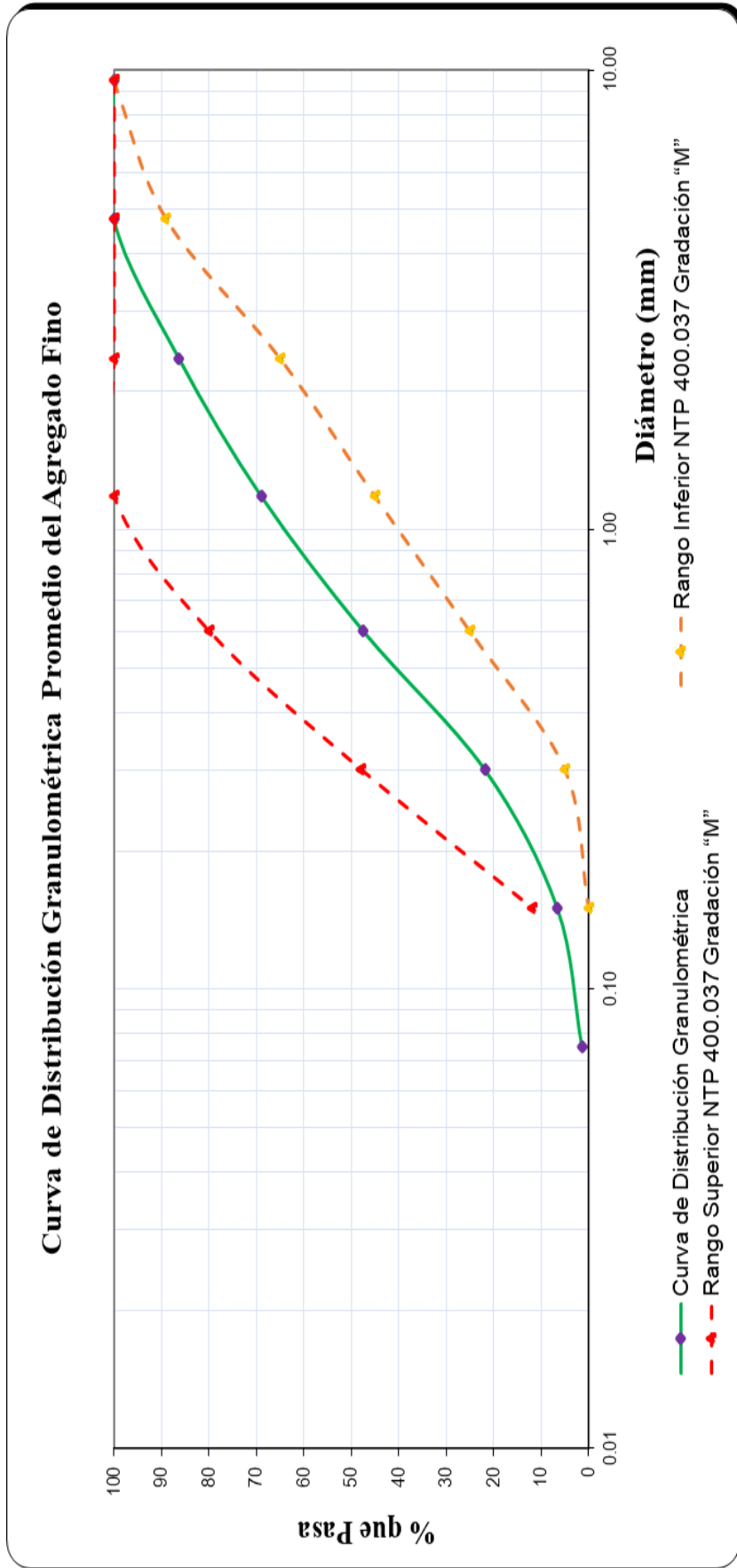
3.5.1.1. Agregado fino para concreto

Tabla N° 13: Propiedades físicas promedio del agregado fino.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO							
Muestra	:	Agregado Fino Para Concreto			Fecha	:	21/11/2017
Procedencia:	Cantera "Margarita"			Elaborado por:	Henry C. Guillén		
GRANULOMETRÍA				CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
Malla	P. R. (gr)	% R. P.	% R. A.	% Q. P.			
3"		0	0	100.00	Forma	Sub Angular	
2 1/2"		0	0	100.00	Textura	Áspera	
2"		0	0	100.00	Tamaño Máx. (pulg)	-	
1 1/2"		0	0	100.00	Tamaño Máx. Nom. (pulg)	-	
1"		0	0	100.00	Módulo de Finura	2.733	
3/4"		0	0	100.00	Peso Unitario Suelto (g/cm³)	1.766	
1/2"		0	0	100.00	Peso Unitario Compactado (g/cm³)	1.899	
3/8"	0	0	0	100.00	Peso Específico de Masa (g/m³)	2.650	
N° 4	0	0	0	100.00	P. E. M. S. S. Seco (g/m³)	2.702	
N° 8	136.272	13.704	13.704	86.30	P. E. de Aparente (g/m³)	2.795	
N° 16	172.898	17.388	31.092	68.91	Absorción (%)	1.954	
N° 30	213.614	21.482	52.574	47.43	Contenido de Humedad (%)	1.281	
N° 50	254.137	25.558	78.132	21.87	Material < N° 200 "lavado" (%)	2.673	
N° 100	151.365	15.222	93.354	6.65	Abrasión (%)	-	
N° 200	51.814	5.211	98.565	1.44			
Cazoleta	14.266	1.435	100.000	0.00			
Total	994.366	100.000	Mód. Fin.	2.733			

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 12: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia (2018).

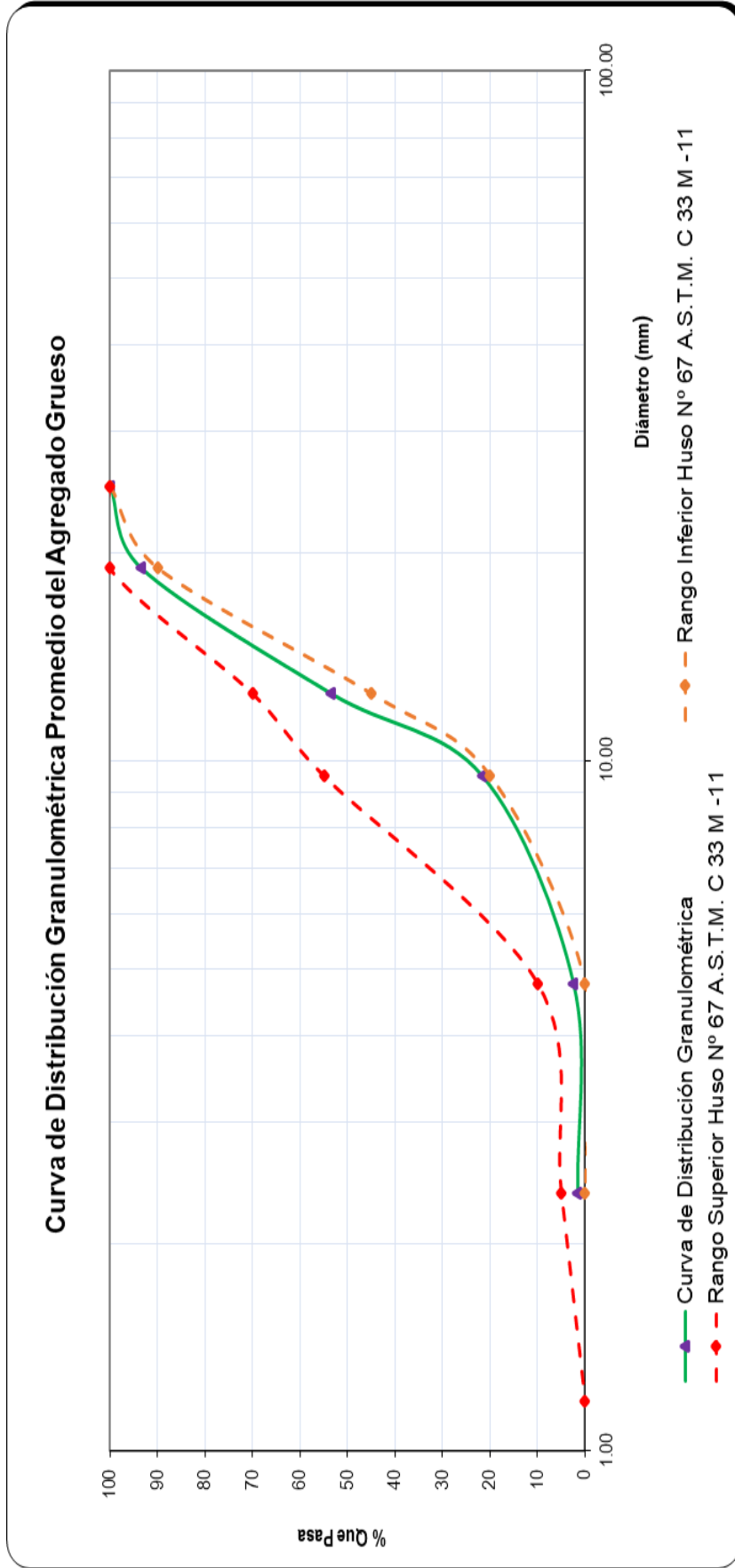
3.5.1.2. Agregado grueso para concreto

Tabla N° 14: Propiedades físicas promedio del agregado grueso..

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO							
Muestra	:	Agregado Grueso Para Concreto			Fecha	:	22/11/2017
Procedencia:	Cantera "Margarita"			Elaborado por:	Henry C. Guillén		
GRANULOMETRÍA				CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
Malla	P. R. (gr)	% R. P.	% R. A.	% Q. P.			
3"		0	0	100.00	Forma	Angular	
2 1/2"		0	0	100.00	Textura	Rugosa	
2"		0	0	100.00	Tamaño Máx. (pulg)	1	
1 1/2"		0	0	100.00	Tamaño Máx. Nom. (pulg)	3/4	
1"	0	0	0	100.00	Módulo de Finura	6.731	
3/4"	399.000	6.508	6.508	93.49	Peso Unitario Suelto (g/cm³)	1.418	
1/2"	2455.333	40.048	46.556	53.44	Peso Unitario Compactado (g/cm³)	1.556	
3/8"	1948.667	31.784	78.340	21.66	Peso Específico de Masa (g/m³)	2.615	
N° 4	1175.667	19.176	97.516	2.48	P. E. M. S. S. Seco (g/m³)	2.645	
N° 8	53.000	0.864	98.380	1.62	P. E. de Aparente (g/m³)	2.696	
N° 16	0	0	98.380	1.62	Absorción (%)	1.146	
N° 30	0	0	98.380	1.62	Contenido de Humedad (%)	0.812	
N° 50	0	0	98.380	1.62	Material Menor Tamiz N° 200 "lavado" (%)	0.406	
N° 100	0	0	98.380	1.62	Abrasión (%)	29.927	
N° 200	0	0	98.380	1.62			
Cazoleta	99.333	1.620	100.000	0.00			
Total	6131.000	100.000	Mód. Fin.	6.731			

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 13: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5.2. Propiedades del concreto en estado fresco

3.5.2.1. Temperatura

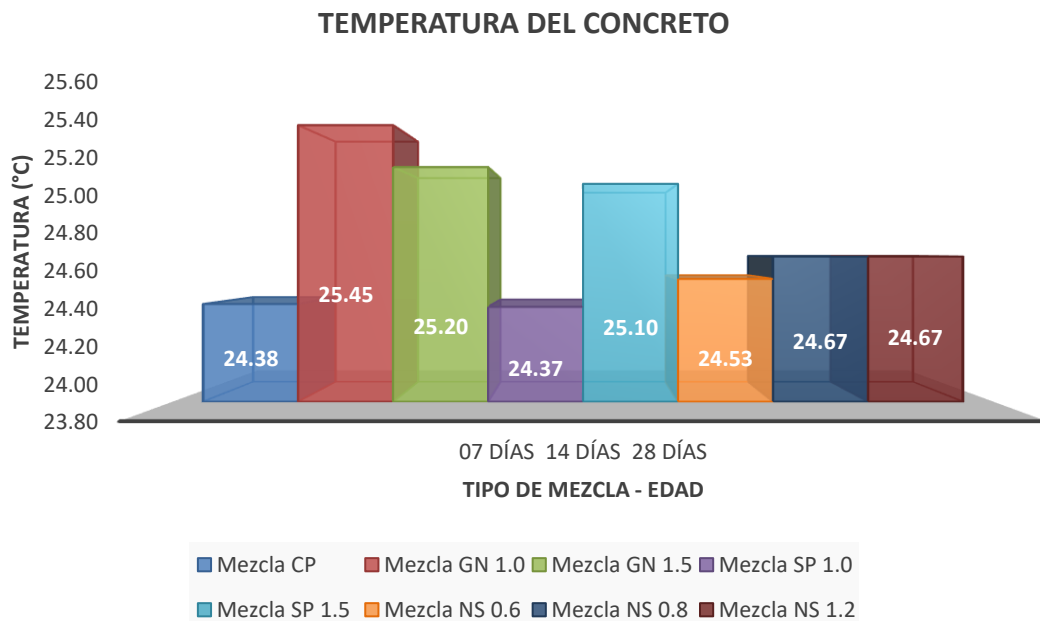
Se realizó la medida de la temperatura de las mezclas de concreto de acuerdo a la NTP 339.184. Los valores obtenidos al realizarse las mezclas de concreto, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 15: Temperatura (°C) promedio de las diferentes mezclas realizadas

CUADRO RESUMEN DE TEMPERATURAS (°C) DE LAS DIFERENTES MEZCLAS								
Días	CP	GN 1.0	GN 1.5	SP 1.0	SP 1.5	NS 0.6	NS 0.8	NS 1.2
07	24.38	25.45	25.20	24.37	25.10	24.53	24.67	24.67
14	24.38	25.45	25.20	24.37	25.10	24.53	24.67	24.67
28	24.38	25.45	25.20	24.37	25.10	24.53	24.67	24.67

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 14: Comparación del slump de la mezcla concreto patrón con cada una de las mezclas de concreto dosificadas.



Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5.2.2. Asentamiento o consistencia

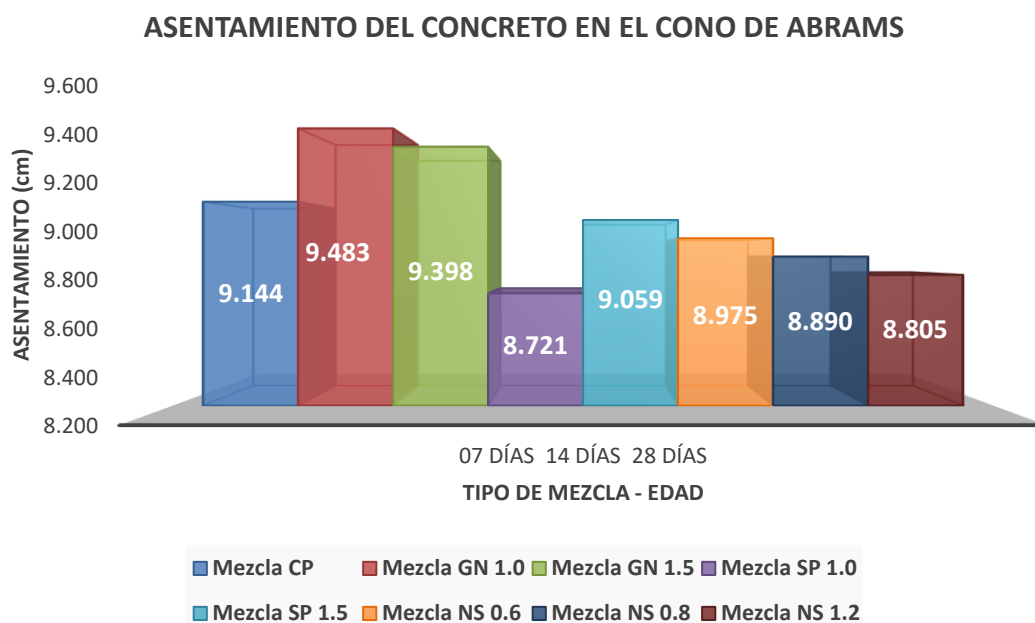
Se realizó la medida del asentamiento de las mezclas de concreto según NTP 339.035. Los valores obtenidos al realizarse las mezclas de concreto, se muestran a continuación.

Tabla N° 16: Slump (cm.) promedio de las diferentes mezclas realizadas.

CUADRO RESUMEN DE ASENTAMIENTO - SLUMP (cm.) DE LAS DIFERENTES MEZCLAS								
Días	CP	GN 1.0	GN 1.5	SP 1.0	SP 1.5	NS 0.6	NS 0.8	NS 1.2
07	9.144	9.483	9.398	8.721	9.059	8.975	8.890	8.805
14	9.144	9.483	9.398	8.721	9.059	8.975	8.890	8.805
28	9.144	9.483	9.398	8.721	9.059	8.975	8.890	8.805

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 15: Comparación del slump de la mezcla concreto patrón con cada una de las mezclas de concreto dosificadas.



Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5.2.3. Peso unitario

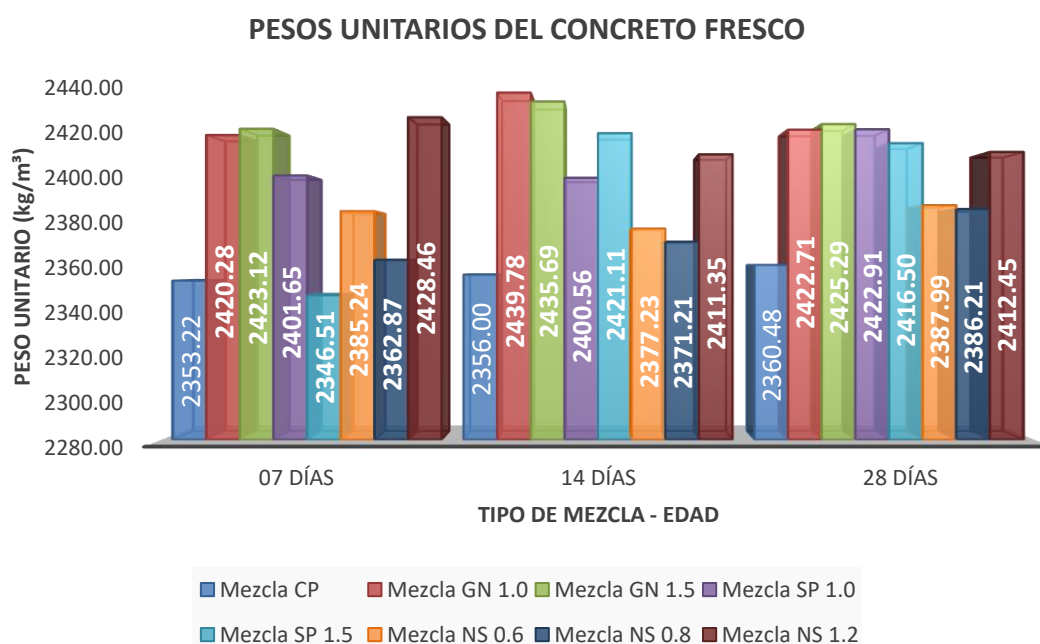
Se realizó el cálculo y la obtención del peso unitario de las mezclas de concreto según NTP 339.046. los valores del peso unitario se clasificaron como concretos de peso normal (1700-2500 kg/m³). Los resultados se muestran a continuación:

Tabla N° 17: Pesos unitarios (Kg/m³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado fresco.

CUADRO RESUMEN DE PESOS UNITARIOS (kg/m ³) DE LAS DIFERENTES MEZCLAS								
Días	CP	GN 1.0	GN 1.5	SP 1.0	SP 1.5	NS 0.6	NS 0.8	NS 1.2
07	2353.22	2420.28	2423.12	2401.65	2346.51	2385.24	2362.87	2428.46
14	2356.00	2439.78	2435.69	2400.56	2421.11	2377.23	2371.21	2411.35
28	2360.48	2422.71	2425.29	2422.91	2416.50	2387.99	2386.21	2412.45

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 16: Comparación de los pesos unitarios (Kg/m³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado fresco.



Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5.3. Propiedades del concreto en estado endurecido

3.5.3.1. Peso unitario

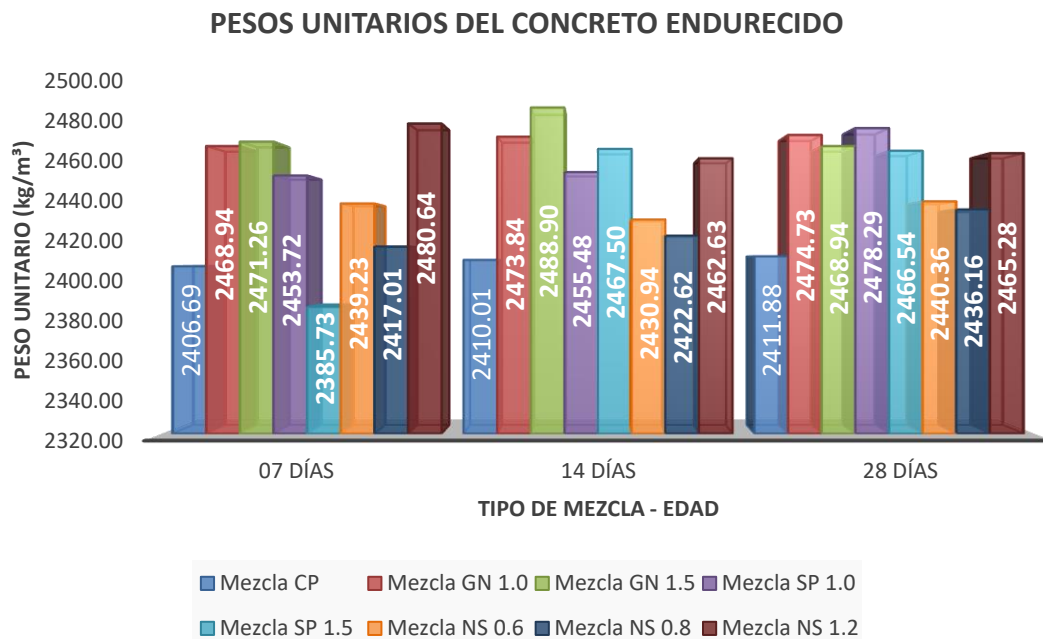
Se realizó el cálculo y la obtención del peso unitario de las mezclas de concreto según NTP 339.046.

Tabla N° 18: Pesos unitarios (Kg/m³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado endurecido.

CUADRO RESUMEN DE PESOS UNITARIOS (kg/m ³) DE LAS DIFERENTES MEZCLAS								
Días	CP	GN 1.0	GN 1.5	SP 1.0	SP 1.5	NS 0.6	NS 0.8	NS 1.2
07	2406.69	2468.94	2471.26	2453.72	2385.73	2439.23	2417.01	2480.64
14	2410.01	2473.84	2488.90	2455.48	2467.50	2430.94	2422.62	2462.63
28	2411.88	2474.73	2468.94	2478.29	2466.54	2440.36	2436.16	2465.28

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 17: Comparación de los pesos unitarios (Kg/m³) promedio de las diferentes mezclas realizadas en estado endurecido.



Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5.3.2. Resistencia a la compresión

Para realizar la prueba en especímenes de concreto de las diferentes muestras elaboradas, se procedió a seguir las especificaciones dadas en las normas NTP 339.034 - ASTM C39.

Tabla N° 19: Resistencia mecánica a la compresión del concreto patrón "CP" y del concreto con adición de nanosílice al 1.0% "NS1.0".

Espécimen	CP - 7 días	CP - 14 días	CP - 28 días	GN1.0 - 7 días	GN1.0 - 14 días	GN1.0 - 28 días
1	389.29	460.65	538.88	628.37	736.64	837.64
2	396.54	465.64	550.89	641.96	729.16	812.43
3	388.64	492.70	562.02	639.97	752.32	829.42
4	360.20	412.69	512.16	635.15	732.88	825.03
5	363.09	425.05	476.85	640.97	740.68	821.03
6	357.79	419.21	519.51	634.16	744.48	833.51
7	374.77	436.62	525.44	631.75	734.75	831.33
8	379.73	445.45	513.90	641.47	734.90	816.76
9	373.26	455.84	540.89	637.06	748.40	831.46

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 20: Resistencia mecánica a la compresión del concreto con adición de nanosílice al 1.5% “NS1.5” y del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% “SP1.0”.

Espécimen	GN1.5 - 7 días	GN1.5 - 14 días	GN1.5 - 28 días	SP1.0 - 7 días	SP1.0 - 14 días	SP1.0 - 28 días
1	613.73	628.88	726.25	601.69	664.31	742.11
2	629.03	671.77	730.28	588.66	647.22	753.84
3	633.07	674.46	731.49	591.41	681.44	760.75
4	621.38	650.37	728.28	595.16	655.79	747.96
5	631.05	673.12	730.89	590.03	664.38	757.30
6	623.39	651.76	728.89	596.53	672.88	751.42
7	617.56	639.63	727.27	598.42	660.06	745.03
8	630.04	672.44	730.58	589.35	655.81	755.57
9	628.23	663.13	730.19	593.96	677.16	756.08

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 21: Resistencia mecánica a la compresión del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% “SP1.0” y del concreto con adición de nanosílice más superplastificante SP-4 al 0.6% “NS0.6”.

Espécimen	SP1.5 - 7 días	SP1.5 - 14 días	SP1.5 - 28 días	NS0.6 - 7 días	NS0.6 - 14 días	NS0.6 - 28 días
1	511.94	580.33	661.45	544.29	571.16	622.49
2	507.10	598.59	663.05	535.45	564.48	573.06
3	508.82	597.92	672.32	555.51	586.59	646.08
4	509.54	589.50	662.25	539.87	567.82	597.85
5	507.96	598.26	667.69	545.48	575.53	609.47
6	510.41	589.11	666.91	549.91	578.86	634.22
7	510.75	584.92	661.85	542.08	569.49	610.19
8	507.53	598.43	665.38	540.47	570.00	591.24
9	509.62	593.51	669.62	552.71	582.72	640.14

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 22: Resistencia mecánica a la compresión del concreto con adición de nanosílice más superplastificante SP-4 al 0.8% “NS0.8” y con adición de nanosílice más superplastificante SP-4 al 01.2% “NS1.2”.

Espécimen	NS0.8 - 7 días	NS0.8 - 14 días	NS0.8 - 28 días	NS1.2 - 7 días	NS1.2 - 14 días	NS1.2 - 28 días
1	512.97	591.74	656.84	488.12	633.40	795.26
2	513.53	612.46	674.61	565.64	624.24	800.68
3	535.64	599.61	669.04	553.34	632.36	802.71
4	513.28	602.13	665.72	525.09	628.89	797.96
5	524.45	606.04	671.81	559.43	628.36	801.70
6	524.30	595.68	662.99	519.69	632.88	798.99
7	513.13	596.94	661.28	506.18	631.16	796.61
8	518.95	609.25	673.21	562.52	626.31	801.19
9	529.96	597.65	666.03	536.25	632.62	800.85

Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5.3.3. Parámetros estadísticos de los especímenes sometidos a compresión

Los resultados de los ensayos realizados están sujetos a variaciones, que indicarían la uniformidad de estos resultados y el cuidado en la realización de los ensayos. Se muestra varias tablas resumen de los parámetros estadísticos obtenidos por medio del programa de Microsoft Office Excel, los valores obtenidos de los ensayos y utilizados para determinar los parámetros estadísticos deben ajustarse a una distribución normal y a un proceso de descarte para las mezclas elaboradas; como la mezcla patrón, con adición de Nanosílice y/o aditivo Super Plastificante SP4 para incrementar la resistencia, ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla N° 23: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 1.0% en peso del cemento.

	CP 7 días	CP 14 días	CP 28 días	GN1.0 7 días	GN1.0 14 días	GN1.0 28 días
Media	375.923	445.983	526.724	636.761	739.357	826.512
Error típico	4.608	8.525	8.413	1.591	2.561	2.776
Mediana	374.769	445.451	525.436	637.064	736.635	829.422
Desviación estándar	13.825	25.574	25.240	4.773	7.683	8.328
Varianza de la muestra	191.119	654.020	637.044	22.781	59.024	69.360
Curtosis	-1.380	-0.245	0.853	-0.807	-0.797	-0.769
Coefficiente de asimetría	0.077	0.457	-0.669	-0.572	0.537	-0.532
Rango	38.744	80.007	85.176	13.599	23.162	25.216
Mínimo	357.791	412.689	476.848	628.365	729.158	812.425
Máximo	396.535	492.696	562.024	641.964	752.320	837.641
Suma	3383.308	4013.850	4740.520	5730.850	6654.209	7438.612
Cuenta	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Nivel de Confianza (95.0%)	10.627	19.658	19.401	3.669	5.905	6.402
Sesgo	0.077	0.457	-0.669	-0.572	0.537	-0.532
Chi Cuadrado	0.851	0.164	0.289	1.000	1.000	1.000
Shapiro - Wilk (W)	0.208	0.075	0.059	0.058	0.087	0.002

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 24: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 1.5% en peso del cemento.

	CP 7 días	CP 14 días	CP 28 días	GNI.5 7 días	GNI.5 14 días	GNI.5 28 días
Media	375.923	445.983	526.724	625.274	658.394	729.347
Error típico	4.608	8.525	8.413	2.208	5.534	0.593
Mediana	374.769	445.451	525.436	628.227	663.129	730.192
Desviación estándar	13.825	25.574	25.240	6.625	16.601	1.779
Varianza de la muestra	191.119	654.020	637.044	43.885	275.607	3.166
Curtosis	-1.380	-0.245	0.853	-0.797	-0.785	-0.772
Coefficiente de asimetría	0.077	0.457	-0.669	-0.670	-0.721	-0.661
Rango	38.744	80.007	85.176	19.337	45.576	5.239
Mínimo	357.791	412.689	476.848	613.730	628.879	726.251
Máximo	396.535	492.696	562.024	633.067	674.455	731.490
Suma	3383.308	4013.850	4740.520	5627.470	5925.546	6564.125
Cuenta	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Nivel de confianza (95.0%)	10.627	19.658	19.401	5.092	12.761	1.368
Sesgo	0.077	0.457	-0.669	-0.670	-0.721	-0.661
Chi Cuadrado	0.851	0.164	0.289	1.000	0.911	1.000
Shapiro - Wilk (W)	0.208	0.075	0.059	0.102	0.084	0.106

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 25: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con aditivo superplastificante SP4 al 1.0% en peso del cemento.

	CP 7 días	CP 14 días	CP 28 días	SPI.0 7 días	SPI.0 14 días	SPI.0 28 días
Media	375.923	445.983	526.724	593.911	664.340	752.230
Error típico	4.608	8.525	8.413	1.486	3.703	2.041
Mediana	374.769	445.451	525.436	593.962	664.312	753.841
Desviación estándar	13.825	25.574	25.240	4.459	11.108	6.123
Varianza de la muestra	191.119	654.020	637.044	19.880	123.385	37.486
Curtosis	-1.380	-0.245	0.853	-0.782	-0.792	-0.803
Coefficiente de asimetría	0.077	0.457	-0.669	0.487	0.163	-0.448
Rango	38.744	80.007	85.176	13.036	34.223	18.635
Mínimo	357.791	412.689	476.848	588.656	647.221	742.111
Máximo	396.535	492.696	562.024	601.692	681.444	760.746
Suma	3383.308	4013.850	4740.520	5345.196	5979.059	6770.066
Cuenta	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Nivel de confianza (95.0%)	10.627	19.658	19.401	3.427	8.538	4.706
Sesgo	0.077	0.457	-0.669	0.487	0.163	-0.448
Chi Cuadrado	0.851	0.164	0.289	1.000	0.993	1.000
Shapiro - Wilk (W)	0.208	0.075	0.059	0.050	0.061	0.120

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 26: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con aditivo superplastificante SP4 al 1.5% en peso del cemento.

	CP 7 días	CP 14 días	CP 28 días	SPI.5 7 días	SPI.5 14 días	SPI.5 28 días
Media	375.923	445.983	526.724	509.297	592.286	665.613
Error típico	4.608	8.525	8.413	0.533	2.241	1.271
Mediana	374.769	445.451	525.436	509.543	593.513	665.375
Desviación estándar	13.825	25.574	25.240	1.599	6.723	3.814
Varianza de la muestra	191.119	654.020	637.044	2.556	45.195	14.549
Curtosis	-1.380	-0.245	0.853	-0.839	-0.790	-0.812
Coefficiente de asimetría	0.077	0.457	-0.669	0.172	-0.680	0.570
Rango	38.744	80.007	85.176	4.839	18.261	10.868
Mínimo	357.791	412.689	476.848	507.102	580.329	661.450
Máximo	396.535	492.696	562.024	511.941	598.590	672.318
Suma	3383.308	4013.850	4740.520	4583.669	5330.577	5990.517
Cuenta	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Nivel de confianza (95.0%)	10.627	19.658	19.401	1.229	5.168	2.932
Sesgo	0.077	0.457	-0.669	0.172	-0.680	0.570
Chi Cuadrado	0.851	0.164	0.289	1.000	1.000	1.000
Shapiro - Wilk (W)	0.208	0.075	0.059	0.029	0.072	0.133

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 27: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosílice al 0.6% más aditivo superplastificante SP4 al 0.6% en peso del cemento.

	CP 7 días	CP 14 días	CP 28 días	NS0.6 7 días	NS0.6 14 días	NS0.6 28 días
Media	375.923	445.983	526.724	545.084	574.072	613.859
Error típico	4.608	8.525	8.413	2.177	2.454	8.065
Mediana	374.769	445.451	525.436	544.292	571.156	610.188
Desviación estándar	13.825	25.574	25.240	6.530	7.362	24.194
Varianza de la muestra	191.119	654.020	637.044	42.647	54.195	585.365
Curtosis	-1.380	-0.245	0.853	-0.800	-0.793	-0.796
Coefficiente de asimetría	0.077	0.457	-0.669	0.303	0.566	-0.262
Rango	38.744	80.007	85.176	20.057	22.106	73.015
Mínimo	357.791	412.689	476.848	535.448	564.482	573.061
Máximo	396.535	492.696	562.024	555.505	586.588	646.076
Suma	3383.308	4013.850	4740.520	4905.755	5166.644	5524.732
Cuenta	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Nivel de confianza (95.0%)	10.627	19.658	19.401	5.020	5.659	18.597
Sesgo	0.077	0.457	-0.669	0.303	0.566	-0.262
Chi Cuadrado	0.851	0.164	0.289	1.000	0.999	0.471
Shapiro - Wilk (W)	0.208	0.075	0.059	0.070	0.091	0.034

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 28: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosilice al 0.8% más aditivo superplastificante SP4 al 0.8% en peso del cemento.

	CP 7 días	CP 14 días	CP 28 días	NS0.8 7 días	NS0.8 14 días	NS0.8 28 días
Media	375.923	445.983	526.724	520.690	601.277	666.838
Error típico	4.608	8.525	8.413	2.795	2.264	1.965
Mediana	374.769	445.451	525.436	518.953	599.606	666.030
Desviación estándar	13.825	25.574	25.240	8.385	6.791	5.896
Varianza de la muestra	191.119	654.020	637.044	70.306	46.119	34.762
Curtosis	-1.380	-0.245	0.853	-0.770	-0.797	-0.784
Coefficiente de asimetría	0.077	0.457	-0.669	0.700	0.430	-0.288
Rango	38.744	80.007	85.176	22.665	20.716	17.767
Mínimo	357.791	412.689	476.848	512.973	591.744	656.843
Máximo	396.535	492.696	562.024	535.638	612.460	674.610
Suma	3383.308	4013.850	4740.520	4686.209	5411.490	6001.538
Cuenta	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Nivel de confianza (95.0%)	10.627	19.658	19.401	6.445	5.220	4.532
Sesgo	0.077	0.457	-0.669	0.700	0.430	-0.288
Chi Cuadrado	0.851	0.164	0.289	0.998	1.000	1.000
Shapiro - Wilk (W)	0.208	0.075	0.059	0.124	0.005	0.036

Fuente: Elaboración propia (2018).

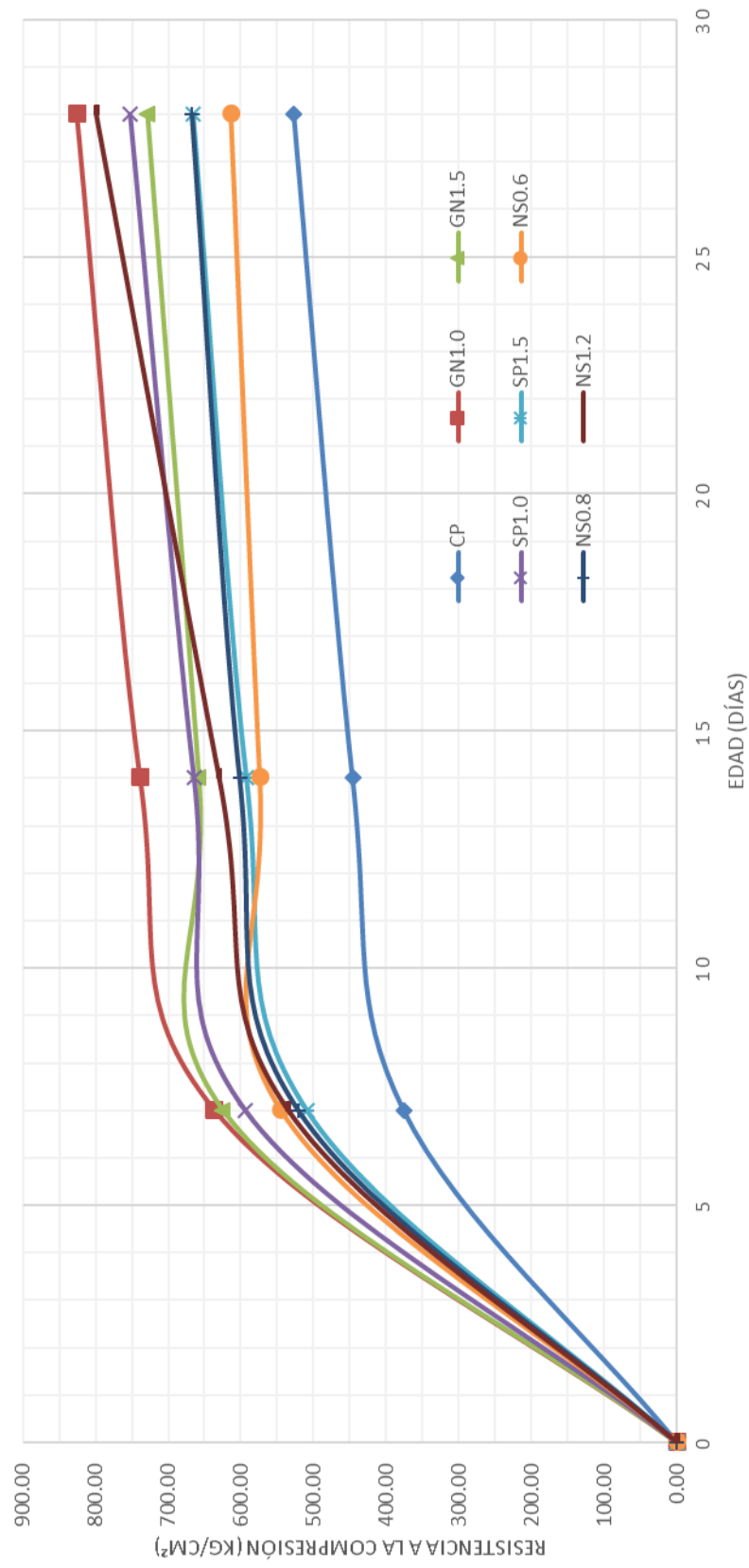
Tabla N° 29: Comparación de los parámetros estadísticos entre el concreto patrón y el concreto con adición de nanosilice al 1.2% más aditivo superplastificante SP4 al 1.2% en peso del cemento.

	CP 7 días	CP 14 días	CP 28 días	NS1.2 7 días	NS1.2 14 días	NS1.2 28 días
Media	375.923	445.983	526.724	535.138	630.022	799.550
Error típico	4.608	8.525	8.413	9.122	1.082	0.835
Mediana	374.769	445.451	525.436	536.247	631.158	800.678
Desviación estándar	13.825	25.574	25.240	27.367	3.246	2.504
Varianza de la muestra	191.119	654.020	637.044	748.962	10.535	6.269
Curtosis	-1.380	-0.245	0.853	-0.969	-0.732	-0.806
Coefficiente de asimetría	0.077	0.457	-0.669	-0.500	-0.739	-0.603
Rango	38.744	80.007	85.176	77.524	9.160	7.450
Mínimo	357.791	412.689	476.848	488.115	624.238	795.262
Máximo	396.535	492.696	562.024	565.639	633.398	802.712
Suma	3383.308	4013.850	4740.520	4816.244	5670.201	7195.953
Cuenta	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Nivel de confianza (95.0%)	10.627	19.658	19.401	21.036	2.495	1.925
Sesgo	0.077	0.457	-0.669	-0.500	-0.739	-0.603
Chi Cuadrado	0.851	0.164	0.289	0.191	1.000	1.000
Shapiro - Wilk (W)	0.208	0.075	0.059	0.051	0.001	0.110

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 18: Evolución de la resistencia a la compresión promedio del concreto con las diferentes dosificaciones de la adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4.

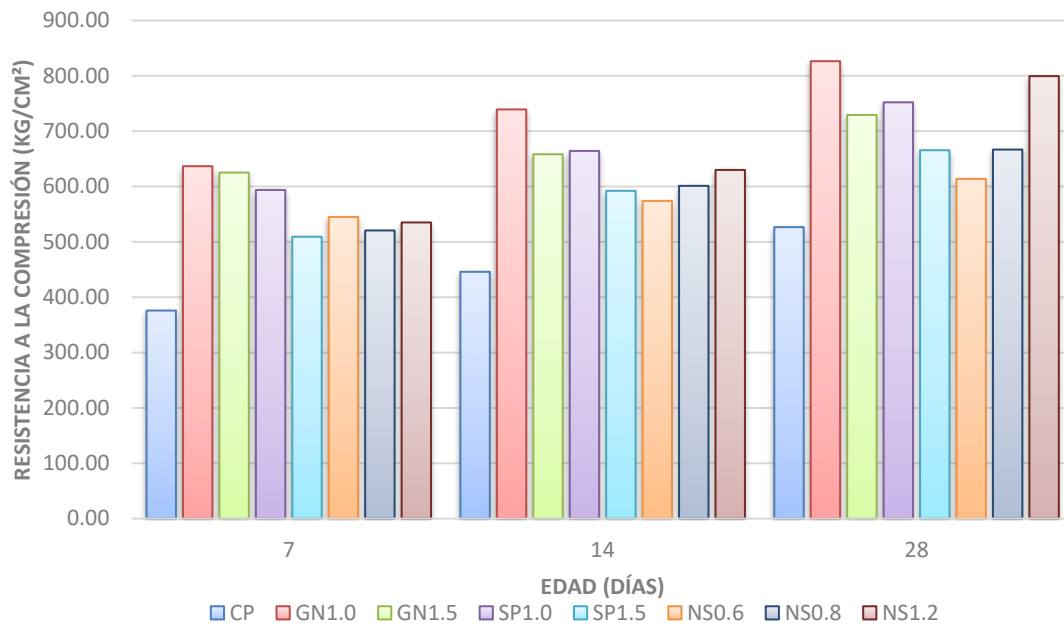
EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO



Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 19: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y/o aditivo superplastificante SP-4.

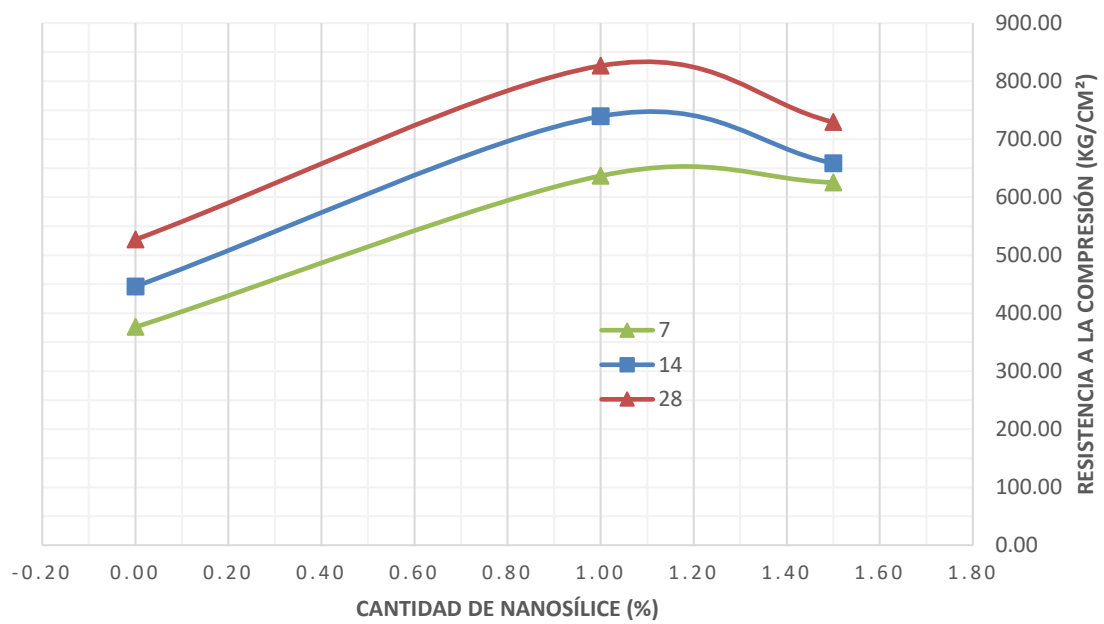
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRON VS ADICIONES DE NANOSÍLICE, SUPERPLASTIFICANTE Y COMBINACIONES



Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 20: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice por edades.

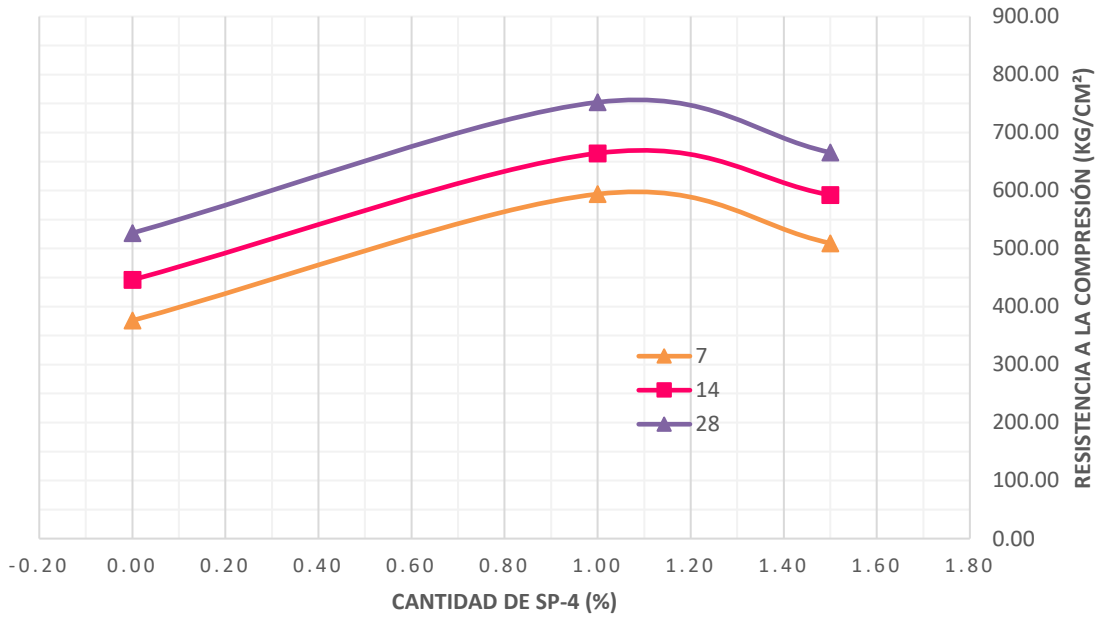
EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO VS NANOSÍLICE



Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 21: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones aditivo superplastificante SP-4 por edades.

