

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**FACTORES DEL PROCESO DE MOLDEO DE PROBETAS QUE
INFLUYEN EN LA REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. LAVARELLO DIAZ, GIOVANNI

Bach. VALDERRAMA MEZARINA, ROSA EVELYN

ASESORA: Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES, LILIANA JANET

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios, por la vida que me da, por las esperanzas y fuerzas que en Él logro encontrar en el día a día. Así mismo, a mis papás, por ser las personas ejemplo en mi vida, siendo ellos los que, con gran orgullo y satisfacción acogen este hermoso regalo.

Giovanni Lavarello Diaz

Dedicatoria

La presente investigación está dedicada a mis padres, por alentarme día a día en seguir adelante con mucha perseverancia y así cumplir con mis ideales, siendo esta tesis uno de ellos.

A mis amigos, por darme su apoyo constante y a todos los que me prestaron ayuda les dedico esta investigación con mucho cariño y agradecimiento.

Rosa Valderrama Mezarina

Agradecimientos

A nuestra asesora la Mg. Ing. Liliana Chavarría por su constante apoyo y consejo.

A nuestro metodólogo el Dr. Ing. Carlos Chavarry por sus recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	xv
Abstract	xvi
Introducción	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 Objetivos de la investigación	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Importancia y justificación del estudio	5
1.5 Limitaciones	6
1.6 Viabilidad de la investigación	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Marco histórico	8
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema	12
2.3 Estructura teórica y científica	14
2.3.1 Concreto	15
2.3.2 Tipos de concreto	15
2.3.2.1 Concreto preparado en campo	15
2.3.2.2 Concreto premezclado	15
2.3.3 Componentes del concreto	15
2.3.3.1 Cemento	15
2.3.3.2 Agregados	17
2.3.3.3 Agua	18
2.3.3.4 Aire	18

2.3.3.5 Aditivo	18
2.3.4 Métodos de Diseño	19
2.3.4.1 Método ACI	20
2.3.4.2 Ley de Powers	25
2.3.5 Ensayos de Laboratorio	25
2.3.5.1 Ensayos para las propiedades físicas del agregado fino	26
2.3.5.2 Ensayos para las propiedades físicas del agregado grueso	29
2.3.5.3 Ensayos para el concreto en estado fresco	32
2.3.5.4 Ensayos para el concreto en estado endurecido	35
2.3.6 Normatividad	36
2.3.7 Evaluación estadística	38
2.4 Definición de términos básicos	38
2.5 Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis	40
2.6 Hipótesis	40
2.6.1 Hipótesis general	40
2.6.2 Hipótesis específicas	40
2.7 Variables	41
2.7.1 Variables independientes	41
2.7.2 Variable dependiente	41
2.8 Operacionalización de Variables	42
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	44
3.1 Tipo, método, nivel y diseño de la investigación	44
3.1.1 Tipo de investigación	44
3.1.2 Método de investigación	44
3.1.3 Nivel de investigación	45
3.1.4 Diseño de la investigación	45
3.2 Población	45
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.4 Descripción de procedimientos de análisis	46

CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	50
4.1 Características físicas de los componentes del concreto	50
4.1.1 Ensayos para el agregado fino	50
4.1.1.1 Granulometría	50
4.1.1.2 Peso unitario suelto y compactado	54
4.1.1.3 Peso específico y absorción	57
4.1.1.4 Contenido de humedad	59
4.1.2 Ensayos para el agregado grueso	59
4.1.2.1 Granulometría	59
4.1.2.2 Peso unitario suelto y compactado	63
4.1.2.3 Peso específico y absorción	66
4.1.2.4 Contenido de humedad	68
4.1.3 Cemento	68
4.1.4 Aditivos	68
4.1.4.1 MasterRheobuild 1202	68
4.1.4.2 MasterSet R 800	68
4.2 Diseño de mezcla de concreto	68
4.2.1 Diseño de mezcla de concreto simple patrón – Método ACI	69
4.2.2 Diseño de mezcla modificado – Ley de Powers	76
4.2.3 Ajustes por asentamiento y cantidad de agregado	82
4.2.3.1 Corrección por asentamiento	82
4.3.2.2 Corrección por uso de aditivos y cantidad de agregado	90
4.3 Análisis de resultados	101
4.3.1 Presentación de resultados de roturas por factor	101
4.3.2 Interpretación de resultados	103
4.3.2.1 Interpretación de resultados del primer factor	105
4.3.2.2 Interpretación de resultados del segundo factor	109
4.3.2.3 Interpretación de resultados del tercer factor	113
4.3.3 Contrastación de hipótesis	115

4.3.3.1 Contrastación de hipótesis del primer factor	115
4.3.3.2 Contrastación de hipótesis del segundo factor	118
4.3.3.3 Contrastación de hipótesis del tercer factor	120
4.3.4 Resumen gráfico de factores	128
4.4 Discusión	132
CONCLUSIONES	134
RECOMENDACIONES	136
Referencias Bibliográficas	138
Anexos	140
Anexo 1: Matriz de consistencia	141
Anexo 2: Cronograma de actividades	142
Anexo 3: Presupuesto de elaboración de tesis	143
Anexo 4: Informe de calidad del cemento	144
Anexo 5: Ficha técnica de aditivo MasterRheobuild 1202	145
Anexo 6: Ficha técnica de aditivo MasterSet R 800	149
Anexo 7: Informe de verificación de calibración de equipo	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los tipos de cemento	16
Tabla 2: Clasificación de los tipos de aditivos	19
Tabla 3: Asentamientos recomendados para diferentes tipos de construcción	21
Tabla 4: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso	21
Tabla 5: Relación entre los ratios de agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto	22
Tabla 6: Relación agua/cemento máximo permisible para concreto expuesto a condiciones severas	23
Tabla 7: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto	24
Tabla 8: Requisitos de granulometría para agregado fino	26
Tabla 9: Requisitos de granulometría para agregado grueso	30
Tabla 10: Rangos de asentamiento para requisitos “máximo” o “no exceder”	33
Tabla 11: Rangos de asentamiento para un valor nominal	33
Tabla 12: Moldeo de especímenes por apisonado. Requisitos	37
Tabla 13: Operacionalización de variables Independientes	42
Tabla 14: Operacionalización de variable Dependiente	43
Tabla 15: Número de especímenes por factor	45
Tabla 16: Número de especímenes para muestra patrón	46
Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado fino F1	51
Tabla 18: Análisis granulométrico del agregado fino F2	52
Tabla 19: Análisis granulométrico del agregado fino F3	53
Tabla 20: Promedio del módulo de finura del agregado fino	54
Tabla 21: Peso unitario del agregado fino F1	55
Tabla 22: Peso unitario del agregado fino F2	55
Tabla 23: Peso unitario del agregado fino F3	56
Tabla 24: Promedio del peso unitario suelto y compactado del agregado fino	56
Tabla 25: Peso específico y absorción del agregado fino F1	57
Tabla 26: Peso específico y absorción del agregado fino F2	57
Tabla 27: Peso específico y absorción del agregado fino F3	58

Tabla 28: Promedio del peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino	58
Tabla 29: Análisis granulométrico del agregado grueso G1	60
Tabla 30: Análisis granulométrico del agregado grueso G2	61
Tabla 31: Análisis granulométrico del agregado grueso G3	62
Tabla 32: Promedio del módulo de finura del agregado grueso	63
Tabla 33: Peso unitario del agregado grueso G1	64
Tabla 34: Peso unitario del agregado grueso G2	64
Tabla 35: Peso unitario del agregado grueso G3	65
Tabla 36: Promedio del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	65
Tabla 37: Peso específico y absorción del agregado grueso G1	66
Tabla 38: Peso específico y absorción del agregado grueso G2	66
Tabla 39: Peso específico y absorción del agregado grueso G3	67
Tabla 40: Promedio del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso	67
Tabla 41: Características del cemento proporcionado por UNACEM	69
Tabla 42: Características del agregado fino procedente de la cantera Jicamarca	69
Tabla 43: Características del agregado grueso procedente de la cantera Jicamarca	70
Tabla 44: Características del agua	70
Tabla 45: Características del Aditivo MasterRheobuild 1202	70
Tabla 46: Características del Aditivo MasterSet R 800	71
Tabla 47: Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	71
Tabla 48: Resultados de ensayo de diseño patrón 1	75
Tabla 49: Resultados a compresión del diseño de mezcla patrón	76
Tabla 50: Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por Ley de Powers	80
Tabla 51: Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por asentamiento y agregados 1	85
Tabla 52: Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por asentamiento y agregados 2	89
Tabla 53: Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por aditivos	93
Tabla 54: Resultados de ensayo del primer factor: Probetas elaboradas y almacenadas sobre una superficie con inclinación de 5%	94

Tabla 55: Resultados de ensayo del primer factor: Probetas elaboradas y almacenadas sobre una superficie con inclinación de 10%	95
Tabla 56: Resultados de ensayo del primer factor: Probetas elaboradas y almacenadas sobre una superficie con inclinación de 15%	96
Tabla 57: Resultados de ensayo del segundo factor: Probetas no compactadas (0 golpes por capa) durante el proceso de moldeo	97
Tabla 58: Resultados de ensayo del segundo factor: Probetas compactadas en exceso (50 golpes por capa) durante el proceso de moldeo	98
Tabla 59: Resultados de ensayo del tercer factor: Probetas almacenadas durante 24 horas a una temperatura por debajo del límite inferior	99
Tabla 60: Resultados de ensayo del tercer factor: Probetas almacenadas durante 24 horas a una temperatura por encima del límite superior	100
Tabla 61: Resumen de resultados de ensayos de factores	102
Tabla 62: Resultados de la resistencia de compresión de ensayos del primer factor: Probetas almacenadas en una superficie con 5%, 10% y 15% de pendiente	104
Tabla 63: Porcentajes de resultados de la resistencia de compresión de ensayos del primer factor frente al diseño patrón	105
Tabla 64: Resultados de la resistencia de compresión de ensayos del segundo factor: Probetas sin apisonar y apisonadas con 50 golpes por cada capa	108
Tabla 65: Porcentajes de resultados de la resistencia de compresión de ensayos del segundo factor frente al diseño patrón	109
Tabla 66: Resultados de la resistencia de compresión de ensayos del tercer factor: Probetas almacenadas en una superficie a 10.6°C y 30.7°C	112
Tabla 67: Porcentajes de resultados de la resistencia de compresión de ensayos del tercer factor frente al diseño patrón	113
Tabla 68: Variables entradas estadística	115
Tabla 69: Resumen del modelo	115
Tabla 70: Tabla de Coeficientes	116
Tabla 71: Variables entradas estadística	118
Tabla 72: Resumen del modelo estadístico	118
Tabla 73: Tabla de coeficientes	119
Tabla 74: Datos de horas y temperaturas en cajas térmicas para análisis de microclima caliente	120

Tabla 75: Frecuencia de datos de temperatura y porcentajes de incidencias en cajas calientes	121
Tabla 76: Valores descriptivos de datos analizados	121
Tabla 77: Valores descriptivos de datos analizados para análisis de Asimetría y Curtosis	122
Tabla 78: Datos de horas y temperaturas en cajas térmicas para análisis de microclima frío	123
Tabla 79: Frecuencia de datos de temperatura y porcentajes de incidencias en cajas frías	123
Tabla 80: Valores descriptivos de datos analizados	124
Tabla 81: Valores descriptivos de datos analizados para análisis de Asimetría y Curtosis	124
Tabla 82: Probetas almacenadas a una baja y alta temperatura durante 24 horas, seguido de un curado normativo en poza de agua con sal	125
Tabla 83: Variables entradas estadística	126
Tabla 84: Resumen del modelo estadístico	126
Tabla 85: Tabla de Coeficientes	126
Tabla 86: Resumen de resultados comparados a 3 días	129
Tabla 87: Resumen de resultados comparados a 7 días	130
Tabla 88: Resumen de resultados comparados a 28 días	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cemento Sol -Tipo I- usado en la mezcla	17
Figura 2: Agregado grueso	17
Figura 3: Agregado fino	17
Figura 4: Procedimiento de ensayo	32
Figura 5: Ensayo en laboratorio	32
Figura 6: Elementos para medición de concreto de aire	34
Figura 7: Medición en laboratorio	34
Figura 8: Pesaje de concreto en estado fresco	34
Figura 9: Medición de temperatura del concreto en estado fresco	35
Figura 10: Prensa de compresión con probeta antes de rotura	36
Figura 11: Falla de probeta	36
Figura 12: Mapa conceptual de tesis	40
Figura 13: Gráfica de asimetría negativa	47
Figura 14: Gráfica de asimetría positiva	47
Figura 15: Gráfico de regresión simple lineal	49
Figura 16: Análisis granulométrico del agregado fino F1	51
Figura 17: Análisis granulométrico del agregado fino F2	52
Figura 18: Análisis granulométrico del agregado fino F3	53
Figura 19: Análisis granulométrico del agregado grueso G1	60
Figura 20: Análisis granulométrico del agregado grueso G2	61
Figura 21: Análisis granulométrico del agregado grueso G3	62
Figura 22: Prueba de slump de mezcla	81
Figura 23: Asentamiento de la mezcla	81
Figura 24: Prueba de slump de mezcla a 2.5 horas	90
Figura 25: Probetas en rampa	103
Figura 26: Rampa con 5% de pendiente en UNICON	103
Figura 27: Listones entre probetas para separación	104
Figura 28: Probeta almacenada bajo una superficie inclinación de 10%	104
Figura 29: Gráfica comparativa de porcentajes mostrados en la tabla 63	105
Figura 30: Probeta con 50 golpes por capa	107
Figura 31: Probeta sin apisonar previo a ensayo a compresión a 28 días	107
Figura 32: Probetas sin apisonar ensayada	108

Figura 33: Probeta al doble de N° de golpes	108
Figura 34: Gráfica comparativa de porcentajes mostrados en la tabla 65	109
Figura 35: Pozas de curado UNICON	111
Figura 36: Cajas térmicas con gel frío y termómetros	111
Figura 37: Cajas térmicas con fibra de vidrio	112
Figura 38: Cajas térmicas calientes con termómetros	112
Figura 39: Gráfica comparativa de porcentajes mostrados en la tabla 67	113
Figura 40: Dispersión Simple de Resistencia a la compresión por un porcentaje de inclinación	116
Figura 41: Dispersión Simple de Resistencia a la compresión por un número de golpes por capa	119
Figura 42: Histograma de temperaturas con curva de descriptiva de Asimetría y Curtosis	122
Figura 43: Histograma de temperaturas con curva de descriptiva de Asimetría y Curtosis	124
Figura 44: Dispersión Simple de Resistencia a la compresión por una temperatura de almacenaje	127
Figura 45: Comparativo de curvas de resistencia a la compresión para los factores evaluados en función a la edad de ensayo	128
Figura 46: Porcentaje de resistencia a la compresión respecto a un diseño patrón a edad de 3 días	129
Figura 47: Porcentaje de resistencia a la compresión respecto a un diseño patrón a edad de 7 días	130
Figura 48: Porcentaje de resistencia a la compresión respecto a un diseño patrón a edad de 28 días	131

Resumen

El concreto es uno de los componentes más importantes dentro de los sistemas constructivos por los cuales tiene un conjunto de normas que establecen los parámetros de aceptabilidad para su adecuada elaboración. La Norma Técnica Peruana 339.033 establece los cuidados y criterios para la elaboración y curado de especímenes en campo, que permite obtener muestras de concreto para efectuar la prueba de calidad denominada resistencia a la compresión y con esta obtener la aceptabilidad del elemento estructural. El objetivo fue determinar cómo la omisión de los procesos y buenas prácticas para la elaboración y curado de los especímenes en campo generan la reducción en la resistencia a la compresión. Realizado a través de una investigación con metodología de tipo correlacional y bajo los métodos deductivos de características aplicativas en un nivel de investigación descriptivo de un conjunto de experimentos o ensayos. La pregunta de la investigación se respondió a través del análisis de los factores denominados: superficie inclinada, apisonado a través de números de golpes y temperatura de almacenado de los especímenes; de manera que se realizó un diseño patrón que se comparó con estos factores para determinar la influencia del incumplimiento de la norma. Los resultados obtenidos mostraron que el incumplimiento normativo puede generar resultados menores a los esperados, pero no siempre resulta ser así. Considerando los análisis realizados y resultados obtenidos se recomendó generar los cuidados específicos en los factores que ocasionen mayor reducción de la resistencia en los especímenes para evitar pérdidas en tiempo y dinero en la reevaluación del concreto.

Palabras claves: apisonado, concreto premezclado, resistencia a la compresión, superficie inclinada, temperatura de almacenado.

Abstract

Concrete is one of the most important components within the construction systems by which it has a set of standards that determine the parameters of acceptability for its proper elaboration. *La Norma Técnica Peruana 339.033* establishes the care and criteria for the elaboration and curing of specimens in the field, which allows to obtain specifics for the test of the quality of resistance to compression and with this to obtain the acceptability of the structural element. The objective was to determine how the omission of the processes and good practices for the elaboration and curing of the examples in the field influenced in the reduction of the resistance to the compression. Carried out through an investigation with correlational methodology and under the deductive methods of application characteristics at a level of descriptive research of a set of trials. The research question was answered through the analysis of the factors called: inclined surface, compaction through number of hits and storage temperature of the specimens; to compare them, a standard design was made to compare it with these factors to determine the influence of the breach of the standard. The results detected that the regulatory breach may generate less than expected results, but it does not always turn out to be so. Considering the analyzes carried out and the results obtained, it is recommended to generate specific care in the factors that cause the greatest reduction of resistance in the specimens to avoid losses in time and money in the reevaluation of concrete.

Keywords: compaction, compression resistance, inclined surface, ready-mix concrete, storage temperature.

Introducción

La presente investigación se refiere al tema de calidad del concreto, que se direcciona a la Norma Técnica Peruana 339.033, práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo, en donde se evalúa la influencia en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto generada por el incumplimiento de los parámetros establecidos en la norma en los apartados de la superficie de inclinación y su almacenamiento durante sus primeras 24 horas, así mismo se evalúa la compactación generada a través del apisonado en número de golpes por cada capa y finalmente el factor temperatura en el lugar de almacenamiento previo al curado en pozas de agua con cal.

La característica principal del estudio realizado busca identificar la influencia en la reducción a la resistencia a la compresión del concreto de especímenes elaborados en campo, contextualizados a la situación de la prueba de control de calidad de las probetas elaboradas con concreto premezclado tras la llegada de los camiones mixers a obra y el proceso de elaboración de los especímenes en dicho campo, en donde se analizan situaciones que ocasionen el incumplimiento de lo especificado por la NTP en mención.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar su causa. Ella es el margen de error de la resistencia especificada por los resultados de los ensayos realizados a los especímenes que pueden variar de acuerdo a los procedimientos usados en su elaboración. Se entiende que al no seguir los procedimientos mencionados por la norma para la elaboración y curado de los especímenes generarán una influencia negativa en los resultados, a pesar de que el concreto premezclado recibido cumpla con las exigencias establecidas en norma; el resultado de los ensayos salga con valores menores a los especificados y ante ello se tengan que generar procesos extras de nuevos controles u otros, que generen pérdidas de tiempo y dinero.

En el marco del desarrollo de una investigación experimental, se realizaron múltiples ensayos en el patio de prueba de UNICON, dosificaciones realizadas a través del método de diseño del ACI para la obtención del diseño patrón y realización de los distintos ajustes, que finalmente incluyeron el uso de aditivos para la obtención del concreto con el slump adecuado. La investigación obtiene distintas correlaciones entre los factores analizados y la resistencia a la compresión del concreto, que se llevaron a analizar a través de la estadística descriptiva.

La investigación presenta los siguientes temas en cada capítulo:

El capítulo 1, presenta la problemática sobre ¿En qué medida el proceso de elaboración de probetas no normado reduce la resistencia a la compresión del concreto? Así mismo el objetivo que es el poder determinar la reducción de la resistencia a la compresión del concreto en probetas elaboradas a través de un proceso no normado. Se encuentran los motivos por el cual se desarrolla la investigación, como también las limitantes en la investigación.

El capítulo 2, describe los antecedentes a la investigación a través de distintos artículos y tesis, así mismo desarrolla el marco teórico que sirve como base de la investigación realizada, en donde se muestran también los ítems analizados de la norma que dan paso al análisis de los factores superficie inclinada, compactación y temperatura.

El capítulo 3, desarrolla el marco metodológico de la investigación realizada, donde se encuentran los alcances que tiene la tesis realizada.

El capítulo 4, contempla los resultados de todos los ensayos realizados para la investigación, desde aquellos resultados de los agregados hasta las características de los aditivos y cemento. En adición a esto, contempla los resultados de los ensayos a las mezclas del concreto, interpretación, análisis estadístico de los resultados de resistencia a la compresión y la discusión de los resultados, que permitieron desarrollar las hipótesis planteadas.

Al final del documento se presentan las conclusiones de la investigación, así como las recomendaciones.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Actualmente en el sector construcción se vienen desarrollando la ejecución de múltiples proyectos de infraestructura que involucran el uso de grandes volúmenes de concreto, y estos seguirán creciendo de acuerdo con las proyecciones en el sector, según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), para el año 2019 será 6.22% (Agencia Peruana de Noticias, 23 de mayo, 2019). Estos proyectos involucran la ejecución de estructuras de múltiples tipos, que incluyen el uso principalmente del concreto.

Los trabajos de ejecución en donde se realizan vaciados masivos de concreto, deben ser verificados y controlados en calidad a través de múltiples ensayos en estado fresco y endurecido para comprobar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto, y esto conlleva a seguir un conjunto de procedimientos normados para la obtención de dichas verificaciones y finalmente a través de ensayos de compresión obtener la verificación de la calidad buscada; mas no siempre se obtiene los valores esperados de resistencia por el descuido generado en el incumplimiento de la norma en el proceso de moldeo de los especímenes, que llevarán a obtener valores de resistencia inferiores a los establecidos, generando valores sesgados que pueden llegar a inducir pérdidas en tiempo y recursos. Es por ello por lo que en la presente investigación se contempla los factores del proceso de moldeo que influyen en la reducción de la resistencia a la compresión y la cuantificación de su incidencia para generar el especial cuidado en su proceso.

Los factores incumplidos como la preparación y almacenamiento de las probetas en superficies inclinadas por encima de lo normado, compactaciones inadecuadas, así mismo exposiciones en ambientes fuera del estándar establecido por los reglamentos, son circunstancias que en el día a día se encuentran y pasarán a ser analizados para identificar el grado de incidencia que finalmente puedan tener.

1.2 Formulación del problema

Presenta la formulación de la problemática, desde una problemática general que es subdividida en tres problemas específicos.

1.2.1 Problema general

¿En qué medida el proceso de elaboración de probetas no normado influye la resistencia a la compresión del concreto?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la elaboración y almacenamiento sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% influye en la resistencia a la compresión del concreto?
- b) ¿Cómo incide la compactación no normada en la resistencia a la compresión del concreto?
- c) ¿En qué medida el almacenamiento a temperatura fuera del rango establecido por norma afecta la resistencia a la compresión del concreto?

1.3 Objetivos de la investigación

Presenta al objetivo general y a los objetivos específicos que responden a la problemática planteada.

1.3.1 Objetivo general

Determinar la reducción de la resistencia a la compresión del concreto en probetas elaboradas a través de un proceso no normado, respecto a un concreto patrón de f_c 210 kg/cm².

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la incidencia de la elaboración y almacenamiento de probetas de concreto previas al curado sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.033 - 2009.
- b) Demostrar que la compactación no normada en el proceso de elaboración de probetas de concreto reduce la resistencia a la compresión del concreto, según la NTP 339.033.
- c) Determinar el efecto del almacenamiento de las probetas de concreto a temperatura fuera del rango en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, según la NTP 339.033.

1.4 Importancia y justificación del estudio

Actualmente el concreto es considerado el material de construcción con mayor producción en el mundo debido a su consistencia y bajo costo, siendo así, se han desarrollado procesos de elaboración y control para mantener su calidad que a través de ensayos y pruebas se miden. La elaboración en campo de las probetas tiene un conjunto de parámetros nacionales e internacionales a seguir y que al no ser cumplidos disminuirán la resistencia a la compresión; siendo esta una realidad latente. Se pasarán a analizar los factores: inclinación de la superficie, compactación y temperatura; para evaluar la incidencia en la reducción en la resistencia a la compresión frente a una probeta elaborada de manera correcta, que llevará a identificar el cuidado de modo general al proceso de moldeo, y de manera particular al factor más incidente en la reducción de la resistencia.

Esta investigación es dirigida al sector construcción con el propósito de identificar y dar a conocer los factores de mayor influencia en los bajos resultados de ensayos a la compresión del concreto en probetas, no siendo estos resultados representativos de la resistencia de los elementos estructurales. Así mismo, llevar un correcto control de calidad y de esta manera evitar preocupaciones, costos y demoras al proyecto, además de resguardar la seguridad a la sociedad en infraestructuras construidas de manera correcta.

Los resultados obtenidos de la investigación realizada podrán abrir nuevos puntos de investigación para contrastar un mayor número de factores no evaluados medidos mediante los resultados de resistencia a la compresión.

1.5 Limitaciones

Las limitaciones de la investigación son aquellas circunstancias o elementos no considerados por factores como tiempo, recursos, factibilidad y/o permisos de manera que limitan la investigación realizada. Las limitaciones encontradas son las siguientes:

- El uso normalizado de PADS de neopreno no se evaluará en la influencia de la reducción a la resistencia de compresión debido a que esta evaluación exige superar el uso de un PAD 100 veces, aumentando considerablemente el tiempo de evaluación necesario para el estudio.
- La velocidad de ensayo no se toma en cuenta porque genera la descalibración realizada en la prensa hidráulica, siendo este un limitante en el acceder a las distintas configuraciones de velocidad.
- El uso de desmoldante es considerado en todas las probetas a realizar. No se toma en cuenta el factor de no uso de desmoldante como análisis.
- El proceso de curado a considerarse es solo uno, el de inmersión en pozas de agua con cal. No se desarrollan otros métodos de curado porque duplicarían el número de ensayos.
- Climas extremos serán los indicados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para Lima Metropolitana, no se desarrollarán para otras ciudades.
- La limitante de la disponibilidad para horas consecutivas mayores a 3 horas en el patio de pruebas de UNICON por motivos laborales, limitante que no permite hacer todas las preparaciones de mezclas de concreto en días completos, de manera que extienden los días para la realización de las pruebas.
- La creación de un microclima de temperaturas elevadas a través de bombillas no fue posible por la imposibilidad de mantener las 24 horas prendidas a la

bombilla por controles de seguridad de la empresa concretera y la no posibilidad de pernoctar en el patio de pruebas.

1.6 Viabilidad de la investigación

El desarrollo de la presente investigación se hace viable al contar con la información técnica comparativa brindada en las normas como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) capítulo 5, las NTP y las normas establecidas por la *American Society for Testing and Materials (ASTM)* y la *American Concrete Institute (ACI)* que brindan los lineamientos para realizar la siguiente investigación. Así mismo, se cuenta con el apoyo en los ensayos a través de una la empresa concretera UNICON que brindará sus laboratorios de ensayos de materiales, así como el profesional técnico para la realización de los ensayos respectivos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

Orozco, Avila y Parody (2018), realizó una encuesta dirigida a trabajadores del sector construcción en sus diferentes niveles académicos profesionales y técnicos, así como los años de experiencia que llevan en el sector, les permitió desarrollar una investigación bajo un enfoque cualitativo para determinar los factores relevantes que influyen en la calidad del concreto percibidos por los actores más relevantes en el desarrollo de la construcción. (p.161)

La investigación engloba a factores como medio ambiente, métodos, mano de obra, maquinaria y materiales cuyos porcentajes de mayor influencia son encabezadas por el Medio Ambiente en el primer lugar, y el Método como segundo, siendo este orden el que se mantiene idéntico para todos los grupos encuestados y finalmente pasan a ser los elementos del cual se despliegan para la realización de la investigación en curso.

Prieto y Morales (2015) desarrollaron una investigación bajo el enfoque cuantitativo en donde realizaron múltiples ensayos en probetas que tendrían el objetivo de analizar la influencia de factores externos en la resistencia a la compresión del concreto que permiten identificar a factores como la temperatura, la humedad relativa del ambiente, la presión barométrica; de los cuáles el mayor influente es la temperatura siendo este el que afecta en mayor medida a la variación de la resistencia a la compresión en el concreto. (p.3)

Las conclusiones mencionadas permiten elegir dentro de la investigación a la temperatura como factor de análisis a tomar en cuenta dentro de las condiciones de ensayos a realizar.

La National Ready Mixed Concrete Association (2014), a mencionarse bajo las siglas NRMCA, en su artículo técnico “Baja resistencia en los cilindros de prueba de concreto”, investigadores de la asociación estadounidense desarrollan un estudio bajo el enfoque cuantitativo a través de ensayos de probetas de concreto

en donde buscan responder a lo que significa una probeta con baja resistencia para generar posteriormente una identificación de las causas que generan la baja resistencia y así finalmente mencionar los cuidados que son establecidos por las normas internacionales para que se cumplan los cuidados necesarios que eviten bajas resistencias a la compresión en las probetas. (p.2)

El artículo de la NRMCA permite en el desarrollo de la investigación tener identificado los motivos por los cuáles salen bajos los ensayos de resistencia a la compresión, en donde identifica que el mayor número de razones se deben a: una inapropiada elaboración de los especímenes en campo, curado y rotura; la adición de agua en la zona de trabajo debido a demoras en la obra o el requerimiento de un mayor slump para mejorar la trabajabilidad; alto contenido de aire; errores en la producción o imprevistos en el transporte. Todas las deficiencias en la elaboración de los especímenes que violen los procedimientos descritos por la ASTM repercutirán en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, siendo los más significativos los siguientes: superficies de acabado inapropiadas; temperatura de curado inicial mayor a 27°C; especímenes congelados; días extras en el campo; daños ocasionados durante el transporte; demora en el desmoldado y curado en el laboratorio; capeado inapropiado; e insuficiente cuidado en la rotura de los especímenes.

Ortiz, Aguado, Roncero y Zermeño (2009) realizaron un artículo demostrando procedimientos, resultados y conclusiones acerca de un estudio experimental donde determinan la influencia de las condiciones ambientales en las propiedades de trabajabilidad y microestructurales de morteros y pastas de cemento, bajo tres condiciones climáticas (referencia, condiciones de verano y condiciones de invierno), en relación con la temperatura ambiental, humedad relativa. Concluyendo de los estudios de microestructura indican que las condiciones climáticas extremas influyen en el desarrollo microestructural de pastas de cemento, especialmente en las edades más tempranas.

De ello, se da a entender la formación de Silicato Cálcico Hidratado (CHS) bajo tres diferentes ciclos de temperatura a la cual está sometida la pasta de cemento, especialmente a edades tempranas, siendo de mayor resistencia las pastas almacenadas durante 48 horas a altas temperaturas debido a una extensiva formación de CSH

recubriendo las partículas anhidras de cemento; sin embargo, a la edad de 28 días no presentarán un desarrollo típico de su resistencia, en comparación de aquellas almacenadas bajo condiciones de invierno, superando a 28 días en sus resultados a las almacenadas bajo condición “referencia”. (p.19)

Holmgren, Cavieres y Cepeda (2005) realizaron un artículo en el cual analizaron el efecto del curado de probetas en la resistencia potencial del hormigón enfatizando la importancia del curado inicial en obra, procedimiento normalmente descuidado, comparando resultados según diferentes procedimientos y destacando deficiencias comunes de encontrar en terreno. Para el curado posterior en laboratorio, se compara las diferencias entre la norma chilena y la ASTM y su efecto en la resistencia, así como también los problemas que frecuentemente se presentan en las cámaras de curado. Se concluye que la mejor manera de asegurar que se logra el desarrollo total del hormigón y, además, disminuir la dispersión de los resultados, es mediante el curado por inmersión en agua saturada de cal, tanto en obra con las probetas recién moldeadas, como en laboratorio hasta la edad de ensayo. (p.511)

Con esta información se tomará en consideración la temperatura a la cual estarán expuestas las probetas de concreto durante sus primeras 24 horas previas al curado en pozas de agua saturada con cal y la influencia en los resultados de las probetas por la exposición a las temperaturas fuera del rango establecido por la normatividad.

La NRMCA (2014), en su artículo técnico “Colocación de concreto en clima cálido”, recalcan la importancia de la planificación del proceso de vaciado del concreto en climas cálidos y los efectos potenciales sobre la mezcla fresca. Mencionan, además, que las altas temperaturas por sí solas causan incrementos de demanda de agua, elevando la relación agua/cemento ocasionando una baja de resistencia. Así mismo, si se trabaja a altas temperaturas, altas velocidades de viento y baja humedad relativa pueden afectar al concreto fresco de dos maneras: el elevado ritmo de evaporación puede inducir a una temprana fisura por retracción plástica o por retracción por secado, y el ritmo de evaporación puede también eliminar el agua de la superficie necesaria para la hidratación, a

menos que se empleen métodos apropiados de curado. Además, el agrietamiento térmico puede producirse por una rápida caída en la temperatura del concreto, tal es el caso de las losas o paredes de concreto que son vaciados en un día cálido, seguido de una noche fría. Una alta temperatura acelera también la hidratación del cemento y contribuye a un potencial agrietamiento térmico en estructuras masivas de concreto. (p.2)

Concluyendo con lo mostrado por la NRMCA, el proceso de curado que se realizará en la presente investigación estará puesto sobre los rangos superiores e inferiores acorde a lo indicado en norma, corroborando lo expuesto en el artículo.

