

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Diseño e incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay

Presentado Por:

Johon Rudy Ñahuirima Cabezas

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“DISEÑO E INCIDENCIA DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ESTRUCTURAL $F'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 Y 280 kgf/cm^2 EN EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE ABANCAY”

Presentado por **Bach. Johon Rudy Ñahuirima Cabezas**, para optar el Título de:

INGENIERO CIVIL

Sustentado y aprobado el 30 de diciembre de 2021, ante el jurado Evaluador:

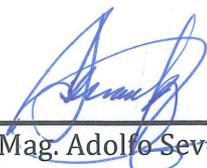
Presidente:


Ph.D Lucy Marisol Guanuchi Orellana

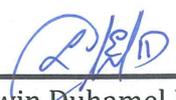
Primer Miembro:


Ing. Rogelio Sillo Sillo

Segundo Miembro:


Mag. Adolfo Severino Serrano Berrio

Asesor:


Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Agradecimiento

Agradezco a todas aquellas personas que con su ayuda y su colaboración incondicional me motivaron a desarrollar y culminar el presente proyecto de tesis. A mi alma máter “Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac” por abrirme sus puertas y cobijarme durante el periodo de mi formación académico.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil y docentes en conjunto, por las experiencias y conocimientos que mi impartieron inculcando la ética profesional, la honestidad, puntualidad y la responsabilidad en cada momento.



Dedicatoria

Este proyecto de tesis es dedicado principalmente al creador del universo por la fortaleza y la guía por un buen camino. A mis padres Marcelino Ñahuirima y Antonia Cabezas con amor, quienes, a lo largo de la vida, han velado por mi bienestar y educación; por brindarme su apoyo y motivación, gestando confianza en mí y haciéndome sentir que siempre tuve el respaldo y soporte muy fuerte.

A mis amistades quienes hicieron lo posible de alguna u otra manera que pueda realizar el presente proyecto de tesis apoyándome incondicionalmente en todo momento, con el único objetivo de culminar.



Diseño e incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Enunciado del problema.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	6
1.3. Justificación de la investigación.....	6
CAPÍTULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1. Objetivos de la investigación.....	8
2.1.1. Objetivo general.....	8
2.1.2. Objetivos específicos.....	8
2.2. Hipótesis de la investigación.....	8
2.2.1. Hipótesis general.....	8
2.2.2. Hipótesis específicas.....	9
2.3. Operacionalización de variables.....	9
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1. Antecedentes.....	10
3.1.1. Antecedentes ámbito internacional.....	10
3.1.2. Antecedentes ámbito nacional.....	10
3.1.3. Antecedente ámbito local.....	11
3.2. Marco teórico.....	12
3.2.1. Concreto.....	12
3.2.2. Concreto con aditivo superplastificante.....	12
3.2.3. Materiales para la fabricación del concreto.....	13
3.2.3.1. Cemento.....	13
3.2.3.1.1. Clasificación del cemento portland.....	13
3.2.3.1.2. Tiempo de fraguado del cemento.....	14
3.2.3.1.3. Agregados para el concreto.....	14
3.2.3.1.4. Agregado grueso (piedra chancada).....	15
3.2.3.1.4.1. Granulometría del agregado grueso.....	16
3.2.3.1.5. Agregado fino (arena).....	18
3.2.3.1.5.1. Granulometría del agregado fino.....	18
3.2.3.1.6. Propiedades físicas del agregado para la producción del concreto.....	18
3.2.3.2. Agua.....	19
3.2.3.2.1. Agua para el mezclado y curado del concreto.....	19
3.2.3.3. Aditivos.....	19
3.2.3.3.1. Clasificación de aditivos.....	20
3.2.3.3.2. Superplastificante o reductor de agua.....	20
3.2.3.3.3. Aditivos utilizados en la investigación.....	21



3.2.4.	Diseño de mezcla.....	22
3.2.4.1.	Diseño de mezcla del comité ACI 211.1	22
3.2.4.2.	Metodología y procedimiento de diseño de la mezcla 211.1 del ACI.....	23
3.2.5.	Propiedades del concreto	30
3.2.5.1.	Propiedades del concreto en estado fresco	30
3.2.5.1.1.	Trabajabilidad	30
3.2.5.1.2.	Consistencia.....	30
3.2.5.1.3.	Temperatura del concreto	31
3.2.5.1.4.	Tiempo de fraguado	32
3.2.5.1.5.	Peso unitario del concreto.....	33
3.2.6.	Propiedades del concreto endurecido	33
3.2.6.1.	Elaboración y curado de probetas cilíndricas	33
3.2.6.2.	Resistencia a la compresión.....	34
3.2.6.2.1.	Pruebas de resistencia a la compresión.....	35
3.3.	Marco conceptual.....	36
CAPÍTULO IV.....		37
METODOLOGÍA.....		37
4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	37
4.1.1.	Tipo de investigación.....	37
4.1.2.	Nivel de investigación	37
4.2.	Diseño de la investigación	37
4.3.	Descripción ética de la investigación	39
4.4.	Población y muestra.....	39
4.4.1.	Población	39
4.4.2.	La muestra	39
4.4.2.1.	Tipo de muestreo	39
4.4.2.2.	Tamaño de muestra.....	39
4.5.	Procedimiento de la investigación	41
4.5.1.	Ejecución de la investigación en laboratorio	42
4.5.1.1.	Etapa 1: Selección de material e insumos.....	42
4.5.1.1.1.	Cemento.....	42
4.5.1.1.2.	Agua.....	42
4.5.1.1.3.	Aditivos	42
4.5.1.1.4.	Agregados	42
4.5.1.1.4.1.	Agregado arena y piedra chancada	42
4.5.1.2.	Etapa 2: Determinación de las propiedades físicas de los agregados.....	43
4.5.1.2.1.	Propiedades físicas y características de los agregados	43
4.5.1.2.1.1.	Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena)	43
4.5.1.2.1.2.	Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso	44
4.5.1.2.1.3.	Masa unitaria suelto y compacto del agregado fino	46
4.5.1.2.1.4.	Masa unitario suelto y compacto del agregado grueso.....	46
4.5.1.2.1.5.	Masa específico y capacidad de absorción del agregado fino	47
4.5.1.2.1.6.	Masa específico y capacidad de absorción del agregado grueso	48
4.5.1.2.1.7.	Porcentaje de humedad del agregado fino y grueso	49
4.5.1.2.1.8.	Material fino pasante la malla N° 200 del agregado fino y grueso	50
4.5.1.2.1.9.	Propiedades y características físicas de los agregados	51
4.5.1.2.2.	Aditivos utilizados en la tesis	51
4.5.1.2.2.1.	Aditivo superplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84.....	51
4.5.1.3.	Etapa 3: Diseño de mezcla método de comité ACI 211.1	52
4.5.1.4.	Etapa 4: Mezclado y elaboración de especímenes normalizadas de 4” x 8”	60
4.5.1.4.1.	Muestreo de materiales y mezclado del concreto	60



4.5.1.4.2.	Elaboración de especímenes (probetas) normalizadas de 4" x 8"	60
4.5.1.5.	Etapa 5: Ensayos en estado fresco del concreto	61
4.5.1.5.1.	Asentamiento	61
4.5.1.5.2.	Temperatura	61
4.5.1.5.3.	Peso unitario	61
4.5.1.5.4.	Tiempo de fraguado	62
4.5.1.6.	Etapa 6: Ensayo estado endurecido del concreto.....	62
4.5.1.6.1.	Desmoldado de los especímenes del concreto.....	62
4.5.1.6.2.	Curado de especímenes (probetas)	63
4.5.1.6.3.	Resistencia a compresión del concreto	63
4.5.1.7.	Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm ² , 210 kgf/cm ² y 280 kgf/cm ²	64
4.5.1.7.1.	Costo del concreto por m ³ sin aditivo para f'c=175 kgf/cm ²	64
4.5.1.7.2.	Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N para f'c=175 kgf/cm ²	64
4.5.1.7.3.	Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm ²	66
4.5.1.7.4.	Costo del concreto por m ³ sin aditivo para f'c=210 kgf/cm ²	68
4.5.1.7.5.	Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N para f'c=210 kgf/cm ²	68
4.5.1.7.6.	Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 para f'c=210 kgf/cm ²	70
4.5.1.7.7.	Costo del concreto por m ³ sin aditivo para f'c=280 kgf/cm ²	71
4.5.1.7.8.	Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N para f'c=280 kgf/cm ²	72
4.5.1.7.9.	Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm ²	73
4.5.2.	Aplicación del proyecto de tesis en obra	74
4.5.2.1.	Metodología del trabajo en obra	74
4.5.2.2.	Etapa 1: Antes del vaciado	75
4.5.2.2.1.	Parámetros de estudio en la obra	76
4.5.2.2.1.1.	Sistema estructural.....	76
4.5.2.2.1.2.	Tipo de estructura de aplicación	76
4.5.2.2.1.3.	Usos del aditivo súperplastificante	77
4.5.2.2.1.4.	Tipo de mezclado.....	77
4.5.2.2.1.5.	Tipo de compactación.....	77
4.5.2.2.1.6.	Curado.....	77
4.5.2.2.2.	Ubicación de las construcciones en obra	77
4.5.2.2.3.	Materiales empleados en el trabajo de campo	77
4.5.2.2.3.1.	Cemento.....	77
4.5.2.2.3.2.	Agua de mezclado.....	78
4.5.2.2.3.3.	Agregado fino (arena) y grueso (piedra chancada).....	78
4.5.2.2.3.4.	Aditivo súperplastificante	79
4.5.2.2.4.	Dosificación del concreto en obra	79
4.5.2.2.4.1.	Dosificación de mezcla sin adición de aditivo	79
4.5.2.2.4.2.	Dosificación de diseño de mezcla con adición de súperplastificante	80
4.5.2.3.	Etapa 2: Durante del vaciado.....	81
4.5.2.3.1.	Ensayo de asentamiento del concreto en obra	81
4.5.2.3.2.	Mezclado y elaboración de probetas estándares de 4" x 8".....	81
4.5.2.4.	Etapa 3: Después del vaciado	82
4.5.2.4.1.	Desmoldado de especímenes de concreto en la obra.....	82
4.5.2.4.2.	Método del curado de especímenes de concreto (probetas) en obra	82
4.5.2.4.3.	Prueba de la resistencia mecánica final del concreto.....	82
4.6.	Técnicas e instrumentos.....	83
4.6.1.	Técnicas de la investigación	83
4.6.2.	Instrumento de investigación.....	83
4.7.	Análisis estadístico	83



CAPÍTULO V	84
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84
5.1. Análisis de los resultados.....	84
5.1.1. Agregados	84
5.1.1.1. Agregado fino	84
5.1.1.2. Agregado grueso	84
5.1.2. Resultados de ensayos en estado fresco del concreto	84
5.1.2.1. Asentamiento del concreto (Slump)	85
5.1.2.1.1. Asentamiento de concretos de control para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	85
5.1.2.1.2. Asentamiento del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	86
5.1.2.1.3. Asentamiento del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	87
5.1.2.1.4. Asentamiento del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	89
5.1.2.2. Temperatura.....	90
5.1.2.2.1. Temperatura del concreto de control para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	90
5.1.2.2.2. Temperatura del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	91
5.1.2.2.3. Temperatura del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	92
5.1.2.2.4. Temperatura del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	93
5.1.2.3. Masa unitaria	94
5.1.2.3.1. Masa unitaria del concreto de control para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	94
5.1.2.3.2. Masa unitaria del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	95
5.1.2.3.3. Masa unitaria del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	96
5.1.2.3.4. Masa unitaria del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	97
5.1.2.4. Tiempo de fraguado.....	98
5.1.2.4.1. Fraguado inicial y final del concreto para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	98
5.1.2.4.2. Fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	99
5.1.2.4.3. Fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	100
5.1.2.4.4. Fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	101
5.1.2.4.5. Fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	103
5.1.2.4.6. Fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	104
5.1.2.4.7. Fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	105
5.1.2.4.8. Fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	106
5.1.2.4.9. Fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	107
5.1.2.4.10. Fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	108
5.1.3. Análisis de resultados de las propiedades en estado endurecido del concreto	109
5.1.3.1. Resistencia a compresión del concreto	109

5.1.3.1.1.	Resistencia a compresión del concreto para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	109
5.1.3.1.2.	Resistencia a compresión con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	110
5.1.3.1.3.	Resistencia a compresión con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	114
5.1.3.1.4.	Resistencia a compresión con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	118
5.1.4.	Costo por m^3 con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	122
5.1.4.1.	Costo por m^3 con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	122
5.1.4.2.	Costo por m^3 con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	123
5.1.4.3.	Costo por m^3 con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	124
5.2.	Contrastación de hipótesis.....	125
5.2.1.	Nivel de significancia.....	125
5.2.2.	Valor significativo de estadística de prueba.....	125
5.2.3.	Región crítica o decisión -.....	125
5.2.4.	Validación de hipótesis.....	125
5.2.4.1.	Hipótesis de la investigación N° 01.....	125
5.2.4.1.1.	Asentamiento del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	126
5.2.4.1.2.	Asentamiento del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	126
5.2.4.1.3.	Asentamiento del concreto con Sikament-290N para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	127
5.2.4.1.4.	Asentamiento del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	128
5.2.4.1.5.	Asentamiento del concreto con Sikament-290N para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	129
5.2.4.1.6.	Asentamiento del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	129
5.2.4.2.	Hipótesis de la investigación N° 02.....	130
5.2.4.2.1.	Tiempo de fraguado inicial del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	130
5.2.4.2.2.	Tiempo de fraguado inicial del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	131
5.2.4.2.3.	Tiempo de fraguado final del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	132
5.2.4.2.4.	Tiempo de fraguado final del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	133
5.2.4.2.5.	Tiempo de fraguado inicial del concreto con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	133
5.2.4.2.6.	Tiempo de fraguado inicial del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	134
5.2.4.2.7.	Tiempo de fraguado final del concreto con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	135
5.2.4.2.8.	Tiempo de fraguado final del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	136
5.2.4.2.9.	Tiempo de fraguado inicial del concreto con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	136
5.2.4.2.10.	Tiempo de fraguado inicial del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	137
5.2.4.2.11.	Tiempo de fraguado final del concreto con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	138
5.2.4.2.12.	Tiempo de fraguado final del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	139
5.2.4.3.	Hipótesis de la investigación N° 03.....	139
5.2.4.3.1.	Resistencia a compresión del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	140
5.2.4.3.2.	Resistencia a compresión del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	140



5.2.4.3.3.	Resistencia a compresión del concreto con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	141
5.2.4.3.4.	Resistencia a compresión del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	142
5.2.4.3.5.	Resistencia a compresión del concreto con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	143
5.2.4.3.6.	Resistencia a compresión del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	144
5.2.4.4.	Hipótesis de la investigación N° 04.....	145
5.2.4.4.1.	Costo del concreto por m^3 con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	145
5.2.4.4.2.	Costo del concreto por m^3 con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	146
5.2.4.4.3.	Costo del concreto por m^3 con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	146
5.2.4.4.4.	Costo del concreto por m^3 con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	147
5.2.4.4.5.	Costo del concreto por m^3 con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	148
5.2.4.4.6.	Costo del concreto por m^3 con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	149
5.3.	Discusión	149
CAPÍTULO VI.....		152
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		152
6.1.	Conclusiones.....	152
6.2.	Recomendaciones	155
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		157



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables del proyecto de tesis	9
Tabla 2 — Tiempo transcurrido durante el fraguado del cemento.....	14
Tabla 3 — Límites de la granulometría del agregado grueso.....	17
Tabla 4 — Limite de distribución del tamaño de partícula de agregados finos	18
Tabla 5 — Parámetros permisibles de contenidos y sustancias disueltas	19
Tabla 6 — Factor de corrección caso 2.....	23
Tabla 7 — Resistencia a la compresión media.....	24
Tabla 8 — Asentamientos recomendados para diferentes tipos de construcción.....	25
Tabla 9 — Unidad de volumen de agua.....	26
Tabla 10 — Porcentaje de aire atrapado en función de TMN del agregado	26
Tabla 11 — Relación de la cantidad de agua/cemento.....	27
Tabla 12 — Volumen absoluto del agregado grueso (piedra chancada) seco y compacto	28
Tabla 13 — Cálculo de proporción de materiales e insumos en peso	29
Tabla 14 — Cálculo de la cantidad de proporción en volumen	29
Tabla 15 — Determinación de clases de mezcla en función de su asentamiento.....	31
Tabla 16 — Temperatura del concreto en clima frio y cálido.....	31
Tabla 17 — Identificación de elementos para el diseño de la tesis en laboratorio.....	38
Tabla 18 — Identificación de elementos para el diseño de la tesis en obra	38
Tabla 19 — Tamaño de muestras de control para ensayos en laboratorio	40
Tabla 20 — Tamaño de muestras de control para ensayos en obra	40
Tabla 21 — Tamaño de muestras experimentales para ensayos en laboratorio	40
Tabla 22 — Tamaño de muestras experimentales para ensayos en obra	41
Tabla 23 — Resultado de análisis granulométrico de la arena.....	44
Tabla 24 — Resultado de análisis granulométrico de piedra chancada	45
Tabla 25 — Masa unitario suelto y compacto del agregado fino.....	46
Tabla 26 — Masa unitario suelto y compacto del agregado grueso.....	47
Tabla 27 — Masa específico y capacidad de absorción del agregado fino.....	48
Tabla 28 — Masa específico y capacidad de absorción del agregado grueso.....	49
Tabla 29 — Porcentaje de humedad del agregado fino y grueso	50
Tabla 30 — Prueba de material fino pasante la malla N° 200 del agregado.....	50
Tabla 31 — Propiedades y características físicas de los agregados	51
Tabla 32 — Características técnicas del aditivo superplastificante Sikament-290N	51
Tabla 33 — Características técnicas del aditivo superplastificante Ulmén W-84.....	52
Tabla 34 — Diseño de mezcla para concretos sin aditivo para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	53



Tabla 35 — Diseño de mezcla para concretos sin aditivo para $f'c=210$ kgf/cm ²	53
Tabla 36 — Diseño de mezcla para concretos sin aditivo para $f'c=280$ kgf/cm ²	53
Tabla 37 — Diseño de mezcla para concretos con Sikament-290N para $f'c=175$ kgf/cm ²	54
Tabla 38 — Diseño de mezcla para concretos con Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm ²	55
Tabla 39 — Diseño de mezcla para concretos con Sikament-290N para $f'c=210$ kgf/cm ²	56
Tabla 40 — Diseño de mezcla para concretos con Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	57
Tabla 41 — Diseño de mezcla para concretos con Sikament-290N para $f'c=280$ kgf/cm ²	58
Tabla 42 — Diseño de mezcla para concretos con Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm ²	59
Tabla 43 — Costo del concreto por m ³ sin adición del aditivo para $f'c=175$ kgf/cm ²	64
Tabla 44 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 1.0% para $f'c=175$ kgf/cm ²	65
Tabla 45 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 1.5% para $f'c=175$ kgf/cm ²	65
Tabla 46 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 2.0% para $f'c=175$ kgf/cm ²	66
Tabla 47 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 1.0% para $f'c=175$ kgf/cm ²	66
Tabla 48 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 1.5% para $f'c=175$ kgf/cm ²	67
Tabla 49 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 2.0% para $f'c=175$ kgf/cm ²	67
Tabla 50 — Costo del concreto por m ³ sin adición del aditivo para $f'c=210$ kgf/cm ²	68
Tabla 51 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 1.0% para $f'c=210$ kgf/cm ²	68
Tabla 52 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 1.5% para $f'c=210$ kgf/cm ²	69
Tabla 53 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 2.0% para $f'c=210$ kgf/cm ²	69
Tabla 54 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 1.0% para $f'c=210$ kgf/cm ²	70
Tabla 55 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 1.5% para $f'c=210$ kgf/cm ²	70
Tabla 56 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 2.0% para $f'c=210$ kgf/cm ²	71
Tabla 57 — Costo del concreto por m ³ sin aditivo para $f'c=280$ kgf/cm ²	71
Tabla 58 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 1.0% para $f'c=280$ kgf/cm ²	72
Tabla 59 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 1.5% para $f'c=280$ kgf/cm ²	72
Tabla 60 — Costo del concreto por m ³ con Sikament-290N al 2.0% para $f'c=280$ kgf/cm ²	73
Tabla 61 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 1.0% para $f'c=280$ kgf/cm ²	73
Tabla 62 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 1.5% para $f'c=280$ kgf/cm ²	74
Tabla 63 — Costo del concreto por m ³ con Ulmén W-84 al 2.0% para $f'c=280$ kgf/cm ²	74
Tabla 64 — Proporción de los materiales para una bolsa de cemento	80
Tabla 65 — Proporción de los materiales para media bolsa de cemento	80
Tabla 66 — Proporción de materiales para una bolsa de cemento con aditivo.....	80
Tabla 67 — Proporción de materiales para media bolsa de cemento con aditivo.....	80
Tabla 68 — Asentamiento para $f'c=175$ kgf/cm ² , 210 kgf/cm ² y 280 kgf/cm ²	85
Tabla 69 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm ²	86
Tabla 70 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	87
Tabla 71 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm ²	89