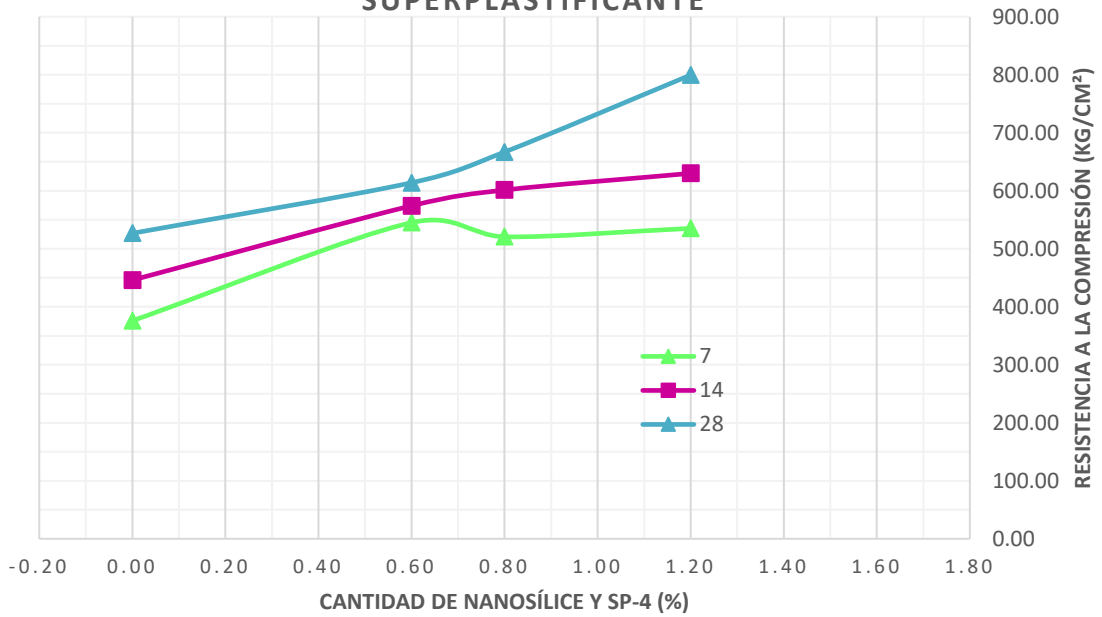
EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO VS SUPERPLASTIFICANTE



Fuente: Elaboración propia (2018).

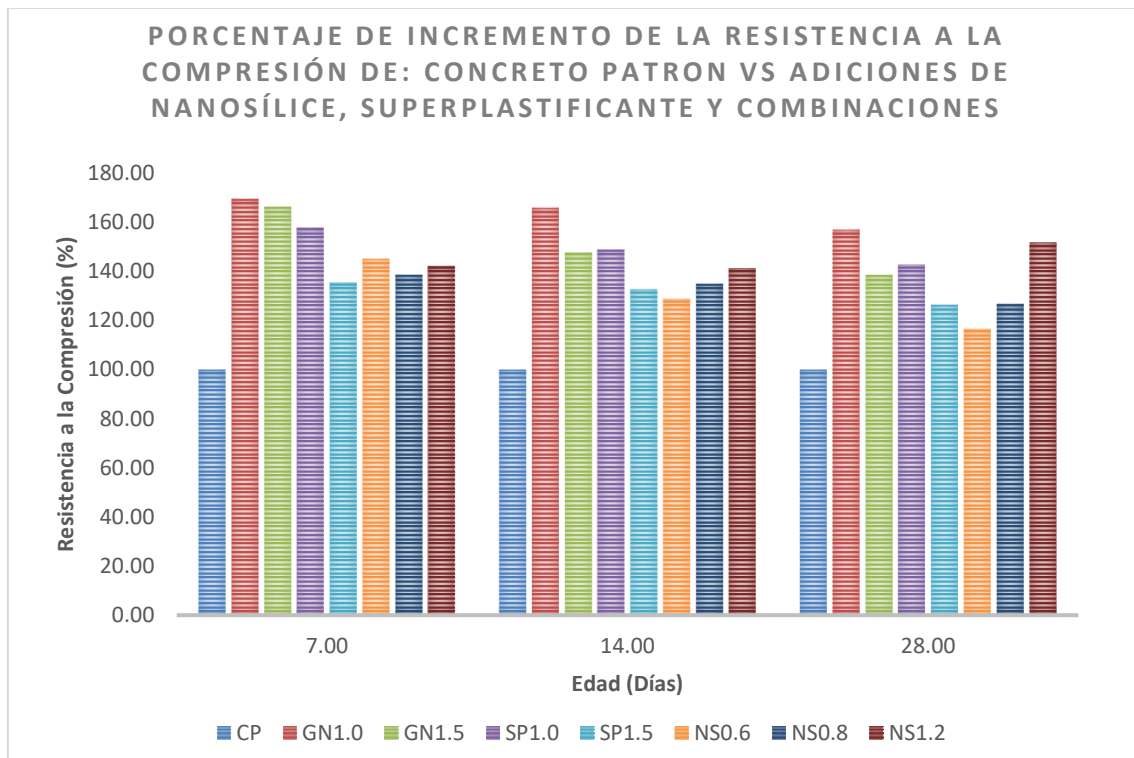
Gráfico N° 22: Comparación de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 por edades.

EVOLUCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO VS COMBINACIONES DE NANOSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE



Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 23: Comparación del incremento de la resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y aditivo superplastificante SP-4 por edades, en porcentaje.



Fuente: Elaboración propia (2018).

3.5.3.4. Módulo de elasticidad

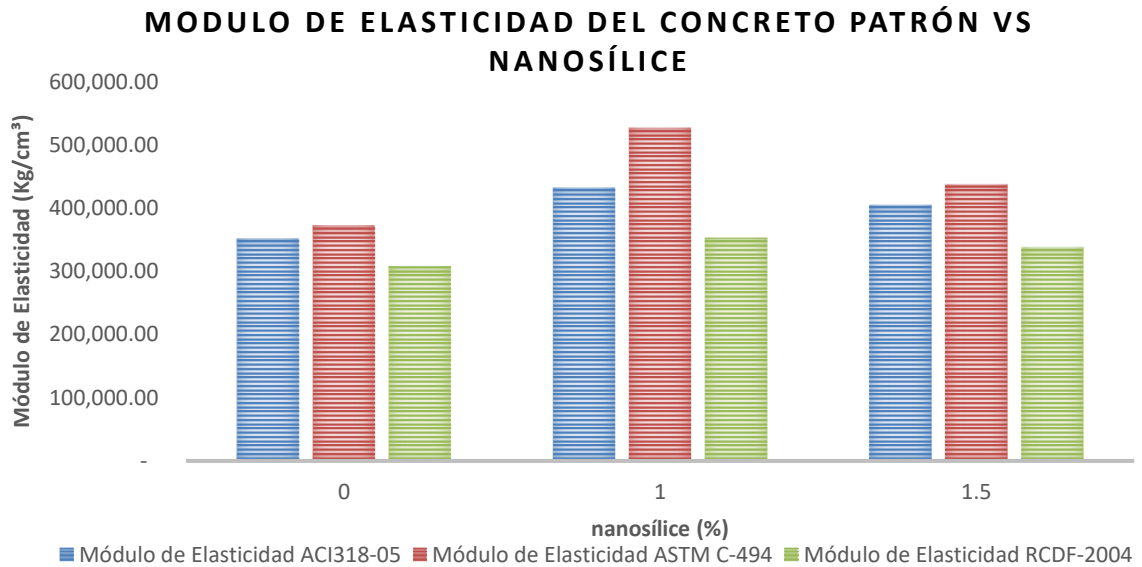
Las siguientes graficas indican los módulos de elasticidad del concreto patrón, así como del concreto con las diferentes dosificaciones de la adición de nanosílice y/o del aditivo superplastificante (Anexo H).

Tabla N° 30: Módulo de elasticidad del concreto obtenida de las gráficas de esfuerzo - deformación.

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Kg/cm ³)								
Espécimen	CP	GN1.0	GN1.5	SP1.0	SP1.5	NS0.6	NS0.8	NS1.2
FÓRMULA ACI 318-05 $E_1 = 15100 * \sqrt{f'c}$								
1	346,886.84	435,613.99	406,074.86	410,340.78	385,529.02	370,267.90	385,567.07	421,527.15
2	349,859.41	429,517.39	404,022.63	411,421.05	384,883.33	378,114.69	385,909.85	423,301.01
3	357,672.33	430,990.66	404,155.26	410,704.74	390,667.58	379,185.38	389,391.43	427,548.55
METODO GRÁFICO ASTM C-494 $E_2 = \frac{Esfuerzo}{Def. Unitaria - 2} * 10000$								
1	17,474.42	510,012.71	410,786.14	452,507.55	407,164.84	408,294.43	410,531.96	444,781.50
2	21,994.53	546,329.91	477,377.32	437,596.44	405,127.62	438,189.61	410,237.62	499,188.33
3	18,733.72	524,051.77	422,276.80	454,987.96	408,775.68	458,896.64	426,780.01	442,933.37
FÓRMULA REGLAMENTO DEL CONCRETO DF MEXICO 2004 $E_4 = 8500 * \sqrt{f'c} + 110000$								
1	305,267.43	355,213.17	338,585.18	340,986.53	327,019.65	318,428.95	327,041.06	347,283.49
2	306,940.73	351,781.31	337,429.95	341,594.63	326,656.18	322,846.02	327,234.02	348,282.02
3	311,338.73	352,610.64	337,504.62	341,191.41	329,912.22	323,448.72	329,193.85	350,673.02

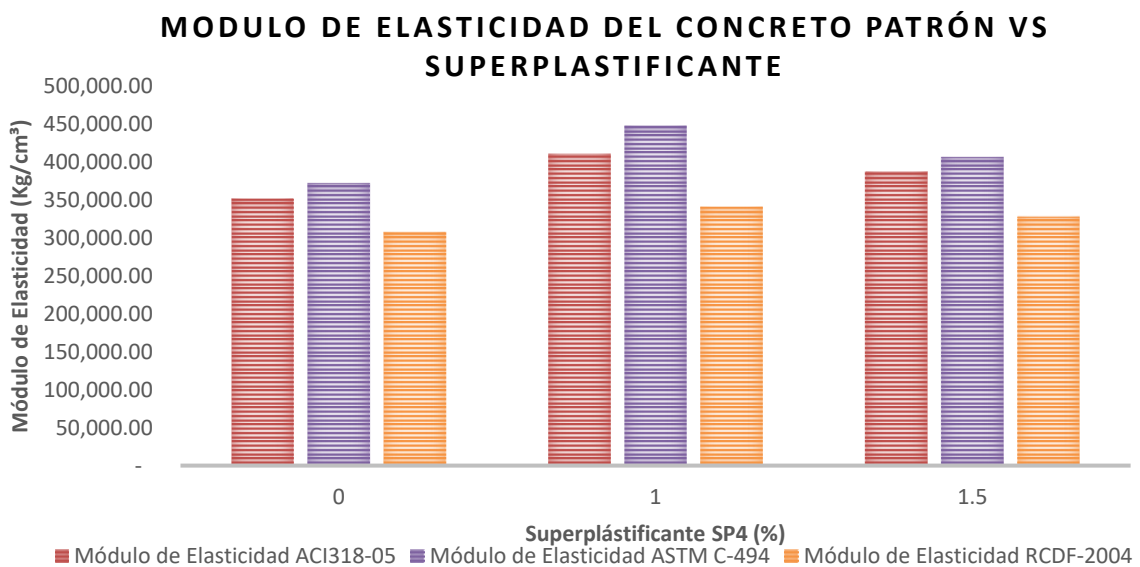
Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 24: Comparación del módulo de elasticidad de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosilíce en el concreto.



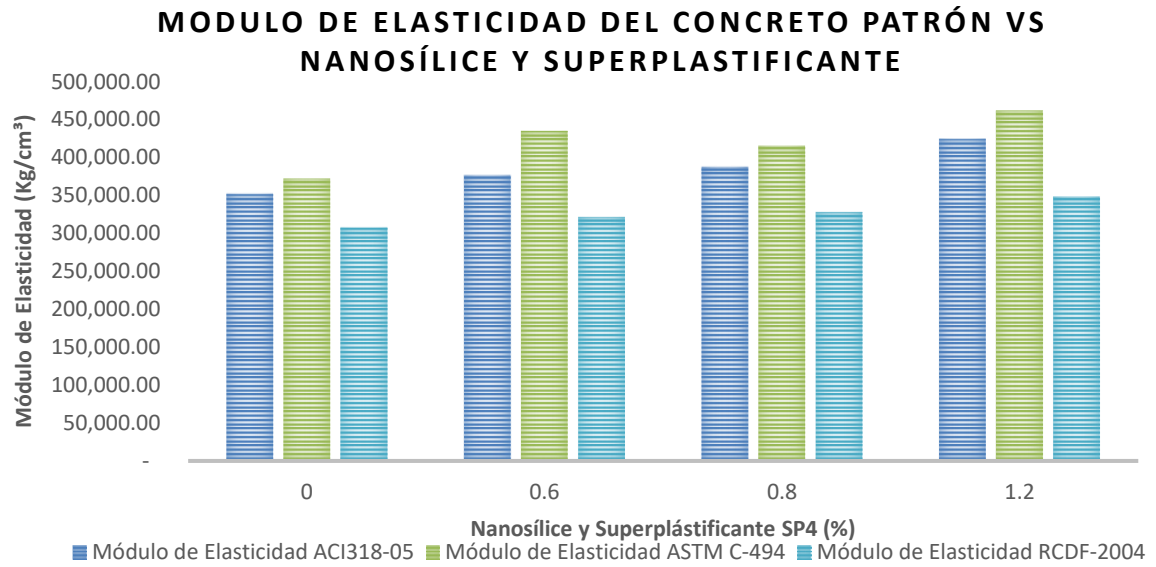
Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 25: Comparación del módulo de elasticidad de las diferentes dosificaciones del aditivo superplastificante SP-4 en el concreto.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 26: Comparación del módulo de elasticidad de las diferentes dosificaciones de la adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 en el concreto.



Fuente: Elaboración propia (2018).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. propiedades físicas de los agregados para concreto

4.1.1. Agregado fino para concreto

- ✓ Este agregado proviene de la Cantera "Margarita" ubicada en la carretera Cajamarca - cruce a Ciudad de Dios Km 93+200 Chilete.
- ✓ Como se puede ver en el grafico N° 13, la granulometría del agregado fino cumple con los requerimientos de la norma técnica peruana la NTP 400.037 gradación "M".
- ✓ Respecto al material que pasa la malla N° 200, se está cumpliendo con la especificación de máximo 7% para agregado fino.
- ✓ El mf calculado del agregado es de 2.73, este valor se encuentra dentro de las especificaciones para agregado fino para Cajamarca las cuales indican un mf entre: 0.79 y 3.81. Debe aclararse que el módulo de finura entre estos límites es el más favorable para concreto de alta resistencia.
- ✓ Respecto al peso unitario suelto, se encuentra ligeramente sobre los límites de los agregados para Cajamarca que son de 1400 kg/m^3 a 1700 kg/m^3 (Lezama 1996).
- ✓ Así como el peso unitario compactado se encuentra entre: 1750 kg/m^3 a 2125 kg/m^3 (Lezama 1996).
- ✓ Para los agregados de Cajamarca el peso específico se encuentra dentro de 2.45 g/cm^3 a 2.71 g/cm^3 (Lezama 1996); por lo cual nuestro agregado fino si cumple, siendo este de 2.650 g/cm^3 .
- ✓ El porcentaje de absorción de los agregados comúnmente se halla entre 0.20% - 3.5%, en Cajamarca se encuentra entre 0.87% y 2.75% (Lezama 1996); tomando en cuenta que los agregados normalmente se los utiliza como se los trae de cantera, encontrándose dentro de los límites; para el agregado de en estudio esto varía mucho más ya que se lo mantuvo alejado de la humedad y por ello es que la absorción es de 1.95%.

- ✓ El contenido de humedad es de 1.28%, la cual refleja la especificación de 8% aproximadamente. Esta propiedad estará en función del clima que se presente la zona donde se almacene para la utilización de este agregado.

4.1.2. Agregado grueso para concreto

- ✓ Este agregado proviene de la Cantera "Margarita" ubicada en la carretera Cajamarca - cruce a Ciudad de Dios Km 93+200 Chilete.
- ✓ Como se puede ver en el gráfico N° 14, La granulometría del agregado grueso cumple con los requerimientos de la norma técnica peruana NTP 400.012 huso granulométrico 67.
- ✓ En la granulometría de la grava, se visualizó que existen partículas de forma elongada y laminada.
- ✓ Debido a su textura rugosa, se puede afirmar que presenta partículas que facilitan la adherencia agregado - pasta de cemento.
- ✓ Su tamaño máximo nominal es de 3/4" y un tamaño máximo de 1", por lo que nos trae un incremento de la resistencia.
- ✓ Respecto al material que pasa la malla N°200, se está cumpliendo con la especificación de máximo 1%.
- ✓ El módulo de finura "mg" calculado del agregado grueso es de 6.73.
- ✓ Para los agregados gruesos en Cajamarca el peso unitario suelto varía entre 1350 kg/m^3 a 1680 kg/m^3 (Lezama 1996); por lo cual nuestro agregado grueso está cumpliendo con ese rango.
- ✓ Para el caso del peso unitario compactado vemos que se tiene un valor de 1.556 g/cm^3 el cual es ligeramente inferior a los límites especificados de 1686 kg/m^3 a 2100 kg/m^3 .
- ✓ Respecto al peso específico, se puede decir que está dentro de las especificaciones que indican los límites entre: 2.30 g/cm^3 – 2.90 g/cm^3 (Lezama 1996); por lo cual nuestro agregado fino si cumple, siendo este de 2.615 g/cm^3 .
- ✓ De acuerdo a la absorción, se puede decir que las partículas presentan una porosidad de 1.15%. El porcentaje de absorción de los agregados

comúnmente se halla entre 0.20% - 3.5%, en Cajamarca se encuentra entre 0.87% y 2.75% (Lezama 1996)

- ✓ El contenido de humedad es de 0.81%, lo cual indica que este agregado pierde humedad con facilidad o que su capacidad de retención de humedad es bastante baja en comparación con el agregado fino.
- ✓ Presenta una resistencia a la abrasión es de un 29.93%, observando que cumple con la norma la que indica un máximo de 50% de desgaste. Así como con las especificaciones para Cajamarca que indican un rango del 25% al 50%. Además, este número nos indica que el agregado es de buena calidad.

4.2. Propiedades del concreto en estado fresco

4.2.1. Temperatura

- ✓ El diseño de mezcla, al realizarlo genera un calor de hidratación lo cual depende de las condiciones ambientales en los que está expuesto el agregado.
- ✓ Para la mezcla de Concreto Patrón (CP) se obtuvo una temperatura promedio de 24.38 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 24.75 °C, 23.90 °C y de 24.50 °C respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice al 1.0% en peso del cemento (GN 1.0) se obtuvo una temperatura promedio de 25.45 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 25.15 °C, 25.90 °C y de 25.30 °C respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice al 1.5% en peso del cemento (GN 1.5) se obtuvo una temperatura promedio de 25.20 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 24.80 °C, 25.30 °C y de 25.50 °C respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Superplastificante SP4 al 1.0% en peso del cemento (SP 1.0) se obtuvo una temperatura promedio de 24.37 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 23.80 °C, 24.80 °C y de 24.50 °C respectivamente para cada tanda.

- ✓ Para la mezcla de concreto con Superplastificante SP4 al 1.5% en peso del cemento (SP 1.5) se obtuvo una temperatura promedio de 25.10 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 25.80 °C, 24.60 °C y de 24.90 °C respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice y Superplastificante SP4 al 0.6% en peso del cemento (NS 0.6) se obtuvo una temperatura promedio de 24.53 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 24.20 °C, 24.50 °C y de 24.90 °C respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice y Superplastificante SP4 al 0.8% en peso del cemento (NS 0.8) se obtuvo una temperatura promedio de 24.67 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 24.60 °C, 24.10 °C y de 25.30 °C respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice y Superplastificante SP4 al 1.2% en peso del cemento (NS 1.2) se obtuvo una temperatura promedio de 24.67 °C, habiéndose preparado tres tandas de concreto con una temperatura de 24.70 °C, 25.40 °C y de 23.90 °C respectivamente para cada tanda.

4.2.2. Asentamiento o consistencia

- ✓ Según el diseño de mezcla realizado, nuestro Slump está entre 3" (7.62 cm.) a 4" (10.16 cm.).
- ✓ Para la mezcla de Concreto Patrón (CP) se obtuvo un Slump promedio de 9.144 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.6", 3.7" y de 3.5" respectivamente para cada tanda; mostrando una consistencia plástica de excelente trabajabilidad.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice al 1.0% en peso del cemento (GN 1.0) con reducción de agua del 36% se obtuvo un Slump promedio de 9.483 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.6", 3.7" y 3.9" respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice al 1.5% en peso del cemento (GN 1.5) con reducción de agua del 38% se obtuvo un Slump

- promedio de 9.398 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.6", 3.8" y 3.7" respectivamente para cada tanda.
- ✓ Para la mezcla de concreto con Superplastificante SP4 al 1.0% en peso del cemento (SP 1.0) con reducción de agua del 36% se obtuvo un Slump promedio de 8.721 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.3", 3.3" y 3.6" respectivamente para cada tanda.
 - ✓ Para la mezcla de concreto con Superplastificante SP4 al 1.5% en peso del cemento (SP 1.5) con reducción de agua del 38% se obtuvo un Slump promedio de 9.059 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.8", 3.7" y 3.2" respectivamente para cada tanda.
 - ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice y Superplastificante SP4 al 0.6% en peso del cemento (NS 0.6) con reducción de agua del 38% se obtuvo un Slump promedio de 8.975 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.4", 3.5" y 3.7" respectivamente para cada tanda.
 - ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice y Superplastificante SP4 al 0.8% en peso del cemento (NS 0.8) con reducción de agua del 38% se obtuvo un Slump promedio de 8.890 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.6", 3.1" y 3.8" respectivamente para cada tanda.
 - ✓ Para la mezcla de concreto con Gaia Nanosílice y Superplastificante SP4 al 1.2% en peso del cemento (NS 1.2) con reducción de agua del 38% se obtuvo un Slump promedio de 8.805 cm., habiéndose preparado tres tandas de concreto con un Slump de 3.4", 3.1" y 3.9" respectivamente para cada tanda.
 - ✓ En cada mezcla realizada ha ido mostrando una consistencia plástica de excelente trabajabilidad (concretos auto compactados), la adición de nanosílice a la mezcla de concreto proporciona mayor cohesión, disminuyendo la segregación.
 - ✓ De igual manera el aditivo superplastificante a mostrado una consistencia plástica de excelente trabajabilidad (concretos auto

compactados) proporcionando cohesión y disminuyendo la segregación.

4.2.3. Peso unitario

- ✓ En la mayoría de los casos de la tabla N° 22 se observa que el peso unitario del concreto patrón es menor al peso unitario del concreto con adición y/o superplastificante.

4.3. Propiedades del concreto en estado endurecido

4.3.1. Peso unitario

- ✓ En la mayoría de los casos de la tabla N° 23 se observa que el peso unitario del concreto patrón es menor al peso unitario del concreto con adición y/o superplastificante, a excepción de la mezcla con aditivo SP-4 al 1.5%.

4.3.2. Resistencia a la compresión

4.3.2.1. Parámetros estadísticos de los especímenes sometidos a compresión

- ✓ El análisis de los especímenes de concreto elaborados en el laboratorio indica que la resistencia promedio del concreto patrón a los 7 días es de 375.92 Kg/cm^3 , a los 14 días es de 445.98 Kg/cm^3 y a los 28 días es de 526.72 Kg/cm^3 ; los cuales son inferiores a todos los casos probados con adiciones y/o aditivo.
- ✓ Los concretos realizados con adición de nanosílice a la edad de 7 días superan la resistencia de diseño y va incrementando con la edad; siendo para la dosificación de 1.0% un promedio a los 7 días de 636.76 Kg/cm^3 , a los 14 días es de 739.36 Kg/cm^3 , y a los 28 de 826.51 Kg/cm^3 ; para la dosificación de 1.5% un promedio a los 7 días de 625.27 Kg/cm^3 , a los 14 días es de 658.39 Kg/cm^3 , y a los 28 de 729.35 Kg/cm^3 .
- ✓ Respecto a los concretos realizados con aditivo superplastificante se puede deducir que a menor porcentaje de este aditivo más pronto

incrementa la resistencia final, también va incrementando la resistencia con la edad.

- ✓ El concreto realizado con la adición de nanosílice y el superplastificante SP - 4 tiene un incremento significativo a los 7 días con una dosis baja (0.6%).
- ✓ En el grafico N° 24 se aprecia el incremento de la resistencia comparada con la del concreto patrón en cada una de las edades con cada una de las diferentes dosificaciones, notándose que las mayores resistencias alcanzadas son con la adición de nanosílice.
- ✓ Analizando los Gráficos 19, 20 y 21 se puede deducir que la dosis más adecuada es la más baja de estas; ya que permite llegar a la resistencia necesaria a los 28 días.

4.3.3. Módulo de elasticidad

- ✓ En la Tabla N° 36 se resume el módulo de elasticidad obtenida por diferentes tratamientos del concreto según las Normas o Reglamentos consultados; el módulo de elasticidad según ASTM C - 494 obtenida de las curvas de Esfuerzo vs Deformación Unitaria se muestran en la parte central de cada una de las dosificaciones presentadas.
- ✓ En cada uno de los grafico se realiza una comparación entre los diferentes reglamentos o normas siendo estas el ACI 318 - 05, ASTM C - 494 y del reglamento del Concreto del Distrito Federal de México del año 2004.

4.3.4. Contrastación con antecedentes teóricos

- ✓ No se llega a cumplir la conclusión que es a mayor porcentaje de adición de nanosílice mayor es el valor de resistencia alcanzado. *León N. (2012), Villar M. y Col. (2017).*
- ✓ La nanosílice produce un aumento en el módulo de elasticidad del concreto. *Galeote E. (2012).*
- ✓ La resistencia a la compresión alcanzada a los 7 días para cada una de las dosificaciones supera el 100% y no el 96%. *Galeote E. (2012).*

- ✓ La nanosílice mejora las características tanto en estado fresco como endurecido del concreto en comparación al patrón. *Huincho E. (2011).*

4.3.5. Contratación con objetivos e hipótesis

Tabla N° 31: Contratación con objetivos e hipótesis.

CONTRASTACIÓN								
	CP	GN1.0	GN1.5	SP1.0	SP1.5	NS0.6	NS0.8	NS1.2
Slump (pulg)	3.60	3.73	3.70	3.43	3.57	3.53	3.50	3.47
Slump (%)	100.00	103.70	102.78	95.37	99.07	98.15	97.22	96.30
Slump Δ (%)		3.70	-0.92	-7.41	3.70	-0.92	-0.93	-0.92
Temp. (°C)	24.38	25.45	25.20	24.37	25.10	24.53	24.67	24.67
Temp. (%)	100.00	104.37	103.35	99.93	102.94	100.62	101.16	101.16
Temp. Δ (%)		+ 4.37	-1.02	-3.42	+ 3.01	-2.32	+ 0.54	0.00
7 DÍAS								
P. U. C° F. (Kg/cm ³)	2353.22	2420.28	2423.12	2401.65	2346.51	2385.24	2362.87	2428.46
P. U. C° F. (%)	100.00	102.85	102.97	102.06	99.71	101.36	100.41	103.20
P. U. C° F. Δ (%)		2.85	2.97	2.06	-0.29	1.36	0.41	3.20
P. U. C° E. (Kg/cm ³)	2406.69	2468.94	2471.26	2453.72	2385.73	2439.23	2428.46	2480.64
P. U. C° E. (%)	100.00	102.59	102.68	101.95	99.13	101.35	100.90	103.07
P. U. C° E. Δ (%)		2.59	2.68	1.95	-0.87	1.35	0.90	3.07
f'c (Kg/cm ²)	375.92	636.76	625.27	593.91	509.30	545.08	520.69	535.14
f'c %	100.00	169.39	166.33	157.99	135.48	145.00	138.51	142.35
f'c Δ (%)		+ 69.39	+ 66.33	+ 57.99	+ 35.48	+ 45.00	+ 38.51	+ 42.35
Hipótesis		Superada	Superada	Superada	Superada	Superada	Superada	Superada
14 DÍAS								
P. U. C° F. (Kg/cm ³)	2356.00	2439.78	2435.69	2400.56	2421.11	2377.23	2371.21	2411.35
P. U. C° F. (%)	100.00	103.56	103.38	101.89	102.76	100.90	100.65	102.35
P. U. C° F. Δ (%)		3.56	3.38	1.89	2.76	0.90	0.65	2.35
P. U. C° E. (Kg/cm ³)	2410.01	2473.84	2488.90	2455.48	2467.50	2430.94	2411.35	2462.63
P. U. C° E. (%)	100.00	102.65	103.27	101.89	102.39	100.87	100.06	102.18
P. U. C° E. Δ (%)		2.65	3.27	1.89	2.39	0.87	0.06	2.18
f'c (Kg/cm ²)	445.98	739.36	658.39	664.34	592.29	574.07	601.28	630.02
f'c %	100.00	165.78	147.63	148.96	132.80	128.72	134.82	141.27
f'c Δ (%)		+ 65.78	+ 47.63	+ 48.96	+ 32.80	+ 28.72	+ 34.82	+ 41.27
Hipótesis		Superada	Superada	Superada	Superada	Superada	Superada	Superada

28 DÍAS								
P. U. C° F. (Kg/cm ³)	2360.48	2422.71	2425.29	2422.91	2416.50	2387.99	2386.21	2412.45
P. U. C° F. (%)	100.00	102.64	102.75	102.64	102.37	101.17	101.09	102.20
P. U. C° F. Δ (%)		2.64	2.75	2.64	2.37	1.17	1.09	2.20
P. U. C° E. (Kg/cm ³)	2411.88	2474.73	2468.94	2478.29	2466.54	2440.36	2412.45	2465.28
P. U. C° E. (%)	100.00	102.61	102.37	102.75	102.27	101.18	100.02	102.21
P. U. C° E. Δ (%)		2.61	2.37	2.75	2.27	1.18	0.02	2.21
f'c (Kg/cm ²)	526.72	826.51	729.35	752.23	665.61	613.86	666.84	799.55
f'c %	100.00	156.92	138.47	142.81	126.37	116.54	126.60	151.80
f'c Δ (%)		+ 56.92	+ 38.47	+ 42.81	+ 26.37	+ 16.54	+ 26.60	+ 51.80
Hipótesis		Superada	Superada	Superada	Superada	Superada	Superada	Superada

Fuente: Elaboración propia (2018).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Las mezclas de concreto con las adiciones realizadas de nanosílice y/o superplastificante logran ser superiores al 10% de la resistencia a la compresión diseñada con $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ que se planteó de hipótesis.
- ✓ La mezcla de concreto con la adición de nanosílice y superplastificante al 0.60% se llega a +16.54% de la resistencia diseñada, y la adición al 1.20% se llega a +51.80%, de la resistencia a la compresión diseñada con $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ Los agregados utilizados en esta investigación cumplen con el huso granulométrico de la NTP 400.037 gradación “M”, con el huso granulométrico N° 67 del A.S.T.M. C33M -11 y están dentro de los parámetros establecidos, de manera que se puede afirmar que son agregados para ser utilizados en concretos.
- ✓ En las pruebas de asentamiento (Slump) realizadas al concreto fresco, estos resultados fueron menor a 4” y superior a 3” para las mezclas con adición de nanosílice y/o superplastificante SP-4 con las mismas condiciones de los agregados y una reducción del agua entre el 36.00% al 42.00%; indicando que el concreto presenta menor cantidad de vacíos (poros capilares) y por esta razón no necesitara mayor tiempo de curado alcanzando mayor resistencia a edades tempranas a comparación del concreto patrón (sin aditivo).
- ✓ La utilización de la adición de nanosílice y/o del superplastificante no perjudica la trabajabilidad y nos proporciona un tiempo adecuado para un buen acabado del concreto.
- ✓ La temperatura no ha presentado mucha variación; respecto a la mezcla patrón varia: el +4.37% con la adición de nanosílice al 1.0%, el +3.35% con la adición al 1.5% de nanosílice, el -0.07% con superplastificante al 1.0%, +2.94 con superplastificante al 1.5%, +0.62% con la adición de nanosílice y superplastificante al 0.6%, el +1.16% con la adición de nanosílice y

superplastificante al 0.8%, el +1.16% con adición de nanosílice y superplastificante al 1.2%.

- ✓ El peso unitario del concreto obtenido tanto en estado fresco como en estado endurecido demuestran que al usar la adición y/o el aditivo superplastificante, se obtiene un concreto más denso que influye de manera directa en la resistencia obtenida del concreto.
- ✓ La resistencia lograda por el concreto patrón a los 7 días es 375.92 Kg/cm^2 , a los 14 días es 445.98 Kg/cm^2 y a los 28 días es 526.72 Kg/cm^2 .
- ✓ La resistencia a compresión promedio del concreto a los 28 días lograda por las mezclas con adiciones de nanosílice del 1.0% y 1.5% demuestran que éstas cumplen con lo esperado; también permite alcanzar mayor resistencia a edades tempranas (7 días) superando la resistencia promedio de diseño a los 28 días.
- ✓ La resistencia a compresión promedio del concreto ensayado a los 28 días alcanzada por las mezclas con superplastificante al 1.0% y 1.5% indican que se logra cumplir con lo requerido; proporcionando mayor resistencia a edades tempranas (7 días) superando la resistencia promedio diseñada del concreto patrón.
- ✓ La resistencia a compresión obtenida promedio a los 28 días por las mezclas con adición de nanosílice al 0.6% y superplastificante al 0.6% son 16.54% superior a la lograda por el concreto patrón; proporciona mayor resistencia a edades tempranas (7 días) superando la resistencia promedio del diseñado para el concreto patrón.
- ✓ La resistencia a compresión promedio del concreto realizado con adición de nanosílice al 0.8% y superplastificante al 0.8% es de $f'c = 520.69 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días, superando la resistencia diseñada en 10.54%; a los 28 días alcanza $f'c = 666.84 \text{ Kg/cm}^2$ excediendo en 26.60% la resistencia alcanzada por el concreto patrón ensayado.
- ✓ La resistencia a compresión promedio de las mezclas de concreto realizadas adicionando nanosílice al 1.2% y superplastificante al 1.2% alcanza un $f'c = 535.14 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7 días, superando 7.03% la resistencia diseñada; a los 28 días llega a $f'c = 799.55 \text{ Kg/cm}^2$ resaltando un 51.80% la resistencia lograda por el concreto patrón ensayado.

- ✓ La dosis óptima para realizar un concreto de alta resistencia es de 1.0% en peso del cemento para la adición de nanosílice, de 1.0% en peso del cemento para el aditivo superplastificante SP-4, como se puede observar para las dosis de 1.5% en peso para cada uno; la resistencia es menor a los 28 días, comparado con la resistencia obtenida con la adición del 1.0%. Y para la mezcla de nanosílice y superplastificante SP-4 no se encontró una dosis que indique una disminución de la resistencia como límite máximo.
- ✓ La evaluación de resistencia a compresión del concreto de los diferentes tipos de mezcla, tomando los criterios del ACI 214 y los requisitos de aceptabilidad de la calidad del ACI 318; este concreto se puede poner en servicio a los 7 días de edad al utilizar nanosílice, superplastificante o la mezcla de estos, ya que se pudo observar la resistencia a los 28 días no se vio afectada negativamente llegando a una resistencia aún mayor de la especificada ($f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$).

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar otras dosificaciones para la combinación de adición de nanosílice y superplastificante entre el 0.80 % y 1.20 % en peso del cemento para verificar la hipótesis planteada en esta investigación.
- ✓ Al mismo tiempo se recomienda realizar dosificaciones de esta adición de nanosílice inferiores al 1.0 % para verificar la resistencia a la compresión del concreto diseñado con $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ tenga un incremento del 30 %.
- ✓ De igual manera se recomienda realizar dosificaciones de este aditivo superplastificante inferiores al 1.0 % para verificar la resistencia a la compresión del concreto diseñado con $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ tenga un incremento 30 %.
- ✓ También se debe realizar ensayos a compresión a los 90 días en un futuro tema de investigación utilizando otras dosificaciones de adición de nanosilice y/o aditivo superplastificante para tener un mejor registro, y tener un mayor conocimiento de cual de todos es más eficiente para un diseño de concreto.


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Ana Torre Carrillo (mayo 2004). “Curso Básico de Tecnología del Concreto”
- ✓ American Concrete Institute. (enero 2005). “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural” (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) (Versión en español y en sistema métrico)
- ✓ Carlos Eduardo Morataya Córdova. (2005). “Concreto de Alta Resistencia (Experimentación en Guatemala)”.
- ✓ Dávila Mario, Da Costa Daniela y Duarte David. (enero 2017). “Efecto de la Adición de Nanosílice en Cementos y Concretos”.
- ✓ Edher Huincho Salvatierra. (2011). “Concreto de Alta Resistencia Usando Aditivo Superplastificante, Microsilice y Nanosilice con Cemento Portland Tipo I”.
- ✓ Eduardo Galeote Moreno. (2012). “Influencia de la Nanosílice Sobre las Características de un Microhormigón de Ultra Alta Resistencia”.
- ✓ Elisman López Ampuero y Juan José Mamani Copari. (2017). “Influencia del Nanosílice y Superplastificante en la Durabilidad del Concreto Sometidos a Ciclos de Congelamiento y Deshielo de la Ciudad de Puno”.
- ✓ Gioconda Escobedo Portal. (2014). “Incidencia de la Nanosílice en la Resistencia Mecánica de un Concreto de Alta Resistencia con Cemento Portland Tipo I”.
- ✓ Jorge Iván Tobón, Oscar Jaime Restrepo Baena y Jorge Juan Payá Bernabeu. (Setiembre 2006). “Adición de Nanopartículas al Cemento Portland”
- ✓ Juan Agustín Jerez Sánchez y Francisco Alejandro Rivas Cisterna. (2013). “Determinación de la Influencia Microsilice y Nanosílice en el Hormigón Sometido a Esfuerzo de Compresión”
- ✓ Lezama Leiva, J. L. (1996). “Tecnología del Concreto”. Cajamarca: UNC.
- ✓ Luis Rocha Chiu (octubre 2009). “Concretos Especiales en la Construcción”. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.
- ✓ Mariela Vivian Quiroz Crespo y Lucas Esteban Salamanca Osuna. (diciembre 2006). “Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de Tecnología del Hormigón”.
- ✓ Milton Edison Vilca Malaver. (2012). “Incidencia del Porcentaje de Microsilice en un Concreto Autocompactante”.


- ✓ Molina Villar, Fredy Roland y Chara Surco, Helmust. (2017). “Influencia de la Adición De Nanosílice en las Propiedades de un Concreto de Alta Resistencia Para la Ciudad de Arequipa”.
- ✓ Néstor Eduardo León Brito. (2012) “Influencia de la Adición de Nanosílice en el Hormigón Autocompactante”.
- ✓ Organismo Nacional de Normalización - ONNCCE. (2004). “Industria de la Construcción - Concreto (NMX-C-155)”. México, D.F.: México MMV.
- ✓ Orlando Giraldo Bolívar. (octubre 1987). “Guía Práctica Para el Diseño de Mezclas de Hormigón”.
- ✓ Orlando Giraldo Bolívar. (2006). “Dosificación de Mezclas de Hormigón”.
- ✓ Pasquel Carbajal, E. (1998). “Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú”. Lima: CIP.
- ✓ Portland Cement Association. (2004). “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”. Estados Unidos: PCA.
- ✓ Patricia Amarilis Vilca Aranda. (2008). “Obtención del Concreto de Alta Resistencia”.
- ✓ Rebeca Paz Aguilar Mundaca Valdivia (2007). Tesis: “Determinación de la Influencia de las Nanomoléculas de Sílice en el Concreto Frente a un Factor que Afecta su Durabilidad”.
- ✓ Rivera López, G. A. (s.f.). “Concreto Simple”. Cauca, Colombia: Universidad del Cauca.
- ✓ Rivva López, E. (1992). “Tecnología del Concreto. Diseño de Mezclas”. Lima: UNI.
- ✓ Rivva López, E. (2000). “Naturaleza y Materiales del Concreto”. Lima: ICG.
- ✓ Rivva López, E. (2002). Concretos de Alta Resistencia. Lima: ICG.
- ✓ Rivva López, E. (2004). Control del Concreto en Obra. Lima: ICG.
- ✓ Conferencia inicial del Seminario "Aditivos y Adiciones en el Concreto" Organizado por el Capítulo de Ingenieros Civiles, Asocem e Indecopi.

ANEXOS

A. CERTIFICADO DE REALIZACION DE ENSAYOS



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería




EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

CONSTANCIA:

Que el joven HENRY HORACIO CABANILLAS GUILLÉN, Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis Titulada "CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, UTILIZANDO NANOSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE". Dichos ensayos se realizaron del 23 de noviembre del 2017 al 23 de marzo de 2018.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 27 de setiembre de 2018.



B. PROPIEDADES O CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

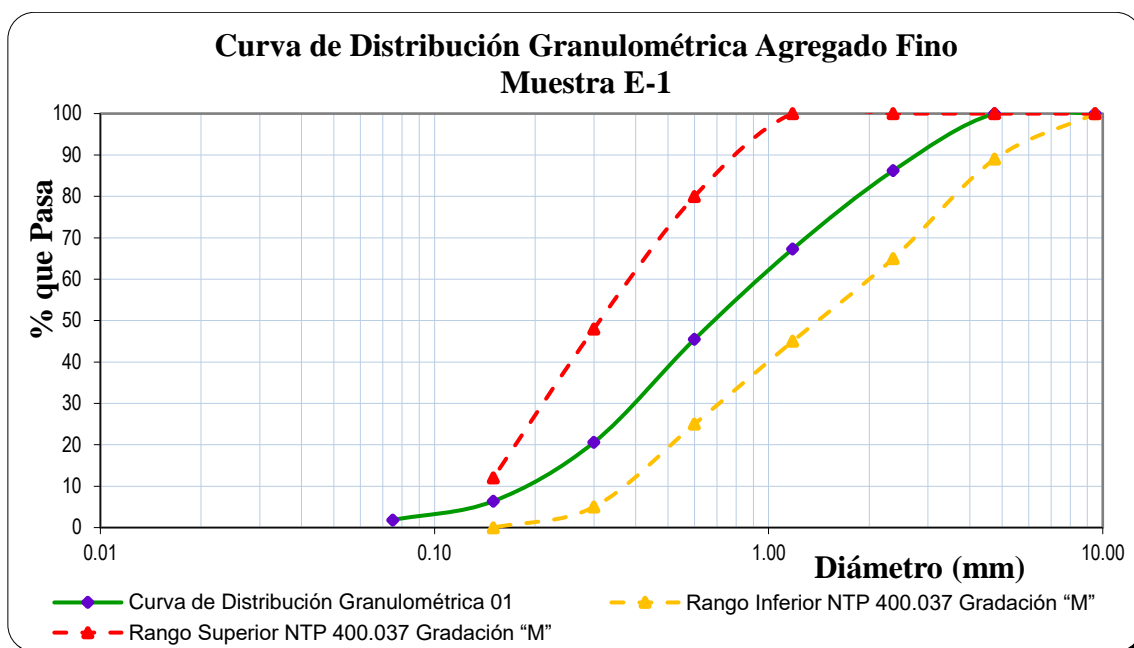
1. Granulometría del Agregado Fino

Tabla N° 32: Granulometría de la muestra 1 del agregado fino para concreto.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO							
Muestra : Agregado Fino Para Concreto				Fecha : 21/11/2017			
Procedencia : Cantera "Margarita"				Elaborado por : Henry C. Guillén			
MUESTRA : E-1							
PESO INICIAL : 1,486.000 g.							
GRANULOMETRÍA							
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)		PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO NTP 400:037	
				RETENIDO ACUMULADO (%)			
3/8"	9.50	0.000	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	0.000	0.00	0.00	100.00	89	100
N°8	2.36	204.860	13.79	13.79	86.21	65	100
N°16	1.18	281.301	18.93	32.72	67.28	45	100
N°30	0.60	324.107	21.81	54.53	45.47	25	80
N°50	0.30	369.971	24.90	79.42	20.58	5	48
N°100	0.15	210.975	14.20	93.62	6.38	0	12
N°200	0.075	67.267	4.53	98.15	1.85	0	0
CAZOLETA	--	27.519	1.85	100.00	0.00	Módulo de Finura	
PESO TOTAL DE MUESTRA		1486.000	100.00			2.741	

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 27: Curva granulométrica de la muestra 1 del agregado fino para concreto.



D 60 = 0.99 mm D 30 = 0.41 mm D 10 = 0.19 mm Cu = 5.24 Cc = 0.92

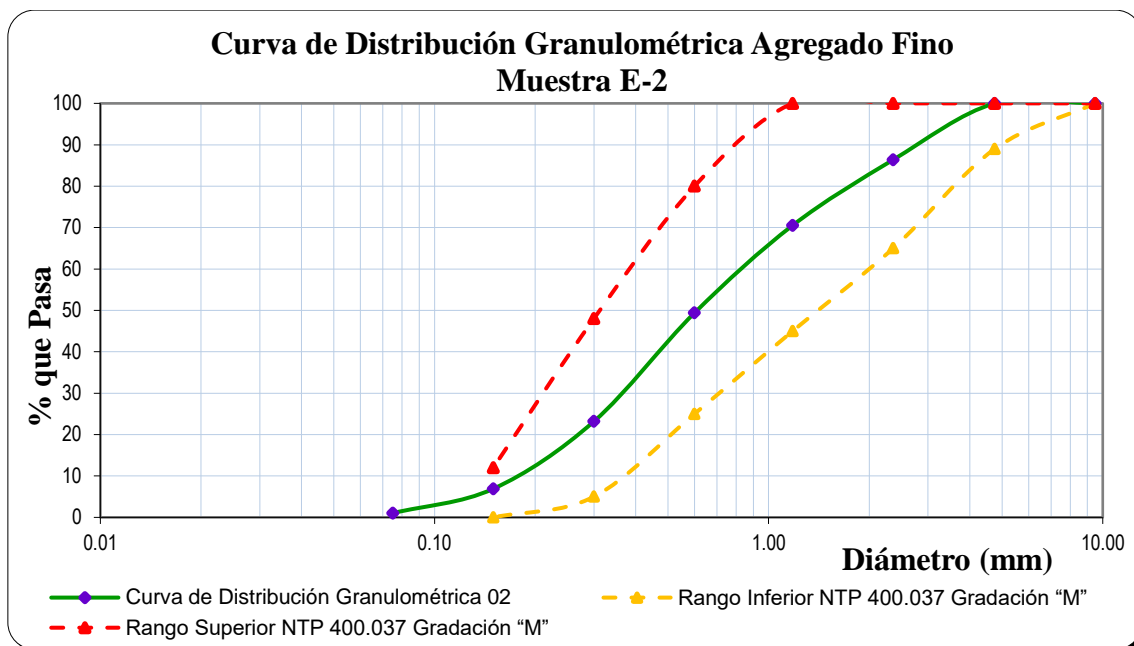
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 33: Granulometría de la muestra 2 del agregado fino para concreto.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO								
Muestra	: Agregado Fino Para Concreto			Fecha	: 21/11/2017			
Procedencia	: Cantera "Margarita"			Elaborado por	: Henry C. Guillén			
MUESTRA	: E -2							
PESO INICIAL	: 1,492.000 g.							
GRANULOMETRÍA								
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)		RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO NTP 400:037	
3/8"	9.50	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00	89	100
N°8	2.36	203.179	13.62	13.62	13.62	86.38	65	100
N°16	1.18	236.537	15.85	29.47	29.47	70.53	45	100
N°30	0.60	315.382	21.14	50.61	50.61	49.39	25	80
N°50	0.30	391.195	26.22	76.83	76.83	23.17	5	48
N°100	0.15	242.602	16.26	93.09	93.09	6.91	0	12
N°200	0.075	87.943	5.89	98.98	98.98	1.02	0	0
CAZOLETA	--	15.162	1.02	100.00	100.00	0.00	Módulo de Finura	
PESO TOTAL DEMUESTRA		1492.000	100.00				2.636	

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 28: Curva granulométrica de la muestra 2 del agregado fino para concreto.