La NRMCA (2014), en su artículo “Vaciados (colados) en climas fríos”, investigadores de la asociación estadounidense desarrollan un estudio bajo el enfoque cuantitativo, presentan las variaciones que tienen en su resistencia a la compresión considerando distintas temperaturas en las que el concreto se encuentra y los efectos que estas ocasionan en su relación con el tiempo de fraguado y la resistencia adquirida. Se hace presente las recomendaciones para los testigos en climas extremadamente fríos, así como las recomendaciones del cuidado del concreto vaciado en campo. (p.2)

El artículo de vaciados en climas fríos brinda las recomendaciones a través de múltiples herramientas para tener cuidado en las temperaturas del concreto premezclado para el vaciado en climas fríos y aporta como referencia la definición de clima frío y temperatura del concreto permisible a trabajar y criterios de aceptación del concreto.

Con el artículo se concluye que ante las temperaturas promedios no menores a 10°C en la ciudad de Lima en los últimos 30 años (El Comercio, 2019); no generarán disminuciones menores a dicha temperatura de manera que las condiciones de cuidado de un clima frío (extremo) y perjudicial para el concreto no se tomarán en cuenta y se trabajará como en condiciones normales de trabajo, y bajo estas condiciones analizar la influencia de la disminución de la resistencia ante la disminución de la temperatura ambiente mínima establecida por la norma.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

Ortega (2010), en su investigación “Influencia de la compactación y conservación de probetas durante su permanencia en obra, así como su posterior refrentado en la resistencia a la compresión del hormigón (período 1997-2007).” para obtener el grado de doctor en la Universidad Politécnica de Madrid, tiene como objetivo estudiar los efectos que tiene la compactación de probetas, así como la conservación en obra bajo tres condiciones climáticas diferentes sobre las prestaciones del hormigón concluyendo que: de acuerdo a la anterior normativa UNE 83-301-91 marcaba el rango de temperaturas entre 16°C y 27°C. En el estudio estadístico realizado durante los años 2001-2007 se han ensayado, a 28 días, más de 10.000 probetas conservadas durante sus primeras horas a temperaturas entre 4°C y 15°C, sin ningún recinto para protegerlas en obra y solo con la protección de una bolsa de plástico. Los resultados medios de resistencia a compresión a 28 días dados por ensayos de estas probetas son superiores a los obtenidos en las probetas que se conservaron a la intemperie cuando la temperatura ambiental se encontraba en el rango que propone la nueva EHE, es decir, entre 15°C y 35°C. Con los resultados presentados en este estudio parece ser que no sería preciso ningún recinto para la conservación de las probetas durante sus primeras 24 horas cuando la temperatura ambiental estuviese dentro del margen de 5°C y 15°C. (p.VII-1) Se concluye también que: para una temperatura de curado, durante las primeras 24 horas, de 36°C y 20% de humedad relativa, la disminución de resistencia a compresión a 28 días está comprendida entre 8% y 10% sobre el patrón, obtenida conservando las probetas a 20°C de temperatura y 95% de humedad relativa. (p.VII-2)

De los métodos por Ortega, es provechoso para la investigación las conclusiones y consideraciones que menciona con respecto a los resultados de resistencia a la compresión de especímenes curados a la intemperie entre temperaturas de 5°C y 15°C en donde menciona la no existencia de disminución de la resistencia a la compresión, por el contrario, ocasiona el aumento. Así mismo, concluye que, a la temperatura de 36°C, la resistencia disminuye.

Cánoves (2012), describe en su investigación “Evolución de la resistencia del hormigón de obra. Métodos de predicción a partir de los ensayos de control de la conformidad del hormigón” para obtener el grado de doctor en la Universidad Politécnica de Valencia, objetivos referentes a la influencia de diferentes factores tecnológicos-ambientales en la evolución de la resistencia del hormigón, concluyendo que la temperatura de curado del hormigón es el parámetro más significativo en la adquisición y evolución de la resistencia. Afirma que, a mayor temperatura de curado (mayores a 30°C), se adquiere mayor resistencia inicial (3 días) que a menos temperatura; sin embargo, a 7 días la resistencia es similar a todos los intervalos de temperatura (de 5 a 39°C), para posteriormente a edades iguales o superiores a 28 días, la resistencia del hormigón curado a temperatura elevada es inferior a la desarrollada mediante el curado a temperaturas inferiores, no alcanzando la resistencia especificada del hormigón. (p.346)

De lo concluido por Cánoves, se rescata el análisis y conclusión mencionado en el resultado del conjunto de probetas ensayadas y las múltiples resistencias a la compresión obtenidas para las temperaturas entre 5 y 39°C, siendo estas las que abarcan el rango de temperaturas analizadas en el factor temperatura de la presente investigación.

Vásquez (2015), en su investigación “Control del concreto en estado fresco y endurecimiento en clima frío” para obtener el título profesional en la Universidad Nacional de Ingeniería plantea una técnica para curar y proteger el concreto vaciado en lugares climatológicas y temperaturas correspondientes a climas fríos, de las cuales resalta la hora propicia para realizar el vaciado. La técnica planteada consiste en proteger las estructuras de concreto creando un microclima y controlando en varios intervalos de tiempo la temperatura del concreto y del ambiente; optimizando el tiempo de protección usando termómetros digitales. Asimismo, se controla en el proceso constructivo los gradientes térmicos que interactúan entre el concreto y el ambiente. (p.3) Concluyendo que las temperaturas por debajo del punto de congelación son nocivas para el concreto fresco, aumentando muy poco su resistencia, una excesiva pérdida de calor y sufriendo algún daño permanente; de tal manera

que la necesidad de protección en el tratamiento del concreto se hace evidente.
(p.42)

De lo mencionado por Vásquez, se hace provechoso del estudio, el trabajo desarrollado con el concreto en climas fríos, de manera que se rescatan las definiciones, marco conceptual, los procedimientos y cuidados del concreto.

Rodríguez (2005), realizó una investigación “Estudio de las características físico mecánicas del concreto en clima cálido” para obtener el título profesional en la Universidad Nacional de Ingeniería, en la cual pretende determinar cuantitativamente las variaciones de las propiedades del concreto en un clima cálido, simulado en laboratorio en condiciones habituales, así como también condiciones particulares como el empleo de diversos agregados.(p.3) Concluyendo que los concretos mezclados, colocados y curados a elevadas temperaturas desarrollan normalmente altas resistencias tempranas que aquellos producidos y curados a bajas temperaturas; pero sus resistencias a los 28 días y a edades posteriores son generalmente menores. (p.123) Además, el uso de cementos con bajo calor de hidratación, disminuye la velocidad de desarrollo de calor en el concreto, en consecuencia, la simultánea disipación de calor en el concreto. (p.126)

De lo mencionado por Rodríguez, se hace provechoso del estudio, el trabajo desarrollado con el concreto en climas cálidos, de manera que se rescatan para discusión la disminución de la resistencia a compresión a 28 días.

2.3 Estructura teórica y científica

Desarrolla el marco conceptual de manera estructurada permitiendo comprender el proceso de la investigación, desde la fundamentación teórica y científica generada por múltiples investigadores. Así mismo, incluye la normatividad y puntos a evaluar.

2.3.1 Concreto

El concreto es uno de los componentes más usados en los sistemas de construcción de albañilería confinada, albañilería armada y sistemas aporticados de edificaciones, es definido según la norma E.060 Concreto Armado (2009) como: “Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (p.26). La mezcla de estos materiales, basados en las especificaciones técnicas del proyecto, tendrán diferentes dosificaciones respecto a los elementos estructurales o no estructurales que se vayan a construir de acuerdo con las resistencias por compresión que de ellos se vayan a requerir en el proyecto.

2.3.2 Tipos de concreto

El concreto tiene un conjunto de definiciones distintas por la variedad de casos que esta presenta, ante ello, se hará presente considerar los siguientes tipos en base a la ubicación de su preparación: Concreto preparado en campo y Concreto premezclado.

2.3.2.1 Concreto preparado en campo: Es el concreto elaborado en el lugar en el que se desarrolla la obra.

2.3.2.2 Concreto premezclado: Está definida según la norma E.060 (2009) como “el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra” (p.26).

2.3.3 Componentes del concreto

El concreto presenta los siguientes componentes: cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y finalmente puede complementarse con aditivos.

2.3.3.1 Cemento: Es uno de los componentes más importantes para la elaboración del concreto, es definida según la norma E.060 (2009) como “el material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire” (p.26). Así mismo, la denominación específica de Cemento Portland es definida por Gutierrez (2003) como “el producto obtenido al pulverizar el Clinker con adición de yeso. El Clinker resulta de la calcinación hasta una fusión incipiente de una mezcla debidamente dosificada de materiales sílicos,

calcáreos y férricos” (p.35). Siendo el cemento Pórtland el material de uso para la elaboración del concreto premezclado a realizar.

El cemento Pórtland tiene múltiples clasificaciones donde, de acuerdo con la *Standard Specification for Portland Cements* en la ASTM C150 – 19, define a los cementos en 10 tipos, descritos en la Tabla 1.

Tabla 1
Clasificación de los tipos de cemento

Tipos de Cementos	Descripción
Tipo I	Para usar cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
Tipo IA	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo I, donde se desee la incorporación de aire.
Tipo II	Para usos generales, especialmente cuando se necesite una moderada resistencia a los sulfatos.
Tipo IIA	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo II, donde se desee la incorporación de aire.
Tipo II (MH)	Para uso general, especialmente cuando se necesite moderado calor de hidratación y resistencia moderada a los sulfatos.
Tipo II (MH)A	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo II (MH), donde se desee la incorporación de aire.
Tipo III	Para usos en donde se necesite una alta resistencia a temprana edad.
Tipo IIIA	Cemento con aire incorporado para similares usos que el del Tipo III, donde se desee la incorporación de aire.
Tipo IV	Para usos en donde un bajo calor de hidratación sea necesario.
Tipo V	Para usos en donde sea necesario una alta resistencia a los sulfatos.

Fuente: ASTM C150-19

El cemento para usar en la investigación es el Cemento Sol Tipo I, producido por UNACEM, cuya presentación en el mercado se aprecia en la figura 1. Así mismo las características físicas y propiedades del lote recibido cuentan con un informe de calidad que certifican su cumplimiento a los estándares exigidos por las normas ASTM y NTP. (Ver anexo 4)



Figura 1: Cemento Sol -Tipo I- usado en la mezcla
Fuente: UNACEM

2.3.3.2 Agregados: Son componentes del concreto que forman parte importante de la calidad de la mezcla a realizar. Según Gutiérrez (2003) “constituye un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad de las obras civiles” siendo en la mezcla porcentajes en volúmenes equivalentes entre “un 65% a 85%” del total (p.9).

Los agregados son separados en dos tipos para un trabajo adecuado con la mezcla de concreto, definidos como:

- Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas (E.060, 2009, p25). (Ver figura 2)
- Agregado fino: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8”) (E.060, 2009, p25). (Ver figura 3)



Figura 2: Agregado grueso
Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Agregado fino
Fuente: Elaboración propia

2.3.3.3 Agua: Es un elemento de la naturaleza que pasa por un proceso de potabilización para llegar a ser usado de manera doméstica o industrial. Este elemento es un componente del concreto que, al realizar contacto con el cemento en el momento de la preparación, provoca una reacción química desencadenadora de las propiedades aglutinantes de esta, generando una masa viscosa que en conjunto con los agregados y el aire forman el concreto.

2.3.3.4 Aire: Es un elemento de la naturaleza presente en la composición del concreto, descrita en su análisis como porcentaje (%) de vacíos de la mezcla. Este elemento es de importancia por ser un factor diferencial de la funcionalidad del concreto en climas fríos ante el factor de congelación y deshielo, así mismo también un factor influyente en la trabajabilidad del concreto.

2.3.3.5 Aditivo: Es definida según la NORMA E.060 (2009) como “Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades” (p.25).

Existen un gran número de aditivos con diferentes usos que puedan ayudar a obtener ciertas características en el concreto que no pueden ser obtenidas a través de otros métodos o tal vez de maneras más económicas. La Asociación Colombiana de Productores de Concreto (ASOCRETO) menciona lo siguiente con respecto a las características que logran brindar:

- Reducción del costo de la construcción de concreto.
- Aumentar las especificaciones del concreto.
- Asegurar la calidad del concreto en condiciones ambientales severas durante etapas de mezclado, transporte, colocación y curado (2010, p89).

De entre los distintos aditivos que tienen en el mercado, se clasifican según sus funciones de acuerdo con las normas NTP 334.088 / ASTM C494. La clasificación se presenta en la tabla 2.

Tabla 2

Clasificación de los tipos de aditivos

Tipos de aditivos	Descripción
Tipo A	Reductor de agua: Permite la reducción del contenido de agua en la mezcla, incrementa la resistencia y mejora la trabajabilidad del concreto.
Tipo B	Retardantes: Retarda el tiempo de fraguado inicial del concreto.
Tipo C	Acelerante: Reduce el tiempo de fraguado inicial del concreto para obtener resistencia temprana alta.
Tipo D	Reductor de agua y retardante: Disminuye el contenido de agua de la mezcla, incrementan la resistencia y retarda el fraguado inicial del concreto.
Tipo E	Reductor de agua y acelerante: Disminuye el contenido de agua de la mezcla, incrementa la resistencia y reduce el tiempo de fraguado inicial del concreto.
Tipo F	Reductor de agua de alto rango: Reduce el contenido de agua entre 12% y 25% para incrementar la resistencia; además, disminuye la permeabilidad del concreto y retarda el fraguado inicial del concreto.
Tipo G	Reductor de agua de alto rango y retardante: Reduce el contenido de agua entre 12% y 25% para incrementar la resistencia; además, disminuye la permeabilidad del concreto y retarda el fraguado inicial del concreto.
Tipo S	Desempeño específico: Proporciona una característica de rendimiento deseada distinta a la reducción del contenido de agua o control del tiempo de fraguado.

Fuente: ASTM C494

De los tipos de aditivos mencionados, los aditivos usados en el laboratorio son el MasterRheobuild 1202, aditivo Tipo F (ver anexo 5) y el aditivo MasterSet R 800, aditivo del Tipo D (ver anexo 6). En conjunto, ambos son los aditivos usados para las mezclas de concreto premezclado usados en la concretera en donde se desarrollan los ensayos. Considerando ello, se usan proporciones distintas hasta encontrar el punto de equilibrio en la obtención del asentamiento deseado.

2.3.4 Métodos de Diseño

Son los métodos que buscan como finalidad encontrar las proporciones en que hay que mezclar los diferentes componentes del concreto con el objetivo de encontrar ciertas características como: consistencia, compacidad resistencia, durabilidad, trabajabilidad, entre otros. Así mismo, de acuerdo con las características que se deseen en el concreto, existen distintos métodos de dosificación del concreto, siendo el proyectista quien elija el método más adecuado. (Fernández, 2013, p.205)

Posterior a la elección del método y realizada la dosificación, estos deben de ajustarse de acuerdo con los resultados en el desarrollo en campo y de esta manera obtener los nuevos valores de dosificación que permitan tener las características buscadas en la mezcla de concreto.

Siendo amplia la variedad de métodos a usar, en donde se toman en cuenta los criterios de la cantidad de cemento a usar, por un lado; y por otro, los métodos que tienen como finalidad encontrar las proporciones adecuadas para obtener una resistencia a la compresión determinada (Fernández, p.206). Consideramos pertinente, tal vez por ser uno de los métodos más empleados, hacer el uso del Método ACI, que es un método de diseño que se basa en la búsqueda de la resistencia a la compresión a solicitarse.

2.3.4.1 Método ACI: Es el método de diseño desarrollado por el *American Concrete Institute* (ACI) que tiene como finalidad obtener una dosificación para el concreto, basada en la resistencia a la compresión buscada. “Este método fija la relación agua/cemento según predominen las razones de durabilidad o de resistencia” (Fernández, p.253).

El método ACI puede ser usado para un conjunto amplio de distintas edificaciones y construcciones en diferentes contextos, por su amplio conjunto de estudios, llega a presentar un grupo de tablas que permiten elegir de ellas, de acuerdo con las características necesarias en campo, que definen el tipo de obra, el clima del lugar, las formas de vaciado, entre otros, que en su totalidad brindan las alternativas de dosificación al proyectista. El conjunto de tablas del método se da a conocer en el siguiente orden:

En el primer caso, según el tipo de construcción que se vaya a realizar, se tiene la consistencia recomendada, que se tendrá medida con el cono de Abrams, en la tabla 3. Así mismo los valores indicados en la tabla, “pueden incrementarse en 2.5 cm (el asentamiento máximo) para métodos de compactación que no sean mediante vibración” (ACI 211.1-91, p.21).

Tabla 3

Asentamientos recomendados para diferentes tipos de construcción

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	Asentamiento en Centímetros	
	Máximo	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación reforzados.	7.5	2.5
Zapatas, cajones y muros de subestructura simples.	7.5	2.5
Losas, vigas y muros reforzados.	10.0	2.5
Columnas y placas.	10.0	2.5
Pavimentos.	7.5	2.5
Construcción pesada de concreto en masa.	5.0	2.5

Fuente: ACI Committe 211.1-91

En la tabla 4, se muestran los requisitos aproximados de agua para el mezclado, junto al contenido de aire en función de los asentamientos y tamaños máximos nominales. Estos factores de asentamiento dependen del tipo de obra deseada a vaciar, de la mano de las especificaciones de los materiales designadas para el tipo de obra a realizar, de manera que estos factores permiten obtener la cantidad de agua por metro cúbico en el primer diseño patrón. Así mismo, en esta tabla, se encuentra el contenido de aire aproximado que se tendrá en los respectivos diseños.

Tabla 4

Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso

ASENTAMIENTO (centímetros)	AGUA, en kg/m ³ de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamiento indicados							
	9.5	12.7	19.0	25.4	38.0	50.8	76.0	152.0
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
2.5 a 5.0	205	200	185	180	160	155	145	129
7.5 a 10.0	225	215	200	195	175	170	160	140
15.0 a 17.5	240	230	210	205	185	180	170	--
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin inductor de aire en porcentaje (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
2.5 a 5.0	180	175	165	160	145	140	135	120
7.5 a 10.0	200	190	180	175	160	155	150	135
15.0 a 17.5	215	205	190	185	170	165	160	--
Promedio recomendado de contenido total de aire (%)	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

Fuente: ACI Committe 211.1-91

En la tabla 5, se recogen las relaciones agua/cemento a usarse para probetas cilíndricas de medida de 15 cm x 30 cm, estas a compresión de 28 días. El ACI (1991) menciona para los valores de la tabla, lo siguiente:

a) Los valores de la resistencia promedio están estimados para un contenido de aire no mayor al 2% en el concreto sin aire incorporado y no mayor al 6% en el concreto con aire incorporado. Para una relación constante de agua – cemento, la resistencia del concreto se reduce en la medida que el contenido de aire aumente.

b) Las relaciones en esta tabla asumen un tamaño máximo nominal entre 19 a 25 mm. Para una relación de agua – cemento constante, la resistencia aumenta si el tamaño del agregado decrece. (p.22)

Tabla 5

Relación entre los ratios de agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días en kg/cm ² (f'cr) (*) (**)	Relación agua - cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
400	0.43	---
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

Valores adaptados al kg/cm² referenciales de las “Tablas para diseño de mezclas de hormigón (concreto)”

Escuela Profesional de Ingeniería Civil, URP.

Fuente: ACI Committe 211.1-91

En la tabla 6, se dan las relaciones agua/cemento máximas permisibles en función de las exposiciones ambientales severas del concreto.

Tabla 6

Relación agua/cemento máximo permisible para concreto expuesto a condiciones severas

Tipo de estructura	Estructura mojada continuamente o frecuentemente y expuesta a hielo y deshielo. (*)	Estructura expuesta al agua de mar o a los sulfatos.
Secciones delgadas (barandillas, bordillos, detalles ornamentales y arquitectónicos, pilares, vigas, tubos y en general, secciones con menos de 3cm de recubrimiento.	0.45	0.40 (**)
Las restantes estructuras	0.50	0.45 (**)

*El concreto debe llevar además un aire incorporado.

**Si se emplea un cemento resistente a los sulfatos (tipo II o tipo IV ASTM) la relación agua/cemento puede incrementarse en 0.05.

Fuente: ACI Committe 211.1-91

En la tabla 7, se presenta una tabla estimada de agregado grueso requerida para un metro cúbico de concreto, que permite calcular en función al tamaño máximo nominal y el módulo de fineza. El ACI (1991) hace mención con respecto a esta tabla lo siguiente:

El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado tal como lo define la norma ASTM C-29. Los cálculos del contenido de agregado grueso a partir del coeficiente b/b_0 permiten obtener concretos con trabajabilidad adecuada para el usual concreto armado. Para concretos menos trabajables, tales como los que se requieren en pavimentos, pueden incrementarse en un 10%. Para concretos más trabajables, tales como concretos bombeados, los valores pueden reducirse en un 10%. (p.23)

De lo expuesto por el ACI, para concretos más trabajables, se resalta la posibilidad de reducir el agregado grueso hasta en un 10 %, consideraciones a tomarse en cuenta al momento de diseñar para el concreto premezclado.

Tabla 7

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (mm)	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/bo), para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
	2.4	2.6	2.8	3.0
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.7	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	0.66	0.64	0.62	0.6
25.4	0.71	0.69	0.67	0.65
38.0	0.76	0.74	0.72	0.7
50.8	0.78	0.76	0.74	0.72
76.0	0.81	0.79	0.77	0.75
152.0	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI Committe 211.1-91

Luego de haber calculado el b/bo, este se multiplica con el Peso Unitario Compactado (PUC), de manera que se obtiene el valor del agregado grueso en un metro cúbico de concreto fresco. Posterior a obtener la cantidad del agregado grueso, se estima el contenido de agregado fino a través de la siguiente ecuación:

$$UM = 10Ga (100-A) + CM (1- Ga /Gc) - WM (Ga-1) \quad \dots (1)$$

Donde:

U_M : Peso del concreto fresco, en kg/m^3

G_a : Densidad relativa del agregado fino y grueso

G_c : Densidad relativa del cemento

A: Porcentaje de aire incluido

W_M : Agua de mezcla, kg/m^3

C_M : Peso del cemento requerido, kg/m^3

El método ACI (1991) indica en su procedimiento de diseño, una etapa de ajuste en la mezcla de prueba en donde menciona lo siguiente:

a) La cantidad estimada de agua de mezcla para producir el mismo asentamiento que el de la mezcla de prueba, sería igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por el rendimiento de la mezcla de prueba en m^3 . Si el asentamiento de la mezcla de prueba no es el correcto, increméntese o redúzcase el

contenido nuevamente estimado de agua en 2 kg por metro cúbico de concreto para cada centímetro (cm) de incremento o reducción del asentamiento. (p.21)

b) El peso unitario del concreto fresco estimado nuevamente para el ajuste de las proporciones de la mezcla de prueba es igual al peso unitario en kg por metro cúbico medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o reducción del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla. (p.22)

2.3.4.2 Ley de Powers: Abanto (1998) lo define como “La resistencia del concreto es función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel/espacio ocupada por el gel y de la relación agua cemento” (p.53). Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$R = 2380 X^3 \quad \dots (2)$$

$$X = 0.674 \alpha \frac{0.674 \alpha}{0.319 \alpha + \frac{a}{c}} \quad \dots (3)$$

Donde,

R= Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X = Relación Gel/espacio → Gel/espacio=1

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua/cemento

2.3.5 Ensayos de Laboratorio

Son en conjunto de pruebas desarrolladas a los agregados gruesos y finos para obtener sus características físicas que permitan desarrollar con ellas el diseño de mezcla de manera adecuada. Para ello se desarrollan un número determinado de pruebas como las descritas a continuación:

2.3.5.1 Ensayos para las propiedades físicas del agregado fino

- **Análisis granulométrico:** Mediante este ensayo se determina de manera cuantitativa la proporción de tamaños de las partículas de agregados finos, medidos a través de tamices con diferentes tamaños de abertura en orden decreciente. Estas presentan un conjunto de requisitos establecidos por la ASTM con el objetivo de guardar cierta calidad que permitan tener un agregado apto para la mezcla de concreto. (Ver tabla 8)

Tabla 8

Requisitos de granulometría para agregado fino

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9.5-mm (3/8-in.)	100
4.75-mm (N.º4)	95 a 100
2.36-mm (N.º8)	80 a 100
1.18-mm (N.º16)	50 a 85
600-µm (N.º30)	25 a 60
300-µm (N.º50)	5 a 30
150-µm (N.º100)	0 a 10
75-µm (N.º200)	0 a 3.0 ^{A,B}

^A Para concreto no sujeto a la abrasión, el límite para el material más fino que el tamiz 75 µm (Nº 200) debe ser como máximo 5%.

^B Para agregado fino artificial, si el material más fino que el tamiz 75 µm (Nº 200) consiste en polvo de trituración, esencialmente libre de arcilla o esquistos, este límite debe ser del 5.0% como máximo para concreto sujeto a la abrasión, y 7.0% como máximo para concreto no sujeto a la abrasión.

Fuente ASTM C33 – 2016

Los resultados del ensayo de granulometría de los agregados finos se observan y analizan en un gráfico, donde las ordenadas representan el porcentaje de acumulado pasante, y las abscisas, las aberturas de los tamices, habitualmente en escala logarítmica y algunas veces en escala aritmética.

- **Módulo de finura (mf):** Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos. Para hallar el módulo de finura de las arenas, se suma los porcentajes acumulativos retenidos (Nº4, Nº8, Nº16, Nº30, Nº50 y

N°100) que pasan a partir de la malla N°4 y dividiendo entre 100. (Abanto, 2000, p.29) Así mismo, la granulometría nos brinda información acerca de la facilidad de colocación del concreto en obra, siendo que una mezcla de concreto con mayor porcentaje de agregado fino que el grueso, es mucho más adecuado para mezclas más trabajables, mientras que mezclas con mayor porcentaje de agregado grueso, permiten tener mezclas con mayor resistencia y usos particulares como para concretos porosos. Adicionalmente, la NTP 400.037-2014, nos señala el rango en el cual deberá encontrarse el módulo de finura del agregado fino, con el objetivo de mantener la calidad, siendo este no menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

- Peso específico: La NTP 400.021-2002 define al peso específico como una relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas. Los valores son adimensionales y es un buen indicador de la calidad de los agregados y se usa como medida de control y diseño en las mezclas de concreto. (p.3)

El ensayo consiste en sumergir el agregado en agua durante 24 h aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca al agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y fórmulas en este método de ensayo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción:

- Peso específico aparente (G_a): La NTP 400.021 la define como “la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas” (p.3).
- Peso específico de masa (G): La NTP 400.021 la define como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no

incluye los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas. (p.3)

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G_{ss}): La NTP 400.021 la define como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluye los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas. (p.3)
- Peso unitario suelto (PUS): El ensayo se obtiene mediante el uso de material seco vertido en un recipiente de medida, llenado con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2”) por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla. (NTP 400.017-2002)
- Peso unitario compactado (PUC): El PUC se obtiene mediante la compactación del material seco en la cantidad de capas que indica la norma, apisonando con 25 golpes por capa empleando una varilla de punta semiesférica de diámetro 5/8”, seguido de un enrase y pesado del material. (NTP 400.017-2002)
- Porcentaje de absorción (a%): La NTP 400.022-2013 define el porcentaje de absorción de un agregado a la cantidad de agua que tienen los poros libres (abiertos) de los agregados y esto se obtiene saturando el material. La absorción total ocurre cuando el agregado alcanza el estado de saturado superficialmente seco.
- Contenido de humedad (% h): El contenido de humedad de los agregados se define como la cantidad de agua superficial retenida que contiene el agregado en un momento determinado, estando constituida por la suma de la humedad superficial y humedad contenida en sus poros de esta manera se sabe si nos aporta agua a la mezcla.

- Cantidad que pasa la malla N° 200: Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado, en forma de revestimiento superficial o en forma de partículas sueltas. El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo el agregado grueso, o mezclando con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla (NTP 400.018-2002).

2.3.5.2 Ensayos para las propiedades físicas del agregado grueso

- Análisis granulométrico: Presenta el mismo concepto que el agregado fino, con el empleo de tamices estándar correspondientes. Considerando la serie de tamices 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y Fondo. Los requisitos de pasantes para estos agregados se aprecian en la tabla 9.

Tabla 9

Requisitos de granulometría para agregado grueso

Tamaño Número	Tamaño Nominal (Tamices con aberturas cuadradas)	Cantidades más finas que cada Tamiz de Laboratorio (Aberturas Cuadradas). Porcentaje en Masa													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 1/2 in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N.º4)	2.36 mm (N.º8)	1.18 mm (N.º16)	300 mm (N.º50)
1	90 a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25.0 mm (2 a 1 in.)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 a 25.0 mm (2 a 1 in.)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 19.0 mm (1 1/2 a 3/4 in.)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 a 4.75mm (1 1/2 in. a N.º4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25.0 a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25.0 a 9.5 mm (1 a 3/8 in.)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25.0 a 4.75 mm (1 in. a N.º4)	...	...	...	...	...	100	91 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19.0 a 4.75 mm (3/4 in. a N.º4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 a 4.75 mm (1/2 in. a N.º4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 a 2.36 mm (3/8 in. a N.º8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 a 1.18 mm (3/8 in. a N.º16)	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	4.75 a 1.18 mm (N.º4 a N.º16)	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

^A El agregado de número de tamaño 9 está definido en el documento *Terminology C125* como un agregado fino. Está incluido como un agregado grueso cuando está combinado con un material de número de tamaño 8 para crear un número de tamaño 89, que es un agregado según definido por documento *Terminology C125*.

Fuente: ASTM C33 - 2016

- Módulo de finura (mf): Presenta el mismo concepto descrito para el agregado fino.
- Peso específico: Definido como la relación del peso de las partículas del agregado grueso, al peso de un volumen igual de agua (NTP 400.021-2002).
Es un indicador de calidad del agregado, catalogándose como buen material si su peso específico tiene valores altos; sin embargo, cuando los valores son bajos, nos indica que los agregados son absorbentes y de mal comportamiento.
- Ensayo de peso unitario suelto (PUS): Presenta el mismo concepto descrito para el agregado fino.
- Ensayo de peso unitario compactado (PUC): Presenta el mismo concepto descrito para el agregado fino.
- Porcentaje de absorción (a %): Presenta el mismo concepto descrito para el agregado fino.
- Contenido de humedad (% h): Presenta el mismo concepto descrito para el agregado fino.
- Tamaño máximo (TM): La NTP 400.037-2014 define el tamaño máximo como aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.
- Tamaño máximo nominal (TMN): De la tabla N°2.7 Requisitos de granulometría para agregados gruesos ASTM C33 -16, se define al tamaño máximo nominal al menor tamiz de la serie que produce el primer retenido dentro de un rango de 0% hasta 10%

2.3.5.3 Ensayos para el concreto en estado fresco

- Pérdida de trabajabilidad (Slump): La manera de medir la consistencia de la mezcla en obra o en laboratorio, es por medio del cono de Abrams. Es el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada. Este ensayo se mide a través del Cono de Abrams, presentado en las siguientes figuras 4 y 5.

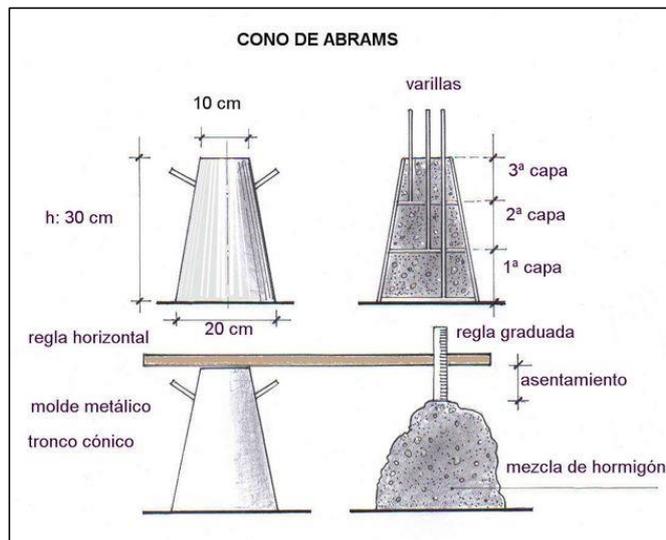


Figura 4: Procedimiento de ensayo

Fuente: Construmática



Figura 5: Ensayo en laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Para un concreto premezclado, la NTP 339.114 especifica la aceptación del slump de la mezcla dentro del rango permitido por un periodo de 30 minutos empezando desde la llegada del mixer a obra.