Tabla 72 — Temperatura para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	90
Tabla 73 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	91
Tabla 74 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	92
Tabla 75 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	93
Tabla 76 — Masa unitario para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	94
Tabla 77 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	95
Tabla 78 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	96
Tabla 79 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	97
Tabla 80 — Tiempo de fraguado inicial y final para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 ...	98
Tabla 81 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N, Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	99
Tabla 82 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$..	100
Tabla 83 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm ²	102
Tabla 84 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	103
Tabla 85 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$..	104
Tabla 86 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	105
Tabla 87 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	106
Tabla 88 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$..	107
Tabla 89 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm ²	108
Tabla 90 — Resistencia a compresión para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2	109
Tabla 91 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	110
Tabla 92 — Variación de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	111
Tabla 93 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	112
Tabla 94 — Variación de resistencia a compresión con Ulmén- W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	113
Tabla 95 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	114
Tabla 96 — Variación de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	115
Tabla 97 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	116
Tabla 98 — Variación de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	117
Tabla 99 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	118
Tabla 100 — Variación de Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	119
Tabla 101 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	120
Tabla 102 — Variación de resistencia a compresión con Ulmén w-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	121
Tabla 103 — Costo por m ³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	122
Tabla 104 — Costo por m ³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	123
Tabla 105 — Costo por m ³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	124



Tabla 106 — Prueba T Student de consistencia con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	126
Tabla 107 — Prueba T Student de consistencia con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	127
Tabla 108 — Prueba T Student de consistencia con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	127
Tabla 109 — Prueba T Student de consistencia con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	128
Tabla 110 — Prueba T Student de consistencia con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	129
Tabla 111 — Prueba T Student de consistencia con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	130
Tabla 112 — Prueba T Student del fraguado inicial con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	131
Tabla 113 — Prueba T Student del fraguado inicial con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	131
Tabla 114 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	132
Tabla 115 — Prueba T Student del fraguado final con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	133
Tabla 116 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	134
Tabla 117 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	134
Tabla 118 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	135
Tabla 119 — Prueba T Student del fraguado final con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	136
Tabla 120 — Prueba T Student del fraguado inicial con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	137
Tabla 121 — Prueba T Student del fraguado inicial con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	137
Tabla 122 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	138
Tabla 123 — Prueba T Student del fraguado final con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	139
Tabla 124 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	140
Tabla 125 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	141
Tabla 126 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	142
Tabla 127 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	142
Tabla 128 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	143
Tabla 129 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	144
Tabla 130 — Prueba T Student del costo por m^3 con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	145
Tabla 131 — Prueba T Student del costo por m^3 con UlménW-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	146
Tabla 132 — Prueba T Student del costo por m^3 con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	147
Tabla 133 — Prueba T Student del costo por m^3 con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	147
Tabla 134 — Prueba T Student del costo por m^3 con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	148
Tabla 135 — Prueba T Student del costo por m^3 con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	149
Tabla 136 — Materiales e insumos para el diseño de mezcla con adición de Sikament-290N	152



Tabla 137 — Materiales e insumos para el diseño de mezcla con adición de Ulmén W-84.....	152
Tabla 138 — Asentamiento del concreto con diferente dosis de adición de aditivo.....	153
Tabla 139 — Tiempo de fraguado inicial del concreto con diferente dosis de adición de aditivo	153
Tabla 140 — Tiempo de fraguado final del concreto con diferente dosis de adición de aditivo	154
Tabla 141 — Resistencia mecánica final del concreto.....	154
Tabla 142 — Variación de costo por m ³ del concreto con aditivo.....	155



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Proporciones en volumen de los componentes del concreto	12
Figura 2 — Utilización de aditivos en la preparación de hormigones	20
Figura 3 — Algoritmo para diseñar una mezcla mediante el método ACI 211.1	22
Figura 4 — Prueba de asentamiento (Slump)	31
Figura 5 — Procedimiento de fabricación de probetas	34
Figura 6 — Detalles finales de fabricación de probetas.....	34
Figura 7 — Máquina digital para ensayos de concreto a compresión.....	35
Figura 8 — Diagrama de diseño experimental con post-prueba de grupos de control	38
Figura 9 — Ubicación geográfica del agregado fino y grueso (Cantera - Quispe).....	43
Figura 10 — Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino	43
Figura 11 — Curva de tamaño granulométrico de partícula de la arena.....	44
Figura 12 — Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.....	45
Figura 13 — Curva de tamaño granulométrico de partícula de piedra chancada	45
Figura 14 — Masa unitario suelto del agregado fino.....	46
Figura 15 — Masa unitario suelto y compacto del agregado grueso	47
Figura 16 — Masa específico y cantidad de absorción del agregado fino	47
Figura 17 — Masa específico y capacidad de absorción del agregado grueso	49
Figura 18 — Porcentaje de humedad del agregado fino y grueso.....	49
Figura 19 — Material fino pasante la malla N° 200 del agregado fino y grueso.....	50
Figura 20 — Aditivo Superplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84	52
Figura 21 — Muestreo de materiales e insumos y mezclado de la masa del concreto	60
Figura 22 — Elaboración de especímenes normalizadas de 4" X 8".....	60
Figura 23 — Ensayo, asentamiento del concreto.....	61
Figura 24 — Ensayo, temperatura del concreto.....	61
Figura 25 — Prueba de masa unitario en estado fresco del concreto.....	62
Figura 26 — Procedimiento del ensayo del tiempo de fraguado	62
Figura 27 — Desmoldado y etiquetado de las probetas.....	63
Figura 28 — Curado de especímenes estándares de 4" x 8"	63
Figura 29 — Prueba de resistencia a compresion de probretas estandares de 4"x8"	64
Figura 30 — Tipos de cementos utilizados en obras	78
Figura 31 — Almacenamiento del agua de mezclado en la obra.....	78
Figura 32 — Muestreo de agregado fino y grueso en la obra	79
Figura 33 — Uso del aditivo en el proceso de mezclado del concreto	79
Figura 34 — Ensayo del asentamiento del concreto en la obra	81



Figura 35 — Proceso de elaboración de probetas estándares de concreto en la obra	81
Figura 36 — Desmoldado de probetas de concreto en obra.....	82
Figura 37 — Proceso de curado de especímenes de concreto en obra.....	82
Figura 38 — Resistencia mecánica final de concreto obtenidas en obra	83
Figura 39 — Asentamiento del concreto para $f'c=175$ kgf/cm ² , 210 kgf/cm ² y 280 kgf/cm ²	85
Figura 40 — Asentamiento con Sikament-290N, Ulmén W-84 de $f'c=175$ kgf/cm ²	87
Figura 41 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210$ kgf/cm ²	88
Figura 42 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280$ kgf/cm ²	89
Figura 43 — Temperatura del concreto para $f'c=175$ kgf/cm ² , 210 kgf/cm ² y 280 kgf/cm ²	91
Figura 44 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=175$ kgf/cm ²	91
Figura 45 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210$ kgf/cm ²	92
Figura 46 — Temperatura con Sikament-290n y Ulmén W-84 de $f'c=280$ kgf/cm ²	93
Figura 47 — Masa unitario del concreto para $f'c=175$ kgf/cm ² , 210 kgf/cm ² y 280 kgf/cm ²	95
Figura 48 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm ²	96
Figura 49 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	97
Figura 50 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm ²	98
Figura 51 — Tiempo de fraguado inicial y final para $f'c=175$ kgf/cm ² , 210 kgf/cm ² y 280 kgf/cm ² . 99	
Figura 52 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N, Ulmén W-84 de $f'c=175$ kgf/cm ² ...	100
Figura 53 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=175$ kgf/cm ²	101
Figura 54 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=175$ kgf/cm ²	102
Figura 55 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210$ kgf/cm ² .	103
Figura 56 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210$ kgf/cm ²	104
Figura 57 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210$ kgf/cm ²	105
Figura 58 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280$ kgf/cm ²	106
Figura 59 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280$ kgf/cm ²	107
Figura 60 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280$ kgf/cm ²	108
Figura 61 — Curva de evolución de la resistencia a compresión para $f'c=175$ kgf/cm ² , 210 kgf/cm ² y 280 kgf/cm ²	109
Figura 62 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175$ kgf/cm ²	110
Figura 63 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175$ kgf/cm ²	111
Figura 64 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm ²	112
Figura 65 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm ²	113



Figura 66 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con adición del aditivo Sikament-290N para $f'c=210$ kgf/cm ²	114
Figura 67 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	115
Figura 68 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	116
Figura 69 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	117
Figura 70 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280$ kgf/cm ²	118
Figura 71 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280$ kgf/cm ²	119
Figura 72 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm ²	120
Figura 73 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm ²	121
Figura 74 — Costo por m ³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm ²	122
Figura 75 — Costo por m ³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm ²	123
Figura 76 — Costo por m ³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm ²	124



INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación titulado Diseño e incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay, emerge de una necesidad de reducir y optimizar el costo económico en la producción del concreto debido al crecimiento poblacional en paralelo con las construcciones de obras civiles.

En este sentido, el presente proyecto de investigación tiene la finalidad de determinar un diseño de mezcla más óptimo y evaluar la variación y la incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en estado fresco y endurecido, con la incorporación del aditivo superplastificante en la dosificación de diseño de mezcla del concreto.

Los agregados que se utilizaron para el estudio del presente proyecto de investigación es de la cantera Quispe ubicado en el sector de Pachachaca-Abancay. De las cuales se realizaron ensayos como: análisis granulométrico, material más fino que pasa la malla N° 200, peso unitario suelto y compactado, contenido de humedad, peso específico y absorción, con los resultados obtenidas de los ensayos del agregado fino y grueso se realizó diseños de mezcla de concretos de control sin ningún tipo de adición del aditivo súperplastificante de la misma forma con la incorporación del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 y Sikament-290N en dosis de 1.0%, 1.5% y 2.0% de concretos experimentales, la dosis de aplicación es respecto al peso del cemento.

El diseño de mezcla se elaboró de acuerdo a la metodología de diseño mezclas del Comité ACI 211.1. con la finalidad de evaluar las propiedades mecánicas del concreto convencional respecto al concreto con aditivo; posterior a ello para aplicarlas en la construcción de edificación en la ciudad de Abancay.



RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo determinar diseños de mezcla de concreto óptimo y económico con agregados e insumos de la ciudad de Abancay; tomando en cuenta la incidencia en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 a través del uso de aditivo superplastificante y cemento portland de alta durabilidad tipo IP; para la elaboración del concreto se usaron como agregado fino (arena) y grueso (piedra Chancada) de la cantera Quispe ambos agregados procedentes del sector de Pachachaca – Abancay.

Se realizaron ensayos en laboratorio, para concretar y definir las propiedades físicas de los agregados a utilizarse en la producción del concreto; posterior a ello se efectuaron diseños de mezcla, en función a la metodología de diseño mezclas del comité ACI 211.1 para el concreto de control (concreto convencional) con resistencia especificada $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 sin ningún porcentaje de adición del aditivo y para concretos de prueba se adiciono el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 respecto al peso del cemento, se dosificaron un total de 21 diseños de mezcla. En estado fresco del concreto se realizaron ensayos como asentamiento, temperatura, peso unitario y tiempo de fraguado; a edades de 3, 7, 14 y 28 días se determinaron la resistencia a la compresión de concreto para evaluar y determinar la incidencia de los aditivos utilizados.

Se determinó que al añadir el 1.5% del aditivo Ulmén W-84 y 2% de Sikament-290N al diseño de mezcla se obtuvieron resultados muy favorables. Con estos resultados definidos se realizó la aplicación de misma en la ejecución de construcciones de edificación en la ciudad de Abancay; específicamente en parte estructural de columnas de la misma forma se realizaron ensayos de asentamiento en estado fresco y a edades de 7, 14 y 28 días la resistencia a la compresión del concreto. Al usar el aditivo súperplastificante se redujo la cantidad de agua del mezclado manteniendo la trabajabilidad de la mezcla. El uso del aditivo aumentó considerablemente su asentamiento y se obtuvieron concretos con mayor adquisición de resistencia a la compresión a edades tempranas. Costo del concreto por m^3 es menor a la comparación del costo del concreto convencional.

Palabras clave: *Diseño, aditivo súperplastificante, trabajabilidad, reducción de costo.*

ABSTRACT

The objective of this thesis project is to determine optimal and economical concrete mix designs with aggregates and inputs from the city of Abancay; taking into account the impact on the properties of workability and resistance to compression of concrete $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 and 280 kgf/cm^2 through the use of superplasticizer additive and portland cement of high durability type IP ; For the elaboration of the concrete, both aggregates from the Pachachaca - Abancay sector were used as fine aggregate (sand) and coarse aggregate (crushed stone) from the Quispe quarry.

Laboratory tests were carried out to specify and define the physical properties of the aggregates to be used in the production of concrete; After that, mix designs were made, based on the ACI 211.1 committee mix design methodology for control concrete (conventional concrete) with specified resistance $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 and 280 kgf/cm^2 without any addition percentage of the additive and for test concrete 1.0%, 1.5% and 2.0% of the superplasticizer additive Sikament-290N and Ulmén W-84 were added with respect to the weight of the cement, a total of 21 mix designs were dosed . In the fresh state of the concrete, tests were carried out such as settlement, temperature, unit weight and setting time; At ages 3, 7, 14 and 28 days, the compressive strength of concrete was determined to evaluate and determine the incidence of the additives used.

It was determined that adding 1.5% of the Ulmén W-84 additive and 2% of Sikament-290N to the mix design obtained very favorable results. With these defined results, it was applied in the execution of building constructions in the city of Abancay; Specifically, in the structural part of columns, in the same way, settlement tests were carried out in a fresh state and at ages of 7, 14 and 28 days the compressive strength of the concrete. By using the superplasticizer additive, the amount of mixing water was reduced while maintaining the workability of the mix. The use of the additive considerably increased its settlement and concretes with greater acquisition of compressive strength were obtained at early ages. Cost of concrete per m^3 is lower than the cost of conventional concrete.

Keywords: *Design, superplasticizer additive, workability, cost reduction.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Según Huincho (2011) realizó un trabajo de investigación donde manifiesta que “los concretos de hoy requieren en su composición la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad” (p.10).

En la actualidad la tecnología moderna del concreto al aditivo ya no considera como una alternativa en los diseños de mezcla, sino como un componente adicional en sus propiedades. Se estima que en la actualidad superiores al 90% de concreto contiene un cierto porcentaje de aditivo en sus propiedades de los cuales más del 70% contienen aditivo reductor de agua de alto y mediano rango según su clasificación de la Norma Técnica Peruana (NTP 334.088) y ASTM C 494, manteniendo una tendencia familiar en los últimos años en función a la tecnología.

En la región de Apurímac el problema más frecuente que se presenta durante la producción del concreto es de no contar con un asesor técnico profesional y la vez de producir concreto no trabajable, por ende, el diseño de mezcla del concreto es más susceptible a la modificación, específicamente en la relación de agua y cemento en busca de la trabajabilidad del concreto en función al costo económico, dicha manipulación sin ningún control es perjudicial en el resultado mecánica final del concreto en su estado endurecido.

Por otro lado, Labán (2017) manifiesta que las construcciones de edificaciones realizadas en el Perú del sector de construcción representan el 50% y 60%, estas están construidas de forma convencional y en muchos casos no llegan a tener supervisión porque los propietarios de los predios de la construcción buscan ahorrar dinero por lo cual en muchos casos el personal encargado de la ejecución del proyecto desconoce de las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la vez no realizan correctamente el estudio de suelos; por estas deficiencias mencionadas el proyecto de construcción terminan siendo más alto en el presupuesto que fue estimado, debido a que no contaron con el profesional idóneo que pueda supervisar la obra de construcciones, por la lado este tipo de construcción terminan colapsando ante un evento sísmico.

Apurímac se encuentra ubicada en una zona sísmica 2 y 3 de acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Perú. En la mayoría del evento sísmico que afectó a la ciudad de Abancay; su origen del epicentro principalmente ha surgido en las provincias de Aymaraes, Antabamba y Grau el sistema de fallas activas están relacionadas entre las provincias de Antabamba-Aymaraes y falla de la región del Cusco. Por lo cual es muy latente el riesgo de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la infraestructura originándose pérdidas de vidas humanas y materiales. En gran parte las construcciones de edificación se construyen con nula o baja calidad de materiales y diseño o por falta de conocimiento de nuevas tecnologías en la construcción, bajo estas condiciones, se incrementan las probabilidades de colapso y daños materiales como consecuencias de la ocurrencia de desastres naturales.

El uso del aditivo súperplastificante en el diseño de mezcla del concreto, es una alternativa de solución a estos efectos negativos mencionados en líneas más arriba, la producción del concreto con el aditivo nos proporciona efectos muy beneficiosos como mejora en la trabajabilidad, cohesión y reduce la tendencia de segregación en su estado fresco; sin alterar en la resistencia a la compresión del concreto. En función a los objetivos planteados en la tesis se analizó y se determinó resistencias mecánicas a tempranas edades, garantizando la durabilidad del concreto en el tiempo y a la vez suministra la colocación sin riesgo de segregación evitando las cangrejas ni pierde la resistencia con la que se produce permitiendo colocar el concreto con leve vibración en lugares donde hay gran cantidad de acero gracias a la mejora de su trabajabilidad.

La otra alternativa de solución que brinda el uso de aditivo súperplastificante es reducir el costo del concreto por m^3 para de esa forma que los proyectos de construcción de obras civiles disminuyan en el costo de producción del concreto. El desarrollo y la ejecución de la presente proyecto de investigación que lleva por título, “Diseño e incidencia del aditivo súperplastificante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay”, de alguna y otra forma dará un aporte y soluciones técnicas a estos problemas que anteriormente se citaron, es necesario establecer bases y brindar un enfoque de acuerdo a los avances tecnológicos en nuestro país y en la región, en este tema sobre el uso y la incidencia del aditivo súperplastificante. Es importante y a la vez relevante desarrollar esta investigación ya que el uso del concreto en obras civiles es de

un alto porcentaje a nivel mundial y nacional. En las infraestructuras como edificaciones, pavimentos, puentes y otras estructuras.