D 60 = 0.89 mm D 30 = 0.38 mm D 10 = 0.18 mm Cu = 4.99 Cc = 0.90

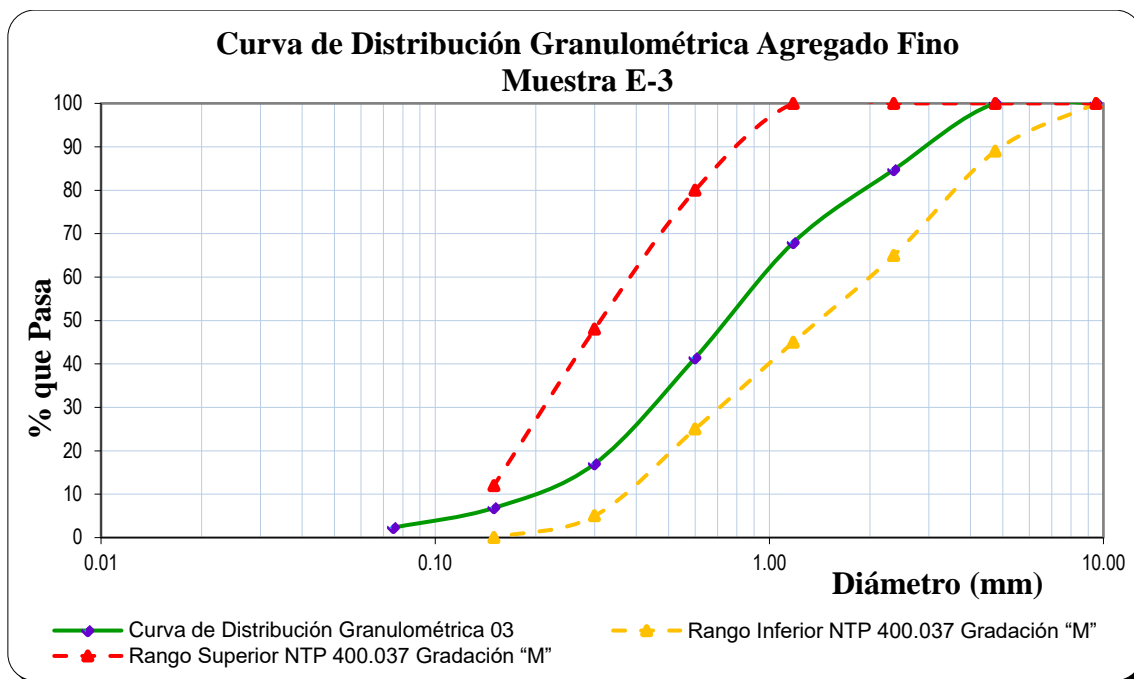
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 34: Granulometría de la muestra 3 del agregado fino para concreto.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO							
Muestra : Agregado Fino Para Concreto				Fecha : 21/11/2017			
Procedencia : Cantera "Margarita"				Elaborado por : Henry C. Guillén			
MUESTRA : E -3							
PESO INICIAL : 5.099 g.							
GRANULOMETRÍA							
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO NTP 400:037	
3/8"	9.50	0.000	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	0.000	0.00	0.00	100.00	89	100
N°8	2.36	0.778	15.26	15.26	84.74	65	100
N°16	1.18	0.857	16.81	32.07	67.93	45	100
N°30	0.60	1.354	26.55	58.62	41.38	25	80
N°50	0.30	1.244	24.40	83.02	16.98	5	48
N°100	0.15	0.517	10.14	93.16	6.84	0	12
N°200	0.075	0.232	4.55	97.71	2.29	0	0
CAZOLETA	--	0.117	2.29	100.00	0.00	Módulo de Finura	
PESO TOTAL DE MUESTRA		5.099	100.00			2.821	

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 29: Curva granulométrica de la muestra 3 del agregado fino para concreto.



D 60 = 1.01 mm D 30 = 0.46 mm D 10 = 0.20 mm Cu = 5.12 Cc = 1.07

Fuente: Elaboración propia (2018).

2. Propiedades Físicas del Agregado Fino

Tabla N° 35: Peso específico del agua.

PESO ESPECIFICO DEL AGUA	
Peso de la fiola en (g)	145.00
Peso de la fiola + agua en (g)	644.00
Volumen de la fiola (cm ³)	500.00
Peso específico (g/cm ³)	0.99800
P.e en (Kg/m³)	998.00

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 36: Factor f.

CALCULO DEL FACTOR f	
Peso del molde (g)	3881.00
Peso del molde + Agua (g)	6860.00
Peso agua (Kg)	2.9790
f (1/m³)	335.012

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 37: Peso unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3881.00	3881.00	3881.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	9157.00	9160.00	9143.00	
Peso de la muestra suelta	g	5276.00	5279.00	5262.00	
Factor (f)		335.012	335.012	335.012	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.767522	1.768527	1.762832	1.766294
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1767.522	1768.527	1762.832	1766.294

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 38: Peso Unitario compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3881.00	3881.00	3881.00	

Peso de muestra compactada + recipiente	g	9563.00	9536.00	9545.00	
Peso de la muestra suelta	g	5682.00	5655.00	5664.00	
Factor (f)		335.012	335.012	335.012	
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1.903537	1.894491	1.897507	1.898512
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1903.537	1894.491	1897.507	1898.512

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 39: Peso específico del agregado fino.

PESO ESPECÍFICO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	145.00	145.00	145.00	
Peso de la fola + agua hasta menisco	g	644.00	644.00	644.00	
peso de la fiola + agua + muestra	g	959.00	949.00	970.50	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	490.35	490.55	490.35	
volumen de agua añadida al frasco (g)	g	314.00	304.00	325.50	
Peso Específico de Masa	g/m ³	2.636290	2.502806	2.810029	2.649708
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/m ³	2.688172	2.551020	2.865330	2.701507
Peso Específico Aparente	g/m ³	2.780550	2.629590	2.974522	2.794887

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 40: Absorción del agregado fino.

ABSORCIÓN (%)					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	490.35	490.55	490.35	
Absorción (%)	%	1.968	1.926	1.968	1.954

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 41: Contenido de humedad del agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	85.00	71.00	735.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1146.00	1093.00	4511.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1134.55	1080.55	4454.55	
Contenido de Humedad	W %	1.091	1.233	1.518	1.281

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 42: Partículas menores que el tamiz N° 200 del agregado fino.

ENSAYO PARTICULAS < 200 PARA EL AGREGADO FINO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra lavada	g	487.90	486.00	486.00	
Peso del material que pasa el tamiz N° 200	g	12.10	14.00	14.00	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	2.42%	2.80%	2.80%	2.67%

Fuente: Elaboración propia (2018).

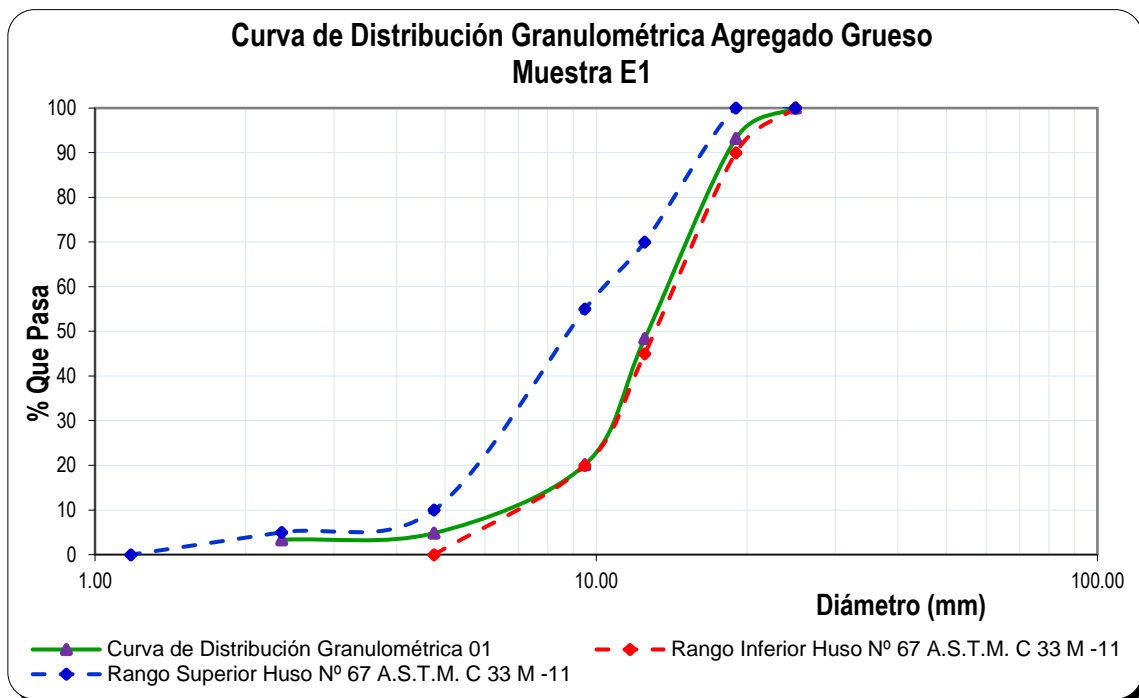
3. Granulometría del Agregado Grueso

Tabla N° 43: Granulometría de la muestra 1 del agregado grueso para concreto.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO							
Muestra :	Agregado Grueso Para Concreto			Fecha :	22/11/2017		
Procedencia :	Cantera "Margarita"			Elaborado por :	Henry C. Guillén		
MUESTRA :	E1						
PESO INICIAL :	5,281.000 g.						
GRANULOMETRÍA							
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO EN (g.)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO HUSO	
1"	25.00	0.000	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	360.000	6.82	6.82	93.18	90	100
1/2"	12.50	2365.000	44.78	51.60	48.40	45	70
3/8"	9.50	1491.000	28.23	79.83	20.17	20	55
N°4	4.75	810.000	15.34	95.17	4.83	0	10
N°8	2.36	79.000	1.50	96.67	3.33	0	5
N°16	1.18	0.000	0.00	96.67	3.33	0	0
N°30	0.60	0.000	0.00	96.67	3.33	0	0
N°50	0.30	0.000	0.00	96.67	3.33	0	0
N°100	0.15	0.000	0.00	96.67	3.33	0	0
N°200	0.08	0.000	0.00	96.67	3.33	0	0
CAZOLETA	--	176.000	3.33	100.00	0.00	Módulo de Finura	
PESO TOTAL DEMUESTRA		5281.00				6.652	

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 30: Curva granulométrica de la muestra 1 del agregado grueso para concreto.



D60 = 14.18 mm D30 = 10.54 mm D10 = 6.35 mm Cu = 2.23 Cc = 1.23

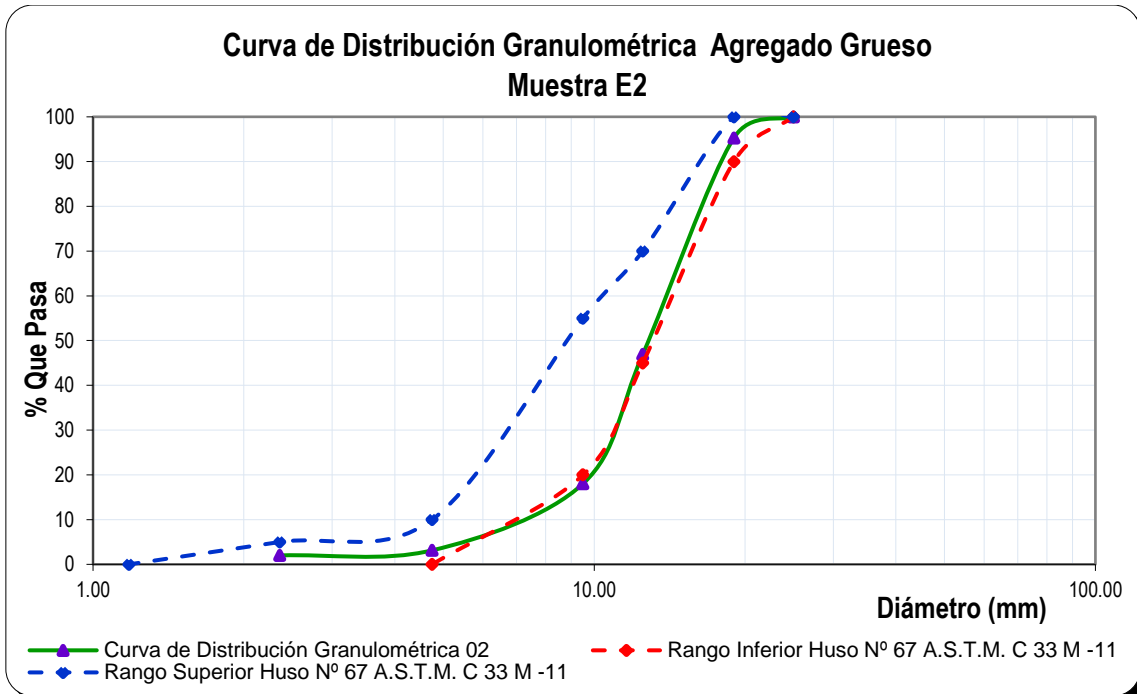
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 44: Granulometría de la muestra 2 del agregado grueso para concreto.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO							
Muestra :	Agregado Grueso Para Concreto			Fecha :	22/11/2017		
Procedencia :	Cantera "Margarita"			Elaborado por :	Henry C. Guillén		
MUESTRA :	E2						
PESO INICIAL :	5,112.000 g.						
GRANULOMETRÍA							
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO EN (g.)	PORCENTAJE PARCIAL (%)	REQUENIDO RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO HUSO	
1"	25.00	0.000	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	240.000	4.69	4.69	95.31	90	100
1/2"	12.50	2472.000	48.36	53.05	46.95	45	70
3/8"	9.50	1478.000	28.91	81.96	18.04	20	55
N°4	4.75	762.000	14.91	96.87	3.13	0	10
N°8	2.36	58.000	1.13	98.00	2.00	0	5
N°16	1.18	0.000	0.00	98.00	2.00	0	0
N°30	0.60	0.000	0.00	98.00	2.00	0	0
N°50	0.30	0.000	0.00	98.00	2.00	0	0
N°100	0.15	0.000	0.00	98.00	2.00	0	0
N°200	0.08	0.000	0.00	98.00	2.00	0	0
CAZOLETA	--	102.000	2.00	100.00	0.00	Módulo de Finura	
PESO TOTAL DE MUESTRA		5112.00				6.736	

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 31: Curva granulométrica de la muestra 2 del agregado grueso para concreto.



D60 = 14.25 mm D30 = 10.74 mm D10 = 6.94 mm Cu = 2.05 Cc = 1.17

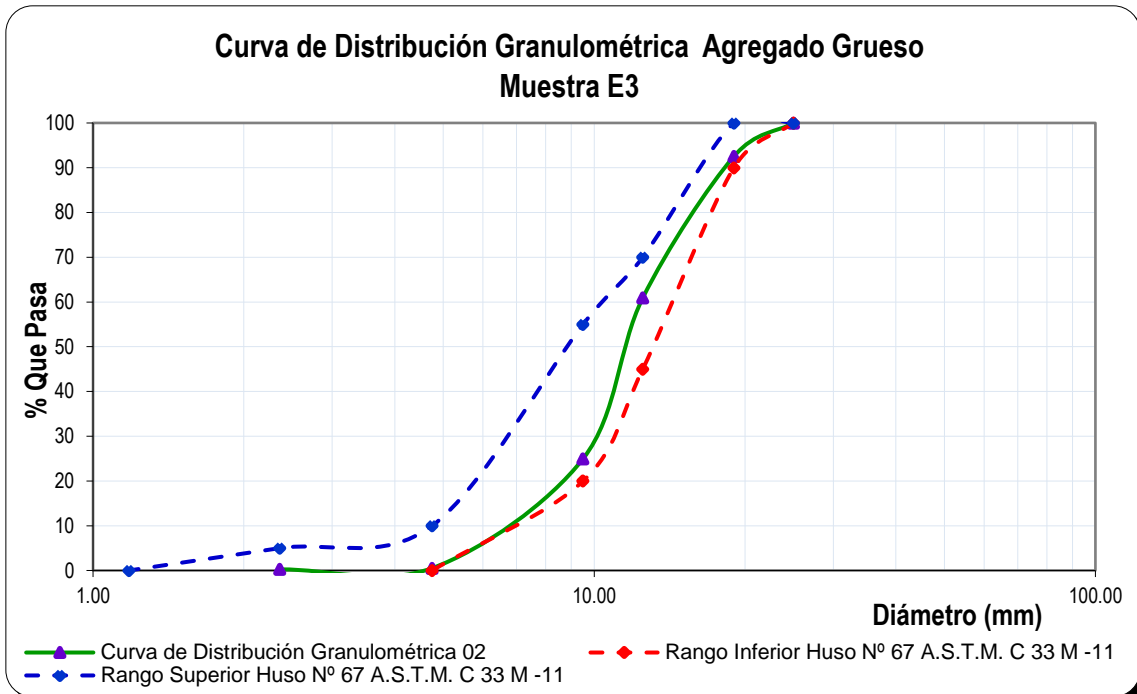
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 45: Granulometría de la muestra 3 del agregado grueso para concreto.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO							
Muestra :	Agregado Grueso Para Concreto			Fecha :	22/11/2017		
Procedencia :	Cantera "Margarita"			Elaborado por :	Henry C. Guillén		
MUESTRA :	E3						
PESO INICIAL :	8,000.000 g.						
GRANULOMETRÍA							
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO EN (g.)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO HUSO	
1"	25.00	0.000	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	597.000	7.46	7.46	92.54	90	100
1/2"	12.50	2529.000	31.61	39.08	60.93	45	70
3/8"	9.50	2877.000	35.96	75.04	24.96	20	55
N°4	4.75	1955.000	24.44	99.48	0.53	0	10
N°8	2.36	22.000	0.28	99.75	0.25	0	5
N°16	1.18	0.000	0.00	99.75	0.25	0	0
N°30	0.60	0.000	0.00	99.75	0.25	0	0
N°50	0.30	0.000	0.00	99.75	0.25	0	0
N°100	0.15	0.000	0.00	99.75	0.25	0	0
N°200	0.08	0.000	0.00	99.75	0.25	0	0
CAZOLETA	--	20.000	0.25	100.00	0.00	Módulo de Finura	
PESO TOTAL DE MUESTRA		8000.00				6.807	

Fuente: Elaboración propia (2018).

Gráfico N° 32: Curva granulométrica de la muestra 3 del agregado grueso para concreto.



D60 = 12.42 mm D30 = 9.92 mm D10 = 6.59 mm Cu = 1.88 Cc = 1.20

Fuente: Elaboración propia (2018).

4. Propiedades Físicas del Agregado Grueso

Tabla N° 46: Peso específico del agua.

PESO ESPECIFICO DEL AGUA	
Peso de la fiola en (g)	145.00
Peso de la fiola en (g)	644
Volumen de la fiola (cm ³)	500.00
Peso específico (g/cm ³)	0.99800
P.e en (Kg/m³)	998.00

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 47: Factor f.

CALCULO DEL FACTOR f	
Peso del molde (g)	4200.00
Peso del molde + agua (g)	13932.00
Peso agua (Kg)	9.7320
f (l/m³)	102.548

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 48: Peso unitario suelto del agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4200.00	4200.00	4200.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	18015.00	18022.00	18044.00	
Peso de la muestra suelta	g	13815.00	13822.00	13844.00	
Factor (f)		102.548	102.548	102.548	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.416705	1.417423	1.419679	1.417935
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1416.705	1417.423	1419.679	1417.935

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 49: Peso unitario compactado del agregado grueso.

PESO UNITARIO COMPACTADO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4200.00	4200.00	4200.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	19355.00	19365.00	19388.00	
Peso de la muestra suelta	g	15155.00	15165.00	15188.00	
Factor (f)		102.548	102.548	102.548	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.554119	1.555145	1.557503	1.555589
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1554.119	1555.145	1557.503	1555.589

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 50: Peso específico del agregado grueso.

PESO ESPECÍFICO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	4234.20	4232.70	4233.00	
Peso de canastilla sumergida	g	2367.40	2367.40	2367.40	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2966.00	2965.00	2967.00	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1866.80	1865.30	1865.60	
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.6177367	2.613025	2.615480	2.615291

Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/cm ³	2.647370	2.643871	2.644570	2.645270
Peso Específico de Aparente	g/cm ³	2.698326	2.696190	2.693844	2.696120

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 51: Absorción del agregado grueso.

ABSORCIÓN (%)					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	gr.	2966.00	2965.00	2967.00	
Absorción (%)	%	1.146	1.180	1.112	1.146

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 52: Contenido de humedad del agregado grueso.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	gr.	103.00	735.00	795.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr.	1500.00	2857.00	2914.00	
Peso del recipiente + muestra seca	gr.	1488.00	2841.00	2897.00	
Contenido de Humedad	W %	0.866426	0.759734	0.808754	0.81164

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 53: Partículas menores que el tamiz N° 200 del agregado grueso.

ENSAYO PARTICULAS < 200 PARA EL AGREGADO FINO					
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	gr.	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	gr.	2987.00	2989.00	2987.50	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	gr.	13.00	11.00	12.50	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.43%	0.37%	0.42%	0.41%

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 54: Abrasión del agregado grueso.

ENSAYO DE ABRACIÓN						
Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (gr.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (gr.)				5240	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3340	3658	3666
% Desgaste = ((Pi - Pf) / Pi) x 100				36.26	26.84	26.68
% Desgaste Promedio				29.93		

Fuente: Elaboración propia (2018).

C. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CEMENTO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Coloma No. 150 Urb. El Vivero de los Baños Barrio de Sarco - Lima
Carretera Panamericana Sur Km. 14.500
Teléfono 311 - 8600



SGC-REG-06-00002
Version 01

Cemento Portland Tipo I

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

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MoO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Piedra por fricción	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 30 días	MPa	31.7	Mínimo 12.0
(825)	(Kg/cm ²)		(Mínimo 12.0)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa	(392)	(Mínimo 194)
(975)	(Kg/cm ²)		(Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa	46.5	Mínimo 28.0
(1074)	(Kg/cm ²)		(Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mencionados, corresponden al promedio del cemento depositado durante el período del 01-09-2017 al 31-09-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días correspondió a fines de julio 2017.
(*) Requisito opcional.

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

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

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

Solicitado por :

D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ADICION

GAIA
Nanosilice para Prefabricados

Descripción
GAIA pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en la mezcla cementicia convierten las nanopartículas de silice en nanopartículas de cemento.
Es aditivo, líquido, a los cementos usados para la elaboración de elementos prefabricados

Aspectos Técnicos
GAIA ha sido diseñado especialmente para conseguir resistencias de 300 kg/cm² a 18 horas, sin necesidad de utilizar curado al vapor.

Aperta mantención de la trabajabilidad al concreto, sin afectar el desarrollo de resistencias tempranas.

Reducción de costo
Permite disminuir la cantidad de cemento para cumplir con la resistencia del diseño Elimina el uso de vapor y acorta los tiempos de desmolde. Consecuentemente, la disminución en las actividades operacionales es notable.

Duración
6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008

Presentación
En cilindro plástico de 220 kg
En dispenser retornable de 1000 kg

Dosis
Recomendamos dosis de 0.2 a 2% sobre peso del cemento. A fin de optimizar la aplicación, agradecemos contactar al servicio técnico ULMEN (vía e-mail es suficiente)

Información Técnica
Color : Gris Claro
Densidad : 1,06 ± 0,02 g/mL
pH : 5 ± 1
Viscosidad : 42 ± 2 (s) (C. Ford No. 4)
Sólidos : 29 ± 3%

Almacenaje
Almacenar en su envase original cerrado, protegido del sol y abrigado de heladas.

Clasificación
GAIA se clasifica como aditivo tipo F según la norma ASTM C494.

atencionalcliente@ulmen.cl

www.ulmen.cl

www.cognoschietechologies.com

Calle 4, Mz C-1, Sub Lt-2F - Cooperativas vertientes, Villa Salvador - Lima.

Tel. (51-1) 719-4126 o 719-4127

Adicionante a Cemento **ULMEN S.A.**



HOJA DE SEGURIDAD

GAIA

Fecha de Emisión: 04-20-16
Revisión: Feb 28, 17
Fecha de Revisión:
Página 1 de 2

SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto : **GAIA**
 Clasificación : Aditivo para Concretos
 Vida útil : 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado
 Por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008

Proveedor : INDUSTRIAS ULMEN S.A.
 E-mail : atencionalcliente@ulmen.cl
 Página Web : www.ulmen.cl
 Fono planta : (51-1) 7194126
 Fono Emergencia : (56-2) 25952838

Toda llamada de emergencia dentro y/o fuera del país será reembolsada previa revisión



SECCION 2: COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Nombre químico : Mezcla de nanosilice y ácidos poli-carbónicos
 Fórmula química : Confidencial
 N° CAS : No aplica

SECCION 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta : 
 Clasificación de Salud (1) / Inflamabilidad (0)
 Reactividad (0) / Riesgo Especial (0)
 Riesgos : Ninguno
 Peligros para la salud : Ninguno

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos : Lavar con abundante agua durante 15 min. Referir al médico
 Contacto con la piel : Lavar con agua y jabón
 Inhalación : Dar aire fresco si fuese necesario
 Ingestión : Enjuagar boca con agua tibia. Referir al médico

SECCION 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes extintores : No inflamable ni combustible. Actuar según tipo de fuego existente
 Protección especial : Ninguna
 Proce. Especiales : No aplica
 Riesgo explosión : No aplica

SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia : Lavar con agua y trapear
 Protección personal : Antiparras y guantes Ninguno,
 Daños al ambiente : líquido inofensivo. Tratar como
 Métodos de eliminación : líquido inofensivo

SECCION 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación : Usar antiparras y guantes
 Almacenamiento : Almacenar en lugar fresco y seco
 Embalajes : Almacenar solo en envase original

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN ESPECIAL

Medidas por exposición : No se requiere
 Protección respiratoria : No se requiere
 Protección de los ojos : Antiparras

www.cosmosbletechologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl



Fabricación y Comercialización de Aditivos para Concretos

CERTIFICADO DE CALIDAD

El departamento técnico de INDUSTRIAS ULMEN S.A. Certifica que el producto que se indica cumple los requisitos de uniformidad indicados en la norma ASTM C494 y con nuestros estándares de calidad.

Producto : GAIA
 Lote : 9400717
 Fabricado : 16/10/2017
 Vence : 16/04/2018

Los parámetros controlados se muestran a continuación

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Densidad	1,060 ± 0,02 (g/mL)	1,058
Viscosidad	42 ± 2 (seg)	41.03 seg
pH	5 ± 1	4,8

El presente aditivo tiene una vida útil de 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008

Encargado Control de Calidad
Industrias Ulmen S.A.



www.ulmen.cl

ulmen@ulmen.cl



SP-4

Aditivo Superplastificante

Fecha de Emisión: Jul 06 09
Revisión:
Fecha de Revisión: Jun 26, 17
Página: 1 de 1

Descripción

SP-4 es un SUPERPLASTIFICANTE, que facilita el transporte y vaciado del concreto, prolongando su trabajabilidad. Reduce la relación A/C, ayudando a mejorar las resistencias a todas las edades.

Es exento de cloruros. Por tanto NO ES OXIDANTE de metales.

Aspectos Técnicos

RAZÓN AGUA CEMENTO la reduce sin alterar la plasticidad del hormigón.

TRABAJABILIDAD del hormigón mejora.

RESISTENCIAS MECÁNICAS aumentan.

TIEMPO DE TRABAJABILIDAD lo prolonga.

IMPERMEABILIDAD del hormigón aumenta.

RIESGO DE FISURACIÓN por retracción disminuye.

Duración

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001

Presentación

En cilindro plástico de 220 kg
En dispensar retornable de 1100 kg



Dosis

Recomendamos dosis de 1 a 2% sobre peso del cemento. Lo ideal es contactar el servicio técnico ULMEN para optimizar su uso. Via e-mail es suficiente

Información Técnica

Apariencia : Líquido
Color : Café oscuro
Densidad : 1,22 ± 0,02 g/ml
pH : 11 ± 1
Viscosidad : 14 ± 2 (s) (C. Ford No. 4)
% de sólidos : 38 ± 2 %

Almacenaje

Almacenar en su envase original cerrado, protegido del sol y abrigado de heladas.

Clasificación

Aditivo tipo F según norma ASTM C494.



Calle 4, Mz C-1, Sub Lt-2F – Cooperativa las vertientes, Villa Salvador – Lima.
Tel. (51-1) 719-4126 o 719-4127

www.comosbletechnologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl



HOJA DE SEGURIDAD

GAIA

Fecha de Emisión: Dic 20, 16
Revisión:
Fecha de Revisión:
Página: 2 de 2

SECCION 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico : Líquido
Color : Gris Claro
Característico :
Olor : 5 ± 1
pH : 1,06 ± 0,02 (g/mL)
Densidad a 20° C : 42 ± 2 seg.
Viscosidad (Copa Ford N°4)
Inflamación, Combustión, Explosión : No inflamable, No combustible, No explosivo
Solubilidad : Completamente soluble en agua

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad : Estable bajo condiciones normales
Reactividad : Ninguna

SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda : Por ingestión, dosis > 4000 mg/kg
Efectos peligrosos para la salud : Ninguno

SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad : Estable
Persistencia/ degradabilidad : Los métodos para determinación de la biodegradabilidad
Bio-acumulación : No son aplicables a sustancias inorgánicas
No aplica

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto : Debe tratarse como líquido inofensivo
Eliminación de envases : Depositar en vertedero autorizado según legislación vigente

SECCION 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Para Transporte Marítimo : Sin regulación
Precauciones para Transporte Marítimo : Comprobar que el recipiente este cerrado herméticamente
Clasificación NFPA : Salud: 1/Inflamabilidad: 0/Reactividad: 0
Clasificación IATA (6th edition, 2015) : No es regulado como producto peligroso

SECCION 15: NORMAS VIGENTES

Normas internacionales aplicables : ASTM-C494
Normas nacionales aplicables : Ley N° 28256
Marca en etiqueta : Código NFPA

SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

El formato de esta hoja de seguridad cumple con ley N° 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
La información contenida se entrega de buena fe y voluntariamente. ULMEN S.A. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información. Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, ULMEN S.A. no asume responsabilidad alguna por este concepto. Las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

www.comosbletechnologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl



HOJA DE SEGURIDAD

SP-4

Fecha de Emisión: Feb 25, 15
Revisión: 3
Revisión: 2
Página: 1 de 2

SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto : **SP 4**
 Código del producto : 760-09
 Clasificación : Aditivo para concreto
 Vida útil : 6 meses almacenado en lugar fresco, protegido del sol y el congelamiento, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008
 Proveedor : INDUSTRIAS ULMEN S.A.
 E-mail : atencionalcliente@ulmen.cl
 Página Web : www.ulmen.cl
 Fono Emergencia : (56-2) 28543667

Toda llamada de emergencia dentro y/o fuera del país será reembolsada previa revisión



SECCION 2: COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Nombre químico : Mezcla de polímeros y azúcares en solución.
 Fórmula química : Confidencial
 Nº CAS : No aplica

SECCION 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta : Rombo NFPA
 Riesgos : Clasificación de Salud (1) / Inflamabilidad (0)
 Peligros para la salud : Reactividad (0) / Riesgo Especial (0)
 Ninguno
 Ninguno



SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos : Lavar con abundante agua durante 15 min. Referir al médico
 Contacto con la piel : Lavar de inmediato con agua y jabón
 Inhalación : Dar aire fresco si fuese necesario
 Ingestión : Enjuagar boca con agua tibia. Referir al médico

SECCION 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes extintores : No inflamable ni combustible. Actuar según tipo de fuego existente
 Protección especial : Ninguna
 Proce. Especiales : No aplica
 Riesgo explosión : No aplica

SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia : Lavar con agua y trapear
 Protección personal : Antiparras y guantes
 Daños al ambiente : Ninguno, líquido inofensivo
 Métodos de eliminación : Tratar como líquido inofensivo

SECCION 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación : Usar antiparras y guantes
 Almacenamiento : Almacenar en lugar fresco y seco
 Embalajes : Almacenar sólo en envase original

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN ESPECIAL

Medidas por exposición : No se requiere
 Protección respiratoria : No se requiere
 Protección de los ojos : Antiparras

www.cognoscibletecnologias.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl



Fabricación y Comercialización de Aditivos para Concretos

CERTIFICADO DE CALIDAD

El departamento técnico de INDUSTRIAS ULMEN S.A. Certifica que el producto que se indica cumple los requisitos de uniformidad indicados en la norma ASTM C494 y con nuestros estándares de calidad.

Producto : SP-4
 Lote : 10291017
 Fabricado : 16/10/2017
 Vence : 16/04/2018

Los parámetros controlados se muestran a continuación

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Densidad	1,23 ± 0,02 (g/mL)	1,233
Viscosidad	31 ± 2 (seg)	29 seg
pH	10 ± 1	10,7

El presente aditivo tiene una vida útil de 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008

Encargado Control de Calidad
Industrias Ulmen S.A.



www.ulmen.cl

ulmen@ulmen.cl



HOJA DE SEGURIDAD

SP-4

Fecha de Emisión: Feb 25, 15
 Revisión: 3
 Versión: 1
 Página: 2 de 2

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS	
Estado físico	: Líquido
Color	: Café oscuro
Olor	: Característico
pH	: 10 ± 1
Densidad a 20° C	: 1,23 ± 0,02 (g/mL)
Viscosidad (Copa Ford N°4)	: 31 ± 2 seg.
Inflamación, Combustión, Explosión	: No inflamable, No combustible, No explosivo
Solubilidad	: Completamente soluble en agua
SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
Estabilidad	: Estable bajo condiciones normales
Reactividad	: Ninguna
SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA	
Toxicidad aguda	: Por ingestión, dosis > 4000 mg/kg
Efectos peligrosos para la salud	: Ninguno
SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA	
Inestabilidad	: Estable
Persistencia/ degradabilidad	: Los métodos para determinación de la biodegradabilidad
Bio-acumulación	: No son aplicables a sustancias inorgánicas
SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL	
Método de eliminación del producto	: Debe tratarse como líquido inofensivo
Eliminación de envases	: Depositar en vertedero autorizado según legislación vigente
SECCION 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE	
NCh 2190	: No aplica
Código NFPA	: Salud: 1/ Inflam: 0/ React: 0/ Riesgo Especial: 0
N° UN	: No clasificado
SECCION 15: NORMAS VIGENTES	
Normas internacionales aplicables	: ASTM-C494
Normas nacionales aplicables	: NCh 2182
Marca en etiqueta	: Código NFPA
SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES	

El formato de esta hoja de seguridad cumple con Ley N° 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
 La información contenida se entrega de buena fe y voluntariamente. ULMEN S.A. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información. Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, ULMEN S.A. no asume responsabilidad alguna por este concepto. Las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

atencioncliente@ulmen.cl

www.ulmen.cl

www.cognoscentitechnologies.com

F. DISEÑOS DE MEZCLA

1. Diseño de Mezcla del Concreto de Alta Resistencia - Concreto Patrón (CP)

I) CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS "CANTERA MARGARITA"

A) Agregado Fino y Grueso:

Tabla N° 55: Características de los agregados utilizados en el diseño de mezcla.

PROPIEDADES	A. F.	A. G.
TAMAÑO MAXIMO	-	3/4 "
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	-	3/4 "
PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm³)	2.650	2.615
PESO ESPECÍFICO SSS (gr/cm³)	2.702	2.645
P. ESPECIFICO APARENTE (gr/cm³)	2.795	2.696
ABSORCIÓN (%)	1.954	1.146
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.281	0.812
MÓDULO DE FINURA	2.733	6.731
P. UNITARIO SUELTO SECO (Kg/m³)	1766.294	1417.935
P. U. S. COMPACTADO (Kg/m³)	1898.512	1555.589

Fuente: Elaboración propia (2018).

B) Cemento:

- Portland Tipo I Mejorado (ASTM C 1157)
- Peso Específico: 3.12 gr/cm³

C) Agua:

- Agua potable cumple con la norma NTP 339.088 o E 0-60

D) Elemento Estructural:

- Viga y/o muro armado

E) Resistencia a Compresión:

- f'c 500.000 Kg/cm²

F) Slump de diseño:

- El slump tomado es: 3" - 4" consistencia plastica

II) DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PATRON:

A) Metodo: FAURY

1 Tamaño maximo del agregado:

$$D = d1 + (d1 - d2) * \frac{x}{y}$$

d1 : tamiz del primer retenido (mm).
d2 : tamiz inmediatamente inferior a d1(mm).
x : peso del agregado retenido en d1.
y : peso retenido en d2 y pasa d1.

$$D = 19.05 + (19.05 - 12.70) * \frac{360.00}{2365.00} = 20.017 < 25.4$$

$$D = 25.400 \text{ mm}$$

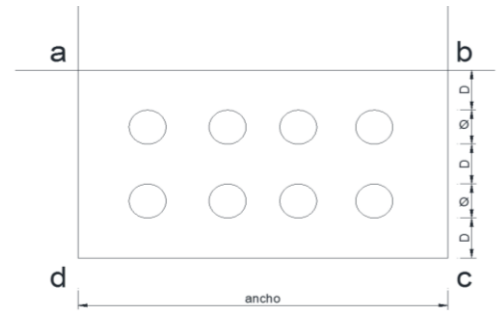
2 Radio medio del encofrado en la zona mas densamente armada (R):

$$R = \frac{V}{S} = \frac{(ab)(bc)(Largo) - (V \text{ barras de acero})}{ad + (dc) +(cb) + (S \text{ barras de acero})}$$

V = volumen de la zona mas denzamente armada menos el volumen de acero.
 S = superficie de la zona mas denzamente armada mas la superficie de acero.

Nota :

La relacio R/D que se denomina efecto pared y que para estructuras masivas se puede asumir igual a cero.



Barras:

$$S = (\pi * \emptyset) * N^{\circ} = \pi * 19.05 * 12.00 = 718.168 \text{ mm}$$

$$V = \left(\frac{\pi * \emptyset^2}{4} \right) = \frac{\pi * 19.05}{4} = 285.023 \text{ mm}^2$$

Concreto:

$$S = (3 * D + 2 * \emptyset) * 2 + a = (3 * 25.400 + 2 * 19.05) * 2 + 350.00$$

$$S = 578.6 \text{ mm}$$

$$V = (3 * D + 2 * \emptyset) * a = (3 * 25.400 + 2 * 19.05) * 350.00$$

$$V = 40005.000 \text{ mm}^2$$

El radio medio del encofrado es:

$$R = \frac{40005 - 285.023}{578.6 + 718.1681} = \frac{39719.97704}{1296.768081} = 30.630$$

$$R = 30.630 \text{ mm}$$

Faury recomienda por norma general elegir gravas tales que :

$$0.80 < \frac{D}{R} < 1.00$$

$$\frac{D}{R} = \frac{25.400}{30.630} = 0.829$$

$$0.80 < 0.829 < 1.00 \quad \text{OK}$$

3 Cálculo de la ordenada de la curva de referencia:

$$Y = A + 17 * \sqrt[5]{D} + \frac{B}{\frac{R}{D} - 0.75}$$

- A : Coeficiente que depende de la forma de los agregados y la consistencia del hormigón (slump) (tabla N° 09)
 B : Coeficiente que depende de la compactación y vibración de los agregados y la consistencia del hormigón (slump) (tabla N° 08)
 Y : % en volumen absoluto de agregados que pasan por las mallas de abertura "d" (incluido el cemento)
 d : Abertura de las mallas en mm (escala en proporción $\sqrt[5]{D}$).

$$Y = 37 + 17 * \sqrt[5]{25.400} + \frac{1.5}{\frac{30.63}{25.400} - 0.75} = 72.755$$

$$Y = 72.755 \quad \% \quad \text{para: } D/2 = 12.700 \quad \text{mm}$$

4 Resistencia de la mezcla de concreto (f'cr)

$$f'c = 500.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'cr = f'c + 98 = 500 + 98 = 598.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'cr = 1.10 f'c + 50 = 1.10 * 500 + 50 = 600.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'cr = 1.20 f'c = 1.20 * 500 = 600.00 \text{ Kg/cm}^2$$

Se toma:

$$f'cr = 600.000 \text{ Kg/cm}^2$$

5 Cálculo de la cantidad de agua (ω_1)

Peso del agua (ω_1):

$$\omega_1 = (V_H - V_a) * 1000$$

Volumen de huecos (V_H):

$$V_H = \frac{K}{\sqrt[5]{D}} + \frac{K'}{\frac{R}{D} - 0.75}$$

D: tamaño maximo del agregado (mm)

K: coeficiente que depende de la concistencia (slump) del concreto, tipo de compactación y naturaleza del agregado. (tabla N° 03)

K': coeficiente que depende del tipo de compactación (0.003 para compactación normal y 0.002 para alta compactación)

R: radio medio de encofrado en la zona mas densamente armada.

$$V_H = \frac{0.430}{\sqrt[5]{25.400}} + \frac{0.003}{\frac{30.630}{25.400} - 0.75} = 0.231746$$

$$V_H = 0.232$$

Volumen de aire (V_a):

Es el mismo volumen de aire atrapado que se considera en el metodo ACI - 211.1 para el cálculo del contenido de cemento.

$$V_a = 0.020$$

El peso del agua es:

$$\omega_1 = (0.232 - 0.020) * 1000.000 = 212.000$$

$$\omega_1 = 212.000 \text{ Litros}$$

6 Cálculo del contenido de cemento (C_1)

$$C_1 = \frac{\omega_1}{\frac{\omega}{c}}$$

ω_1 : agua
 ω/c : relación agua / cemento (litros / Kg)

Este cálculo se estima de igual manera que lo mencionado en el metodo ACI - 211.1

Por durabilidad:

No se considera para concretos de alta resistencia por que ya son concretos durables por la misma resistencia y cantidad de cemento contenido.

$$a/c = 0.500$$

Por resistencia:

Se considera aire atrapado de: $V_a = 2.000 \%$

Para el cálculo de la relación "a/c" se hace uso de la regla tres simple compuesta:

	f'cr	→	a/c	
-50.000	{ 400.000	→	0.43	} 0.050
	{ 450.000	→	0.38	
-150.000	{ 600.000	→	x	} 0.380 - x

$$\frac{-50.000}{-150.000} = \frac{0.050}{0.380 - x}$$

$$x = 0.380 - \frac{(0.050) * (-150.000)}{(-50.000)}$$

$$x = 0.230 = a/c$$

Como la relación "a/c" no debe ser menor a 0.30 se toma a ésta como la relación minima para cualquier diseño de concreto de alta resistencia.

Entonces se asume:

$$\frac{a}{c} = \frac{\omega}{c} = 0.420$$

$$C_1 = \frac{212.000}{0.420} = 504.762 \text{ Kg} \approx 11.877 \text{ bolsas}$$

Para conocer el % en volumen absoluto de cemento con respecto al volumen absoluto de los solidos en la mezcla de concreto, se utilizara:

$$c = \frac{C}{\rho_c} * \frac{1}{1 - V_H} \quad \rho_c = 3.120 \text{ gr/cm}^3 \text{ (densidad del cemento tipo I pacasmayo)}$$

$$c = \frac{504.762}{3120} * \frac{1}{1 - 0.232} = 0.211$$

$$c = 0.211$$

7 Determinación de la proporción de agregados (Af, Ag)

Método de Indices Ponderales:

La suma de las proporciones de los agregados mas la del cemento es igual a 1.

$$t_c + t_{Af} + t_{Ag} = 1 \quad ; \quad t_c = \frac{C_1}{\rho_c(1 - V_H)}$$

El agregado buscado y el agregado de referencia tienen el mismo indice ponderal.

$$t_c * 1 + t_{Af} * I_{PAf} + t_{Ag} * I_{PAg} = I_R \quad \begin{array}{l} I_P \text{ indice ponderal.} \\ I_R \text{ indice de referencia} \end{array}$$

Cálculos:

Para el Agregado fino (arena de río):

Tabla N° 56: Cálculo del índice ponderal I_a .

Tamaño (mm)	"Ip" de tabla	% que pasa Acumulado	Índice Ponderal del Agregado "Ia"				
4.750	0.420	13.790	0.420	*	0.138	=	0.057918
2.360	0.490	18.900	0.490	*	0.189	=	0.092610
1.180	0.720	21.810	0.720	*	0.218	=	0.157032
0.600	0.740	24.890	0.740	*	0.249	=	0.184186
0.300	0.763	14.200	0.763	*	0.142	=	0.108346
0.150	0.820	4.530	0.820	*	0.045	=	0.037146
0.075	0.871	1.850	0.871	*	0.019	=	0.016114

$$I_a = 0.653352$$

Fuente: Elaboración propia (2018).

Para el Agregado grueso (piedra chancada):

Tabla N° 57: Cálculo del índice ponderal I_g .

Tamaño (mm)	"Ip" de tabla	% que pasa Acumulado	Índice Ponderal del Agregado "Ig"				
25.000	0.130	6.820	0.130	*	0.068	=	0.008866
19.000	0.160	44.780	0.160	*	0.448	=	0.071648
12.500	0.200	28.230	0.200	*	0.282	=	0.056460
9.500	0.240	15.350	0.240	*	0.154	=	0.036840
4.750	0.420	1.500	0.420	*	0.015	=	0.006300
2.360	0.490	3.330	0.490	*	0.033	=	0.016317

$$I_g = 0.196431$$

Fuente: Elaboración propia (2018).

Para el índice ponderal de referencia:

Tabla N° 58: Cálculo del índice ponderal I_R .

Tamaño (mm)	"Ir" de tabla	% que pasa Acumulado	Índice Ponderal de Referencia "IR"				
D 25.400	0.544	27.245	0.544	*	0.272	=	0.148213
D/2 12.700	0.623	72.755	0.623	*	0.728	=	0.453264

$$I_R = 0.601476$$

Fuente: Elaboración propia (2018).