Tolerancias de slump:

a) Cuando el asentamiento se establezca como requisito “máximo” o “no exceder”. (Ver tabla 10)

Tabla 10

Rangos de asentamiento para requisitos “máximo” o “no exceder”

Para asentamiento de:	Tolerancia
75 mm o menos	+0 y -40 mm
Más de 75 mm	+0 y -65 mm

Fuente: NTP 339.114-2009

b) Para rangos de asentamiento o cuando se establezca como un valor nominal. (Ver tabla 11)

Tabla 11

Rangos de asentamiento para un valor nominal

Rangos de asentamiento	Tolerancia
50 mm y menos	± 15 mm
Entre 50 a 100 mm	± 25 mm
Más de 100 mm	± 40 mm

Fuente: NTP 339.114-2009

- Contenido de aire: Determina el contenido de aire en el concreto fresco, el cual ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla. Puede ser aire atrapado o incorporado (NTP 339.083). Álvarez en el curso de actualización en Tecnología del Concreto, llevado a cabo en UNICON, explica que el contenido de aire atrapado en el concreto está en función de las proporciones en que han combinado los ingredientes en la mezcla, de las características físicas de los agregados y del método de compactación (agosto de 2018). El ensayo se realiza con los implementos que se ven en las figuras 6 y 7.



Figura 6: Elementos para medición de concreto de aire
Fuente: UTEST



Figura 7: Medición en laboratorio
Fuente: Elaboración propia

- Peso Unitario: La NTP 339.046 define la prueba de rendimiento como la comparación entre el peso unitario obtenido del diseño y el peso unitario real obtenido de la ejecución del ensayo descrito anteriormente. Así mismo, esta prueba en su realización coloca al concreto en estado fresco en una tara para ser pesada y realizar luego cálculos para su obtención. (Ver figura 8)



Figura 8: Pesaje de concreto en estado fresco
Fuente: Elaboración propia

- Temperatura del concreto: “La máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no debe exceder de 32° C en ningún instante durante su producción o transporte” (NTP 339.184). Esta se mide a través de un termómetro en cada momento que se vaya a realizar un ensayo al concreto en estado fresco. (Ver figura 9)



Figura 9: Medición de temperatura del concreto en estado fresco
Fuente: Elaboración propia

2.3.5.4 Ensayos para el concreto en estado endurecido:

- Resistencia a la compresión uniaxial: Para cada ensayo de resistencia se deben elaborar por lo menos dos probetas normalizadas a partir de una muestra compuesta (6” x 12”). Un ensayo individual debe ser el promedio de las resistencias de las dos pruebas ensayadas a la edad especificada. Si una de las probetas muestra evidencia clara, que no sea de baja resistencia, de inapropiado muestreo, de moldeo, de manipulación, de curado o ensayos inadecuados, debe ser rechazada y la resistencia de la otra probeta será considerada como resultado del ensayo. (NTP 339.114) Este ensayo se realiza en una prensa de compresión que ejerce una carga en kilogramos hasta que la probeta llegue a fallar. (Ver figura 10 y 11)



Figura 10: Prensa de compresión con probeta antes de rotura
Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Falla de probeta
Fuente: Elaboración propia

2.3.6 Normatividad

La norma base para la realización de la investigación es la NTP 339.033, cuyo título es “HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo”. Se encuentra basada en la norma *ASTM C 31/C 31M-2008b Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*. Esta norma establece los criterios normalizados para la elaboración, curado, transporte y protección de las probetas de concreto realizadas en el campo.

La actual norma establece los criterios de evaluación para especímenes cilíndricos de 150mm x 300mm o 100mm x 200mm, siendo el formato de 100mm x 200mm el que se usará en los ensayos a realizar.

A razón de evaluar la reducción de la resistencia a la compresión del concreto en probetas con dimensiones de 100mm x 200mm, debido a la superficie inclinada durante las primeras 24 horas de elaborado, una excesiva y falta de compactación; así como la temperatura a la cual deberán estar expuestas, se tomará como referencia lo dictado en la norma:

- La NTP 339.033, establece la colocación de especímenes de concreto sobre una superficie nivelada dentro de 20mm/m (p.13).
- La NTP 339.033, establece la compactación normada de probetas cilíndricas, para un asentamiento mayor/igual a 25 mm el uso de una barra compactadora; además, para un diámetro de 100 mm indica un número de 25 golpes por capa, siendo el número de capas igual a 2 (p.10). (Ver tabla 12)

Tabla 12

Moldeo de especímenes por apisonado. Requisitos

Tipo de espécimen y tamaño Cilindros: diámetro, mm	Número de capas de igual altura	Número de golpes por capa
100	2	25
150	3	25
225	4	50
Vigas: ancho, mm		
150 a 200	2	Véase 10.3
> 200	3 o más de igual altura, sin exceder 150 mm	Véase 10.3

Fuente: NTP 339.033 - 2009

Pasquel (1998), define la compactabilidad como la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado “Factor de compactación”, que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado. (p.135)

La compactación contempla múltiples estudios realizados, de los cuáles, se focalizará la relación de compactación manual, en una relación directa con la resistencia.

- La NTP 339.033, determina un curado inicial, en un período de hasta 48 h, en un rango de temperatura de almacenamiento de especímenes de concreto entre 16°C a 27°C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad. Seguido

de un curado final en pozas de agua saturada con hidróxido de calcio a una temperatura de $23^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (p.13).

La temperatura de almacenamiento estipulada por la norma, son temperaturas que son superadas en las distintas épocas del año en la ciudad de Lima. Para evaluar este factor, se considera las temperaturas máximas y mínimas encontradas en Lima. La temperatura más alta históricamente encontrada en Lima es de 35.2°C , encontrada en el año 1998, según el SENAMHI en la entrevista brindada a Perú 21 (Redacción Perú21, 21 de febrero, 2019). La temperatura siguiente muestra un pico inusual de dicha temperatura. Así mismo, la temperatura mínima en Lima históricamente es la de 10°C , obtenida el año 2019 y de manera similar hace 31 años, en 1988. Esto ha sido indicado por el SENAMHI y mencionado en el artículo redactado por El Comercio (Redacción EC, Senamhi: Lima Este soportó 10°C , la temperatura nocturna más baja en 31 años, 14 de agosto, 2019). Las temperaturas mencionadas, pasan a ser los límites aproximados para la evaluación de la temperatura.

2.3.7 Evaluación estadística

El análisis estadístico de datos se realiza con el propósito de obtener conclusiones válidas para una población con base en la información proporcionada por la muestra (Millones, Barreno, Vásquez y Castillo, 2015, p.15). De ahí que se realizan un conjunto de evaluaciones estadísticas que permitan analizar los datos obtenidos del conjunto de muestras que involucran el diseño, ensayos, factores y resistencia a la compresión.

2.4 Definición de términos básicos

Comprende la definición del conjunto de términos presentados en el título de la presente investigación, así como aquellos que se encuentran en el objetivo general y objetivos específicos.

Compactación normada: Procedimiento manual que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de concreto fresco. Establecido en la NTP 339.033 la cantidad de golpes por capa, siendo esta de 25 en dos capas.

Compactación no normada: Procedimiento manual que incumple lo mencionado en la definición escrita en compactación normada. Encontrándose definida para el estudio en 0 y 50 golpes por cada capa.

Concreto premezclado: Mezcla de cemento Portland Tipo I con agregados finos, agregados gruesos, agua y presencia de aditivos plastificantes y retardantes.

Normatividad: Es el documento emitido por INDECOPI denominado NTP 339.033: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo ; que brinda los procedimientos y parámetros (denominados factores) para la realización de los especímenes de concreto en campo de manera adecuada.

Especímenes cilíndricos: Los especímenes para determinar la resistencia a la compresión o a la tracción por compresión diametral, deben ser cilindros vaciados y fraguados en posición vertical. Para ensayos de aceptación para la resistencia especificada a la compresión, los cilindros deben ser de 150 mm x 300 mm o 100 mm x 200 mm. (NTP 339.033, p.7)

Resistencia a la compresión (f'_c): Es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta (NTP 339.034, 2009, p.3).

Superficie inclinada: Es la superficie de almacenamiento y preparación dentro de las primeras 48 horas de curado (curado temprano) en donde se supera las condiciones de nivelación de 20 mm/m. Siendo las evaluadas en esta investigación de 5, 10 y 15% de inclinación.

Temperatura normada: Es la temperatura establecida por la NTP 339.033 de curado temprano que establece un rango de temperatura entre los 16°C y 27°C.

Moldes: Los moldes empleados en la presente investigación son de material plástico, no absorbente, no reactivo con el hormigón (concreto) que contiene cemento Portland u otros cementos hidráulicos.

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis

Presenta un mapa conceptual que describe al conjunto de elementos que identifica los elementos estudiados para llegar a sustentar las hipótesis. (Ver figura 12)

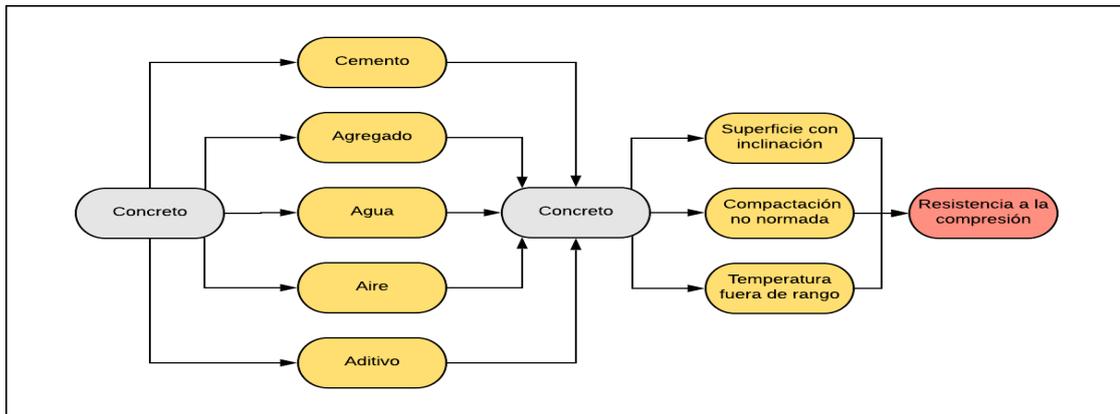


Figura 12: Mapa conceptual de tesis

Fuente: Elaboración propia

2.6 Hipótesis

Este describe la hipótesis general y aquellas que se desprenden de la misma, hipótesis específicas.

2.6.1 Hipótesis general

El proceso de elaboración de probetas no normado reduce la resistencia a la compresión del concreto, respecto a la resistencia a la compresión de un concreto patrón de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.

2.6.2 Hipótesis específicas

- La elaboración y almacenamiento de probetas de concreto sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% reduce la resistencia a la compresión del concreto.
- La compactación no normada en el proceso de elaboración de probetas disminuye la resistencia a la compresión del concreto.
- El almacenamiento de probetas de concreto a temperatura fuera de rango normado reduce la resistencia a la compresión del concreto.

2.7 Variables

Son el conjunto de elementos descritos como independientes y dependientes, que guardan relación entre sí. Las variables para la presente investigación son las siguientes:

2.7.1 Variables independientes

La presente investigación evaluará las siguientes variables independientes:

- Superficie inclinada
- Compactación no normada
- Temperatura ambiente

2.7.2 Variable dependiente

Como variable dependiente se evalúa la siguiente:

- Reducción de la resistencia a la compresión

2.8 Operacionalización de Variables

Tabla 13

Operacionalización de variables Independientes

Operacionalización de variables independientes					
Variabes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
V.I. Proceso de moldeo no normalizado	Es aquel que se encuentra en su proceso de elaboración fuera de los parámetros establecidos por la normatividad peruana de Elaboración y Curado de especímenes de concreto en campo.	Son factores como la superficie de elaboración y almacenamiento, compactación y temperatura ambiente posterior a la elaboración, que son manipulados incumpliendo los estándares normativos.	Superficie Inclineda	Porcentaje	NTP 339.033 y ASTM C 31 NTP 339.036 y ASTM C 172 Escuadras
			Compactación no normada	Nº de golpes	NTP 339.033 y ASTM C 31 NTP 339.036 y ASTM C 172 Varilla lisa de 30 cm y diámetro de 10 mm
			Temperatura ambiente	Temperatura	NTP 339.033 y ASTM C 31 NTP 339.036 y ASTM C 172 Termómetro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Operacionalización de variable Dependiente

Operacionalización de variables dependientes					
Variab	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos
V.D. Resistencia a la compresión del concreto	Es el factor establecido en el diseño de la mezcla a preparar.	El valor del resultado del diseño llega a ser ensayado para confirmar que los procesos para obtener el resultado se hayan cumplido de acuerdo a la norma.	Resistencia a la compresión	Kilogramo por centímetro cuadrado	NTP 339.034 y ASTM C 39 NTP 339.036 y ASTM C 172 Prensa Hidráulica

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo, método, nivel y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo correlacional. Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican que el estudio correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo. Es así como se determinó la relación existente de la preparación de las probetas moldeadas en campo, descuidando los procesos normados, frente a la resistencia a la compresión del concreto como ensayo de calidad. De la misma manera, Hernandez et al. (2014) menciona que este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto particular. Es así como la comparación realizada se estableció a través de porcentajes que indicaron la diferencia frente a un proceso de elaboración de probetas normado.

3.1.2 Método de investigación

El método fue deductivo, debido a que con la elaboración de especímenes se observó y determinó la relación de influencia en la resistencia del concreto de los elementos ensayados, así mismo se consideró una investigación aplicada al buscar generar el grado porcentual de influencia de factores que afecten al concreto y así generar una escala de importancia de los cuidados necesarios en el trabajo con concreto. El enfoque fue cuantitativo, Hernandez et al. (2014) indica que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. Es así que se usaron mediciones numéricas establecidas a través de la resistencia a la compresión y porcentajes que permitieron establecer los resultados de la investigación. La fuente de recolección de datos fue prolectiva por ser la información analizada obtenida a través de ensayos en el patio de pruebas de UNICON.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel descriptivo permite determinar edades de ensayo, promedios, desviaciones y variaciones para establecer los grados de influencia en términos porcentuales en probetas de concreto elaboradas con los cuidados establecidos por la norma y otras con proceso de moldeo con diferentes parámetros que omiten lo normado.

3.1.4 Diseño de la investigación

De acuerdo con la técnica de contrastación fue experimental, debido a que en la investigación se manejaron variables que podrían ser modificadas para obtener los resultados de sus efectos y así establecer su influencia en grados porcentuales de un diseño convencional. De acuerdo con la direccionalidad del estudio fue longitudinal y prospectivo, ya que se consideraron 2 variables, que presentarán en su conjunto cuatro (4) indicadores las cuales fueron alterados y modificados en base a las hipótesis establecidas y así se determinó la influencia en la variable dependiente, siendo todas estas pruebas realizadas a través de ensayos; así mismo el estudio a realizarse fue de cohorte por realizar el análisis de los efectos generados por los factores causantes.

3.2 Población

La población es la mínima indicada por la normatividad para probetas de 100 mm x 200 mm, y está conformada por un conjunto de ensayos determinado por tres factores como: Superficie inclinada, compactación, impacto de la temperatura cuando estas no cumplen las especificaciones normadas frente a un concreto patrón. Se analizarán para cada factor a analizar un equivalente a 3 probetas por edad (3, 7 y 28 días), dando un total de 72 ensayos.

Tabla 15
Número de especímenes por factor

Edades	FACTORES						
	Superficie inclinada			Compactación (apisonado)		Impacto de la temperatura	
	5%	10%	15%	0	50	Caliente	Frío
3 días	3	3	3	3	3	3	3
7 días	3	3	3	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3	3	3	3

Especímenes para cada factor alterado que incumplirá la norma para edades de 3, 7 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Número de especímenes para muestra patrón

Edades	Diseño Patrón
3 días	3
7 días	3
28 días	3

Tabla de especímenes a ensayar para probetas moldeadas de acuerdo con la norma

Fuente: Elaboración propia

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El método cuantitativo se usó para medir las variables cuantitativas dentro de la investigación de los factores del proceso de moldeo de probetas que influyen en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, factores como la temperatura, compactación medida a través del número de golpes con una varilla, superficie inclinada; usando instrumentos como termómetros, conteos y escuadras. Así mismo, el proceso de desarrollo tuvo como guía los procedimientos establecidos por la normatividad vigente en las Normas Técnicas Peruanas, el Reglamento Nacional de Edificaciones, ASTM y ACI, de las cuáles se llevó a analizar principalmente la resistencia a la compresión.

3.4 Descripción de procedimientos de análisis

Para el análisis de las hipótesis se recurre a la estadística con la cual se desarrollarán las descripciones y operaciones que permitan contrastar las hipótesis planteadas. Estos procedimientos incluyen los siguientes métodos:

A) Asimetría: Las medidas de asimetría son indicadores que permiten establecer el grado de simetría, o asimetría, que presenta una distribución de probabilidad de una variable aleatoria sin tener que hacer su representación gráfica. Como eje de simetría se considera una recta paralela al eje de ordenadas que pasa por la media de la distribución. Si una distribución es simétrica, existe el mismo número de valores a la derecha que a la izquierda de la media, por tanto, el mismo número de desviaciones con signo positivo que con signo negativo. (Wikipedia, n.d.)

Se identifica tres nominaciones a dar a la distribución. Primeramente, una distribución simétrica, que es cuando la $\bar{x} = Me = Mo$. Cuando ocurre lo contrario, se tiene las nominaciones de asimetría, a la izquierda o a la derecha.

Oliva (n.d.) nos indica que una asimetría a la izquierda se da cuando $Mo \geq Me \geq \bar{x}$, siendo representada en la figura 13.

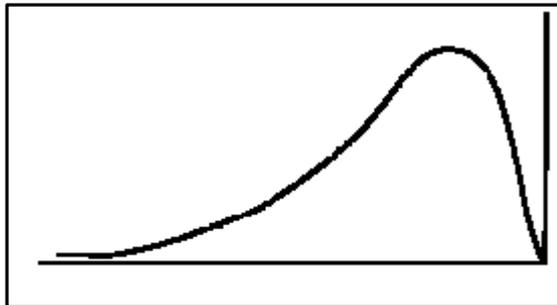


Figura 13: Gráfica de asimetría negativa

Fuente: Oliva

Así mismo, una asimetría a la derecha se da cuando $Mo \leq Me \leq \bar{x}$, siendo representada en la figura 14. (p. 2,3)

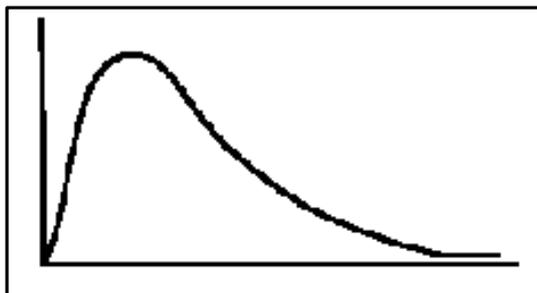


Figura 14: Gráfica de asimetría positiva

Fuente: Oliva

Este conjunto de curvas, descritas en las figuras 13 y 14, son representaciones obtenidas de determinados coeficientes, uno de ellos es el Coeficiente de asimetría de Fisher. Este coeficiente se basa en la relación entre las distancias a la media y la desviación típica. (Oliva n.d.) Este coeficiente, de acuerdo con Oliva, es definido como:

$$g_1 = \frac{\sum_{i=1}^r (x_i - \bar{x})^3 n_i}{N S_x^3} = \frac{m_3}{S_x^3} \dots (3)$$

Cuyos resultados indican lo siguiente:

- Si $g_1 > 0$, la distribución es asimétrica positiva o a la derecha.
- Si $g_1 = 0$, la distribución es simétrica.
- Si $g_1 < 0$, la distribución es asimétrica negativa o a la izquierda. (Oliva, n.d.)

B) Regresión Lineal: Es un método que permite analizar las relaciones entre diversos valores o variables. Millones (2015) lo define como “Método de análisis de datos que sirve para poner en evidencia las relaciones estocásticas que existen entre diversas variables” (p. 245). Las variables encontradas son la variable independiente, aquella representada generalmente como X; y por el otro lado la variable dependiente representada como Y.

Millones menciona 2 objetivos del análisis de regresión:

- Obtener una ecuación que permita “predecir” el valor de Y una vez conocidos los valores de X_1, X_2, \dots, X_k , a estos métodos se le conoce como modelos predictivos.
- Conocer la relación funcional entre X_1, X_2, \dots, X_k , y la variable Y con el fin de conocer o explicar mejor los mecanismos de relación. (2015, p. 245)

El modelo de regresión lineal simple tiene las siguientes especificaciones de acuerdo con el siguiente modelo poblacional propuesto.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + U_i \quad \dots (4)$$

Donde:

β_0, β_1 : Coeficientes de regresión por estimarse; β_0 es denominado intercepto y β_1 denominado pendiente.

Y_i : Variable respuesta, explicada, variable pronosticada para la i-ésima observación.

X_i : Variable independiente, explicativa, predictora, regresora, etcétera.

U_i : Variable aleatoria no observable que puede tomar cualquier valor, se le conoce como variable perturbadora o error estadístico. Esta variable representa a las demás variables no consideradas en el modelo, a los errores de muestreo y cualquier otro aspecto no especificado en el modelo. (Millones, 2015, p. 248)

La gráfica obtenida será una recta, que podrá realizarse a través de programas como el Excel, o el SPSS, usados en la presente investigación. Las gráficas desarrolladas tendrán las características como en la figura 15.

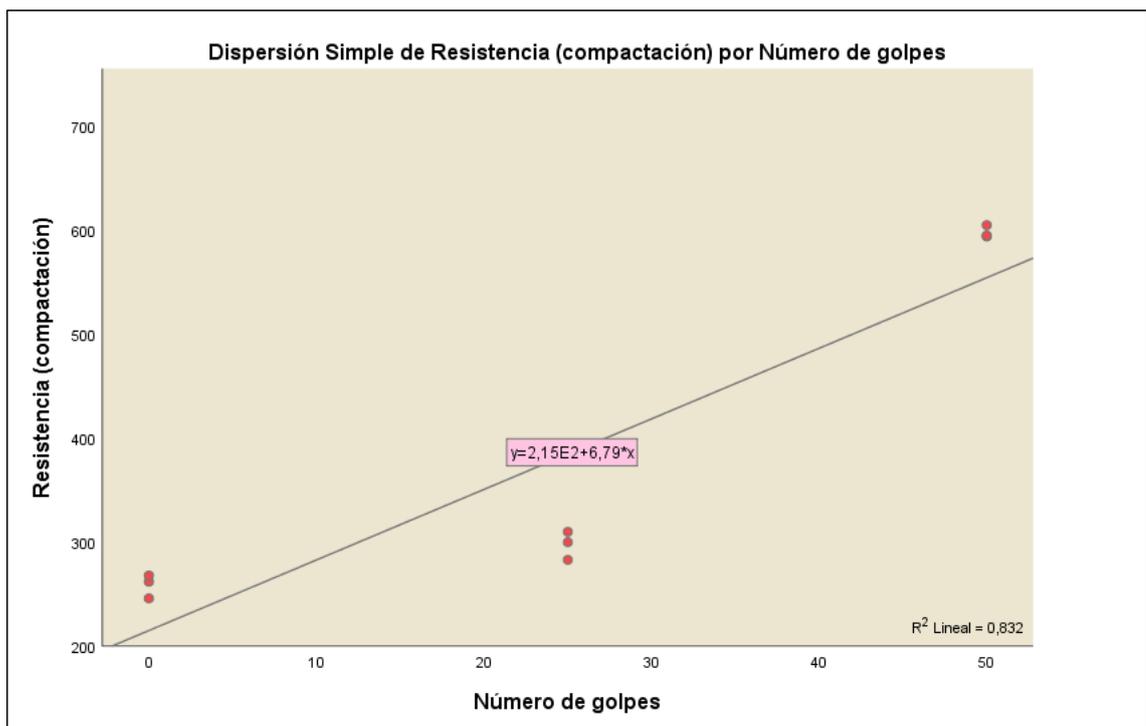


Figura 15: Gráfico de regresión simple lineal

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Características físicas de los componentes del concreto

Las características físicas de los componentes con los cuáles se preparan la mezcla de concreto presentan un conjunto de valores obtenidos tras la realización de múltiples ensayos que permiten obtener resultados para la realización del diseño de la mezcla de concreto. Los elementos de los cuáles se tendrán dichas características son: agregados finos, agregados gruesos, cemento y aditivos.

4.1.1 Ensayos para el agregado fino

4.1.1.1 Granulometría: El agregado fino constará de tres ensayos de análisis granulométrico con la obtención de sus respectivos módulos de finura para finalmente obtener un módulo de finura promedio (Ver tabla 17, 18 y 19). Así mismo, cada tabla presenta una figura que grafica los resultados comparados con las disposiciones establecidas por la NTP respecto a los requisitos. (Ver figura 16, 17 y 18)

Tabla 17

Análisis granulométrico del agregado fino F1

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO-F1				
Tipo de agregado	: Agregado Fino	Norma	: NTP 400.012			
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019			
Nombre de la muestra	: F1	Hecho por	: Lavarello Diaz, Giovanni			
Peso de muestra	: 500 g.		: Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn			
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificaciones	
3/8"	0	0	0	100	100	100
N° 4	13.3	2	2	98	95	100
N° 8	166.1	22	23	77	80	100
N° 16	156.7	20	44	56	50	85
N° 30	127.9	17	61	39	25	60
N° 50	123.1	16	77	23	5	30
N° 100	98.2	13	90	10	0	10
N° 200	45.2	6	95	5	0	5
Fondo	35	5	100	0	0	0
Total	765.5	100				

Módulo de finura igual a: $mf = 2.96$

Fuente: Elaboración propia

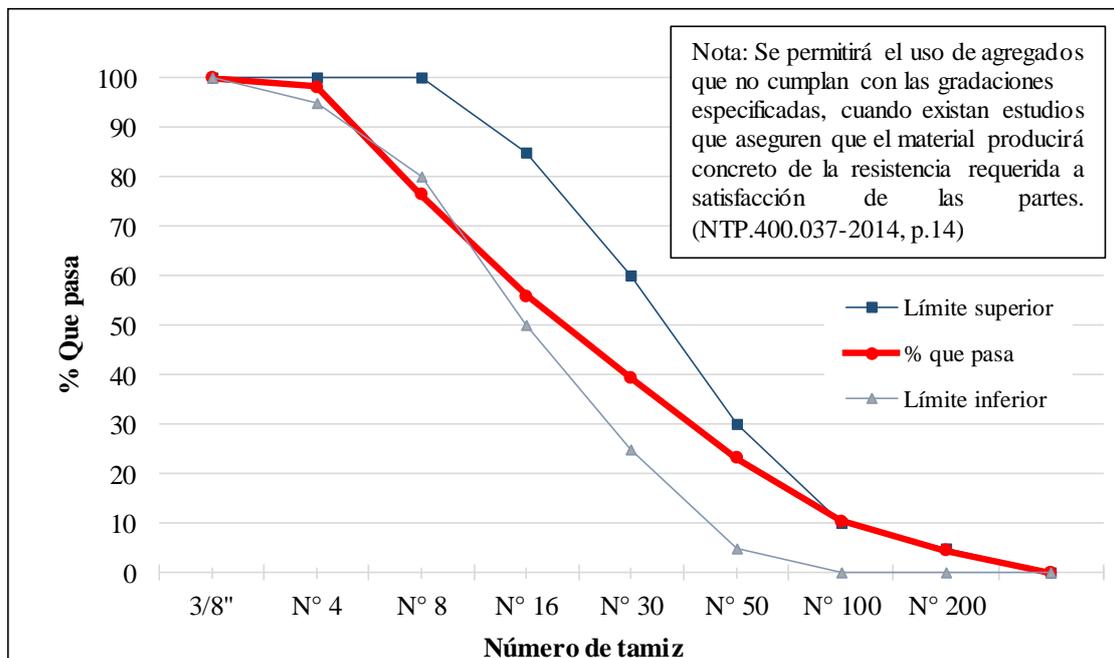


Figura 16: Análisis granulométrico del agregado fino F1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Análisis granulométrico del agregado fino F2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO-F2					
Tipo de agregado : Agregado Fino			Norma : NTP 400.012			
Procedencia : Jicamarca			Fecha : 15 de julio de 2019			
Nombre de la muestra : F2			Hecho por : Lavarello Diaz, Giovanni			
Peso de muestra : 765.5 g.			: Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn			
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0	0	0	100	100	100
N° 4	13.3	1.7	1.7	98.3	95	100
N° 8	166.1	21.7	23.4	76.6	80	100
N° 16	156.7	20.5	43.9	56.1	50	85
N° 30	127.9	16.7	60.6	39.4	25	60
N° 50	123.1	16.1	76.7	23.3	5	30
N° 100	98.2	12.8	89.5	10.5	0	10
N° 200	45.2	5.9	95.4	4.6	0	5
Fondo	35.0	4.6	100	0		
Total	765.5	100				

Módulo de finura igual a: mf: 2.96

Fuente: Elaboración propia

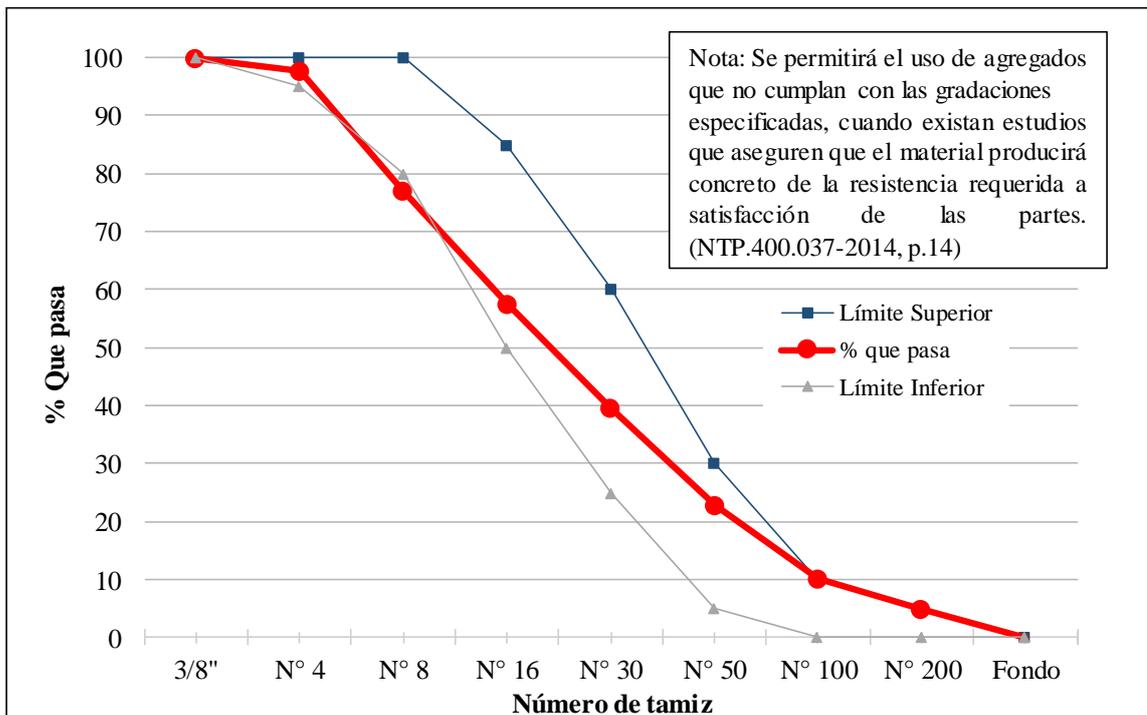


Figura 17: Análisis granulométrico del agregado fino F2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Análisis granulométrico del agregado fino F3

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO-F3				
Tipo de agregado	: Agregado Fino	Norma	: NTP 400.012			
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019			
Nombre de la muestra	: F3	Hecho por	: Lavarello Diaz, Giovanni			
Peso de muestra	: 785.2 g.		: Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn			
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0	0	0	100	100	100
N° 4	18.6	2.4	2.4	97.6	95	100
N° 8	161.5	20.6	23.0	77.0	80	100
N° 16	154.1	19.6	42.6	57.4	50	85
N° 30	139.4	17.8	60.4	39.6	25	60
N° 50	131.2	16.7	77.1	22.9	5	30
N° 100	99.4	12.7	89.8	10.2	0	10
N° 200	42.7	5.4	95.2	4.8	0	5
Fondo	38.3	4.9	94.7	5.3		
Total	785.2	100				