1.2. Enunciado del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el diseño de mezcla con aditivo superplastificante del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad de concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay?
- ¿Cuál es la incidencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay?
- ¿Qué efecto produce el aditivo superplastificante en las propiedades de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay?
- ¿Cuál es la incidencia en el costo por m^3 del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 con aditivo superplastificante en edificación de la ciudad de Abancay, respecto al concreto convencional?

1.3. Justificación de la investigación

El proyecto de tesis tiene por objetivo disponer y asentar bases fundamentales para entidades públicas, privadas, consultores y así mismo para ingenieros proyectistas que están inmersos en la ejecución de construcciones de obras civiles con el concreto, por medio de esta investigación se brindara las características y propiedades del concreto que compone al incorporar el aditivo súperplastificante en el diseño de mezclas.

La incorporación del aditivo en el diseño de mezcla del concreto es muy importante debido a su efectividad en lograr concretos de calidad y económicos garantizando la durabilidad del concreto en el tiempo así mismo aportan ventajas como:

- Mejora la trabajabilidad del concreto en estado fresco.
- Permite disminuir la cantidad de agua del mezclado en función de agua/cemento sin perder la resistencia a la compresión a tempranas edades.
- Facilita la colocación del concreto sin riesgo de segregación.
- Permite colocar concretos con leve vibrado en los encofrados y lugares que contiene gran cantidad de acero.
- Son usados para fundir estructuras con paredes estrechas y la vez de gran altura.
- Usados para fundir muros altos y angostos o columnas de gran altura.
- Permite reutilizar el encofrado por la calidad en los acabados sin cangrejas ni vacíos.
- Al mejorar la trabajabilidad (asentamiento), aumenta la velocidad de vertido del concreto de la bomba hidráulica.

La otra razón de la que es muy sustancial este proyecto de investigación es el factor económico en relación al costo del concreto convencional es mucho menor el costo del concreto con el aditivo súperplastificante según las investigaciones realizadas en este contexto, el uso del aditivo permite disminuir el costo del concreto en la producción por m³ obteniendo excelencias en la trabajabilidad y mayor adquisición de resistencia a edades tempranas.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la investigación

2.1.1. Objetivo general

Determinar el diseño de mezcla con aditivo superplastificante para lograr concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.
- Determinar la incidencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.
- Evaluar el efecto del aditivo superplastificante en las propiedades de la resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.
- Identificar la incidencia en el costo por m^3 del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 con aditivo superplastificante en edificaciones de la ciudad de Abancay, respecto al concreto convencional.

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis general

El diseño de mezcla con aditivo superplastificante contribuye favorablemente, para lograr concreto estructural $f'c = 75 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.



2.2.2. Hipótesis específicas

- La utilización del aditivo superplastificante incide directamente en las propiedades de trabajabilidad del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.
- El uso del aditivo superplastificante incide directamente en el tiempo de fraguado del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.
- La utilización del aditivo superplastificante influye en la resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay.
- El uso del aditivo superplastificante reduce el costo por m^3 del concreto estructural $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificación de la ciudad de Abancay, respecto al concreto convencional.

2.3. Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables del proyecto de tesis

Variable	Dimensiones	Indicadores	Índices
V.I. Aditivo súperplastificante	Propiedad	Fluidez	(mm/in)
	Dosis de aditivo súperplastificante	Porcentaje de aditivo superplastificante con respecto al peso del cemento Sikament-290N (1%, 1.5% y 2%) Ulmén W – 84 (1%, 1.5% y 2%)	Porcentaje (%)
	Normativa	ASTM C-494	Tipo D, Tipo G Tipo A, Tipo F
V.D. Trabajabilidad	Nivel de consistencia	Asentamiento (Slump)	in.
V.D. Resistencia a la compresión	Normativa	NTP 399.035, ASTM C - 143	-
	Concreto endurecido es su estado solido	Esfuerzo	kgf/cm ²
	Normativa	NTP 339.034, ASTM C - 39	-

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1. Antecedentes

3.1.1. Antecedentes ámbito internacional

Según Hernández (2005) en su tesis titulada “Plastificantes para el Hormigón” manifiesta que pudo lograr o cumplir sus objetivos planteados al inicio de la investigación, dentro de los cuales se “destaca la clara clasificación, usos y características de los diferentes tipos de Aditivos y Plastificantes, los distintos criterios de su clasificación, y además de las principales características de los Súper Plastificantes” (Hernández, 2005, p.99). Por otro lado, también manifiesta que “la importancia de este tema, queda demostrado que la utilización de estos productos está muy relacionado a las diferentes condiciones o variables que se tengan al momento de diseñar un tipo de hormigón” (Hernández, 2005, p.99), de lo mencionado anteriormente se puede nombrar la condición climática, calidad de material, correcta dosificación y poseer condición del tiempo necesario para colocar el hormigón.

Para Albornoz y Farias (2000) en su tesis titulado “Comportamiento de la Resistencia del Concreto con el Uso de Aditivos Superplastificantes”, culminado el trabajo de tesis manifiesta lo siguiente: dependiendo de la dosis y el tipo de aditivo, la resistencia del concreto después de las 24 ± 4 horas de elaboración aumenta desde un mínimo del 14% hasta un máximo del 78%; después de 3 días del 32% al 45%; después de 21 días entre 10% y 27%. Se asume que, en los casos en que se requiera una resistencia a una edad temprana, se recomienda el uso de superplastificante. en el estudio de la presente tesis el autor recomienda realizar estudios sobre el comportamiento de las mezclas del concreto con dosis más altas de aditivo, ya que se puede suponer que, hasta una determinada dosis, la mezcla del hormigón se verá afectada negativamente tanto en la resistencia como en el asentamiento debido al uso excesivo.

3.1.2. Antecedentes ámbito nacional

Según Labán (2017) en su tesis titulada “Uso de Aditivo Súper plastificante Disminuirá el Costo del Concreto en la Construcción del Conjunto Habitacional

Catalina, Puente Piedra - 2017”. Determina que el uso del aditivo superplastificante en las propiedades de la mezcla del concreto disminuye la cantidad de cemento manteniendo la proporción del agua/cemento y resistencia especificada del diseño, “el concreto requerido es por resistencia y no por durabilidad, se puede llegar a reducir el contenido de cemento de 370 kilos a 310 kilos por m³ de concreto, produciéndose un ahorro aproximado de S/ 18.00 por m³ de concreto” (Labán, 2017, (p.81).

Según Mayta (2014) en su trabajo de investigación titulada “Influencia del Aditivo Súperplastificante en el Tiempo de Fraguado, Trabajabilidad y Resistencia Mecánica del Concreto, en la ciudad de Huancayo”, manifiesta lo siguiente para mezclas diseñadas según a/c=0.40, 0.50 y 0.60; y con dosis de 1050 ml se superplastificante se obtuvieron porcentajes de separación de 8.11%, 6.08% y 5.18% respectivamente. Los diseños As y B5 están ligeramente por encima del límite recomendado de 6%. El tiempo de fraguado inicial, para cualquier relación a/c, alcanzo un aumento o disminución mínimo con una dosis de superplastificante de 250 ml y un aumento máximo con una dosis de superplastificante de 1050 ml. La incorporación de superplastificante en la mezcla aumenta la resistencia a la compresión para dosis iguales o inferiores a 650 ml; para dosis superiores a 650 ml, la resistencia a la compresión del hormigón disminuirá.

3.1.3. Antecedente ámbito local

Según Palomino (2017) en su trabajo de tesis titulada “Estudio comparativo en el autoconstrucción de edificaciones utilizando concreto autocompactante con la incorporación de aditivo superplastificante frente al concreto convencional realizados en la ciudad de Abancay”. Manifiesta que la producción del concreto ordinario en predios autoconstruidas es desproporcionada, ya que se prepara sin mantener una relación de agua y cemento donde las intenciones de los encargados de las construcciones tienden a buscar la trabajabilidad incrementando el exceso de agua. “En cuanto al diseño de concreto autocompactante se utilizó un aditivo súperplastificante tipo G que es un aditivo polifuncional que trabaja como plastificante y súperplastificante según la dosificación empleada. Se utilizó como súperplastificante 0.85%, 1.125% y 1.4% del peso del cemento; donde encontramos una mejor trabajabilidad” (Palomino, 2017, p.146).

3.2. Marco teórico

3.2.1. Concreto

Para Pasquel (2002) “el concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción” (p.11).

Para Rivva (2000) “el concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este” (p.8).



Figura 1 — Proporciones en volumen de los componentes del concreto
Extraído de (Cachay Huamán, 2013, pág. 3)

3.2.2. Concreto con aditivo superplastificante

Para Rivera (1992), “el uso en el Perú de los aditivos químicos se inicia a fines de la década de los años 50, en un mercado restringido. El gran incremento de resistencia del hormigón cuando se usan súperplastificantes es debido a la notable disminución de la porosidad de la pasta (reducción en el agua de la mezcla) y otras características del concreto también se ven beneficiadas, éstas son la reducción de la permeabilidad y el incremento en la durabilidad del concreto. Otras aplicaciones inmediatas de las mezclas fluidas se dan en el bombeo del concreto, la colocación (concreto tremie), estructuras esbeltas y/o densamente armadas; pues el rendimiento es muy alto compensando de esta manera los costos” (p.243).

3.2.3. Materiales para la fabricación del concreto

Para Pasquel (2002), “La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elementos pasivos. Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, preparaciones e incluso en reducción de uso de cemento” (p.13).

3.2.3.1. Cemento

Para Rivva (2000), “es un material pulverizado que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables” (p.30).

3.2.3.1.1. Clasificación del cemento portland

Para Abanto (2009) “los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se ha normalizado sobre la base de especificación ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150)” (p.17).

- **Cemento portland tipo I:** Es un tipo de cemento común para uso general.
- **Cemento portland tipo II:** Cemento modificado de uso general cuando se espera que sea atacado por un grado moderado de sulfato o requiera un grado moderado de calor de hidratación.
- **Cemento portland tipo III:** Cemento de alta resistencia inicial, recomendado cuando se necesita una resistencia temprana en una situación de construcción particular.
- **Cemento portland tipo IV:** Es el cemento que requiere calor de hidratación bajo.
- **Cemento portland tipo V:** Es un cemento que es muy resistente a los sulfatos. Las aplicaciones típicas incluyen

estructuras hidráulicas expuestas a agua fuertemente alcalina y estructura expuestas al agua de mar. Se trata de cementos a los que el material reacciona con propiedades puzolánicas o de otro material añadidas durante la fabricación del clinker, que cumple con los requisitos de la Norma Técnica Peruana (NTP 334.090) y ASTM C 595. A continuación, se detalla el porcentaje de adición según su clasificación.

- **Cemento puzolánico tipo IP:** En su composición tiene una adicción de 15% y 40% de puzolana respecto al peso total del cemento.
- **Cemento puzolánico tipo IS:** Cemento que contiene puzolana entre 25% y 75% en su composición.
- **Cemento puzolánico tipo ISM:** Contiene puzolana en una proporción inferior al 25% del peso total del cemento.
- **Cemento puzolánico tipo IPM:** Contiene puzolana en una proporción inferior al 15% del peso total del cemento.

3.2.3.1.2. Tiempo de fraguado del cemento

Para Rivva (2000) “una calidad normal de cemento fragua inicialmente a los 40 - 45 minutos o a los 30 minutos para los cementos de mayor grado de finura, considerándose normal un tiempo de fraguado final entre 4 y 7 horas” (p.78).

Tabla 2 — Tiempo transcurrido durante el fraguado del cemento

Tiempo de fraguado (minutos)	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Fraguado inicial	45	45	45	45	45	45
Fraguado final	375	375	375	420	420	420

Extraído de la Norma Técnica Peruana (NTP 339.088, 2014)

3.2.3.1.3. Agregados para el concreto

Rivva (1992) determinó que los agregados son materiales granulares que generalmente son inertes debido a la descomposición natural y/o abrasiva de las rocas, o producidos por trituración. En cuanto a las propiedades del



concreto, la arena y la piedra chancada constituyen alrededor del 60% y 75% del volumen absoluto, equivalente al 70% y 85% de la masa, e influye fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, respectivamente. A la mezcla y economía del concreto. “Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados, manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar que la pérdida de finos sea mínima, se mantendrá la uniformidad del agregado, no se producirá contaminación con sustancias extrañas, no se producirá rotura o segregación importante en ellos” (Rivva, 1992, p.17).

3.2.3.1.4. Agregado grueso (piedra chancada)

Para Rivva (2014) “define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial” (p.21).

- **Tamaño máximo del agregado grueso (piedra chancada):** Rivva (2000) “se define como agregado grueso a aquel que pueda retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm) y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada” (p.17).
- **Tamaño máximo nominal del agregado grueso (piedra chancada):** Es el menor tamiz de la serie de mallas utilizadas donde produce el primer retenido. Están correspondidos a los límites fijados de la Norma Técnica peruana (NTP 400.011).

3.2.3.1.4.1. Granulometría del agregado grueso

Para Norma Técnica Peruana (NTP 400.037) clasifica como agregado grueso a la piedra triturado aquellas que son retenidos en la malla N° 4. El agregado grueso deberá cumplir la gradación según los límites fijados en la norma NTP 400.012, para cumplir con lo especificado en la norma es recomendable tener en consideración lo siguiente: La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua:

- La clasificación del agregado debe ser preferiblemente continua.
- La metodología de gradación del agregado en lo mínimo posible deberá ser de tamaño uniforme para lograr la máxima densidad, trabajabilidad y consistencia apropiada a las condiciones bajo las cuales se vierte la mezcla.
- El tamaño de partícula seleccionado no debe tener más de 5% del agregado retenido en la malla 1 ½” y no más del 6% del agregado pasante a la malla ¼”.

Tabla 3 — Límites de la granulometría del agregado grueso

HUSO	TMN	Requisitos granulométricos del agregado grueso														
		Porcentaje que pasa por los tamices normalizados														
		mm	100	90	75	63	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.03
mm	pulgadas	4	3 ½	3	2 ½	2	1 ½	1	¾	½	3/8	N°4	N°8	N°16	N°50	
1	90 a 37.5	3 ½ a 1 ½	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2	63 a 37.5	2 ½ a 1 ½	---	---	100	90 a 100	35 a 75	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50 a 25.0	2 a 1	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---
357	50 a 4.75	2 a N°4	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	37.5 a 19.0	1 ½ a ¾	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37.5 a 4.75	1 ½ a N°4	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25.0 a 9.5	1 a ½	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25.0 a 9.5	1 a 3/8	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25.0 a 4.75	1 a N°4	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19.0 a 9.5	¾ a 3/8	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19.0 a 4.75	¾ a N°4	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12.5 a 4.75	½ a N°4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9.5 a 2.36	3/8 a N°8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9.5 a 1.18	3/8 a N°16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18	N°4 a N°16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Extraído de la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037 y ASTM C 33, 2014)

3.2.3.1.5. Agregado fino (arena)

Para Rivva (2000) “se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz de 3/8” (9.51mm) y queda retenido en el tamiz N° 200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas” (p.17).

3.2.3.1.5.1. Granulometría del agregado fino

La clasificación de arena es necesaria para cumplir con las especificaciones establecidas en NTP 400.037 o ASTM C 33. Preferiblemente, el tamaño del agregado fino sea uniforme y continuo en los tamices estándar, es mejor usar estos parámetros porque afecta en la trabajabilidad y determinación del agua de mezcla del concreto.

Tabla 4 — Limite de distribución del tamaño de partícula de agregados finos

Malla Tamiz número	% Que pasa	
	Mínimo	Máximo
3/8”	100	
N° 4	95	100
N° 8	80	100
N° 16	50	85
N° 30	25	60
N° 50	10	30
N° 100	2	10

Extraído de la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037 y ASTM C 33, 2014)

3.2.3.1.6. Propiedades físicas del agregado para la producción del concreto

Para Pasquel (2002) manifiesta, las propiedades de densidad, resistencia, porosidad y distribución de volumen de las partículas son esenciales en los agregados. “Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos y emplearlas en el diseño de mezclas para ello se debe procede con los ensayos como:



Peso unitario, suelto y compacto, peso específico, absorción, contenido de humedad, módulo de fineza y material más fino que pasa la malla N° 200 (75µm)” (Pasquel, 2002, p.72).

3.2.3.2. Agua

El agua es un elemento muy importante en el concreto porque al mezclarse con el cemento puede reaccionar de manera favorable determinando las propiedades de resistencia, trabajabilidad en estado fresco y cuyas sustancias disueltas cumplan los parámetros establecidos en la norma NTP 339.088.

Tabla 5 — Parámetros permisibles de contenidos y sustancias disueltas

Descripción	Limite permisibles
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Material Orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	100 ppm máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (ion Cl)	1000 ppm máximo
PH	5 a 8 máximo

Extraído de la Norma Técnica Peruana (NTP 339.088, 2014)

3.2.3.2.1. Agua para el mezclado y curado del concreto

Para Sánchez (2001), “se define como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en este volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse” (p.73).

3.2.3.3. Aditivos

Para abanto (2013), “se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar



alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine. Los aditivos que deben emplearse en el concreto cumplirán con las especificaciones de la Norma ITINTEC 339.086” (p.43).

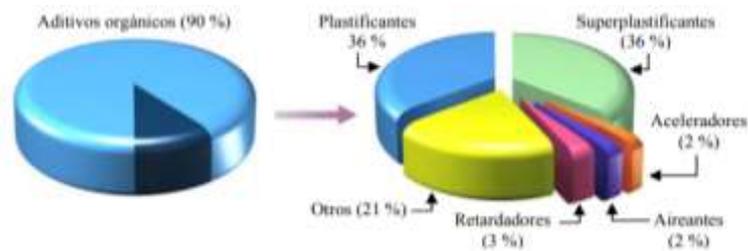


Figura 2 — Utilización de aditivos en la preparación de hormigones
Extraído de (Mayta Rojas,2014, Pág. 51)

3.2.3.3.1. Clasificación de aditivos

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 334.086) (2002) y norma americana ASTM C 494.

Según Gomezjurado (2010) “los superplastificantes se clasifican de la siguiente manera:

- **Plastificante tipo A:** Plastificante o reductor de agua entre 5% y el 12%.
- **Superplastificante tipo F:** Superplastificante o reducir agua entre el 12% y el 30% y retardar el tiempo de fraguado.
- **Retardante tipo B:** Retarda el tiempo de fraguado.
- **Acelerante tipo C:** Acelerar el fraguado y el desarrollo de la resistencia a edades tempranas.
- **Plastificante retardante tipo D:** Plastificar o reducir agua entre el 5% y el 12 y retardar el fraguado.
- **Plastificante acelerante tipo E:** Plastificar o reducir agua entre el 5% y el 12% y acelerar el fraguado” (p.99).

3.2.3.3.2. Superplastificante o reductor de agua

Los superplastificantes se pueden utilizar para tres funciones principales:

Incrementa la trabajabilidad: Para Portugal (2007) “dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definidos, el aditivo se

utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar otra característica del diseño de mezcla, dependiendo de la dosis y tipo de aditivo en la prueba de cono de Abrams, el Slump puede ser incrementado de manera considerable” (p.88).

Incrementa la resistencia: Para Portugal (2007) “cada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para encontrar la cantidad de agua aditivo que producirá el Slump deseado; según la dosis y tipo de aditivo, la reducción de agua puede llegar hasta el orden del 40%, con el consiguiente incremento de resistencia, dada la menor relación agua/cemento; esta función es empleada para producir concretos de alta resistencia” (p.88)

Reducir la cantidad de cemento: Para Portugal (2007) “cada una mezcla de concreto con una relación agua/cemento, Slump y cantidad de cemento definidos, el aditivo se usa para reducir la cantidad de agua, manteniendo constante la relación agua/cemento, con la consiguiente reducción de la cantidad de cemento; esta función ha sido muy empleada, sin embargo no es muy recomendada usarla para reducir al máximo la cantidad de cemento, dada la reducción en la durabilidad del concreto; si bien puede conseguirse ahorros de hasta el 30% del contenido del cemento, en un análisis de los costos puede ser anti-económico por el mayor uso de aditivo” (p.89).