Ecuación de proporciones de la mezcla:

$$\begin{aligned}
 1 &= C + Af + Ag \\
 1.000000 &= 0.211000 + Af + Ag \\
 0.789000 &= Af + Ag \\
 0.789000 - Af &= Ag \quad \dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

Ecuación del índice ponderal de la mezcla a fabricar:

$$I_R = 0.653352 Af + 0.196431 Ag + 0.211$$

Reemplazando I_R :

$$\begin{aligned}
 0.601476 &= 0.653352 Af + 0.196431 Ag + 0.211000 \\
 0.390476 &= 0.653352 Af + 0.196431 Ag \quad \dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

Reemplazando la ecuación (1) en la ecuación (2):

$$\begin{aligned}
 0.390476 &= 0.653352 Af + 0.196431 * (0.789000 - Af) \\
 0.390476 &= 0.653352 Af + 0.154984 - 0.196431 Af \\
 0.390476 &= 0.456921 Af + 0.154984
 \end{aligned}$$

$$Af = 0.515390 \quad Ag = 0.273610$$

Volumen de la pasta:

El metodo de Faury concidera un volumen de 0.211 m³ éste es mayor al volumen que se obtiene de dividir el peso del cemento con el peso específico, siendo 0.162 m³ obteniendose una diferencia de 0.049 m³ que podría ser conciderado como aire dentro de la mezcla; pero para el caso, sólo se concidera 0.162 m³ para efectos de mayor presición en los cálculos.

	P. Normal	P. Faury	
Agua: $\frac{212.000}{1000.000} =$	0.212	0.212	
Aire: $\frac{2.000}{100.000} =$	0.020	0.020	
Cemento: $\frac{504.762}{3120.000} =$	0.162	0.211	
$V_p =$	$\frac{0.394}{}$	$V_p = \frac{0.443}{}$	Diferencia: 0.049

Volumen de agregados:

Como la cantidad total de la mezcla es 100% se puede decir:

$$\begin{aligned}V_a &= 1 - 0.394000 = 0.606000 \\V_a &= 0.606000\end{aligned}$$

Entonces la cantidad de agregados es:

$$\begin{aligned}A_f &= 0.515390 * 0.606000 = 0.312000 \\A_g &= 0.606000 - 0.312000 = 0.294000\end{aligned}$$

8 Cálculo de la cantidad de materiales:

Secos:

Cemento:				504.762	Kg	
Arena:	0.31200	*	2649.708	=	826.709	Kg
Grava:	0.29400	*	2615.291	=	768.895	Kg
Agua de diseño:				212.000	Litros	

Humedos:

Cemento:				504.762	Kg							
Arena:	826.709	*	1.01281	=	837.299	Kg						
Grava:	768.895	*	1.00812	=	775.136	Kg						
Agua efectiva:	212.000	+	(0.00673)	*	826.709	+	(0.003344)	*	768.895	=	220.135	Litros

9 Porporciones:

En Peso (Pp):

$$\frac{504.762}{504.762} : \frac{837.299}{504.762} : \frac{775.136}{504.762} / \frac{220.135}{11.877}$$

$$1.000 : 1.659 : 1.536 / 18.535 \text{ Lts por bolsa}$$

En Volumen:

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario suelto seco.

Pc: Peso de la bolsa de cemento por pie cubico.

$$P_v = \frac{P_p * P_c}{P_{ush}}$$

$$P_{ush} = (P_{uss}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

$$1 \text{ pie}^3 \text{ cemento} = 42.50 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.51 \text{ pie}^3$$

$$1 : \frac{(1.659)(42.50)(35.51)}{1766.294 * 1.013} : \frac{(1.536)(42.50)(35.51)}{1417.935 * 1.008} / 18.535$$

$$1.000 : 1.399 : 1.621 / 18.535 \text{ Lts por bolsa}$$

10 Materiales por tanda de ensayo (3 especimenes):

Cemento:	504.762	*	0.0200	=	10.095	Kg
Arena:	837.299	*	0.0200	=	16.746	Kg
Grava:	775.136	*	0.0200	=	15.503	Kg
Agua efectiva:	220.135	*	0.0200	=	4.403	Litros

2. Ajuste o Corrección por la Ley de Powers - Concreto Patrón (CP)

La resistencia del concreto en función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel espacio ocupado por el gel y la relación "a/c"

$$S = 2380 x^3$$

$$x = \frac{0.678 \alpha}{0.319 \alpha + (a/c)}$$

S: Resistencia a compresión Obtenida (Kg/cm²)

x: Relación Gel / Espacio

α : Grado de Hidratación

a/c: relación "Agua / Cemento" de diseño

Datos de Laboratorio

Resistencia Obtenida	342.950	Kg/cm ²	f'c obtenido de la rotura de probeta.
Resistencia de diseño	350.000	Kg/cm ²	f'c (7) días de diseño.
Relación "a/c" de diseño	0.420		

Análisis:

Para:

$$f'c = 342.950 \text{ Kg/cm}^2 \quad a/c = 0.420$$

$$342.950 = 2380.000 * x^3 \quad x = 0.524$$

$$0.524 = \frac{0.678 \alpha}{0.319 \alpha + 0.420} \quad \alpha = 0.431$$

Para:

$$f'c = 350.000 \text{ Kg/cm}^2 \quad \alpha = 0.431$$

$$350.000 = 2380.000 * x^3 \quad x = 0.528$$

$$0.528 = \frac{0.678 * 0.431}{0.319 * 0.431 + a/c} \quad a/c = 0.416$$

3. Diseño de Mezcla con Adición de Nanosílice y Aditivo Superplastificante

A ADICION DE NANOSÍLICE

1 CON 1 % DE ADICION DE NANOSÍLICE

Datos: materiales secos

Cemento:	504.762 Kg
Arena:	826.709 Kg
Grava:	768.895 Kg
Agua de diseño:	212.000 Litros
Aire:	2.000 %
Reducción o Variacion de Agua:	36.000 %
Adición de Nanosílice:	1.000 % del peso del cemento
Peso Específico Nanosílice:	1.058 g/ml

Calculo: materiales húmedos

Cemento:	=	504.762	Kg
Arena:	826.709 * 1.01281	=	837.299 Kg
Grava:	768.895 * 1.00812	=	775.136 Kg
Agua Efectiva:	212.0 - 5.56 - 2.571 - 76.320	=	127.545 Litros
Adición de Nanosílice:	$\frac{504.762 * 0.010}{1.058}$	=	4.771 Litros \approx 5.048 Kg

Proporciones en Peso:

1.000 : 1.659 : 1.536 / 10.739 Lts por bolsa
1.00 % del peso del cemento de la adición de Nanosílice

Proporciones en Volumen:

1.000 : 1.399 : 1.621 / 10.739 Lts por bolsa
1.00 % del peso del cemento de
la adición de Nanosílice

Materiales por tanda de ensayo (3 especimenes):

Cemento: 504.762 * 0.0200 = 10.095 Kg
Arena: 837.299 * 0.0200 = 16.746 Kg
Grava: 775.136 * 0.0200 = 15.503 Kg
Agua Efectiva: 127.545 * 0.0200 = 2.551 Litros
Adición de Nanosílice: 5.048 * 0.0200 = 0.101 Kg

2 CON 1.5 % DE ADICION DE NANOSÍLICE

Datos: materiales secos

Cemento: 504.762 Kg
Arena: 826.709 Kg
Grava: 768.895 Kg
Agua de diseño: 212.000 Litros
Aire: 2.000 %
Reducción o Variación de Agua: 38.000 %
Adición de Nanosílice: 1.500 % del peso del cemento
Peso Específico Nanosílice: 1.058 g/ml

Calculo: materiales húmedos

Cemento: = 504.762 Kg
Arena: 826.709 * 1.01281 = 837.299 Kg
Grava: 768.895 * 1.00812 = 775.136 Kg
Agua Efectiva: 212.0 - 5.564 - 2.571 - 80.560 = 123.305 Litros
Adición de $\frac{504.762 * 0.015}{1.058}$ = 7.156 Litros \approx 7.571 Kg
Nanosílice:

Proporciones en Peso:

1.000 : 1.659 : 1.536 / 10.382 Lts por bolsa
1.50 % del peso del cemento de
la adición de Nanosílice

Proporciones en Volumen:

1.000 : 1.399 : 1.621 / 10.382 Lts por bolsa
1.50 % del peso del cemento de
la adición de Nanosílice

Materiales por tanda de ensayo (3 especimenes):

Cemento: 504.762 * 0.0200 = 10.095 Kg
Arena: 837.299 * 0.0200 = 16.746 Kg
Grava: 775.136 * 0.0200 = 15.503 Kg
Agua Efectiva: 123.305 * 0.0200 = 2.466 Litros
Adición de Nanosílice: 7.571 * 0.0200 = 0.151 Kg

B ADTIVO SUPERPLASTIFICANTE SP-4

1 CON 1 % DE ADTIVO SUPERPLASTIFICANTE SP-4

Datos: materiales secos

Cemento: 504.762 Kg
Arena: 826.709 Kg
Grava: 768.895 Kg
Agua de diseño: 212.000 Litros
Aire: 2.000 %
Reducción o Variacion de Agua: 36.000 %
Aditivo Superplastificante SP-4: 1.000 % del peso del cemento
Peso Especifico SP-4: 1.233 g/ml

Calculo: materiales húmedos

Cemento: = 504.762 Kg
Arena: 826.709 * 1.01281 = 837.299 Kg
Grava: 768.895 * 1.00812 = 775.136 Kg
Agua Efectiva: 212.0 - 5.564 - 2.571 - 76.320 = 127.545 Litros
Aditivo $\frac{504.762 * 0.010}{1.233} = 4.094$ Litros ≈ 5.048 Kg
Superplastificante SP-

Proporciones en Peso:

1.000 : 1.659 : 1.536 / 10.739 Lts por bolsa
1.00 % del peso del cemento de
la adición de Nanosílice

Proporciones en Volumen:

1.000 : 1.399 : 1.621 / 10.739 Lts por bolsa
1.00 % del peso del cemento de
la adición de Nanosílice

Materiales por tanda de ensayo (3 especimenes):

Cemento:	504.762	*	0.0200	=	10.095	Kg
Arena:	837.299	*	0.0200	=	16.746	Kg
Grava:	775.136	*	0.0200	=	15.503	Kg
Agua Efectiva:	127.545	*	0.0200	=	2.551	Litros
Aditivo Superplastificante SP-4:	5.048	*	0.0200	=	0.101	Kg

2 CON 1.5 % DE ADTIVO SUPERPLASTIFICANTE SP-4

Datos: materiales secos

Cemento:	504.762	Kg
Arena:	826.709	Kg
Grava:	768.895	Kg
Agua de diseño:	212.000	Litros
Aire:	2.000	%
Reducción o Variacion de Agua:	38.000	%
Aditivo Superplastificante SP-4:	1.500	% del peso del cemento
Peso Especifico SP-4:	1.233	g/ml

Calculo: materiales húmedos

Cemento:		=	504.762	Kg						
Arena:	826.709	*	1.01281	=	837.299	Kg				
Grava:	768.895	*	1.00812	=	775.136	Kg				
Agua Efectiva:	212.0	-	5.564	-	2.571	-	80.560	=	123.305	Litros
Aditivo Superplastificante SP-4:	504.762	*	0.015	=	6.141	Litros	≈	7.571	Kg	
			1.233							

Proporciones en Peso:

1.000 : 1.659 : 1.536 / 10.382 Lts por bolsa
1.50 % del peso del cemento de
la adición de Nanosílice

Proporciones en Volumen:

1.000 : 1.399 : 1.621 / 10.382 Lts por bolsa
1.50 % del peso del cemento de
la adición de Nanosílice

Materiales por tanda de ensayo (3 especimenes):

Cemento:	504.762	*	0.0200	=	10.095	Kg
Arena:	837.299	*	0.0200	=	16.746	Kg
Grava:	775.136	*	0.0200	=	15.503	Kg
Agua Efectiva:	123.305	*	0.0200	=	2.466	Litros
Aditivo Superplastificante SP-4:	7.571	*	0.0200	=	0.151	Kg

C ADICION DE NANOSÍLICE Y CON ADTIVO SUPERPLASTIFICANTE SP-4

1 CON 0.6 % DE ADICION DE NANOSÍLICE Y CON 0.6 % DE ADTIVO SUPERPLASTIFICANTE SP-4

Datos: materiales secos

Cemento:	504.762	Kg
Arena:	826.709	Kg
Grava:	768.895	Kg
Agua de diseño:	212.000	Litros
Aire:	2.000	%
Reducción o Variacion de Agua:	38.000	%
Adición de Nanosílice:	0.600	% del peso del cemento
Peso Específico Nanosílice:	1.058	g/ml
Aditivo Superplastificante SP-4:	0.600	% del peso del cemento
Peso Específico SP-4:	1.233	g/ml

Calculo: materiales húmedos

Cemento:		=	504.762	Kg						
Arena:	826.709	*	1.01281	= 837.299 Kg						
Grava:	768.895	*	1.00812	= 775.136 Kg						
Agua Efectiva:	212.0	-	5.564	-	2.571	-	80.560	=	123.305	Litros
Adición de Nanosílice:	504.762	*	0.006	=	2.863	Litros	≈	3.029	Kg	
Aditivo Superplastificante SP-4:	504.762	*	0.006	=	2.456	Litros	≈	3.029	Kg	
			1.233							

Proporciones en Peso:

1.000 : 1.659 : 1.536 / 10.382 Lts por bolsa
 0.60 % del peso del cemento de
 la adición de Nanosílice

Proporciones en Volumen:

1.000 : 1.399 : 1.621 / 10.382 Lts por bolsa
 0.60 % del peso del cemento de
 la adición de Nanosílice

Materiales por tanda de ensayo (3 especímenes):

Cemento:	504.762	*	0.0200	=	10.095	Kg
Arena:	837.299	*	0.0200	=	16.746	Kg
Grava:	775.136	*	0.0200	=	15.503	Kg
Agua Efectiva:	123.305	*	0.0200	=	2.466	Litros
Adición de Nanosílice:	3.029	*	0.0200	=	0.061	Kg
Aditivo Superplastificante SP-4:	3.029	*	0.0200	=	0.061	Kg

2 CON 0.8 % DE ADICION DE NANOSÍLICE Y CON 0.8 % DE ADTIVO SUPERPLASTIFICANTE SP-4**Datos: materiales secos**

Cemento:	504.762	Kg
Arena:	826.709	Kg
Grava:	768.895	Kg
Agua de diseño:	212.000	Litros
Aire:	2.000	%
Reducción o Variación de Agua:	40.000	%
Adición de Nanosílice:	0.800	% del peso del cemento
Peso Específico Nanosílice:	1.058	g/ml
Aditivo Superplastificante SP-4:	0.800	% del peso del cemento
Peso Específico SP-4:	1.233	g/ml

Calculo: materiales húmedos

Cemento:		=	504.762	Kg
Arena:	826.709	*	1.01281	= 837.299 Kg
Grava:	768.895	*	1.00812	= 775.136 Kg
Agua Efectiva:	212.0	-	5.564	- 2.571 = 119.065 Litros
Adición de Nanosílice:	504.762	*	0.008	= 3.817 Litros ≈ 4.038 Kg
			1.058	

$$\text{Superplastificante SP-4} \frac{\text{Aditivo } 504.762 * 0.008}{1.233} = 3.275 \text{ Litros} \approx 4.038 \text{ Kg}$$

Proporciones en Peso:

1.000 : 1.659 : 1.536 / 10.025 Lts por bolsa
0.80 % del peso del cemento de la adición de Nanosílice

Proporciones en Volumen:

1.000 : 1.399 : 1.621 / 10.025 Lts por bolsa
0.80 % del peso del cemento de la adición de Nanosílice

Materiales por tanda de ensayo (3 especímenes):

Cemento:	504.762	*	0.0200	=	10.095	Kg
Arena:	837.299	*	0.0200	=	16.746	Kg
Grava:	775.136	*	0.0200	=	15.503	Kg
Agua Efectiva:	119.065	*	0.0200	=	2.381	Litros
Adición de Nanosílice:	4.038	*	0.0200	=	0.081	Kg
Aditivo Superplastificante SP-4:	4.038	*	0.0200	=	0.081	Kg

3 CON 1.2 % DE ADICION DE NANOSÍLICE Y CON 1.2 % DE ADTIVO SUPERPLASTIFICANTE SP-4

Datos: materiales secos

Cemento:	504.762	Kg
Arena:	826.709	Kg
Grava:	768.895	Kg
Agua de diseño:	212.000	Litros
Aire:	2.000	%
Reducción o Variacion de Agua:	42.000	%
Adición de Nanosílice:	1.200	% del peso del cemento
Peso Específico Nanosílice:	1.058	g/ml
Aditivo Superplastificante SP-4:	1.200	% del peso del cemento
Peso Específico SP-4:	1.233	g/ml

Calculo: materiales húmedos

Cemento:		=	504.762	Kg		
Arena:	826.709	*	1.01281	=	837.299	Kg

$$\begin{array}{rcl}
\text{Grava: } 768.895 & * & 1.00812 = 775.136 \text{ Kg} \\
\text{Agua Efectiva: } 212.0 & - & 5.564 - 2.571 - 89.040 = 114.825 \text{ Litros} \\
\text{Adición de } 504.762 & * & 0.012 \\
\text{Nanosílice: } & \frac{1.058}{504.762} & = 5.725 \text{ Litros} \approx 6.057 \text{ Kg} \\
\text{Aditivo } 504.762 & * & 0.012 \\
\text{Superplastificante SP-} & \frac{1.233}{504.762} & = 4.913 \text{ Litros} \approx 6.057 \text{ Kg}
\end{array}$$

Proporciones en Peso:

$$1.000 \quad : \quad 1.659 \quad : \quad 1.536 \quad / \quad 9.668 \text{ Lts por bolsa} \\
1.20 \quad \% \text{ del peso del cemento de} \\
\text{la adición de Nanosílice}$$

Proporciones en Volumen:

$$1.000 \quad : \quad 1.399 \quad : \quad 1.621 \quad / \quad 9.668 \text{ Lts por bolsa} \\
1.20 \quad \% \text{ del peso del cemento de} \\
\text{la adición de Nanosílice}$$

Materiales por tanda de ensayo (3 especímenes):

$$\begin{array}{rcl}
\text{Cemento: } 504.762 & * & 0.0200 = 10.095 \text{ Kg} \\
\text{Arena: } 837.299 & * & 0.0200 = 16.746 \text{ Kg} \\
\text{Grava: } 775.136 & * & 0.0200 = 15.503 \text{ Kg} \\
\text{Agua Efectiva: } 114.825 & * & 0.0200 = 2.297 \text{ Litros} \\
\text{Adición de Nanosílice: } 6.057 & * & 0.0200 = 0.121 \text{ Kg} \\
\text{Aditivo Superplastificante SP-4: } 6.057 & * & 0.0200 = 0.121 \text{ Kg}
\end{array}$$

La adición GAIA nanosílice ha sido utilizada según las indicaciones de las especificaciones técnicas otorgadas por el fabricante.

El aditivo Superplastificante SP-4 ha sido utilizado según las indicaciones de las especificaciones técnicas otorgadas por el fabricante.

4. Ajuste o Corrección por el método ACI - Concreto Patrón (CP)

A) CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS:

CARACTERISTICAS	A. F.	A. G.
T.M. (pulg)	-	3/4 "
T.M.N. (pulg)	-	3/4 "
Peso Especifico de Masa (gr/cm ³)	2.650	2.615
Peso Especifico SSS (gr/cm ³)	2.702	2.645
Peso especifico Aparente (gr/cm ³)	2.795	2.696
Absorcion (%)	1.954	1.146
Contenido de Humedad (%)	1.281	0.812
Modulo de Finura	2.733	6.731
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³)	1766.294	1417.935
Peso U. S. Compactado (Kg/m ³)	1898.512	1555.589

Peso especifico del cemento 3.12 gr/cm³
Slum de diseño 3 - 4 pulg

B) MATERIALES DE DISEÑO:

Cemento 504.762 Kg
Agregado Fino: 826.709 Kg
Agregado Grueso: 768.895 Kg
Agua de Mezcla: 212.000 Lts
Aire 4.524 %

C) MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD:

Cemento: 504.762 = 504.762 Kg
Agregado Fino H: 826.709 * 1.013 = 837.299 Kg
Agregado Grueso H: 768.895 * 1.008 = 775.136 Kg
Agua Efectiva: 212.000 *(5.564)+(2.571) = 220.135 Litros

D) TANDA DE ENSAYO:

Cemento: 504.762 * 0.020 = 10.095 Kg
Agregado Fino H: 837.299 * 0.020 = 16.746 Kg
Agregado Grueso H: 775.136 * 0.020 = 15.503 Kg
Agua Anadida: 220.135 * 0.020 = 3.550 Litros

Peso de la Tanda: 45.894 Kg

E) DATOS DE LABORATORIO:

Agua Adicional:	-0.853 Lts		
Slump o Asenta.:	8.255 cm	=	3.25 pulg
PuC ^o Fresco:	2371.403 Kg/m ³		
Cont. Aire Medido:	4.524 %		
Mezcla:	Satisfactoria		

F) CORRECCION DE LA MEZCLA:

$$1) \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso de la Tanda}}{\text{PuC}^{\circ} \text{ Fresco}} = \frac{45.894}{2371.403} = 0.019 \text{ m}^3$$

2) Agua de Mezcla de la Tanda

Humedad Superficial:

Agregado Fino:	1.954	+	(-1.281)	=	0.673 %
Agregado Grueso:	1.146	+	(-0.812)	=	0.334 %

Aporte da Humedad Superficial:

Agregado Fino:	826.71	*	(-0.67)	*	0.0002	=	-0.111	Litros
Agregado Grueso:	768.90	*	(-0.33)	*	0.0002	=	-0.051	Litros

$$\text{Agua de la Tanda: } 3.55 + (-0.111) + (-0.051) = 3.388 \text{ Litros}$$

$$\text{Agua m}^3 = \frac{3.3880}{0.019} = 178.316 \text{ Litros/m}^3$$

CORRECCION POR ASENTAMIENTO:

$$2.000 * 0.000 = 0.000 \text{ Litros}$$

$$\text{Agua de mezclado: } 178.316 + 0.000 = 178.316 \text{ Litros}$$

CORRECCION POR AIRE:

Aire diseño:	1.500 %
Aire medido:	4.524 %
diferencia:	<u>-3.024 %</u>

$$\begin{aligned} \text{Nueva agua de mezclado: } & 178.316 + (3.024 * 3) \\ & 178.316 + 9.071 = 187.387 \text{ Litros} \end{aligned}$$

3) Relacion Agua/Cemento:

$$a/c = \frac{187.387}{504.762} = 0.371238 \approx 0.380$$

Nuevo Contenido de Cemento:

$$c = \frac{187.387}{0.380} = 493.124 \text{ Kg}$$

$$\approx 11.603 \text{ Bolsas/m}^3$$

4) Contenido de Agregado Grueso:

TRABAJABILIDAD SATISFACTORIA:

$$\text{Agregado grueso húmedo: } \frac{15.50271}{0.019} = 815.9323 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso seco: } \frac{815.9323}{1.008116} = 809.3632 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado grueso sss: } 809.363 * 1.0115 = 818.638 \text{ Kg}$$

Metodo por Pesos:

Agregado fino sss:

$$2371.403 - (493.124 + 187.387 + 818.638) = 872.254 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado fino: } \frac{872.254}{1.01954} = 855.537 \text{ Kg}$$

MEZCLA: Satisfactoria

$$\frac{b}{b_0} = \frac{815.932}{1555.589} = 0.524517$$

Satisfactoria

$$\frac{b}{b_0} + 0.10 * \frac{b}{b_0} = 0.524517 + 0.00000 = 0.524517$$

Nuevo contenido de Agregado Grueso

$$= 0.524517 * 1555.589 = 815.932 \text{ Kg}$$

Nuevo Peso Unitario C⁰

Para -3.024 % de aire

$$= \frac{2371.40}{0.969763} = 2445.344 \text{ Kg/m}^3$$

POR PESOS:

Agregado Fino sss:

$$2445.344 - (493.124 + 187.387 + 815.932 + 1.01146) \\ = 939.5504 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado Fino Seco} \quad \frac{939.5504}{1.01954} = 921.543 \text{ Kg}$$

POR VOLUMENES ABSOLUTOS:

Cálculo del contenido de aire

$$\text{Cemento} \quad \frac{10.09524}{3120} = 0.003236$$

$$\text{Agregado Fino} \quad \frac{16.53}{2795} = 0.005916$$

$$\text{Agregado Grueso} \quad \frac{15.3779}{2696} = 0.005704$$

$$\text{Agua} \quad \frac{3.388}{1000} = 0.003388 \\ \Sigma \quad \underline{\underline{0.018243}}$$

Contenido de Aire

$$= \frac{(0.019000 - 0.018243) * 100}{0.019} = 3.982892 \%$$

$$\approx 3.00 \%$$

Cálculo de volúmenes

$$\text{Cemento} \quad \frac{493.124}{3120.000} = 0.158053 \text{ m}^3$$

$$\text{Agre. Grueso} \quad \frac{815.932}{2795.000} = 0.291926 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} \quad \frac{187.387}{1000.000} = 0.187387 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} \quad \frac{3.000}{100} = 0.03000 \text{ m}^3 \\ \Sigma \quad \underline{\underline{0.66737}}$$

$$\text{Volumen de Agregado Fino} = 1.000 - 0.66737 = 0.33263 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de Agregado Fino} = 0.33263 * 2795.00 = 929.714 \text{ Kg}$$

5) Materiales de Diseño por m³:

	Met. Pesos		Met Vol. Abs.	
Cemento	493.124	Kg	493.124	Kg
Agregado Fino	921.543	Kg	929.714	Kg
Agregado Grueso	815.932	Kg	815.932	Kg
Agua	187.387	Litros	187.387	Litros

6) Proporciones en Peso

	Met. Pesos		Met Vol. Abs.	
Cemento	1		1	
Agregado Fino	1.869		1.885	
Agregado Grueso	1.655		1.655	
Agua	0.380		0.380	

7) Proporciones en Volumen

	Met. Pesos		Met Vol. Abs.	
Cemento	1		1	
Agregado Fino	1.588		1.602	
Agregado Grueso	1.751		1.751	
Agua	16.15	Litros	16.15	Litros

8) Materiales por tanda de ensayo (3 especimenes):

	Met. Pesos				
Cemento:	493.124	*	0.0200	=	9.862 Kg
Agregado Fino:	921.543	*	0.0200	=	18.431 Kg
Agregado Grueso:	815.932	*	0.0200	=	16.319 Kg
Agua efectiva:	187.387	*	0.0200	=	3.748 Litros

G. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO

1. Para la Mezcla Patrón (“CP”)

Tabla N° 59: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “CP”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén										TIPO DE MEZCLA:		CP				
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO				
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.										ADITIVO:		SIN ADITIVO				
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²				
FECHA DE FABRIC.:		14/02/2018										f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²				
FECHA DE ENSAYO:		21/02/2018										f'c ESPERADO:		70 %				
EDAD:		7 Días										# DE ESPÉCIMENES:		9				
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
0701CP0.0	24.75	9.14	15.324	30.525	13.230	0.00562939	2350.165	15.224	30.4	182.02	0.00553796	13.226	2388.246	70858.0	(5)	389.29	77.86	Dúctil
0702CP0.0	23.90	9.40	15.268	30.425	13.240	0.00557001	2377.014	15.168	30.3	180.68	0.00547922	13.231	2414.760	71647.3	(5)	396.54	79.31	Dúctil
0703CP0.0	24.50	8.89	15.416	30.425	13.245	0.00567853	2332.471	15.316	30.3	184.23	0.00558667	13.237	2369.390	71598.4	(5)	388.64	77.73	Dúctil
0704CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.196	29.9	181.35	0.00541786	13.229	2441.647	65322.0	(5)	360.20	72.04	Dúctil
0705CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.242	29.9	182.45	0.00545983	13.234	2423.883	66245.9	(5)	363.09	72.62	Dúctil
0706CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.270	30.1	183.12	0.00550738	13.232	2402.503	65519.3	(5)	357.79	71.56	Dúctil
0707CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.210	30.2	181.69	0.00547781	13.227	2414.696	68090.0	(5)	374.77	74.95	Dúctil
0708CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.205	30.1	181.57	0.00546967	13.233	2419.250	68946.6	(5)	379.73	75.95	Dúctil
0709CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.293	30.2	183.67	0.00554694	13.234	2385.863	68558.8	(5)	373.26	74.65	Dúctil
PROMEDIOS	24.38	9.144	-	-	-	-	2353.217	-	-	-	-	-	2406.693	-	-	375.92	75.18	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 60: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “CP”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén										TIPO DE MEZCLA:		CP				
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO				
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.										ADITIVO:		SIN ADITIVO				
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²				
FECHA DE FABRIC.:		14/02/2018										f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²				
FECHA DE ENSAYO:		28/02/2018										f'c ESPERADO:		80 %				
EDAD:		14 Días										# DE ESPÉCIMENES:		9				
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
1410CP0.0	23.90	9.40	15.325	30.400	13.205	0.00560707	2355.062	15.225	30.3	182.04	0.00551593	13.200	2393.070	83858.4	(5)	460.65	92.13	Dúctil
1411CP0.0	24.75	9.14	15.390	30.450	13.225	0.00566404	2334.906	15.290	30.4	183.60	0.00557231	13.219	2372.266	85492.0	(5)	465.64	93.13	Dúctil
1412CP0.0	24.50	8.89	15.233	30.400	13.175	0.00554031	2378.024	15.133	30.3	179.86	0.00544983	13.172	2416.958	88617.4	(5)	492.70	98.54	Dúctil
1413CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.257	29.8	182.82	0.00545266	13.210	2422.578	75448.5	(5)	412.69	82.54	Dúctil
1414CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.211	29.9	181.73	0.00543818	13.196	2426.454	77243.1	(5)	425.05	85.01	Dúctil
1415CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.179	30.0	180.95	0.00542854	13.186	2429.013	75856.9	(5)	419.21	83.84	Dúctil
1416CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.241	30.1	182.43	0.00548438	13.205	2407.701	79653.5	(5)	436.62	87.32	Dúctil
1417CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.250	30.1	182.66	0.00550501	13.207	2399.133	81367.5	(5)	445.45	89.09	Dúctil
1418CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.156	30.2	180.41	0.00543925	13.179	2422.943	82237.2	(5)	455.84	91.17	Dúctil
PROMEDIOS	24.38	9.144	-	-	-	-	2355.997	-	-	-	-	-	2410.013	-	-	445.98	89.20	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 61: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “CP”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén										TIPO DE MEZCLA:		CP				
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.										CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO				
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.										ADITIVO:		SIN ADITIVO				
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.										f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²				
FECHA DE FABRIC.:		14/02/2018										f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²				
FECHA DE ENSAYO:		14/03/2018										f'c ESPERADO:		100 %				
EDAD:		28 Días										# DE ESPÉCIMENES:		9				
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
2819CP0.0	24.50	8.89	15.145	30.525	12.875	0.00549864	2341.487	15.045	30.4	177.76	0.00540849	12.854	2376.634	95793.2	(5)	538.88	107.78	Dúctil
2820CP0.0	24.75	9.14	15.338	30.425	13.300	0.00562121	2366.040	15.238	30.3	182.35	0.00552991	13.276	2400.762	100457.3	(5)	550.89	110.18	Dúctil
2821CP0.0	23.90	9.40	15.312	30.025	13.125	0.00552887	2373.901	15.212	29.9	181.75	0.00543872	13.108	2410.126	102145.0	(5)	562.02	112.40	Dúctil
2822CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.141	29.9	180.05	0.00537907	13.065	2428.860	92214.7	(5)	512.15	102.43	Dúctil
2823CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.225	29.7	182.05	0.00541143	13.192	2437.803	86810.1	(5)	476.85	95.37	Dúctil
2824CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.128	29.9	179.75	0.00537001	12.981	2417.313	93380.8	(5)	519.51	103.90	Dúctil
2825CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.093	30.2	178.91	0.00539404	12.960	2402.560	94003.9	(5)	525.44	105.09	Dúctil
2826CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.231	30.0	182.20	0.00547062	13.234	2419.102	93633.7	(5)	513.90	102.78	Dúctil
2827CP0.0	-	-	-	-	-	-	-	15.170	29.9	180.75	0.00540430	13.045	2413.726	97762.9	(5)	540.89	108.18	Dúctil
PROMEDIOS	24.38	9.144	-	-	-	-	2360.476	-	-	-	-	-	2411.876	-	-	526.72	105.34	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

2. Para la Mezcla con Adición Gaia Nanosilice al 1.0% ("GN1.0")

Tabla N° 62: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - "GN1.0"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:	GN											
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.					CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO											
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento											
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²											
FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018					f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²											
FECHA DE ENSAYO:	21/02/2018					f'c ESPERADO:	70 %											
EDAD:	7 Días					# DE ESPÉCIMENES:	9											
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
0701GN1.0	25.15	9.14	15.347	30.450	13.690	0.00563280	2430.409	15.247	30.4	182.58	0.00554137	13.681	2468.883	114728.3	(5)	628.36	125.67	Dúctil
0702GN1.0	25.90	9.40	15.300	30.375	13.435	0.00558420	2405.897	15.200	30.3	181.45	0.00549329	13.426	2444.072	116482.2	(5)	641.96	128.39	Dúctil
0703GN1.0	25.30	9.91	15.331	30.500	13.650	0.00562992	2424.545	15.231	30.4	182.19	0.00553850	13.621	2459.332	116594.4	(5)	639.97	127.99	Dúctil
0704GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.223	29.8	182.01	0.00542629	13.554	2497.747	115605.2	(5)	635.14	127.03	Dúctil
0705GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.215	29.9	181.82	0.00544314	13.524	2484.504	116538.3	(5)	640.97	128.19	Dúctil
0706GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.239	30.1	182.38	0.00548522	13.651	2488.687	115661.3	(5)	634.16	126.83	Dúctil
0707GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.235	30.1	182.30	0.00548375	13.617	2483.199	115166.7	(5)	631.75	126.35	Dúctil
0708GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.207	30.1	181.63	0.00546824	13.475	2464.182	116510.2	(5)	641.46	128.29	Dúctil
0709GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.235	30.2	182.29	0.00551187	13.636	2473.932	116127.8	(5)	637.06	127.41	Dúctil
PROMEDIOS	25.45	9.483	-	-	-	-	2420.284	-	-	-	-	-	2473.838	-	-	636.76	127.35	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 63: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - "GN1.0"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:	GN											
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.					CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO											
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento											
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²											
FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018					f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²											
FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018					f'c ESPERADO:	80 %											
EDAD:	14 Días					# DE ESPÉCIMENES:	9											
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
1410GN1.0	25.30	9.91	15.269	30.475	13.610	0.00558026	2438.952	15.169	30.4	180.72	0.00548934	13.578	2473.522	133123.9	(5)	736.64	147.33	Dúctil
1411GN1.0	25.90	9.40	15.360	30.475	13.655	0.00564698	2418.108	15.260	30.4	182.89	0.00555540	13.650	2457.069	133358.5	(5)	729.16	145.83	Dúctil
1412GN1.0	25.15	9.14	15.273	30.625	13.815	0.00561067	2462.273	15.173	30.5	180.81	0.00551936	13.780	2496.668	136030.1	(5)	752.32	150.46	Dúctil
1413GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.215	29.9	181.80	0.00543142	13.614	2506.528	133241.2	(5)	732.88	146.58	Dúctil
1414GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.217	30.1	181.85	0.00546467	13.715	2509.758	134694.3	(5)	740.68	148.14	Dúctil
1415GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.171	30.2	180.77	0.00545011	13.679	2509.856	134577.0	(5)	744.48	148.90	Dúctil
1416GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.192	30.1	181.26	0.00546050	13.596	2489.881	133182.6	(5)	734.75	146.95	Dúctil
1417GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.238	30.2	182.37	0.00550994	13.683	2483.240	134026.4	(5)	734.90	146.98	Dúctil
1418GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.172	30.3	180.79	0.00548473	13.730	2503.222	135303.6	(5)	748.40	149.68	Dúctil
PROMEDIOS	25.45	9.483	-	-	-	-	2439.778	-	-	-	-	-	2492.194	-	-	739.36	147.87	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 64: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - "GN1.0"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:	GN											
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.					CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO											
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento											
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²											
FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018					f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²											
FECHA DE ENSAYO:	14/03/2018					f'c ESPERADO:	100 %											
EDAD:	28 Días					# DE ESPÉCIMENES:	9											
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
2819GN1.0	25.30	9.91	15.295	30.125	13.525	0.00553498	2443.551	15.195	30.0	181.34	0.00544470	13.477	2475.249	151896.9	(5)	837.64	167.53	Dúctil
2820GN1.0	25.15	9.14	15.301	30.350	13.570	0.00558069	2431.597	15.201	30.3	181.48	0.00548984	13.556	2469.289	147440.8	(5)	812.43	162.49	Dúctil
2821GN1.0	25.90	9.40	15.458	30.250	13.585	0.00567704	2392.973	15.358	30.2	185.25	0.00558530	13.574	2430.308	153650.8	(5)	829.42	165.88	Dúctil
2822GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.198	29.6	181.41	0.00537656	13.517	2513.969	149668.8	(5)	825.03	165.01	Dúctil
2823GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.280	29.8	183.36	0.00546417	13.565	2482.535	150545.8	(5)	821.03	164.21	Dúctil
2824GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.277	29.8	183.29	0.00545974	13.526	2477.317	152773.9	(5)	833.51	166.70	Dúctil
2825GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.197	29.8	181.37	0.00541064	13.497	2494.484	150782.9	(5)	831.33	166.27	Dúctil
2826GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.240	30.0	182.42	0.00547718	13.561	2475.817	148993.3	(5)	816.76	163.35	Dúctil
2827GN1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.317	30.0	184.27	0.00552230	13.550	2453.642	153212.4	(5)	831.46	166.29	Dúctil
PROMEDIOS	25.45	9.483	-	-	-	-	2422.707	-	-	-	-	-	2474.735	-	-	826.51	165.30	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

3. Para la Mezcla con Adición Gaia Nanosilice al 1.5% (“GN1.5”)

Tabla N° 65: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “GN1.5”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:		GN									
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.					CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO									
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:		Gaia Nanosilice al 1.5% en peso del cemento									
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²									
FECHA DE FABRIC.:		17/02/2018					f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²									
FECHA DE ENSAYO:		24/02/2018					f'c ESPERADO:		70 %									
EDAD:		7 Días					# DE ESPÉCIMENES:		9									
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
0701GN1.5	24.80	9.14	15.338	30.250	13.451	0.00558924	2406.589	15.238	30.2	182.37	0.00549836	13.359	2429.634	111924.1	(6)	613.73	122.75	Dúctil
0702GN1.5	25.30	9.65	15.328	30.350	13.588	0.00560004	2426.411	15.243	30.3	182.49	0.00552022	13.585	2460.954	114789.5	(6)	629.03	125.81	Dúctil
0703GN1.5	25.50	9.40	15.326	30.450	13.686	0.00561739	2436.361	15.226	30.4	182.08	0.00552612	13.671	2473.888	115326.7	(6)	633.07	126.61	Dúctil
0704GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.241	29.7	182.43	0.00541807	13.472	2486.493	113356.8	(6)	621.38	124.28	Dúctil
0705GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.235	29.9	182.28	0.00545026	13.628	2500.430	115029.1	(6)	631.05	126.21	Dúctil
0706GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.232	30.0	182.22	0.00545759	13.515	2476.370	113596.4	(6)	623.39	124.68	Dúctil
0707GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.239	29.9	182.40	0.00545822	13.416	2457.851	112640.4	(6)	617.56	123.51	Dúctil
0708GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.239	30.1	182.38	0.00548522	13.607	2480.574	114909.3	(6)	630.04	126.01	Dúctil
0709GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.229	30.2	182.15	0.00549187	13.593	2475.115	114432.6	(6)	628.23	125.65	Dúctil
PROMEDIOS	25.20	9.398	-	-	-	-	2423.120	-	-	-	-	-	2471.257	-	-	625.27	125.05	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 66: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “GN1.5”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:		GN									
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.					CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO									
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:		Gaia Nanosilice al 1.5% en peso del cemento									
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²									
FECHA DE FABRIC.:		17/02/2018					f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²									
FECHA DE ENSAYO:		03/03/2018					f'c ESPERADO:		80 %									
EDAD:		14 Días					# DE ESPÉCIMENES:		9									
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
1410GN1.5	25.30	9.65	15.306	30.200	13.540	0.00555638	2436.839	15.206	30.1	181.59	0.00546585	13.514	2472.442	114198.0	(5)	628.88	125.78	Dúctil
1411GN1.5	25.50	9.40	15.336	30.300	13.599	0.00559665	2429.845	15.236	30.2	182.31	0.00550567	13.576	2465.821	122467.9	(5)	671.77	134.35	Dúctil
1412GN1.5	24.80	9.14	15.365	30.250	13.687	0.00560857	2440.371	15.265	30.2	183.00	0.00551750	13.676	2478.659	123426.4	(5)	674.46	134.89	Dúctil
1413GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.221	29.7	181.95	0.00539476	13.545	2510.768	118333.0	(5)	650.37	130.07	Dúctil
1414GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.250	29.8	182.65	0.00543853	13.626	2505.458	122947.2	(5)	673.11	134.62	Dúctil
1415GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.235	29.8	182.30	0.00543695	13.595	2500.483	118812.2	(5)	651.76	130.35	Dúctil
1416GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.213	29.9	181.77	0.00543035	13.530	2491.462	116265.5	(5)	639.63	127.93	Dúctil
1417GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.243	30.0	182.48	0.00547213	13.601	2485.502	122707.5	(5)	672.44	134.49	Dúctil
1418GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.250	30.0	182.65	0.00547716	13.636	2489.519	121119.3	(5)	663.13	132.63	Dúctil
PROMEDIOS	25.20	9.398	-	-	-	-	2435.685	-	-	-	-	-	2488.901	-	-	658.39	131.68	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 67: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “GN1.5”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:		GN									
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.					CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO									
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:		Gaia Nanosilice al 1.5% en peso del cemento									
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²									
FECHA DE FABRIC.:		17/02/2018					f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²									
FECHA DE ENSAYO:		17/03/2018					f'c ESPERADO:		100 %									
EDAD:		28 Días					# DE ESPÉCIMENES:		9									
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA							DATOS PROBETA ENDURECIDA					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
2819GN1.5	24.80	9.14	15.259	30.500	13.457	0.00557753	2412.717	15.159	30.4	180.48	0.00548662	13.412	2444.494	131074.3	(5)	726.25	145.25	Dúctil
2820GN1.5	25.50	9.40	15.336	30.400	13.692	0.00561549	2438.256	15.236	30.3	182.32	0.00552426	13.648	2470.555	133144.3	(5)	730.28	146.06	Dúctil
2821GN1.5	25.30	9.65	15.331	30.525	13.664	0.00563490	2424.886	15.231	30.4	182.20	0.00554341	13.541	2442.719	133276.9	(5)	731.49	146.30	Dúctil
2822GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.198	29.9	181.40	0.00541475	13.530	2498.730	132109.3	(5)	728.28	145.66	Dúctil
2823GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.234	30.0	182.26	0.00546094	13.595	2489.407	133210.6	(5)	730.89	146.18	Dúctil
2824GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.195	30.1	181.34	0.00546057	13.477	2467.965	132175.6	(5)	728.89	145.78	Dúctil
2825GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.178	30.1	180.94	0.00545080	13.471	2471.380	131591.8	(5)	727.27	145.45	Dúctil
2826GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.235	30.1	182.29	0.00549260	13.621	2479.929	133177.5	(5)	730.58	146.12	Dúctil
2827GN1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.213	30.3	181.77	0.00550192	13.509	2455.280	132726.3	(5)	730.19	146.04	Dúctil
PROMEDIOS	25.20	9.398	-	-	-	-	2425.286	-	-	-	-	-	2468.940	-	-	729.35	145.87	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

4. Para la Mezcla con Aditivo Superplastificante SP-4 al 1.0% ("SP1.0")

Tabla N° 68: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - "SP1.0"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:		SP										
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.				CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO										
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:		SP-4 al 1% en peso del cemento										
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm²										
FECHA DE FABRIC.:		21/02/2018				f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm²										
FECHA DE ENSAYO:		28/02/2018				f'c ESPERADO:		70 %										
EDAD:		7 Días				# DE ESPÉCIMENES:		9										
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (m³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
0701SP1.0	23.80	8.38	15.299	30.300	13.387	0.00557004	2403.392	15.199	30.2	181.43	0.00547932	13.331	2432.965	109167.8	(5)	601.69	120.34	Dúctil
0702SP1.0	24.80	8.64	15.347	30.450	13.434	0.00563280	2384.960	15.247	30.4	182.58	0.00554137	13.431	2423.768	107478.1	(5)	588.66	117.73	Dúctil
0703SP1.0	24.50	9.14	15.372	30.375	13.623	0.00563725	2416.606	15.272	30.3	183.18	0.00554582	13.618	2455.543	108334.6	(5)	591.41	118.28	Dúctil
0704SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.223	29.8	182.01	0.00541929	13.381	2469.144	108322.9	(5)	595.15	119.03	Dúctil
0705SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.260	29.9	182.88	0.00547045	13.525	2472.282	107906.4	(5)	590.03	118.01	Dúctil
0706SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.236	29.9	182.31	0.00545782	13.475	2468.845	108751.2	(5)	596.53	119.31	Dúctil
0707SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.211	30.0	181.72	0.00544936	13.356	2450.929	108745.3	(5)	598.42	119.68	Dúctil
0708SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.253	30.1	182.73	0.00550594	13.478	2447.854	107692.2	(5)	589.35	117.87	Dúctil
0709SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.254	30.1	182.74	0.00550174	13.546	2462.177	108542.9	(5)	593.96	118.79	Dúctil
PROMEDIOS	24.37	8.721	-	-	-	-	2401.653	-	-	-	-	-	2453.723	-	-	593.91	118.78	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Tabla N° 69: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - "SP1.0"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:		SP										
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.				CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO										
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:		SP-4 al 1% en peso del cemento										
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm²										
FECHA DE FABRIC.:		21/02/2018				f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm²										
FECHA DE ENSAYO:		07/03/2018				f'c ESPERADO:		80 %										
EDAD:		14 Días				# DE ESPÉCIMENES:		9										
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (m³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
1410SP1.0	24.50	9.14	15.353	30.400	13.474	0.00562795	2394.124	15.233	30.3	182.73	0.00553660	13.471	2433.082	121387.0	(5)	664.31	132.86	Dúctil
1411SP1.0	23.80	8.38	15.313	30.450	13.435	0.00560787	2395.741	15.213	30.4	181.77	0.00551669	13.432	2434.795	117644.7	(5)	647.22	129.44	Dúctil
1412SP1.0	24.80	8.64	15.356	30.550	13.645	0.00565756	2411.818	15.256	30.5	182.79	0.00556583	13.635	2449.769	124558.3	(5)	681.44	136.29	Dúctil
1413SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.233	29.8	182.25	0.00543552	13.452	2474.740	119515.8	(5)	655.79	131.16	Dúctil
1414SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.234	30.0	182.28	0.00546831	13.534	2474.895	121101.5	(5)	664.38	132.88	Dúctil
1415SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.254	30.1	182.76	0.00549639	13.553	2465.802	122972.7	(5)	672.88	134.58	Dúctil
1416SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.243	30.1	182.49	0.00548600	13.461	2453.745	120451.4	(5)	660.06	132.01	Dúctil
1417SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.224	30.2	182.02	0.00549254	13.483	2454.738	119373.1	(5)	655.81	131.16	Dúctil
1418SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.255	30.3	182.77	0.00553111	13.594	2457.736	123765.5	(5)	677.16	135.43	Dúctil
PROMEDIOS	24.37	8.721	-	-	-	-	2400.561	-	-	-	-	-	2455.478	-	-	664.34	132.87	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 70: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - "SP1.0"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:		SP										
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.				CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO										
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:		SP-4 al 1% en peso del cemento										
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm²										
FECHA DE FABRIC.:		21/02/2018				f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm²										
FECHA DE ENSAYO:		21/03/2018				f'c ESPERADO:		100 %										
EDAD:		28 Días				# DE ESPÉCIMENES:		9										
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (m³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
2819SP1.0	24.80	8.64	15.334	30.450	13.625	0.00562326	2422.972	15.234	30.4	182.27	0.00553193	13.620	2462.071	135265.4	(5)	742.11	148.42	Dúctil
2820SP1.0	24.50	9.14	15.294	30.525	13.583	0.00560774	2422.189	15.194	30.4	181.32	0.00551651	13.576	2460.975	136682.8	(5)	753.84	150.77	Dúctil
2821SP1.0	23.80	8.38	15.321	30.550	13.649	0.00563180	2423.560	15.221	30.5	181.95	0.00554032	13.644	2462.673	138416.3	(5)	760.75	152.15	Dúctil
2822SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.214	29.9	181.79	0.00543333	13.598	2502.700	135974.1	(5)	747.96	149.59	Dúctil
2823SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.207	30.0	181.63	0.00545576	13.610	2494.612	137549.5	(5)	757.30	151.46	Dúctil
2824SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.227	30.1	182.11	0.00548150	13.632	2486.911	136840.8	(5)	751.42	150.28	Dúctil
2825SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.224	30.1	182.03	0.00548257	13.609	2482.229	135619.7	(5)	745.03	149.01	Dúctil
2826SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.201	30.2	181.47	0.00548617	13.593	2477.687	137116.1	(5)	755.57	151.11	Dúctil
2827SP1.0	-	-	-	-	-	-	-	15.224	30.3	182.03	0.00551092	13.638	2474.721	137628.5	(5)	756.08	151.22	Dúctil
PROMEDIOS	24.37	8.721	-	-	-	-	2422.907	-	-	-	-	-	2478.287	-	-	752.23	150.45	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