Módulo de finura igual a: mf: 2.95

Fuente: Elaboración propia

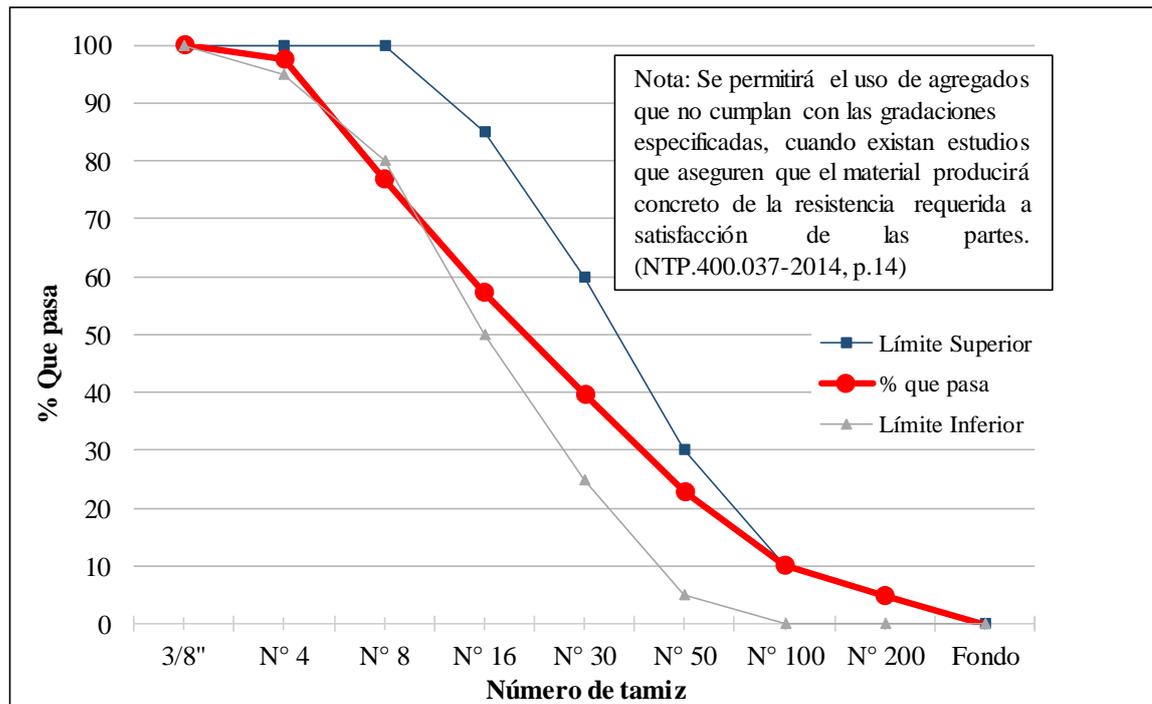


Figura 18: Análisis granulométrico del agregado fino F3

Fuente: Elaboración propia

El conjunto de tablas de los análisis granulométricos del agregado fino genera cada uno un valor de módulo de finura que permitirá obtener un valor promedio que será usado en el diseño patrón a realizarse por el Método ACI. (Ver tabla 20)

Tabla 20

Promedio del módulo de finura del agregado fino

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO - PROMEDIO			
Descripción	: Agregado Fino	Norma	: NTP 400.012	
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019	
Nombre	: Promedio	Hecho por	: Lavarello Diaz, Giovanni : Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn	
RESUMEN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - FINO				
DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			mf promedio
	F1	F2	F3	
MÓDULO DE FINURA	2.96	2.96	2.95	2.96

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2 Peso unitario suelto y compactado: El peso unitario suelto y compactado constarán de tres ensayos para cada uno que permitirán obtener un valor promedio de peso unitario suelto y peso unitario compactado a ser usados en el diseño. (Ver tabla 21, 22 y 23)

Tabla 21
Peso unitario del agregado fino F1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO-F1	
Tipo de agregado : Agregado Fino	Norma	: NTP 400.017
Procedencia : Jicamarca	Fecha	: 16 de julio de 2019
Peso Unitario Suelto - F1		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra suelta + contenedor 1/10 pie ³	7.49	kg
Peso contenedor	2.83	kg
Peso muestra suelta	4.66	kg
Volumen contenedor	0.0028325	m ³
Peso unitario suelto	1647	kg/m ³
Peso Unitario Compactado - F1		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra compactada + contenedor	8.15	kg
Peso contenedor	2.83	kg
Peso muestra compactada	5.32	kg
Volumen contenedor	0.0028325	m ³
Peso unitario compactado	1878	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22
Peso unitario del agregado fino F2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO-F2	
Tipo de agregado : Agregado Fino	Norma	: NTP 400.017
Procedencia : Jicamarca	Fecha	: 16 de julio de 2019
Peso Unitario Suelto – F2		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra suelta + contenedor 1/10 pie ³	7.50	kg
Peso contenedor	2.83	kg
Peso muestra suelta	4.68	kg
Volumen contenedor	0.0028325	m ³
Peso unitario suelto	1651	kg/m ³
Peso Unitario Compactado – F2		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra compactada + contenedor	8.16	kg
Peso contenedor	2.83	kg
Peso muestra compactada	5.33	kg
Volumen contenedor	0.0028325	m ³
Peso unitario compactado	1883	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Peso unitario del agregado fino F3

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
	PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO-F3		
Tipo de agregado	: Agregado Fino	Norma	: NTP 400.017
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 16 de julio de 2019
Peso Unitario Suelto – F3			
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra suelta + contenedor 1/10 pie ³		7.50	kg
Peso contenedor		2.83	kg
Peso muestra suelta		4.67	kg
Volumen contenedor		0.0028325	m ³
Peso unitario suelto		1649	kg/m ³
Peso Unitario Compactado – F3			
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra compactada + contenedor		8.16	kg
Peso contenedor		2.83	kg
Peso muestra compactada		5.33	kg
Volumen contenedor		0.0028325	m ³
Peso unitario compactado		1882	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

El conjunto de tablas de los análisis del agregado fino genera cada uno un valor de peso unitario suelto y compactado que permitirán obtener un valor promedio que será usado en el diseño. (Ver tabla 24)

Tabla 24

Promedio del peso unitario suelto y compactado del agregado fino

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES					
	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO - PROMEDIO					
DESCRIPCIÓN	: Agregado Fino	NORMA	: NTP 400.017			
PROCEDENCIA	: Jicamarca	FECHA	: 16 de julio de 2019			
RESUMEN PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - FINO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
		F1	F2	F3		
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1646.78	1650.84	1648.72	1649	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1878.45	1882.89	1881.73	1881	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3 Peso específico y absorción: El peso específico y la absorción constarán de tres ensayos para cada uno para así obtener un valor promedio a usar en el diseño. (Ver tabla 25, 26 y 27)

Tabla 25

Peso específico y absorción del agregado fino F1

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - F1		
Tipo de agregado	: Agregado Fino	Norma : NTP 400.022
Procedencia	: Jicamarca	Fecha : 16 de julio de 2019
Peso Específico y Absorción - F1		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500.5	g
Peso fiola o frasco con agua (g)	634.5	g
Peso muestra saturada dentro del agua + fiola o frasco (g)	949.3	g
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	492.6	g
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	314.8	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):	2.65	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{ss})	2.69	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)	2.77	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)	1.60	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Peso específico y absorción del agregado fino F2

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - F2		
Tipo de agregado	: Agregado Fino	Norma : NTP 400.022
Procedencia	: Jicamarca	Fecha : 16 de julio de 2019
Peso Específico y Absorción - F2		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500.5	g
Peso fiola o frasco con agua (g)	638.6	g
Peso muestra saturada dentro del agua + fiola o frasco (g)	953.2	g
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	492.8	g
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	314.6	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):	2.6509	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{ss})	2.69	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)	2.76	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)	1.56	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27
Peso específico y absorción del agregado fino F3

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO – F3		
Tipo de agregado	: Agregado Fino	Norma : NTP 400.022
Procedencia	: Jicamarca	Fecha : 16 de julio de 2019
Peso Específico y Absorción – F3		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500.5	g
Peso fiola o frasco con agua (g)	636.6	g
Peso muestra saturada dentro del agua + fiola o frasco (g)	951.3	g
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	492.7	g
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	314.7	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):	2.6518	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{sss})	2.69	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)	2.77	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)	1.58	%

Fuente: Elaboración propia

El conjunto de tablas de los análisis del agregado fino genera cada uno un valor de peso específico de masa y porcentaje de absorción que permitirán obtener un valor promedio que será usado en el diseño. (Ver tabla 28)

Tabla 28
Promedio del peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA						
FACULTAD DE INGENIERÍA						
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES						
PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO - PROMEDIO						
DESCRIPCIÓN	: AGREGADO FINO	NORM A	: NTP 400.022			
PROCEDENCIA	: JICAMARCA	FECHA	: 16 DE JULIO DE 2019			
RESUMEN DE PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN - FINO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
		F1	F2	F3		
PESO ESPECIFICO DE MASA	G	2.65	2.65	2.65	2.65	g/cm ³
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	G _{sss}	2.69	2.69	2.69	2.69	g/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	G _a	2.77	2.77	2.77	2.77	g/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	a%	1.60	1.56	1.58	1.58	%

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4 Contenido de humedad: El contenido de humedad es hallado cada día de ensayo, de manera que para las distintas fechas en las cuales se realizan los ensayos, se han de modificar estos, ante la consideración de que los agregados se encuentran cubiertos por un techo, mas expuesto a la humedad del ambiente. La consideración de humedad para el diseño patrón teórico es de 10.54 %.

4.1.2 Ensayos para el agregado grueso

4.1.2.1 Granulometría: El agregado grueso constará de tres ensayos de análisis granulométrico con la obtención de sus respectivos módulos de finura para finalmente obtener un módulo de finura promedio (ver tabla 29, 30 y 31). Así mismo, cada tabla presenta una figura que muestra gráficamente los cumplimientos de los límites de acuerdo a la normatividad. (Ver figura 19, 20 y 21)

Tabla 29

Análisis granulométrico del agregado grueso G1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO-G1					
Tipo de agregado : Agregado Grueso			Norma : NTP 400.012			
Procedencia : Jicamarca			Fecha : 15 de julio de 2019			
Nombre de la muestra : G1			Hecho por : Lavarello Diaz, Giovanni			
Peso de muestra : 6091.6 g			: Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn			
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	0	0	0	100	100	100
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	85.6	1.4	1.4	98.6	90	85
1/2"	2510	41.2	42.6	57.4		
3/8"	1895	31.1	73.7	26.3	20	55
N° 4	1486.5	24.4	98.1	1.9	0	10
N° 8	65.1	1.3	99.4	0.6		
Fondo	49.4	0.9	100	0.0		
Total	6091.6	100				

Módulo de finura igual a: mg: 6.70

Fuente: Elaboración propia

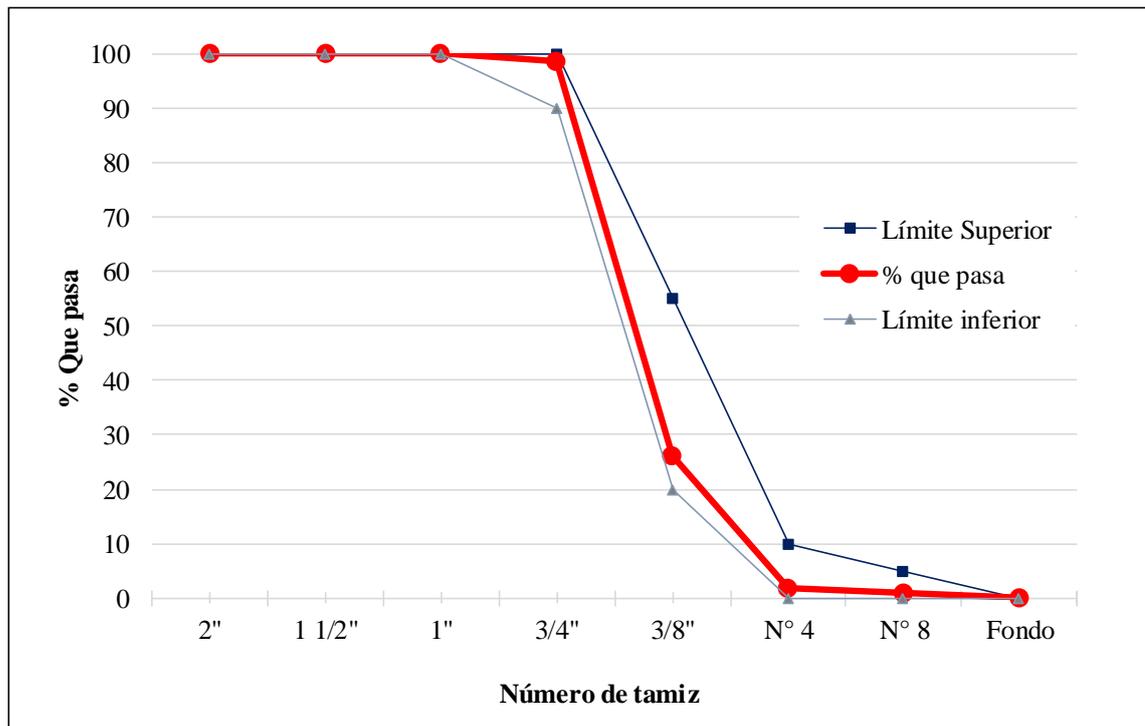


Figura 19: Análisis granulométrico del agregado grueso G1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Análisis granulométrico del agregado grueso G2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA					
	FACULTAD DE INGENIERÍA					
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES					
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO-G2					
Tipo de agregado : Agregado Grueso			Norma : NTP 400.012			
Procedencia : Jicamarca			Fecha : 15 de julio de 2019			
Nombre de la muestra : G2			Hecho por : Lavarello Diaz, Giovanni			
Peso de muestra : 6091.6 g			: Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn			
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	0	0	0	100	100	100
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	85.6	1.4	1.4	98.6	90	85
1/2"	2510	41.2	42.6	57.4		
3/8"	1895	31.1	73.7	26.3	20	55
N° 4	1486.5	24.4	98.1	1.9	0	10
N° 8	65.1	1.3	99.4	0.6		
Fondo	49.4	0.9	100	0.0		
Total	6091.6	100				

Módulo de finura igual a: mg: 6.70

Fuente: Elaboración propia

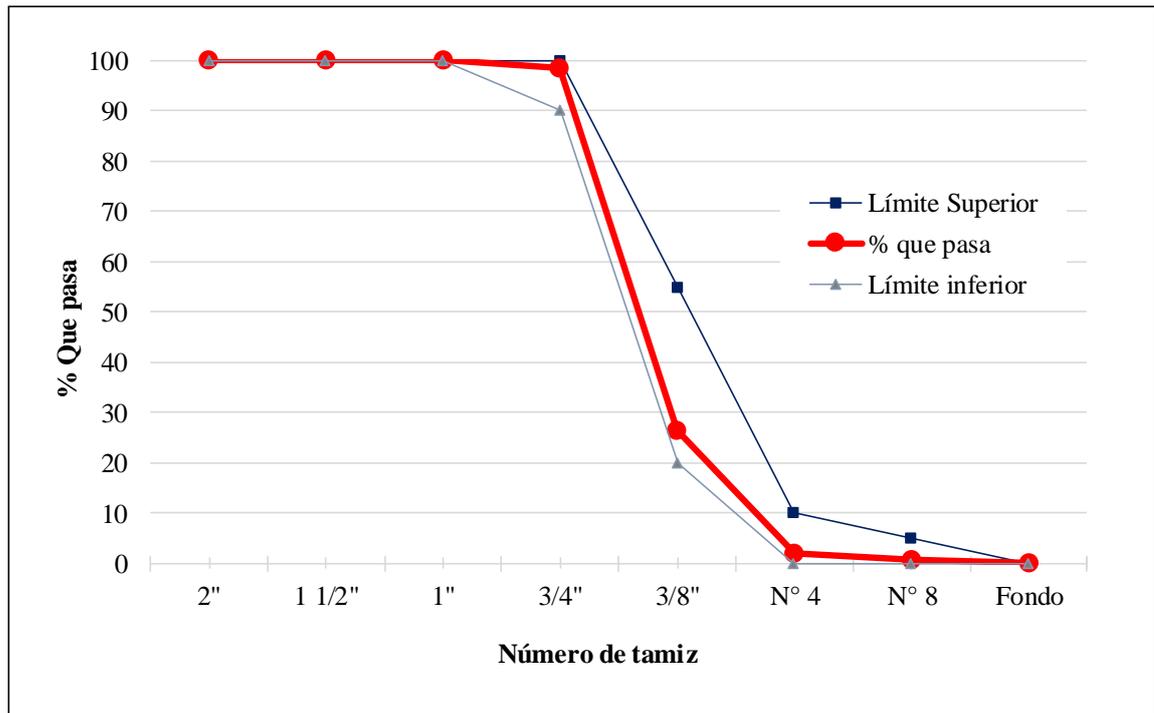


Figura 20: Análisis granulométrico del agregado grueso G2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Análisis granulométrico del agregado grueso G3

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO-G3				
Tipo de agregado : Agregado Grueso			Norma : NTP 400.012			
Procedencia : Jicamarca			Fecha : 15 de julio de 2019			
Nombre de la muestra : G3			Hecho por : Lavarello Diaz, Giovanni			
Peso de muestra : 6091.6 g			: Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn			
Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	0	0	0	100	100	100
1"	0	0	0	100	100	100
3/4"	103.6	2.0	2.0	98.0	90	85
1/2"	2661.3	52.2	54.2	45.8		
3/8"	1307.6	25.6	79.8	20.2	20	55
N° 4	969.0	19.0	98.8	1.2	0	10
N° 8	8.0	0.2	99.0	1.0		
Fondo	51.3	1.0	100	0.0		
Total	5100.8	100				

Módulo de finura igual a: mg: 6.76

Fuente: Elaboración propia

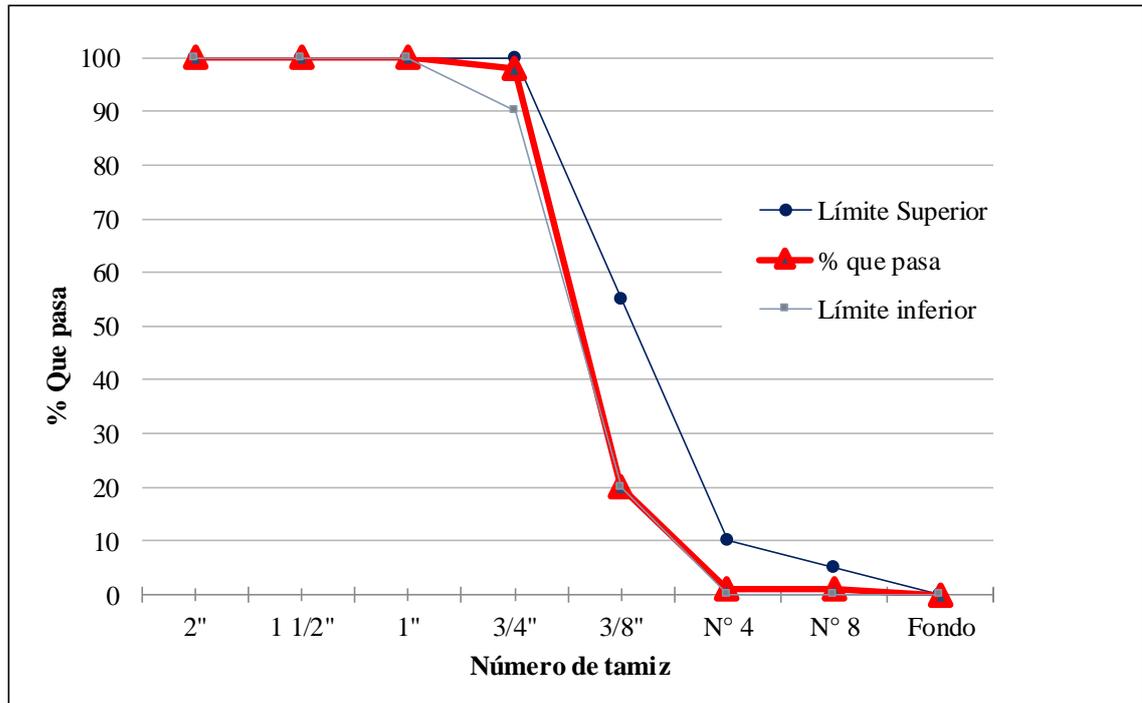


Figura 21: Análisis granulométrico del agregado grueso G3

Fuente: Elaboración propia

El conjunto de tablas de los análisis granulométricos del agregado grueso genera cada uno un valor de módulo de finura que permitirán obtener un valor promedio que será usado en el diseño. (Ver tabla 32)

Tabla 32
Promedio del módulo de finura del agregado grueso

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - PROMEDIO			
Descripción	: Agregado Grueso	Norma	: NTP 400.012	
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019	
		Hecho por	: Lavarello Diaz, Giovanni : Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn	
Nombre	: Promedio			
RESUMEN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - GRUESO				
DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			mf promedio
	G1	G2	G3	
MÓDULO DE FINURA	6.70	6.70	6.76	6.72

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2 Peso unitario suelto y compactado: El peso unitario suelto y compactado constarán de dos ensayos para cada uno para así obtener un valor promedio a usar en el diseño. (Ver tabla 33, 34 y 35)

Tabla 33
Peso unitario del agregado grueso G1

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO-G1	
Tipo de agregado	: Agregado Grueso	Norma : NTP 400.017
Procedencia	: Jicamarca	Fecha : 16 de julio de 2019
Peso Unitario Suelto – G1		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra suelta + contenedor 1/10 pie ³	30.275	kg
Peso contenedor	8.205	kg
Peso muestra suelta	22.07	kg
Volumen contenedor	0.0141741	m ³
Peso unitario suelto	1557	kg/m ³
Peso Unitario Compactado – G1		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra compactada + contenedor	31.570	kg
Peso contenedor	8.205	kg
Peso muestra compactada	23.37	kg
Volumen contenedor	0.0141741	m ³
Peso unitario compactado	1648	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34
Peso unitario del agregado grueso G2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO-G2	
Tipo de agregado	: Agregado Grueso	Norma : NTP 400.017
Procedencia	: Jicamarca	Fecha : 16 de julio de 2019
Peso Unitario Suelto – G2		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra suelta + contenedor 1/10 pie ³	30.240	kg
Peso contenedor	8.205	kg
Peso muestra suelta	22.04	kg
Volumen contenedor	0.0141741	m ³
Peso unitario suelto	1554	kg/m ³
Peso Unitario Compactado – G2		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra compactada + contenedor	31.610	kg
Peso contenedor	8.205	kg
Peso muestra compactada	23.41	kg
Volumen contenedor	0.0141741	m ³
Peso unitario compactado	1651	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35
Peso unitario del agregado grueso G3

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO-G3		
Tipo de agregado	: Agregado Grueso	Norma : NTP 400.017
Procedencia	: Jicamarca	Fecha : 16 de julio de 2019
Peso Unitario Suelto – G3		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra suelta + contenedor 1/10 pie ³	30.260	kg
Peso contenedor	8.205	kg
Peso muestra suelta	22.06	kg
Volumen contenedor	0.0141741	m ³
Peso unitario suelto	1556	kg/m ³
Peso Unitario Compactado – G3		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Peso muestra compactada + contenedor	31.590	kg
Peso contenedor	8.205	kg
Peso muestra compactada	23.39	kg
Volumen contenedor	0.0141741	m ³
Peso unitario compactado	1650	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

El conjunto de tablas de los análisis del agregado grueso genera cada uno un valor de peso unitario suelto y compactado que permitirán obtener un valor promedio que será usado en el diseño. (Ver tabla 36)

Tabla 36
Promedio del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - PROMEDIO						
Descripción	: Agregado Fino	NORMA : NTP 400.017				
Procedencia	: Jicamarca	FECHA : 16 de julio de 2019				
RESUMEN PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO - FINO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
		F1	F2	F3		
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	15557.1	1554.6	1556.4	1556	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1648.4	1651.3	1650.2	1650	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3 Peso específico y absorción: El peso específico y la absorción constarán de dos ensayos para cada uno para así obtener un valor promedio a usar en el diseño. (Ver tabla 37, 38 y 39)

Tabla 37

Peso específico y absorción del agregado grueso G1

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - G1			
Tipo de agregado	: Agregado Grueso	Norma	: NTP 400.022
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019
Peso específico y Absorción - G1			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra sss	B	3254.10	g
Peso de la muestra sss dentro del agua + canastilla		2885.90	g
Peso de la canastilla dentro del agua		830.10	g
Peso del agua	C	2055.80	g
Peso de la muestra seca	A	3221.50	g
1. PESO ESPECÍFICO DE MASA (G):		2.69	g/cm ³
2. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{ss})		2.72	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.76	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		1.01	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Peso específico y absorción del agregado grueso G2

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO - G2			
Tipo de agregado	: Agregado Grueso	Norma	: NTP 400.022
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019
Peso específico y Absorción - G2			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra sss	B	3254.10	g
Peso de la muestra sss dentro del agua + canastilla		2888.30	g
Peso de la canastilla dentro del agua		830.10	g
Peso del agua	C	2058.20	g
Peso de la muestra seca	A	3222.20	g
1. PESO ESPECÍFICO DE MASA (G):		2.69	g/cm ³
2. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (G _{ss})		2.72	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G _a)		2.77	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		0.99	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39
Peso específico y absorción del agregado grueso G3

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO – G3			
Tipo de agregado	: Agregado Grueso	Norma	: NTP 400.022
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019
Peso específico y Absorción – G3			
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra sss	B	3254.10	g
Peso de la muestra sss dentro del agua + canastilla		2887.10	g
Peso de la canastilla dentro del agua		830.10	g
Peso del agua	C	2057.0	g
Peso de la muestra seca	A	3221.85	g
1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G):		2.69	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (Gsss)		2.72	g/cm ³
3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)		2.77	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)		1.00	%

Fuente: Elaboración propia

El conjunto de tablas de los análisis del agregado grueso genera cada uno un valor de peso específico de masa y porcentaje de absorción que permitirán obtener un valor promedio que será usado en el diseño. (Ver tabla 40)

Tabla 40
Promedio del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO – PROM.						
Descripción	: Agregado Grueso	Norma	: NTP 400.022			
Procedencia	: Jicamarca	Fecha	: 15 de julio de 2019			
RESUMEN PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN - GRUESO						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			PROMEDIO	UNIDAD
		G1	G2	G3		
PESO ESPECIFICO DE MASA	G	2.69	2.69	2.69	2.69	g/cm ³
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	Gsss	2.72	2.72	2.72	2.72	g/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	Ga	2.76	2.77	2.77	2.77	g/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	a%	1.01	0.99	1.00	1.00	%

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.4 Contenido de humedad: El contenido de humedad es hallado cada día de ensayo, de manera que para las distintas fechas en las cuales se realizan los ensayos, se han de modificar estos, ante la consideración de que los agregados no se encuentran cubiertos, estando expuestos a la humedad del ambiente. La consideración de humedad para el diseño patrón teórico es de 0.60 %.

4.1.3 Cemento

El cemento a usar es el Tipo I, el cual un peso específico entre 3.00 y 3.20 g/cm³, del cual es usado el valor de 3.13 g/cm³. Así mismo, el cumplimiento de los valores establecidos por la normatividad nacional e internacional pueden observarse en el Anexo 4, ficha técnica del Cemento “Sol” Tipo I.

4.1.4 Aditivos

Del conjunto de aditivos que se tienen en el mercado, ante la necesidad del uso de aditivos para buscar mantener el asentamiento en 6”, se usaron los siguientes aditivos:

4.1.4.1 MasterRheobuild 1202: El siguiente aditivo es un reductor de agua de alto rango que permite tener una plasticidad mantenida durante mayor tiempo, controlar el tiempo de fraguado y aumentar la fluidez sin segregar. Así mismo, las funciones, proporciones y recomendaciones del aditivo se observan en la ficha técnica del producto. (Ver anexo 5)

4.1.4.2 MasterSet R 800: El siguiente aditivo es un retardante inicial y reductor de agua de medio rango, que proporciona ventajas de trabajabilidad y bombeabilidad, al mismo tiempo reduce la segregación. Así mismo, las funciones, proporciones y recomendaciones del aditivo se observan en la ficha técnica del producto. (Ver anexo 6)

4.2 Diseño de mezcla de concreto

Es el modelo que permite a través de un proceso y un conjunto de tablas, que se desarrolle la dosificación necesitada para un valor requerido de resistencia a la compresión.

4.2.1 Diseño de mezcla de concreto simple patrón – Método ACI

El diseño patrón del concreto es el diseño inicial a realizar con el Método ACI, escogido entre otros métodos como el método de combinación de agregados y el de la curva de Füller, por ser un método confiable y efectivo. Para dar inicio al diseño es necesario conocer las características de los materiales, estos se muestran en las tablas 41, 42, 43, 44, 45 y 46.

Tabla 41

Características del cemento proporcionado por UNACEM

Características del Cemento	
Marca	Sol
Tipo	Portland Tipo I
Peso específico del cemento	3130 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 42 y 43 presentan los resultados de laboratorio de los ensayos realizados para los agregados.

Tabla 42

Características del agregado fino procedente de la cantera Jicamarca

Características del Agregado Fino		
Descripción	Valor	Unidad
Módulo de Fineza	2.96	
Peso específico de masa (G)	2.65	g/cm ³
Peso específico de masa saturada superficialmente seca (G _{ss})	2.72	g/cm ³
Peso específico aparente (G _a)	2.77	g/cm ³
Peso Unitario Suelto (PUS)	1649	kg/m ³
Peso Unitario Compactado (PUC)	1881	kg/m ³
% humedad (h)	9.52	%
% absorción (a)	1.59	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Características del agregado grueso procedente de la cantera Jicamarca

Características del Agregado Grueso		
Descripción	Valor	Unidad
Huso	67	
Módulo de Fineza	6.72	
Peso específico de masa (G)	2.691	g/cm ³
Peso específico de masa saturada superficialmente seca (G _{ss})	2.69	g/cm ³
Peso específico aparente (G _a)	2.77	g/cm ³
Peso Unitario Suelto (PUS)	1556	kg/m ³
Peso Unitario Compactado (PUC)	1650	kg/m ³
%humedad (h)	0.86	%
%absorción (a)	1	%
Tamaño máximo (TM)	1	pulg
Tamaño máximo nominal (TMN)	3/4	pulg

Fuente: Elaboración propia

En las tablas: 44, 45 y 46; se presentan las características del agua potable y aditivos de BASF.

Tabla 44

Características del agua

Características del Agua	
Procedencia	Red pública de SJM
Peso específico del agua	1000 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Características del Aditivo MasterRheobuild 1202

MasterRheobuild 1202	
Marca	BASF
Tipo	Reductor de agua
Densidad del aditivo	1.21 g/ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Características del Aditivo MasterSet R 800

MasterSet R 800	
Marca	BASF
Tipo	Reductor de agua y retardante
Densidad del aditivo	1.15 g/ml

Fuente: Elaboración propia

- a) Diseño de mezcla para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$: Los valores de la tabla 47 se emplean cuando no existe información suficiente para el cálculo de la desviación estándar.

Tabla 47

Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$f'cr \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$1.1 f'c + 50$

Fuente: RNE - E.060

Calcular la resistencia a la compresión promedio ($f'cr$) acorde a la tabla 47.

$$F'cr = F'c + 84 \quad \dots (4)$$

$$F'cr = 210 + 84$$

$$F'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

- b) Asentamiento: El asentamiento con el que se trabajará para el diseño es de 6”.
- c) Tamaño máximo nominal: El tamaño máximo nominal según las tablas 29, 30 y 31; es de ¾”.
- d) Agua de diseño: Según la tabla 4, el agua de diseño a emplearse es de 210 l/m³.
- e) Aire: El porcentaje de aire atrapado según la tabla 4, del ACI Committe 211 (1991), es de 2.0%.

f) Factor cemento: Luego de determinar la relación agua/cemento para una resistencia a la compresión de 28 días, según la tabla 5, la resistencia de diseño se encontraría entre las resistencias 300 y 250, y el valor a determinar entre 0.55 y 0.62 (Concreto sin aire incorporado).

$$\begin{array}{l}
 250 \text{ ----- } 0.62 \\
 210 \text{ ----- } a/c \\
 200 \text{ ----- } 0.55 \\
 \blacksquare \quad a/c = 0.5584
 \end{array}$$

Por lo tanto, el factor cemento se calcula de la siguiente manera:

$$FC = \frac{\text{Agua de diseño}}{a/c}$$

$$FC = \frac{210}{0.5584} = 376 \frac{kg}{m^3} = 8.85 \frac{bls}{m^3}$$

g) Determinar de la cantidad de agregado grueso: Determinar la cantidad de agregado grueso de acuerdo con el tamaño máximo nominal y módulo de fineza del agregado fino, de acuerdo a la tabla 7.

$$\begin{array}{l}
 3.00 \text{ ----- } 0.60 \\
 2.96 \text{ ----- } b/b_o \\
 2.80 \text{ ----- } 0.62 \\
 \blacksquare \quad b/b_o = 0.6040 \text{ m}^3 / \text{m}^3
 \end{array}$$

h) Determinar el peso del agregado grueso.

$$P.A. \text{ Grueso} = \frac{b}{b_o} \times PUC$$

$$P.A. \text{ Grueso} = 0.6040 \times 1650 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. \text{ Grueso} = 996.6 \text{ kg/m}^3$$

i) Determinar el peso del agregado fino (Método de volúmenes absolutos).

$$P. Cemento = FC \times P. Específico cemento$$

$$P. Cemento = \frac{376 \text{ kg/m}^3}{3130 \text{ kg/m}^3}$$

$$P. Cemento = 0.1202 \text{ m}^3$$

$$P. Agua = \frac{\text{Agua de diseño}}{1000}$$

$$P. Agua = \frac{210 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$P. Agua = 0.2100 \text{ m}^3$$

$$P. Aire = 0.0200 \text{ m}^3$$

$$P. A. Grueso = \frac{P.A.Grueso}{P.Esp.Masa}$$

$$P. A. Grueso = \frac{996.60}{2691}$$

$$P. A. Grueso = 0.3703 \text{ m}^3$$

$$P. A. Fino = P. Esp. Masa \times (1 - P. Cemento - P. Agua - P. Aire - P. A. Grueso)$$

$$P. A. Fino = 2652 \times (1 - 0.1202 - 0.2100 - 0.0200 - 0.3703)$$

$$P. A. Fino = 741.2 \text{ kg/m}^3$$

j) Corrección por humedad de finos y gruesos.

$$P. A. Fino (h) = P. A. Fino \times (1 + h\%)$$

$$P. A. Fino (h) = 741.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + 0.1054)$$

$$P. A. Fino (h) = 819.4 \text{ kg/m}^3$$

$$P. A. Grueso (h) = P. A. Grueso \times (1 + h\%)$$

$$P. A. Grueso (h) = 996.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + 0.0060)$$

$$P. A. Grueso (h) = 1002.6 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = A. \text{Diseño} + (h\% - a\%)P. A. \text{Fino} + (h\% - a\%) \times P. A. \text{Grueso}$$

$$\text{Agua efectiva} = 210 + \left(\frac{10.56-1.59}{100}\right) \times 741.2 + \left(\frac{0.60-1.00}{100}\right) \times 996.6$$

$$\text{Agua efectiva} = 147.7 \text{ lt/m}^3$$

k) Cantidad de materiales en campo por m³:

- Cemento: 376 kg
- A. Fino: 819.4 kg
- A. Grueso: 1002.6 kg
- Agua: 147.7

El ensayo de la mezcla patrón se realizó a la fecha del trece (13) de julio de dos mil diecinueve (2019), cuyos resultados de ensayo se presentan en la tabla 48.