3.2.3.3.3. Aditivos utilizados en la investigación

El aditivo que se utilizó en la tesis es el superplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 desarrollado a base de policarboxilatos con presentación en forma líquida, según la NTP 334.086 y ASTM C-494 se clasifican como Tipo F y Tipo G reductor de agua de rango alto. La información general referente a los aditivos usados en la investigación se muestra en el anexo de ficha técnica.



3.2.4. Diseño de mezcla

Para Kosmatka, Kerkhoff y otros (2004), “el diseño de mezcla se puede definirse, como una serie de etapas para seleccionar un diseño óptimo para el concreto y de esa forma determinar las cantidades relativas, el objetivo de realizar un diseño de mezcla es economizar como sea posible, un concreto que desarrolle propiedades y la calidad requerida, tanto en su estado fresco como endurecido.” (p.185).

3.2.4.1. Diseño de mezcla del comité ACI 211.1

Según American Concrete Institute (ACI 211.1) (1904), “resultado de extensas investigaciones y trabajos experimentales de Abrams, Richard y Talbot, Gold Beck y Gray, un método con resultados aceptables para hormigones con dos agregados, de masa unitaria entre 2.0 Mg/m^3 y 2.5 Mg/m^3 con requisitos de resistencia menores a 42 MPa, los cuales son llamados usualmente hormigones normales. La forma más simple de trabajar este método se indica en la figura N° 03” (p.15).

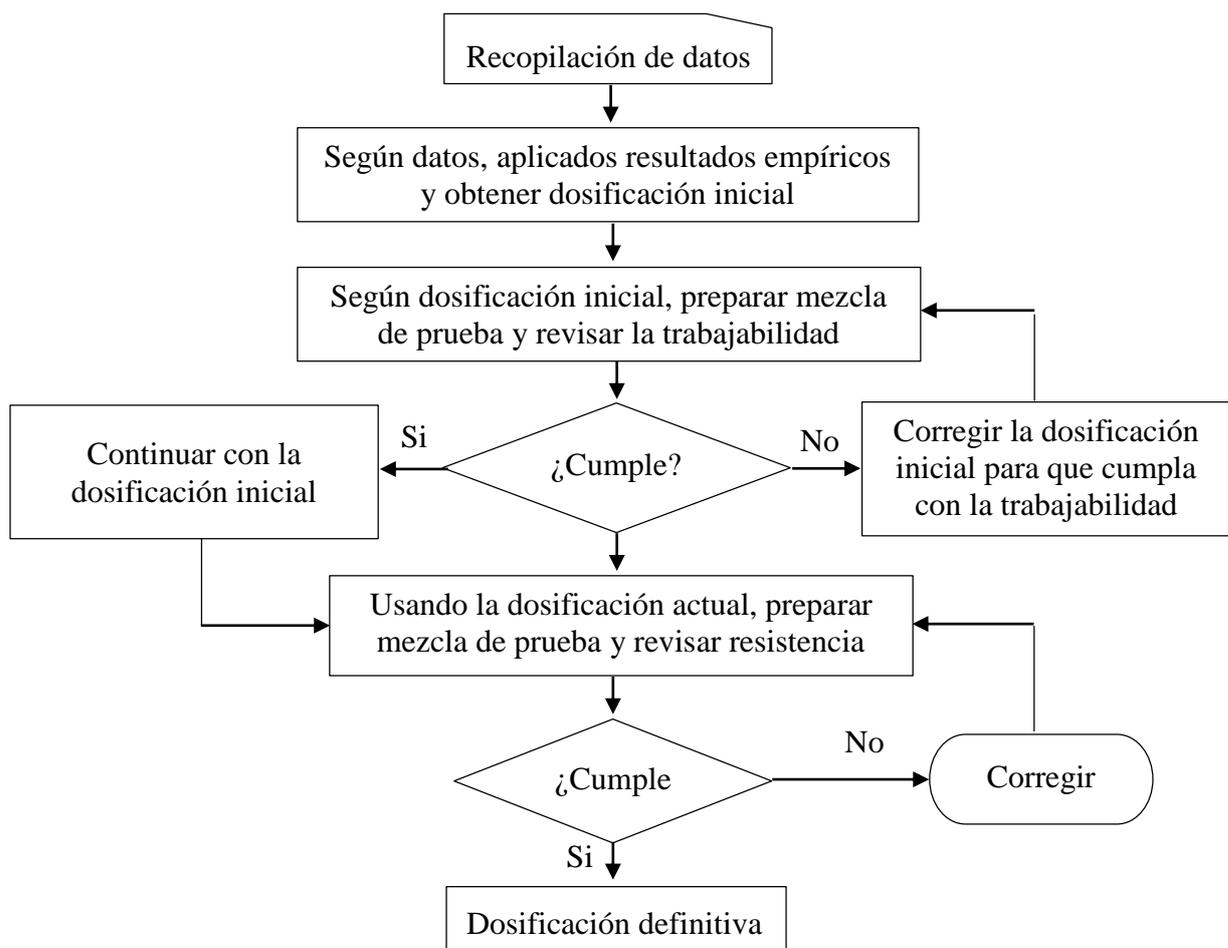


Figura 3 — Algoritmo para diseñar una mezcla mediante el método ACI 211.1
Extraído de American Concrete Institute (ACI 211.1, Pág. 6)



3.2.4.2. Metodología y procedimiento de diseño de la mezcla 211.1 del ACI

Para el proceso de diseño de la mezcla del concreto, se ha definido una secuencia de pasos de acuerdo con la guía de la metodología 211.1 del ACI, que da como resultado la siguiente forma:

Paso 1: Determinar la resistencia de diseño: Para Rivva (2014), “el concreto debe dosificarse y producirse para lograr una resistencia de diseño $f'c$ dada por el calculista. Dada la variabilidad del concreto por la cantidad de parámetros que se involucra en su fabricación, es necesario dosificarlo para una resistencia $f'cr$ mayor que la $f'c$ especificada” (p.46).

El comité ACI 3318-99 señala tres posibles escenarios al intentar calcular la resistencia $f'cr$.

Caso N° 1: Si existen datos estadísticos sobre la producción insitu, así como los resultados de rotura de la probeta. En este caso, se utilizarán las siguientes fórmulas para calcular $f'cr$.

Cálculo de resistencia promedio	{	$f'cr = f'c + 1.34 * S$ (i)
		$f'cr = f'c + 2.33 * S - 35$ (ii)

Extraído de (Rivva López, 2014, pág. 45)

Nota:

De los resultados, se seleccionará el valor más alto de la fórmula, que es el $f'cr$ necesario para el diseño.

Caso N° 2: Si no existen suficientes datos estadísticos entre 15 y 30 resultados, se utilizarán las formulas anteriores, donde el valor de D_s será amplificado por un factor en la tabla N° 06:

Tabla 6 — Factor de corrección caso 2

Número de pruebas	Factor de corrección
Menos de 15	Usar reglamento
15	1.16
20	1.08
25	2.03
30	1.00

Extraído de (Rivva López, 2014, Pág. 45)



Entonces para calcular f'_{cr} se tendríamos la siguiente ecuación:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 * DS \quad \dots\dots\dots (iii)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 * DS - 35 \quad \dots\dots\dots (iv)$$

Extraído de (Rivva López, 2014, Pág. 45)

Donde:

DS: Desviación estándar.

Caso N° 3: Si hay pocos (menos de 5 ensayos) o ningún dato estadístico. En este caso, el comité ACI nos solicitó aplicar la siguiente tabla para determinar f'_{cr} .

Tabla 7 — Resistencia a la compresión media

F'_c	F'_{cr}
Menos de 210	$F'_c + 70$
210 a 350	$F'_c + 84$
Sobre 350	$F'_c + 98$

Extraído de (Rivva López, 2014, Pág. 46)

Paso 2: Seleccione el tamaño nominal máximo de agregado: Para

Rivva (2014) dependiendo de las características de los elementos estructurales y del sistema de hormigonado, elija el tamaño nominal más grande del agregado grueso. NTP 400.037 sugiere que el tema tamaño nominal máximo del agregado grueso no debe ser mayor que:” (p.46).

- a) 1/5 de la dimensión más pequeña en los lados del encofrado.
- b) 1/3 de la profundidad de la losa.
- c) 3/4 partes del espacio libre mínimo entre barras o alambres de refuerzo individuales; paquete de barra; o refuerzo de ductos.

Paso 3: Selección del asentamiento (Slump): Para American Concrete

Institute (ACI 211.1) (2009), “elegir la consistencia de mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en consideración, entre otros factores la trabajabilidad deseada, las características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto” (p.14).



1. En obra se utilizará el asentamiento indicado en las especificaciones.
2. Si las especificaciones no indican el asentamiento que debe tener el concreto, se seguirá uno de los siguientes criterios:
3. La dosificación del concreto debe de elaborarse para una consistencia dúctil con un asentamiento de tres a cuatro pulgadas (75mm a 100mm) si la consolidación se realiza por vibración y se es por varillado para menores de cinco pulgadas (125 mm o menos).
 - a. El valor más adecuado se seleccionará de acuerdo con la siguiente tabla N° 08, elaborada por el comité ACI 211.1.

Tabla 8 — Asentamientos recomendados para diferentes tipos de construcción

Tipos de construcción	Asentamiento máximo	Asentamiento mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	3"	1"
Cimentación simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muro y pavimento	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Extraído de American Concrete Institute (ACI 211.1, 2009, Pág. 14)

Paso 4: Determinar la cantidad de agua de mezcla: Para Rivva (2014), “determinar el volumen de agua de mezcla por unidad cúbica de concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado, en la mezcla permite seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados en estado seco y de perfil angular; teniendo como factores al asentamiento y tamaño máximo nominal del agregado grueso” (p.58).

Tabla 9 — Unidad de volumen de agua

Slump	Agua en Lt/m ³ , para TMN de agregado grueso y asentamiento indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Extraído de (Rivva López, 2014, Pág. 58)

Paso 5: Selección de contenido de aire: Para especificaciones de Norma Técnica Peruana (NTP 400.037) (2014) “en la Tabla N° 10, nos muestra el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, según el tamaño nominal máximo del agregado grueso” (p.8).

Tabla 10 — Porcentaje de aire atrapado en función de TMN del agregado

TMN del Agregado grueso	% Aire atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
4"	0.2 %

Extraído de (Rivva López, 2014, Pág. 58)

Paso 6: Determinar la proporción agua/cemento: Rivva (2014) manifiesta que la relación agua/cemento requerida para lograr la resistencia deseada en la estructura. Se tiene en cuenta la resistencia media seleccionada y la presencia o ausencia de aire atrapado. Cuando utilice materiales puzolánicos en hormigón, considere la relación agua/peso total de cemento y puzolana, en lugar de la relación agua/cemento tradicional. La tabla N° 11 brinda valores aproximados y conservados para el concreto basado en el grado de cemento portland común.

“Para materiales que cumplen con las Normas ASTM C33 o NTP 400.037 las relaciones agua/cemento de esta tabla permiten obtener las resistencias indicadas las cuales corresponden a probetas ensayadas a los 28 días de vaciadas después de ser curadas bajo condiciones estándar de laboratorio” (Rivva, 2014, p.58).

Tabla 11 — Relación de la cantidad de agua/cemento

f'c a los 28 días de edad (kg/cm ²)	Proporción de la cantidad de agua/cemento	
	Relación de agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.80	-
200	0.70	0.71
250	0.62	0.61
300	0.55	0.53
350	0.48	0.46
400	0.43	0.40
450	0.38	-

Extraído de (Rivva López, 2014, Pág. 58)

Paso 7: Determinar la cantidad de cemento: Para Rivva (2014)

“teniendo en cuenta la cantidad de volumen de agua por unidad de volumen del concreto y la relación de agua, el coeficiente de cemento por unidad de bloque de concreto se determinará dividiendo la unidad de volumen de agua, en litros por m³. Cantidad de kg de cemento por unidad de bloque de concreto” (p.77).

Cantidad de cemento:

$$C = \frac{A}{a/c} \dots\dots\dots (v)$$

Paso 8: Determina la cantidad de agregado (piedra chancada):

Determinar la cantidad de volumen del agregado (piedra chancada). Para determinar se utilizará la Tabla N° 12

Tabla 12 — Volumen absoluto del agregado grueso (piedra chancada) seco y compacto

TMN del Agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Extraído de (Rivva López, 2014, Pág. 59)

Paso 9: Determina el volumen absoluto y el peso seco agregado fino: Para Rivva (2014) “calcular el volumen absoluto, previo a conocer el peso del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular el volumen absoluto total. La cantidad de agregado fino está determinada por la diferencia entre la unidad y el volumen absoluto total de cemento, agua de diseño, aire y agregado seco” (p.83).

Paso 10: Cálculo de la proporción de diseño inicial: Según Rivva (2014) manifiesta lo siguiente, que el método más utilizado para expresar la consistencia de las mezclas de concreto es exprésalas como una relación por masa de cemento, agregado fino y grueso, tomando el cemento como una unidad, de hecho, también se considera anteponer la relación agua/cemento a la proporción. El peso del agregado fino será igual al volumen absoluto multiplicado por la gravedad específica.

Paso 11: Corrección de la humedad de diseño: Rivva (2014) determinar lo siguiente, proporciones de las mezclas, teniendo en cuenta que el agregado está seco y la unidad de volumen de agua no ha sido corregida por la humedad en el agregado. “El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados menos su porcentaje de absorción” (Rivva, 2014 p.86).



- a) En primera instancia se debe realizar la corrección de proporciones para el porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados finos y gruesos.
- b) Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo con los resultados de las pruebas de mezcla realizadas en el laboratorio.

Paso 12: Determina las propiedades finales del diseño por peso y volumen: Para Mayta (2014), “Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra” (p.77).

Paso 12.1: Cálculos de las proporciones en peso: Se detalla en la tabla adjunto.

Tabla 13 — Cálculo de proporción de materiales e insumos en peso

Cemento	Arena	Piedra chancada	Agua
$\frac{\text{peso del cemento}}{\text{peso del cemento}}$	$\frac{\text{peso de la arena}}{\text{peso del cemento}}$	$\frac{\text{peso de piedra chancada}}{\text{peso del cemento}}$	$\frac{\text{cantida agua efectiva}}{\text{peso del cemento}}$

Paso 12.2: Cálculos de las proporciones en volumen

Tabla 14 — Cálculo de la cantidad de proporción en volumen

Cemento	Arena	Piedra chancada	Agua (L/bolsa)
$\frac{\text{volumen del cemento}}{\text{volumen del cemento}}$	$\frac{\text{vol. de la arena}}{\text{volumen del cemento}}$	$\frac{\text{vol. piedra chancada}}{\text{volumen del cemento}}$	Agua (L/bolsa)

Paso 13: Cantidad de aditivo empleado en la mezcla: en el proyecto de tesis la dosis de aplicación del aditivo fue de la siguiente forma: 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo superplastificante de Sikament-290N y Ulmén W-84 respecto al peso del cemento, tal como se muestra en la presente expresión.

$$\text{Cantidad de aditivo (ml)} = (\% \text{ de aditivo}) \times (\text{peso del cemento (kg)}) \times \frac{1000 \text{ ml}}{\text{kg}} = \text{aditivo (ml)}$$



3.2.5. Propiedades del concreto

Para Rivva (2000) “las propiedades más importantes del concreto en estado fresco incluyen en la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, y peso unitario. Las propiedades más importantes del concreto al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas, acústicas, y apariencia” (p.22).

3.2.5.1. Propiedades del concreto en estado fresco

Para Gomezjurado (2010) “el concreto en estado fresco debe tener la propiedad de ser moldeable en los vaciados de estructuras con acero de refuerzo o armadura, así como también obtener una masa homogénea sin grandes burbujas de aire o agua atrapada. Sin embargo, el control de calidad en este momento es la herramienta para tomar decisiones rápidas durante su colocación. Las propiedades del concreto en estado fresco, que pueden ser determinadas mediante métodos de ensayo, son: Trabajabilidad, consistencia, segregación, masa unitaria, contenido de aire, contenido de agua” (p.99).

3.2.5.1.1. Trabajabilidad

Para Pasquel (2002) “se define a la mayor o menor dificultad de mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, ya que un concreto que puede ser manejable bajo ciertas condiciones de colocación, no necesariamente resulta así si dichas condiciones cambian” (p. 131).

3.2.5.1.2. Consistencia

Según Abanto (2013) “está definida por el grado de absorción de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. Es una propiedad del concreto fresco que está en relación directa con el grado de absorción de la mezcla, determinando de acuerdo al menor o mayor contenido de agua 3 tipos de mezclas: Mezclas secas, plásticas y húmedas” (p.47).



Tabla 15 — Determinación de clases de mezcla en función de su asentamiento

Asentamiento	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy trabajable	Chuseado

Extraído de (Abanto Castillo, 2013, Pág.49)

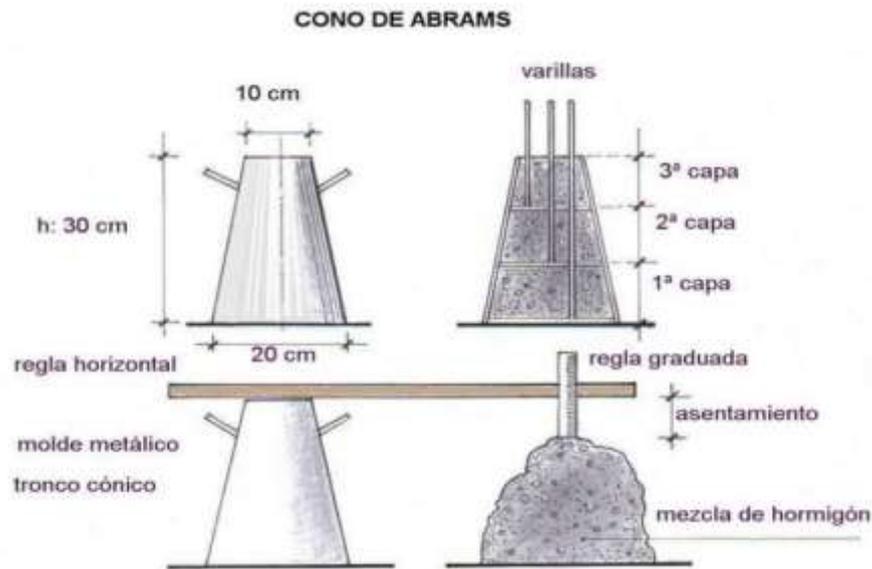


Figura 4 — Prueba de asentamiento (Slump)

Extraído de (Gastañadui Ruiz, 2013, Pág. 10)

3.2.5.1.3. Temperatura del concreto

Para Rivva (2000) “la temperatura del concreto al ser mezclado es influenciada por la temperatura y calor específico de los materiales constituyentes. Por ello, el agregado al estar presente en la mezcla en el volumen más importante, puede tener un efecto sobre la temperatura del concreto” (p.214).

Tabla 16 — Temperatura del concreto en clima frío y cálido

Descripción	Criterios de aceptación ASTM C 94/C 94M-07 – NTP 339.114					
	Temp. mínima	Sección (mm)	< 300	300 - 900	900 – 1800	> 1800
Clima frío	°C		13	10	7	5
	Temp. máxima	32 °C				
Clima cálido	T= más baja posible. Si T=32 °C puede encontrar dificultades					

Extraído de (Gastañadui Ruiz, 2013, Pág.7)

3.2.5.1.4. Tiempo de fraguado

Para Rivva (2000) “el tiempo de fraguado es un concepto convencional que se emplea para designar el periodo que necesita una mezcla para adquirir una dureza previamente fijada. Es esencial que el fraguado no sea ni demasiado rápido ni demasiado lento. Si es muy rápido el tiempo será insuficiente para colocar el concreto antes que adquiera rigidez. Si es muy lento se puede originar retrasos en el alcance y utilización de la estructura” (p.212).