5. Para la Mezcla con Aditivo Superplastificante SP-4 al 1.5% ("SP1.5")

Tabla N° 71: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - "SP1.5"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:	SP												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.					CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018					f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	01/03/2018					f'c ESPERADO:	70 %												
EDAD:	7 Días					# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA	
0701SP1.5	25.80	9.65	15.527	30.875	13.064	0.00584580	2234.767	15.427	30.8	186.91	0.00575205	12.985	2257.456	95685.1	(5)	511.94	102.39	Dúctil	
0702SP1.5	24.60	9.40	15.425	30.700	13.648	0.00573655	2379.132	15.325	30.6	184.44	0.00564396	13.588	2407.529	93531.4	(5)	507.10	101.42	Dúctil	
0703SP1.5	24.90	8.13	15.375	30.150	13.577	0.00559731	2425.630	15.275	30.1	183.24	0.00550641	13.472	2446.604	93236.7	(5)	508.82	101.76	Dúctil	
0704SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.376	30.2	185.67	0.00560500	13.287	2370.473	94608.2	(5)	509.54	101.91	Dúctil	
0705SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.300	29.9	183.84	0.00550147	13.530	2459.344	93384.1	(5)	507.96	101.59	Dúctil	
0706SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.351	30.1	185.07	0.00557291	13.229	2373.717	94460.9	(5)	510.41	102.08	Dúctil	
0707SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.401	30.5	186.29	0.00567833	13.136	2313.313	95146.7	(5)	510.75	102.15	Dúctil	
0708SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.312	30.3	184.14	0.00557261	13.559	2433.151	93457.8	(5)	507.53	101.51	Dúctil	
0709SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.313	30.1	184.15	0.00553959	13.350	2409.969	93848.8	(5)	509.62	101.92	Dúctil	
PROMEDIOS	25.10	9.059	-	-	-	-	2346.510	-	-	-	-	-	2385.728	-	-	509.30	101.86	100 %	Dúctil

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Tabla N° 72: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - "SP1.5"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:	SP												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.					CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018					f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	08/03/2018					f'c ESPERADO:	80 %												
EDAD:	14 Días					# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA	
1410SP1.5	24.60	9.40	15.292	30.325	13.545	0.00556918	2432.138	15.192	30.2	181.26	0.00547845	13.454	2455.805	105187.8	(5)	580.33	116.07	Dúctil	
1411SP1.5	24.90	8.13	15.350	30.275	13.597	0.00560225	2427.060	15.250	30.2	182.64	0.00551123	13.543	2457.347	109327.9	(5)	598.59	119.72	Dúctil	
1412SP1.5	25.80	9.65	15.264	30.250	13.307	0.00553508	2404.123	15.164	30.2	180.59	0.00544473	13.285	2439.975	107977.7	(5)	597.92	119.58	Dúctil	
1413SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.221	29.7	181.95	0.00540386	13.499	2497.936	107257.8	(5)	589.50	117.90	Dúctil	
1414SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.207	29.8	181.61	0.00540528	13.414	2481.650	108652.8	(5)	598.26	119.65	Dúctil	
1415SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.178	29.9	180.92	0.00540729	13.370	2472.494	106582.8	(5)	589.11	117.82	Dúctil	
1416SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.206	30.0	181.60	0.00544124	13.476	2476.687	106222.8	(5)	584.92	116.98	Dúctil	
1417SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.228	30.0	182.13	0.00545813	13.479	2469.433	108990.3	(5)	598.43	119.69	Dúctil	
1418SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.171	30.0	180.75	0.00542603	13.327	2456.169	107280.3	(5)	593.51	118.70	Dúctil	
PROMEDIOS	25.10	9.059	-	-	-	-	2421.107	-	-	-	-	-	2467.500	-	-	592.29	118.46	100 %	Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 73: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - "SP1.5"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:	SP												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.					CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018					f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018					f'c ESPERADO:	100 %												
EDAD:	28 Días					# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA	
2819SP1.5	24.90	8.13	15.300	30.250	13.474	0.00556158	2422.693	15.200	30.2	181.46	0.00547097	13.417	2452.399	120025.7	(5)	661.45	132.29	Dúctil	
2820SP1.5	25.80	9.65	15.326	30.150	13.454	0.00556169	2419.050	15.226	30.1	182.07	0.00547114	13.418	2452.507	120720.1	(5)	663.05	132.61	Dúctil	
2821SP1.5	24.60	9.40	15.357	30.250	13.490	0.00560273	2407.754	15.257	30.2	182.81	0.00551172	13.478	2445.335	122906.4	(5)	672.32	134.46	Dúctil	
2822SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.213	29.6	181.76	0.00538018	13.418	2493.874	120372.9	(5)	662.25	132.45	Dúctil	
2823SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.241	29.7	182.44	0.00541843	13.448	2481.901	121813.3	(5)	667.69	133.54	Dúctil	
2824SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.228	29.9	182.13	0.00543669	13.448	2473.474	121466.0	(5)	666.91	133.38	Dúctil	
2825SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.206	29.9	181.61	0.00542562	13.417	2472.944	120199.3	(5)	661.85	132.57	Dúctil	
2826SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.233	29.9	182.25	0.00544481	13.433	2467.119	121266.7	(5)	665.38	133.08	Dúctil	
2827SP1.5	-	-	-	-	-	-	-	15.242	30.0	182.47	0.00547415	13.463	2459.333	122186.2	(5)	669.62	133.92	Dúctil	
PROMEDIOS	25.10	9.059	-	-	-	-	2416.499	-	-	-	-	-	2466.543	-	-	665.61	133.12	100 %	Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

6. Para la Mezcla con Adición Gaia Nanosilíce y Aditivo Superplastificante SP-4 al 0.6% (“NS0.6”)

Tabla N° 74: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “NS0.6”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:	NS												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.				CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:	Gaia Nanosilíce y SP-4 al 0.6% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018				f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	01/03/2018				f'c ESPERADO:	70 %												
EDAD:	7 Días				# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
0701NS0.6	24.20	8.64	15.330	30.350	13.469	0.00560150	2404.533	15.230	30.3	182.16	0.00551044	13.464	2443.361	99150.1	(5)	544.29	108.86	Dúctil
0702NS0.6	24.50	8.89	15.340	30.440	13.435	0.00562581	2388.100	15.240	30.3	182.41	0.00553446	13.419	2424.536	97673.5	(5)	535.45	107.09	Dúctil
0703NS0.6	24.90	9.40	15.350	30.500	13.337	0.00564389	2363.088	15.250	30.4	182.64	0.00555232	13.333	2401.338	101458.7	(5)	555.51	111.10	Dúctil
0704NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.235	29.8	182.29	0.00543130	13.441	2474.775	98411.8	(5)	539.87	107.97	Dúctil
0705NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.245	30.0	182.53	0.00547038	13.376	2445.124	99566.1	(5)	545.48	109.10	Dúctil
0706NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.240	30.0	182.40	0.00547664	13.399	2446.481	100304.4	(5)	549.91	109.98	Dúctil
0707NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.232	30.0	182.23	0.00547089	13.453	2458.948	98780.9	(5)	542.08	108.42	Dúctil
0708NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.242	30.2	182.47	0.00550243	13.397	2434.765	98619.8	(5)	540.47	108.09	Dúctil
0709NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.245	30.2	182.52	0.00551446	13.366	2423.764	100881.5	(5)	552.71	110.54	Dúctil
PROMEDIOS	24.53	8.975	-	-	-	-	2385.240	-	-	-	-	-	2439.232	-	-	545.08	109.02	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 75: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “NS0.6”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:	NS												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.				CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:	Gaia Nanosilíce y SP-4 al 0.6% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018				f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	08/03/2018				f'c ESPERADO:	80 %												
EDAD:	14 Días				# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
1410NS0.6	24.50	8.89	15.382	30.375	13.439	0.00564421	2381.022	15.282	30.3	183.41	0.00555272	13.435	2419.534	104755.4	(5)	571.16	114.23	Dúctil
1411NS0.6	24.90	9.40	15.369	30.450	13.451	0.00564859	2381.302	15.269	30.4	183.10	0.00555701	13.436	2417.846	103355.4	(5)	564.48	112.90	Dúctil
1412NS0.6	24.20	8.64	15.355	30.550	13.404	0.00565719	2369.374	15.255	30.5	182.77	0.00565647	13.397	2407.166	107213.0	(5)	586.59	117.32	Dúctil
1413NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.275	29.8	183.25	0.00546325	13.436	2459.252	104055.4	(5)	567.82	113.56	Dúctil
1414NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.262	30.0	182.94	0.00548807	13.417	2444.665	105284.2	(5)	575.53	115.11	Dúctil
1415NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.268	30.1	183.09	0.00550419	13.416	2437.415	105984.2	(5)	578.86	115.77	Dúctil
1416NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.278	30.0	183.33	0.00550797	13.435	2439.240	104405.4	(5)	569.49	113.90	Dúctil
1417NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.265	30.2	183.02	0.00552253	13.426	2431.178	104319.8	(5)	570.00	114.00	Dúctil
1418NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.262	30.3	182.93	0.00553486	13.407	2422.194	106598.6	(5)	582.72	116.54	Dúctil
PROMEDIOS	24.53	8.975	-	-	-	-	2377.233	-	-	-	-	-	2430.943	-	-	574.07	114.81	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 76: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “NS0.6”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:	NS												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.				CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:	Gaia Nanosilíce y SP-4 al 0.6% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018				f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	22/03/2018				f'c ESPERADO:	100 %												
EDAD:	28 Días				# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO							DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO					DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
2819NS0.6	24.90	9.40	15.371	30.650	13.521	0.00568754	2377.301	15.271	30.6	183.16	0.00559546	13.486	2410.167	114014.5	(5)	622.49	124.50	Dúctil
2820NS0.6	24.20	8.64	15.329	30.450	13.428	0.00561923	2389.653	15.229	30.4	182.14	0.00552793	13.418	2427.218	104377.1	(5)	573.06	114.61	Dúctil
2821NS0.6	24.50	8.89	15.286	30.275	13.317	0.00555563	2397.028	15.186	30.2	181.11	0.00546507	13.309	2435.287	117012.4	(5)	646.08	129.22	Dúctil
2822NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.250	30.0	182.65	0.00547031	13.452	2459.046	109195.8	(5)	597.85	119.57	Dúctil
2823NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.207	29.9	181.63	0.00542379	13.363	2463.820	110694.8	(5)	609.47	121.89	Dúctil
2824NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.228	30.1	182.13	0.00547539	13.398	2446.858	115513.5	(5)	634.22	126.84	Dúctil
2825NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.260	30.3	182.90	0.00553281	13.469	2434.365	111605.1	(5)	610.19	122.04	Dúctil
2826NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.218	30.1	181.88	0.00547580	13.390	2445.374	107536.0	(5)	591.24	118.25	Dúctil
2827NS0.6	-	-	-	-	-	-	-	15.207	30.1	181.62	0.00547024	13.353	2441.070	116262.9	(5)	640.13	128.03	Dúctil
PROMEDIOS	24.53	8.975	-	-	-	-	2387.994	-	-	-	-	-	2440.356	-	-	613.86	122.77	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

7. Para la Mezcla con Adición Gaia Nanosilíce y Aditivo Superplastificante SP-4 al 0.8% (“NS0.8”)

Tabla N° 77: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad - “NS0.8”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:	NS												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.				CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:	Gaia Nanosilíce y SP-4 al 0.8% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018				f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	01/03/2018				f'c ESPERADO:	70 %												
EDAD:	7 Días				# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
0701NS0.8	24.60	9.14	15.381	30.850	13.392	0.00573173	2336.466	15.281	30.8	183.39	0.00563910	13.391	2374.668	94071.9	(5)	512.97	102.59	Dúctil
0702NS0.8	24.10	7.87	15.597	30.350	13.797	0.00579833	2379.479	15.497	30.3	188.61	0.00570535	13.792	2417.379	96854.7	(5)	513.53	102.71	Dúctil
0703NS0.8	25.30	9.65	15.366	30.750	13.529	0.00570202	2372.670	15.266	30.7	183.03	0.00560974	13.527	2411.343	98035.5	(5)	535.64	107.13	Dúctil
0704NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.389	30.0	185.99	0.00557961	13.592	2435.924	95463.3	(5)	513.28	102.66	Dúctil
0705NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.381	30.1	185.81	0.00558346	13.660	2446.422	97445.1	(5)	524.45	104.89	Dúctil
0706NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.273	30.4	183.21	0.00556945	13.459	2416.577	96053.7	(5)	524.29	104.86	Dúctil
0707NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.335	30.4	184.68	0.00560977	13.491	2404.954	94767.6	(5)	513.13	102.63	Dúctil
0708NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.439	30.2	187.20	0.00564419	13.726	2431.838	97149.9	(5)	518.95	103.79	Dúctil
0709NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.269	30.5	183.12	0.00558960	13.493	2413.946	97044.6	(5)	529.96	105.99	Dúctil
PROMEDIOS	24.67	8.890	-	-	-	-	2362.871	-	-	-	-	-	2417.006	-	-	520.69	104.14	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 78: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - “NS0.8”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:	NS												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.				CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:	Gaia Nanosilíce y SP-4 al 0.8% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018				f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	08/03/2018				f'c ESPERADO:	80 %												
EDAD:	14 Días				# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
1410NS0.8	24.10	7.87	15.313	30.450	13.456	0.00560787	2399.486	15.213	30.4	181.77	0.00551669	13.423	2433.163	107560.7	(5)	591.74	118.35	Dúctil
1411NS0.8	25.30	9.65	15.347	30.575	13.281	0.00565555	2348.312	15.247	30.5	182.57	0.00556383	13.265	2384.149	111817.0	(5)	612.46	122.49	Dúctil
1412NS0.8	24.60	9.14	15.337	30.400	13.287	0.00561622	2365.825	15.237	30.3	182.34	0.00552499	13.274	2402.539	109334.0	(5)	599.61	119.92	Dúctil
1413NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.230	29.9	182.17	0.00544914	13.344	2448.826	109688.8	(5)	602.13	120.43	Dúctil
1414NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.242	30.0	182.46	0.00547142	13.270	2425.240	110575.5	(5)	606.04	121.21	Dúctil
1415NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.225	30.0	182.06	0.00546622	13.349	2441.996	108447.3	(5)	595.68	119.14	Dúctil
1416NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.221	30.1	181.97	0.00548296	13.384	2440.928	108624.8	(5)	596.94	119.39	Dúctil
1417NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.244	30.2	182.51	0.00551761	13.267	2404.528	111196.2	(5)	609.25	121.85	Dúctil
1418NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.231	30.2	182.20	0.00549559	13.311	2422.171	108890.6	(5)	597.65	119.53	Dúctil
PROMEDIOS	24.67	8.890	-	-	-	2371.208	-	-	-	-	-	-	2422.616	-	-	601.28	120.26	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 79: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - “NS0.8”

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:	Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén				TIPO DE MEZCLA:	NS												
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.				CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO												
PROCED. DE LOS AGREG.:	Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.				ADITIVO:	Gaia Nanosilíce y SP-4 al 0.8% en peso del cemento												
UBICACIÓN DE INVEST.:	UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.				f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²												
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018				f'cr REQUERIDA:	600 kg/cm ²												
FECHA DE ENSAYO:	22/03/2018				f'c ESPERADO:	100 %												
EDAD:	28 Días				# DE ESPÉCIMENES:	9												
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
2819NS0.8	25.30	9.65	15.299	30.550	13.443	0.00561563	2393.853	15.199	30.5	181.42	0.00552432	13.413	2427.992	119166.1	(5)	656.84	131.37	Dúctil
2820NS0.8	24.60	9.14	15.285	30.650	13.434	0.00562408	2388.659	15.185	30.6	181.10	0.00553262	13.408	2423.446	122172.2	(5)	674.61	134.92	Dúctil
2821NS0.8	24.10	7.87	15.407	30.700	13.599	0.00572316	2376.133	15.307	30.6	184.01	0.00563071	13.564	2408.933	123110.3	(5)	669.04	133.81	Dúctil
2822NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.192	30.0	181.26	0.00543784	13.411	2466.143	120669.1	(5)	665.72	133.14	Dúctil
2823NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.246	30.2	182.55	0.00550852	13.486	2448.209	122641.3	(5)	671.81	134.36	Dúctil
2824NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.253	30.2	182.71	0.00552253	13.489	2442.448	121138.2	(5)	662.99	132.60	Dúctil
2825NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.195	30.2	181.34	0.00548106	13.412	2446.925	119917.6	(5)	661.28	132.26	Dúctil
2826NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.215	30.4	181.83	0.00552068	13.447	2435.750	122406.7	(5)	673.21	134.64	Dúctil
2827NS0.8	-	-	-	-	-	-	-	15.280	30.4	183.36	0.00557648	13.526	2425.588	122124.3	(5)	666.03	133.21	Dúctil
PROMEDIOS	24.67	8.890	-	-	-	2386.215	-	-	-	-	-	-	2436.159	-	-	666.84	133.37	100 % Dúctil

Fuente: Elaboración propia (2018).

8. Para la Mezcla con Adición Gaia Nanosilíce y Aditivo Superplastificante SP-4 al 1.2% ("NS1.2")

Tabla N° 80: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad – "NS1.2"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:		NS									
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.					CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO									
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:		Gaia Nanosilíce y SP-4 al 1.2% en peso del cemento									
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²									
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018					f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²									
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018					f'c ESPERADO:		70 %									
EDAD:		7 Días					# DE ESPÉCIMENES:		9									
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
0701NS1.2	24.70	8.64	15.946	29.850	14.548	0.00596126	2440.426	15.846	29.8	197.21	0.00586700	14.502	2471.791	96261.2	(5)	488.11	97.62	Dúctil
0702NS1.2	25.40	7.87	15.063	29.925	13.009	0.00533270	2439.478	14.963	29.8	175.84	0.00524454	12.995	2477.813	99464.1	(5)	565.64	113.13	Dúctil
0703NS1.2	23.90	9.91	15.364	30.000	13.378	0.00556149	2405.469	15.264	29.9	182.98	0.00547103	13.352	2440.490	101249.7	(5)	553.34	110.67	Dúctil
0704NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.405	29.3	186.37	0.00545843	13.749	2518.767	97862.7	(5)	525.09	105.02	Dúctil
0705NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.113	29.5	179.39	0.00528537	13.174	2492.447	100356.9	(5)	559.42	111.88	Dúctil
0706NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.555	29.5	190.03	0.00561056	13.927	2482.285	98755.4	(5)	519.69	103.94	Dúctil
0707NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.625	29.5	191.75	0.00566033	14.125	2495.481	97061.9	(5)	506.18	101.24	Dúctil
0708NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.038	29.6	177.61	0.00526515	13.084	2485.069	99910.5	(5)	562.51	112.50	Dúctil
0709NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.409	29.7	186.49	0.00554096	13.640	2461.577	100002.5	(5)	536.25	107.25	Dúctil
PROMEDIOS	24.67	8.805	-	-	-	-	2428.457	-	-	-	-	-	2480.636	-	-	535.14	107.03	100 %

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 81: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad - "NS1.2"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:		NS									
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.					CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO									
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:		Gaia Nanosilíce y SP-4 al 1.2% en peso del cemento									
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²									
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018					f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²									
FECHA DE ENSAYO:		12/03/2018					f'c ESPERADO:		80 %									
EDAD:		14 Días					# DE ESPÉCIMENES:		9									
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
1410NS1.2	25.40	7.87	15.287	30.325	13.250	0.00556553	2380.724	15.187	30.2	181.14	0.00547484	13.227	2415.960	114731.3	(5)	633.40	126.68	Dúctil
1411NS1.2	23.90	9.91	15.125	29.800	13.074	0.00535423	2441.808	15.025	29.7	177.30	0.00526593	13.038	2475.915	110680.0	(5)	624.24	124.85	Dúctil
1412NS1.2	24.70	8.64	15.288	30.325	13.424	0.00556663	2411.515	15.188	30.2	181.17	0.00547592	13.398	2446.711	114565.1	(5)	632.36	126.47	Dúctil
1413NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.106	29.5	179.22	0.00528012	13.133	2487.158	112705.7	(5)	628.89	125.78	Dúctil
1414NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.107	29.6	179.23	0.00529857	13.218	2494.635	112622.6	(5)	628.36	125.67	Dúctil
1415NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.187	29.9	181.15	0.00542104	13.313	2455.711	114648.2	(5)	632.88	126.58	Dúctil
1416NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.146	29.8	180.17	0.00537708	13.180	2451.099	113718.5	(5)	631.16	126.23	Dúctil
1417NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.066	29.6	178.27	0.00528228	13.128	2485.291	111651.3	(5)	626.31	125.26	Dúctil
1418NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.188	30.1	181.16	0.00544848	13.355	2451.189	114606.7	(5)	632.62	126.52	Dúctil
PROMEDIOS	24.67	8.805	-	-	-	-	2411.349	-	-	-	-	-	2462.630	-	-	630.02	126.00	100 %

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 82: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad - "NS1.2"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																		
ASTM C39 / NTP 339.034																		
ELABORADO POR:		Bach. Ing. Henry H. Cabanillas Guillén					TIPO DE MEZCLA:		NS									
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.					CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO									
PROCED. DE LOS AGREG.:		Cantera "Margarita", Río Jequetepeque - Chilete.					ADITIVO:		Gaia Nanosilíce y SP-4 al 1.2% en peso del cemento									
UBICACIÓN DE INVEST.:		UNC-Cajamarca, E.A.P. de Ingeniería Civil.					f'c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²									
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018					f'cr REQUERIDA:		600 kg/cm ²									
FECHA DE ENSAYO:		22/03/2018					f'c ESPERADO:		100 %									
EDAD:		28 Días					# DE ESPÉCIMENES:		9									
ESPÉCIMEN	DATOS ESPÉCIMEN FRESCO						DATOS ESPÉCIMEN ENDURECIDO						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	TEMP. (°C)	SLUMP (cm)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m ³)	P.U. (kg/m ³)	DIÁM. (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (m ³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m ³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm ²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
2819NS1.2	23.90	9.91	15.373	30.350	13.531	0.00563297	2402.107	15.273	30.3	183.19	0.00554160	13.514	2438.644	145686.9	(5)	795.26	159.05	Dúctil
2820NS1.2	24.70	8.64	15.309	30.225	13.489	0.00556316	2424.702	15.209	30.1	181.66	0.00547255	13.465	2460.462	145452.3	(5)	800.68	160.14	Dúctil
2821NS1.2	25.40	7.87	15.371	30.100	13.644	0.00558548	2410.535	15.271	30.0	183.16	0.00549473	13.448	2447.437	147022.7	(5)	802.71	160.54	Dúctil
2822NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.241	29.7	182.43	0.00541579	13.490	2490.772	145569.6	(5)	797.96	159.59	Dúctil
2823NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.240	29.7	182.41	0.00541070	13.457	2487.017	146237.5	(5)	801.70	160.34	Dúctil
2824NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.272	29.8	183.18	0.00546321	13.481	2467.597	146354.8	(5)	798.99	159.80	Dúctil
2825NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.257	30.0	182.81	0.00547858	13.502	2464.460	145628.2	(5)	796.61	159.32	Dúctil
2826NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.224	29.9	182.03	0.00544170	13.461	2473.627	145844.9	(5)	801.19	160.24	Dúctil
2827NS1.2	-	-	-	-	-	-	-	15.271	29.9	183.17	0.00547897	13.465	2457.488	146688.7	(5)	800.85	160.17	Dúctil
PROMEDIOS	24.67	8.805	-	-	-	-	2412.448	-	-	-	-	-	2465.278	-	-	799.55	159.91	100 %

Fuente: Elaboración propia (2018).

H. GRÁFICAS ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA DEL CONCRETO

1. Mezcla del Concreto Patrón

Tabla N° 83: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 7 días espécimen 01.

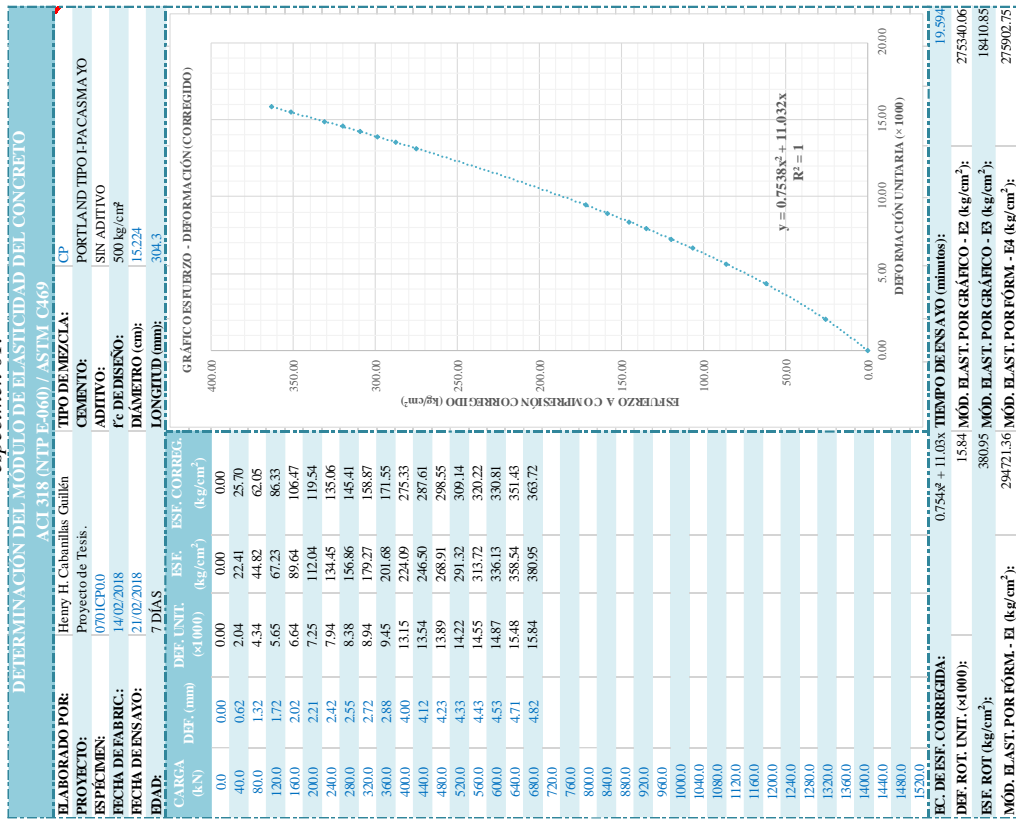


Tabla N° 84: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 7 días espécimen 02.

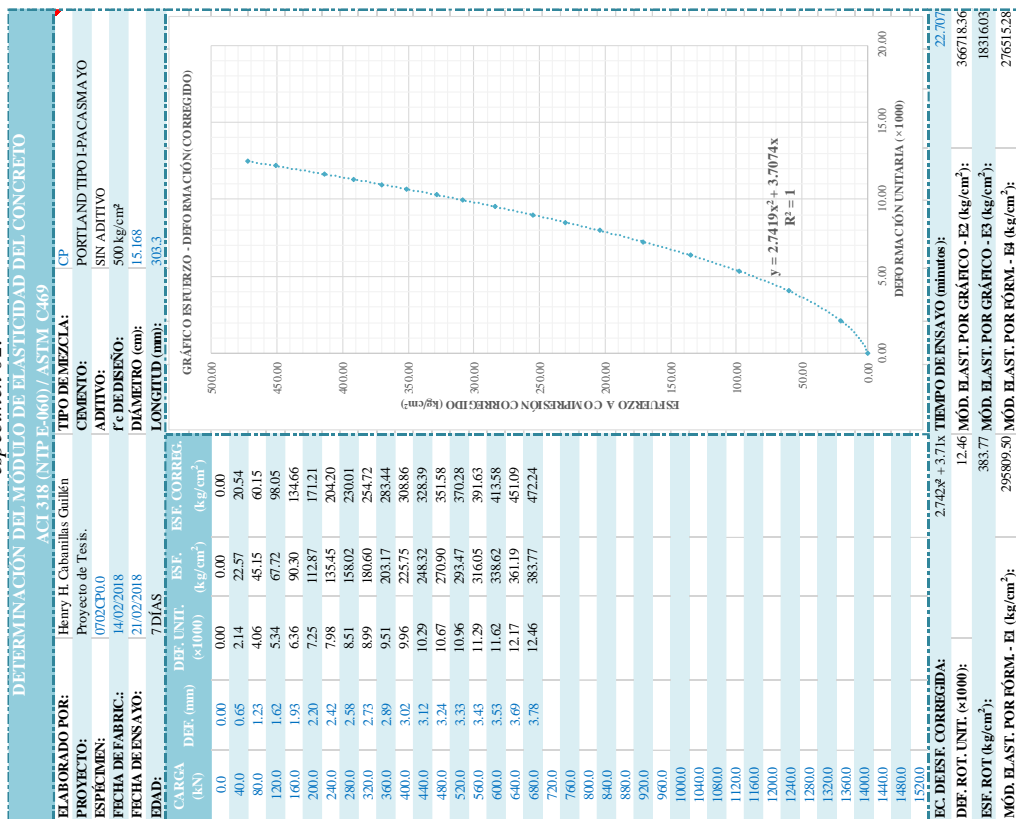


Tabla N° 86: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 14 días espécimen 10.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060)/ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	CP					
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO					
ESPECIMEN:	1410CP00		ADITIVO:	SIN ADITIVO					
FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018		f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018		DIÁMETRO (cm):	15.225					
EDAD:	14 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.0					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.68	2.24	22.41						
80.0	1.22	4.03	44.81						
120.0	1.58	5.21	67.22						
160.0	1.82	6.01	89.62						
200.0	2.02	6.67	112.03						
240.0	2.22	7.33	134.44						
280.0	2.33	7.67	156.84						
320.0	2.51	8.28	179.25						
360.0	2.62	8.63	201.65						
400.0	2.72	8.98	224.06						
440.0	2.82	9.31	246.47						
480.0	2.99	9.87	268.87						
520.0	3.10	10.21	291.28						
560.0	3.22	10.61	313.68						
600.0	3.32	10.94	336.09						
640.0	3.42	11.29	358.50						
680.0	3.52	11.62	380.90						
720.0	3.62	11.95	403.31						
760.0	3.72	12.28	425.71						
800.0	3.88	12.81	448.12						
840.0									
880.0									
920.0									
960.0									
1000.0									
1040.0									
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
EC. DESEF. CORREGIDA:	2.997x + 2.35x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	21.90					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	12.81		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	414722.22					
ESF. ROT (kg/cm ²):	448.12		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	21714.53					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	31969.20		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	28954.98					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 85: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060)/ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	CP					
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO					
ESPECIMEN:	0703CP00		ADITIVO:	SIN ADITIVO					
FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018		f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:	21/02/2018		DIÁMETRO (cm):	15.316					
EDAD:	7 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.3					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.70	2.31	22.14						
80.0	1.33	4.37	44.28						
120.0	1.74	5.74	66.42						
160.0	2.02	6.66	88.56						
200.0	2.23	7.34	110.70						
240.0	2.43	8.00	132.84						
280.0	2.63	8.66	154.98						
320.0	2.81	9.27	177.12						
360.0	2.94	9.68	199.26						
400.0	3.04	10.02	221.40						
440.0	3.15	10.39	243.55						
480.0	3.32	10.93	265.69						
520.0	3.43	11.29	287.83						
560.0	3.53	11.64	309.97						
600.0	3.63	11.97	332.11						
640.0	3.82	12.60	354.25						
680.0	3.92	12.93	376.39						
720.0									
760.0									
800.0									
840.0									
880.0									
920.0									
960.0									
1000.0									
1040.0									
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
EC. DESEF. CORREGIDA:	2.483x² + 2.82x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.977					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	12.93		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	344468.75					
ESF. ROT (kg/cm ²):	376.39		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	17715.63					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	29250.97		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	274906.18					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 88: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	CP		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMA YO		ADITIVO:	SIN ADITIVO	
ESPECIMEN:	1412CP00		FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018		FC DE DISEÑO:	500 kg/cm ²		DÍAMETRO (cm):	15.133	
FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018		EDAD:	14 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.0				
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)							
0.0	0.00	0.00	0.00								
40.0	0.47	1.55	22.68								
80.0	1.02	3.37	45.36								
120.0	1.40	4.60	68.03								
160.0	1.69	5.56	90.71								
200.0	1.90	6.27	113.39								
240.0	2.03	6.68	136.07								
280.0	2.22	7.33	158.74								
320.0	2.33	7.67	181.42								
360.0	2.49	8.22	204.10								
400.0	2.62	8.63	226.78								
440.0	2.72	8.98	249.45								
480.0	2.82	9.29	272.13								
520.0	2.92	9.64	294.81								
560.0	3.01	9.93	317.49								
600.0	3.11	10.26	340.17								
640.0	3.13	10.33	362.84								
680.0	3.24	10.69	385.52								
720.0	3.33	10.97	408.20								
760.0	3.51	11.58	430.88								
800.0	3.62	11.94	453.55								
840.0	3.82	12.59	476.23								
880.0											
920.0											
960.0											
1000.0											
1040.0											
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
1570.0											
FC - DEF. CORRIGIDA:	3.271x ² + 0.87x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	20.986							
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	476.23		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	449667.57							
ESF. ROT (kg/cm ²):	329523.41		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	24256.31							
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	329523.41		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	295495.31							

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 87: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 14 días espécimen 11.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	CP		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMA YO		ADITIVO:	SIN ADITIVO	
ESPECIMEN:	1411CP00		FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018		FC DE DISEÑO:	500 kg/cm ²		DÍAMETRO (cm):	15.290	
FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018		EDAD:	14 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.5				
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)							
0.0	0.00	0.00	0.00								
40.0	0.52	1.71	22.22								
80.0	1.02	3.36	44.43								
120.0	1.39	4.58	66.65								
160.0	1.68	5.54	88.86								
200.0	1.92	6.31	111.08								
240.0	2.12	6.99	133.30								
280.0	2.31	7.61	155.51								
320.0	2.42	7.97	177.73								
360.0	2.60	8.57	199.94								
400.0	2.72	8.96	222.16								
440.0	2.85	9.39	244.37								
480.0	3.02	9.93	266.59								
520.0	3.12	10.28	288.81								
560.0	3.22	10.61	311.02								
600.0	3.31	10.91	333.24								
640.0	3.33	10.97	355.45								
680.0	3.52	11.60	377.67								
720.0	3.62	11.93	399.89								
760.0	3.72	12.26	422.10								
800.0	3.82	12.59	444.32								
840.0											
920.0											
960.0											
1000.0											
1040.0											
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
FC - DEF. CORRIGIDA:	2.775x ² + 0.25x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	19.965							
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	444.32		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	419701.80							
ESF. ROT (kg/cm ²):	318290.28		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	22398.35							
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	318290.28		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	289170.03							

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 90: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días espécimen 20.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	CP		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMA YO		ADITIVO:	SIN ADITIVO	
ESPECIMEN:	2830CP00		FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018		Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²		DÍAMETRO (cm):	15.238	
FECHA DE ENSAYO:	14/03/2018		EDAD:	28 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.3				
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)							
0.0	0.00	0.00	0.00								
40.0	0.59	1.95	22.37								
80.0	1.39	4.58	44.74								
120.0	1.84	6.05	67.10								
160.0	2.15	7.07	89.47								
200.0	2.33	7.68	111.84								
240.0	2.50	8.23	134.21								
280.0	2.68	8.84	156.57								
320.0	2.79	9.20	178.94								
360.0	2.91	9.58	201.31								
400.0	3.01	9.93	223.68								
440.0	3.12	10.29	246.05								
480.0	3.21	10.57	268.41								
520.0	3.30	10.88	290.78								
560.0	3.40	11.21	313.15								
600.0	3.50	11.53	335.52								
640.0	3.58	11.81	357.88								
680.0	3.68	12.14	380.25								
720.0	3.78	12.46	402.62								
760.0	3.88	12.79	424.99								
800.0	3.99	13.14	447.35								
840.0	4.16	13.70	469.72								
880.0	4.36	14.38	492.09								
920.0	4.41	14.54	514.46								
960.0	4.54	14.95	536.83								
1000.0											
1040.0											
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
FC - DE SF. CORREGIDA:	2.898x + 5.62x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	17.49							
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	14.95		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	414388.11							
ESF. ROT (kg/cm ²):	556.83		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	21994.53							
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	3.4985941		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	306940.73							

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 89: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	CP		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMA YO		ADITIVO:	SIN ADITIVO	
ESPECIMEN:	2830CP00		FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018		Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²		DÍAMETRO (cm):	15.045	
FECHA DE ENSAYO:	14/03/2018		EDAD:	28 DÍAS		LONGITUD (mm):	304.3				
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)							
0.0	0.00	0.00	0.00								
40.0	0.88	2.89	22.95								
80.0	1.68	5.52	45.89								
120.0	2.21	7.26	68.84								
160.0	2.59	8.50	91.78								
200.0	2.89	9.50	114.73								
240.0	3.09	10.16	137.67								
280.0	3.30	10.83	160.62								
320.0	3.49	11.47	183.56								
360.0	3.65	12.00	206.51								
400.0	3.79	12.46	229.45								
440.0	3.95	12.97	252.40								
480.0	4.07	13.38	275.34								
520.0	4.18	13.74	298.29								
560.0	4.28	14.05	321.23								
600.0	4.45	14.63	344.18								
640.0	4.52	14.86	367.12								
680.0	4.68	15.38	390.07								
720.0	4.77	15.66	413.02								
760.0	4.85	15.92	435.96								
800.0	4.96	16.30	458.91								
840.0	5.08	16.70	481.85								
880.0	5.19	17.04	504.80								
920.0	5.34	17.55	527.74								
960.0											
1000.0											
1040.0											
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
FC - DE SF. CORREGIDA:	2.194x + 8.19x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	16.692							
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	17.55		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	339354.40							
ESF. ROT (kg/cm ²):	527.74		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	17474.42							
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	346886.84		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	305267.43							

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 92: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 7 días espécimen 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-600) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMAYO	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	DIÁMETRO (cm):	15.247
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	FECHA DE FABRICACIÓN:	14/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	15/247	EDAD:	7 DÍAS	LONGITUD (mm):	303.5		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.63	2.08	22.34	42.08							
80.0	1.12	3.69	44.68	92.91							
120.0	1.42	4.68	67.02	131.85							
160.0	1.63	5.37	89.36	162.64							
200.0	1.83	6.03	111.70	194.66							
240.0	1.99	6.56	134.04	222.19							
280.0	2.12	6.99	156.38	245.79							
320.0	2.22	7.31	178.72	264.71							
360.0	2.33	7.68	201.06	286.28							
400.0	2.43	8.01	223.40	306.58							
440.0	2.53	8.34	245.74	327.55							
480.0	2.63	8.67	268.08	349.17							
520.0	2.73	9.00	290.42	371.45							
560.0	2.82	9.29	312.76	392.07							
600.0	2.98	9.82	335.10	430.04							
640.0	3.02	9.95	357.44	439.80							
680.0	3.22	10.61	379.78	490.17							
720.0	3.30	10.87	402.12	511.05							
760.0	3.33	10.97	424.46	518.99							
800.0	3.42	11.27	446.80	543.17							
840.0	3.52	11.60	469.14	570.67							
880.0	3.62	11.93	491.48	598.82							
920.0	3.71	12.22	513.82	624.72							
960.0	3.73	12.29	536.16	630.55							
1000.0	3.85	12.69	558.50	666.08							
1040.0	4.02	13.25	580.84	718.03							
1080.0	4.13	13.61	603.18	752.67							
1120.0	4.28	14.10	625.52	801.18							
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
EC-DESF. CORREGIDA:	3.059x ² + 13.96x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	19.000					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	14.10				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	516864.17					
ESF. ROT. (kg/cm ²):	625.52				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	298366.41					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	377655.90				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	322587.76					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 91: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto patrón a los 28 días espécimen 21.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-600) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMAYO	ADITIVO:	SIN ADITIVO	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	DIÁMETRO (cm):	15.212
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	FECHA DE FABRICACIÓN:	14/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	14/03/2018	EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	299.3		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	1.00	3.34	22.44	41.60							
80.0	1.74	5.81	44.89	111.48							
120.0	2.20	7.35	67.33	171.66							
160.0	2.50	8.34	89.77	217.03							
200.0	2.78	9.29	112.21	265.87							
240.0	2.99	9.99	134.66	305.01							
280.0	3.22	10.76	157.10	350.95							
320.0	3.38	11.29	179.54	384.81							
360.0	3.50	11.68	201.99	410.10							
400.0	3.59	12.00	224.43	431.60							
440.0	3.69	12.33	246.87	454.82							
480.0	3.82	12.77	269.31	485.92							
520.0	3.97	13.25	291.76	521.82							
560.0	4.07	13.60	314.20	548.61							
600.0	4.18	13.97	336.64	577.39							
640.0	4.28	14.30	359.08	604.20							
680.0	4.37	14.60	381.53	628.84							
720.0	4.45	14.87	403.97	651.16							
760.0	4.50	15.04	426.41	665.31							
800.0	4.60	15.37	448.86	694.05							
840.0	4.69	15.67	471.30	719.85							
880.0	4.78	15.97	493.74	747.33							
920.0	4.89	16.34	516.18	780.86							
960.0	5.07	16.94	538.63	837.30							
1000.0	5.23	17.46	561.07	887.48							
1040.0											
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
EC-DESF. CORREGIDA:	2.718x ² + 3.37x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.250					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	17.46				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	362909.55					
ESF. ROT. (kg/cm ²):	561.07				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	187333.72					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	357672.33				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	311338.73					

Fuente: Elaboración propia (2018).