Tabla 48

Resultados de ensayo de diseño patrón 1

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	13/07/2019	Hora de vaciado	11:18 am		
Diseño	Diseño Patrón 1	Relación a/c	0.5584		
Volumen de prueba en m³		0.045			
Cemento	16.9	kg			
Agreg. Fino	36.9	kg	45%	Incidencia de agregados	
Agreg. Grueso	45.1	kg	55%		
Agua	6.6	lts			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire	1.3 %	
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	20.125	kg			
P.U.	2380.6	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
11:30	3 1/4	15.9	19.3		
12:00	1 1/2	16.6	18.4		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	214	203	199	205	
7	232	245	233	237	
28	360	355	357	357	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados a compresión fueron elevados, superiores a los del diseño preparado, por tal motivo se realiza una primera modificación por Ley de Powers, buscando obtener una mayor aproximación hacia la resistencia a la compresión de diseño.

4.2.2 Diseño de mezcla modificado – Ley de Powers

Luego de obtener los resultados a compresión del diseño patrón a 7 días, se efectúa una proyección de resistencia para una edad de 28 días. La primera modificación mediante la Ley de Powers, tiene como finalidad obtener una nueva relación agua/cemento para la resistencia de diseño para el mismo grado de hidratación.

$$R = 2380 X^3$$

$$X = 0.674 \alpha \frac{0.674 \alpha}{0.319 \alpha + \frac{a}{c}}$$

Donde,

R= Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X = Relación Gel/espacio → Gel/espacio=1

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua/cemento

Proyección de resistencia a la compresión con datos obtenidos a 7 días de rotura (ver tabla 49).

Tabla 49

Resultados a compresión del diseño de mezcla patrón

Días	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
3	214	203	199	205
7	232	245	233	237

Fuente: Elaboración propia

Resistencia proyectada a 28 días

$$f'c(28d) = \frac{237}{0.75} = 316 \text{ kg/cm}^2$$

Se reemplaza los datos en (1)

$$316 = 2380 X^3$$

$$X = 0.51$$

Se reemplaza los datos en (2)

$$0.51 = \frac{0.647 \alpha}{0.319 \alpha + 0.5584}$$

$$\alpha = 58.83 \% \text{ (Grado de hidratación aceptable)}$$

Para una resistencia requerida de 210 kg/cm²

Se reemplaza en (1)

$$210 = 2380 X^3$$

$$X = 0.49$$

Se reemplaza los datos en (2) para un Grado de hidratación = 58.83%

$$0.49 = \frac{0.647 \times \frac{58.83}{100}}{0.319 \times \frac{58.83}{100} + \frac{a}{c}}$$
$$\frac{a}{c} = 0.6673$$

Por lo tanto, el factor cemento se calcula de la siguiente manera:

$$FC = \frac{\text{Agua de diseño}}{a/c}$$
$$FC = \frac{210}{0.6673} = 315 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7.4 \frac{\text{bls}}{\text{m}^3}$$

g) Determinar de la cantidad de agregado grueso: Determinar la cantidad de agregado grueso de acuerdo al tamaño máximo nominal y módulo de fineza del agregado fino (ver Tabla 7).

$$3.00 \text{ ----- } 0.60$$

$$2.96 \text{ ----- } b/b_0$$

$$2.80 \text{ ----- } 0.62$$

$$\blacksquare \quad b/b_0 = 0.6040 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

h) Determinar el peso del agregado grueso.

$$P.A. Grueso = \frac{b}{b_0} \times PUC$$

$$P.A. Grueso = 0.6040 \times 1650 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. Grueso = 996.6 \text{ kg/m}^3$$

i) Determinar el peso del agregado fino (Método de volúmenes absolutos).

$$P. Cemento = FC \times P. Específico cemento$$

$$P. Cemento = \frac{315 \text{ kg/m}^3}{3130 \text{ kg/m}^3}$$

$$P. Cemento = 0.1005 \text{ m}^3$$

$$P. Agua = \frac{\text{Agua de diseño}}{1000}$$

$$P. Agua = \frac{210 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$P. Agua = 0.2100 \text{ m}^3$$

$$P. Aire = 0.0200 \text{ m}^3$$

$$P.A. Grueso = \frac{P.A. Grueso}{P. Esp. Masa}$$

$$P.A. Grueso = \frac{996.6}{2691}$$

$$P.A. Grueso = 0.3703 \text{ m}^3$$

$$P.A. Fino = P. Esp. Masa \times (1 - P. Cemento - P. Agua - P. Aire - P.A. Grueso)$$

$$P.A. Fino = 2652 \times (1 - 0.1005 - 0.2100 - 0.0200 - 0.3703)$$

$$P.A. Fino = 793.2 \text{ kg/m}^3$$

j) Corrección por humedad de finos y gruesos.

$$P.A. Fino (h) = P.A. Fino \times (1 + h\%)$$

$$P.A. Fino (h) = 793.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + \frac{9.86}{100})$$

$$P.A. Fino (h) = 871.4 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. Grueso (h) = P.A. Grueso \times (1 + h\%)$$

$$P.A. Grueso (h) = 996.6 \frac{kg}{m^3} \times (1 + \frac{0.70}{100})$$

$$P.A. Grueso (h) = 1003.6 kg/m^3$$

$$Agua efectiva = A. Diseño + (h\% - a\%)P.A. Fino + (h\% - a\%) \times P.A. Grueso$$

$$Agua efectiva = 210 + \left(\frac{9.86-1.59}{100}\right) \times 793.2 + \left(\frac{0.70-1.00}{100}\right) \times 996.6$$

$$Agua efectiva = 147.4 lt/m^3$$

k) Cantidad de materiales en campo por m³:

- Cemento: 315 kg
- A. Fino: 871.4 kg
- A. Grueso: 1003.6 kg
- Agua: 147.4 lt

El ensayo de la nueva mezcla patrón se realiza a la fecha del treinta y uno (31) de julio de dos mil diecinueve (2019), cuyos resultados de ensayo se presentan en la tabla 50.

Tabla 50

Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por Ley de Powers.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	31/07/2019	Hora de vaciado	15:11 pm		
Diseño	Modificación por Ley de Powers		Relación a/c 0.6673		
Volumen de prueba en m³	0.05				
Cemento	15.7	kg			
Agreg. Fino	43.4	kg	46%	Incidencia de agregados	
Agreg. Grueso	50.2	kg	54%		
Agua	7.5	lts			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 1.0 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.995	kg			
P.U.	2362.1	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
15:18	3	16.9	17.9		
15:48	2	16.8	17.7		
16:18	1 1/2	16.6	17.3		
16:48	3/4	16.2	17.1		
17:18	1/4	15.9	16.8		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	151	151	151	151	
7	230	231	233	231	
28	339	346	339	341	

Fuente: Elaboración propia

La relación agua – cemento aumenta, ello significa que la cantidad de cemento disminuye, por tal motivo disminuiría la resistencia a la compresión. Observamos que el asentamiento no es el adecuado, cómo se presencian en las figuras 22 y 23, ante ello se realizan los ajustes por asentamiento y agregados.



Figura 22: Prueba de slump de mezcla

Fuente: Elaboración propia



Figura 23: Asentamiento de la mezcla

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Ajustes por asentamiento y cantidad de agregado

4.2.3.1 Corrección por asentamiento: El Diseño modificado por Ley de Powers será considerado como diseño de mezcla patrón, realizando las correcciones por asentamiento y contenido de agregados convenientes con la finalidad de que cumpla con las características del diseño.

El diseño último en mención tuvo una fluidez inicial (slump) igual a 3 pulg. por lo que se tuvo que adicionar 5 pulg. (12.7 cm), siendo esta corrección de la siguiente manera:

Por cada cm de incremento o reducción del asentamiento, se debe agregar o quitar 2 kg de agua en la mezcla.

Por lo tanto, el factor cemento se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Agua de diseño} = 210 + (2 \times 12.7)$$

$$\text{Agua de diseño} = 235.4 \text{ lt/m}^3$$

$$FC = \frac{\text{Agua de diseño}}{a/c}$$

$$FC = \frac{235.4}{0.6673} = 353 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8.3 \frac{\text{bls}}{\text{m}^3}$$

Así mismo, se corrigió la incidencia de los agregados, siendo la relación inicial de esta 43/57, por lo que se aumentó en 5% a la cantidad de agregado fino.

a) Determinar de la cantidad de agregado grueso: Determinar la cantidad de agregado grueso de acuerdo al tamaño máximo nominal y módulo de fineza del agregado fino (ver Tabla 7).

$$3.00 - - - - - 0.60$$

$$2.96 - - - - - b/b_o$$

$$2.80 - - - - - 0.62$$

$$b/b_o = 0.6040 - 0.05$$

$$\blacksquare \quad b/b_o = 0.554 \text{ m}^3 / \text{ m}^3$$

b) Determinar el peso del agregado grueso.

$$P.A. Grueso = \frac{b}{b_0} \times PUC$$

$$P.A. Grueso = 0.5540 \times 1650 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. Grueso = 914.1 \text{ kg/m}^3$$

c) Determinar el peso del agregado fino (Método de volúmenes absolutos).

$$P. Cemento = FC \times P. Específico cemento$$

$$P. Cemento = \frac{353 \text{ kg/m}^3}{3130 \text{ kg/m}^3}$$

$$P. Cemento = 0.1127 \text{ m}^3$$

$$P. Agua = \frac{\text{Agua de diseño}}{1000}$$

$$P. Agua = \frac{235.4 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$P. Agua = 0.2354 \text{ m}^3$$

$$P. Aire = 0.0200 \text{ m}^3$$

$$P.A. Grueso = \frac{P.A. Grueso}{P. Esp. Masa}$$

$$P.A. Grueso = \frac{914.1}{2691}$$

$$P.A. Grueso = 0.3397 \text{ m}^3$$

$$P.A. Fino = P. Esp. Masa \times (1 - P. Cemento - P. Agua - P. Aire - P.A. Grueso)$$

$$P.A. Fino = 2652 \times (1 - 0.1127 - 0.2354 - 0.0200 - 0.3397)$$

$$P.A. Fino = 774.9 \text{ kg/m}^3$$

d) Corrección por humedad de finos y gruesos.

$$P.A. Fino (h) = P.A. Fino \times (1 + h\%)$$

$$P.A. Fino (h) = 774.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + 0.0952)$$

$$P.A. Fino (h) = 848.7 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. Grueso (h) = P.A. Grueso \times (1 + h\%)$$

$$P.A. Grueso (h) = 914.1 \frac{kg}{m^3} \times (1 + 0.0061)$$

$$P.A. Grueso (h) = 919.7 kg/m^3$$

$$Agua efectiva = A. Diseño + (h\% - a\%)P.A. Fino + (h\% - a\%) \times P.A. Grueso$$

$$Agua efectiva = 210 + \left(\frac{9.52-1.59}{100}\right) \times 774.9 + \left(\frac{0.61-1.00}{100}\right) \times 914.1$$

$$Agua efectiva = 177.5 lt/m^3$$

e) Cantidad de materiales en campo por m³:

- Cemento: 353 kg
- A. Fino: 848.7 kg
- A. Grueso: 919.7 kg
- Agua: 177.5 lt

El ensayo de la nueva mezcla modificada inicialmente por asentamiento y agregados, a la fecha tres (3) de agosto de dos mil diecinueve (2019), cuyos resultados de ensayo se presentan en la tabla 51.

Tabla 51

Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por asentamiento y agregados 1

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	3/08/2019	Hora de vaciado	8:57 am		
Diseño	Modificación por Powers – Mod. asentamiento y agregados 1		Relación a/c 0.6673		
Volumen de prueba en m ³	0.05				
Cemento	17.6	kg			
Agreg. Fino	42.4	kg	48%	Incidencia de agregados	
Agreg. Grueso	46.0	kg	52%		
Agua	8.9	lts			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 0.9 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.87	kg			
P.U.	2344.4	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
9:07	6 1/4	16.6	18.5		
9:37	4 3/4	15.7	18.4		
10:07	4 1/4	15.5	18.1		
10:37	3 3/4	15.7	17.9		
11:07	3	15.9	17.8		
11:37	2 3/4	16.3	17.8		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	159	158	158	158	
7	232	236	234	234	
28	313	314	311	313	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 51 se observa que el slump resulta ser inicialmente el adecuado para un concreto en campo, pero al ser concreto premezclado, se necesita un slump de 6" a las 2 horas y media de preparada la mezcla, por ser el tiempo máximo de transporte en el mixer. Por tal motivo se vuelve a hacer una modificación por asentamiento de manera que el slump aumente a 8" buscando que pueda decrecer cierto valor y permita tener el slump necesario a las 2 horas y 30 minutos.

Por último, se modificó el diseño incrementando 2 pulg. (5.08 cm) de asentamiento.

Por lo tanto, el factor cemento se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Agua de diseño} = 235.4 + (2 \times 5.08)$$

$$\text{Agua de diseño} = 245.6 \text{ lt/m}^3$$

$$FC = \frac{\text{Agua de diseño}}{a/c}$$

$$FC = \frac{245.6}{0.6673} = 368 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8.7 \frac{\text{bls}}{\text{m}^3}$$

Así mismo, se corrigió la incidencia de los agregados, siendo la relación inicial de esta 47/53, por lo que se aumentó en 5% a la cantidad de agregado fino.

g) Determinar de la cantidad de agregado grueso: Determinar la cantidad de agregado grueso de acuerdo al tamaño máximo nominal y módulo de fineza del agregado fino (ver Tabla 7).

$$3.00 - - - - - 0.60$$

$$2.96 - - - - - b/b_o$$

$$2.80 - - - - - 0.62$$

$$b/b_o = 0.554 - 0.05$$

$$\blacksquare \quad b/b_o = 0.504 \text{ m}^3/ \text{ m}^3$$

h) Determinar el peso del agregado grueso.

$$P.A. \text{ Grueso} = \frac{b}{b_o} \times \text{PUC}$$

$$P.A. \text{ Grueso} = 0.5040 \times 1650 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. \text{ Grueso} = 931.6 \text{ kg/m}^3$$

i) Determinar el peso del agregado fino (Método de volúmenes absolutos).

$$P. \text{Cemento} = FC \times P. \text{Específico cemento}$$

$$P. \text{Cemento} = \frac{368 \text{ kg/m}^3}{3130 \text{ kg/m}^3}$$

$$P. \text{Cemento} = 0.1176 \text{ m}^3$$

$$P. \text{Agua} = \frac{\text{Agua de diseño}}{1000}$$

$$P. \text{Agua} = \frac{245.6 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$P. \text{Agua} = 0.2456 \text{ m}^3$$

$$P. \text{Aire} = 0.0200 \text{ m}^3$$

$$P. A. \text{Grueso} = \frac{P. A. \text{Grueso}}{P. \text{Esp. Masa}}$$

$$P. A. \text{Grueso} = \frac{931.6}{2691}$$

$$P. A. \text{Grueso} = 0.3090 \text{ m}^3$$

$$P. A. \text{Fino} = P. \text{Esp. Masa} \times (1 - P. \text{Cemento} - P. \text{Agua} - P. \text{Aire} - P. A. \text{Grueso})$$

$$P. A. \text{Fino} = 2652 \times (1 - 0.1176 - 0.2456 - 0.0200 - 0.3090)$$

$$P. A. \text{Fino} = 816.4 \text{ kg/m}^3$$

j) Corrección por humedad de finos y gruesos.

$$P. A. \text{Fino} (h) = P. A. \text{Fino} \times (1 + h\%)$$

$$P. A. \text{Fino} (h) = 816.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + 0.0952)$$

$$P. A. \text{Fino} (h) = 894.1 \text{ kg/m}^3$$

$$P. A. \text{Grueso} (h) = P. A. \text{Grueso} \times (1 + h\%)$$

$$P. A. \text{Grueso} (h) = 831.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + 0.0061)$$

$$P. A. \text{Grueso} (h) = 836.7 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = A. \text{Diseño} + (h\% - a\%)P. A. \text{Fino} + (h\% - a\%) \times P. A. \text{Grueso}$$

$$\text{Agua efectiva} = 245.6 + \left(\frac{9.52-1.59}{100}\right) \times 816.4 + \left(\frac{0.61-1.00}{100}\right) \times 931.6$$

$$\text{Agua efectiva} = 184.1 \text{ lt/m}^3$$

k) Cantidad de materiales en campo por m³:

- Cemento: 368 kg
- A. Fino: 849.1 kg
- A. Grueso: 836.7 kg
- Agua: 184.1 lt

El ensayo de la nueva mezcla modificada por asentamiento y agregados una segunda vez, a la fecha tres (3) de agosto de dos mil diecinueve (2019), cuyos resultados de ensayo se presentan en la tabla 52.

Tabla 52

Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por asentamiento y agregados 2

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
	FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²				
Fecha de ensayo		3/08/2019	Hora de vaciado 9:28 am	
Diseño	Diseño Mod. por Ley de Powers y mod. de asentamiento y agregados 2			Relación a/c 0.6673
Volumen de prueba en m ³		0.05		
Cemento	18.4	kg		
Agreg. Fino	44.7	kg	52%	Incidencia de agregados
Agreg. Grueso	41.8	kg	48%	
Agua	9.2	lts		
ENSAYOS DE CONTROL				
Datos para P.U.				
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 1.5 %	
Volumen	0.00704992	m ³		
Tara + concreto	19.69	kg		
P.U.	2318.9	kg/m ³		
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD				
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)	
9:38	7 3/4	15.7	18.8	
10:08	6 1/4	15.5	18.9	
10:38	4	15.8	18.8	
11:08	3 1/2	15.9	18.7	
11:38	3 1/4	16.3	18.6	
RESULTADOS A COMPRESIÓN				
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)
3	159	152	163	158
7	215	211	209	212
28	306	301	301	303

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 52 se observa que el slump resulta el adecuado inicialmente, pero al no mantenerse en el tiempo – slump 3 ¼” a las 2 horas y media presenciado en la Figura 24, se ve la necesidad de usar aditivos con el objetivo de mantener la trabajabilidad, para ello se usarán el aditivo MasterRheobuild 1202 y el MasterSet R 800; para ello se harán las respectivas mezclas basados en las indicaciones de las fichas técnicas.



Figura 24: Prueba de slump de mezcla a 2.5 horas
Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2 Corrección por uso de aditivos y cantidad de agregado: Del diseño modificado por Ley de Powers (ver tabla 50) se realizó la última corrección adicionando el uso de aditivos plastificante y retardante de fragua, con la finalidad de que este cumpla con las características de un concreto premezclado. Se muestra a continuación el diseño:

Por lo tanto, el factor cemento se calcula de la siguiente manera:

$$FC = \frac{\text{Agua de diseño}}{a/c}$$

$$FC = \frac{210}{0.6673} = 315 \frac{kg}{m^3} = 7.4 \frac{bls}{m^3}$$

g) Determinar de la cantidad de agregado grueso: Determinar la cantidad de agregado grueso de acuerdo con el tamaño máximo nominal y módulo de fineza del agregado fino (ver tabla 7).

Para tener una incidencia de 52/48 se disminuyó 6% del volumen del agregado grueso - este valor está permitido por el ACI estipulado hasta en un 10% de reducción en el diseño con los agregados gruesos para concretos premezclados- considerando que la trabajabilidad es mayor para este tipo de concreto con proporciones mayores de agregados finos que el de los agregados gruesos. (Ver resultados en tabla 53)

$$3.00 - - - - - 0.60$$

$$2.96 - - - - - b/b_o$$

$$2.80 - - - - - 0.62$$

$$b/b_o = 0.6040 - 0.060 \text{ m}^3 / \text{ m}^3$$

$$\blacksquare \quad b/b_o = 0.544 \text{ m}^3 / \text{ m}^3$$

h) Determinar el peso del agregado grueso.

$$P.A. Grueso = \frac{b}{b_o} \times PUC$$

$$P.A. Grueso = 0.5440 \times 1650 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. Grueso = 897.6 \text{ kg/m}^3$$

i) Determinar el peso del agregado fino (Método de volúmenes absolutos).

$$P.Cemento = FC \times P.\text{específico cemento}$$

$$P.Cemento = \frac{315 \text{ kg/m}^3}{3130 \text{ kg/m}^3}$$

$$P.Cemento = 0.1005 \text{ m}^3$$

$$P.Agua = \frac{\text{Agua de diseño}}{1000}$$

$$P.Agua = \frac{210 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$P.Agua = 0.2100 \text{ m}^3$$

$$P.Aire = 0.0200 \text{ m}^3$$

$$P.A. Grueso = \frac{P.A.Grueso}{P.Esp.Masa}$$

$$P.A. Grueso = \frac{897.6}{2691}$$

$$P.A. Grueso = 0.3336 \text{ m}^3$$

$$P.A.Fino = P.Esp.Masa \times (1 - P.cemento - P.Agua - P.Aire - P.A. Grueso)$$

$$P.A.Fino = 2652 \times (1 - 0.1005 - 0.2100 - 0.0200 - 0.3336)$$

$$P.A.Fino = 890.8 \text{ kg/m}^3$$

j) Corrección por humedad de finos y gruesos.

$$P.A.Fino (h) = P.A.Fino \times (1 + h\%)$$

$$P.A.Fino (h) = 890.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + \frac{9.50}{100})$$

$$P.A.Fino (h) = 975.42 \text{ kg/m}^3$$

$$P.A. Grueso (h) = P.A. Grueso \times (1 + h\%)$$

$$P.A. Grueso (h) = 897.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 + \frac{0.65}{100})$$

$$P.A. Grueso (h) = 1003.6 \text{ kg/m}^3$$

$$Agua efectiva = A.Diseño + (h\% - a\%)P.A.Fino + (h\% - a\%) \times P.A. Grueso$$

$$Agua efectiva = 210 + \left(\frac{9.50-1.59}{100}\right) \times 890.8 + \left(\frac{0.65-1.00}{100}\right) \times 897.6$$

$$Agua efectiva = 142.68 \text{ lt/m}^3$$

k) Cantidad de materiales en campo por m³:

- Cemento: 315 kg
- Agregado fino: 975.4 kg
- Agregado grueso: 903.43 kg
- Agua: 142.68 lt
- Aditivo MasterRheobuild 1202: 4.5 ml/kg
- Aditivo MasterSet R 800: 5.0 ml/kg

Tabla 53

Resultados de ensayo de diseño patrón modificado por aditivos

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	27/08/2019	Hora de vaciado	9:28 am		
Diseño	Diseño modificado		Relación a/c	0.6673	
con aditivos 1					
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	22.1	kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados	
Agreg. Fino	53.8	kg	9.80	52%	
Agreg. Grueso	50.2	kg	0.52	48%	
Agua	11.0	lts			
Aditivo Master					
Rheobuild 1202	85.0	ml			
Aditivo Master					
Set R800	94.0	ml			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 2.7 %		
Volumen	0.00705	m ³			
Tara + concreto	19.4	kg			
P.U.	2281.3	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
17:30	8 ½	17.6	18.4		
18:00	8 ½	18.0	18.2		
18:30	8 ½	17.6	18.0		
19:00	8 ¾	18.2	18.8		
19:30	8	18.4	17.6		
20:00	7 ¾	18.7	17.3		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	164	170	168	167	
7	194	197	191	194	
28	308	303	302	304	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos, tanto en estado fresco como endurecido para cada factor evaluado, se muestran en las tablas 54 – 60.

Tabla 54

Resultados de ensayo del primer factor: Probetas elaboradas y almacenadas sobre una superficie con inclinación de 5%

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	9/09/2019	Hora de vaciado	14:14 pm		
Diseño	Inclinación de superficie en 5%	Relación a/c	0.6673		
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	18.9	kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados	
Agreg. Fino	57.8	kg	8.09	52%	
Agreg. Grueso	54.1	kg	0.54	48%	
Agua	9.3	lts			
Aditivo Master Rheobuild 1202	122.8	ml			
Aditivo Master Set R800	94.0	ml			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 2.1 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.9	kg			
P.U.	2348.7	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
14:39	6 ¾	17.6	20.4		
15:09	6	17.6	20.0		
15:39	4 ¾	17.2	19.6		
16:09	4	17	18.4		
16:39	3	16.8	17.8		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	202	211	196	203	
7	251	260	265	259	
28	313	312	311	312	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55

Resultados de ensayo del primer factor: Probetas elaboradas y almacenadas sobre una superficie con inclinación de 10%

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	10/09/2019	Hora de vaciado	14:24 pm		
Diseño	Inclinación de superficie en 10%	Relación a/c	0.6673		
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	18.9	kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados	
Agreg. Fino	57.8	kg	8.05	52%	
Agreg. Grueso	54.0	kg	0.35	48%	
Agua	9.5	lts			
Aditivo Master Rheobuild 1202	85.0	ml			
Aditivo Master Set R800	94.4	ml			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 2.8 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.71	kg			
P.U.	2321.7	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
14:40	8 ¼	20.1	20.8		
15:10	8 ¼	20.0	20.6		
15:40	8	20.0	20.2		
16:10	7 ¾	19.7	19.8		
16:40	5 ¾	20.0	19.0		
15:10	4 ¾	19.2	18.8		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	168	156	169	164	
7	208	214	217	213	
28	291	281	286	286	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56

Resultados de ensayo del primer factor: Probetas elaboradas y almacenadas sobre una superficie con inclinación de 15%

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	11/09/2019	Hora de vaciado	14:23 pm		
Diseño	Inclinación de superficie en 15%	Relación a/c	0.6673		
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	18.9	kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados	
Agreg. Fino	57.7	kg	8.02	52%	
Agreg. Grueso	54.1	kg	0.37	48%	
Agua	9.5	lts			
Aditivo Master Rheobuild 1202	85.0	ml			
Aditivo Master Set R800	94.0	ml			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 2.8 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.89	kg			
P.U.	2347.2	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
14:30	8 ½	18.5	19.7		
15:00	8 ¼	17.7	19.7		
15:30	7 ¾	17.4	19.6		
16:00	6 ¾	17.8	19.4		
16:30	6	17.8	19.0		
17:00	5 ¼	17.6	18.8		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	131	135	136	134	
7	183	189	187	186	
28	274	278	273	275	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57

Resultados de ensayo del segundo factor: Probetas no compactadas (0 golpes por capa) durante el proceso de moldeo

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	6/09/2019	Hora de vaciado	10:47 am		
Diseño	Probetas no compactadas	Relación a/c	0.6673		
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	18.9 kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados		
Agreg. Fino	58.3 kg	9.02	52%		
Agreg. Grueso	54.1 kg	0.48	48%		
Agua	8.9 lts				
Aditivo Master Rheobuild 1202	35.0 ml				
Aditivo Master Set R800	94.0 ml				
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422 kg	Contenido de aire: 3.0 %			
Volumen	0.00704992 m ³				
Tara + concreto	19.89 kg				
P.U.	2347.2 kg/m ³				
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
11:05	8 ½	16.5	18.8		
11:35	8	17.0	18.8		
12:05	7 ¾	17.1	18.7		
12:35	7 ½	17.2	18.6		
13:05	7 ¼	17.5	18.4		
13:35	7	17.6	18.3		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	141	144	147	144	
7	172	183	187	181	
28	208	210	210	209	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58

Resultados de ensayo del segundo factor: Probetas compactadas en exceso (50 golpes por capa) durante el proceso de moldeo

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	19/09/2019	Hora de vaciado	10:32 am		
Diseño	Probetas compactadas en exceso	Relación a/c	0.6673		
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	18.9	kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados	
Agreg. Fino	58.8	kg	9.02	52%	
Agreg. Grueso	54.2	kg	0.48	48%	
Agua	8.2	lts			
Aditivo Master Rheobuild 1202	51.0	ml			
Aditivo Master Set R800	94.4	ml			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 3.0 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.51	kg			
P.U.	2293.3	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
10:50	8 ¼	19.3	20.0		
11:20	7 ½	18.9	20.1		
11:50	6 ¾	19.5	20.0		
12:20	4 ½	20.4	19.9		
12:50	3 ¼	20.5	19.8		
13:20	2 ¾	20.2	19.7		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	214	218	215	215	
7	261	258	259	259	
28	312	311	309	311	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59

Resultados de ensayo del tercer factor: Probetas almacenadas durante 24 horas a una temperatura por debajo del límite inferior

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	13/09/2019	Hora de vaciado	16:25 pm		
Diseño	Probetas almacenadas a 10.6°C		Relación a/c	0.6673	
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	18.9	kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados	
Agreg. Fino	58.8	kg	9.95	52%	
Agreg. Grueso	54.2	kg	0.64	48%	
Agua	8.3	lts			
Aditivo Master Rheobuild 1202	33.0	ml			
Aditivo Master Set R800	94.0	ml			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 3.0 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.425	kg			
P.U.	2281.3	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
16:35	8	16.6	18.9		
17:05	7 ¾	16.5	18.7		
17:35	7 ¼	16.2	18.4		
18:05	6 ¾	16.0	18.1		
18:35	6 ¼	15.8	17.5		
19:05	5 ¾	15.7	17.3		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	142	137	139	139	
7	237	242	243	241	
28	285	285	288	286	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

Resultados de ensayo del tercer factor: Probetas almacenadas durante 24 horas a una temperatura por encima del límite superior

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		FORMATO DE EVALUACIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			
Resistencia a la compresión a 28 días: 210 kg/cm²					
Fecha de ensayo	17/09/2019	Hora de vaciado	11:40 am		
Diseño	Probetas almacenadas a 30.7°C		Relación a/c	0.6673	
Volumen de prueba en m ³	0.06				
Cemento	18.9	kg	Humedad (%)	Incidencia de agregados	
Agreg. Fino	58.8	kg	9.95	52%	
Agreg. Grueso	54.2	kg	0.64	48%	
Agua	8.3	lts			
Aditivo Master Rheobuild 1202	85	ml			
Aditivo Master Set R800	94.4	ml			
ENSAYOS DE CONTROL					
Datos para P.U.					
Tara	3.3422	kg	Contenido de aire: 3.0 %		
Volumen	0.00704992	m ³			
Tara + concreto	19.300	kg			
P.U.	2263.5	kg/m ³			
PÉRDIDA DE TRABAJABILIDAD					
TIEMPO (horas)	SLUMP (pulgadas)	T.A. (°C)	T.C. (°C)		
11:50	8 ¼	17.3	19.4		
12:20	8 ¼	17.3	19.2		
12:50	8 ¼	17.9	19.1		
13:20	8	18.5	19.0		
13:50	7 ½	19.5	19.4		
14:20	7	20.2	19.0		
RESULTADOS A COMPRESIÓN					
EDAD	f'c 1 (kg/cm ²)	f'c 2 (kg/cm ²)	f'c 3 (kg/cm ²)	f'c prom (kg/cm ²)	
3	190	191	190	190	
7	233	232	231	232	
28	284	287	290	287	

Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de resultados

El análisis de resultados corresponde a la presentación e interpretación de los resultados obtenidos a través de los ensayos de rotura de las probetas realizadas, así mismo presenta la contrastación de las hipótesis en donde se incluye el análisis estadístico que permite aceptar o negar las hipótesis planteadas.

4.3.1 Presentación de resultados de roturas por factor

La presentación de resultados muestra los valores obtenidos de los ensayos realizados, número de ensayos descritos en el índice 3.2, enlazados a los objetivos, variables e indicadores. Junto a los resultados de los factores presentados, se adjunta el valor promedio de los resultados de los ensayos a compresión del diseño patrón de cada fecha, siendo estos realizados en cuatro diferentes fechas, tomando el promedio final de ellas como el valor de resistencia a la compresión guía.

El conjunto de resultados a compresión en probetas de 4"x8" ensayados a las edades de 3, 7 y 28 días, se muestran en la tabla 61, siendo los factores a evaluar a probetas almacenadas durante las primeras 24 horas sobre una superficie inclinada a 5%, 10% y 15%, el factor de compactación medido con el apisonado a través del número de golpes aplicado por capa con 50 golpes y otras con ninguno, y finalmente los resultados de las probetas almacenadas a temperaturas por debajo y encima de lo normado (tomando las temperaturas críticas de Lima Metropolitana como referencia) siendo estos valores de 10.6°C y 30.7°C.