Para Abanto (2013) “se ha encontrado que el tiempo de fraguado del cemento se puede utilizar como índice del tiempo de fraguado del concreto, correlacionándose razonablemente con el del mortero. Las normas NTC 890 y ASTM C 403 describen el de la resistencia a la penetración para concretos con asentamientos mayores que cero. Este ensayo es similar al efectuado con la aguja de Vicat. Se distingue tres etapas principales:

1. **Tiempo anterior al fraguado:** Durante el cual, el concreto se manifiesta como una mezcla relativamente blanda y moldeable, en función de la consistencia con que se elabora.
2. **Tiempo de fraguado inicial:** Es el tiempo que transcurre a partir del momento del contacto inicial del cemento con el agua, hasta que el mortero presenta una resistencia a la penetración de 500 lb/pulg (35 kg/cm²).
3. **Tiempo de fraguado final:** Es el tiempo que transcurre, a partir del momento que el cemento entra en contacto con el agua, hasta que el mortero presenta una resistencia a la penetración de 400 lb/pulg² (280 kg/cm²). En la tercera etapa, al concreto debe dársele el curado adecuado para asegurar con esto, que el concreto satisfaga los requisitos de resistencia y durabilidad exigidos por la obra” (p.116).

3.2.5.1.5. Peso unitario del concreto

Para Sánchez (1994), “el peso unitario del concreto al igual que el de otros materiales, está definido como la cantidad de masa por unidad de volumen y generalmente se expresa en kg/m^3 . Por lo general, el concreto convencional tiene un intervalo de peso unitarios que va desde 2,240 a $2,400\text{kg/m}^3$, lo cual depende de la densidad de los agregados, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y de la cantidad de agua y cemento contenidas, que a su vez se encuentran influenciadas por el tamaño máximo del agregado” (p.165).

3.2.6. Propiedades del concreto endurecido

Para Neville (1999), “la resistencia del concreto a la compresión es comúnmente considerada como la característica más valiosa, aunque en muchos casos son otras, como la durabilidad, impermeabilidad y estabilidad de volumen, las que pueden ser importantes. Sin embargo, la resistencia a la compresión suele dar un panorama general de calidad del concreto, por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta del cemento” (p.70).

3.2.6.1. Elaboración y curado de probetas cilíndricas

Para la elaboración, curado y transporte de las probetas cilíndricas están definidas en la N.T.P. 339.033 y la ASTM C 31. Para la elaboración de las probetas se usó moldes cilíndricos estándares de 4” x 8” las mismas debe de estar, limpios y cubiertos con aceite mineral (petróleo) para evitar que el concreto se pegue. Una vez listo los materiales se procedió a llenar y compactar simultáneamente por tercios, para compactar se necesita una varilla de punta semiesférica y un martillo de goma. Se llena por encima de cada tercio (para el segundo y tercer tercio se penetra 1” a la capa inferior) y se compacta realizando 25 golpes con la varilla compactadora a la mezcla introducida y realizando de 10 a 15 golpes laterales con el mazo de goma, a continuación, se representa gráficamente el proceso.

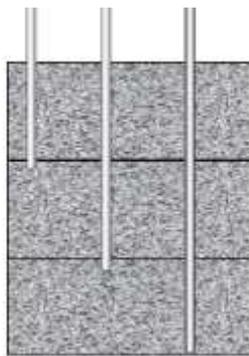


Figura 5 — Procedimiento de fabricación de probetas

Extraído de (Gastañadui Ruiz, 2013, Pág. 19)

Luego se enrasa la superficie para obtener un buen acabado y se sobrepone un identificador de especímenes, el cual debe llevar los datos básicos del concreto (Fecha de fabricación, denominación, etc.).

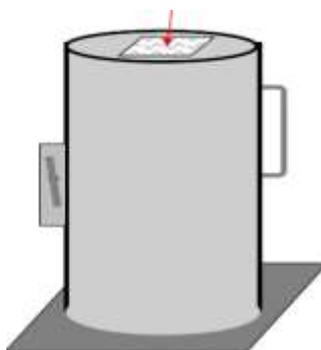


Figura 6 — Detalles finales de fabricación de probetas

Extraído de (Gastañadui Ruiz, 2013, Pág. 21)

Pasadas 24 ± 4 horas las probetas se desmoldarán e inmediatamente las llevamos a saturar en una solución de agua con la finalidad de maximizar la hidratación del cemento.

3.2.6.2. Resistencia a la compresión

Para Pasquel (2002), “es la capacidad de soportar cargas u esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación agua/cemento en peso. Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia lo constituye el curado, ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto” (p.143).

3.2.6.2.1. Pruebas de resistencia a la compresión

Los especímenes de ensayo estándar son cilindros de concreto de 150*300 mm ó 100*200 mm. Pueden utilizarse cilindros de otras dimensiones, siempre y cuando cumplan con la relación Longitud/Diámetro=2. La diferencia de diámetro de un espécimen individual con respecto los demás no debe ser mayor que 2%. El número mínimo de especímenes es de 2 para especímenes de 150 mm de diámetro y 3 para especímenes de 100 mm de diámetro. El espécimen debe permanecer en el molde las 24 ± 4 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga las edades de 1,3, 7,14, 21, 28 días y 56 días, etc. Sin embargo, este periodo puede alterarse si se especifica, durante la prueba el cilindro es cargado a un ritmo uniforme de carga especificada (0.25 ± 0.05 kg/cm²/S). La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen.



Figura 7 — Máquina digital para ensayos de concreto a compresión
Extraído de (Rivera Lopez, 2014, Pág. 114)

3.3. Marco conceptual

Los términos que se presentan a continuación es de vital importancia para la comprensión del contexto de la tesis, los cuales se conceptúan a continuación:

- **Concreto:** Para Abanto (2013), “el concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia” (p.11).
- **Aditivos:** Para Abanto (2013), “se denomina aditivo a las sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine” (p.43).
- **Superplastificantes:** Para Gomezjurado (2010), “son los más modernos de la familia de los aditivos convencionales y con ellos se pueden obtener reducciones de agua entre el 12% y el 30%, esta reducción y la disminución agua/cemento permite obtener concretos con mayores adquisiciones de resistencia a edades tempranas” (p.94).
- **Trabajabilidad:** Para Abanto (2013), “es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones” (p.47).
- **Consistencia:** Para Abanto (2013), “está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada” (p.47).
- **Fraguado:** para Rivva (2000), “el tiempo de fraguado es un concepto convencional que se emplea para designar el periodo que necesita una mezcla para adquirir una dureza previamente fijada” (p.212).
- **Segregación:** Para Pasquel (2002), “es la tendencia que tienen los componentes del concreto a descender debido a las densidades diferentes de estos, los más pesados tienden a descender y al contrario los de menos peso tienden a flotar o estar en suspensión” (p.139).
- **Resistencia a la Compresión ($f'c$):** Para Rivva (2002), “es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos a la compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad” (p.29).

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

Para Borja (2012) “busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática” (p.10). El proyecto de tesis corresponde a un contexto metodológico de una investigación de tipo aplicado en la cual se efectúa la optimización de costo por m³ del concreto, mejoras en la trabajabilidad y resistencia mecánica final del concreto a través del uso de aditivo superplastificante con ensayos realizados en laboratorio y posterior a ello en la ejecución de construcciones de edificación en la ciudad de Abancay.

4.1.2. Nivel de investigación

Para Sampieri (2014), “la investigación es de enfoque cuantitativa, dado que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías, así mismo tiene un conjunto de procesos que es secuencial y probatorio” (p.4).

El nivel de investigación corresponde a un enfoque cuantitativo, cuyo propósito es el análisis, evaluación e interpretación de los resultados obtenidos en diferentes edades del concreto donde se expresan datos reales a través de ensayos normados en estado fresco y endurecido del concreto.

4.2. Diseño de la investigación

Para Hernández y otros (2014), “el diseño de investigación empleado en la tesis es observacional porque se determina las propiedades mecánicas del concreto; la cual incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza sólo dos niveles: presencia y ausencia. Los sujetos se asignan a los grupos de manera aleatoria. Cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se les administra una medición sobre la variable dependiente en estudio” (p.142).

En la expresión se presenta el diagrama de diseño:



GC₁ X O₁
 GE₂ - O₂

Figura 8 — Diagrama de diseño experimental con post-prueba de grupos de control
 Extraído de (Hernández Sampieri, y otros, 2014, Pág. 142)

Donde:

- GC₁ y GE₂ : Grupo de control y grupo experimental
- X : Manejo de variables independientes
- O₁ y O₂ : Post-prueba

Tabla 17 — Identificación de elementos para el diseño de la tesis en laboratorio

Grupos de control		Variable independiente		Post-prueba	
GC ₁	Muestras de control f'c=175 kgf/cm ²	-	Adición de Superplastificante 0.0 %	OGC ₁	Trabajabilidad, Resistencia a la compresión
GC ₂	Muestras de control f'c=210 kgf/cm ²	-	Adición de Superplastificante 0.0 %	OCC ₂	
GC ₃	Muestras de control f'c=280 kgf/cm ²	-	Adición de Superplastificante 0.0 %	OCC ₃	
Grupos experimentales		Variable Independiente		Post-prueba	
GE ₁	Muestras experimentales f'c=175 kgf/cm ² f'c=210 kgf/cm ² f'c=280 kgf/cm ²	X ₁	Adición de Superplastificante Sikament-290N al 1.0 %	OGE ₁	Trabajabilidad, Resistencia a la compresión
GE ₂	Muestras experimentales f'c=175 kgf/cm ² f'c=210 kgf/cm ² f'c=280 kgf/cm ²	X ₂	Adición de Superplastificante Sikament-290N al 1.5 %	OGE ₂	
GE ₃	Muestras experimentales f'c=175 kgf/cm ² f'c=210 kgf/cm ² f'c=280 kgf/cm ²	X ₃	Adición de Superplastificante Sikament-290N al 2.0 %	OGE ₃	
GE ₄	Muestras experimentales f'c=175 kgf/cm ² f'c=210 kgf/cm ² f'c=280 kgf/cm ²	X ₄	Adición de Superplastificante Ulmén W-84 al 1.0 %	OGE ₄	
GE ₅	Muestras experimentales f'c=175 kgf/cm ² f'c=210 kgf/cm ² f'c=280 kgf/cm ²	X ₅	Adición de Superplastificante Ulmén W-84 al 1.5 %	OGE ₅	
GE ₆	Muestras experimentales f'c=175 kgf/cm ² f'c=210 kgf/cm ² f'c=280 kgf/cm ²	X ₆	Adición de Superplastificante Ulmén W-84 al 2.0 %	OGE ₆	

Tabla 18 — Identificación de elementos para el diseño de la tesis en obra

Grupos de control		Variable Independiente		Posprueba	
GC ₁₁	Muestras de control en edificación N° 01 f'c=210 kgf/cm ²	-	Adición de Superplastificante 0.0 %	OGC ₁₁	Trabajabilidad, Resistencia a la compresión
GC ₂₂	Muestras de control en edificación N° 02 f'c=210 kgf/cm ²	-	Adición de Superplastificante 0.0 %	OGC ₂₂	



Grupos experimentales		Variable Independiente		Posprueba	
GE ₁₁	Muestras experimentales en edificación N° 01 f'c=210 kgf/cm ²	X ₁₁	Adición de Superplastificante Sikament-290N al 2.0 %	OGE ₁₁	Trabajabilidad, Resistencia a la compresión
GE ₂₂	Muestras experimentales en edificación N° 02 f'c=210 kgf/cm ²	X ₂₂	Adición de Superplastificante Ulmén W-84 al 1.5 %	OGE ₂₂	

4.3. Descripción ética de la investigación

La ética de la investigación aplica a todos los procesos y etapas, por que inicia desde la idea de la investigación; donde los resultados de la investigación correspondan a los valores a los que se obtuvieron en el proceso, sin distorsionar los resultados obtenidos para ello se debe tener en cuenta aspectos como: obligación de veracidad, valores éticos, responsabilidad social y la conservación de sus fines, cuyo fin sea la búsqueda de la verdad de manera objetiva.

4.4. Población y muestra

4.4.1. Población

El universo poblacional está comprendido por la cantidad de 306 muestras de especímenes cilíndricas de concreto (probetas) ensayadas; elaboradas con cemento portland de alta durabilidad Tipo IP, aditivos como Sikament-290N y Ulmén W-84 al (1 %, 1.5 % y 2 %) de dosis de aplicación respecto al peso del cemento y agregados procedentes del sector de Pachachaca - Abancay, el diseño de mezclas del concreto se realizó de acuerdo a la metodología del comité de ACI 211.1. En laboratorio y obra.

4.4.2. La muestra

4.4.2.1. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo es probabilístico conocido también como muestreo aleatorio simple, en la etapa del ensayo de la resistencia mecánica del concreto la selección de ellas es a la conveniencia y obtener los datos un análisis de los resultados.

4.4.2.2. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra está conformado por especímenes de concreto en un total de 306 muestras de concreto resultando de la siguiente forma: para grupos de control sin ningún tipo de adición de aditivo y grupos experimentales con adición del aditivo superplastificante Sikament-



290N y Ulmén W-84 resultando un total de 252 especímenes de concreto ensayados a resistencia a la compresión a edades de 3,7, 14 y 28 días. En la aplicación del proyecto en construcciones de edificaciones ubicadas en la ciudad de Abancay se completó un total 54 especímenes de concreto que fueron ensayados a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, las mismas se muestran en las siguientes tablas:

Grupos de control en laboratorio:

Tabla 19 — Tamaño de muestras de control para ensayos en laboratorio

Muestras de control	Edades			
	3 Días	7 Días	14 Días	28 Días
$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
<i>Parcial</i>	<i>09 Probetas</i>	<i>09 Probetas</i>	<i>09 Probetas</i>	<i>09 Probetas</i>
Total	36 Probetas cilíndricas de 4" x 8"			

Grupos de control en obra:

Tabla 20 — Tamaño de muestras de control para ensayos en obra

Muestras de control	Edades		
	3 Días	7 Días	28 Días
Edificación N° 01 $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
Edificación N° 02 $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
<i>Parcial</i>	<i>06 Probetas</i>	<i>06 Probetas</i>	<i>06 Probetas</i>
Total	18 Probetas cilíndricas de 4" x 8"		

Grupos experimentales en laboratorio:

Tabla 21 — Tamaño de muestras experimentales para ensayos en laboratorio

Muestras experimentales	% Dosis	Edad				
		3 Días	7 Días	14 Días	28 Días	
$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	Sikament-290N	1.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Sikament-290N	1.5	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Sikament-290N	2.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W -84	1.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	1.5	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	2.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	Sikament-290N	1.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Sikament-290N	1.5	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Sikament-290N	2.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	1.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	1.5	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	2.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas



f'c=280 kgf/cm ²	Sikament-290N	1.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Sikament-290N	1.5	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Sikament-290N	2.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	1.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	1.5	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
	Ulmén W-84	2.0	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas	03 Pobretas
<i>Parcial</i>			<i>54 Pobretas</i>	<i>54 Pobretas</i>	<i>54 Pobretas</i>	<i>54 Pobretas</i>
Total			216 Probetas cilíndricas de 4" x 8"			

Grupos experimentales en obra:

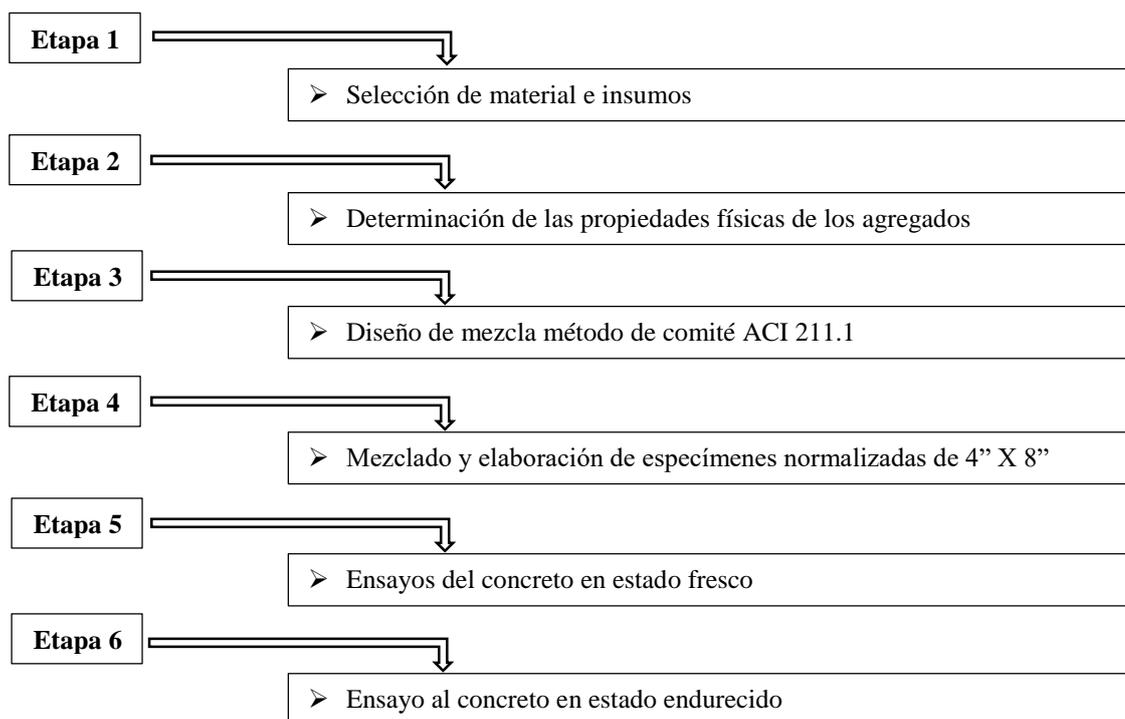
Tabla 22 — Tamaño de muestras experimentales para ensayos en obra

Muestras experimentales en obra f'c = 210 kgf/cm ²	% Dosis	Edades		
		3 Días	7 Días	28 Días
Edificación N° 01 (Sikament-290N)	2.0	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
Edificación N° 01 (Ulmén W-84)	1.5	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
Edificación N° 02 (Sikament-290N)	2.0	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
Edificación N° 02 (Ulmén W-84)	1.5	03 Probetas	03 Probetas	03 Probetas
<i>Parcial</i>		<i>12 Probetas</i>	<i>12 Probetas</i>	<i>12 Probetas</i>
Total		36 Probetas cilíndricas de 4" x 8"		

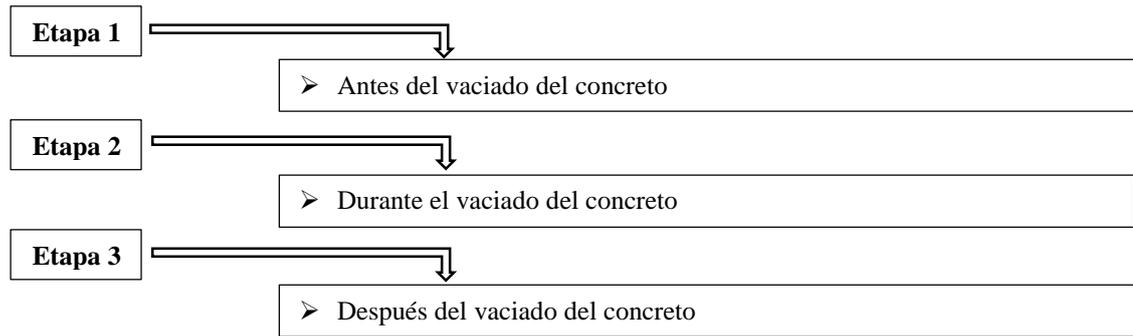
4.5. Procedimiento de la investigación

El procedimiento está en función a una secuencia de etapas establecidos en la tesis. A continuación, se muestra el orden de etapas a seguir durante el proceso de ejecución en ensayos de laboratorio y la aplicación en obra.