2. Mezcla del Concreto con Adición de Nanosilice

Tabla N° 94: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	DÍAS:	7
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	15.231	DIÁMETRO (cm):	15.231	LONGITUD (mm):	304.0		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.50	1.64	22.39	8.33							
80.0	1.05	3.39	44.78	35.05							
120.0	1.45	4.75	67.16	68.76							
160.0	1.72	5.66	89.55	97.32							
200.0	1.92	6.32	111.94	121.20							
240.0	2.12	6.96	134.33	147.01							
280.0	2.25	7.34	156.72	168.39							
320.0	2.42	7.96	179.11	192.36							
360.0	2.53	8.32	201.49	210.21							
400.0	2.63	8.63	223.88	226.26							
440.0	2.74	9.00	246.27	245.58							
480.0	2.88	9.47	268.66	272.27							
520.0	3.01	9.88	291.05	296.37							
560.0	3.12	10.25	313.44	318.43							
600.0	3.22	10.59	335.82	340.23							
640.0	3.33	10.94	358.21	362.75							
680.0	3.43	11.27	380.60	384.86							
720.0	3.52	11.58	402.99	406.48							
760.0	3.55	11.68	425.38	413.89							
800.0	3.63	11.94	447.77	432.24							
840.0	3.72	12.24	470.15	454.40							
880.0	3.82	12.57	492.54	478.62							
920.0	3.91	12.86	514.93	501.41							
960.0	3.95	12.93	537.32	506.54							
1000.0	4.25	13.98	559.71	592.28							
1040.0	4.29	14.10	582.10	602.07							
1080.0	4.33	14.24	604.48	614.20							
1120.0	4.43	14.57	626.87	643.46							
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
FC-DESF. CORREGIDA:	3.0248 ± 0.09x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.620					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	14.57				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	498611.21					
ESF. ROT (kg/cm ²):	626.87				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	27703.24					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	378065.04				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	322818.07					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 93: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 7 días espécimen 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	DÍAS:	7
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	21.02.2018	DIÁMETRO (cm):	15.200	LONGITUD (mm):	302.8		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.52	1.72	22.48	21.66							
80.0	1.12	3.70	44.96	71.68							
120.0	1.52	5.02	67.44	120.16							
160.0	1.82	6.01	89.92	164.43							
200.0	2.02	6.67	112.40	197.70							
240.0	2.22	7.33	134.88	233.99							
280.0	2.42	7.99	157.36	273.29							
320.0	2.53	8.36	179.84	296.18							
360.0	2.66	8.79	202.32	324.41							
400.0	2.82	9.31	224.80	360.91							
440.0	2.93	9.66	247.28	385.91							
480.0	3.03	9.99	269.76	410.48							
520.0	3.14	10.36	292.24	438.39							
560.0	3.24	10.69	314.72	464.55							
600.0	3.32	10.97	337.20	487.38							
640.0	3.42	11.30	359.68	514.93							
680.0	3.52	11.63	382.16	543.23							
720.0	3.53	11.66	404.63	546.10							
760.0	3.63	11.98	427.11	574.65							
800.0	3.74	12.34	449.59	606.63							
840.0	3.82	12.62	472.07	632.66							
880.0	3.92	12.93	494.55	662.39							
920.0	3.93	12.98	517.03	667.15							
960.0	4.11	13.38	539.51	725.55							
1000.0	4.13	13.64	561.99	732.19							
1040.0	4.23	13.96	584.47	764.14							
1080.0	4.33	14.29	606.95	798.50							
1120.0	4.43	14.64	629.43	836.10							
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
FC-DESF. CORREGIDA:	3.458 ± 6.61x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	21.095					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	14.64				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	49802.23					
ESF. ROT (kg/cm ²):	629.43				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	25951.41					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	378836.12				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	323252.12					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 96: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 14 días espécimen 11.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		GN		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		1411GN1.0		Gota Nanosilice al 1% en peso del cemento	
ESPECIMEN:		1411GN1.0		ADITIVO:		500 kg/cm ³		500 kg/cm ³	
FECHA DE FABRIC.:		14/02/2018		f _c DE DISEÑO:		15.2/0		15.2/0	
FECHA DE ENSAYO:		28/02/2018		DIÁMETRO (cm):		152.00		152.00	
EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):		303.8		303.8	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (x 1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	FE. DE ESF. CORREGIDA
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.52	1.71	22.30	15.32					
80.0	1.09	3.59	44.60	50.00					
120.0	1.46	4.81	66.91	86.17					
160.0	1.72	5.66	89.21	117.40					
200.0	1.91	6.29	111.51	143.27					
240.0	2.10	6.91	133.81	171.70					
280.0	2.25	7.41	156.11	195.95					
320.0	2.42	7.97	178.41	225.57					
360.0	2.53	8.33	200.72	245.50					
400.0	2.64	8.69	223.02	265.50					
440.0	2.81	9.23	245.32	299.60					
480.0	2.91	9.58	267.62	321.67					
520.0	3.01	9.91	289.92	345.42					
560.0	3.10	10.21	312.23	365.60					
600.0	3.19	10.50	334.53	384.35					
640.0	3.28	10.80	356.83	405.69					
680.0	3.33	10.95	379.13	416.57					
720.0	3.42	11.26	401.43	440.01					
760.0	3.52	11.59	423.73	465.38					
800.0	3.61	11.88	446.04	485.83					
840.0	3.70	12.18	468.34	512.85					
880.0	3.74	12.31	490.64	523.71					
920.0	3.83	12.61	512.94	548.55					
960.0	3.92	12.91	535.24	573.98					
1000.0	4.02	13.23	557.55	602.91					
1040.0	4.12	13.56	579.85	632.54					
1080.0	4.22	13.88	602.15	661.35					
1120.0	4.28	14.09	624.45	681.44					
1160.0	4.34	14.27	646.75	698.66					
1200.0	4.44	14.61	669.05	731.51					
1240.0	4.58	15.06	691.36	776.36					
1280.0	4.71	15.51	713.66	821.86					
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FE. DE ESF. CORREGIDA:	3.278x ² + 2.171x			18.901					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.51 MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)			528394.19					
ESF. ROT (kg/cm ²):	713.66 MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)			29108.15					
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	403387.20 MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²)			337072.271					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 95: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 14 días espécimen 10.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		GN		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		1410GN1.0		Gota Nanosilice al 1% en peso del cemento	
ESPECIMEN:		1410GN1.0		ADITIVO:		500 kg/cm ³		500 kg/cm ³	
FECHA DE FABRIC.:		14/02/2018		f _c DE DISEÑO:		15.169		15.169	
FECHA DE ENSAYO:		28/02/2018		DIÁMETRO (cm):		151.69		151.69	
EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):		303.8		303.8	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (x 1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	FE. DE ESF. CORREGIDA
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.53	1.74	22.57	16.82					
80.0	1.12	3.69	45.14	57.92					
120.0	1.43	4.69	67.71	88.41					
160.0	1.72	5.66	90.28	123.89					
200.0	1.93	6.34	112.85	152.02					
240.0	2.12	6.98	135.42	181.41					
280.0	2.27	7.47	157.99	205.78					
320.0	2.42	7.97	180.56	231.67					
360.0	2.53	8.31	203.13	250.70					
400.0	2.63	8.64	225.70	269.51					
440.0	2.73	8.97	248.27	289.01					
480.0	2.87	9.45	270.84	318.48					
520.0	2.99	9.84	293.41	343.94					
560.0	3.10	10.20	315.98	367.69					
600.0	3.20	10.53	338.55	390.85					
640.0	3.25	10.68	361.12	401.29					
680.0	3.33	10.95	383.69	420.19					
720.0	3.43	11.28	406.26	444.42					
760.0	3.53	11.60	428.83	469.34					
800.0	3.63	11.93	451.40	494.92					
840.0	3.72	12.23	473.97	518.53					
880.0	3.82	12.56	496.54	545.41					
920.0	3.93	12.92	519.11	575.75					
960.0	4.00	13.17	541.68	596.91					
1000.0	4.03	13.25	564.26	604.05					
1040.0	4.14	13.63	586.83	637.43					
1080.0	4.23	13.91	609.40	662.08					
1120.0	4.33	14.24	631.97	693.00					
1160.0	4.43	14.57	654.54	724.01					
1200.0	4.52	14.88	677.11	754.09					
1240.0	4.63	15.23	699.68	788.05					
1280.0	4.72	15.54	722.25	819.42					
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FE. DE ESF. CORREGIDA:	3.124x ² + 4.19x			20.000					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.54 MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)			533452.65					
ESF. ROT (kg/cm ²):	722.25 MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)			29888.96					
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	408907.15 MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²)			338434.49					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 98: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		ESPECIMEN:	2819CN1.0	FECHA DE FABRIC.:	14/03/2018	FECHA DE ENSAYO:	15.195	DÍAMETRO (cm):	15.173
EDAD:	28 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.3						
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.88	2.93	22.49							
80.0	1.64	5.46	44.99							
120.0	2.09	6.96	67.48							
160.0	2.46	8.19	89.97							
200.0	2.68	8.93	112.47							
240.0	2.89	9.63	134.96							
280.0	3.08	10.26	157.45							
320.0	3.21	10.69	179.94							
360.0	3.37	11.22	202.44							
400.0	3.47	11.56	224.93							
440.0	3.58	11.92	247.42							
480.0	3.68	12.26	269.92							
520.0	3.79	12.62	292.41							
560.0	3.89	12.96	314.90							
600.0	3.99	13.27	337.40							
640.0	4.08	13.59	359.89							
680.0	4.19	13.96	382.38							
720.0	4.28	14.25	404.87							
760.0	4.36	14.52	427.37							
800.0	4.42	14.72	449.86							
840.0	4.49	14.94	472.35							
880.0	4.59	15.29	494.85							
920.0	4.68	15.59	517.34							
960.0	4.76	15.84	539.83							
1000.0	4.81	16.00	562.33							
1040.0	4.87	16.20	584.82							
1080.0	4.92	16.39	607.31							
1120.0	4.98	16.59	629.80							
1160.0	5.03	16.74	652.30							
1200.0	5.09	16.94	674.79							
1240.0	5.14	17.12	697.28							
1280.0	5.22	17.37	719.78							
1320.0	5.28	17.57	742.27							
1360.0	5.32	17.73	764.76							
1400.0	5.39	17.95	787.26							
1440.0	5.45	18.15	809.75							
1480.0	5.50	18.32	832.24							
1520.0										
f _c DE SF. CORREGIDA:	3.848x² + 8.58x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	20.644						
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	18.32		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²):	510012.71						
ESF. ROT (kg/cm ²):	832.24		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²):	25222.59						
MÓD. ELAST. POR FORM. - E ₁ (kg/cm ²):	4.35615399		MÓD. ELAST. POR FORM. - E ₄ (kg/cm ²):	355213.17						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 97: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		ESPECIMEN:	1412CN1.0	FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018	DÍAMETRO (cm):	15.173
EDAD:	14 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.3						
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.69	2.26	22.56							
80.0	1.12	3.67	45.12							
120.0	1.52	4.98	67.67							
160.0	1.81	5.93	90.23							
200.0	2.02	6.62	112.79							
240.0	2.22	7.27	135.35							
280.0	2.43	7.94	157.91							
320.0	2.53	8.29	180.47							
360.0	2.63	8.62	203.02							
400.0	2.80	9.17	225.58							
440.0	2.92	9.55	248.14							
480.0	3.02	9.89	270.70							
520.0	3.12	10.22	293.26							
560.0	3.23	10.57	315.82							
600.0	3.32	10.86	338.37							
640.0	3.34	10.94	360.93							
680.0	3.43	11.23	383.49							
720.0	3.54	11.58	406.05							
760.0	3.63	11.89	428.61							
800.0	3.72	12.19	451.17							
840.0	3.82	12.51	473.72							
880.0	3.92	12.83	496.28							
920.0	4.02	13.15	518.84							
960.0	4.03	13.20	541.40							
1000.0	4.13	13.51	563.96							
1040.0	4.23	13.86	586.52							
1080.0	4.32	14.15	609.07							
1120.0	4.42	14.48	631.63							
1160.0	4.53	14.82	654.19							
1200.0	4.62	15.14	676.75							
1240.0	4.71	15.43	699.31							
1280.0	4.72	15.46	721.87							
1320.0	4.96	16.25	744.42							
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										
f _c DE SF. CORREGIDA:	3.187x² + 3.64x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	19.615						
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	16.25		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₂ (kg/cm ²):	522440.44						
ESF. ROT (kg/cm ²):	744.42		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E ₃ (kg/cm ²):	29026.33						
MÓD. ELAST. POR FORM. - E ₁ (kg/cm ²):	4.1990.47		MÓD. ELAST. POR FORM. - E ₄ (kg/cm ²):	341915.17						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 100: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 28 días espécimen 21.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I P C A S M A Y O	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		ESPECIMEN:	2821GN1.0	FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	14/03/2018	DÍAMETRO (cm):	15.358	
EDAD:	28 DÍAS		LONGITUD (mm):	301.5							
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)							
0.0	0.00	0.00	0.00								
40.0	0.55	1.82	22.02		16.77						
80.0	1.30	4.30	44.04		74.92						
120.0	1.78	5.90	66.08		134.70						
160.0	2.08	6.91	88.07		180.65						
200.0	2.30	7.63	110.09		217.99						
240.0	2.49	8.24	132.11		252.41						
280.0	2.65	8.79	154.13		285.24						
320.0	2.78	9.22	176.14		312.51						
360.0	2.95	9.78	198.16		350.04						
400.0	3.00	9.95	220.18		361.49						
440.0	3.11	10.32	242.20		387.31						
480.0	3.21	10.65	264.22		411.56						
520.0	3.31	10.98	286.24		436.54						
560.0	3.39	11.24	308.25		457.05						
600.0	3.49	11.58	330.27		483.36						
640.0	3.58	11.87	352.29		507.66						
680.0	3.66	12.14	374.31	529.76							
720.0	3.72	12.34	396.33	546.65							
760.0	3.78	12.54	418.34	565.80							
800.0	3.89	12.90	440.36	595.92							
840.0	3.99	13.22	462.38	624.38							
880.0	4.07	13.51	484.40	651.03							
920.0	4.15	13.76	506.42	675.39							
960.0	4.20	13.93	528.43	691.25							
1000.0	4.29	14.22	550.45	719.59							
1040.0	4.36	14.46	572.47	745.21							
1080.0	4.41	14.63	594.49	759.83							
1120.0	4.50	14.93	616.51	790.22							
1160.0	4.59	15.22	638.53	821.20							
1200.0	4.73	15.67	660.54	868.79							
1240.0	4.79	15.89	682.56	892.18							
1280.0	4.88	16.19	704.58	925.08							
1320.0	4.94	16.38	726.60	947.34							
1360.0	4.99	16.54	748.62	965.34							
1400.0	5.09	16.88	770.63	1004.16							
1440.0	5.20	17.23	792.65	1044.91							
1480.0	5.29	17.55	814.67	1082.49							
1520.0											
FC - DEF. CORREGIDA:	3.34x ² + 3.1x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	23.195						
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	17.55			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	524051.77						
ESF. ROT (kg/cm ²):	814.67			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	28397.34						
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	430990.66			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	352610.64						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 99: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.0% a los 28 días espécimen 20.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I P C A S M A Y O	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1% en peso del cemento	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		ESPECIMEN:	2820GN1.0	FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	14/03/2018	DÍAMETRO (cm):	15.201	
EDAD:	28 DÍAS		LONGITUD (mm):	301.5							
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)							
0.0	0.00	0.00	0.00								
40.0	0.69	2.26	22.48		31.56						
80.0	1.34	4.43	44.95		99.12						
120.0	1.84	6.08	67.43		175.28						
160.0	2.08	6.88	89.90		219.40						
200.0	2.36	7.80	112.38		277.08						
240.0	2.49	8.23	134.85		306.12						
280.0	2.65	8.76	157.33		343.85						
320.0	2.78	9.20	179.80		376.61						
360.0	2.98	9.54	202.28		403.21						
400.0	2.99	9.83	224.75		427.19						
440.0	3.08	10.18	247.23		456.04						
480.0	3.20	10.56	269.70		488.72						
520.0	3.29	10.88	292.18		516.56						
560.0	3.39	11.21	314.65		546.70						
600.0	3.48	11.50	337.13		574.55						
640.0	3.58	11.83	359.60		606.30						
680.0	3.60	11.90	382.08	612.76							
720.0	3.69	12.18	404.56	640.56							
760.0	3.77	12.46	427.03	668.99							
800.0	3.81	12.58	449.51	680.87							
840.0	3.89	12.86	471.98	710.16							
880.0	3.99	13.17	494.46	743.62							
920.0	4.09	13.50	516.93	779.68							
960.0	4.16	13.75	539.41	807.28							
1000.0	4.21	13.90	561.88	824.07							
1040.0	4.29	14.17	584.36	854.35							
1080.0	4.38	14.48	606.83	891.01							
1120.0	4.41	14.56	629.31	900.78							
1160.0	4.49	14.85	651.78	935.22							
1200.0	4.59	15.16	674.26	972.74							
1240.0	4.68	15.45	696.73	1009.75							
1280.0	4.74	15.67	719.21	1036.91							
1320.0	4.80	15.87	741.68	1062.30							
1360.0	4.87	16.10	764.16	1092.31							
1400.0	4.99	16.50	786.63	1144.72							
1440.0	5.09	16.81	809.11	1187.09							
1480.0											
1520.0											
FC - DEF. CORREGIDA:	3.897x ² + 5.11x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	21.157						
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.81			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	546329.91						
ESF. ROT (kg/cm ²):	809.11			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	28641.19						
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	429517.39			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	351781.31						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 102: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 7 días espécimen 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMA YO	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1.5% en peso del cemento	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²
ESPECÍMEN:	Proyecto de Tesis.		FECHA DE FABRIC.:	07/02/2018	DIÁMETRO (cm):	15.243	FECHA DE ENSAYO:	15.243	EDAD:	7 DÍAS
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)	DEF. ROT. UNIT. (x1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	MÓD. ELAST. POR FORM. - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.71	2.35	22.35							
80.0	1.31	4.31	44.70							
120.0	1.66	5.49	67.05							
160.0	1.92	6.35	89.41							
200.0	2.12	7.01	111.76							
240.0	2.29	7.57	134.11							
280.0	2.44	8.07	156.46							
320.0	2.59	8.56	178.81							
360.0	2.71	8.96	201.16							
400.0	2.84	9.39	223.52							
440.0	2.96	9.79	245.87							
480.0	3.07	10.15	268.22							
520.0	3.17	10.48	290.57							
560.0	3.27	10.81	312.92							
600.0	3.37	11.14	335.27							
640.0	3.46	11.44	357.63							
680.0	3.55	11.74	379.98							
720.0	3.64	12.03	402.33							
760.0	3.74	12.36	424.68							
800.0	3.83	12.66	447.03							
840.0	3.93	12.99	469.38							
880.0	4.03	13.32	491.74							
920.0	4.12	13.62	514.09							
960.0	4.21	13.92	536.44							
1000.0	4.30	14.21	558.79							
1040.0	4.39	14.51	581.14							
1080.0	4.49	14.84	603.49							
1120.0	4.60	15.21	625.84							
1160.0										
1200.0										
1240.0										
1280.0										
1320.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										
FC. DE ESF. CORREGIDA:	3.094g + 4.66x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	17.056						
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.21		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	473887.39						
ESF. ROT (kg/cm ²):	625.84		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	25463.46						
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	377755.01		MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	322643.51						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 101: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 7 días espécimen 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I PACASMA YO	ADITIVO:	Gaia Nanosilice al 1.5% en peso del cemento	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²
ESPECÍMEN:	Proyecto de Tesis.		FECHA DE FABRIC.:	17/02/2018	DIÁMETRO (cm):	15.238	FECHA DE ENSAYO:	15.238	EDAD:	7 DÍAS
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)	DEF. ROT. UNIT. (x1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	MÓD. ELAST. POR FORM. - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.59	1.96	22.37							
80.0	1.16	3.85	44.73							
120.0	1.56	5.17	67.10							
160.0	1.82	6.04	89.47							
200.0	2.03	6.73	111.83							
240.0	2.21	7.33	134.20							
280.0	2.37	7.86	156.56							
320.0	2.51	8.33	178.93							
360.0	2.66	8.82	201.30							
400.0	2.80	9.29	223.66							
440.0	2.91	9.65	246.03							
480.0	3.04	10.08	268.40							
520.0	3.16	10.48	290.76							
560.0	3.26	10.81	313.13							
600.0	3.38	11.21	335.49							
640.0	3.48	11.54	357.86							
680.0	3.59	11.91	380.23							
720.0	3.69	12.24	402.59							
760.0	3.80	12.60	424.96							
800.0	3.91	12.97	447.33							
840.0	4.03	13.37	469.69							
880.0	4.13	13.70	492.06							
920.0	4.22	14.00	514.42							
960.0	4.34	14.39	536.79							
1000.0	4.44	14.73	559.16							
1040.0	4.55	15.09	581.52							
1080.0	4.69	15.56	603.89							
1120.0										
1160.0										
1200.0										
1240.0										
1280.0										
1320.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										
FC. DE ESF. CORREGIDA:	2.495g + 4.8x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	15.907						
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.56		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	445492.02						
ESF. ROT (kg/cm ²):	603.89		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	25299.34						
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	371069.77		MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	318880.33						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 104: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 14 días espécimen 10.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		ADITIVO:	Gisa Nanosilice al 1.5% en peso del cemento	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		FECHA DE FABRIC.:	14/02/2018		FECHA DE DISEÑO:	17/02/2018		FECHA DE ENSAYO:	03/03/2018	
ESPECÍMEN:	1410CN1.5		DIÁMETRO (cm):	15.206		EDAD:	14 DÍAS		LONGITUD (mm):	301.0	
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	FE. DE SF. CORREGIDA:	2.757x + 3.34x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	15.527	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		DEF. ROT. UNIT. (x1000):	16.18		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	459396.94	
40.0	0.59	1.96	22.46	17.15		ESF. ROT (kg/cm ²):	651.40		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	24951.51	
80.0	1.20	3.99	44.92	34.30		MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	385389.57		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	326941.15	
120.0	1.65	5.48	67.39	51.18							
160.0	1.89	6.28	89.85	69.71							
200.0	2.19	7.26	112.31	89.57							
240.0	2.39	7.94	134.77	109.39							
280.0	2.55	8.47	157.23	128.22							
320.0	2.69	8.92	179.70	146.23							
360.0	2.81	9.34	202.16	171.52							
400.0	2.98	9.90	224.62	203.36							
440.0	3.09	10.27	247.08	234.91							
480.0	3.20	10.61	269.54	266.16							
520.0	3.30	10.95	292.01	297.02							
560.0	3.40	11.29	314.47	328.14							
600.0	3.50	11.61	336.93	410.57							
640.0	3.60	11.94	359.39	433.26							
680.0	3.69	12.25	381.85	454.90							
720.0	3.79	12.57	404.32	478.04							
760.0	3.89	12.92	426.78	503.73							
800.0	3.99	13.26	449.24	528.83							
840.0	4.09	13.59	471.70	554.53							
880.0	4.17	13.85	494.16	575.53							
920.0	4.20	13.94	516.63	582.17							
960.0	4.29	14.58	539.09	635.28							
1000.0	4.49	14.90	561.55	662.00							
1040.0	4.59	15.23	584.01	690.71							
1080.0	4.68	15.55	606.47	718.55							
1120.0	4.78	15.88	628.94	748.45							
1160.0	4.87	16.18	651.40	775.88							
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 103: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	GN		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO		ADITIVO:	Gisa Nanosilice al 1.5% en peso del cemento	
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		FECHA DE FABRIC.:	17/02/2018		FECHA DE DISEÑO:	17/02/2018		FECHA DE ENSAYO:	24/02/2018	
ESPECÍMEN:	0703CN1.5		DIÁMETRO (cm):	15.226		EDAD:	7 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.5	
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	FE. DE SF. CORREGIDA:	2.397x + 8.32x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	15.700	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.08		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	458387.30	
40.0	0.57	1.88	22.40	24.07		ESF. ROT (kg/cm ²):	627.24		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	26577.12	
80.0	1.11	3.66	44.80	62.48		MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	378176.77		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	322880.97	
120.0	1.46	4.81	67.20	95.47							
160.0	1.74	5.73	89.61	126.46							
200.0	1.94	6.39	112.01	151.09							
240.0	2.11	6.95	134.41	173.66							
280.0	2.29	7.55	156.81	199.20							
320.0	2.46	8.11	179.21	224.87							
360.0	2.59	8.53	201.61	245.52							
400.0	2.73	9.00	224.02	268.73							
440.0	2.85	9.39	246.42	289.44							
480.0	2.97	9.77	268.82	309.99							
520.0	3.08	10.15	291.22	331.23							
560.0	3.18	10.48	313.62	350.26							
600.0	3.31	10.91	336.02	375.77							
640.0	3.43	11.30	358.42	400.11							
680.0	3.56	11.73	380.83	427.31							
720.0	3.66	12.06	403.23	448.84							
760.0	3.75	12.36	425.63	468.66							
800.0	3.86	12.72	448.03	493.45							
840.0	3.95	13.01	470.43	514.20							
880.0	4.06	13.38	492.83	540.14							
920.0	4.17	13.74	515.24	566.71							
960.0	4.28	14.10	537.64	593.91							
1000.0	4.38	14.43	560.04	619.18							
1040.0	4.49	14.79	582.44	647.59							
1080.0	4.60	15.16	604.84	676.62							
1120.0	4.76	15.68	627.24	719.97							
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 106: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-600) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		GN		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		1412CN1.5		Aditivo:	
ESPECIMEN:		1412CN1.5		FECHA DE FABRICACIÓN:		17/02/2018		f _c DE DISEÑO:	
						500 kg/cm ²		500 kg/cm ²	
FECHA DE FABRICACIÓN:		17/02/2018		FECHA DE ENSAYO:		03/03/2018		DIÁMETRO (cm):	
						15.265		15.265	
FECHA DE ENSAYO:		03/03/2018		EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):	
						301.5		301.5	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	FE. DE ESF. CORREGIDA:	DEF. ROT. UNIT. (x1000):
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.80	2.65	22.29	36.24					
80.0	1.49	4.94	44.58	97.95					
120.0	1.92	6.37	66.87	150.68					
160.0	2.20	7.28	89.15	190.15					
200.0	2.40	7.96	111.44	222.48					
240.0	2.60	8.61	133.73	255.55					
280.0	2.78	9.22	156.02	289.01					
320.0	2.90	9.60	178.31	310.83					
360.0	3.06	10.15	200.60	343.50					
400.0	3.16	10.46	222.89	363.04					
440.0	3.27	10.85	245.18	387.42					
480.0	3.40	11.26	267.46	414.80					
520.0	3.50	11.59	289.75	437.37					
560.0	3.60	11.92	312.04	460.54					
600.0	3.76	12.47	334.33	500.05					
640.0	3.80	12.60	356.62	509.88					
680.0	3.97	13.17	378.91	552.68					
720.0	4.08	13.53	401.20	581.29					
760.0	4.18	13.86	423.48	607.92					
800.0	4.20	13.92	445.77	612.78					
840.0	4.32	14.31	468.06	644.81					
880.0	4.40	14.59	490.35	668.60					
920.0	4.49	14.89	512.64	694.24					
960.0	4.59	15.22	534.93	723.31					
1000.0	4.69	15.56	557.22	752.96					
1040.0	4.79	15.89	579.51	783.20					
1080.0	4.89	16.20	601.79	812.49					
1120.0	4.99	16.55	624.08	845.47					
1160.0	5.10	16.90	646.37	879.11					
1200.0	5.20	17.24	668.66	912.75					
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FE. DE ESF. CORREGIDA:	2.693x ² + 6.51x		651x		17.883		17.883		
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	17.24		668.66		4387.4009		4387.4009		
ESF. ROT (kg/cm ²):	668.66		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		23797.73		23797.73		
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	390462.84		MÓD. ELAST. POR FORM. - E2 (kg/cm ²):		329796.94		329796.94		

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 105: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 14 días espécimen 11.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-600) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		GN		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		1411CN1.5		Aditivo:	
ESPECIMEN:		1411CN1.5		FECHA DE FABRICACIÓN:		17/02/2018		f _c DE DISEÑO:	
						500 kg/cm ²		500 kg/cm ²	
FECHA DE FABRICACIÓN:		17/02/2018		FECHA DE ENSAYO:		03/03/2018		DIÁMETRO (cm):	
						15.236		15.236	
FECHA DE ENSAYO:		03/03/2018		EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):	
						302.0		302.0	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	FE. DE ESF. CORREGIDA:	DEF. ROT. UNIT. (x1000):
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.69	2.28	22.37	34.98					
80.0	1.38	4.57	44.75	102.18					
120.0	1.79	5.93	67.12	157.37					
160.0	2.10	6.94	89.49	205.81					
200.0	2.30	7.60	111.87	240.99					
240.0	2.49	8.25	134.24	277.90					
280.0	2.66	8.81	156.62	312.17					
320.0	2.76	9.14	178.99	333.25					
360.0	2.91	9.64	201.36	366.13					
400.0	3.08	10.20	223.74	405.23					
440.0	3.20	10.58	246.11	432.80					
480.0	3.30	10.91	268.48	457.49					
520.0	3.39	11.21	290.86	480.30					
560.0	3.49	11.56	313.23	507.60					
600.0	3.59	11.89	335.60	534.29					
640.0	3.69	12.20	357.98	560.27					
680.0	3.78	12.52	380.35	586.87					
720.0	3.87	12.81	402.72	612.63					
760.0	3.97	13.15	425.10	641.89					
800.0	4.00	13.23	447.47	649.31					
840.0	4.10	13.56	469.85	679.42					
880.0	4.20	13.89	492.22	710.21					
920.0	4.29	14.21	514.59	740.08					
960.0	4.40	14.55	536.97	773.81					
1000.0	4.49	14.87	559.34	804.97					
1040.0	4.58	15.17	581.71	835.06					
1080.0	4.60	15.23	604.09	841.82					
1120.0	4.70	15.55	626.46	874.30					
1160.0	4.79	15.86	648.83	907.38					
1200.0	4.99	16.52	671.21	979.04					
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FE. DE ESF. CORREGIDA:	3.0862x ² + 8.2588x		8258.8		16.541		16.541		
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	16.52		671.21		462163.43		462163.43		
ESF. ROT (kg/cm ²):	671.21		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		24650.38		24650.38		
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	391206.06		MÓD. ELAST. POR FORM. - E2 (kg/cm ²):		330215.33		330215.33		

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 108: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 28 días espécimen 20.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-600) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		GN		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gisa Nanosilice al 1.5% en peso del cemento		500 kg/cm ²	
ESPECIMEN:		28J0GN1.5		ADITIVO:		Gisa Nanosilice al 1.5% en peso del cemento		500 kg/cm ²	
FECHA DE FABRIC.:		17/02/2018		f _c DE DISEÑO:		15.236		15.236	
FECHA DE ENSAYO:		17/03/2018		DIÁMETRO (cm):		303.0		303.0	
EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		303.0		303.0	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	FE. DE ESF. CORREGIDA
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.75	2.48	22.37	28.06					
80.0	1.49	4.92	44.74	93.16					
120.0	1.94	6.40	67.12	150.92					
160.0	2.18	7.19	89.49	187.35					
200.0	2.44	8.05	111.86	231.22					
240.0	2.58	8.51	134.23	256.75					
280.0	2.75	9.08	156.60	289.53					
320.0	2.86	9.44	178.98	311.79					
360.0	3.00	9.90	201.35	341.31					
400.0	3.14	10.36	223.72	372.16					
440.0	3.24	10.69	246.09	395.01					
480.0	3.32	10.96	268.47	413.77					
520.0	3.37	11.11	290.84	424.52					
560.0	3.47	11.45	313.21	450.13					
600.0	3.66	12.08	335.58	498.38					
640.0	3.75	12.38	357.95	522.09					
680.0	3.82	12.61	380.33	540.91					
720.0	3.92	12.94	402.70	568.38					
760.0	3.98	13.14	425.07	585.18					
800.0	4.07	13.43	447.44	610.84					
840.0	4.16	13.73	469.81	637.06					
880.0	4.25	14.03	492.19	663.82					
920.0	4.35	14.36	514.56	694.21					
960.0	4.47	14.74	536.93	729.99					
1000.0	4.57	15.07	559.30	761.83					
1040.0	4.66	15.38	581.68	792.71					
1080.0	4.73	15.61	604.05	815.85					
1120.0	4.79	15.81	626.42	835.95					
1160.0	4.86	16.04	648.79	859.72					
1200.0	4.96	16.37	671.16	894.24					
1240.0	5.06	16.70	693.54	929.44					
1280.0	5.15	17.00	715.91	961.70					
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FE. DE ESF. CORREGIDA:	3.116x + 3.62x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.699					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	17.00		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	47377.32					
ESF. ROT (kg/cm ²):	715.91		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	25920.46					
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	404022.63		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	337429.95					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 107: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-600) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		GN		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gisa Nanosilice al 1.5% en peso del cemento		500 kg/cm ²	
ESPECIMEN:		28J0GN1.5		ADITIVO:		Gisa Nanosilice al 1.5% en peso del cemento		500 kg/cm ²	
FECHA DE FABRIC.:		17/02/2018		f _c DE DISEÑO:		15.159		15.159	
FECHA DE ENSAYO:		17/03/2018		DIÁMETRO (cm):		304.0		304.0	
EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		304.0		304.0	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACION (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	FE. DE ESF. CORREGIDA
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	1.35	4.44	22.60	101.34					
80.0	2.05	6.74	45.20	190.88					
120.0	2.46	8.09	67.80	255.05					
160.0	2.73	8.98	90.40	302.04					
200.0	2.94	9.67	113.00	341.19					
240.0	3.11	10.23	135.60	374.54					
280.0	3.26	10.73	158.20	405.63					
320.0	3.40	11.18	180.80	434.88					
360.0	3.50	11.51	203.40	456.69					
400.0	3.66	12.04	226.00	492.66					
440.0	3.76	12.37	248.60	515.81					
480.0	3.93	12.93	271.20	556.36					
520.0	4.01	13.19	293.80	575.95					
560.0	4.14	13.62	316.40	608.49					
600.0	4.23	13.91	339.00	631.53					
640.0	4.30	14.14	361.60	649.74					
680.0	4.40	14.48	384.20	677.00					
720.0	4.51	14.82	406.80	704.32					
760.0	4.57	15.03	429.40	722.34					
800.0	4.68	15.39	452.00	753.00					
840.0	4.76	15.66	474.60	775.69					
880.0	4.86	15.99	497.20	804.51					
920.0	5.01	16.48	519.80	848.71					
960.0	5.16	16.97	542.40	894.07					
1000.0	5.27	17.32	565.00	926.51					
1040.0	5.36	17.63	587.60	956.35					
1080.0	5.46	17.96	610.20	988.27					
1120.0	5.56	18.29	632.80	1020.70					
1160.0	5.71	18.78	655.40	1070.31					
1200.0	5.79	19.05	678.00	1097.25					
1240.0	5.90	19.41	700.60	1134.82					
1280.0	5.96	19.61	723.20	1155.58					
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FE. DE ESF. CORREGIDA:	2.382x + 1.22x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.801					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	19.61		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	410786.14					
ESF. ROT (kg/cm ²):	723.20		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	22015.24					
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	406074.86		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	338385.18					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 109: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice al 1.5% a los 28 días espécimen 21.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén			TIPO DE MEZCLA:	GN				
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.			CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO				
ESPECÍMEN:	2821(GN) 5			ADITIVO:	Gisla Nanosilice al 1.5% en peso del cemento				
FECHA DE FABRICACIÓN:	17/02/2018			f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²				
FECHA DE ENSAYO:	17/03/2018			DIÁMETRO (cm):	15.231				
EDAD:	28 DÍAS			LONGITUD (mm):	304.3				
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (+1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESTUERO - DEFORMACION (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.76	2.30	22.39	35.53					
80.0	1.56	5.13	44.77	106.10					
120.0	2.05	6.74	67.16	166.12					
160.0	2.36	7.76	89.55	210.69					
200.0	2.63	8.64	111.95	253.67					
240.0	2.85	9.37	134.32	291.55					
280.0	3.06	10.06	156.71	330.11					
320.0	3.23	10.62	179.09	363.05					
360.0	3.36	11.04	201.48	389.27					
400.0	3.47	11.41	223.87	412.16					
440.0	3.64	11.96	246.26	448.79					
480.0	3.74	12.29	268.64	471.06					
520.0	3.87	12.72	291.03	500.81					
560.0	3.96	13.02	313.42	521.93					
600.0	4.13	13.57	335.80	563.00					
640.0	4.23	13.90	358.19	587.87					
680.0	4.33	14.23	380.58	613.28					
720.0	4.42	14.53	402.96	636.60					
760.0	4.47	14.69	425.35	649.74					
800.0	4.63	15.22	447.74	692.68					
840.0	4.74	15.58	470.12	723.00					
880.0	4.82	15.84	492.51	745.45					
920.0	4.92	16.15	514.90	772.55					
960.0	4.98	16.35	537.28	789.92					
1000.0	5.09	16.73	559.67	823.73					
1040.0	5.16	16.97	582.06	845.56					
1080.0	5.26	17.29	604.44	875.01					
1120.0	5.37	17.63	626.83	907.45					
1160.0	5.47	17.96	649.22	938.89					
1200.0	5.56	18.27	671.60	969.25					
1240.0	5.65	18.57	693.99	998.45					
1280.0	5.77	18.96	716.38	1038.06					
1320.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
EC-DESF. CORREGIDA:	2.46x ² + 8.08x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	19.697				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	18.96			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	42276.80				
ESF. ROT (kg/cm ²):	716.38			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	22713.95				
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	4041.55.26			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	337304.62				

Fuente: Elaboración propia (2018).

3. Mezcla del Concreto con Aditivo Superplastificante SP-4

Tabla N° 110: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 7 días espécimen 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén			TIPO DE MEZCLA:	SP				
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.			CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO				
ESPECÍMEN:	070/SP10			ADITIVO:	SP-4 al 1% en peso del cemento				
FECHA DE FABRICACIÓN:	21/02/2018			f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²				
FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018			DIÁMETRO (cm):	15.199				
EDAD:	7 DÍAS			LONGITUD (mm):	302.0				
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (+1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESTUERO - DEFORMACION (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.69	2.28	22.48	31.04					
80.0	1.29	4.27	44.96	83.94					
120.0	1.75	5.79	67.44	140.81					
160.0	2.06	6.80	89.92	186.33					
200.0	2.27	7.52	112.41	222.16					
240.0	2.43	8.05	134.89	250.83					
280.0	2.59	8.58	157.37	281.22					
320.0	2.73	9.04	179.85	309.21					
360.0	2.85	9.42	202.33	333.19					
400.0	2.96	9.80	224.81	358.05					
440.0	3.08	10.20	247.29	384.93					
480.0	3.19	10.56	269.77	410.42					
520.0	3.29	10.89	292.26	434.30					
560.0	3.39	11.23	314.74	459.35					
600.0	3.50	11.59	337.22	486.62					
640.0	3.60	11.92	359.70	512.57					
680.0	3.69	12.23	382.18	537.04					
720.0	3.79	12.55	404.66	563.73					
760.0	3.89	12.87	427.14	591.06					
800.0	3.99	13.20	449.62	618.74					
840.0	4.07	13.48	472.11	643.52					
880.0	4.17	13.81	494.59	673.28					
920.0	4.27	14.12	517.07	702.18					
960.0	4.32	14.30	539.55	719.19					
1000.0	4.47	14.81	562.03	767.57					
1040.0	4.59	15.18	584.51	803.97					
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
EC-DESF. CORREGIDA:	3.05x ² + 6.61x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	16.545				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.18			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	443412.07				
ESF. ROT (kg/cm ²):	584.51			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	23523.60				
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	36507.63			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	315501.64				

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 112: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 a 1.0% a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabañillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	SP	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO	ADITIVO:	SP-4 al 1% en peso del cemento	f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	DIÁMETRO (cm):	15.272
PROYECTO:	Proyecto de Tests.	FECHA DE FABRIC.:	21/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018	EDAD:	7 DÍAS	LONGITUD (mm):	302.8	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.69	2.28	22.27	33.21							
80.0	1.39	4.59	44.53	66.42							
120.0	1.79	5.91	66.80	99.63							
160.0	2.07	6.84	89.07	132.84							
200.0	2.29	7.56	111.33	166.05							
240.0	2.48	8.19	133.60	199.26							
280.0	2.66	8.79	155.87	232.47							
320.0	2.78	9.18	178.13	265.68							
360.0	2.89	9.55	200.40	298.89							
400.0	3.04	10.02	222.67	332.10							
440.0	3.13	10.32	244.93	365.31							
480.0	3.20	10.55	267.20	398.52							
520.0	3.32	10.97	289.47	431.73							
560.0	3.40	11.21	311.74	464.94							
600.0	3.51	11.59	334.00	498.15							
640.0	3.62	11.96	356.27	531.36							
680.0	3.77	12.45	378.54	564.57							
720.0	3.85	12.72	400.80	597.78							
760.0	3.94	13.01	423.07	630.99							
800.0	4.00	13.21	445.34	664.20							
840.0	4.09	13.51	467.60	697.41							
880.0	4.19	13.84	489.87	730.62							
920.0	4.30	14.19	512.14	763.83							
960.0	4.40	14.52	534.40	797.04							
1000.0	4.49	14.83	556.67	830.25							
1040.0	4.59	15.16	578.94	863.46							
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
EC. DESEF. CORREGIDA:	3.07x + 7.57x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.137					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.16				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	4398871.4					
ESF. ROT (kg/cm ²):	578.94				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	22870.36					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	363322.61				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	314519.53					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 111: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 a 1.0% a los 7 días espécimen 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:	Henry H. Cabañillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	SP	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMAYO	ADITIVO:	SP-4 al 1% en peso del cemento	f'c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²	DIÁMETRO (cm):	15.247
PROYECTO:	Proyecto de Tests.	FECHA DE FABRIC.:	21/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	28/02/2018	EDAD:	7 DÍAS	LONGITUD (mm):	303.5	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.59	1.94	22.34	10.36							
80.0	1.19	3.92	44.68	20.72							
120.0	1.57	5.17	67.02	31.08							
160.0	1.81	5.96	89.36	41.44							
200.0	2.05	6.75	111.70	51.80							
240.0	2.28	7.51	134.04	62.16							
280.0	2.49	8.19	156.38	72.52							
320.0	2.61	8.58	178.72	82.88							
360.0	2.73	9.00	201.06	93.24							
400.0	2.86	9.42	223.40	103.60							
440.0	2.99	9.84	245.74	113.96							
480.0	3.09	10.16	268.08	124.32							
520.0	3.15	10.36	290.42	134.68							
560.0	3.16	10.42	312.76	145.04							
600.0	3.20	10.54	335.10	155.40							
640.0	3.51	11.57	357.44	165.76							
680.0	3.67	12.08	379.78	176.12							
720.0	3.79	12.49	402.12	186.48							
760.0	3.89	12.82	424.46	196.84							
800.0	3.97	13.08	446.80	207.20							
840.0	4.06	13.38	469.14	217.56							
880.0	4.09	13.48	491.48	227.92							
920.0	4.20	13.82	513.82	238.28							
960.0	4.38	14.43	536.16	248.64							
1000.0	4.47	14.71	558.50	259.00							
1040.0	4.57	15.06	580.84	269.36							
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
EC. DESEF. CORREGIDA:	2.635x ² + 0.21x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	17.410					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	15.06				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	444824.40					
ESF. ROT (kg/cm ²):	580.84				MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	24330.55					
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	363918.33				MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	314854.69					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 114: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 14 días espécimen 11.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR: Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA: SP							
PROYECTO: Proyecto de Tesis.		CEMENTO: PORTLAND TIPO I-PACASMA YO							
ESPECÍMEN: 1411SP10		ADITIVO: SP-4 al 1% en peso del cemento							
FECHA DE FABRIC.: 21/02/2018		f_c DE DISEÑO: 500 kg/cm ²							
FECHA DE ENSAYO: 07/03/2018		DIÁMETRO (cm): 15.213							
EDAD: 14 DÍAS		LONGITUD (mm): 303.5							
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.75	2.47	22.44	41.14					
80.0	1.46	4.81	44.88	112.64					
120.0	1.86	6.11	67.32	166.13					
160.0	2.26	7.45	89.76	231.15					
200.0	2.54	8.37	112.20	282.12					
240.0	2.74	9.03	134.64	321.54					
280.0	2.90	9.56	157.08	354.89					
320.0	3.06	10.07	179.52	388.73					
360.0	3.16	10.40	201.96	411.36					
400.0	3.26	10.74	224.40	433.80					
440.0	3.36	11.07	246.84	459.72					
480.0	3.54	11.66	269.28	504.36					
520.0	3.65	12.03	291.72	532.65					
560.0	3.69	12.16	314.16	543.12					
600.0	3.76	12.39	336.60	561.69					
640.0	3.93	12.95	359.04	608.06					
680.0	3.96	13.05	381.48	616.44					
720.0	4.07	13.39	403.92	646.19					
760.0	4.15	13.68	426.36	671.36					
800.0	4.26	14.02	448.80	701.78					
840.0	4.36	14.37	471.24	733.47					
880.0	4.46	14.70	493.68	764.30					
920.0	4.56	15.01	516.12	794.17					
960.0	4.65	15.33	538.56	825.90					
1000.0	4.76	15.67	561.00	858.91					
1040.0	4.85	15.98	583.44	890.54					
1080.0	4.96	16.33	605.88	926.16					
1120.0	5.05	16.65	628.32	959.68					
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC-DESF. CORREGIDA: 2.89228x² + 9.5x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos): 21.13					
DEF. ROT. UNIT. (x1000): 16.65		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²): 429007.28							
ESF. ROT (kg/cm²): 628.32		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²): 22487.07							
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm²): 378499.94		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm²): 323062.88							

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 113: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 14 días espécimen 10.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR: Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA: SP							
PROYECTO: Proyecto de Tesis.		CEMENTO: PORTLAND TIPO I-PACASMA YO							
ESPECÍMEN: 1410SP10		ADITIVO: SP-4 al 1% en peso del cemento							
FECHA DE FABRIC.: 21/02/2018		f_c DE DISEÑO: 500 kg/cm ²							
FECHA DE ENSAYO: 07/03/2018		DIÁMETRO (cm): 15.253							
EDAD: 14 DÍAS		LONGITUD (mm): 303.0							
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	1.16	3.83	22.32	65.64					
80.0	1.90	6.27	44.64	143.80					
120.0	2.36	7.79	66.97	206.02					
160.0	2.72	8.96	89.29	261.67					
200.0	2.95	9.74	111.61	302.06					
240.0	3.05	10.07	133.93	320.10					
280.0	3.16	10.43	156.26	340.54					
320.0	3.26	10.76	178.58	359.66					
360.0	3.36	11.09	200.90	379.29					
400.0	3.46	11.40	223.22	398.41					
440.0	3.62	11.95	245.55	432.72					
480.0	3.77	12.43	267.87	464.02					
520.0	3.86	12.74	290.19	485.11					
560.0	4.05	13.38	312.51	529.62					
600.0	4.16	13.73	334.83	554.75					
640.0	4.26	14.06	357.16	578.99					
680.0	4.39	14.47	379.48	610.00					
720.0	4.54	14.98	401.80	649.57					
760.0	4.63	15.28	424.12	673.11					
800.0	4.74	15.64	446.45	702.44					
840.0	4.84	15.96	468.77	728.27					
880.0	4.95	16.34	491.09	760.16					
920.0	5.05	16.65	513.41	787.01					
960.0	5.18	17.08	535.74	824.51					
1000.0	5.26	17.36	558.06	849.49					
1040.0	5.36	17.69	580.38	879.36					
1080.0	5.45	17.99	602.70	906.67					
1120.0	5.55	18.32	625.02	937.51					
1160.0	5.62	18.55	647.35	959.40					
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC-DESF. CORREGIDA: 2.3492x² + 8.1531x				TIEMPO DE ENSAYO (minutos): 19.75					
DEF. ROT. UNIT. (x1000): 18.55		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²): 391196.70							
ESF. ROT (kg/cm²): 647.35		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²): 21181.42							
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm²): 384189.41		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm²): 326265.56							

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 116: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	SP					
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
ESPECIMEN:	2819SP10		ADITIVO:	SP-4 al 1% en peso del cemento					
FECHA DE FABRIC.:	21/02/2018		f_c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2018		DIÁMETRO (cm):	15.234					
EDAD:	28 DÍAS		LONGITUD (mm):	303.5					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	1.03	3.39	22.38						
80.0	1.83	6.03	44.76						
120.0	2.28	7.50	67.13						
160.0	2.59	8.53	89.51						
200.0	2.86	9.42	111.89						
240.0	3.05	10.03	134.27						
280.0	3.19	10.49	156.65						
320.0	3.35	11.04	179.02						
360.0	3.48	11.45	201.40						
400.0	3.58	11.78	223.78						
440.0	3.68	12.11	246.16						
480.0	3.78	12.45	268.54						
520.0	3.87	12.75	290.91						
560.0	3.97	13.08	313.29						
600.0	4.06	13.38	335.67						
640.0	4.16	13.69	358.05						
680.0	4.25	14.00	380.43						
720.0	4.34	14.28	402.80						
760.0	4.38	14.43	425.18						
800.0	4.48	14.76	447.56						
840.0	4.57	15.06	469.94						
880.0	4.64	15.29	492.32						
920.0	4.68	15.42	514.69						
960.0	4.78	15.73	537.07						
1000.0	4.86	16.01	559.45						
1040.0	4.95	16.31	581.83						
1080.0	5.02	16.54	604.21						
1120.0	5.07	16.71	626.58						
1160.0	5.15	16.97	648.96						
1200.0	5.25	17.30	671.34						
1240.0	5.36	17.66	693.72						
1280.0	5.46	17.99	716.10						
1320.0	5.56	18.32	738.47						
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
f_c DE SF. CORREGIDA:	3.4578 + 12.01x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.38				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	738.47			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E₂ (kg/cm²):	452507.57				
ESF. ROT (kg/cm²):	410340.78			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E₃ (kg/cm²):	23044.03				
MÓD. ELAST. POR FORM. - E₁ (kg/cm²):	410340.78			MÓD. ELAST. POR FORM. - E₄ (kg/cm²):	340986.53				

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 115: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	SP					
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
ESPECIMEN:	1412SP10		ADITIVO:	SP-4 al 1% en peso del cemento					
FECHA DE FABRIC.:	21/02/2018		f_c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:	07/03/2018		DIÁMETRO (cm):	15.256					
EDAD:	14 DÍAS		LONGITUD (mm):	304.5					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.75	2.46	22.31						
80.0	1.36	4.47	44.63						
120.0	1.75	5.75	66.94						
160.0	2.02	6.63	89.26						
200.0	2.16	7.09	111.57						
240.0	2.35	7.70	133.89						
280.0	2.46	8.08	156.20						
320.0	2.56	8.41	178.52						
360.0	2.68	8.80	200.83						
400.0	2.77	9.08	223.15						
440.0	2.85	9.36	245.46						
480.0	2.96	9.70	267.78						
520.0	3.06	10.03	290.09						
560.0	3.15	10.34	312.41						
600.0	3.26	10.71	334.72						
640.0	3.33	10.94	357.04						
680.0	3.37	11.05	379.35						
720.0	3.52	11.56	401.67						
760.0	3.56	11.67	423.98						
800.0	3.66	12.00	446.30						
840.0	3.75	12.32	468.61						
880.0	3.85	12.63	490.93						
920.0	3.94	12.92	513.24						
960.0	3.96	13.00	535.56						
1000.0	4.05	13.31	557.87						
1040.0	4.14	13.60	580.19						
1080.0	4.20	13.79	602.50						
1120.0	4.35	14.27	624.82						
1160.0	4.46	14.65	647.13						
1200.0	4.56	14.98	669.45						
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
f_c DE SF. CORREGIDA:	3.7488 + 8.42x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.467				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	669.45			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E₂ (kg/cm²):	515938.64				
ESF. ROT (kg/cm²):	290693.19			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E₃ (kg/cm²):	27645.06				
MÓD. ELAST. POR FORM. - E₁ (kg/cm²):	290693.19			MÓD. ELAST. POR FORM. - E₄ (kg/cm²):	329226.63				