Tabla 61
Resumen de resultados de ensayos de factores

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Descripción	: Concreto premezclado				Fecha	: Varios					
Norma	: NTP 339.034				Hecho por	: Lavarello Diaz, Giovanni					
Edad de ensayo	: 3, 7 y 28 días					: Valderrama Mezarina, Rosa Evelyn					
Objetivos de la investigación	Variable independiente	Indicador	Identificación	Variable dependiente	F'c a 3d (kg/cm ²)	f'c a 7d (kg/cm ²)	F'c a 28d (kg/cm ²)	F'c prom a 3d (kg/cm ²)	F'c prom a 7d (kg/cm ²)	F'c prom a 28d (kg/cm ²)	
	Proceso de moldeo normado	Probetas estandarizadas / normadas	Diseño Patrón - NTP 339.033	Resistencia a la compresión del concreto	187	227	324	186	226	304	
					167	194	304				
					165	221	296				
					223	260	290				
O.E. 1: Determinar la incidencia de elaboración y almacenamiento de probetas de concreto previas al curado sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.033 - 2009	Proceso de moldeo no normalizado	Superficie Irregular	Inclinación de superficie en 5%		202	251	313	203	259	312	
					211	260	312				
					196	265	311				
					Inclinación de superficie en 10%	156	208	281	164	213	286
						168	214	286			
						169	217	291			
			Inclinación de superficie en 15%		131	183	274	134	186	275	
					135	189	278				
				136	187	273					
O.E. 2: Demostrar que la compactación no normada en el proceso de elaboración de probetas de concreto reduce la resistencia a la compresión del concreto, según la NTP 339.033.	Proceso de moldeo no normalizado	Compactación no normada	Probetas no compactadas - 0 golpes/capa	141	172	208	144	181	209		
				144	183	210					
			147	187	210						
				Probetas compactadas en exceso - 50 golpes/capa	214	261	312	215	259	311	
					218	258	311				
					215	259	309				
O.E. 3: Determinar el efecto del almacenamiento de las probetas de concreto a temperatura fuera del rango en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, según la NTP 339.033.	Proceso de moldeo no normalizado	Temperatura ambiente	Probetas almacenadas a baja temperatura - 10.6°C	142	237	285	139	241	286		
				137	242	285					
			139	243	288						
				Probetas almacenadas a alta temperatura - 30.7°C	190	233	284	190	232	287	
					191	232	287				
					190	231	290				

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Interpretación de resultados

a) El primer factor analizado fue la superficie irregular, de acuerdo con lo mencionado en el marco teórico y de acuerdo con la NTP 339.033, al haberse preparado los especímenes en campo, estos deben conservarse en un lugar que tenga como máximo 2% de pendiente en su superficie. Estas serán entre las próximas 24 y 48 horas del curado inicial y posteriormente llevadas a las pozas de curado.

De acuerdo con este primer factor, se tiene la siguiente Hipótesis planteada: **La elaboración y almacenamiento de probetas de concreto sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% reduce la resistencia a la compresión del concreto.**

Este primer factor se analizó bajo los procedimientos normados de elaboración en campo de especímenes, con la diferencia en el almacenaje de estas debido a que estuvieron bajo 3 pendientes diferentes ya mencionadas, a través de una rampa de madera. Obsérvese la figura 25, 26, 27 y 28, en donde se presentan como han sido expuestas los especímenes a dicha pendiente.



Figura 25: Probetas en rampa
Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Rampa con 5% de pendiente en UNICON
Fuente: Elaboración propia



Figura 27: Listones entre probetas para separación
Fuente: Elaboración propia



Figura 28: Probeta almacenada bajo una superficie inclinación de 10%
Fuente: Elaboración propia

Los ensayos fueron realizados en las instalaciones de UNICON en donde con ayuda de la rampa mostrada, se adecuó a través de su soporte escalonado las diferentes pendientes a analizar. En la tabla 62 se muestran los resultados en probetas de 4"x8".

Tabla 62

Resultados de la resistencia de compresión de ensayos del primer factor: Probetas almacenadas en una superficie con 5%, 10% y 15% de pendiente

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				
		RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
Descripción	: Concreto premezclado	Fecha	: Varios			
Norma	: NTP 339.034	Hecho por	: Lavarello Diaz, Giovanni			
Edad de ensayo	: 3, 7 y 28 días		: Valderrama Mezarina, Rosa			
CÓDIGO	F'c a 3d (kg/cm ²)	f'c a 7d (kg/cm ²)	F'c a 28d (kg/cm ²)	F'c prom a 3d (kg/cm ²)	F'c prom a 7d (kg/cm ²)	F'c prom a 28d (kg/cm ²)
Diseño Patrón	187	227	324	186	226	304
	167	194	304			
	165	221	296			
	223	260	290			
Diseño con inclinación de superficie en 5%	202	251	313	203	259	312
	211	260	312			
	196	265	311			
Diseño con inclinación de superficie en 10%	156	208	281	164	213	286
	168	214	286			
	169	217	291			
Diseño con inclinación de superficie en 15%	131	183	274	134	186	275
	135	189	278			
	136	187	273			

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión se describen en la tabla 63, acompañado de la figura 29 la cual grafica la comparación.

Tabla 63

Porcentajes de resultados de la resistencia de compresión de ensayos del primer factor frente al diseño patrón

CÓDIGO	% resistencia a 3d	% resistencia a 7d	% resistencia a 28d
Diseño Patrón	100%	100%	100%
Diseño con inclinación de superficie en 5%	109%	115%	103%
Diseño con inclinación de superficie en 10%	89%	95%	94%
Diseño con inclinación de superficie en 15%	72%	83%	91%

Fuente: Elaboración propia

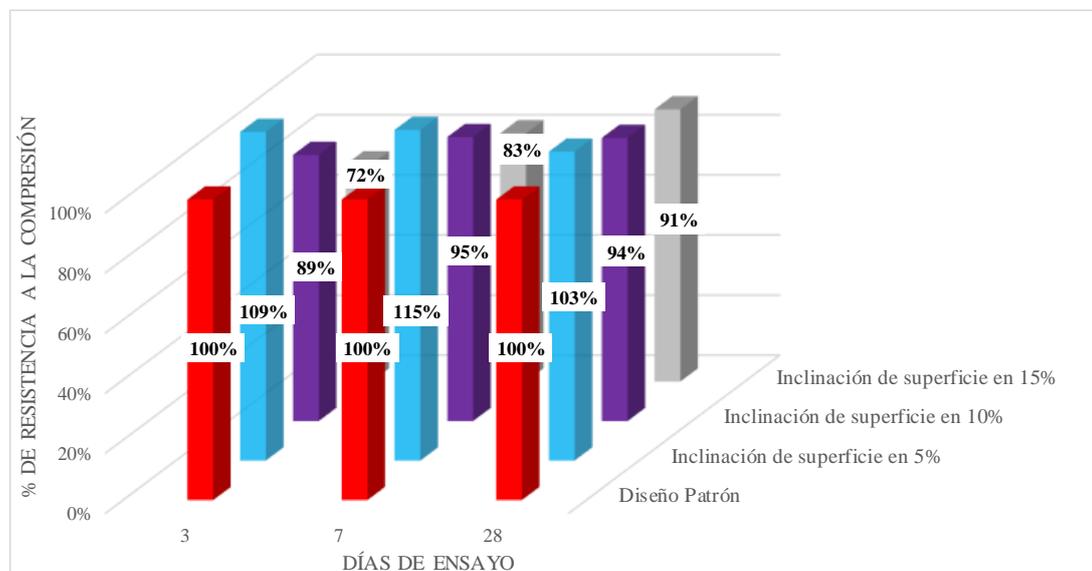


Figura 29: Gráfica comparativa de porcentajes mostrados en la tabla 63

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.1 Interpretación de resultados del primer factor: Este factor corresponde al análisis de los resultados presentados sobre la superficie inclinada. De acuerdo con lo mencionado en el subíndice “a” de interpretación de resultados, la inclinación de la superficie debe ser como máximo 2%, pendiente que es la cuidada y respetada en el diseño patrón. La evaluación se da en los casos donde la superficie tiene una inclinación de 5%, 10% y 15%.

- **Inclinación de superficie en 5%:** Los resultados de la resistencia a la compresión apreciados en la figura 29, nos indica que, a edades de 3, 7 y 28 días, se encuentran valores de 109%, 115% y 103% respectivamente frente al diseño patrón, siendo a la edad de 28 días una variación bastante reducida a comparación de las adquiridas a las edades de 3 y 7 días. Los resultados contemplan también que la superficie inclinada a 5% no produjo una reducción significativa en la resistencia que fue lo esperado por no cumplir la normatividad. Si bien los resultados no son menores al diseño patrón, que estos sean mayores puede asociarse a las diferentes fechas de elaboración de las probetas del diseño patrón y del presente factor.

- **Inclinación de superficie en 10%:** Los resultados de la resistencia a la compresión apreciados en la figura 29, nos indica que, a edades de 3, 7 y 28 días, se encuentran valores de 89%, 95% y 94% respectivamente frente al diseño patrón. Los resultados obtenidos resultan menores a los del diseño patrón, indicando que una superficie inclinada de 10% durante el curado inicial inducirá en la reducción de la resistencia a la compresión.

- **Inclinación de superficie en 15%:** Los resultados de la resistencia a la compresión apreciados en la figura 29, nos indica que, a edades de 3, 7 y 28 días, se encuentran valores de 72%, 83% y 91% respectivamente frente al diseño patrón. Estos valores comprueban que, si se continúa aumentando la pendiente de la superficie de almacenamiento, podría disminuir de la misma manera la resistencia a la compresión como en la superficie inclinada en 10%.

b) El segundo factor a analizar fue la compactación, de acuerdo con lo mencionado en el marco teórico y de acuerdo con la NTP 339.033, para probetas de 100 mm x 200 mm, el vaciado de concreto en estas se efectúa en dos capas, cada una con 25 golpes realizados con una varilla circular recta de acero lisa de 300mm de largo y en su extremo de compactación terminado en punta semiesférica. Posteriormente se mantuvieron a la intemperie durante las próximas 24 horas iniciales, y luego llevadas a curar.

De acuerdo con el segundo factor, se tiene la siguiente Hipótesis planteada: **La compactación no normada en el proceso de elaboración de probetas disminuye la resistencia a la compresión del concreto.**

Este factor se analiza con el procedimiento normado de elaboración de especímenes en campo especificado en la NTP 339.033, con la diferencia en el número de golpes con varilla por cada capa. Se plantean situaciones opuestas en ambos casos, probetas con falta de apisonado y aquellas apisonadas con un número de golpes equivalentes al doble de lo establecido en norma. Obsérvese las figuras 30, 31, 32 y 33, en donde se observa el resultado de dichas probetas a la edad de 28 días.



Figura 30: Probeta con 50 golpes por capa
Fuente: Elaboración propia



Figura 31: Probeta sin apisonar previo a ensayo a compresión a 28 días.
Fuente: Elaboración propia



Figura 32: Probetas sin apisonar ensayada
Fuente: Elaboración propia



Figura 33: Probeta al doble de N° de golpes
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de rotura de las probetas analizadas por el factor de la compactación a edades de 3, 7 y 28 días, permitirán describir y analizar su influencia en la resistencia a la compresión. En la tabla 64 se muestran los resultados de los ensayos en probetas de 4"x8".

Tabla 64

Resultados de la resistencia de compresión de ensayos del segundo factor: Probetas sin apisonar y apisonadas con 50 golpes por cada capa

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES						
RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						
Descripción	: Concreto premezclado		Fecha : Varios			
Norma	: NTP 339.034		Hecho por : Lavarello Diaz, Giovanni : Valderrama Mezarina, Rosa			
Edad de ensayo	: 3, 7 y 28 días					
CÓDIGO	Fc a 3d (kg/cm ²)	fc a 7d (kg/cm ²)	Fc a 28d (kg/cm ²)	Fc prom a 3d (kg/cm ²)	Fc prom a 7d (kg/cm ²)	Fc prom a 28d (kg/cm ²)
Diseño Patrón	187	227	324	186	226	304
	167	194	304			
	165	221	296			
	223	260	290			
Probetas no compactadas - 0 golpes/capa	141	172	208	144	181	209
	144	183	210			
	147	187	210			
Probetas compactadas en exceso - 50 golpes/capa	214	261	312	215	259	311
	218	258	311			
	215	259	309			

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión se describen en la tabla 65, acompañado de la figura 34 la cual grafica la comparación.

Tabla 65

Porcentajes de resultados de la resistencia de compresión de ensayos del segundo factor frente al diseño patrón

CÓDIGO	% resistencia a 3d	% resistencia a 7d	% resistencia a 28d
Diseño Patrón	100%	100%	100%
Probetas no compactadas - 0 golpes/capa	77%	81%	69%
Probetas compactadas en exceso - 50 golpes/capa	116%	115%	102%

Fuente: Elaboración propia

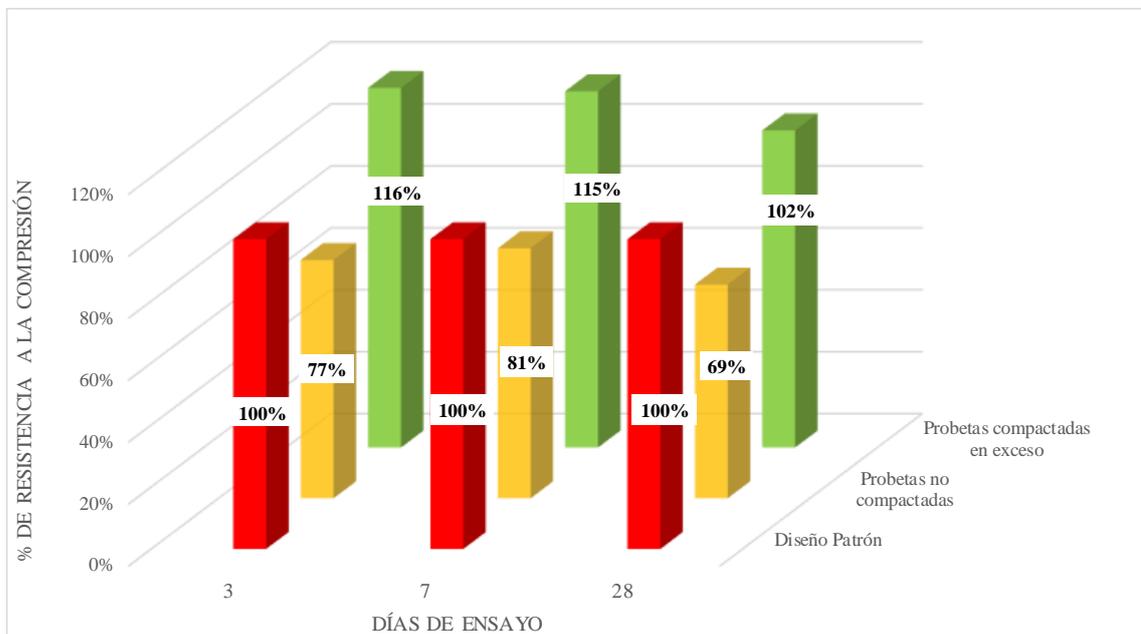


Figura 34: Gráfica comparativa de porcentajes mostrados en la tabla 65

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2 Interpretación de resultados del segundo factor: Este factor corresponde al análisis de los resultados presentados sobre la compactación del concreto en las probetas. De acuerdo con lo mencionado en el subíndice “b” de interpretación de resultados, la compactación normada para probetas de 4” x 8”, se realizan en dos capas con 25 golpes cada una. La evaluación del incumplimiento de esta indicación normada consistió en dar el doble de golpes y no dar golpe alguno.

- Probetas no compactadas - 0 golpes/capa: Se observa en los resultados presentados en la figura 34, la disminución de la resistencia a la compresión para los especímenes no apisonados con resultados a 3, 7 y 28 días de 77%, 81% y 69% respectivamente frente al diseño patrón, que nos lleva a mencionar que es indispensable apisonar la mezcla para un adecuado acomodamiento de sus componentes.
- Probetas compactadas en exceso - 50 golpes/capa: Se observa en los resultados presentados en la figura 34; que, por el contrario, el no cumplir la normativa al aumentar el número de golpes aumentó la resistencia a la compresión a edades de 3, 7 y 28 días en 116%, 115%, y 102%, respectivamente frente al diseño patrón. Esto puede llevar a indicar que un exceso de varillado podría resultar beneficioso en el aumento de la resistencia a la compresión.

c) El tercer factor a analizar es la temperatura de almacenaje durante las primeras 24 horas, de acuerdo con lo mencionado en el marco teórico, se conoce de la NTP 339.033 que, la temperatura de almacenamiento de las probetas debe estar en un rango de 16°C hasta 27°C y en un ambiente en el que se prevenga la pérdida de humedad. Las temperaturas referentes son 10.6°C como la mínima y 35.2°C como la máxima.

De acuerdo con este factor, se tiene la siguiente Hipótesis planteada: **El almacenamiento de probetas de concreto a temperatura fuera de rango normado reduce la resistencia a la compresión del concreto.**

Se analiza a través de la creación de microclimas que permitieron dar con las temperaturas buscadas para el clima frío, realizados a través de cajas térmicas y gel congelante; por el otro lado, para la temperatura caliente se usó cajas térmicas y fibra de vidrio, pero que no permitió llegar a la temperatura de 35.2°C durante las diez primeras horas, pero sí en las 14 horas restantes, dejando finalmente una temperatura promedio de 30.7°C. Se pueden observar en las figuras 35, 36, 37 y 38 los elementos usados:



Figura 35: Pozas de curado UNICON

Fuente: Elaboración propia



Figura 36: Cajas térmicas con gel frío y termómetros

Fuente: Elaboración propia



Figura 37: Cajas térmicas con fibra de vidrio
Fuente: Elaboración propia

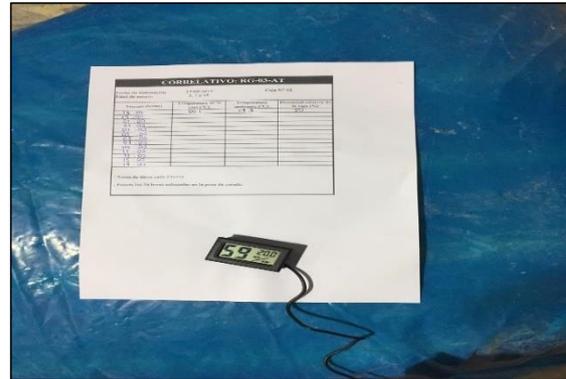


Figura 38: Cajas térmicas calientes con termómetros
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de rotura de las probetas analizadas en este factor a las edades de 3, 7 y 28 días, permitirán realizar las evaluaciones estadísticas con el objetivo de refutar o aceptar la Hipótesis planteada. Estos ensayos mantienen por un tiempo determinado a los especímenes a temperaturas por debajo y encima de lo estipulado por la norma. En la tabla 66 se muestran los resultados de los ensayos en probetas de 4"x8".

Tabla 66

Resultados de la resistencia de compresión de ensayos del tercer factor: Probetas almacenadas en una superficie a 10.6°C y 30.7°C.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA				
		FACULTAD DE INGENIERÍA				
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES						
RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						
Descripción	: Concreto premezclado			Fecha : Varios		
Norma	: NTP 339.034			Hecho por : Lavarello Diaz, Giovanni : Valderrama Mezarina, Rosa		
Edad de ensayo	: 3, 7 y 28 días					
CÓDIGO	F'c a 3d (kg/cm ²)	F'c a 7d (kg/cm ²)	F'c a 28d (kg/cm ²)	F'c prom a 3d (kg/cm ²)	F'c prom a 7d (kg/cm ²)	F'c prom a 28d (kg/cm ²)
Diseño Patrón	187	227	324	186	226	304
	167	194	304			
	165	221	296			
	223	260	290			
Probetas almacenadas a baja temperatura 10.6°C	142	237	285	139	241	286
	137	242	285			
	139	243	288			
Probetas almacenadas a alta temperatura 30.7°C	190	233	284	190	232	287
	191	232	287			
	190	231	290			

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, los resultados obtenidos en promedio de la resistencia a la compresión ensayados a las edades de 3, 7 y 28 días, se describen en la tabla 67, acompañado de la figura 39.

Tabla 67

Porcentajes de resultados de la resistencia de compresión de ensayos del tercer factor frente al diseño patrón

CÓDIGO	% resistencia a 3d	% resistencia a 7d	% resistencia a 28d
Diseño Patrón	100%	100%	100%
Probetas almacenadas a baja temperatura 10.6°C (BT)	75%	107%	94%
Probetas almacenadas a alta temperatura 30.7°C (AT)	102%	103%	95%

Fuente: Elaboración propia

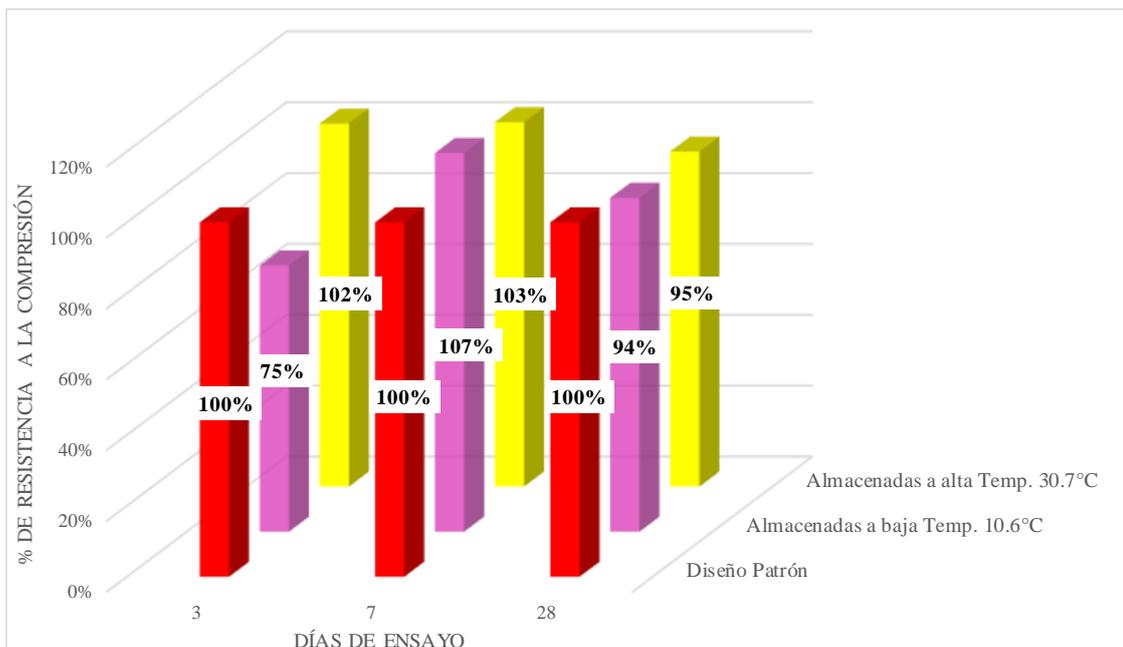


Figura 39: Gráfica comparativa de porcentajes mostrados en la tabla 67

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3. Interpretación de resultados del tercer factor: Este factor corresponde al análisis de resultados presentados sobre la temperatura del medio ambiente en las probetas de concreto. De acuerdo con lo indicado en el subíndice “c” de interpretación de resultados, en el cual se menciona que la resistencia a la compresión debería disminuir cuando la temperatura de almacenamiento de las probetas no esté entre 16°C y 27°, por lo tanto, se menciona lo siguiente:

- Probetas almacenadas a baja temperatura 10.6°C (BT): De acuerdo con los resultados obtenidos de la figura 39 se observa que, los porcentajes de resistencias a la compresión en un clima con temperatura promedio de 10.6°C a edades de 3, 7 y 28 días son 75%, 107% y 94% respectivamente, resultando tener en primera instancia (a 3 días), un valor menor en 25% (47 kg/cm²) frente al diseño patrón; sin embargo, a los 7 días logra superar a este en un 7% (15 kg/cm²), pareciendo indicar que resultaría más alto, mas a los 28 días se obtiene un valor equivalente al 94%. Tener un resultado a los 28 días menor, indica que finalmente el no cumplir con el rango de temperaturas indicadas por la norma, terminan reduciendo la resistencia a la compresión.
- Probetas almacenadas a alta temperatura 30.7°C (AT): De acuerdo con los resultados obtenidos de la figura 39 se observa que, los porcentajes de resistencias a la compresión bajo un clima con temperatura promedio de 30.7°C a edades de 3, 7 y 28 días son 102%, 103% y 95% respectivamente, dando como resultado a edades tempranas (3 y 7 días) una mayor resistencia que el diseño patrón, pero que, a los 28 días, disminuye en un 5% (17 kg/cm²). Indicando así que a una temperatura de 30.7°C, mayor a lo establecido por la norma, reduce la resistencia a la compresión.

4.3.3 Contrastación de hipótesis

4.3.3.1 Contrastación de hipótesis del primer factor: El planteamiento de la evaluación de hipótesis nos lleva a indicar la nula (H_0) y alterna (H_1), para iniciar con el análisis.

H_0 : En la elaboración de probetas de concreto en campo, el incumplimiento de la norma respecto a la inclinación de la superficie de almacenamiento durante las primeras 24 horas, usando pendientes de inclinación de 5%, 10% y 15% reduce la resistencia a la compresión del concreto.

H_1 : En la elaboración de probetas de concreto en campo, el incumplimiento de la norma respecto a la inclinación de la superficie de almacenamiento durante las primeras 24 horas, usando pendientes de inclinación de 5%, 10% y 15% no reduce la resistencia a la compresión del concreto.

Para la evaluación del siguiente factor, se realiza el análisis estadístico a través del software SPSS, versión 25. Se presentan los siguientes resultados de las tablas 68, 69 y 70 en base a los resultados mostrados en la tabla 64.

Tabla 68

Variabes entradas estadística

Variabes entradas/eliminadas^a

Modelo	Variabes entradas	Variabes eliminadas	Método
1	Inclinación ^b	.	Introducir

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Fuente: SPSS v.25

Tabla 69

Resumen del modelo

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,754 ^a	,568	,529	11,484

a. Predictores: (Constante), Porcentaje de inclinación (%)

Fuente: SPSS v.25

El resultado de r^2 , mostrado en la tabla 69, expresa que la variable independiente (la variación de los porcentajes de inclinación de la superficie de almacenamiento de probetas) influye en un 56,8% respecto a la variable dependiente (resistencia a la compresión).

Tabla 70
Tabla de Coeficientes

		Coeficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
Modelo		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	309,568	4,995		61,976	,000
	Porcentaje de inclinación (%)	-2,115	,556	-,754	-3,806	,003

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: SPSS v.25

El conjunto de valores obtenidos permite establecer la figura 40 con el fin de analizar la correlación entre el porcentaje de inclinación y la resistencia a la compresión, donde se observa la proyección a través de una relación lineal y cúbica, de manera que se aprecien las tendencias en el presente factor.

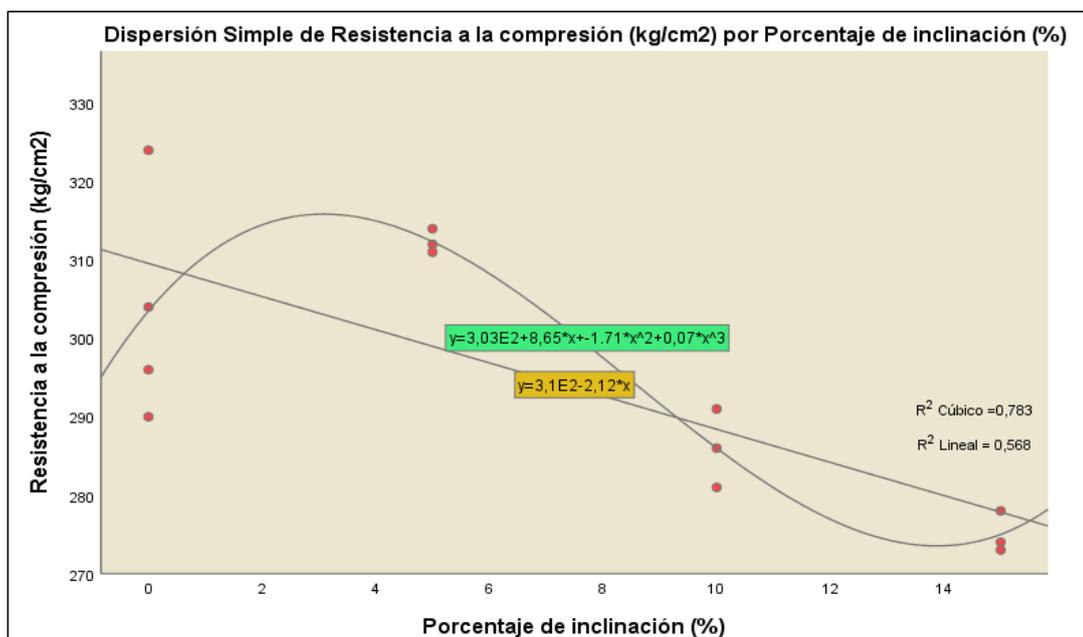


Figura 40: Dispersión Simple de Resistencia a la compresión por un porcentaje de inclinación

Fuente: SPSS v.25

Con los datos obtenidos estadísticamente mediante el método de regresión lineal podemos observar la tendencia descendente de la recta, con lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1) ya que las probetas muestreadas y almacenadas sobre una superficie inclinada reducen la resistencia del diseño a medida que aumenta la superficie de inclinación como se ve en el figura 40, debido a que la carga aplicada, durante el ensayo a compresión, no será distribuida uniformemente en toda el área superficial, facilitando de esta manera su falla en la sección superior inclinada. (Ver figura 28)

4.3.3.2 Contrastación de hipótesis del segundo factor: El planteamiento de la evaluación de hipótesis nos lleva a tener las siguientes hipótesis nula (H_0) y alterna (H_1).

H_0 : En la elaboración de probetas de concreto en campo, el incumplimiento de la norma respecto al apisonado establecido reduce la resistencia a la compresión del concreto.

H_1 : En la elaboración de probetas de concreto en campo, el incumplimiento de la norma respecto al apisonado establecido no reduce la resistencia a la compresión del concreto.

Para evaluar el siguiente factor y obtener las tablas 71, 72 y 73; se analiza un conjunto de variables estadísticas, iniciando con el gráfico de Número de golpes vs Resistencia a la compresión, con el objetivo de encontrar alguna tendencia en el análisis, con los datos de la tabla 62.

Tabla 71

VARIABLES ENTRADAS ESTADÍSTICA

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Número de golpes por capab	.	Introducir

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Fuente: SPSS v.25

Tabla 72

RESUMEN DEL MODELO ESTADÍSTICO

RESUMEN DEL MODELO

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,976 ^a	,952	,945	11,452

a. Predictores: (Constante), Número de golpes por capa

Fuente: SPSS v.25

El resultado de r^2 expresa que la variable independiente (el número de golpes por capa durante el proceso de muestreo de probetas) influye en un 95.2% respecto a la variable dependiente (resistencia a la compresión).

Tabla 73

Tabla de coeficientes

		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
Modelo		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	256,667	6,036		42,525	,000
	Nº de golpes por capa	2,200	,187	,976	11,764	,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: SPSS v.25

El conjunto de valores obtenidos permite establecer la figura 41 con el fin de analizar la correlación entre el apisonado (número de golpes por capas) y la resistencia a la compresión, donde se observa la proyección a través de una relación lineal, de manera que se aprecie la tendencia en el presente factor.



Figura 41: Dispersión Simple de Resistencia a la compresión por un número de golpes por capa

Fuente: SPSS v.25

Con los datos obtenidos estadísticamente mediante el método de regresión lineal podemos observar la tendencia ascendente de la recta, con lo cual se acepta la hipótesis alterna (H₁) y se rechaza la hipótesis nula (H₀), de acuerdo a lo mencionado en el punto 4.3.2.2 de interpretación de resultados del segundo factor y la línea de tendencia mostrada en la figura 41, comprueban que a mayor número de golpes por capa se mejora la distribución del concreto en el elemento, aumentando la resistencia, y a falta de este se exhibe un mayor porcentaje de vacíos ocasionando la disminución de esta.

4.3.3.3 Contrastación de hipótesis del tercer factor: El planteamiento de la evaluación de hipótesis nos lleva a tener las siguientes hipótesis nula (H_0) y alterna (H_1).

H_0 : El almacenamiento de probetas de concreto elaboradas en campo a temperatura fuera de rango normado reduce la resistencia a la compresión del concreto.

H_1 : El almacenamiento de probetas de concreto elaboradas en campo a temperatura fuera de rango normado no reduce la resistencia a la compresión del concreto.

El rango de temperaturas ambiente trabajadas, durante las primeras 24 horas de almacenaje utilizadas en el análisis, fueron tomadas durante la exposición de las probetas a ambas temperaturas de la forma que se muestran en las figuras 35, 36, 37 y 38.

Con el objetivo de validar las temperaturas se realiza el análisis estadístico descriptivo del conjunto de temperaturas tomadas (ver tabla 74) del espacio donde se adecuó el microclima.

Tabla 74

Datos de horas y temperaturas en cajas térmicas para análisis de microclima caliente

Hora (hrs)	Temperatura (°C)
17:00:00	20.3
19:00:00	20.3
21:00:00	21.1
23:00:00	23.0
01:00:00	27.3
03:00:00	30.4
05:00:00	35.7
07:00:00	37.1
09:00:00	37.6
11:00:00	38.3
13:00:00	38.7
15:00:00	38.9

Fuente: Elaboración propia

De los datos mostrados en la tabla 74, se obtienen los siguientes resultados de las tablas 75, 76 y 77.