• Procedimiento de la investigación en laboratorio:



- **Procedimiento de la investigación en obra**



4.5.1. Ejecución de la investigación en laboratorio

4.5.1.1. Etapa 1: Selección de material e insumos

4.5.1.1.1. Cemento

Cemento utilizado en la investigación es el cemento Yura tipo IP cemento multi-propósito de alta durabilidad, es el más comercial en ciudad de Abancay.

4.5.1.1.2. Agua

Se utilizó agua para el mezclado y curado de probetas de concreto, que la misma proviene de la red pública de agua potable E.P.S. EMUSAP ABANCAY S.A.C. Empresa que brinda servicio de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Abancay.

4.5.1.1.3. Aditivos

Los aditivos que se utilizaron en la tesis es el superplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 para la selección y uso estas dos marcas de aditivos se realizó un estudio de mercado con las cotizaciones respectivas en la ciudad de Abancay-Apurímac.

4.5.1.1.4. Agregados

4.5.1.1.4.1. Agregado arena y piedra chancada

Agregado como arena y piedra chancada que se utilizó en la tesis proviene de la cantera-Quispe ubicado en el sector de Pachachaca-Abancay a las orillas del río Pachachaca, Provincia



Abancay, región Apurímac. Aproximadamente a 30 minutos desde el centro de la ciudad de Abancay; cuya ubicación geográfica en coordenadas UTM es: N=8487001m, E=724840 m y altitud 1776.00 m.s.n.m.



Figura 9 — Ubicación geográfica del agregado fino y grueso (Cantera - Quispe)

4.5.1.2. Etapa 2: Determinación de las propiedades físicas de los agregados

4.5.1.2.1. Propiedades físicas y características de los agregados

4.5.1.2.1.1. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena)

El ensayo de análisis granulométrico de agregado fino se realizó según la metodología y los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012) y ASTM C-136, cuyo procedimiento se ilustra en la figura N° 10.



Figura 10 — Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Representación gráfica de la curva granulométrica del agregado fino (arena)

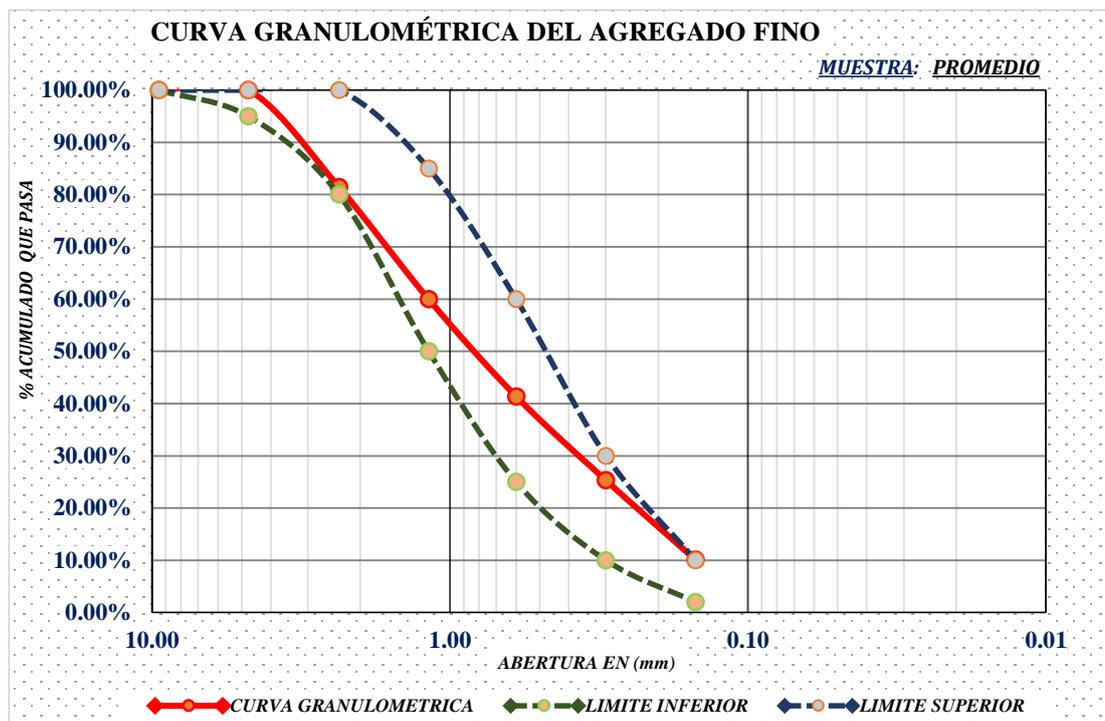


Figura 11 — Curva de tamaño granulométrico de partícula de la arena

Tabla 23 — Resultado de análisis granulométrico de la arena

Resultado promedio de la prueba	
Determinación de porcentaje pasante de la malla N° 200	3.21%
Módulo de finura	2.82

Análisis de resultados: En la figura N° 11 se observa que la curva granulométrica del agregado fino, cumple con los parámetros del huso 67, cuyos requisitos se establecen en la norma NTP 400.037. El módulo de finura obtenido a partir de agregado fino ensayado es 2.82, la norma establece que el módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1, se especifica que el módulo de finura del agregado fino probado cae dentro de los límites especificados en la norma.

4.5.1.2.1.2. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

El procedimiento de este ensayo se determinó en función a la NTP 400.012 y la norma americana ASTM C-136 el procedimiento de

este ensayo se puede visualizar en la figura N° 12.



Figura 12 — Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

Representación gráfica de la curva granulométrica del agregado grueso.

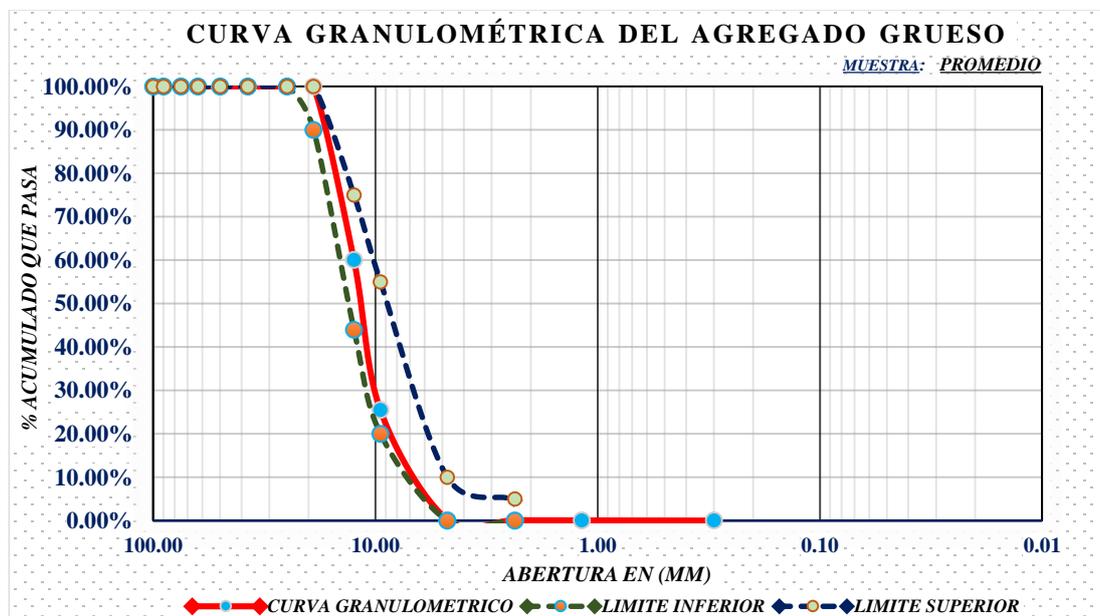


Figura 13 — Curva de tamaño granulométrico de partícula de piedra chancada

Tabla 24 — Resultado de análisis granulométrico de piedra chancada

Resultado promedio de la prueba	
Tamaño máximo (TM)	3/4"
Tamaño máximo nominal (TMN)	1/2"
Módulo de finura	4.74

La figura N° 13 muestra la curva de tamaño de partícula dentro de los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037) y gradación según el huso 67, para el diseño de mezcla.



4.5.1.2.1.3. Masa unitaria suelto y compacto del agregado fino

La especificación de normas NTP 400.017 y ASMT C 29 establecen parámetros y procedimientos para esta prueba, siendo el objetivo determinar masa por unidad de volumen o densidad (unidad de peso) y porosidad en agregados. En la figura N° 14 se muestra el procedimiento de la prueba.



Figura 14 — Masa unitario suelto del agregado fino

La tabla N° 25 muestra resultados finales del ensayo ejecutado.

Tabla 25 — Masa unitario suelto y compacto del agregado fino

Resultado final de la masa unitario suelto y compacto del agregado fino		
Resultado promedio de la prueba		
Masa unitario suelto (P.U. S.)	1,620.72	kg/m ³
Masa unitario compacto (P.U. C.)	1,801.62	kg/m ³

4.5.1.2.1.4. Masa unitario suelto y compacto del agregado grueso

Según la Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.017) manifiesta que el peso volumétrico y/o unitario del agregado grueso está dividido entre el volumen de masa que ocupa el objeto. Para mayor detalle se describe el procedimiento del ensayo a través de la secuencia grafica en figura N° 15.



Figura 15 — Masa unitario suelto y compacto del agregado grueso

Los datos y resultados finales de este ensayo se detalla la tabla N° 29.

Tabla 26 — Masa unitario suelto y compacto del agregado grueso

Resultado final de la masa unitario suelto y compacto del agregado grueso		
Resultado promedio del ensayo		
Masa unitario suelto (P.U. S.)	1,545.56	kg/m ³
Masa unitario compacto (P.U. S.)	1,650.38	kg/m ³

4.5.1.2.1.5. Masa específico y capacidad de absorción del agregado fino

La Norma Técnica Peruana (NTP 400.022) especifica un método para determinar la densidad de agregados finos, la densidad superficial seca saturada, la densidad aparente y la absorción (después de 24 horas) de agregados finos. La masa específica y la cantidad de adsorción de la arena se obtuvieron utilizando un uso de un picnómetro. Se procede a mostrar en figura N° 16 el procedimiento referente a esta prueba.



Figura 16 — Masa específico y cantidad de absorción del agregado fino

A continuación de adjunta los resultados finales de la prueba, masa específica y la cantidad de absorción del agregado fino (arena) tales resultados se muestran en la tabla N° 27.

Tabla 27 — Masa específico y capacidad de absorción del agregado fino

Resultado promedio de la prueba		
Masa específico del agregado	2.70	gr./cm ³
Capacidad de absorción	2.80	%

4.5.1.2.1.6. Masa específico y capacidad de absorción del agregado grueso

La norma Técnica Peruana (NTP 400.021) determina una metodología para el procedimiento de la prueba de masa específico del agregado grueso, se deja saturar a temperatura ambiente una muestra de 2.5 kilos de agregado grueso por un tiempo de 24 hrs \pm 4. Al día siguiente se procede a retirar el agua superficial del agregado con ayuda de una franela, la muestra saturada con superficie superficialmente seca se coloca en una probeta cilíndrica de 1000 ml de capacidad para determinar la cantidad de masa sumergido, se retira el agregado de la probeta cilíndrica para colocarlos en un recipiente metálica para llevarla a un horno que sea capaz de mantener una temperatura de 110 °C \pm 5 °C, después de 24 horas se pesa, tal como se muestra en la figura N° 17.



Figura 17 — Masa específico y capacidad de absorción del agregado grueso

En la tabla N° 28 se adjunta el resultado final de la prueba.

Tabla 28 — Masa específico y capacidad de absorción del agregado grueso

Resultado promedio del ensayo		
Masa específico del agregado	2.68	gr./cm ³
Capacidad de absorción	0.96	%

4.5.1.2.1.7. Porcentaje de humedad del agregado fino y grueso

La Norma Técnica Peruana (NTP 339.185) define un método para determinación el porcentaje de humedad total de la muestra de agregados finos y gruesos, dicha prueba se realizada por secado por un tiempo de $24 \pm$ horas a una temperatura uniforme $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5$ $^\circ\text{C}$. El contenido de humedad de los agregados finos y gruesos (arena y piedra) se obtiene mediante la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco del horno, cuyo procedimiento del ensayo se puede ver en la figura N° 18.



Figura 18 — Porcentaje de humedad del agregado fino y grueso

En la tabla N° 29 se muestran los resultados finales de la prueba.

Tabla 29 — Porcentaje de humedad del agregado fino y grueso

Resultado promedio de la prueba		
Porcentaje de humedad del agregado fino	0.38	%
Porcentaje de humedad del agregado grueso	0.16	%

4.5.1.2.1.8. Material fino pasante la malla N° 200 del agregado fino y grueso

La Norma Técnica Peruana (NTP 400.018) establece el procedimiento para determinar el material que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N° 200), las partículas de arcilla y otras partículas de agregados dispersos por agua que tengan un valor superior al material fino que pasa por el tamiz N° 200 serán perjudiciales para el concreto, ya que afectan la adherencia y aumenta el contenido de agua necesario. El procedimiento de esta prueba se muestra en la figura N° 19.



Figura 19 — Material fino pasante la malla N° 200 del agregado fino y grueso

En la Tabla N° 30 se adjunta el resultado final de la prueba de material fino pasante la malla N° 200 del agregado fino y grueso.

Tabla 30 — Prueba de material fino pasante la malla N° 200 del agregado

Resultado promedio de la prueba		
Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado fino	3.21	%
Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado grueso	0.42	%

4.5.1.2.1.9. Propiedades y características físicas de los agregados

Tabla 31 — Propiedades y características físicas de los agregados

Propiedades físicas	A° Fino	A° Grueso	Unidad
Cantera	Quispe	Quispe	-
Perfil	-	Angular	-
Peso unitario suelto	1,620.72	1,545.56	kg/m ³
Peso unitario compacto	1,801.62	1,650.38	kg/m ³
Masa específico	2.70	2.68	gr/cm ³
Módulo de finura	2.82	4.73	-
Absorción	2.80	0.96	%
Porcentaje de humedad	0.38	0.16	%
Tamaño Nominal Máximo (in)	-	½"	in

4.5.1.2.2. Aditivos utilizados en la tesis

4.5.1.2.2.1. Aditivo superplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84

El aditivo utilizado en la tesis cumple con las especificaciones de la norma NTP 334.086 y ASTM 494, el aditivo superplastificante se clasifica como tipo G que corresponde a Sikament-290N y tipo F al aditivo Ulmén W-84. La dosis de aplicación que utilizó para la elaboración del concreto fue en 1.0 %, 1.5 % y 2.0% respecto al peso del cemento.

Tabla 32 — Características técnicas del aditivo superplastificante Sikament-290N

Información técnica	Parámetros
Densidad	1.2 +/- 0.01
Apariencia / color	Líquido pardo oscuro
Presentación	Cilindro x 200L, Balde x 20L
Vida útil	1 año
Como plastificante	Del 0.3 % - 0.7 % del peso del cemento
Como superplastificante	Del 0.7 % - 1.4 % del peso del cemento
Reducción de agua	Hasta el 25% del agua de la mezcla
Clasificación como plastificante	Norma ASTM C 494, tipo D
Clasificación como superplastificante	Norma ASTM C 494, tipo G

Extraído de (Hoja de datos del producto Sikament-290N, 2020, Pág. 2)

Tabla 33 — Características técnicas del aditivo superplastificante Ulmén W-84

Descripción técnica	Parámetros
Envoltura	Líquido levente viscoso
Coloración	Café claro
Consistencia	1.06 +/- 0.02 g/mL
Densidad	20 +/- 2 (s)
pH	6.5 +/- 1
Sólidos	25 +/- 3
Recipiente	Cilindro de 220 kg o 1.100 kg
Usos y dosis	Del 0.5% – 2% del peso del cemento
Duración	6 meses
Clasificación como superplastificante	Norma ASTM C 494, NTP 334.088 tipo F

Extraído de (Hoja técnica Industrias Ulmén S.A. Ulmén W-84, 2017, Pág. 1)

**Figura 20 — Aditivo Superplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84**

4.5.1.3. Etapa 3: Diseño de mezcla método de comité ACI 211.1

Para el procedimiento de diseño de mezcla del concreto se ha empleado la metodología del comité ACI 211.1. Este método es bastante usual y simple. El criterio de diseño se asienta en la optimización de los materiales; el material más incidente es el cemento, por ser el de mayor costo. Con propiedades y características de los agregados e insumos definidos. Se procede con el diseño de mezcla para resistencia especificada de $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 , para grupos de control sin ninguna adición del aditivo y grupos experimentales con adición del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 al 1.0%, 1.5% y 2.0% respecto a la masa total del cemento. Cuantificando de la siguiente forma: 3 diseños de mezclas para los concretos de control y 18 diseños de mezcla para los grupos experimentales, en total de 21 diseños de mezcla, considerando un asentamiento de 3 a 4 pulgadas. Finalmente, en este apartado se muestran las cantidades totales de las dosificaciones en pesos seco y húmedo, diseño de mezcla para grupos de control en la tabla N° 34, N° 35 y N° 36 y diseño de mezcla de grupos experimentales en la tabla N° 37 al N° 42.