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 118: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 28 días espécimen 21.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	SP					
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
ESPECÍMEN:	2821SP10	ADITIVO:	SP-4 al 1% en peso del cemento						
FECHA DE FABRIC.:	21/02/2018	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.221						
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	304.5						
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.79	2.59	22.42						
80.0	1.62	5.30	44.84						
120.0	2.15	7.06	67.25						
160.0	2.48	8.14	89.67						
200.0	2.78	9.13	112.09						
240.0	2.97	9.75	134.51						
280.0	3.16	10.38	156.92						
320.0	3.28	10.77	179.34						
360.0	3.46	11.36	201.76						
400.0	3.57	11.72	224.18						
440.0	3.66	12.02	246.60						
480.0	3.78	12.40	269.01						
520.0	3.88	12.73	291.43						
560.0	3.98	13.05	313.85						
600.0	4.08	13.38	336.27						
640.0	4.17	13.69	358.68						
680.0	4.26	13.99	381.10						
720.0	4.38	14.06	403.52						
760.0	4.38	14.38	425.94						
800.0	4.48	14.71	448.35						
840.0	4.62	15.16	470.77						
880.0	4.68	15.35	493.19						
920.0	4.77	15.67	515.61						
960.0	4.78	15.70	538.03						
1000.0	4.88	16.03	560.44						
1040.0	4.98	16.34	582.86						
1080.0	5.04	16.55	605.28						
1120.0	5.08	16.67	627.70						
1160.0	5.26	17.27	650.11						
1200.0	5.28	17.34	672.53						
1240.0	5.39	17.68	694.95						
1280.0	5.52	18.13	717.37						
1320.0	5.56	18.26	739.79						
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC DE SF. CORREGIDA:	3.3078x + 6.135x ²			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	21.383				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	18.26			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	45987.96				
ESF. ROT (kg/cm ²):	739.79			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	23166.77				
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	410704.74			MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	341191.41				

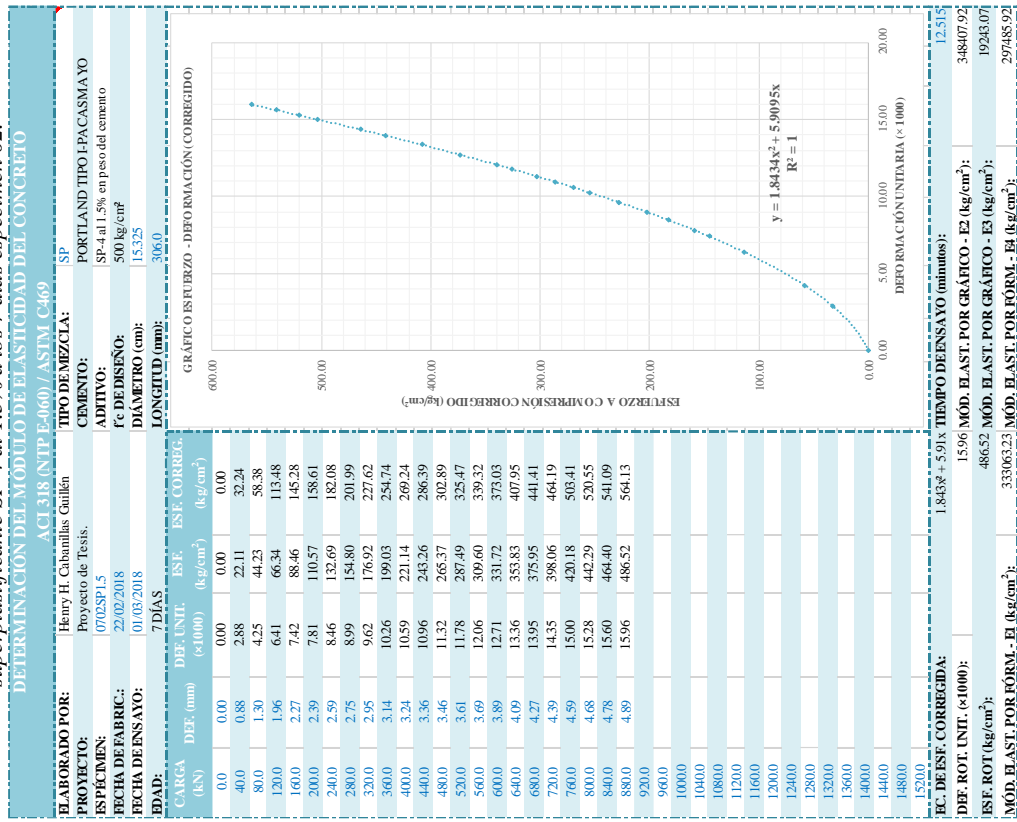
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 117: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.0% a los 28 días espécimen 20.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	SP					
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
ESPECÍMEN:	2820SP10	ADITIVO:	SP-4 al 1% en peso del cemento						
FECHA DE FABRIC.:	21/02/2018	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.194						
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	304.3						
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.97	3.19	22.50						
80.0	1.76	5.78	44.99						
120.0	2.32	7.63	67.49						
160.0	2.67	8.78	89.98						
200.0	2.96	9.73	112.48						
240.0	3.15	10.35	134.98						
280.0	3.35	11.01	157.47						
320.0	3.49	11.47	179.97						
360.0	3.63	11.93	202.46						
400.0	3.77	12.39	224.96						
440.0	3.88	12.75	247.46						
480.0	3.98	13.08	269.95						
520.0	4.07	13.38	292.45						
560.0	4.17	13.71	314.94						
600.0	4.28	14.05	337.44						
640.0	4.36	14.31	359.94						
680.0	4.47	14.68	382.43						
720.0	4.56	14.97	404.93						
760.0	4.64	15.25	427.42						
800.0	4.72	15.51	449.92						
840.0	4.78	15.71	472.42						
880.0	4.87	16.01	494.91						
920.0	4.95	16.25	517.41						
960.0	4.98	16.37	539.90						
1000.0	5.08	16.68	562.40						
1040.0	5.18	17.01	584.90						
1080.0	5.27	17.30	607.39						
1120.0	5.35	17.58	629.89						
1160.0	5.44	17.88	652.38						
1200.0	5.48	18.01	674.88						
1240.0	5.58	18.32	697.38						
1280.0	5.67	18.64	719.87						
1320.0	5.77	18.96	742.37						
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC DE SF. CORREGIDA:	3.2524x + 9.6814x ²			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	22.517				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	18.96			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	437596.44				
ESF. ROT (kg/cm ²):	742.37			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	22897.14				
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	41421.05			MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	341594.63				

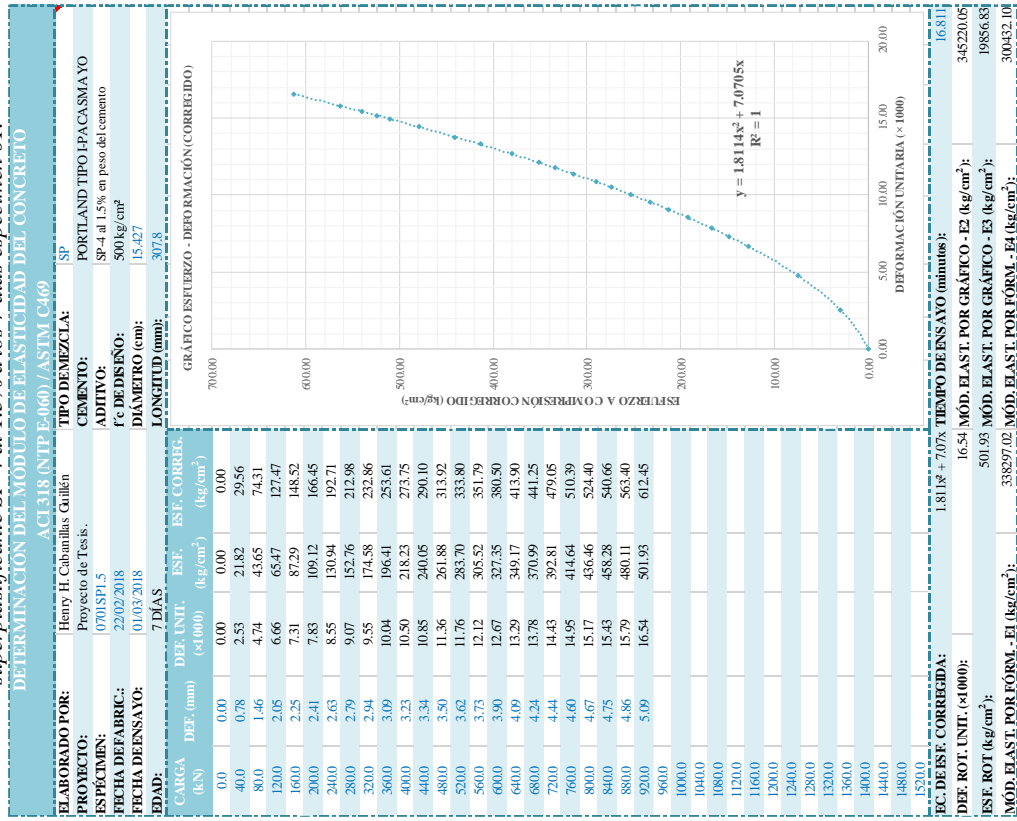
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 120: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 7 días espécimen 02.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 119: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 7 días espécimen 01.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 122: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 14 días espécimen 10.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	SP						
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO						
ESPECÍMEN:	1410SP15	ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento						
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:	08/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.192						
EDAD:	14 DÍAS	LONGITUD (mm):	302.3						
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. CORRIGIDA (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.72	2.38	22.50						
80.0	1.34	4.43	45.01						
120.0	1.73	5.72	67.51						
160.0	2.02	6.67	90.01						
200.0	2.20	7.28	112.52						
240.0	2.44	8.07	135.02						
280.0	2.59	8.55	157.52						
320.0	2.72	9.00	180.03						
360.0	2.81	9.30	202.53						
400.0	2.94	9.73	225.03						
440.0	3.03	10.02	247.54						
480.0	3.53	11.68	270.04						
520.0	3.73	12.34	292.54						
560.0	3.87	12.80	315.05						
600.0	3.99	13.20	337.55						
640.0	4.10	13.56	360.05						
680.0	4.21	13.93	382.56						
720.0	4.31	14.26	405.06						
760.0	4.41	14.59	427.56						
800.0	4.50	14.89	450.07						
840.0	4.59	15.19	472.57						
880.0	4.67	15.45	495.07						
920.0	4.75	15.72	517.58						
960.0	4.85	16.05	540.08						
1000.0	4.96	16.41	562.58						
1040.0									
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC. DE SF. CORREGIDA:	1.9243x ² + 1.74x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	15.520				
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	16.41			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	390405.94				
ESF. ROT (kg/cm ²):	562.58			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	23221.75				
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	358154.99			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	311610.43				

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 121: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	SP						
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO						
ESPECÍMEN:	0703SP15	ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento						
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²						
FECHA DE ENSAYO:	01/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.275						
EDAD:	7 DÍAS	LONGITUD (mm):	300.5						
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. CORRIGIDA (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)					
0.0	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.79	2.63	22.26						
80.0	1.49	4.96	44.52						
120.0	1.90	6.32	66.78						
160.0	2.20	7.31	89.04						
200.0	2.47	8.20	111.30						
240.0	2.66	8.85	133.56						
280.0	2.79	9.28	155.82						
320.0	2.99	9.94	178.08						
360.0	3.10	10.30	200.34						
400.0	3.24	10.78	222.60						
440.0	3.37	11.21	244.85						
480.0	3.49	11.61	267.11						
520.0	3.59	11.95	289.37						
560.0	3.69	12.28	311.63						
600.0	3.79	12.61	333.89						
640.0	3.89	12.95	356.15						
680.0	3.99	13.28	378.41						
720.0	4.09	13.61	400.67						
760.0	4.19	13.94	422.93						
800.0	4.29	14.28	445.19						
840.0	4.39	14.61	467.45						
880.0	4.41	14.68	489.71						
920.0									
960.0									
1000.0									
1040.0									
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC. DE SF. CORREGIDA:	2.7934x ² + 8.776x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	14.20				
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	14.68			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	386341.72				
ESF. ROT (kg/cm ²):	489.71			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	19166.06				
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):	334153.49			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):	298999.65				

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 124: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		SP		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		SP-4 al 1.5% en peso del cemento		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		1412SP15		FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		f _c DE DISEÑO:	
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		DIÁMETRO (cm):	
FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):	
EDAD:		14 DÍAS		CARGA (kN)		DEF. (mm)		ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	
CARGA (kN)		DEF. (mm)		DEF. UNIT. (×1000)		ESF. CORRIG. (kg/cm ²)		GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
40.0	0.80	2.65	22.59	42.68					
80.0	1.45	4.81	45.17	104.66					
120.0	1.95	6.47	67.76	169.00					
160.0	2.31	7.66	90.35	224.30					
200.0	2.55	8.46	112.93	265.34					
240.0	2.82	9.35	135.52	315.49					
280.0	2.95	9.77	158.11	340.14					
320.0	3.15	10.45	180.69	382.53					
360.0	3.31	10.98	203.28	417.31					
400.0	3.44	11.41	225.87	446.66					
440.0	3.53	11.71	248.45	468.02					
480.0	3.64	12.07	271.04	493.72					
520.0	3.74	12.41	293.63	518.62					
560.0	3.85	12.75	316.21	544.37					
600.0	4.02	13.32	338.80	588.21					
640.0	4.11	13.63	361.39	613.44					
680.0	4.22	14.00	383.97	643.31					
720.0	4.32	14.31	406.56	669.67					
760.0	4.41	14.63	429.15	696.56					
800.0	4.52	14.98	451.73	726.88					
840.0	4.60	15.26	474.32	751.89					
880.0	4.67	15.49	496.90	772.81					
920.0	4.74	15.72	519.49	794.00					
960.0	4.83	16.02	542.08	821.68					
1000.0	4.94	16.38	564.66	856.13					
1040.0	5.05	16.75	587.25	891.29					
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC-DESF. CORREGIDA:		2.634x + 9.09x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		16.105			
DEF. ROT. UNIT. (×1000):		16.75		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		398147.51			
ESF. ROT (kg/cm ²):		587.25		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		20388.69			
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):		3.65922.30		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):		315982.75			
MÓD. ELAST. POR FORM. - E2 (kg/cm ²):		1.7013x ² + 19.256x		R ² = 1					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 123: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 14 días espécimen 11.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		SP		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		SP-4 al 1.5% en peso del cemento		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		1411SP15		FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		f _c DE DISEÑO:	
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		DIÁMETRO (cm):	
FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):	
EDAD:		14 DÍAS		CARGA (kN)		DEF. (mm)		ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	
CARGA (kN)		DEF. (mm)		DEF. UNIT. (×1000)		ESF. CORRIG. (kg/cm ²)		GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
40.0	0.76	2.52	22.33	59.29					
80.0	1.42	4.71	44.67	128.29					
120.0	1.80	5.97	67.00	175.40					
160.0	2.03	6.73	89.33	206.54					
200.0	2.26	7.49	111.66	239.65					
240.0	2.43	8.05	134.00	265.40					
280.0	2.58	8.55	156.33	289.01					
320.0	2.70	8.95	178.66	308.51					
360.0	2.83	9.38	200.99	330.24					
400.0	2.93	9.71	223.33	347.38					
440.0	3.04	10.07	245.66	366.67					
480.0	3.16	10.47	267.99	388.23					
520.0	3.27	10.84	290.32	408.47					
560.0	3.37	11.17	312.66	427.25					
600.0	3.43	11.57	334.99	438.71					
640.0	3.53	11.71	357.32	458.48					
680.0	3.63	12.03	379.65	477.85					
720.0	3.73	12.36	401.99	497.99					
760.0	3.83	12.69	424.32	518.49					
800.0	3.93	13.01	446.65	538.32					
840.0	4.03	13.34	468.98	559.56					
880.0	4.13	13.69	491.32	582.26					
920.0	4.26	14.78	513.65	606.28					
960.0	4.78	15.84	535.98	731.95					
1000.0	4.94	16.37	558.31	771.22					
1040.0	5.05	16.74	580.65	798.77					
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC-DESF. CORREGIDA:		1.7013x ² + 19.256x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		17.814			
DEF. ROT. UNIT. (×1000):		16.74		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		394040.22			
ESF. ROT (kg/cm ²):		580.65		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		23865.69			
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm ²):		3.63838.67		MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm ²):		314821.11			
MÓD. ELAST. POR FORM. - E2 (kg/cm ²):		1.7013x ² + 19.256x		R ² = 1					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 126: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 a los 28 días espécimen 20.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	SP							
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO							
ESPECÍMEN:	28x28xSP15	ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento							
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²							
FECHA DE ENSAYO:	22/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.226							
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	301.5							
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.76	2.53	22.40							
80.0	1.50	4.99	44.81							
120.0	2.03	6.76	67.21							
160.0	2.44	8.12	89.61							
200.0	2.64	8.79	112.02							
240.0	2.83	9.40	134.42							
280.0	2.95	9.80	156.82							
320.0	3.12	10.38	179.22							
360.0	3.23	10.75	201.63							
400.0	3.34	11.11	224.03							
440.0	3.44	11.45	246.43							
480.0	3.55	11.80	268.84							
520.0	3.64	12.10	291.24							
560.0	3.73	12.40	313.64							
600.0	3.75	12.48	336.05							
640.0	3.84	12.76	358.45							
680.0	3.92	13.04	380.85							
720.0	4.01	13.34	403.25							
760.0	4.05	13.48	425.66							
800.0	4.25	14.13	448.06							
840.0	4.34	14.44	470.46							
880.0	4.44	14.78	492.87							
920.0	4.80	15.97	515.27							
960.0	4.94	16.44	537.67							
1000.0	5.04	16.77	560.08							
1040.0	5.13	17.07	582.48							
1080.0	5.22	17.37	604.88							
1120.0	5.30	17.64	627.28							
1160.0	5.42	18.04	649.69							
1200.0										
1240.0										
1280.0										
1320.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										
FC-DESF. CORREGIDA:	2.179x² + 10.231x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	19.117					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	18.04			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²):	405127.62					
ESF. ROT (kg/cm²):	649.69			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²):	22321.22					
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm²):	384883.33			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm²):	32656.18					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 125: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén	TIPO DE MEZCLA:	SP							
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASMA YO							
ESPECÍMEN:	28x28xSP15	ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento							
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018	f _c DE DISEÑO:	500 kg/cm ²							
FECHA DE ENSAYO:	22/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.200							
EDAD:	28 DÍAS	LONGITUD (mm):	301.5							
CARGA (R.N)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.76	2.53	22.48							
80.0	1.48	4.91	44.96							
120.0	2.00	6.63	67.43							
160.0	2.35	7.79	89.91							
200.0	2.58	8.56	112.39							
240.0	2.79	9.25	134.87							
280.0	2.97	9.85	157.35							
320.0	3.08	10.22	179.83							
360.0	3.25	10.78	202.30							
400.0	3.37	11.18	224.78							
440.0	3.48	11.54	247.26							
480.0	3.58	11.86	269.74							
520.0	3.68	12.21	292.22							
560.0	3.78	12.52	314.70							
600.0	3.88	12.85	337.17							
640.0	3.98	13.20	359.65							
680.0	4.08	13.53	382.13							
720.0	4.17	13.81	404.61							
760.0	4.38	14.53	427.09							
800.0	4.58	15.19	449.56							
840.0	4.70	15.59	472.04							
880.0	4.81	15.95	494.52							
920.0	4.89	16.22	517.00							
960.0	4.96	16.45	539.48							
1000.0	5.05	16.75	561.96							
1040.0	5.13	17.01	584.43							
1080.0	5.22	17.31	606.91							
1120.0	5.30	17.58	629.39							
1160.0	5.43	18.01	651.87							
1200.0										
1240.0										
1280.0										
1320.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										
FC-DESF. CORREGIDA:	2.298x² + 4.77x			TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	18.501					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	18.01			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²):	407164.84					
ESF. ROT (kg/cm²):	651.87			MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²):	22276.50					
MÓD. ELAST. POR FORM. - E1 (kg/cm²):	385529.02			MÓD. ELAST. POR FORM. - E4 (kg/cm²):	327019.65					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 128: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 7 días espécimen 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	NS	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASAMA YO	ADITIVO:	Gaia Nanosilíce y SP-4 al 0.6% en peso del cemento	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		FECHA DE FABRIC.:	07/03/2018	FECHA DE ENSAYO:	01/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.230	EDAD:	7 DÍAS
ESPECÍMEN:	2821SP1.5		LONGITUD (mm):	302.5		GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018		CARGA (kN)	DEF. UNIT. (+1000) (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (+1000) (kg/cm ²)	ESFUERZO A COMPRESIÓN (CORREGIDO) (kg/cm ²)				
FECHA DE ENSAYO:	22/03/2018		0.0	0.00	0.00	DEFORMACIÓN UNITARIA (x 1000)				
EDAD:	28 DÍAS		40.0	0.82	2.72	TIEMPO DE ENSAYO (minutos):				
			80.0	1.60	5.31	18.37 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):				
			120.0	2.04	6.77	669.36 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):				
			160.0	2.47	8.18	290667.58 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):				
			200.0	2.80	9.27	329912.22 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):				
			240.0	3.03	10.05					
			280.0	3.18	10.55					
			320.0	3.28	10.88					
			360.0	3.48	11.53					
			400.0	3.57	11.84					
			440.0	3.68	12.21					
			480.0	3.78	12.54					
			520.0	3.95	13.10					
			560.0	4.08	13.53					
			600.0	4.18	13.86					
			640.0	4.28	14.20					
			680.0	4.36	14.46					
			720.0	4.46	14.79					
			760.0	4.48	14.86					
			800.0	4.58	15.19					
			840.0	4.73	15.69					
			880.0	4.78	15.85					
			920.0	4.87	16.15					
			960.0	4.98	16.52					
			1000.0	5.07	16.82					
			1040.0	5.15	17.08					
			1080.0	5.19	17.21					
			1120.0	5.28	17.51					
			1160.0	5.35	17.74					
			1200.0	5.54	18.37					
			1240.0							
			1280.0							
			1320.0							
			1360.0							
			1400.0							
			1440.0							
			1480.0							
			1520.0							
FC DE ESF. CORREGIDA:					2.7188x + 12.61x	20.417				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):						40875.68				
ESF. ROT (kg/cm ²):						21361.23				
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):						329912.22				
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):						329912.22				

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 127: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con aditivo superplastificante SP-4 al 1.5% a los 28 días espécimen 21.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:	Henry H. Cabanillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:	SP	CEMENTO:	PORTLAND TIPO I-PACASAMA YO	ADITIVO:	SP-4 al 1.5% en peso del cemento	Fc DE DISEÑO:	500 kg/cm ²
PROYECTO:	Proyecto de Tesis.		FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018	FECHA DE ENSAYO:	22/03/2018	DIÁMETRO (cm):	15.257	EDAD:	30.5
ESPECÍMEN:	2821SP1.5		LONGITUD (mm):	301.5		GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
FECHA DE FABRIC.:	22/02/2018		CARGA (kN)	DEF. UNIT. (+1000) (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (+1000) (kg/cm ²)	ESFUERZO A COMPRESIÓN (CORREGIDO) (kg/cm ²)				
FECHA DE ENSAYO:	22/03/2018		0.0	0.00	0.00	DEFORMACIÓN UNITARIA (x 1000)				
EDAD:	28 DÍAS		40.0	0.82	2.72	TIEMPO DE ENSAYO (minutos):				
			80.0	1.60	5.31	18.37 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):				
			120.0	2.04	6.77	669.36 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):				
			160.0	2.47	8.18	290667.58 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):				
			200.0	2.80	9.27	329912.22 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):				
			240.0	3.03	10.05					
			280.0	3.18	10.55					
			320.0	3.28	10.88					
			360.0	3.48	11.53					
			400.0	3.57	11.84					
			440.0	3.68	12.21					
			480.0	3.78	12.54					
			520.0	3.95	13.10					
			560.0	4.08	13.53					
			600.0	4.18	13.86					
			640.0	4.28	14.20					
			680.0	4.36	14.46					
			720.0	4.46	14.79					
			760.0	4.48	14.86					
			800.0	4.58	15.19					
			840.0	4.73	15.69					
			880.0	4.78	15.85					
			920.0	4.87	16.15					
			960.0	4.98	16.52					
			1000.0	5.07	16.82					
			1040.0	5.15	17.08					
			1080.0	5.19	17.21					
			1120.0	5.28	17.51					
			1160.0	5.35	17.74					
			1200.0	5.54	18.37					
			1240.0							
			1280.0							
			1320.0							
			1360.0							
			1400.0							
			1440.0							
			1480.0							
			1520.0							
FC DE ESF. CORREGIDA:					2.7188x + 12.61x	20.417				
DEF. ROT. UNIT. (x1000):						40875.68				
ESF. ROT (kg/cm ²):						21361.23				
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):						329912.22				
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):						329912.22				

Fuente: Elaboración propia (2018).

4. Mezcla del Concreto con Adición de Nanosilíce y Aditivo Superplastificante SP-4

Tabla N° 130: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	TIPO DE MEZCLA:		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO		NS		
Henry H. Cuanillas Guillén	Proyecto de Tesis.		ADITIVO:		Gaita Nanosilice y SP-4 al 0.6% en peso del cemento		500 kg/cm ³		
ESPECÍMEN:	FECHA DE FABRICACIÓN:		FECHA DE ENSAYO:		DIÁMETRO (cm):		LONGITUD (mm):		
0702NS0.6	22/02/2018		01/03/2018		15.250		304.0		
EDAD: 7 DÍAS									
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIGIDA (kg/cm ²)	GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.70	2.30	22.33	35.60					
80.0	1.35	4.44	44.67	94.36					
120.0	1.71	5.61	67.00	136.91					
160.0	1.98	6.50	89.33	174.21					
200.0	2.09	6.88	111.66	191.40					
240.0	2.28	7.48	134.00	220.67					
280.0	2.40	7.88	156.33	240.73					
320.0	2.50	8.22	178.66	258.62					
360.0	2.65	8.65	200.99	282.45					
400.0	2.73	8.98	223.33	301.19					
440.0	2.88	9.47	245.66	330.39					
480.0	2.99	9.82	267.99	351.62					
520.0	3.09	10.15	290.32	372.43					
560.0	3.19	10.49	312.66	394.92					
600.0	3.30	10.84	334.99	418.06					
640.0	3.40	11.17	357.32	440.69					
680.0	3.50	11.51	379.65	465.08					
720.0	3.68	12.11	401.99	508.41					
760.0	3.78	12.43	424.32	533.29					
800.0	3.89	12.78	446.65	560.06					
840.0	3.99	13.13	468.98	587.47					
880.0	4.09	13.46	491.32	614.17					
920.0	4.22	13.87	513.65	648.38					
960.0	4.39	14.42	535.98	696.36					
1000.0									
1040.0									
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
Mód. de Esf. Corregida:					2.707x ² + 9.23x				
Mód. Rot. Unit. (x1000):					14.42				
Mód. Elast. por Gráfico - E2 (kg/cm ²):					535.98				
Mód. Elast. por Gráfico - E3 (kg/cm ²):					431.395595				
Mód. Elast. por Fórm. - E1 (kg/cm ²):					349.884111				
Mód. Elast. por Fórm. - E4 (kg/cm ²):					306.785757				

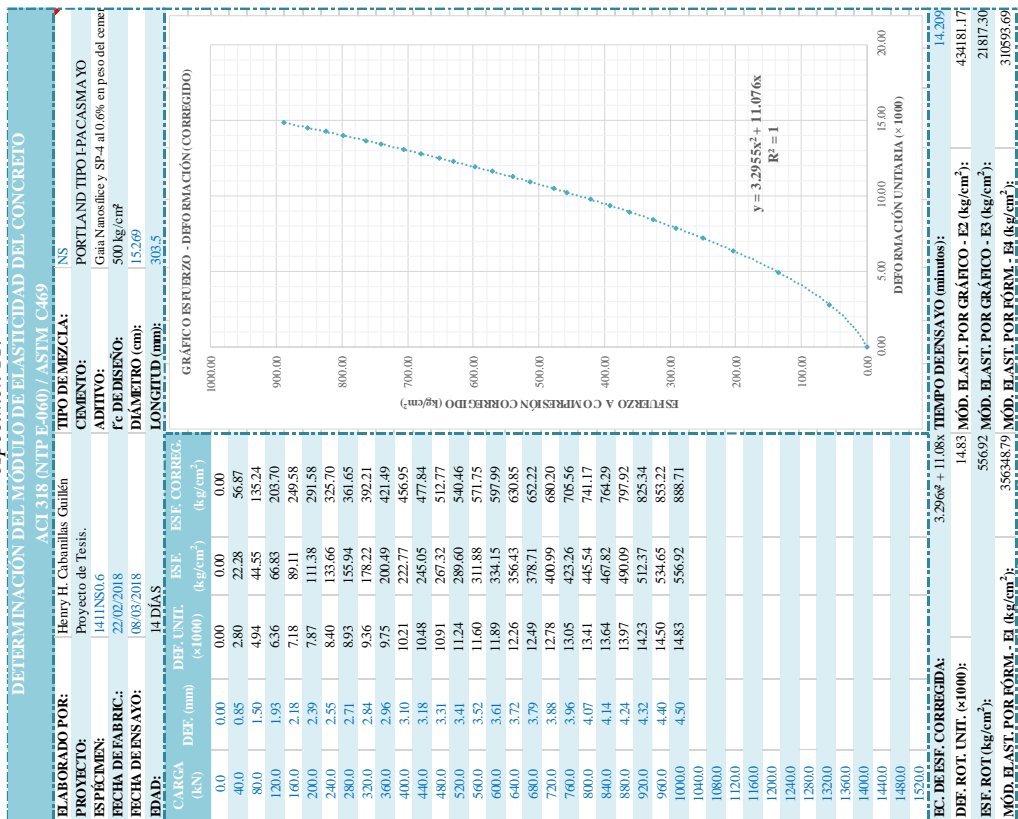
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 129: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 7 días espécimen 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:	TIPO DE MEZCLA:		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO		NS		
Henry H. Cuanillas Guillén	Proyecto de Tesis.		ADITIVO:		Gaita Nanosilice y SP-4 al 0.6% en peso del cemento		500 kg/cm ³		
ESPECÍMEN:	FECHA DE FABRICACIÓN:		FECHA DE ENSAYO:		DIÁMETRO (cm):		LONGITUD (mm):		
0702NS0.6	22/02/2018		01/03/2018		15.240		303.4		
EDAD: 7 DÍAS									
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIGIDA (kg/cm ²)	GRÁFICO ES FUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.75	2.47	22.36	29.56					
80.0	1.42	4.68	44.72	84.29					
120.0	1.83	6.03	67.08	130.97					
160.0	2.13	7.02	89.44	171.46					
200.0	2.30	7.58	111.80	196.78					
240.0	2.49	8.21	134.16	227.12					
280.0	2.65	8.73	156.52	254.34					
320.0	2.80	9.23	178.88	281.24					
360.0	2.92	9.62	201.24	303.72					
400.0	3.05	10.05	223.60	329.06					
440.0	3.19	10.51	245.96	357.45					
480.0	3.29	10.84	268.32	378.45					
520.0	3.39	11.17	290.69	400.04					
560.0	3.49	11.50	313.05	422.23					
600.0	3.62	11.93	335.41	451.97					
640.0	3.73	12.29	357.77	477.92					
680.0	3.83	12.62	380.13	502.13					
720.0	3.98	13.12	402.49	539.57					
760.0	4.07	13.41	424.85	562.68					
800.0	4.17	13.74	447.21	588.92					
840.0	4.29	14.14	469.57	621.19					
880.0	4.39	14.47	491.93	648.74					
920.0	4.47	14.73	514.29	671.20					
960.0									
1000.0									
1040.0									
1080.0									
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
Mód. de Esf. Corregida:					2.74x ² + 5.18x				
Mód. Rot. Unit. (x1000):					14.73				
Mód. Elast. por Gráfico - E2 (kg/cm ²):					514.29				
Mód. Elast. por Gráfico - E3 (kg/cm ²):					40.8901.73				
Mód. Elast. por Fórm. - E1 (kg/cm ²):					342.65694				
Mód. Elast. por Fórm. - E4 (kg/cm ²):					307.6252				

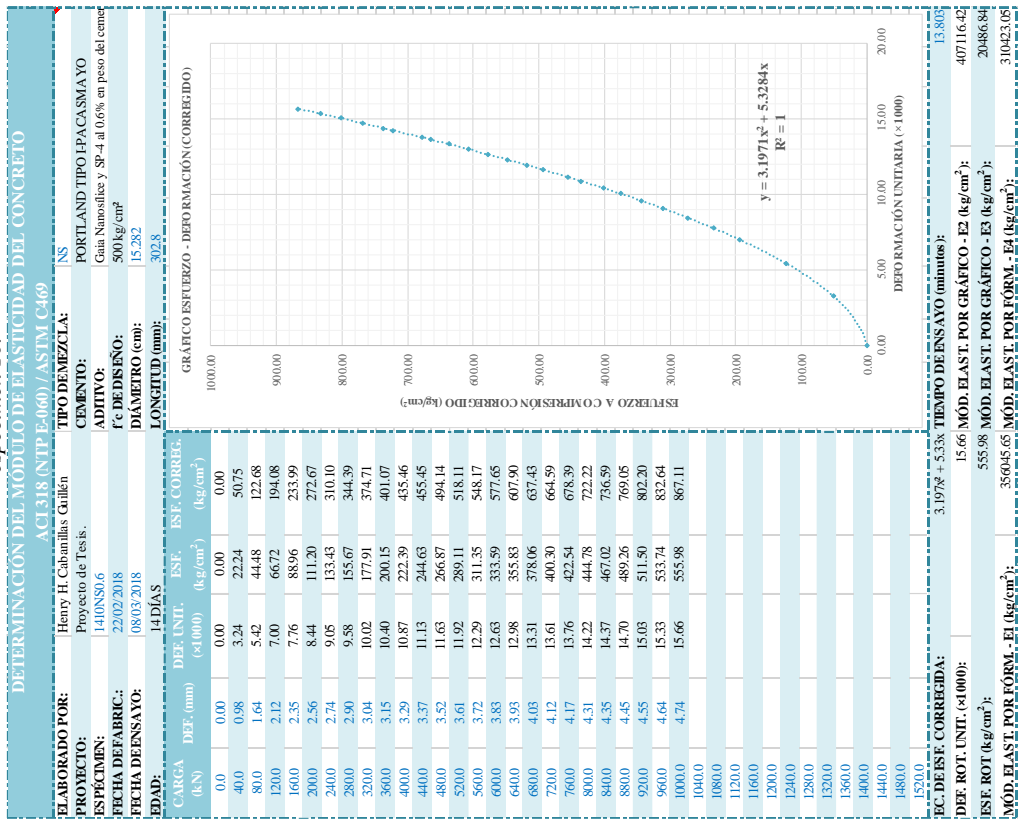
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 132: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 14 días espécimen 11.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 131: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 14 días espécimen 10.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 134: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS					
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
ESPECÍMEN:		28 DÑS0.6		ADITIVO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 0.6% en peso del cemen					
FECHA DE FABRIC.:		22/03/2018		f _c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:		22/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.271					
EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		305.5					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	1.44	4.71	22.27	150.75							
80.0	2.05	6.71	44.54	240.11							
120.0	2.48	8.12	66.81	353.47							
160.0	2.81	9.20	89.08	434.23							
200.0	3.02	9.89	111.35	489.76							
240.0	3.15	10.31	133.62	525.74							
280.0	3.25	10.62	155.89	552.81							
320.0	3.36	11.00	178.16	586.46							
360.0	3.54	11.59	200.43	641.06							
400.0	3.64	11.91	222.70	672.41							
440.0	3.74	12.24	244.97	704.49							
480.0	3.84	12.57	267.24	737.29							
520.0	3.94	12.90	289.51	770.83							
560.0	4.02	13.16	311.78	798.18							
600.0	4.07	13.32	334.05	815.51							
640.0	4.17	13.65	356.32	850.72							
680.0	4.32	14.14	378.58	904.89							
720.0	4.37	14.30	400.85	923.32							
760.0	4.47	14.63	423.12	960.71							
800.0	4.57	14.94	445.39	996.90							
840.0	4.71	15.40	467.66	1051.44							
880.0	4.79	15.66	489.93	1083.24							
920.0	4.85	15.86	512.20	1107.40							
960.0	4.93	16.12	534.47	1140.02							
1000.0	4.98	16.30	556.74	1162.72							
1040.0	5.04	16.50	579.01	1187.73							
1080.0	5.11	16.73	601.28	1217.24							
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
f _c DE ESF. CORRREGIDA:		3.3954x ² + 15.98x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):							
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		16.73		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		408294.43					
ESF. ROT (kg/cm ²):		601.28		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		19701.36					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		370267.90		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):		318428.95					

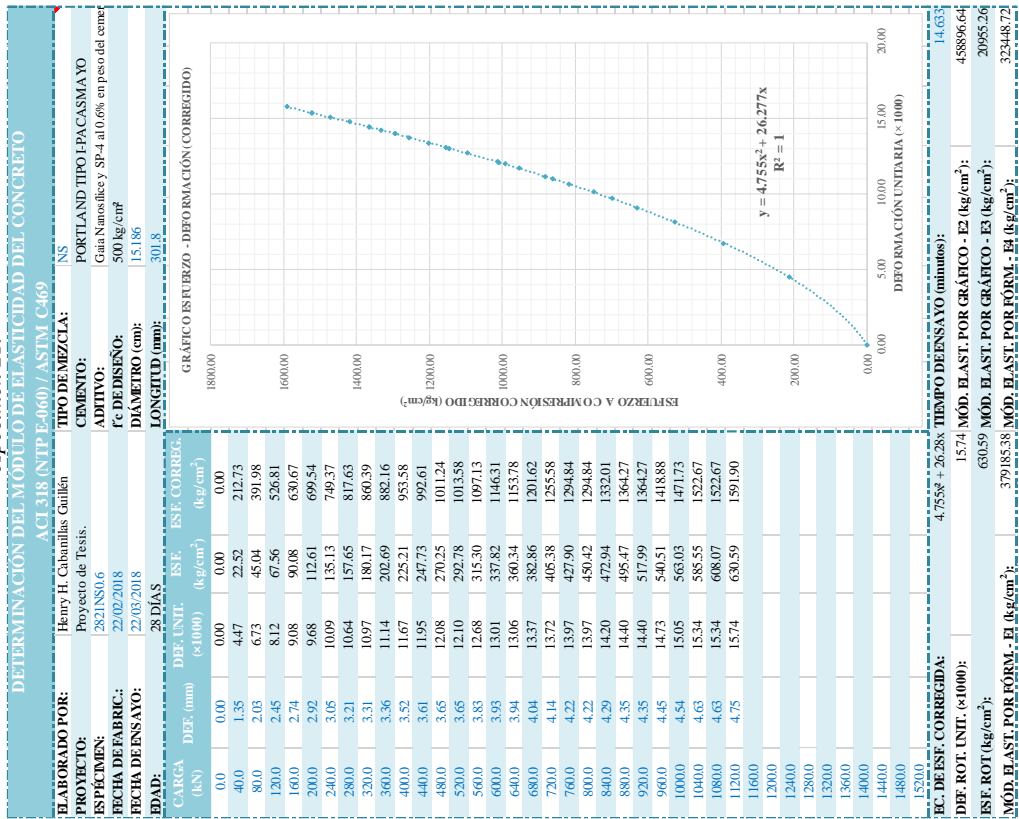
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 133: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469											
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS					
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		PORTLAND TIPO I-PACASMA YO					
ESPECÍMEN:		14DÑS0.6		ADITIVO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 0.6% en peso del cemen					
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		f _c DE DISEÑO:		500 kg/cm ²					
FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.255					
EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):		304.5					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.72	2.36	22.32	41.91							
80.0	1.35	4.42	44.63	110.33							
120.0	1.73	5.68	66.95	167.30							
160.0	2.01	6.60	89.27	215.83							
200.0	2.21	7.26	111.58	254.15							
240.0	2.35	7.72	133.90	282.79							
280.0	2.52	8.28	156.22	319.57							
320.0	2.64	8.67	178.53	346.86							
360.0	2.77	9.10	200.85	377.67							
400.0	2.90	9.51	223.16	408.50							
440.0	2.98	9.79	245.48	430.15							
480.0	3.10	10.18	267.80	461.65							
520.0	3.21	10.54	290.11	491.48							
560.0	3.32	10.89	312.43	520.83							
600.0	3.40	11.15	334.75	543.75							
640.0	3.50	11.48	357.06	573.08							
680.0	3.55	11.66	379.38	589.54							
720.0	3.64	11.95	401.70	616.97							
760.0	3.74	12.28	424.01	648.18							
800.0	3.84	12.59	446.33	678.53							
840.0	3.93	12.91	468.65	709.56							
880.0	4.02	13.20	490.96	739.00							
920.0	4.09	13.43	513.28	763.39							
960.0	4.15	13.63	535.59	784.08							
1000.0	4.26	13.97	557.91	820.95							
1040.0	4.35	14.29	580.23	855.02							
1080.0											
1120.0											
1160.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
f _c DE ESF. CORRREGIDA:		3.53x ² + 9.37x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):							
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		14.29		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		472278.25					
ESF. ROT (kg/cm ²):		580.23		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		24161.73					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		363727.49		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):		314747.26					

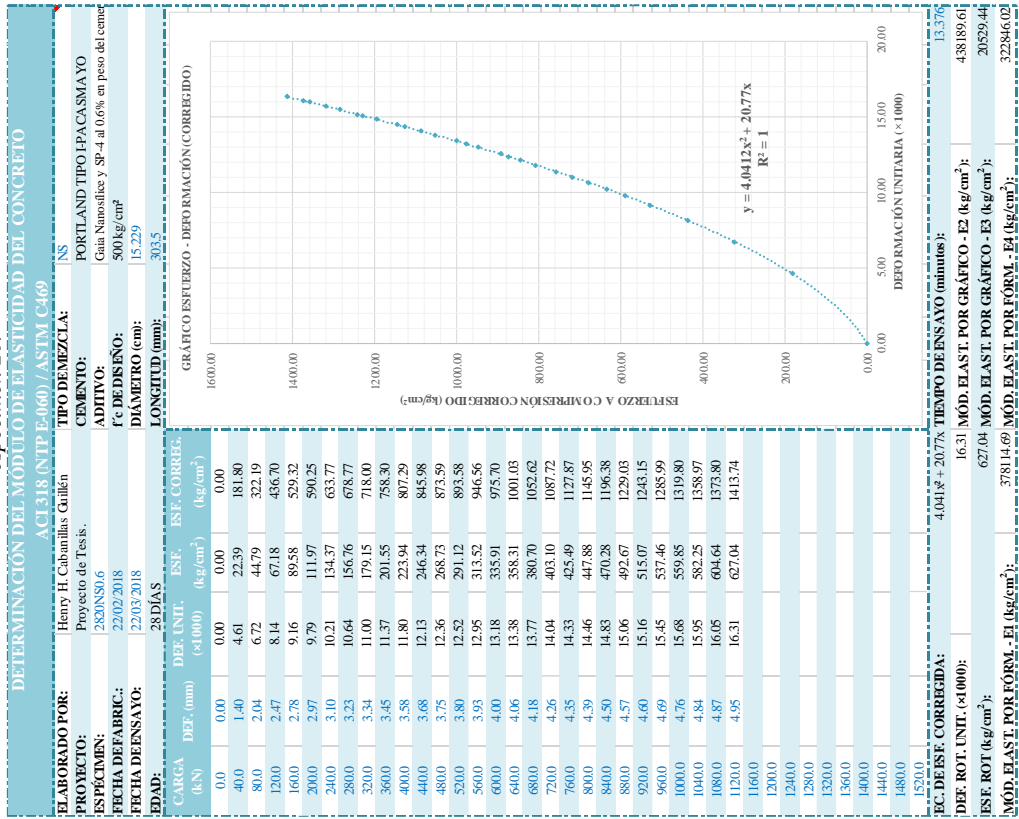
Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 136: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 28 días espécimen 21.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 135: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.6% a los 28 días espécimen 20.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 138: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 7 días espécimen 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO LPACASMA YO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 0.8% en peso del cemen		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		0702NS0.8		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.497		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		01/03/2018		EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		01/03/2018		EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		01/03/2018		EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRREG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION (CORREGIDO) (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	1.952x + 21.25x	13.009	
40.0	0.89	2.93	21.63	78.87		40.0	0.89	15.04	15.04	384406.77
80.0	1.43	4.73	43.25	144.07		80.0	1.43	15.04	15.04	2300.58
120.0	1.79	5.92	64.88	194.08		120.0	1.79	15.04	15.04	299571.89
160.0	1.99	6.58	86.51	224.25		160.0	1.99	15.04	15.04	
200.0	2.19	7.24	108.13	256.13		200.0	2.19	15.04	15.04	
240.0	2.30	7.60	129.76	274.39		240.0	2.30	15.04	15.04	
280.0	2.42	8.00	151.38	294.90		280.0	2.42	15.04	15.04	
320.0	2.51	8.28	173.01	309.80		320.0	2.51	15.04	15.04	
360.0	2.60	8.58	194.64	325.91		360.0	2.60	15.04	15.04	
400.0	2.79	9.22	237.89	362.00		400.0	2.79	15.04	15.04	
440.0	2.79	9.22	237.89	362.00		440.0	2.79	15.04	15.04	
480.0	2.89	9.54	259.52	380.18		480.0	2.89	15.04	15.04	
520.0	2.99	9.88	281.14	400.71		520.0	2.99	15.04	15.04	
560.0	3.09	10.20	302.77	419.69		560.0	3.09	15.04	15.04	
600.0	3.19	10.55	324.39	441.12	600.0	3.19	15.04	15.04		
640.0	3.29	10.87	346.02	461.54	640.0	3.29	15.04	15.04		
680.0	3.38	11.17	367.65	481.09	680.0	3.38	15.04	15.04		
720.0	3.46	11.44	389.27	498.38	720.0	3.46	15.04	15.04		
760.0	3.51	11.59	410.90	508.22	760.0	3.51	15.04	15.04		
800.0	3.61	11.92	432.53	530.41	800.0	3.61	15.04	15.04		
840.0	3.70	12.23	454.15	551.89	840.0	3.70	15.04	15.04		
880.0	4.30	14.21	475.78	696.41	880.0	4.30	15.04	15.04		
920.0	4.55	15.04	497.40	761.16	920.0	4.55	15.04	15.04		
960.0					960.0					
1000.0					1000.0					
1040.0					1040.0					
1080.0					1080.0					
1120.0					1120.0					
1160.0					1160.0					
1200.0					1200.0					
1240.0					1240.0					
1280.0					1280.0					
1320.0					1320.0					
1360.0					1360.0					
1400.0					1400.0					
1440.0					1440.0					
1480.0					1480.0					
1520.0					1520.0					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 137: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 7 días espécimen 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO LPACASMA YO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 0.8% en peso del cemen		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		0702NS0.8		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.281		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		01/03/2018		EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		01/03/2018		EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		01/03/2018		EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRREG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION (CORREGIDO) (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	2.134x + 14.18x	13.753	
40.0	0.79	2.57	22.24	50.51		40.0	0.79	14.93	14.93	395740.16
80.0	1.40	4.54	44.48	108.24		80.0	1.40	14.93	14.93	23239.00
120.0	1.77	5.76	66.73	152.31		120.0	1.77	14.93	14.93	
160.0	1.99	6.46	88.97	180.44		160.0	1.99	14.93	14.93	
200.0	2.18	7.09	111.21	207.76		200.0	2.18	14.93	14.93	
240.0	2.34	7.61	133.45	231.45		240.0	2.34	14.93	14.93	
280.0	2.47	8.02	155.69	250.77		280.0	2.47	14.93	14.93	
320.0	2.59	8.42	177.94	270.79		320.0	2.59	14.93	14.93	
360.0	2.69	8.75	200.18	287.31		360.0	2.69	14.93	14.93	
400.0	2.79	9.07	222.42	304.29		400.0	2.79	14.93	14.93	
440.0	2.96	9.63	244.66	334.19		440.0	2.96	14.93	14.93	
480.0	3.09	10.03	266.90	357.00		480.0	3.09	14.93	14.93	
520.0	3.18	10.33	289.15	373.86		520.0	3.18	14.93	14.93	
560.0	3.29	10.70	311.39	395.94		560.0	3.29	14.93	14.93	
600.0	3.39	11.03	333.63	416.02	600.0	3.39	14.93	14.93		
640.0	3.55	11.54	355.87	448.06	640.0	3.55	14.93	14.93		
680.0	3.67	11.92	378.11	472.08	680.0	3.67	14.93	14.93		
720.0	3.78	12.28	400.36	495.62	720.0	3.78	14.93	14.93		
760.0	3.89	12.63	422.60	519.70	760.0	3.89	14.93	14.93		
800.0	3.99	12.98	444.84	543.20	800.0	3.99	14.93	14.93		
840.0	4.25	13.82	467.08	603.53	840.0	4.25	14.93	14.93		
880.0	4.44	14.44	489.32	649.55	880.0	4.44	14.93	14.93		
920.0	4.59	14.93	511.57	687.03	920.0	4.59	14.93	14.93		
960.0					960.0					
1000.0					1000.0					
1040.0					1040.0					
1080.0					1080.0					
1120.0					1120.0					
1160.0					1160.0					
1200.0					1200.0					
1240.0					1240.0					
1280.0					1280.0					
1320.0					1320.0					
1360.0					1360.0					
1400.0					1400.0					
1440.0					1440.0					
1480.0					1480.0					
1520.0					1520.0					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 140: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 14 días espécimen 10.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I/PACASMAYO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 0.8% en peso del cemen		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		1410NS018		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.213		FECHA DE ENSAYO:		
FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		LONGITUD (mm):		303.5		EDAD:		
FECHA DE ENSAYO:		14 DÍAS		EST. CORREG.						
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. (kg/cm ²)	EST. CORREG.	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (x 1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.87	2.87	22.44	60.96						
80.0	1.50	4.94	44.88	127.03						
120.0	1.91	6.29	67.32	179.92						
160.0	2.20	7.25	89.76	222.04						
200.0	2.37	7.79	112.20	247.75						
240.0	2.55	8.39	134.64	277.23						
280.0	2.72	8.95	157.08	306.46						
320.0	2.84	9.36	179.52	328.81						
360.0	2.94	9.69	201.96	347.58						
400.0	3.05	10.05	224.40	367.98						
440.0	3.15	10.37	246.84	386.96						
480.0	3.24	10.68	269.28	405.59						
520.0	3.35	11.02	291.72	426.47						
560.0	3.44	11.33	314.16	446.17						
600.0	3.53	11.63	336.60	465.21						
640.0	3.63	11.96	359.04	486.81						
680.0	3.73	12.29	381.48	508.88						
720.0	3.84	12.65	403.92	533.69						
760.0	3.92	12.92	426.36	552.08						
800.0	4.02	13.25	448.80	575.49						
840.0	4.12	13.57	471.24	599.37						
880.0	4.22	13.90	493.68	623.71						
920.0	4.51	14.86	516.12	696.92						
960.0	4.78	15.75	538.56	768.58						
1000.0	4.91	16.18	561.00	804.30						
1040.0	5.00	16.47	583.44	829.48						
1080.0										
1120.0										
1160.0										
1200.0										
1240.0										
1280.0										
1320.0										
1360.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										
EC. DE ESF. CORREGIDA:					2.157x + 15.14x					17.485
DEF. ROT. UNIT. (x1000):					16.47					403079.34
ESF. ROT (kg/cm ²):					583.44					22936.18
MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E1 (kg/cm ²):					364731.67					315312.53
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):										