Tabla 75

Frecuencia de datos de temperatura y porcentajes de incidencias en cajas calientes

Temperatura (°C)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
20,30	2	16.7	16.7	16.7
21,10	1	8.3	8.3	25.0
23,00	1	8.3	8.3	33.3
27,30	1	8.3	8.3	41.7
30,40	1	8.3	8.3	50.0
35,70	1	8.3	8.3	58.3
37,10	1	8.3	8.3	66.7
37,60	1	8.3	8.3	75.0
38,30	1	8.3	8.3	83.3
38,70	1	8.3	8.3	91.7
38,90	1	8.3	8.3	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Fuente: SPSS v.25

De la tabla 74 se observa un conjunto de 12 datos tomados a través de un termómetro insertado en la caja térmica, donde se puede presenciar una temperatura media de 30.7 grados centígrados (ver tabla 76). Se observa de la misma manera, de la tabla 74 que, en un rango de 12 horas, se tuvo expuesto a una temperatura que bordea los 37°C.

Tabla 76

Valores descriptivos de datos analizados

	Estadísticos descriptivos				
	N Estadístico	Rango Estadístico	Mínimo Estadístico	Máximo Estadístico	Media Estadístico
Alta Temperatura	12	18.60	20.30	38.90	30.7250

Fuente: SPSS v.25

En la tabla 77, se muestran los valores descriptivos del análisis de Asimetría y Curtosis obtenidos del SPSS.

Tabla 77

Valores descriptivos de datos analizados para análisis de Asimetría y Curtosis

Estadísticos descriptivos						
	Desv. Desviación Estadístico	Varianza Estadístico	Asimetría		Curtosis	
			Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
Alta Temperatura	7.87391	61.998	-0.327	0.637	-1.893	1.232

Fuente: SPSS v.25

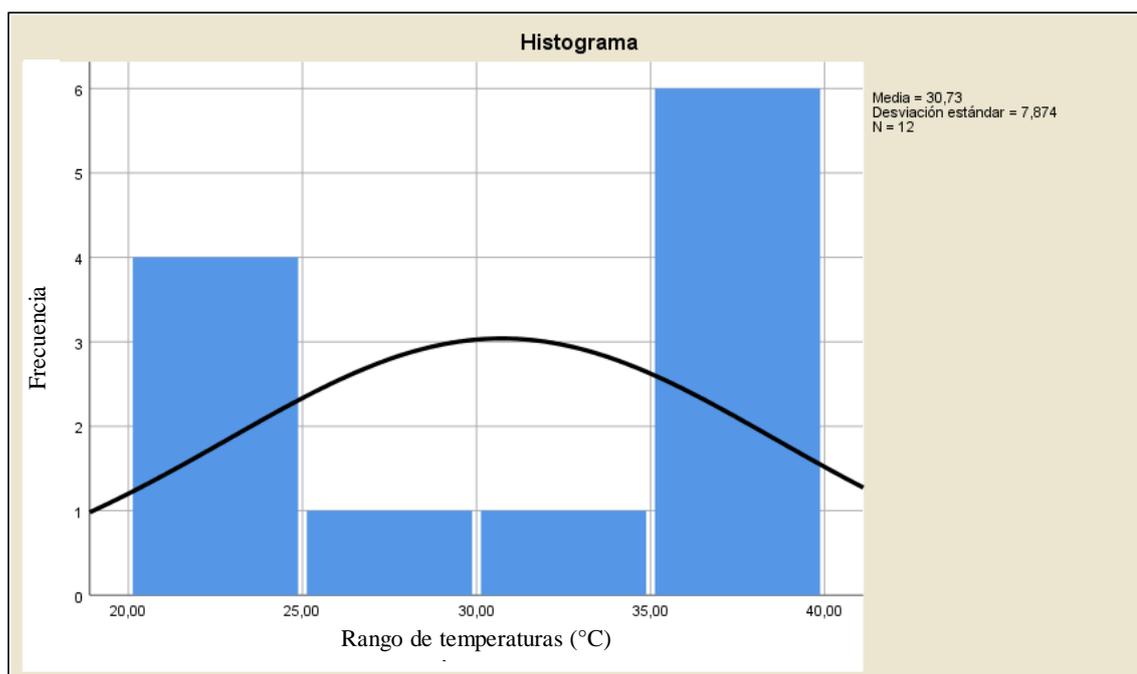


Figura 42: Histograma de temperaturas con curva de descriptiva de asimetría y curtosis

Fuente: SPSS v.25

La figura 42 muestra un conjunto de datos de temperaturas tomadas, en donde la media tiende a generar un punto céntrico, donde se tiene el resultado de asimetría equivalente a -0.327, que la describe como una asimetría negativa. El conjunto de valores de la tabla 74, muestra una exposición de 14 horas a las temperaturas en el rango de frecuencia entre 30°C y 40 °C, de manera que podemos afirmar la obtención de una exposición prolongada de una jornada calurosa a un día de verano con intenso calor en Lima Metropolitana.

El clima frío de Lima Metropolitana también se analiza, al obtener temperaturas menores a los 16°C establecidos por norma. Para ello se tienen los siguientes datos tomados en campo. (Ver tabla 78)

Tabla 78

Datos de horas y temperaturas en cajas térmicas para análisis de microclima frío

Hora (hrs)	Temperatura (°C)
19:30:00	11.1
21:30:00	10.9
23:30:00	10.8
01:30:00	10.2
03:30:00	10.0
05:30:00	10.1
07:30:00	10.3
09:30:00	10.4
11:30:00	10.9
13:30:00	10.8
15:30:00	11.0
17:30:00	10.8

Fuente: Elaboración propia

De los datos mostrados en la tabla 78, se obtienen los siguientes resultados de las tablas 79, 80 y 81.

Tabla 79

Frecuencia de datos de temperatura y porcentajes de incidencias en cajas frías

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
10,00	1	8.3	8.3	8.3
10,10	1	8.3	8.3	16.7
10,20	1	8.3	8.3	25.0
10,30	1	8.3	8.3	33.3
10,40	1	8.3	8.3	41.7
10,80	3	25.0	25.0	66.7
10,90	2	16.7	16.7	83.3
11,00	1	8.3	8.3	91.7
11,10	1	8.3	8.3	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Fuente: SPSS v.25

De la tabla 78 se muestra un conjunto de 12 datos tomados durante 24 horas a través de un termómetro insertado en una caja térmica, donde se observa los resultados

de la media igual a 10.6°C (Véase tabla 80). De la misma manera se verifica en la tabla 78, la temperatura a la cual estuvieron expuestos los moldes, la cual bordea los 10°C.

Tabla 80

Valores descriptivos de datos analizados

	Estadísticos descriptivos				
	N Estadístico	Rango Estadístico	Mínimo Estadístico	Máximo Estadístico	Media Estadístico
Baja temperatura	12	1.10	10.00	11.10	10.6083

Fuente: SPSS v.25

En la tabla 81, se muestran los valores descriptivos del análisis de Asimetría y Curtosis obtenidos del SPSS.

Tabla 81

Valores descriptivos de datos analizados para análisis de Asimetría y Curtosis

	Estadísticos descriptivos					
	Desv. Desviación Estadístico	Varianza Estadístico	Asimetría		Curtosis	
Baja temperatura	0.38248	0.146	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
			-0.416	0.637	-1.508	1.232

Fuente: SPSS v.25

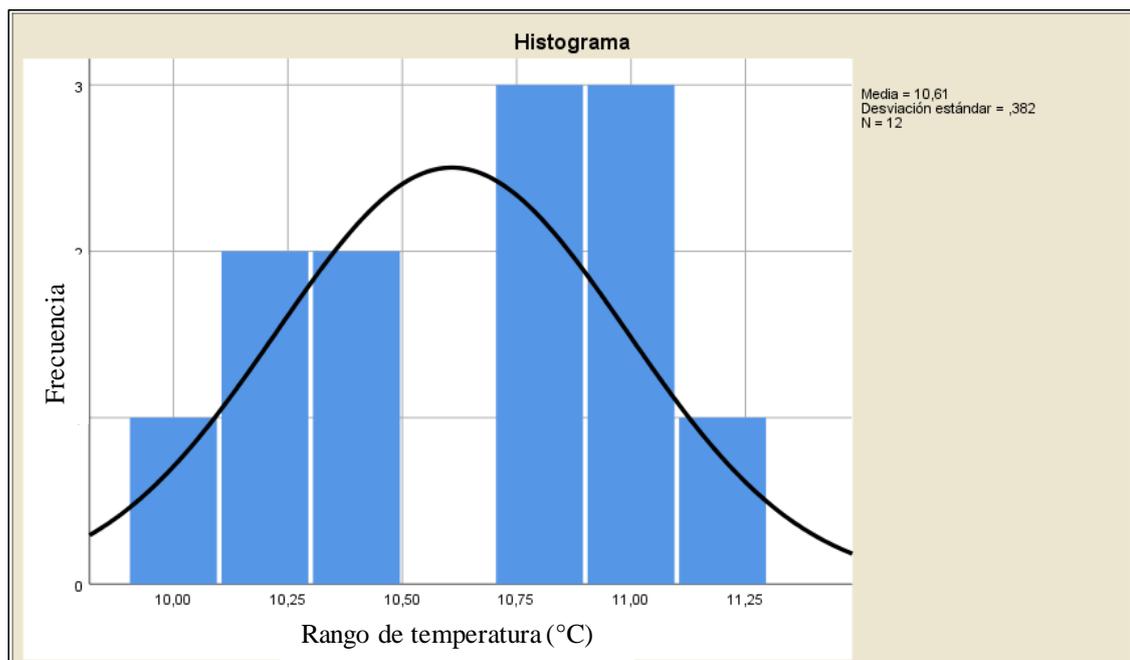


Figura 43: Histograma de temperaturas con curva de descriptiva de asimetría y curtosis

Fuente: SPSS v.25

La figura 43 muestra un conjunto de datos de temperaturas tomadas, en donde la media tiende a generar un punto céntrico, donde se tiene el resultado de asimetría equivalente a -0.416, que la describe como una asimetría negativa. El conjunto de valores muestra una exposición de 24 horas a las temperaturas en el rango de frecuencia entre 10°C y 11 °C, de manera que podemos afirmar la obtención de una exposición prolongada de una jornada bastante fría en un día de invierno en Lima Metropolitana.

El trabajo realizado fue bajo la exposición a las temperaturas máximas y mínimas obtenidas en determinadas fechas en Lima, de manera que se ejecutaron con los puntos máximos y mínimos históricos encontrados en Lima Metropolitana.

El resumen de datos a usar para el análisis es el que se presenta en la tabla 66, 74 y 78; obteniendo como resultado la tabla 82.

Tabla 82

Probetas almacenadas a una baja y alta temperatura durante 24 horas, seguido de un curado normativo en poza de agua con sal

Temperatura de almacenaje (°C)	F'c a 28 d (kg/cm ²)
	285
10.6	285
	288
	324
16.5	304
	296
	290
	284
30.7	287
	290

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis estadístico del factor, se toman los datos de la tabla 82 y se obtiene los resultados mostrados en las tablas 83, 84 y 85.

Tabla 83

VARIABLES ENTRADAS ESTADÍSTICA

VARIABLES ENTRADAS/ELIMINADAS^a

Modelo	VARIABLES ENTRADAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	Temperatura de almacenaje (°C) ^b	.	Introducir

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

b. Todas las variables solicitadas introducidas

Fuente: SPSS v.25

El Coeficiente de determinación múltiple (r^2), refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que se pretende explicar. Mientras su valor se acerque más a 1, mayor será el ajuste del modelo a la variable que se pretende explicar. De manera contraria, cuanto más cercano de cero, el modelo será menos fiable.

Tabla 84

Resumen del modelo estadístico

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,148 ^a	,022	-,100	12,981

a: Predictores: (Constante), Temperatura de almacenaje (°C)

Fuente: SPSS v.25

El resultado de r^2 expresa que la variable independiente (la temperatura de almacenaje durante las primeras 24 horas de las probetas) influye en un 2.2% respecto a la variable dependiente (resistencia a la compresión).

Tabla 85

Tabla de Coeficientes

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
	B	Desv. Error	Beta	t	
1	(Constante)	297,388	10,512	28,290	,000
	Temperatura de almacenaje (°C)	-,215	,509	-,148	,684

Variable dependiente: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: SPSS v.25

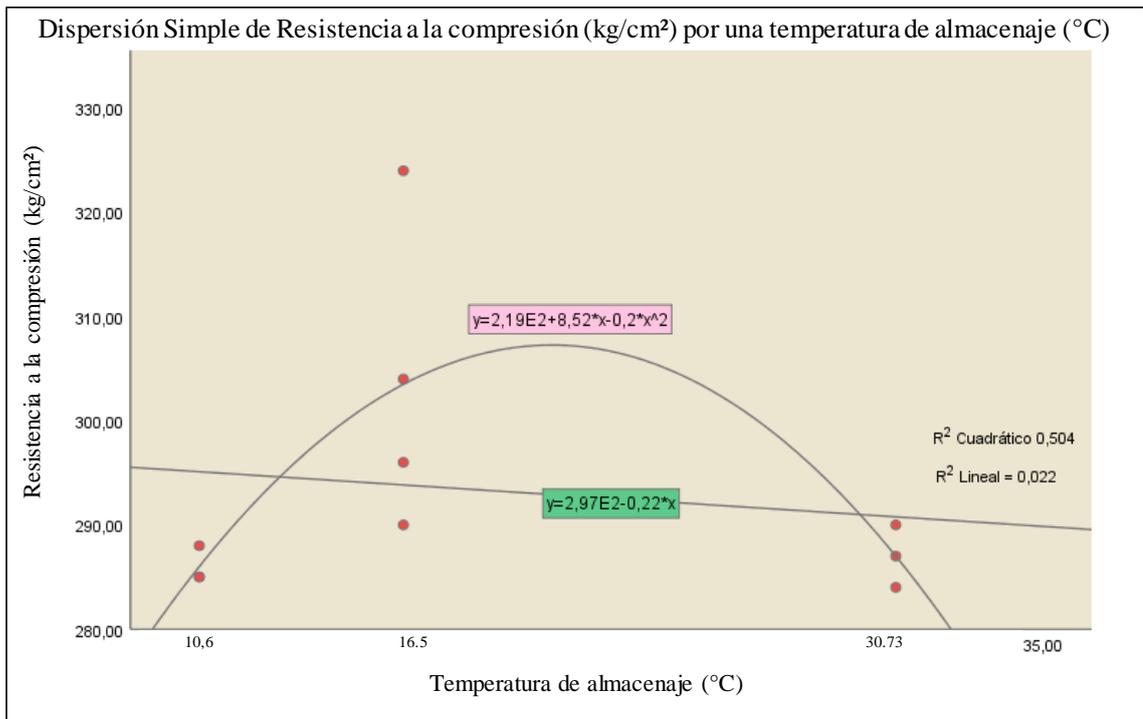


Figura 44: Dispersión Simple de Resistencia a la compresión por una temperatura de almacenaje

Fuente: SPSS v.25

Con los datos obtenidos estadísticamente mediante el método de regresión lineal podemos observar la tendencia de la parábola con una correlación del 50.4% , con lo cual confirma lo especificado por norma durante el periodo de el almacenaje de los especímenes (curado inicial) a temperaturas dentro del rango indicadas (16°C a 27°C) no se tendrá una variación significativa en la resistencia; sin embargo, al exceder o disminuir dichos rangos se presentará una disminución en los resultados por lo que se acepta la hipótesis nula (H₀) y se rechaza la hipótesis alterna (H₁), comprobando que, al tener los especímenes expuestos a temperaturas fuera del rango normado, la resistencia tiende a disminuir.

4.3.4 Resumen gráfico de factores

El conjunto de valores obtenidos, mediante el ensayo a compresión a las edades de 3, 7 y 28 días, se visualizan a través del siguiente gráfico, donde se aprecia los resultados para cada factor analizado con el objetivo de identificar las mayores diferencias de estos frente al diseño patrón.

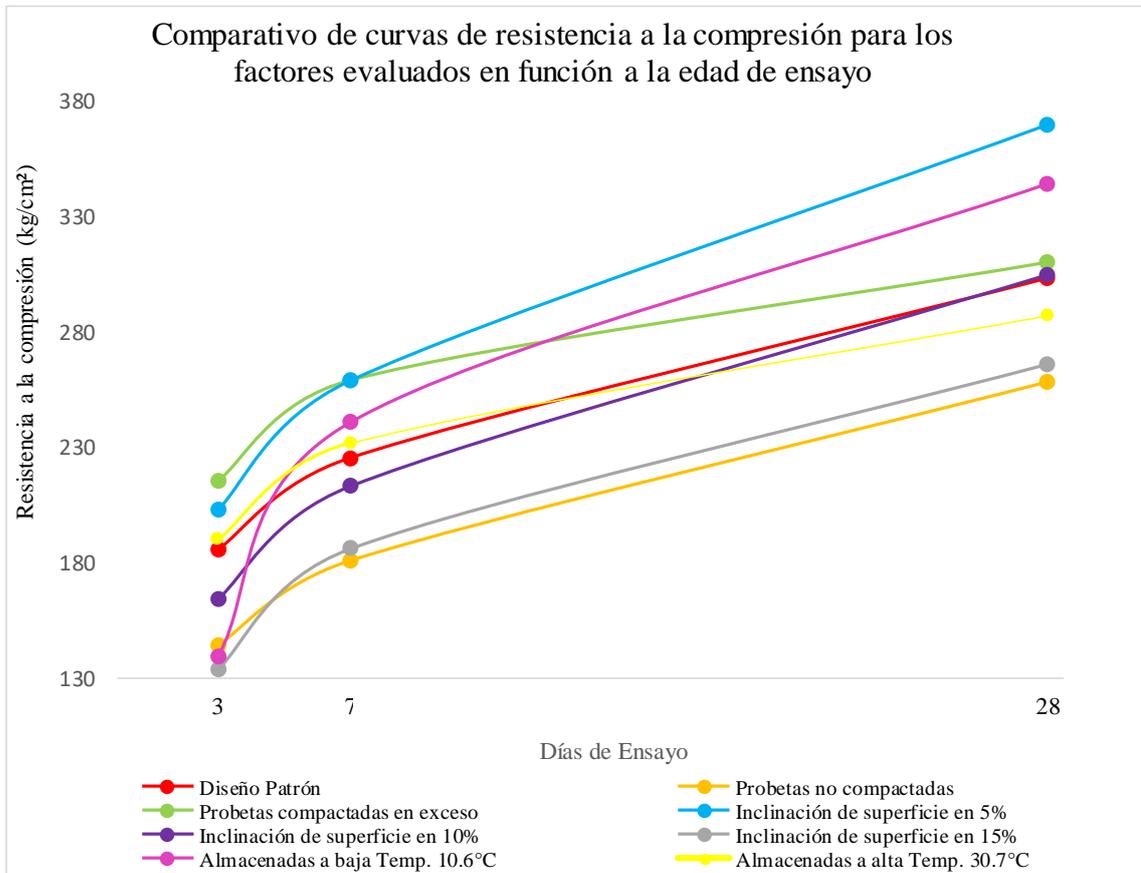


Figura 45: Comparativo de curvas de resistencia a la compresión para los factores evaluados en función a la edad de ensayo

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, se genera la comparación a través de un gráfico de barras que permite visualizar las distintas diferencias en las edades de 3, 7 y 28 días.

La siguiente tabla muestra los resultados en porcentajes respecto al diseño patrón a una edad de 3 días para todos los factores.

Tabla 86

Resumen de resultados comparados a 3 días

FACTOR	% resistencia a 3d
Diseño Patrón	100%
Inclinación de superficie en 5%	109%
Inclinación de superficie en 10%	89%
Inclinación de superficie en 15%	72%
Probetas no compactadas - 0 golpes/capa	77%
Probetas compactadas en exceso - 50 golpes/capa	116%
Probetas almacenadas a baja temperatura - 10.6°C	75%
Probetas almacenadas a alta temperatura - 30.7°C	102%

Fuente: Elaboración propia

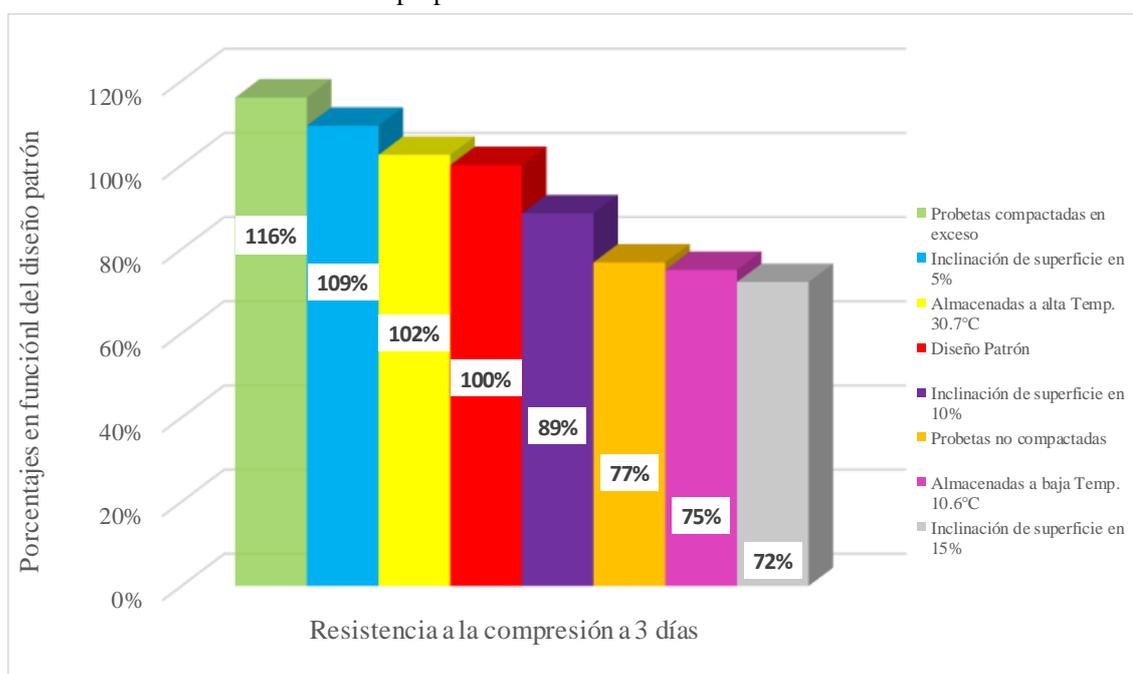


Figura 46: Porcentaje de resistencia a la compresión respecto a un diseño patrón a edad de 3 días

Fuente: Elaboración propia

En la figura 46 se observa en la comparativa de resultados de probetas ensayados a la edad de 3 días, al elevado número de varillado, superficie inclinada a 5% y un escenario de altas temperaturas, desarrollando una mayor resistencia a la compresión de hasta 16% (30 kg/cm²) por encima del diseño patrón. Por otro lado, los factores tales como una superficie inclinada de 10% y 15%, falta de varillado, y expuestas a climas de bajas temperaturas se observa una reducción de hasta 28% (51 kg/cm²).

La siguiente tabla muestra los resultados en porcentajes respecto al diseño patrón a una edad de 7 días para todos los factores.

Tabla 87

Resumen de resultados comparados a 7 días

FACTOR	% resistencia a 7d
Diseño Patrón	100%
Inclinación de superficie en 5%	115%
Inclinación de superficie en 10%	95%
Inclinación de superficie en 15%	83%
Probetas no compactadas - 0 golpes/capa	81%
Probetas compactadas en exceso - 50 golpes/capa	115%
Probetas almacenadas a baja temperatura - 10.6°C	107%
Probetas almacenadas a alta temperatura - 30.7°C	103%

Fuente: Elaboración propia

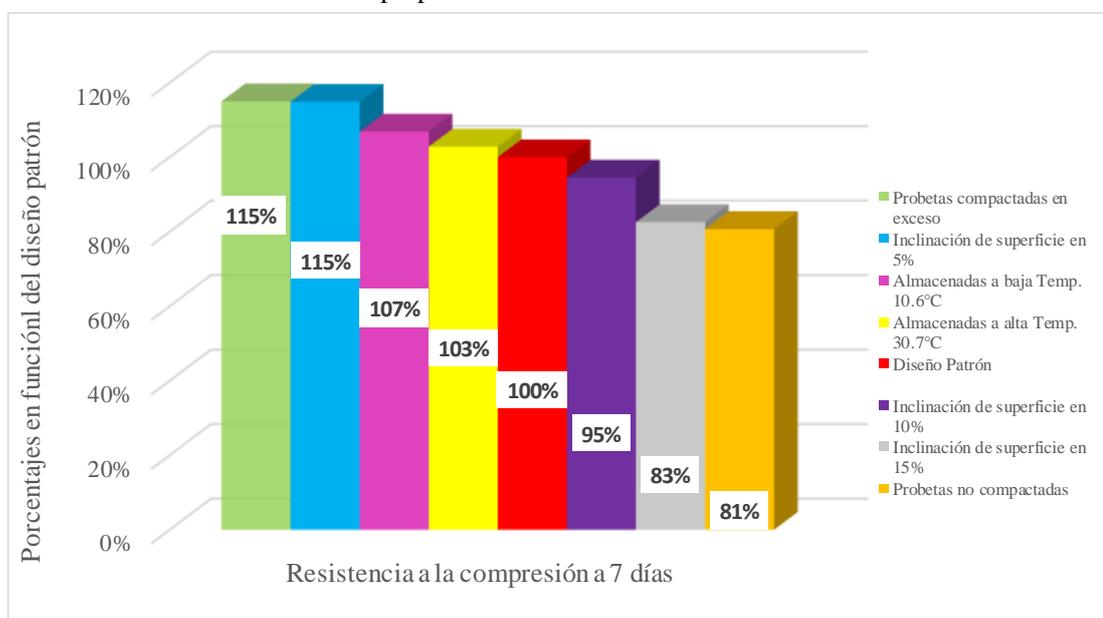


Figura 47: Porcentaje de resistencia a la compresión respecto a un diseño patrón a edad de 7 días

Fuente: Elaboración propia

En la figura 47, respecto a la comparativa de los resultados obtenidos mediante los ensayos a compresión en probetas de 4"x8", se observa una mayor resistencia en moldes con un exceso número de varillado, superficie inclinada a 5% y un escenario de altas y bajas temperaturas a la edad de 7 días, desarrollando una mayor resistencia a la compresión de hasta 15% (33 kg/cm²) por encima del diseño patrón. Por el otro lado, se obtiene que los factores como una superficie inclinada a 10% y 15%, así como una falta de varillado arrojan valores menores al diseño patrón, con una reducción de hasta 19% (45 kg/cm²).

La siguiente tabla muestra los resultados en porcentajes respecto al diseño patrón a una edad de 28 días para todos los factores.

Tabla 88

Resumen de resultados comparados a 28 días

FACTOR	% resistencia a 28d
Diseño Patrón	100%
Inclinación de superficie en 5%	103%
Inclinación de superficie en 10%	94%
Inclinación de superficie en 15%	91%
Probetas no compactadas - 0 golpes/capa	69%
Probetas compactadas en exceso - 50 golpes/capa	102%
Probetas almacenadas a baja temperatura - 10.6°C	94%
Probetas almacenadas a alta temperatura - 30.7°C	95%

Fuente: Elaboración propia

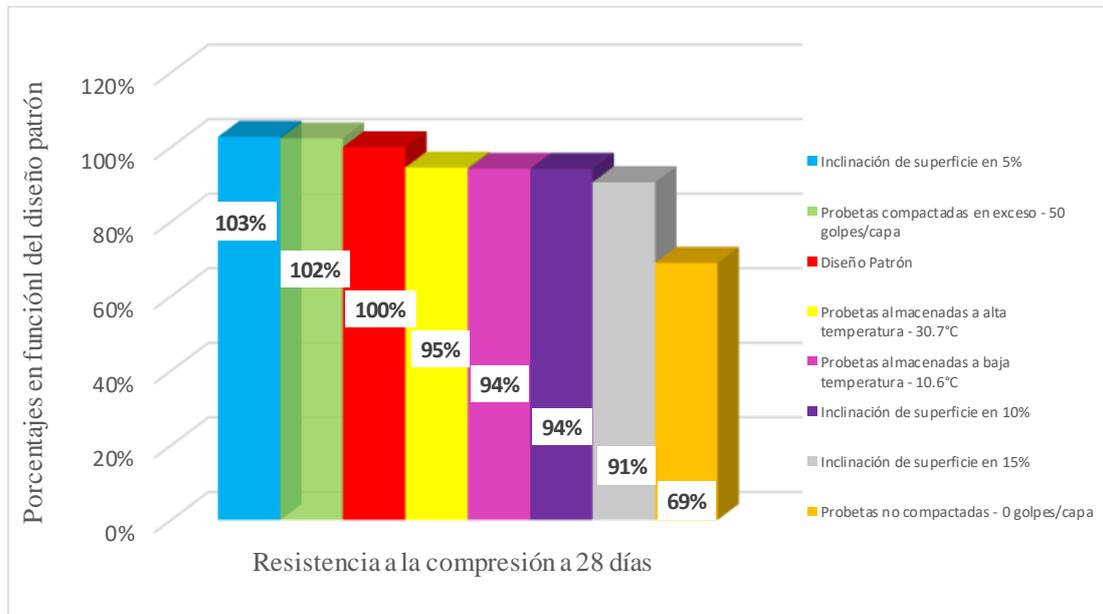


Figura 48: Porcentaje de resistencia a la compresión respecto a un diseño patrón a edad de 28 días

Fuente: Elaboración propia

En la figura 48, respecto a la comparativa de resultados de resistencia a la compresión obtenidos en probetas de 4"x8", se observa una mayor resistencia en moldes con excesivo número de varillado y superficie inclinada a 5% a la edad de 28 días, encontrándose estos valores entre el 2% y 3% por encima frente a un diseño patrón. Por otro lado, se obtiene que los factores como superficies inclinadas a 10% y 15%, un escenario de altas y bajas temperaturas, así como una falta de varillado arrojan valores menores al diseño patrón, donde se observa una reducción de hasta 31% (95 kg/cm²).

4.4 Discusión

1. El primer factor analizado fue superficies inclinadas, este factor por normatividad indica que la superficie de almacenamiento de los especímenes debe ser de 2% como máximo. Los análisis del incumplimiento de la normatividad en este primer tema corresponden al almacenaje durante las primeras 24 horas; es decir su curado inicial, sobre las superficies mencionadas ocasionando la reducción de la resistencia a la compresión. Este factor es considerado por encontrarse dentro de las dos causas más influyentes dentro de una encuesta realizada por Orozco et al. (2018); en donde el método y/o procedimiento para la elaboración del concreto en campo es el segundo más influyente en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, solo después del medio ambiente. Así mismo, en el artículo “Baja resistencia en los cilindros de prueba de concreto” de la NRMCA (2014), menciona que la violación a los procedimientos descritos por la ASTM repercutirá en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, y menciona dentro de los más significativos a las superficies con acabados inapropiados y capeados inadecuados. Es allí donde la superficie inclinada, normada por la NTP, es motivo de análisis. El antecedente explícito de análisis de la superficie inclinada no se encuentra descrito de esa manera, mas es una situación que se encuentra regularmente mostrada en la superficie del terreno en obra y que llega a ser crucial en el análisis de los resultados del concreto. En el desarrollo del factor, se realizaron las probetas respetando el correcto proceso de moldeo, a diferencia que estas fueron almacenadas sobre una superficie inclinada con ayuda de una rampa que brindó dichas pendientes. Los resultados analizados confirman que, al aumentar la pendiente, se reduce la resistencia a la compresión frente al diseño patrón, tal como en la superficie con pendiente de 15% y 10%, donde la reducción de la resistencia a la compresión se evidenció en las 3 edades de ensayo; 3, 7 y 28 días, por otro lado, la superficie inclinada a 5% no muestra un valor menor, por el contrario, es mayor su resistencia al diseño patrón a 3, 7 y 28 días, dejando en discusión el margen brindado por la NTP y la ASTM. Los sesgos posibles en la presente comparación pueden encontrarse en el tiempo en el que se realizó las probetas del diseño patrón comparativo y las probetas con los factores de 5%, 10% y 15%, en el que se encuentra entre 15 días y 30 días de diferencia. Lo que no varía es que la tendencia de la reducción de los especímenes de concreto incrementa linealmente frente a la pendiente de la superficie en donde se las almacena las primeras 24 horas antes de ser ingresados a las pozas de curado.

2. El segundo factor analizado fue la compactación de las probetas y su influencia frente a la elaboración en donde se duplicó el número de golpes por capa y otras donde no recibió golpe alguno. La norma estipula que, por el método del apisonado, se deben dar 25 golpes por capa; al omitir el número de golpes se reduce la resistencia a la compresión debido a la presencia de un mayor porcentaje de vacíos y baja densidad de la mezcla; por otro lado, la presencia de un exceso de golpes por capa equivalente al doble del número de golpes aumenta la resistencia a la compresión del concreto. Se identifica una correlación entre el número de golpes frente a la resistencia dada por una correlación que presenta un 95.2% de confiabilidad, aumentando la resistencia por el mayor número de golpes en el apisonado. La resistencia frente a un mayor apisonado obtiene mayores resistencias, y muestran una aparente mejora, esto resulta beneficioso si se evita la segregación del concreto lo cual produzca un daño en la estructura a vaciar.