Tabla 34 — Diseño de mezcla para concretos sin aditivo para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Material	Dosificación por m ³ de concreto				Tanda de prueba para (Vol.=0.025 m ³)	
			Masa kg/m ³		Volumen m ³	Proporcionamiento		
			Seco	Húmedo		Seco (kg)		Húmeda (kg)
<i>Concreto patrón</i>		Cemento	292.15	292.15	0.103	1.00	1.00	7.18
a/c de diseño	0.74	Agua	216.00	230.26	0.216	0.74	0.79	5.66
		Piedra	904.67	906.10	0.338	3.10	3.10	22.26
Tanda (m ³)	0.025	Arena	859.16	862.39	0.319	2.94	2.95	21.19
		Aire	-	-	0.025	-	-	-
Slump	3" a 4"	Total =	2,271.99	2,290.31	1.00	7.78	7.84	56.28

Tabla 35 — Diseño de mezcla para concretos sin aditivo para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Material	Dosificación por m ³ de concreto				Tanda de prueba para (Vol.=0.025 m ³)	
			Masa kg/m ³		Volumen m ³	Proporcionamiento		
			Seco	Húmedo		Seco (kg)		Húmeda (kg)
<i>Concreto patrón</i>		Cemento	319.90	319.90	0.112	1.00	1.00	7.86
a/c de diseño	0.68	Agua	216.00	230.05	0.216	0.68	0.72	5.65
		Piedra	904.67	906.10	0.339	2.83	2.83	22.26
Tanda (m ³)	0.025	Arena	832.91	836.05	0.309	2.60	2.61	20.54
		Aire	-	-	0.025	-	-	-
Slump	3" a 4"	Total =	2,273.48	2,292.09	1.00	7.11	7.17	56.31

Tabla 36 — Diseño de mezcla para concretos sin aditivo para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Material	Dosificación por m ³ de concreto				Tanda de prueba para (Vol.=0.025 m ³)	
			Masa kg/m ³		Volumen m ³	Proporcionamiento		
			Seco	Húmedo		Seco (kg)		Húmeda (kg)
<i>Concreto patrón</i>		Cemento	378.63	378.63	0.133	1.00	1.00	9.30
a/c de diseño	0.57	Agua	216.00	229.60	0.216	0.57	0.61	5.64
		Piedra	904.67	906.10	0.338	2.39	2.39	22.26
Tanda (m ³)	0.025	Arena	777.35	780.27	0.288	2.05	2.06	19.17
		Aire	-	-	0.025	-	-	-
Slump	3" a 4"	Total =	2,276.65	2,294.60	1.00	6.01	6.06	56.37

Tabla 37 — Diseño de mezcla para concretos con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Sin reducción de agua m ³ de concreto				Con reducción de agua m ³			Tanda de prueba para (vol.= 0.025 m ³)	
		Material	Masa kg/m ³		Volumen m ³	Material	Masa kg/m ³		Sin disminución de agua	Con disminución de agua
			Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Tanda (kg)	Tanda (kg)
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	292.15	292.15	0.103	Cemento	262.94	262.94	7.18	6.46
Sikament-290N	1.0%	Agua	216.00	230.26	0.216	Agua	194.40	207.23	5.66	5.09
<i>Reducción de agua</i>	10%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	929.38	931.52	22.26	22.88
		Arena	859.16	862.39	0.319	Arena	882.63	886.58	21.19	21.78
a/c de diseño	0.74	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m ³)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	2.63	2.63	-	0.065
Slump	3" a 4"	Total =	2,271.99	2,290.91	1.00	Total =	2,271.97	2,290.90	56.28	56.28
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	292.15	292.15	0.103	Cemento	233.72	233.72	7.18	5.74
Sikament-290N	1.5%	Agua	216.00	230.26	0.216	Agua	172.80	184.21	5.66	4.53
<i>Reducción de agua</i>	20%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	955.00	957.84	22.26	23.53
		Arena	859.16	862.39	0.319	Arena	906.96	911.64	21.19	22.39
a/c de diseño	0.74	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m ³)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	3.51	3.51	-	0.086
Slump	3" a 4"	Total =	2,271.99	2,290.91	1.00	Total =	2,271.98	2,290.91	56.28	56.28
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	292.15	292.15	0.103	Cemento	204.51	204.51	7.18	5.02
Sikament-290N	2.0%	Agua	216.00	230.26	0.216	Agua	151.20	161.18	5.66	3.96
<i>Reducción de agua</i>	30%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	980.76	984.31	22.26	24.18
		Arena	859.16	862.39	0.319	Arena	931.42	936.83	21.19	23.01
a/c de diseño	0.74	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m ³)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	4.09	4.09	-	0.100
Slump	3" a 4"	Total =	2,271.99	2,290.91	1.00	Total =	2,271.97	2,290.91	56.28	56.28

Tabla 38 — Diseño de mezcla para concretos con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Sin reducción de agua m^3 de concreto				Con reducción de agua m^3			Tanda de prueba para (vol.= 0.025 m^3)	
		Material	Masa kg/m^3		Volumen m^3	Material	Masa kg/m^3		Sin disminución de agua	con disminución de agua
			Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	tanda (kg)	tanda (kg)
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	292.15	292.15	0.103	Cemento	248.33	248.33	7.18	6.10
Ulmén W-84	1.0%	Agua	216.00	230.26	0.216	Agua	183.60	195.72	5.66	4.81
<i>Reducción de agua</i>		Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	942.49	944.97	22.26	23.21
		Arena	859.16	862.39	0.319	Arena	895.07	899.39	21.19	22.09
a/c de diseño	0.74	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	2.48	2.48	-	0.061
Slump	3" a 4"	Total =	2,271.99	2,290.91	1.00	Total =	2,271.98	2,290.90	56.28	56.28
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	292.15	292.15	0.103	Cemento	219.11	219.11	7.18	5.38
Ulmén W-84	1.5%	Agua	216.00	230.26	0.216	Agua	162.00	172.69	5.66	4.24
<i>Reducción de agua</i>		Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	968.14	971.34	22.26	23.86
		Arena	859.16	862.39	0.319	Arena	919.43	924.49	21.19	22.71
a/c de diseño	0.74	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	3.29	3.29	-	0.081
Slump	3" a 4"	Total =	2,271.99	2,290.91	1.00	Total =	2,271.97	2,290.92	56.28	56.28
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	292.15	292.15	0.103	Cemento	204.51	204.51	7.18	5.02
Ulmén W-84	2.0%	Agua	216.00	230.26	0.216	Agua	151.20	161.18	5.66	3.96
<i>Reducción de agua</i>		Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	980.76	984.31	22.26	24.18
		Arena	859.16	862.39	0.319	Arena	931.42	936.82	21.19	23.01
a/c de diseño	0.74	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	4.09	4.09	-	0.100
Slump	3" a 4"	Total =	2,271.99	2,290.91	1.00	Total =	2,271.97	2,290.90	56.28	56.28

Tabla 39 — Diseño de mezcla para concretos con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Sin reducción de agua m^3 de concreto				Con reducción de agua m^3			Tanda de prueba para (vol.= 0.025 m^3)	
		Material	Masa kg/m^3		Volumen m^3	Material	Masa kg/m^3		Sin disminución de agua	Con disminución de agua
			Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Tanda (kg)	Tanda (kg)
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	319.90	319.90	0.112	Cemento	287.91	287.91	7.86	7.07
Sikament-290N	1.0%	Agua	216.00	230.05	0.216	Agua	194.40	207.04	5.65	5.09
<i>Reducción de agua</i>	10%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	931.07	933.19	22.26	22.92
		Arena	832.91	836.05	0.309	Arena	857.22	861.04	20.54	21.15
a/c de diseño	0.68	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	2.88	2.88	-	0.071
Slump	3" a 4"	Total =	2,273.48	2,292.09	1.00	Total =	2,273.47	2,292.07	56.31	56.31
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	319.90	319.90	0.112	Cemento	255.92	255.92	7.86	6.29
Sikament-290N	1.5%	Agua	216.00	230.05	0.216	Agua	172.80	184.04	5.65	4.52
<i>Reducción de agua</i>	20%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	958.47	961.31	22.26	23.61
		Arena	832.91	836.05	0.309	Arena	882.44	886.99	20.54	21.79
a/c de diseño	0.68	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	3.84	3.84	-	0.094
Slump	3" a 4"	Total =	2,273.48	2,292.09	1.00	Total =	2,273.46	2,292.09	56.31	56.31
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	319.90	319.90	0.112	Cemento	223.93	223.93	7.86	5.50
Sikament-290N	2.0%	Agua	216.00	230.05	0.216	Agua	151.20	161.03	5.65	3.96
<i>Reducción de agua</i>	30%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	986.04	989.57	22.26	24.31
		Arena	832.91	836.05	0.309	Arena	907.82	913.06	20.54	22.43
a/c de diseño	0.68	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	4.48	4.48	-	0.110
Slump	3" a 4"	Total =	2,273.48	2,292.09	1.00	Total =	2,273.47	2,292.07	56.31	56.31

Tabla 40 — Diseño de mezcla para concretos con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Sin reducción de agua m^3 de concreto				Con reducción de agua m^3			Tanda de prueba para (vol.= 0.025 m^3)	
		Material	Masa kg/m^3		Volumen m^3	Material	Masa kg/m^3		Sin disminución de agua	Con disminución de agua
			Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Tanda (kg)	Tanda (kg)
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	319.90	319.90	0.112	Cemento	271.91	271.91	7.86	6.68
Ulmén W-84	1.0%	Agua	216.00	230.05	0.216	Agua	183.60	195.54	5.65	4.80
<i>Reducción de agua</i>		Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	945.10	947.58	22.26	23.28
		Arena	832.91	836.05	0.309	Arena	870.13	874.32	20.54	21.48
a/c de diseño	0.68	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	2.72	2.72	-	0.067
Slump	3" a 4"	Total =	2,273.48	2,292.09	1.00	Total =	2,273.47	2,292.07	56.31	56.31
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	319.90	319.90	0.112	Cemento	239.92	239.92	7.86	5.89
Ulmén W-84	1.5%	Agua	216.00	230.05	0.216	Agua	162.00	172.53	5.65	4.24
<i>Reducción de agua</i>		Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	972.54	975.73	22.26	23.97
		Arena	832.91	836.05	0.309	Arena	895.40	900.29	20.54	22.12
a/c de diseño	0.68	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	3.60	3.60	-	0.088
Slump	3" a 4"	Total =	2,273.48	2,292.09	1.00	Total =	2,273.46	2,292.07	56.31	56.31
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	319.90	319.90	0.112	Cemento	223.93	223.93	7.86	5.50
Ulmén W-84	2.0%	Agua	216.00	230.05	0.216	Agua	151.20	161.03	5.65	3.96
<i>Reducción de agua</i>		Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	986.04	989.57	22.26	24.31
		Arena	832.91	836.05	0.309	Arena	907.82	913.08	20.54	22.43
a/c de diseño	0.68	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	4.48	4.48	-	0.110
Slump	3" a 4"	Total =	2,273.48	2,292.09	1.00	Total =	2,273.47	2,292.09	56.31	56.31

Tabla 41 — Diseño de mezcla para concretos con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Sin reducción de agua m^3 de concreto				Con reducción de agua m^3			Tanda de prueba para (vol.= 0.025 m^3)	
		Material	Masa kg/m^3		Volumen m^3	Material	Masa kg/m^3		Sin disminución de agua	Con disminución de agua
			Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Tanda (kg)	Tanda (kg)
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	378.63	378.63	0.133	Cemento	340.77	340.77	9.30	8.37
Sikament-290N	1.0%	Agua	216.00	229.60	0.216	Agua	194.40	206.64	5.64	5.08
<i>Reducción de agua</i>	10%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	934.82	936.95	22.26	23.02
		Arena	777.35	780.27	0.288	Arena	803.25	806.83	19.17	19.82
a/c de diseño	0.57	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	3.41	3.41	-	0.084
Slump	3" a 4"	Total =	2,276.65	2,294.60	1.00	Total =	2,276.64	2,294.59	56.37	56.37
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	378.63	378.63	0.133	Cemento	302.90	302.90	9.30	7.44
Sikament-290N	1.5%	Agua	216.00	229.60	0.216	Agua	172.80	183.68	5.64	4.51
<i>Reducción de agua</i>	20%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	966.19	969.02	22.26	23.80
		Arena	777.35	780.27	0.288	Arena	830.21	834.45	19.17	20.50
a/c de diseño	0.57	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	4.54	4.54	-	0.112
Slump	3" a 4"	Total =	2,276.65	2,294.60	1.00	Total =	2,276.65	2,294.60	56.37	56.37
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	378.63	378.63	0.133	Cemento	265.04	265.04	9.30	6.51
Sikament-290N	2.0%	Agua	216.00	229.60	0.216	Agua	151.20	160.72	5.64	3.95
<i>Reducción de agua</i>	30%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	997.76	1,001.30	22.26	24.60
		Arena	777.35	780.27	0.288	Arena	857.34	862.25	19.17	21.18
a/c de diseño	0.57	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	5.30	5.30	-	0.130
Slump	3" a 4"	Total =	2,276.65	2,294.60	1.00	Total =	2,276.64	2,294.60	56.37	56.37

Tabla 42 — Diseño de mezcla para concretos con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tipo de diseño :		Sin reducción de agua m^3 de concreto				Con reducción de agua m^3			Tanda de prueba para (vol.= 0.025 m^3)	
		Material	Masa kg/m^3		Volumen m^3	Material	Masa kg/m^3		Sin disminución de agua	Con disminución de agua
			Seco	Húmedo			Seco	Húmedo	Tanda (kg)	Tanda (kg)
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	378.63	378.63	0.133	Cemento	321.84	321.84	9.30	7.91
Ulmén W-84	1.0%	Agua	216.00	229.60	0.216	Agua	183.60	195.16	5.64	4.79
<i>Reducción de agua</i>	15%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	950.90	953.39	22.26	23.42
		Arena	777.35	780.27	0.288	Arena	817.07	820.99	19.17	20.17
a/c de diseño	0.57	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	3.22	3.22	-	0.079
Slump	3" a 4"	Total =	2,276.65	2,294.60	1.00	Total =	2,276.63	2,294.60	56.37	56.37
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	378.63	378.63	0.133	Cemento	283.97	283.97	9.30	6.98
Ulmén W-84	1.5%	Agua	216.00	229.60	0.216	Agua	162.00	172.20	5.64	4.23
<i>Reducción de agua</i>	25%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	982.33	985.51	22.26	24.21
		Arena	777.35	780.27	0.288	Arena	844.08	848.66	19.17	20.85
a/c de diseño	0.57	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	4.26	4.26	-	0.105
Slump	3" a 4"	Total =	2,276.65	2,294.60	1.00	Total =	2,276.64	2,294.60	56.37	56.37
<i>Aditivo súperplastificante</i>		Cemento	378.63	378.63	0.133	Cemento	265.04	265.04	9.30	6.51
Ulmén W-84	2.0%	Agua	216.00	229.60	0.216	Agua	151.20	160.72	5.64	3.95
<i>Reducción de agua</i>	30%	Piedra	904.67	906.10	0.338	Piedra	997.76	1,001.30	22.26	24.60
		Arena	777.35	780.27	0.288	Arena	857.34	862.24	19.17	21.18
a/c de diseño	0.57	Aire	-	-	0.025	Aire	-	-	-	-
Tanda (m^3)	0.025	Aditivo	-	-	-	Aditivo	5.30	5.30	-	0.130
Slump	3" a 4"	Total =	2,276.65	2,294.60	1.00	Total =	2,276.64	2,294.59	56.37	56.37

4.5.1.4. Etapa 4: Mezclado y elaboración de especímenes normalizadas de 4" x 8"

4.5.1.4.1. Muestreo de materiales y mezclado del concreto

Para la producción de especímenes de concreto (Probetas), se empleó una mezcladora con capacidad de 80 Lts, para tandas de un volumen de 0.025 m^3 , equivalente a 15 probetas estándares de 4" x 8". La Norma Técnica Peruana (NTP 339.183) establece las especificaciones para el muestreo del material, mezclado de la masa. La norma ASTM C 94M establece el tiempo de mezclado por lo menos durante 90 seg. que corresponde a un minuto y medio de tiempo de mezclado después de que los materiales estén dentro de la mezcladora.



Figura 21 — Muestreo de materiales e insumos y mezclado de la masa del concreto

4.5.1.4.2. Elaboración de especímenes (probetas) normalizadas de 4" x 8"

La norma NTP 339.033 y ASTM C-31, especifica los procedimientos necesarios para la elaboración de probetas cilíndricas de concreto con el objetivo de ser ensayadas a la compresión en estado endurecidos a las edades de 3, 7, 14 y 28 días. La secuencia de procedimientos realizados de los ensayos en laboratorio de puede observar en la figura N° 22.



Figura 22 — Elaboración de especímenes normalizadas de 4" X 8"

4.5.1.5. Etapa 5: Ensayos en estado fresco del concreto

4.5.1.5.1. Asentamiento

La Norma Técnica Peruana NTP 339.035 y ASTM C-143, especifica la metodología del ensayo de asentamiento en estado fresco del concreto. El procedimiento de la prueba se muestra en la figura N° 23.



Figura 23 — Ensayo, asentamiento del concreto

4.5.1.5.2. Temperatura

La norma NTP 339.184, establece la metodología de proceso para determinar la prueba de la temperatura de la masa del concreto. Se procede esta prueba con la colocación del dispositivo a 75 mm (3 pulg.) de profundidad en la muestra del concreto fresco con recubrimiento en todas direcciones; finalmente se esperó que transcurra dos minutos de tiempo hasta que la variación leída sea estable, la figura N° 24 muestra la ejecución del ensayo.



Figura 24 — Ensayo, temperatura del concreto

4.5.1.5.3. Peso unitario

La Norma Técnica Peruana NTP 339.046 y ASTM C-138, especifica el procedimiento de ejecución de la prueba de masa unitario del concreto en función de fórmulas

matemáticos se determina el rendimiento de la mezcla. El procedimiento realizado de la prueba se muestra en la figura N° 25.



Figura 25 — Prueba de masa unitario en estado fresco del concreto

4.5.1.5.4. Tiempo de fraguado

La norma NTP 339.082 establece las especificaciones del procedimiento de la prueba de tiempo de fraguado del concreto. El procedimiento de la misma se ilustra en la figura N° 26.



Figura 26 — Procedimiento del ensayo del tiempo de fraguado

4.5.1.6. Etapa 6: Ensayo estado endurecido del concreto

4.5.1.6.1. Desmoldado de los especímenes del concreto

Pasadas las 24 ± 4 horas se aíslan de los moldes a los especímenes de concreto y se procede el rotulado para la identificación.



Figura 27 — Desmoldado y etiquetado de las probetas

4.5.1.6.2. Curado de especímenes (probetas)

Para alcanzar la resistencia deseada es necesario realizar un buen curado para prevenir el agrietamiento a edades tempranas y evitar la disminución de la resistencia en un 30% de su resistencia final. El curado de las probetas ha sido por sumersión a una temperatura de ambiente en una poza de concreto. las probetas estándares de 4” x 8” para mayor detalle se ilustran en la figura N° 28.



Figura 28 — Curado de especímenes estándares de 4” x 8”

4.5.1.6.3. Resistencia a compresión del concreto

Se elaboraron probetas cilíndricas con dimensiones de 4”x8” y se sometieron a prueba de resistencia a la compresión en función a la norma NTP 339.034, ASTM C-39 y ACI 318.08 se determinó que la prueba de resistencia concierne al promedio de tres probetas estándares de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, con una velocidad de carga aplicada a una celeridad de tendencia de esfuerzo en los especímenes cilíndricas es de 0.25+0.05 Mpa/s cuyo procedimiento de la prueba se muestran en la figura N° 29.



Figura 29 — Prueba de resistencia a compresion de probretas estandares de 4"x8"

4.5.1.7. Costo del concreto por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm²

La tabla N° 43 al N° 63, muestran los costos unitarios de la producción del concreto por m³, para f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm².