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 139: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I/PACASMAYO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 0.8% en peso del cemen		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		070NS018		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC.:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.266		FECHA DE ENSAYO:		
FECHA DE ENSAYO:		01/03/2018		LONGITUD (mm):		306.5		EDAD:		
FECHA DE ENSAYO:		7 DÍAS		EST. CORREG.						
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. (kg/cm ²)	EST. CORREG.	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESIÓN CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (x 1000)	TIEMPO DE ENSAYO (minutos)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00						
40.0	0.69	2.25	22.29	21.40						
80.0	1.38	4.50	44.57	68.80						
120.0	1.80	5.86	66.86	109.82						
160.0	2.09	6.82	89.14	144.70						
200.0	2.30	7.49	111.43	171.73						
240.0	2.56	8.34	133.71	209.32						
280.0	2.69	8.78	156.00	230.29						
320.0	2.86	9.33	178.29	258.12						
360.0	2.97	9.69	200.57	276.96						
400.0	3.12	10.16	222.86	302.81						
440.0	3.22	10.51	245.14	322.25						
480.0	3.39	11.07	267.43	355.59						
520.0	3.47	11.33	289.71	371.35						
560.0	3.50	11.42	312.00	377.02						
600.0	3.69	12.02	334.29	415.56						
640.0	3.79	12.37	356.57	438.26						
680.0	3.95	12.89	378.86	474.01						
720.0	4.08	13.31	401.14	504.09						
760.0	4.16	13.57	423.43	523.06						
800.0	4.22	13.75	445.72	556.30						
840.0	4.37	14.24	468.00	573.26						
880.0	4.48	14.62	490.29	602.43						
920.0	4.59	14.98	512.57	631.00						
960.0	4.70	15.32	534.86	658.89						
1000.0										
1040.0										
1080.0										
1120.0										
1160.0										
1200.0										
1240.0										
1280.0										
1320.0										
1360.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										
EC. DE ESF. CORREGIDA:					2.564x + 3.7x					15.000
DEF. ROT. UNIT. (x1000):					15.32					401602.20
ESF. ROT (kg/cm ²):					534.86					21510.48
MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):					349217.70					306579.50
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E3 (kg/cm ²):										

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 142: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C 469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I/PACASMAYO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilice y SP-4 al 0.8% en peso del cemento		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		1412NS0.8		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.237		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		EDAD:		14 DÍAS		303.0		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORRIGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	
40.0	0.87	2.87	22.37	43.23		40.00	3.41	11.19	223.41	429.30
80.0	1.64	5.60	44.74	124.18		440.0	3.52	11.55	245.75	454.26
120.0	2.15	7.10	67.11	201.30		480.0	3.63	11.91	268.10	479.91
160.0	2.45	8.09	89.48	254.62		520.0	3.74	12.29	290.44	505.04
200.0	2.72	8.98	111.85	307.89		560.0	3.84	12.60	312.78	530.81
240.0	2.90	9.57	134.22	346.19		600.0	3.95	12.95	335.12	557.20
280.0	3.04	10.03	156.58	377.51		640.0	4.05	13.28	357.46	583.71
320.0	3.21	10.58	178.95	416.16		680.0	4.15	13.62	379.80	610.57
360.0	3.33	10.98	201.32	446.18		720.0	4.25	13.95	402.14	637.47
400.0	3.53	11.65	246.06	497.74		760.0	4.35	14.26	424.49	663.56
440.0	3.63	11.98	268.43	524.30		800.0	4.44	14.57	446.83	690.17
520.0	3.73	12.29	290.80	550.17		840.0	4.54	14.90	469.17	718.74
600.0	3.81	12.57	313.17	573.84		880.0	4.64	15.21	491.51	746.41
640.0	4.03	13.28	357.91	635.93		920.0	4.74	15.55	513.85	777.60
680.0	4.14	13.65	380.28	668.93		960.0	4.84	15.88	536.19	807.89
720.0	4.15	13.70	402.65	673.49		1000.0	4.92	16.14	558.53	832.53
800.0	4.35	14.35	447.38	735.18	1040.0	5.01	16.44	580.87	860.70	
840.0	4.44	14.65	469.75	764.76	1080.0	5.10	16.74	603.22	889.33	
880.0	4.54	14.98	492.12	797.57	1120.0					
920.0	4.64	15.31	514.49	831.06	1160.0					
960.0	4.79	15.81	536.86	882.59	1200.0					
1000.0	4.91	16.20	559.23	924.93	1240.0					
1040.0	5.00	16.50	581.60	957.33	1280.0					
1080.0					1320.0					
1120.0					1360.0					
1160.0					1400.0					
1200.0					1440.0					
1240.0					1480.0					
1280.0					1520.0					
1320.0										
1360.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										

EC-DESF. CORREGIDA: 3.152x² + 6.01x TIEMPO DE ENSAYO (minutos): 17.934
 DEF. ROT. UNIT. (x1000): 16.50 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²): 401057.29
 ESF. ROT (kg/cm²): 381.60 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²): 20301.87
 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²): 364157.17 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm²): 314989.14

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 141: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 14 días espécimen 11.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C 469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I/PACASMAYO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilice y SP-4 al 0.8% en peso del cemento		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		1411NS0.8		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.247		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		08/03/2018		EDAD:		14 DÍAS		304.8		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORRIGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	
40.0	0.61	2.00	22.34	27.80		40.00	3.41	11.19	223.41	429.30
80.0	1.42	4.66	44.68	97.71		440.0	3.52	11.55	245.75	454.26
120.0	1.89	6.30	67.02	155.53		480.0	3.63	11.91	268.10	479.91
160.0	2.25	7.38	89.37	208.39		520.0	3.74	12.29	290.44	505.04
200.0	2.57	8.42	111.71	260.74		560.0	3.84	12.60	312.78	530.81
240.0	2.74	8.99	134.05	292.29		600.0	3.95	12.95	335.12	557.20
280.0	2.94	9.63	156.39	329.51		640.0	4.05	13.28	357.46	583.71
320.0	3.10	10.17	178.73	362.71		680.0	4.15	13.62	379.80	610.57
360.0	3.25	10.65	201.07	393.17		720.0	4.25	13.95	402.14	637.47
400.0	3.41	11.19	223.41	429.30		760.0	4.35	14.26	424.49	663.56
440.0	3.52	11.55	245.75	454.26		800.0	4.44	14.57	446.83	690.17
480.0	3.63	11.91	268.10	479.91		840.0	4.54	14.90	469.17	718.74
520.0	3.74	12.29	290.44	505.04		880.0	4.64	15.21	491.51	746.41
560.0	3.84	12.60	312.78	530.81		920.0	4.74	15.55	513.85	777.60
600.0	3.95	12.95	335.12	557.20		960.0	4.84	15.88	536.19	807.89
640.0	4.05	13.28	357.46	583.71		1000.0	4.92	16.14	558.53	832.53
680.0	4.15	13.62	379.80	610.57	1040.0	5.01	16.44	580.87	860.70	
720.0	4.25	13.95	402.14	637.47	1080.0	5.10	16.74	603.22	889.33	
760.0	4.35	14.26	424.49	663.56	1120.0					
800.0	4.44	14.57	446.83	690.17	1160.0					
840.0	4.54	14.90	469.17	718.74	1200.0					
880.0	4.64	15.21	491.51	746.41	1240.0					
920.0	4.74	15.55	513.85	777.60	1280.0					
960.0	4.84	15.88	536.19	807.89	1320.0					
1000.0	4.92	16.14	558.53	832.53	1360.0					
1040.0	5.01	16.44	580.87	860.70	1400.0					
1080.0	5.10	16.74	603.22	889.33	1440.0					
1120.0					1480.0					
1160.0					1520.0					
1200.0										
1240.0										
1280.0										
1320.0										
1360.0										
1400.0										
1440.0										
1480.0										
1520.0										

EC-DESF. CORREGIDA: 2.6643x² + 8.5544x
 DEF. ROT. UNIT. (x1000): 16.74 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²): 409375.54
 ESF. ROT (kg/cm²): 603.22 MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²): 21052.38
 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²): 370802.30 MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm²): 318763.88

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 144: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 28 días espécimen 20.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I/PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilice y SP-4 al 0.8% en peso del cemen		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		2829NS0.8		Fe DE DISEÑO:		500 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):	
FECHA DE FABRIC:		22/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.185		LONGITUD (mm):	
FECHA DE ENSAYO:		22/03/2018		EDAD:		28 DÍAS		305.5	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. (kg/cm ²)	EST. CORREG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E1 (kg/cm ²)	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
40.0	0.79	2.59	22.52	21.83		40.0	0.79	2.59	22.52
80.0	1.61	5.27	45.05	44.29		80.0	1.61	5.27	45.05
120.0	2.11	6.91	67.57	64.27		120.0	2.11	6.91	67.57
160.0	2.64	8.64	90.09	82.01		160.0	2.64	8.64	90.09
200.0	2.82	9.23	112.61	104.50		200.0	2.82	9.23	112.61
240.0	2.96	9.69	135.14	127.43		240.0	2.96	9.69	135.14
280.0	3.16	10.34	157.66	150.39		280.0	3.16	10.34	157.66
320.0	3.28	10.74	180.18	173.84		320.0	3.28	10.74	180.18
360.0	3.46	11.33	202.70	197.10		360.0	3.46	11.33	202.70
400.0	3.57	11.69	225.23	220.83		400.0	3.57	11.69	225.23
440.0	3.67	12.01	247.75	244.04		440.0	3.67	12.01	247.75
480.0	3.78	12.36	270.27	267.44		480.0	3.78	12.36	270.27
520.0	3.88	12.68	292.79	290.85		520.0	3.88	12.68	292.79
560.0	3.95	12.93	315.32	314.26		560.0	3.95	12.93	315.32
600.0	3.98	13.01	337.84	337.65	600.0	3.98	13.01	337.84	
640.0	4.17	13.63	360.36	360.84	640.0	4.17	13.63	360.36	
680.0	4.27	13.98	382.89	383.94	680.0	4.27	13.98	382.89	
720.0	4.38	14.32	405.41	406.91	720.0	4.38	14.32	405.41	
760.0	4.48	14.66	427.93	429.88	760.0	4.48	14.66	427.93	
800.0	4.57	14.96	450.45	452.85	800.0	4.57	14.96	450.45	
840.0	4.67	15.29	472.98	475.72	840.0	4.67	15.29	472.98	
880.0	4.82	15.78	495.50	498.59	880.0	4.82	15.78	495.50	
920.0	4.87	15.94	518.02	521.46	920.0	4.87	15.94	518.02	
960.0	4.98	16.30	540.54	544.33	960.0	4.98	16.30	540.54	
1000.0	5.08	16.63	563.07	567.20	1000.0	5.08	16.63	563.07	
1040.0	5.16	16.87	585.59	590.07	1040.0	5.16	16.87	585.59	
1080.0	5.26	17.22	608.11	612.94	1080.0	5.26	17.22	608.11	
1120.0	5.38	17.59	630.63	635.81	1120.0	5.38	17.59	630.63	
1160.0	5.48	17.92	653.16	658.68	1160.0	5.48	17.92	653.16	
1200.0					1200.0				
1240.0					1240.0				
1280.0					1280.0				
1320.0					1320.0				
1360.0					1360.0				
1400.0					1400.0				
1440.0					1440.0				
1480.0					1480.0				
1520.0					1520.0				
EC. DE EST. CORREGIDA:	2.8134x ² + 11.675x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	17.500					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	1792	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	410237.62						
EST. ROT (kg/cm ²):	653.16	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	21434.31						
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	385.99985	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	327234.02						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 143: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 0.8% a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I/PACASMA YO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilice y SP-4 al 0.8% en peso del cemen		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		2829NS0.8		Fe DE DISEÑO:		500 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):	
FECHA DE FABRIC:		22/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.199		LONGITUD (mm):	
FECHA DE ENSAYO:		22/03/2018		EDAD:		28 DÍAS		304.5	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. (kg/cm ²)	EST. CORREG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORREGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E2 (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
40.0	0.82	2.69	22.48	21.75		40.0	0.82	2.69	22.48
80.0	1.62	5.30	44.97	43.50		80.0	1.62	5.30	44.97
120.0	2.17	7.11	67.45	65.62		120.0	2.17	7.11	67.45
160.0	2.55	8.37	89.93	87.62		160.0	2.55	8.37	89.93
200.0	2.84	9.33	112.41	109.31		200.0	2.84	9.33	112.41
240.0	3.03	9.93	134.90	131.29		240.0	3.03	9.93	134.90
280.0	3.18	10.44	157.38	153.26		280.0	3.18	10.44	157.38
320.0	3.33	10.94	179.86	175.24		320.0	3.33	10.94	179.86
360.0	3.47	11.40	202.34	197.21		360.0	3.47	11.40	202.34
400.0	3.58	11.76	224.83	219.18		400.0	3.58	11.76	224.83
440.0	3.71	12.18	247.31	241.15		440.0	3.71	12.18	247.31
480.0	3.81	12.51	269.79	263.12		480.0	3.81	12.51	269.79
520.0	3.91	12.84	292.27	285.09		520.0	3.91	12.84	292.27
560.0	3.96	13.00	314.76	307.06		560.0	3.96	13.00	314.76
600.0	4.07	13.35	337.24	329.03	600.0	4.07	13.35	337.24	
640.0	4.15	13.63	359.72	350.99	640.0	4.15	13.63	359.72	
680.0	4.28	14.06	382.21	372.96	680.0	4.28	14.06	382.21	
720.0	4.43	14.53	404.69	394.93	720.0	4.43	14.53	404.69	
760.0	4.54	14.91	427.17	416.90	760.0	4.54	14.91	427.17	
800.0	4.64	15.24	449.65	438.87	800.0	4.64	15.24	449.65	
840.0	4.76	15.63	472.14	460.84	840.0	4.76	15.63	472.14	
880.0	4.89	16.06	494.62	482.81	880.0	4.89	16.06	494.62	
920.0	4.98	16.35	517.10	504.78	920.0	4.98	16.35	517.10	
960.0	5.05	16.57	539.58	526.75	960.0	5.05	16.57	539.58	
1000.0	5.15	16.91	562.07	548.72	1000.0	5.15	16.91	562.07	
1040.0	5.23	17.18	584.55	570.69	1040.0	5.23	17.18	584.55	
1080.0	5.31	17.44	607.03	592.66	1080.0	5.31	17.44	607.03	
1120.0	5.37	17.64	629.51	614.63	1120.0	5.37	17.64	629.51	
1160.0	5.45	17.88	652.00	636.60	1160.0	5.45	17.88	652.00	
1200.0					1200.0				
1240.0					1240.0				
1280.0					1280.0				
1320.0					1320.0				
1360.0					1360.0				
1400.0					1400.0				
1440.0					1440.0				
1480.0					1480.0				
1520.0					1520.0				
EC. DE EST. CORREGIDA:	2.6287x ² + 10.898x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	16.653					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	17.88	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	410531.96						
EST. ROT (kg/cm ²):	652.00	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	21077.06						
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	385.6707	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	327041.06						

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 146: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos a 1.2% a los 7 días espécimen 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C 469											
ELABORADO POR:		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I P A C A S M A Y O					
PROYECTO:		CEMENTO:		ADITIVO:		Fe DE DISEÑO:					
ESPECÍMEN:		FECHA DE FABRIC:		FECHA DE ENSAYO:		DIÁMETRO (cm):					
EDAD:		7 DÍAS		LONGITUD (mm):		297.5					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.69	2.32	20.68	21.75							
80.0	1.34	4.50	41.37	66.40							
120.0	1.73	5.82	62.06	104.43							
160.0	1.99	6.69	82.73	134.48							
200.0	2.22	7.46	103.41	164.19							
240.0	2.32	7.80	124.10	178.02							
280.0	2.64	8.87	144.78	226.00							
320.0	2.75	9.24	165.46	245.81							
360.0	2.91	9.78	186.15	270.91							
400.0	3.02	10.15	206.83	290.36							
440.0	3.11	10.45	227.51	306.78							
480.0	3.19	10.72	248.19	321.75							
520.0	3.33	11.19	268.88	348.80							
560.0	3.43	11.53	289.56	368.79							
600.0	3.54	11.90	310.24	391.41							
640.0	3.64	12.24	330.93	412.57							
680.0	3.72	12.50	351.61	429.89							
720.0	3.85	12.94	372.29	458.79							
760.0	3.95	13.28	392.97	481.66							
800.0	4.07	13.68	413.66	509.84							
840.0	4.19	14.08	434.34	538.82							
880.0	4.33	14.55	455.02	575.64							
920.0	4.43	14.89	475.71	599.17							
1000.0											
1040.0											
1080.0											
1120.0											
1200.0											
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
FC DE ESF. CORREGIDA:		2.455x² + 3.68x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		10.925					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		14.89		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²):		360028.21					
ESF. ROT (kg/cm²):		475.71		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²):		1937.91					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):		329341.10		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm²):		295300.68					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 145: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos a 0.8% a los 28 días espécimen 21.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO											
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C 469											
ELABORADO POR:		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I P A C A S M A Y O					
PROYECTO:		CEMENTO:		ADITIVO:		Fe DE DISEÑO:					
ESPECÍMEN:		FECHA DE FABRIC:		FECHA DE ENSAYO:		DIÁMETRO (cm):					
EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		306.0					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00							
40.0	0.99	3.22	22.17	55.25							
80.0	1.67	5.44	44.33	132.70							
120.0	2.14	6.99	66.50	205.84							
160.0	2.48	8.10	88.67	267.82							
200.0	2.77	9.05	110.83	327.02							
240.0	3.02	9.87	133.00	382.74							
280.0	3.18	10.39	155.17	420.68							
320.0	3.33	10.87	177.33	456.60							
360.0	3.48	11.37	199.50	496.61							
400.0	3.58	11.70	221.67	523.31							
440.0	3.68	12.03	243.83	550.70							
480.0	3.80	12.42	266.00	584.48							
520.0	3.85	12.88	288.16	598.86							
560.0	3.94	12.88	310.33	625.17							
600.0	4.02	13.12	332.50	647.52							
640.0	4.14	13.53	354.66	685.64							
680.0	4.24	13.86	376.83	716.92							
720.0	4.33	14.13	399.00	744.06							
760.0	4.39	14.33	421.16	763.51							
800.0	4.48	14.64	443.33	794.83							
840.0	4.58	14.95	465.50	826.77							
880.0	4.67	15.26	487.66	859.34							
920.0	4.76	15.56	509.83	890.77							
960.0	4.85	15.83	532.00	920.97							
1000.0	4.92	16.08	554.16	948.04							
1040.0	5.00	16.32	576.33	975.49							
1080.0	5.08	16.60	598.50	1007.08							
1120.0	5.18	16.91	620.66	1042.98							
1160.0	5.28	17.24	642.83	1081.45							
1200.0	5.38	17.58	665.00	1122.58							
1240.0											
1280.0											
1320.0											
1360.0											
1400.0											
1440.0											
1480.0											
1520.0											
FC DE ESF. CORREGIDA:		3.25x² + 6.7x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		E.083					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		17.58		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm²):		426780.01					
ESF. ROT (kg/cm²):		665.00		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm²):		21437.07					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):		389391.45		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm²):		329193.85					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 148: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 7 días espécimen 03.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gota Nanosilíce y SP-4 al 1.2% en peso del cemen		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		0702NS1.2		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ³		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.264		FECHA DE ENSAYO:		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.264		EDAD:		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.264		7 DÍAS		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.264		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		15.264		299.0		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. (kg/cm ²)	EST. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORRIGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	
40.0	0.59	1.97	22.29	31.06		40.0	1.19	3.98	44.58	81.77
80.0	1.19	3.98	44.58	81.77		120.0	1.49	4.98	66.87	114.36
120.0	1.79	5.97	66.87	114.36		160.0	1.79	5.97	89.17	151.12
160.0	2.16	7.21	89.17	151.12		200.0	1.99	6.64	111.46	178.69
200.0	2.16	7.21	133.75	203.81		240.0	2.16	7.21	133.75	203.81
280.0	2.29	7.66	156.04	224.86		320.0	2.40	8.03	178.33	242.73
360.0	2.53	8.46	200.62	264.70		400.0	2.53	8.88	222.92	286.67
440.0	2.73	9.11	245.21	299.34		480.0	2.79	9.33	267.50	311.34
520.0	2.97	9.92	289.79	344.77		600.0	3.09	10.32	312.08	368.64
600.0	3.19	10.67	334.37	390.16		640.0	3.32	11.09	356.67	416.56
680.0	3.44	11.49	378.96	442.68		720.0	3.54	11.84	401.25	466.17
800.0	3.78	12.64	445.83	522.09		880.0	4.07	13.61	490.42	593.77
920.0	4.18	13.98	512.71	622.14		960.0	4.29	14.33	535.00	649.82
1000.0						1040.0				
1080.0					1160.0					
1200.0					1240.0					
1280.0					1320.0					
1360.0					1400.0					
1440.0					1480.0					
1520.0										
FC DE EST. CORRIGIDA:	2.3956x ² + 11.012x		14.33		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		13.105			
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	14.33		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		433860.85					
EST. ROT (kg/cm ²):	535.00		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		24613.62					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	3.49265.46		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		306605.26					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 147: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 7 días espécimen 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO										
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469										
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO		
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gota Nanosilíce y SP-4 al 1.2% en peso del cemen		ADITIVO:		
ESPECÍMEN:		0702NS1.2		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ³		DIÁMETRO (cm):		
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018		DIÁMETRO (cm):		14.963		FECHA DE ENSAYO:		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		14.963		EDAD:		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		14.963		7 DÍAS		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		14.963		LONGITUD (mm):		
FECHA DE ENSAYO:		05/03/2018		DIÁMETRO (cm):		14.963		298.3		
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	EST. (kg/cm ²)	EST. CORRIG. (kg/cm ²)	GRAFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESFUERZO A COMPRESION CORRIGIDO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA (x 1000)	MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²)	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E2 (kg/cm ²)	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		
40.0	0.79	2.65	23.20	41.93		40.0	1.48	4.96	46.39	109.75
80.0	1.48	4.96	46.39	83.86		120.0	1.97	6.61	69.59	175.58
120.0	2.20	7.38	69.59	125.83		160.0	2.20	7.38	92.78	211.53
160.0	2.46	8.23	92.78	167.66		200.0	2.46	8.23	115.98	255.18
200.0	2.49	8.35	115.98	209.51		240.0	2.49	8.35	139.18	261.48
280.0	2.99	10.01	139.18	251.34		320.0	3.09	10.36	185.57	381.13
360.0	3.28	11.00	185.57	331.27		400.0	3.28	11.37	231.96	449.20
440.0	3.49	11.68	231.96	411.20		480.0	3.49	12.04	278.35	497.64
480.0	3.59	12.04	278.35	491.17		520.0	3.69	12.36	301.55	521.50
560.0	3.78	12.68	301.55	571.04		600.0	3.89	13.04	347.94	574.87
640.0	3.97	13.31	347.94	650.91		680.0	4.00	13.41	394.33	604.57
720.0	4.16	13.93	394.33	730.78		800.0	4.23	14.18	440.72	669.06
800.0	4.36	14.62	440.72	810.64		880.0	4.49	15.04	487.11	744.33
840.0	4.58	15.36	487.11	890.51		920.0	4.68	15.69	533.51	804.58
920.0	4.68	15.69	533.51	970.38	960.0	4.78	16.03	556.70	836.37	
1000.0					1040.0					
1080.0					1160.0					
1200.0					1240.0					
1280.0					1320.0					
1360.0					1400.0					
1440.0					1480.0					
1520.0										
FC DE EST. CORRIGIDA:	2.7176x ² + 8.6312x		16.03		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		18.103			
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	16.03		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		396884.37					
EST. ROT (kg/cm ²):	836.37		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		19866.96					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	3.5277.67		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		310553.66					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 152: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 28 días espécimen 19.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilice y SP-4 al 1.2% en peso del cemento		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		28 DÑS12		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):	
FECHA DE FABRIC.:		22/03/2018		FECHA DE ENSAYO:		15.273		LONGITUD (mm):	
EDAD:		28 DÍAS		LONGITUD (mm):		302.5		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIGIDA:	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIGIDA:	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E2 (kg/cm ²):	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E3 (kg/cm ²):
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.88	2.91	22.27	54.51					
80.0	1.64	5.42	44.53	137.72					
120.0	2.05	6.78	66.80	196.51					
160.0	2.45	8.10	89.06	263.26					
200.0	2.69	8.89	111.33	307.76					
240.0	2.93	9.69	133.59	355.60					
280.0	3.12	10.31	155.86	395.84					
320.0	3.29	10.88	178.12	433.62					
360.0	3.44	11.37	200.39	468.35					
400.0	3.56	11.75	222.65	495.85					
440.0	3.67	12.13	244.92	524.13					
480.0	3.80	12.56	267.18	557.01					
520.0	3.90	12.89	289.45	586.98					
560.0	4.00	13.22	311.71	609.52					
600.0	4.11	13.59	333.98	639.38					
640.0	4.20	13.88	356.25	664.34					
680.0	4.29	14.18	378.51	689.77					
720.0	4.36	14.40	400.78	708.42					
760.0	4.45	14.69	423.04	734.66					
800.0	4.59	15.17	445.31	777.91					
840.0	4.68	15.47	467.57	805.38					
880.0	4.75	15.69	489.84	825.50					
920.0	4.84	15.98	512.10	853.77					
960.0	4.94	16.31	534.37	885.73					
1000.0	5.04	16.64	556.63	918.28					
1040.0	5.12	16.93	578.90	946.39					
1080.0	5.21	17.21	601.16	974.93					
1120.0	5.31	17.54	623.43	1009.04					
1160.0	5.35	17.69	645.69	1024.57					
1200.0	5.45	18.02	667.96	1059.52					
1240.0	5.54	18.31	690.23	1091.47					
1280.0	5.63	18.61	712.49	1123.89					
1320.0	5.72	18.89	734.76	1154.94					
1360.0	5.81	19.19	757.02	1188.27					
1400.0	5.91	19.52	779.29	1225.85					
1440.0									
1480.0									
1520.0									
EC. DE ESF. CORRIGIDA:	2.628x + 11.02x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	211.15					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	19.52		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	44781.50					
ESF. ROT (kg/cm ²):	779.29		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	23591.77					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	42157.15		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	347283.49					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 151: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilice y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 14 días espécimen 12.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I-PACASMAYO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilice y SP-4 al 1.2% en peso del cemento		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		14DÑS12		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ²		DIÁMETRO (cm):	
FECHA DE FABRIC.:		26/02/2018		FECHA DE ENSAYO:		15.188		LONGITUD (mm):	
EDAD:		14 DÍAS		LONGITUD (mm):		302.3		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIGIDA:	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORRIGIDA:	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E2 (kg/cm ²):	MOD. ELAST. POR FÓRM. - E3 (kg/cm ²):
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.70	2.32	22.51	23.58					
80.0	1.44	4.76	45.03	84.09					
120.0	1.85	6.12	67.54	133.36					
160.0	2.14	7.08	90.06	174.98					
200.0	2.36	7.81	112.57	210.31					
240.0	2.55	8.44	135.08	243.41					
280.0	2.66	8.80	157.60	263.68					
320.0	2.83	9.36	180.11	296.60					
360.0	2.96	9.79	202.62	323.07					
400.0	3.06	10.12	225.14	344.20					
440.0	3.17	10.49	247.65	368.22					
480.0	3.26	10.79	270.17	388.47					
520.0	3.36	11.12	292.68	411.60					
560.0	3.46	11.45	315.19	435.41					
600.0	3.56	11.78	337.71	459.88					
640.0	3.65	12.08	360.22	482.47					
680.0	3.75	12.41	382.73	508.21					
720.0	3.84	12.70	405.25	531.95					
760.0	3.95	13.07	427.76	561.69					
800.0	4.04	13.37	450.28	586.63					
840.0	4.13	13.66	472.79	612.11					
880.0	4.21	13.95	495.30	635.21					
920.0	4.32	14.29	517.82	667.67					
960.0	4.40	14.56	540.33	691.79					
1000.0	4.46	14.76	562.84	710.16					
1040.0	4.57	15.12	585.36	744.46					
1080.0	4.90	16.21	607.87	852.20					
1120.0									
1160.0									
1200.0									
1240.0									
1280.0									
1320.0									
1360.0									
1400.0									
1440.0									
1480.0									
1520.0									
EC. DE ESF. CORRIGIDA:	3.058x + 3.12x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):	167.77					
DEF. ROT. UNIT. (x1000):	16.21		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):	427724.97					
ESF. ROT (kg/cm ²):	607.87		MOD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):	23490.02					
MOD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):	372201.36		MOD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):	319567.98					

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 154: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 28 días espécimen 21.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I PACASMAYO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 1.2% en peso del cemento		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		28DINS1.2		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ³		500 kg/cm ³	
FECHA DE FABRIC:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.271		15.271	
FECHA DE ENSAYO:		22/03/2018		LONGITUD (mm):		300.0		300.0	
EDAD:		28 DÍAS		ESF. CORREG.					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.83	2.77	22.27	40.61					
80.0	1.68	5.60	44.54	128.62					
120.0	2.24	7.47	66.81	212.26					
160.0	2.55	8.50	89.08	267.32					
200.0	2.84	9.47	111.35	324.49					
240.0	3.05	10.15	133.62	368.20					
280.0	3.24	10.80	155.89	412.32					
320.0	3.43	11.43	178.16	457.68					
360.0	3.55	11.83	200.43	487.53					
400.0	3.70	12.33	222.70	526.17					
440.0	3.83	12.75	244.97	559.49					
480.0	3.94	13.12	267.24	589.64					
520.0	4.04	13.45	289.51	617.74					
560.0	4.11	13.70	311.78	639.24					
600.0	4.24	14.12	334.05	675.89					
640.0	4.33	14.43	356.32	704.42					
680.0	4.43	14.75	378.58	733.54					
720.0	4.51	15.03	400.85	760.08					
760.0	4.55	15.17	423.12	772.74					
800.0	4.64	15.47	445.39	801.60					
840.0	4.74	15.80	467.66	834.28					
880.0	4.80	16.00	489.93	854.20					
920.0	4.84	16.13	512.20	867.61					
960.0	4.94	16.47	534.47	901.59					
1000.0	5.01	16.70	556.74	925.76					
1040.0	5.11	17.03	579.01	960.85					
1080.0	5.20	17.33	601.28	992.98					
1120.0	5.25	17.48	623.55	1009.25					
1160.0	5.33	17.75	645.82	1038.48					
1200.0	5.44	18.13	668.09	1081.24					
1240.0	5.55	18.48	690.36	1121.04					
1280.0	5.64	18.78	712.63	1155.71					
1320.0	5.75	19.15	734.90	1198.81					
1360.0	5.84	19.47	757.17	1226.67					
1400.0	5.94	19.78	779.44	1275.11					
1440.0	6.03	20.10	801.71	1314.14					
1480.0									
1520.0									
FC DE ESF. CORREGIDA:		2,925x ² + 6,59x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		23,367			
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		20.010		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		442933.37			
ESF. ROT (kg/cm ²):		801.71		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		23156.80			
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		427546.55		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):		356673.02			

Fuente: Elaboración propia (2018).

Tabla N° 153: Cálculo del módulo de elasticidad del concreto con adición de nanosilíce y aditivo superplastificante SP-4 ambos al 1.2% a los 28 días espécimen 20.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO									
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469									
ELABORADO POR:		Henry H. Cabañillas Guillén		TIPO DE MEZCLA:		NS		PORTLAND TIPO I PACASMAYO	
PROYECTO:		Proyecto de Tesis.		CEMENTO:		Gata Nanosilíce y SP-4 al 1.2% en peso del cemento		ADITIVO:	
ESPECÍMEN:		28DINS1.2		Fe DE DISEÑO:		300 kg/cm ³		500 kg/cm ³	
FECHA DE FABRIC:		22/02/2018		DIÁMETRO (cm):		15.209		15.209	
FECHA DE ENSAYO:		22/03/2018		LONGITUD (mm):		301.3		301.3	
EDAD:		28 DÍAS		ESF. CORREG.					
CARGA (kN)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (x1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)	GRÁFICO ESFUERZO - DEFORMACIÓN (CORREGIDO)				
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00					
40.0	0.75	2.49	22.45	44.44					
80.0	1.54	5.11	44.91	142.40					
120.0	2.05	6.80	67.36	233.51					
160.0	2.41	8.00	89.81	310.99					
200.0	2.62	8.70	112.27	361.22					
240.0	2.81	9.33	134.72	409.86					
280.0	2.94	9.76	157.17	444.89					
320.0	3.11	10.32	179.62	492.85					
360.0	3.23	10.72	202.08	528.16					
400.0	3.33	11.05	224.53	558.51					
440.0	3.44	11.42	246.98	592.87					
480.0	3.55	11.77	269.44	626.61					
520.0	3.64	12.08	291.89	657.94					
560.0	3.74	12.41	314.34	691.74					
600.0	3.84	12.75	336.80	726.38					
640.0	3.92	13.00	359.25	752.91					
680.0	4.01	13.31	381.70	787.20					
720.0	4.09	13.58	404.16	816.66					
760.0	4.15	13.78	426.61	839.11					
800.0	4.25	14.09	449.06	875.27					
840.0	4.33	14.36	471.52	906.31					
880.0	4.40	14.61	493.97	933.90					
920.0	4.45	14.77	516.42	959.35					
960.0	4.54	15.05	538.87	990.35					
1000.0	4.60	15.27	561.33	1017.12					
1040.0	4.64	15.40	583.78	1033.77					
1080.0	4.72	15.67	606.23	1067.46					
1120.0	4.80	15.92	628.69	1099.55					
1160.0	4.85	16.08	651.14	1121.20					
1200.0	4.95	16.41	673.59	1165.13					
1240.0	5.03	16.68	696.05	1200.88					
1280.0	5.11	16.95	718.50	1237.16					
1320.0	5.15	17.08	740.95	1255.51					
1360.0	5.24	17.38	763.41	1297.28					
1400.0	5.35	17.74	785.86	1349.26					
1440.0									
1480.0									
1520.0									
FC DE ESF. CORREGIDA:		3,8153x ² + 8,35x		TIEMPO DE ENSAYO (minutos):		22,517			
DEF. ROT. UNIT. (x1000):		17.74		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E2 (kg/cm ²):		499188.33			
ESF. ROT (kg/cm ²):		785.86		MÓD. ELAST. POR GRÁFICO - E3 (kg/cm ²):		25350.00			
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm ²):		423301.01		MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E4 (kg/cm ²):		348282.02			

Fuente: Elaboración propia (2018).

I. TABLAS DE REFERENCIA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN

Tabla N° 155: Husos granulométricos del agregado grueso.

TAMAÑO HUSO MAXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
	100 mm 4"	90 mm 3 1/2"	75 mm 3"	63 mm 2 1/2"	50 mm 2"	37.5 mm 1 1/2"	25 mm 1"	19 mm 3/4"	12.5 mm 1/2"	9.5 mm 3/8"	4.75 mm N° 4	2.36 mm N° 8	1.18 mm N° 16	300 µm N° 50
1 3 1/2" - 1 1/2"	100	90 - 100	---	25 - 60	---	0 - 15	---	0 - 5	---	---	---	---	---	---
2 2 1/2" - 1 1/2"	---	---	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	---	0 - 5	---	---	---	---	---	---
3 2" - 1"	---	---	---	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	---	0 - 5	---	---	---	---	---
357 2" - N° 4	---	---	---	100	95 - 100	---	35 - 70	---	10 - 30	---	0 - 5	---	---	---
4 1 1/2" - 3/4"	---	---	---	---	100	95 - 100	20 - 55	0 - 15	---	0 - 5	---	---	---	---
467 1 1/2" - N° 4	---	---	---	---	100	95 - 100	---	35 - 70	---	10 - 30	0 - 5	---	---	---
5 1" - 1/2"	---	---	---	---	---	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5	---	---	---	---
56 1" - 3/8"	---	---	---	---	---	100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5	---	---	---
57 1" - N° 4	---	---	---	---	---	100	95 - 100	---	25 - 60	---	0 - 10	0 - 5	---	---
6 3/4" - 3/8"	---	---	---	---	---	---	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5	---	---	---
67 3/4" - N° 4	---	---	---	---	---	---	100	90 - 100	---	20 - 55	0 - 10	0 - 5	---	---
7 1/2" - N° 4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	---	---
8 3/8" - N° 8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5	---
89 3/8" - N° 16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 - 100	20 - 55	5 - 30	0 - 10	0 - 5
9 N° 4 - N° 16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 - 100	10 - 40	0 - 10	0 - 5

Fuente: Norma técnica peruana 400.037.

Tabla N° 156: Husos granulométricos del agregado fino.

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
9.5 mm	3/8"	100	
4.75 mm	N° 4	95	100
2.36 mm	N° 8	80	100
1.18 mm	N° 16	50	85
600 µm	N° 30	25	60
300 µm	N° 50	5	30
150 µm	N° 100	0	10

* Incrementa a 5% para agregado fino triturado, excepto para cuando se use para pavimentos.

Fuente: Norma técnica peruana 400.037 ASTM - C 33.

Tabla N° 157: Tipo de gradación según el peso retenido, para determinar el número de esferas.

TAMAÑO DE LOS TAMICES				PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS			
PASA		RETENIDO		A	B	C	D
37.50 mm	1 1/2"	25.40 mm	1"	1250 ± 25			
25.40 mm	1"	19.00	3/4"	1250 ± 25			
19.00 mm	3/4"	12.70	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12.70 mm	1/2"	9.51	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9.51 mm	3/8"	6.35	1/4"			2500 ± 10	
6.35 mm	1/4"	4.76	N° 4			2500 ± 10	
4.76 mm	N° 4	2.36	N° 8				5000 ± 10

Fuente: Norma técnica peruana 400.019.

Tabla N° 158: Numero de esferas según el tipo de gradación del material.

GRADACIÓN	NÚMERO DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma técnica peruana 400.019.

Tabla N° 159: Agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregados con o sin aire incorporado.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua Lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
	10 mm 3/8"	12.5 mm 1/2"	20 mm 3/4"	25 mm 1"	40 mm 1 1/2"	50 mm 2"	70 mm 3"	150 mm 6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
30 - 50 (1" - 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 - 100 (3" - 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 - 180 (6" - 7")	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad Aproximada de Aire Atrapado (%)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
30 - 50 (1" - 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 - 100 (3" - 4")	200	190	180	175	160	155	150	135
150 - 180 (6" - 7")	215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido Total de Aire Incorporado (%) en Función del Grado de Exposición								
Exposición Suave	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
Exposición Moderada	6.00	5.50	5.00	4.50	4.50	4.00	3.50	3.00
Exposición Severa	7.50	7.00	6.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00

Fuente: Lezama Leiva 1996.

Tabla N° 160: Agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil mismo.

Tamaño Maximo Nominal de Agregado	Contenido de Agua en el Concreto, expresado en Lt/m ³ , para los Asentamientos y Perfiles de Agregado Gruesos Indicados.						
	1" - 2"		3" - 4"		6" - 7"		
	25 mm - 50 mm		75 mm - 100 m		150 mm - 175 mm		
mm.	Pulg.	Agregado Redondeado	Agregado Anguloso	Agregado Redondeado	Agregado Anguloso	Agregado Redondeado	Agregado Anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1 1/2"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Lezama Leiva 1996.

Tabla N° 161: Relación agua / cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (f'_{cr}) (Kg/cm ²)	RELACION AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	0.00
400	0.43	0.00
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Lezama Leiva 1996.

Tabla N° 162: Máxima relación agua / cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN AGUA / CEMENTO
Concreto de Baja Permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	
	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45
(*) La resistencia f'_{c} no deberá ser menor de 245 Kg/cm ² por razones de durabilidad.	

Fuente: Lezama Leiva 1996.

J. NORMATIVA DE REFERENCIA

DESCRIPCIÓN	NTP	ASTM
CEMENTOS		
Especificación de norma para el cemento portland	334.009	C 150
AGREGADOS		
Práctica de norma para el muestreo de agregados	400.01	D 75
Práctica normalizada para la reducción de muestras de agregados para el tamaño de ensayo	400.043	C 702
Método de ensayo para determinar el contenido de humedad evaporable total del agregado por secado	339.185	C 566
Método de ensayo para el análisis granulométrico de los agregados fino y grueso	400.012	C 136
Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados gruesos	400.021	C 127
Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados finos	400.022	C 128
Método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión y al impacto del agregado grueso de pequeño tamaño en la máquina de Los Ángeles	400.019	C 131
Método de ensayo para determinar, a través de lavado, los materiales más finos que el tamiz 75- μm (No. 200) en agregados minerales	400.018	C 117
Método de ensayo para determinar el peso volumétrico (Densidad Suelta, Peso Unitario, Masa Unitaria, Peso Específico) y vacíos en el agregado	400.017	C 29
Terminología de norma relacionada con el concreto y con los agregados para concreto	400.011	C 125
Especificación de norma para agregados para concreto	400.037	C 33
AGUA		
Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos	339.088	
Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland	339.07	
ADITIVOS		
Especificación de norma para aditivos químicos para concreto	339.086	C 494
CONCRETO		
Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto de cemento portland fresco	339.184	C 064
Práctica normalizada para el uso de almohadillas no adherentes en la determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto endurecido	339.216	C 231
Práctica normalizada para el cabeceo de cilindros de concreto	339.057	C 617
Método de ensayo para determinar la densidad (Peso unitario), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto	339.046	C 138
Método de ensayo para determinar el revenimiento (asentamiento) del concreto de cemento portland	339.035	C 143
Práctica normalizada para el muestreo del concreto fresco	339.036	C 172
Práctica normalizada para la producción y el curado de especímenes de concreto en laboratorio	339.183	C 192
Práctica normalizada para producción y curado de especímenes de ensayo de concreto en el campo	339.033	C 31
Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión de cilindros de concreto	339.034	C 39
Método estándar de prueba para Módulo Estático de Elasticidad y la Proporción de Poisson de concreto en compresión		C 469
Especificación estándar para concreto premezclado		C 94
Especificación estándar para moldes cilíndricos para preparación de concreto		C 470
Práctica estándar para verificaciones de fuerza en máquinas de ensayo de compresión (calibración)		E 4

K. PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

Figura N° 8: Contenido de humedad agregado grueso.



Figura N° 9: Densidad de agregado fino.



Figura N° 10: Peso unitario del agregado grueso.



Figura N° 11: Resistencia a la abrasión del agregado grueso.



Figura N° 12: Granulometría del agregado grueso.



Figura N° 13: Aditivo y adición utilizados en las mezclas de concreto.



Figura N° 14: Medición del slump del concreto.



Figura N° 15: Llenado de espécimens o especímenes.



Figura N° 16: Curado del concreto en laboratorio.



Figura N° 17: Toma de datos de características de las especímenes o especímenes.



Figura N° 18: Ensayos a compresión de los especímenes de concreto.



Figura N° 19: Vista de agregado grueso dentro del espécimen de concreto.



Figura N° 20: Presencia de asesor de la investigación.



Figura N° 21: Falla típica del espécimen de concreto.



Figura N° 22: Vista posterior de la falla típica de espécimen de concreto.



Figura N° 23: Ensayo a compresión de los especímenes de concreto.



Figura N° 24: Ruptura de espécimen de concreto en otra fecha.



Figura N° 25: Especímenes ensayados con vista de fallas típicas.



Figura N° 26: Eliminación de desmonte del laboratorio.