3. El tercer factor analizado fue la pérdida de la resistencia a la compresión debido a la influencia de altas y bajas temperaturas de acuerdo con lo especificado en norma. Cánoves (2012), describe en su investigación “Evolución de la resistencia del hormigón de obra. Métodos de predicción a partir de los ensayos de control de la conformidad del hormigón” que la temperatura de curado del hormigón es un parámetro significativo en la evolución de la resistencia, dejando en claro que el almacenamiento de estas a temperaturas elevadas, dará mayor resistencia inicial (3 días), que a menor temperatura, como se observa en el figura 46; sin embargo a la edad de 7 días la resistencia es similar en las probetas almacenadas en un rango de 10.6 hasta 30.7°C de temperatura, existiendo una diferencia en las conservadas a baja temperatura, asociándolo a la cantidad de aditivo plastificante empleado, posteriormente a la edad de 28 días, la resistencia del concreto almacenados a baja y alta temperatura arrojan valores por debajo de aquellos almacenados a una temperatura normalizada. Las probetas ensayadas a 3 días reflejan el comportamiento de un concreto el cual estuvo almacenado a una menor temperatura (10.6°C), presentando una microestructura con baja cohesión entre partículas parcialmente anhídras del cemento debido a la escasa formación de Silicato Cálcico Hidratado (CSH), en comparación a aquella sometida a una temperatura elevada (30.7°C), donde la presencia de CSH es extensiva; con ello, a la edad de ensayo de 28 días las probetas a mayor y menor temperatura tienen una formación irregular no favoreciendo en su resistencia a la compresión, con ello se desprende que la temperatura, además de influir en la cantidad de CSH formado a edades tempranas, también afecta a su morfología.

CONCLUSIONES

- 1) El proceso de elaboración de probetas no normado no reduce la resistencia a la compresión del concreto en todos los factores analizados, la reducción afecta la resistencia en aquellas probetas que no han recibido el apisonado, han sido almacenadas sobre superficies inclinadas de 10% y 15% durante su curado inicial y también las almacenadas en temperaturas fuera del rango especificado por norma, obteniéndose al factor no compactado como el de mayor influencia en la baja resistencia a la compresión con una reducción del 31% (94 kg/cm^2) para una edad de ensayo a 28 días. Por el otro lado, las probetas con mayor número de golpes en el apisonado y las que fueron almacenadas en superficies de 5% de pendiente se encuentran por encima del diseño patrón en 2% (7 kg/cm^2) y 3% (8 kg/cm^2) respectivamente.
- 2) La resistencia a la compresión sobre superficies inclinadas a 5%, 10% y 15% obtiene resultados a la compresión promedios ensayados a 28 días de 103%, 94% y 91% respectivamente, respecto a la resistencia del diseño patrón, indicando que la resistencia es afectada negativamente por superficies inclinadas mayores a 5%, como se evidencia en la tendencia a la reducción de su resistencia en la figura 29. De manera que el incumplimiento de la norma en la superficie de inclinación no influye en la resistencia sobre superficies inclinadas hasta el 5%.
- 3) La compactación es el parámetro más significativo en la adquisición y evolución de la resistencia. La disminución de la resistencia a la compresión ante la falta de apisonado en los especímenes, frente a los 25 golpes por capa estipulados por norma, tiene un valor de 94 kg/cm^2 , obteniéndose una reducción del 31% frente al diseño patrón, para una edad de ensayo a 28 días. Por el otro lado, la resistencia a la compresión aumenta a medida que el número de golpes se incrementa en el apisonado, siendo la cantidad de 50 varillados por capa evaluado en la investigación, obteniendo un valor de 102% en promedio, a una edad de ensayo de 28 días. No identificándose un incremento significativo con respecto al diseño patrón.

- 4) La resistencia a la compresión se ve alterada debido al almacenamiento fuera de los rangos normados, siendo analizadas las temperaturas bajas (10.6°C) y altas (30.7°C) las que ocasionen una modificación en los resultados a compresión, presentando una reducción en la resistencia a edad temprana (3 días) a aquellas almacenadas a 10.6°C , dando como resultado una disminución de 46 kg/cm^2 por debajo del diseño patrón y un incremento de 4 kg/cm^2 en aquellos especímenes almacenados a altas temperaturas. Para una edad de ensayo de 7 días la variación de resultados es de 16 kg/cm^2 y de 6 kg/cm^2 por encima del diseño patrón para las almacenadas a baja y alta temperatura respectivamente. La temperatura baja de Lima Metropolitana ocasiona la reducción de la resistencia a la compresión, a la edad de ensayo de 28 días, en un 6% (17 kg/cm^2); de la misma manera, para altas temperaturas disminuye en 5% (16 kg/cm^2) frente al valor del diseño patrón.

RECOMENDACIONES

- 1) Los resultados de los ensayos cumplen con la hipótesis planteada en los casos de superficies inclinadas en 10% y 15%, la superficie inclinada de 5% no resulta ser menor a la resistencia a la compresión del diseño patrón. Los resultados de los ensayos se tornan a ser inclusive mucho más precisos si se consideran realizar las evaluaciones del concreto en una misma fecha, de manera que las muestras analizadas se encuentren bajo idénticas condiciones que permitan reducir los sesgos ocasionados por las variaciones de las características de los materiales de la cantera de donde se adquirió el mismo, o las condiciones climáticas del día presente; con la finalidad de obtener una correlación de mayor confiabilidad. Así mismo, aumentar el número de muestras a evaluar por cada factor, de manera que permitan realizar una mayor serie de pruebas estadísticas y realizar cuadros comparativos como diagramas de cajas y bigotes y cálculos de estadística descriptiva como distribuciones normales y otros, que permitan brindar una mayor representación y confiabilidad de los resultados.
- 2) La elaboración de las probetas en campo, no solo se dan usando la varilla lisa, sino también usando un vibrador eléctrico, por ello considerar una comparación del método de compactación mediante el uso de un vibrador eléctrico y el apisonado por capas normado, examinando cuál de los dos métodos sería el más idóneo de realizar en el proceso de muestreo de probetas en obra, tomando en cuenta, además, el tiempo de elaboración y resultado final de las probetas ensayadas.
- 3) En referencia al tercer factor evaluado, tener en consideración, para una futura investigación, la toma de datos de la humedad relativa del ambiente donde se almacene los especímenes, con ello obtener un resultado con mayor precisión considerando todos los factores ambientales que puedan afectar el proceso de hidratación del cemento y con ello el resultado final de la resistencia.
- 4) En el transcurso del desarrollo de la investigación, se implementó el uso de dos aditivos para asegurar las características del concreto premezclado, los usados por la empresa concretera, y siendo además de uso común en los actuales diseños de mezcla en los proyectos de edificación, existe la posibilidad de implementar para

futuras investigaciones un comparativo de aditivos y su influencia cuando se combinan respecto a sus especificaciones técnicas y a un diseño patrón. Así mismo, resultaría idóneo la implementación de sesiones de prácticas para la adecuada aplicación de aditivos en los diseños a elaborar en el laboratorio de pregrado, de manera que puedan identificarse las características y beneficios, permitiendo estar familiarizados con los diferentes productos existentes, de manera que podrán ser considerados para un sin fin de investigaciones que satisfagan diferentes objetivos.

Referencias Bibliográficas

- ACI Committee 211 (1991). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. American Concrete Institute, Estados Unidos.
- Agencia Peruana de Noticias (23 de mayo de 2019). *Perú: proyectan crecimiento del sector construcción en 6,22% en 2019 por impulso de la inversión privada*. América Economía. Recuperado de <https://www.americaeconomia.com/economia-mercados/finanzas/peru-proyectan-crecimiento-del-sector-construccion-en-622-en-2019-por>
- Alvarez, J. (agosto de 2018). Curso de Actualización en Tecnología del Concreto. Conferencia llevada a cabo en UNICON, Perú.
- Cánoves, J. (2012). *Evolución de la resistencia del hormigón de obra. Métodos de predicción a partir de los ensayos de control de la conformidad del hormigón* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Gutierrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Segunda edición. Manizales, Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Hernández, R., Fernández C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. México D.F.: McGraw Hill.
- Holmgren, A., Cavieres, G & Cepeda, R. (2005). *La importancia de un correcto curado de las probetas de hormigón*. *Andescura*, 511-520. Recuperado de <http://andescura.cl/pdf/curado-de-hormigon.pdf>
- INDECOPI (2009). Norma Técnica Peruana 339.033. *HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima, 26 de agosto.
- INDECOPI (2008). Norma Técnica Peruana 339.034. *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, 02 de enero.
- INDECOPI (2017). Norma Técnica Peruana 339.036. *CONCRETO. Práctica para muestreo de mezclas en concreto fresco*. Lima, 27 de agosto.
- Millones, R., Barreno E., Vásquez F. y Castillo C. (2015). *Estadística aplicada a la ingeniería y los negocios*. Primera edición. Lima, Perú. Universidad de Lima.
- Montgomery D. (2011). *Control estadístico de la calidad*. Tercera edición. México D.F.: Limusa Wiley.

- NRMCA (2014). Low Concrete Cylinder Strength. Concrete in Practice 9. Recuperado de <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/09pr.pdf>
- NRMCA (2014). Hot weather concreting. Concrete in Practice 12. Recuperado de <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/12pr.pdf>
- Orozco, M., Avila, Y & Parody, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33 (2), 161-172.
- Ortega, F. (2010) *Influencia de la compactación y conservación de probetas durante su permanencia en obra, así como su posterior refrentado en la resistencia a la compresión del hormigón (período 1997-2007)* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Ortiz, J., Aguado A., Roncero J., Zermeño M. & Farrera A. (2009). Influencia de la temperatura ambiental sobre las propiedades de trabajabilidad y microestructurales de morteros y pastas de cemento. *Ingeniería 11 – 2*, Revista Académica de la FI-UADY, 13-20.
- Prieto, A. y Morales, J (2015), en su artículo “Análisis de la influencia de factores ambientales en la resistencia a compresión del hormigón armado. *Tecnología y Desarrollo*, XIII (1), 4-27.
- Redacción EC (14 de agosto de 2019). Senamhi: Lima Este soportó 10°C, la temperatura nocturna más baja en 31 años. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/senamhi-lima-temperatura-nocturna-10-c-baja-31-anos-noticia-mndc-665253>
- Redacción Perú21 (21 de febrero de 2019). *¿Lima superará este año su récord histórico de temperatura más alta?* Perú 21. Recuperado de <https://peru21.pe/lima/verano-2019-lima-superara-record-historico-temperatura-alta-ano-461328-noticia/>
- Rodríguez, J. (2005) *Estudio de las características físico mecánicas del concreto en clima cálido* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- SENCICO (2009). *E.060 CONCRETO ARMADO, Reglamento Nacional de Edificaciones*. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/arequipa/descargar.php?idFile=190>
- Standard Specification for Portland Cement (2019). ASTM C150 / C150M -19^a. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/C150>
- Vásquez, J. (2015) *Control del concreto en estado fresco y endurecimiento en clima frío* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Operacionalización de variables				Método
			Variables	Indicadores	Unidad de medida	Instrumentos	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General		Superficie inclinada con inclinación	Porcentaje	NTP 339.033 y ASTM C 31 NTP 339.036 y ASTM C 172 Escuadras	<p>El método de investigación es deductivo debido a que con la elaboración de especímenes se observará y determinará la relación de influencia en la resistencia del concreto.</p> <p>El tipo de la investigación es correlacional ya que se determinará la relación existente entre factores en la preparación de las probetas moldeadas en campo descuidando los procesos normados frente a la resistencia a la compresión del concreto</p> <p>El Nivel de investigación es descriptivo ya que permitirá determinar edades de ensayo, promedios, desviaciones y variaciones para establecer los grados de influencia en términos porcentuales en probetas de concreto elaboradas con los cuidados establecidos por la norma y otras con proceso de moldeo con diferentes parámetros que omiten lo normado.</p> <p>El Diseño de la investigación es experimental de acuerdo a las técnicas de contrastación, así como longitudinal y prospectiva. El estudio es de cohorte por generar el análisis de los efectos generados.</p>
¿En qué medida el proceso de elaboración de probetas no normado influye en la resistencia a la compresión del concreto?	Determinar la reducción de la resistencia a la compresión del concreto en probetas elaboradas a través de un proceso no normado , respecto a un concreto patrón de f'c 210 kg/cm ² .	El proceso de elaboración de probetas no normado reduce la resistencia a la compresión del concreto, respecto a la resistencia a la compresión de un concreto patrón de f'c 210 kg/cm ²	V.I.	Compactación no normada	Nº de golpes	NTP 339.033 y ASTM C 31 NTP 339.036 y ASTM C 172 Varilla lisa de 30 cm y diámetro de 10 mm	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Proceso de moldeo no normalizado	Temperatura ambiente fuera de rango normado	Temperatura	NTP 339.033 y ASTM C 31 NTP 339.036 y ASTM C 172 Termómetro	
¿En qué medida la elaboración y almacenamiento sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% influye en la resistencia a la compresión del concreto?	Determinar la incidencia de elaboración y almacenamiento de probetas de concreto previas al curado sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% en la reducción de la resistencia a la compresión del concreto, según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.033 - 2009.	La elaboración y almacenamiento de probetas de concreto sobre una superficie con inclinación de 5%, 10% y 15% reduce la resistencia a la compresión del concreto.					
¿Cómo incide la compactación no normada en la resistencia a la compresión del concreto?	Demostrar que la compactación no normada en el proceso de elaboración de probetas de concreto reduce la resistencia a la compresión del concreto, según la NTP 339.033.	La compactación no normada en el proceso de elaboración de probetas disminuye la resistencia a la compresión del concreto.	V.D. Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Kilogramo por centímetro cuadrado	NTP 339.034 y ASTM C 39 NTP 339.036 y ASTM C 172 Prensa Hidráulica	

Anexo 3: Presupuesto de elaboración de tesis

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	PRECIO (S./.)	PARCIAL (S./.)
01	TRABAJOS EN LABORATORIO				S/18,225.47
01.01	Control de Calidad				S/5,062.00
01.01.01	Análisis granulométrico	Glb	1	80	80.00
01.01.02	Contenido de humedad del agregado	Und	4	16	64.00
01.01.03	Diseño de mezcla	Glb	1	380	380.00
01.01.04	Verificación de diseño	Glb	1	190	190.00
01.01.05	Temperatura del concreto fresco	Und	4	5	20.00
01.01.06	Asentamiento	Und	4	20	80.00
01.01.07	Análisis de peso unitario	Und	4	40	160.00
01.01.08	Contenido de aire del concreto fresco	Und	4	50	200.00
01.01.09	Corte o perfilado de testigo	Und	144	5	720.00
01.01.10	Ensayo de compresión	Und	144	12	1728.00
01.01.11	Curado de probetas (cámara de curado)	Und	144	10	1440.00
01.02	Control de Calidad				S/1,315.85
01.02.01	Cemento Portland Tipo I	Bls	21	18.7	392.70
01.02.02	Arena gruesa Cantera Jicamarca	Bls	21	5.7	119.70
01.02.03	Aditivo Master Ease	Lt	5	160.69	803.45
01.03	Herramientas				S/7,200.90
01.03.01	Buggy	Und	6	140	840.00
01.03.02	Comba de goma	Und	1	80	80.00
01.03.03	Lampas	Und	4	20	80.00
01.03.04	Molde para probetas	Und	144	40	5,760.00
01.03.05	Desmoldante	Gl	1	150	150.00
01.03.06	Baldes (25 lt)	Und	20	11.9	238.00
01.03.07	Baldes (60 lt)	Und	1	52.9	52.90
01.04	Servicios				S/4,646.72
01.04.01	Alquiler de laboratorio	Glb	1	1600	1,600.00
01.04.02	Apoyo técnico	Hh	128	18.24	2,334.72
01.04.03	Equipo de protección personal - EPP	Glb	1	404	404.00
01.04.04	Eliminación de desmonte	M3	2.2	140	308.00
02	TRABAJOS EN GABINETE				S/21,270.00
02.01	Bienes				S/12,720.00
02.01.01	Programa de titulación TITES	Und	2	6000	12,000.00
02.01.02	Material bibliográfico	Glb	1	500	500.00
02.01.03	Útiles de escritorio	Glb	1	100	100.00
02.01.04	Impresión	Mes	6	20	120.00
02.02	Servicios				S/8,550.00
02.02.01	Movilidad	Mes	6	300	1,800.00
02.02.02	Viáticos	Mes	6	900	5,400.00
02.02.03	Otros	Glb	1	150	150.00
02.02.04	Servicio luz, agua y teléfono	Mes	6	200	1,200.00
TOTAL					S/39,495.47

Presupuesto para la elaboración de la tesis

Anexo 4: Informe de calidad del cemento



INFORME DE CALIDAD

TIPO DE CEMENTO: CEMENTO PORTLAND TIPO I
 Marca: "SOL"
 Normas de Referencia: ASTM-C150 / NTP 334.009
 Fecha Emisión: 23/07/2019
 Período Análisis: 1 al 15 de Julio 2019

REMITIDA A:

REQUISITOS QUIMICOS Y FISICOS ESTÁNDAR		
QUIMICOS	Valores	Limites Especificados
DIOXIDO DE SILICE (SiO ₂) %	19.01	-----
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃) %	5.71	-----
OXIDO DE FIERRO (Fe ₂ O ₃) %	3.20	-----
OXIDO DE CALCIO (CaO) %	62.58	-----
OXIDO DE MAGNESIO (MgO) %	2.70	6.0 máx.
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃) %	2.89	3.5 máx.
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O) %	0.85	-----
OXIDO DE SODIO (Na ₂ O) %	0.30	-----
PERDIDA POR IGNICION (P.I.) %	2.10	3.5 máx.
RESIDUO INSOLUBLE (%)	0.73	1.5 máx.
CAL LIBRE (CaO (l)) (%)	0.39	-----
CO ₂ (%)	1.28	-----
CALIZA (%)	3.5	5.0 máx.
CaCO ₂ en Caliza	81	70 mín
COMPOSICION FASES POTENCIALES (%)		
SILICATO TRICÁLCICO (C3S)	57	-----
SILICATO DICÁLCICO (C2S)	10	-----
ALUMINATO TRICÁLCICO (C3A)	9	-----
FERROALUMINATO TETRACÁLCICO (C4AF)	9	-----
FISICOS		
SUPERFICIE ESPECIFICA BLAINE (m ² /kg)	340	260 mín
CONTENIDO DE AIRE (%)	6.40	12 máx.
EXPANSIÓN AUTOCLAVE (%)	0.06	0.80 máx.
FRAGUADO VICAT INICIAL (minutos)	137	45 mín
FRAGUADO VICAT FINAL (minutos)	311	375 máx.
RESISTENCIA A LA COMPRESION		
3 DIAS MPa	30.0	12.0 mín.
7 DIAS MPa	37.4	19.0 mín.
REQUISITOS QUIMICOS Y FISICOS OPCIONALES		
REQUISITOS QUIMICOS		
ALCALI EQUIVALENTE (Na ₂ O+C.658*K ₂ O)	0.86	-----
REQUISITOS FISICOS		
FALSO FRAGUADO	88	50 mín
RESISTENCIA A LA COMPRESION		
28 DÍAS MPa (*)	42.2	28.0 mín.
CALOR DE HIDRATACION		
7 DIAS (cal/g)	74	-----
28 DIAS (cal/g)	79	-----

(*) COMENTARIOS: La Resistencia a al Compresión a 28 días corresponde al mes de Junio

Este informe muestra las CARACTERISTICAS TIPICAS DEL PROMEDIO MENSUAL DE LA PRODUCCION, confirmando que este cemento cumple las especificaciones de las Normas Técnicas NTP 334.009 y ASTM C-150

V° B°


 Ing. Rubén Gilvonic
 Jefe de División Control de Calidad Atocongo

V° B°


 Ing. Juan Asmat
 Gerente de Operaciones Atocongo



The Chemical Company

MasterRheobuild 1202

Aditivo reductor de agua para producir concreto Rheoplástico

USOS RECOMENDADOS

- Concreto donde se desea una alta plasticidad características de fraguado normal y desarrollo rápido de resistencias
- Aplicaciones de concreto pretensado, prefabricado y premezclado
- Aplicaciones de construcción subterránea civil y minera: shotcrete por vía húmeda o seca, grouts de alto desempeño, grouts de túneles y suspensiones de inyección

DESCRIPCION

MasterRheobuild 1202 es un aditivo reductor de agua de alto rango diseñado para producir concreto rheoplástico. Este concreto fluye fácilmente manteniendo una alta plasticidad por tiempos más prolongados que el concreto superplastificado convencional. El concreto rheoplástico tiene la baja proporción agua: material cementicio del concreto sin asentamiento, dando excelentes propiedades de ingeniería (endurecimiento).

VENTAJAS

En el concreto plástico

- Rango de plasticidad de 200 a 280 mm (8-11 in)
- Retención prolongada de asentamiento
- Tiempos de fraguado controlados
- Permite mezclas cohesivas sin segregación y mínima exudación de agua.

Para concreto endurecido

- Mayores resistencias iniciales en comparación con los superplastificantes convencionales
- Mayor resistencia final a compresión
- Mayor módulo de elasticidad
- Mejor resistencia de adhesión al acero
- Baja permeabilidad y alta durabilidad
- Menor retracción y deformación
- Integridad estructural del elemento terminado altamente confiable

Otros

- Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos reductores de agua tipo A y aditivos reductores de agua de alto-rango Tipo F
- Menos dependencia de energía de consolidación
- Menor costo de mano de obra y mayor productividad
- Permite cambios en las especificaciones de ingeniería ya que es factible aumentar los límites de caída libre del concreto fresco, los espesores de las coladas y temperaturas del concreto, así como ajustes económicos en las mezclas.

CARACTERISTICAS DE DESEMPEÑO

Velocidad de endurecimiento

MasterRheobuild 1202 ha sido diseñado para producir características normales de fraguado para todo el rango de dosificación que se recomienda. El tiempo de fraguado del concreto depende de la composición física y química de los ingredientes básicos del concreto, la temperatura del concreto y las condiciones ambientales. Deben hacerse mezclas de prueba con los materiales de la obra para determinar la dosificación requerida para el tiempo de fraguado especificado y un requerimiento de resistencia determinado.

Manejabilidad

El concreto al que se ha adicionado MasterRheobuild 1202 tiene la capacidad de mantener una condición rheoplástica de 200 a 280 mm (8 a 11 in) de asentamiento si se requiere. La duración precisa para poder trabajar la mezcla no

MasterRheobuild 1202

solo depende de la temperatura, sino también del tipo de cemento, materiales cementicios suplementarios, proporciones de la mezcla, la naturaleza de los agregados, el método de transporte y la dosificación.

APLICACION

Dosificación

El rango de dosificación recomendado para el MasterRheobuild 1202 es de 650- 1600 ml/100 kg (10-25 oz fl/100 lb) de material cementicio dependiendo de la aplicación y de cuanto se desee incrementar el asentamiento y resistencia.

Las dosificaciones anteriores aplican a la mayoría de las mezclas de concreto que usan ingredientes típicos del concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto como la microsilica, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

Mezclado

Ya que se incrementa la retención de asentamiento usando el aditivo MasterRheobuild 1202, éste se puede adicionar en la planta de premezclados. También puede adicionarse en la obra si se desea incrementar el asentamiento.

RECOMENDACIONES

Corrosividad

No corrosivo, no contiene cloruros. MasterRheobuild 1202 no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el concreto, concreto pretensado o concreto colocado en sistemas de pisos y techos de acero galvanizado. No se utilizó cloruro de calcio ni ningún ingrediente a base de cloruros en la manufactura del aditivo MasterRheobuild 1202.

Compatibilidad

MasterRheobuild 1202 puede utilizarse en combinación con la mayoría de los aditivos de BASF Construction Chemicals y en todo el concreto de color y arquitectónico. Cuando se usa con otros aditivos, cada aditivo deberá adicionarse a la mezcla en forma separada. MasterRheobuild 1202 no debe usarse con MasterMatrix UW 450, MasterMatrix VMA 358 o MasterMatrix VMA 450 ya que pueden experimentarse comportamientos erráticos en asentamiento, extensión del asentamiento o capacidad de bombeo.

Temperatura

Si se llega a congelar el MasterRheobuild 1202, eleve a una temperatura de 7°C (45°F) o mayor y reconstituya el producto por completo con una agitación mecánica ligera. No use aire presurizado para agitar.

ALMACENAMIENTO

MasterRheobuild 1202 tiene una vida útil de 18 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

EMPAQUE

MasterRheobuild 1202 se suministra en tambores de 208 l (55 gal), en tanques de 1040 l (275 gal) y a granel.

SEGURIDAD

Consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto. Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño consulte a su representante local de BASF Construction Chemicals.



The Chemical Company

MasterRheobuild 1202

Contacto

BASF Química Colombia S.A.

Calle 99 # 69C – 32
Bogotá, D.C. Colombia
Tel: +57 1 632 20 99
www.basf-cc.com.co

BASF Venezolana S.A.

Edif. Torreón, Piso 4, Of. 4B
Av. Veracruz con calle la Guairita,
Urb. Las Mercedes. Caracas, Venezuela
Tel : + 58 212 958 6711
www.basf-cc.com.ve

BASF Ecuatoriana S.A.

Av. Naciones Unidas 1014
y Av. Amazonas Edif. La Previsora
Torre A Piso 2, Quito, Ecuador
Tel : + 593 2397 9500
www.basf-cc.com.ec

BASF AS

Avenida das Nacoes Unidas,
14.171, Morumbi
04794-000 Sao Paulo – SP, Brasil
Tel: +55 11 2718 5507
www.basf-cc.com.br

BASF Construction Chemicals Ltda.

Rio Palena 9665
Nucleo Empresarial ENEA
Santiago de Chile, Chile
Tel: +56-2 2799 4300
www.basf-cc.cl

BASF Construction Chemicals Perú S.A

Jr. Plácido Jiménez N° 630
Lima 1, Peru
Tel: +51-1 219 0630
www.basf-cc.com.pe

**CERTIFICADO
CONTROL DE CALIDAD**

PRODUCTO: MASTERRHEOBUILD 1202 (LITROS)
 LOTE: PE-00581-P19 VENCE: MARZO 2020
 FECHA: 24 JUNIO 2019

EL PRODUCTO CUMPLE CON TODOS LOS REQUISITOS ESPECIFICADOS

PARAMETRO	LOTE	ESPECIFICACIONES
ASPECTO FISICO	Líquido	Líquido
COLOR	Café oscuro	Café oscuro
DENSIDAD	1.21	Min: 1.20 Max: 1.22 g/ml (24.0 - 26.0)°C
%RESIDUO SOLIDO	40.06	Min: 39.00 Max: 41.00 (Lamp., 1g, 130°C)
%RESIDUO INSOLUBLE	0.15	Max: 0.50 (Vol.)

Los datos facilitados solamente reflejan los resultados de los controles realizados sobre una muestra representativa.

La empresa no se hace responsable por el uso que se haga del producto y/o de la información suministrada. La calidad de nuestros productos está garantizada bajo nuestras Condiciones Generales de Venta.

BASF Construction Chemicals Peru S.A. cuenta con certificación ISO 9001 y 14001.



Lic. Katia Rider
Gerente Técnico



The Chemical Company

MasterSet R 800

Aditivo reductor de agua de rango medio y retardante inicial

USOS RECOMENDADOS

MasterSet R 800 se recomienda en todo concreto que requiera extender el fraguado inicial, la trabajabilidad y para acabados superiores.

DESCRIPCION

MasterSet R 800 es un aditivo retardante inicial, reductor de agua de medio rango, multicomponente y libre de cloruros formulado para producir:

- Una reducción de agua de medio rango (5 a 15%) y un excelente desempeño a través de un rango de asentamiento de 75 a 115 mm en concreto.
- Aumenta el tiempo de fraguado del concreto a lo largo del rango de dosificación recomendado.
- Mejor calidad en trabajabilidad, bombeabilidad y acabado en mezclas que contengan filler calizo.
- Desarrollo de resistencias comparables con los aditivos reductores y retardantes en todas las edades.
- MasterSet R 800 cumple con los requisitos de la norma ASTM C494 para aditivos retardantes Tipo B y reductores de agua y retardantes Tipo D, específicamente:
- Reduce el contenido de agua para el asentamiento recomendado
- Reducción de contracciones en estado plástico
- Incremento en el desarrollo de las resistencias a la compresión y a la flexión en todas las edades.

VENTAJAS

MasterSet R 800 ayuda a la producción de un concreto de calidad proporcionando las siguientes ventajas:

- Trabajabilidad y bombeabilidad superior en aplicaciones en clima caluroso
- Reduce la segregación MasterSet R 800 resulta efectivo ya sea como un aditivo único o como parte de un sistema de aditivos de BASF Construction Chemicals.

DATOS TECNICOS

Aspecto físico:
Líquido homogéneo

Color:
Marrón

Densidad Nominal: 1.15

DOSIFICACION

Se recomienda dosificar al aditivo MasterSet R 800 en un rango de 400 mL a 550 mL por cada 100 kg de material cementante, en la mayoría de las mezclas de concreto para clima caluroso. En caso que la temperatura ambiente sea inferior a los 15°C deberá tomarse las precauciones necesarias para proteger el concreto ya que pueden presentarse tiempos de fraguado iniciales y finales muy prolongados.



The Chemical Company

MasterSet R 800

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO

ENVASE

MasterSet R 800 se suministra en tambores de 208 litros y a granel.

PRECAUCION

Si el aditivo MasterSet R 800 se congela, llévese a una temperatura de 2°C o más y agítese hasta que esté completamente reconstituido.

ALMACENAJE

En los contenedores originales bien cerrados y en condiciones adecuadas de almacenaje el producto tiene una vigencia de 12 meses.

**CERTIFICADO
CONTROL DE CALIDAD**

PRODUCTO: MASTERSSET R 800 (LITROS)
 LOTE: PE-00204-N19 VENCE: ENERO 2020
 FECHA: 24 JUNIO 2019

EL PRODUCTO CUMPLE CON TODOS LOS REQUISITOS ESPECIFICADOS

PARAMETRO	LOTE	ESPECIFICACIONES
ASPECTO FISICO	Líquido	Líquido
COLOR	Marrón	Marrón
DENSIDAD	1.15	Min: 1.14 Max: 1.17 g/ml (24.0 - 26.0)°C
%RESIDUO SOLIDO	32.91	Min: 31.00 Max: 34.00 (Lamp., 1g, 130°C)
%RESIDUO INSOLUBLE	0.05	Max: 0.50 (Vol.)
pH	10.40	Min: 9.00 Max: 11.00 (24.0 - 26.0)°C

Los datos facilitados solamente reflejan los resultados de los controles realizados sobre una muestra representativa.

La empresa no se hace responsable por el uso que se haga del producto y/o de la información suministrada. La calidad de nuestros productos está garantizada bajo nuestras Condiciones Generales de Venta.

BASF Construction Chemicals Peru S.A. cuenta con certificación ISO 9001 y 14001.



Lic. Katia Rider
Gerente Técnico

Anexo 7: Informe de verificación de calibración de equipo



INFORME DE VERIFICACION

Área de Metrología

IVLF
100
2018

Página 1 de 2

Este informe de verificación es trazable a la PUCP. Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad.

El Laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Solicitante : Union de Concretoras S.A
Dirección : Car. Panamericana sur Nro.11.4 - San Juan de Miraflores - Lima - Lima
Equipo / Instrumento : Prensa de Compresión
Marca : FORNEY
Modelo : FX-500F-C
Serie : 7118
Identificación : PRC-017
Ubicación : Laboratorio - Calidad
Procedencia : EE.UU
Alcance de indicación : 1
División de escala : No Aplica
Tipo de medición : DIGITAL
Fecha de verificación : 2018-11-22
Fecha de emisión : 2018-11-28
Lugar de Verificación : Laboratorio - Calidad

Método utilizado :

Se emplea la Instrucción GID-LA-I-003 Verificación de Prensas para Ensayo de Compresión



Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	20.7	20.7
Humedad Relativa %hr	69.0	70.0

Patrones de referencia:

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia	CCA-001- CELDA DE CARGA	INF-LE-156-18 de PUCP
	CCA-001 - INDICADOR DIGITAL	INF-LE-156-18 de PUCP

Mediciones Realizadas

TABLA DE CALIBRACION EN UNIDADES DEL INSTRUMENTO - COMPRESION

Nº de carga	Indicación de la Máquina	SERIE I	SERIE II	SERIE III	Promedio	Error	Error (Ea)	Error repetibilidad
(%)	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	%	%
10	10000	9946	9938	9940	9942	-58.4	-0.58	0.52
20	20000	20130	20110	20116	20119	118.9	0.59	-0.68
30	30000	30043	30051	30046	30046	46.4	0.15	-0.13
40	40000	40180	40191	40185	40185	185.2	0.46	-0.44
50	50000	49814	49844	49847	49835	-165.2	-0.33	0.37
60	60000	59929	59954	59933	59942	-58.3	-0.10	0.17
70	70000	69976	70006	70021	70001	1.3	0.00	0.01
80	80000	79533	79543	79541	79539	-461.2	-0.58	0.59
90	90000	89163	89197	89174	89176	-822.3	-0.91	0.96

Coefficiente de Correlación (R²): 0.9999958

Observaciones:

- El equipo esta dentro del EMP de 1% contemplado en la norma ASTM E74 y ASTM E4
- Se coloco una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "VERIFICADO".

FIN DEL DOCUMENTO