4.5.1.7.1. Costo del concreto por m³ sin aditivo para f'c=175 kgf/cm²

Tabla 43 — Costo del concreto por m³ sin adición del aditivo para f'c=175 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			387.24
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3380	60.00	20.28
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3190	65.00	20.74
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.2160	10.00	2.16
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		6.8740	22.00	151.23
									1194.41
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.140) y elaboración interna

4.5.1.7.2. Costo del concreto por m³ con Sikament-290N para f'c=175 kgf/cm²

Tabla 44 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 1.0% para f'_c=175 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			382.02
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3480	60.00	20.88
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3280	65.00	21.32
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.2070	10.00	2.07
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		6.1870	22.00	136.11
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N				gal		0.6950	12.68	8.81
									189.19
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				% mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.140) y elaboración interna

Tabla 45 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 1.5% para f'_c=175 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			370.78
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3570	60.00	21.42
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3380	65.00	21.97
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.1840	10.00	1.84
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		5.4990	22.00	120.98
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N				gal		0.9260	12.68	11.74
									177.95
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				% mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.140) y elaboración interna

Tabla 46 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 2.0% para f'_c=175 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			358.57
Código	Descripción recurso			unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>							
0101010003	Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
								170.25
	<i>Materiales</i>							
0207010001	Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3670	60.00	22.02
0207020001	Arena gruesa			m ³		0.3470	65.00	22.56
0207070001	Agua puesta en obra			m ³		0.1610	10.00	1.61
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		4.8120	22.00	105.86
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N			gal		1.0800	12.68	13.69
								165.74
	<i>Equipos</i>							
0301010006	Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
								22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.140) y elaboración interna

4.5.1.7.3. Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 para f'_c=175 kgf/cm²

Tabla 47 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 1.0% para f'_c=175 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			374.90
Código	Descripción recurso			unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>							
0101010003	Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
								170.25
	<i>Materiales</i>							
0207010001	Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3530	60.00	21.18
0207020001	Arena gruesa			m ³		0.3330	65.00	21.65
0207070001	Agua puesta en obra			m ³		0.1960	10.00	1.96
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		5.8430	22.00	128.55
0222150001	Aditivo súperplastificante Ulmén W-84			gal		0.6560	13.31	8.73
								182.07
	<i>Equipos</i>							
0301010006	Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
								22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.140) y elaboración interna

Tabla 48 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 1.5% para f'c=175 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			363.49
Código	Descripción recurso			unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>							
0101010003	Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
								170.25
	<i>Materiales</i>							
0207010001	Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3620	60.00	21.72
0207020001	Arena gruesa			m ³		0.3420	65.00	22.23
0207070001	Agua puesta en obra			m ³		0.1730	10.00	1.73
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		5.1560	22.00	113.43
0222150001	Aditivo súperplastificante Ulmén W-84			gal		0.8680	13.31	11.55
								170.66
	<i>Equipos</i>							
0301010006	Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
								22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.140) y elaboración interna

Tabla 49 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 2.0% para f'c=175 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			359.25
Código	Descripción recurso			unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>							
0101010003	Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
								170.25
	<i>Materiales</i>							
0207010001	Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3670	60.00	22.02
0207020001	Arena gruesa			m ³		0.3470	65.00	22.56
0207070001	Agua puesta en obra			m ³		0.1610	10.00	1.61
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		4.8120	22.00	105.86
0222150001	Aditivo súperplastificante Ulmén W-84			gal		1.0800	13.31	14.37
								170.66
	<i>Equipos</i>							
0301010006	Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
								22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.140) y elaboración interna

4.5.1.7.4. Costo del concreto por m³ sin aditivo para f'_c=210 kgf/cm²

Tabla 50 — Costo del concreto por m³ sin adición del aditivo para f'_c=210 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			400.95
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3380	60.00	20.28
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3190	65.00	20.74
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.2160	10.00	2.16
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		7.5270	22.00	165.59
									208.12
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.141) y elaboración interna

4.5.1.7.5. Costo del concreto por m³ con Sikament-290N para f'_c=210 kgf/cm²

Tabla 51 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 1.0% para f'_c=210 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			395.20
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3480	60.00	20.88
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3190	65.00	21.74
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.2070	10.00	2.07
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		6.7740	22.00	149.03
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N				gal		0.7610	12.68	9.65
									202.37
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.141) y elaboración interna

Tabla 52 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 1.5% para f'_c=210 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			382.94
Código	Descripción recurso			unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>							
0101010003	Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
								170.25
	<i>Materiales</i>							
0207010001	Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3590	60.00	21.54
0207020001	Arena gruesa			m ³		0.3290	65.00	21.39
0207070001	Agua puesta en obra			m ³		0.1840	10.00	1.84
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		6.0220	22.00	132.48
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N			gal		1.0140	12.68	12.86
								190.11
	<i>Equipos</i>							
0301010006	Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
								22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.141) y elaboración interna

Tabla 53 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 2.0% para f'_c=210 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			369.47
Código	Descripción recurso			unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>							
0101010003	Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
								170.25
	<i>Materiales</i>							
0207010001	Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3690	60.00	22.14
0207020001	Arena gruesa			m ³		0.3380	65.00	21.97
0207070001	Agua puesta en obra			m ³		0.1610	10.00	1.61
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		5.2690	22.00	115.92
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N			gal		1.1830	12.68	15.00
								176.64
	<i>Equipos</i>							
0301010006	Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
								22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.141) y elaboración interna

4.5.1.7.6. Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 para f'c=210 kgf/cm²

Tabla 54 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 1.0% para f'c=210 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			387.41
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003		Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004		Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005		Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001		Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3540	60.00	21.24
0207020001		Arena gruesa			m ³		0.3240	65.00	21.06
0207070001		Agua puesta en obra			m ³		0.1960	10.00	1.96
0213010007		Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		6.3980	22.00	140.76
0222150001		Aditivo súperplastificante Ulmén W-84			gal		0.7180	13.31	9.56
									194.58
	<i>Equipos</i>								
0301010006		Equipos herramientas manuales			% mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001		Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003		Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.141) y elaboración interna

Tabla 55 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 1.5% para f'c=210 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			374.90
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003		Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004		Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005		Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001		Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3640	60.00	21.84
0207020001		Arena gruesa			m ³		0.3330	65.00	21.65
0207070001		Agua puesta en obra			m ³		0.1730	10.00	1.73
0213010007		Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		5.6450	22.00	124.19
0222150001		Aditivo súperplastificante Ulmén W-84			gal		0.9510	13.31	12.66
									182.07
	<i>Equipos</i>								
0301010006		Equipos herramientas manuales			% mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001		Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003		Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.141) y elaboración interna

Tabla 56 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 2.0% para f'_c=210 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			370.22
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3690	60.00	22.14
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3380	65.00	21.97
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.1610	10.00	1.61
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		5.2690	22.00	115.92
0222150001	Aditivo súperplastificante Ulmén W-84				gal		1.1830	13.31	15.75
									177.39
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.141) y elaboración interna

4.5.1.7.7. Costo del concreto por m³ sin aditivo para f'_c=280 kgf/cm²

Tabla 57 — Costo del concreto por m³ sin aditivo para f'_c=280 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			425.31
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3380	60.00	20.28
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3190	65.00	20.74
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.2160	10.00	2.16
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		8.9090	22.00	196.00
									232.48
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.142) y elaboración interna

4.5.1.7.8. Costo del concreto por m³ con Sikament-290N para f'_c=280 kgf/cm²

Tabla 58 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 1.0% para f'_c=280 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			423.15
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3500	60.00	21.00
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.2990	65.00	19.44
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.2070	10.00	2.07
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		8.0180	22.00	176.40
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N				gal		0.9000	12.68	11.41
									230.32
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.142) y elaboración interna

Tabla 59 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 1.5% para f'_c=280 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			408.49
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.40
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3620	60.00	21.72
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3090	65.00	20.09
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.1840	10.00	1.84
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		7.1270	22.00	156.79
0222150001	Aditivo súperplastificante Sikament-290N				gal		1.2000	12.68	15.22
									215.66
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.142) y elaboración interna

Tabla 60 — Costo del concreto por m³ con Sikament-290N al 2.0% para f'c=280 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			392.56
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003		Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004		Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005		Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.40
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001		Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3740	60.00	22.44
0207020001		Arena gruesa			m ³		0.3190	65.00	20.74
0207070001		Agua puesta en obra			m ³		0.1610	10.00	1.61
0213010007		Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		6.2360	22.00	137.19
0222150001		Aditivo súperplastificante Sikament-290N			gal		1.4000	12.68	17.75
									199.73
	<i>Equipos</i>								
0301010006		Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001		Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003		Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.142) y elaboración interna

4.5.1.7.9. Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm²

Tabla 61 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 1.0% para f'c=280 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			413.82
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003		Operario			hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004		Oficial			hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005		Peón			hh	10.0000	6.6667	17.01	113.40
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001		Piedra chancada de 1/2"			m ³		0.3560	60.00	21.36
0207020001		Arena gruesa			m ³		0.3040	65.00	19.76
0207070001		Agua puesta en obra			m ³		0.1950	10.00	1.95
0213010007		Cemento portland tipo IP (42.5 kg)			bol		7.5730	22.00	166.61
0222150001		Aditivo súperplastificante Ulmén W-84			gal		0.8500	13.31	11.31
									220.99
	<i>Equipos</i>								
0301010006		Equipos herramientas manuales			%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001		Vibrador para concreto			hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003		Mezcladora de concreto			hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.142) y elaboración interna

Tabla 62 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 1.5% para f'c=280 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			399.01
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.4
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3680	60.00	22.08
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3140	65.00	20.41
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.1720	10.00	1.72
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		6.6820	22.00	147.00
0222150001	Aditivo súperplastificante Ulmén W-84				gal		1.1250	13.31	14.97
									206.18
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.142) y elaboración interna

Tabla 63 — Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 al 2.0% para f'c=280 kgf/cm²

Rendimiento	m ³ /día	MO. 12.00	EQ.	12.00		Costo unitario directo por : m ³			393.44
Código	Descripción recurso				unidad	cuadrilla	cantidad	precio s/.	parcial s/.
	<i>Mano de obra</i>								
0101010003	Operario				hh	2.0000	1.3333	23.80	31.73
0101010004	Oficial				hh	2.0000	1.3333	18.84	25.12
0101010005	Peón				hh	10.0000	6.6667	17.01	113.40
									170.25
	<i>Materiales</i>								
0207010001	Piedra chancada de 1/2"				m ³		0.3740	60.00	22.44
0207020001	Arena gruesa				m ³		0.3190	65.00	20.74
0207070001	Agua puesta en obra				m ³		0.1610	10.00	1.61
0213010007	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)				bol		6.2360	22.00	137.19
0222150001	Aditivo súperplastificante Ulmén W-84				gal		1.4000	13.31	18.63
									200.61
	<i>Equipos</i>								
0301010006	Equipos herramientas manuales				%mo		3.0000	170.25	5.11
0301290001	Vibrador para concreto				hm	0.1500	0.1000	8.00	0.80
0301290003	Mezcladora de concreto				hm	1.0000	0.6667	25.00	16.67
									22.58

Extraído de (Ramos Salazar, 2003, pág.142) y elaboración interna

4.5.2. Aplicación del proyecto de tesis en obra

4.5.2.1. Metodología del trabajo en obra

La aplicación de la tesis en la ejecución de construcciones de edificaciones de la ciudad de Abancay, que corresponden a distritos de Abancay y Tamburco dicha ejecución correspondientes a los meses de



diciembre del 2019 y enero del 2020. Como materia de aplicación se optó el empleo en las estructuras de columna. Con resultados definidos de las pruebas realizadas en laboratorio para ello se propuso el uso del aditivo súperplastificante a previa autorización del propietario y maestros de obra encargado de la ejecución. La metodología del trabajo en campo durante la ejecución de construcciones de edificación fue la siguiente:

En cada obra se ah procedió a obtener masa de concreto para luego proceder a elaborar especímenes cilíndricos de concreto de 4” x 8” a la se denominó grupos de control; vale decir (concreto convencional) sin ningún tipo de adición del aditivo. Para los grupos experimentales con adición de 2% de Sikament-290N y 1.5% de Ulmén W-84 respecto al peso del cemento. La cantidad total de especímenes de concreto obtenidas en total de 54 probetas engloba en conjunto las dos construcciones, de las cuales 18 son de concretos de control y 36 que corresponden a los grupos experimentales. Para ambas construcciones se ejecutó a realizar la prueba de asentamiento en estado fresco, posterior a ello se realizó la prueba de resistencia mecánica final del concreto a edades de 7, 14 y 28 días de elaboración.

4.5.2.2. Etapa 1: Antes del vaciado

Para Instituto Nacional de Estadística E Informática (INEI) (2018), “el diagnostico situacional de edificaciones identificadas en el distrito de Abancay con 57,094.0 habitantes y por otro lado el distrito de Tamburco cuenta con 10,059.0 habitantes ambos distritos pertenecen a la provincia de Abancay - Apurímac; cabe resaltar que hace más de 50 años se empezó a utilizar el concreto de manera informal criterios tomados por maestros de obra encargados durante el proceso de construcciones de edificación; cuya producción del concreto en obra es elaborado sin ningún tipo control técnico en el suministro de los materiales e insumos que componen en la proporción del concreto convencional” (p.25).

A través del pasar del tiempo las construcciones de edificación, están susceptibles a fallas estructurales. El propósito de esta investigación es proponer como alternativa el uso y la aplicación del aditivo súperplastificante; ya que esta mejora en la trabajabilidad del concreto en



estado fresco, reduce la cantidad del uso del cemento sin modificar la proporción de agua/cemento ni la resistencia mecánica.

4.5.2.2.1. Parámetros de estudio en la obra

4.5.2.2.1.1. Sistema estructural

Construcción de edificación N° 01 Soto

Huamán: El proceso constructivo de la edificación Soto corresponde al sistema estructural aporticada, el sistema constructivo está estructurado por vigas y columnas, conectadas entre sí, estas permiten transferir el momento flector y la carga axial que corresponde a las columnas.

Construcción de edificación N° 02 Velazque

Rojas: Sistema estructural de albañilería confinada, este tipo de construcciones son las más típicas en nuestro medio local y nacional, más aún en nuestra región de Apurímac; la edificación Velazque corresponde al tipo de sistema estructural de albañilería confinada que ha sido empleada en esta construcción; para los tabiquería se emplearon bloquetas de concreto, es decir, el orden la construcción es de realizar muros de tabiquería con bloquetas, posterior a ello se procede al vaciado del concreto entre las columnas.

4.5.2.2.1.2. Tipo de estructura de aplicación

La aplicación del proyecto de investigación como alternativa y propuesta del uso del aditivo súperplastificante en el diseño de mezcla del concreto, se efectuó en componente de estructuras de columnas.

4.5.2.2.1.3. Usos del aditivo súperplastificante

Porcentaje de cantidad de dosis de aplicación usado en la construcción de edificaciones se establece lo siguiente aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 al 2.0% y 1.5% respecto al peso del cemento, es decir se empleó 850 y 637.5 ml por una bolsa de cemento.

4.5.2.2.1.4. Tipo de mezclado

El proceso de mezclado en la construcción se ejecutó con equipo mecánico mezcladora de tipo (trompo).

4.5.2.2.1.5. Tipo de compactación

El proceso de compactación se realizó mediante el uso de un vibrado mecánico con el objetivo de evitar espacios vacíos en su interior (cangrejeras).

4.5.2.2.1.6. Curado

Pasadas las 24 ± 4 horas después de su elaboración de probetas cilíndricos estándares de 4" x 8" en obra, a la misma se realizó el curado de manera directa. Esta aplicación fue repetitiva; tres veces al día.

4.5.2.2.2. Ubicación de las construcciones en obra

Las edificaciones están ubicadas en la Av. Perú con Jr. Grimanesa Villacorta y en la Av. Coronel Gonzales con Av. Tamburco en los distritos de Tamburco y Abancay, provincia Abancay, región Apurímac.

4.5.2.2.3. Materiales empleados en el trabajo de campo

4.5.2.2.3.1. Cemento

Los cementos usados en las construcciones corresponden a cemento portland Apu tipo GU y cemento Yura tipo IP ambas marcas



usualmente son las más comercial en ciudad de Abancay-Apurímac.



Figura 30 — Tipos de cementos utilizados en obras

4.5.2.2.3.2. Agua de mezclado

El agua que se utilizó en el proceso constructivo y para la producción y curado de los especímenes de concreto, es de la red pública de agua potable E.P.S. EMUSAP ABANCAY S.A.C. Empresa municipal de servicio de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de Abancay.



Figura 31 — Almacenamiento del agua de mezclado en la obra

4.5.2.2.3.3. Agregado fino (arena) y grueso (piedra chancada)

Para la producción del concreto en las construcciones de edificaciones el agregado fino y grueso son procedentes del sector de Pachachaca - Abancay; en la obra se ha percibido que el tamaño máximo nominal (TMN) de la piedra chancada oscila desde los $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ".



Figura 32 — Muestreo de agregado fino y grueso en la obra

4.5.2.2.3.4. Aditivo súperplastificante

El aditivo que se utilizó en la mezcla del concreto corresponden al súperplastificante Sikament-290N al 2.0% y Ulmén W-84 al 1.5% en relación al peso total del cemento. La aplicación del aditivo fue de manera directa durante el proceso de mezclado del concreto, el envase que se usó para la medir la dosificación del aditivo sobre la mezcla fue la probeta graduada tal como se ilustra en la figura N° 33.



Figura 33 — Uso del aditivo en el proceso de mezclado del concreto

4.5.2.2.4. Dosificación del concreto en obra

4.5.2.2.4.1. Dosificación de mezcla sin adición de aditivo

La dosificación y producción del concreto, sin duda es la etapa de mayor importancia para obtener concretos de calidad y económico.

Tabla 64 — Proporción de los materiales para una bolsa de cemento

Obra N°	Ubicación	Proporcionamiento para 1 tanda			
		Bolsas de cemento	N° Lampadas de Arena	N° Lampadas de Piedra	Agua (Lts)
01	Av. Perú con Jr. Grimanesa Villacorta - distrito de Abancay	1 bolsa	16	16	25

Tabla 65 — Proporción de los materiales para media bolsa de cemento

Obra N°	Ubicación	Proporcionamiento para 1/2 tanda			
		Bolsas de cemento	N° Lampadas de Arena	N° Lampadas de Piedra	Agua (Lts)
02	Av. Coronel Gonzales con Av. Tamburco - distrito de Tamburco	1/2 bolsa	8	8	18

4.5.2.2.4.2. Dosificación de diseño de mezcla con adición de súperplastificante

La dosificación de diseño de mezcla del concreto se realizó para la cantidad total de una bolsa de cemento y/o media bolsa de cemento para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ y un asentamiento de 3 a 4 in. Dicha resistencia a la compresión ya estaba definida por parte de los encargados de la ejecución para los elementos estructurales de columnas en ambas construcciones.

Tabla 66 — Proporción de materiales para una bolsa de cemento con aditivo

Obra N°	Ubicación	Bolsas de cemento (kg)	N° Lampadas de Arena	N° Lampadas de Piedra	Agua (Lts)	% del aditivo x bolsa de cemento	Vol. de aditivo (ml)
01	Av. Perú con Jr. Grimanesa Villacorta - distrito de Abancay	42.50	16	20	17.5	Sikament-290N	850.00
						2.0 %	
01	Av. Perú con Jr. Grimanesa Villacorta - distrito de Abancay	42.50	16	20	18.8	Ulmén W-84	637.50
						1.5 %	

Tabla 67 — Proporción de materiales para media bolsa de cemento con aditivo

Obra N°	Ubicación	Bolsas de cemento (kg)	N° Lampadas de Arena	N° Lampadas de Piedra	Agua (Lts)	% del aditivo x bolsa de cemento	Vol. de aditivo (ml)
02	Av. Coronel Gonzales con Av. Tamburco - distrito de Tamburco	21.00	8	12	12.6	Sikament-290N	420.00
						2.0 %	
02	Av. Coronel Gonzales con Av. Tamburco - distrito de Tamburco	21.00	8	12	13.5	Ulmén W-84	315.00
						1.5 %	



4.5.2.3. Etapa 2: Durante del vaciado

4.5.2.3.1. Ensayo de asentamiento del concreto en obra

En el proceso del determinado de la prueba de asentamiento del concreto en obra, se registra un incremento de la consistencia del concreto con aditivo en función a la consistencia del concreto convencional así mismo se ilustran los asentamientos obtenidos en la obra.



Figura 34 — Ensayo del asentamiento del concreto en la obra

4.5.2.3.2. Mezclado y elaboración de probetas estándares de 4" x 8"

El mezclado de la masa del concreto para ello empleó una mezcladora tipo trompo con capacidad por tandas de una bolsa y/o media bolsa de cemento. Para el procedimiento y elaboración de probetas de concreto se empleó la metodología de la N.T.P. 339.183, los procedimientos realizadas a detalle se puede visualizarlas en la figura N° 35.



Figura 35 — Proceso de elaboración de probetas estándares de concreto en la obra

4.5.2.4. Etapa 3: Después del vaciado

4.5.2.4.1. Desmoldado de especímenes de concreto en la obra

Después de concretar la producción de los especímenes de concreto en obra, pasadas las 24 ± 4 horas se procede al desmoldado y la codificación correspondiente.



Figura 36 — Desmoldado de probetas de concreto en obra

4.5.2.4.2. Método del curado de especímenes de concreto (probetas) en obra

La metodología de curado que se realizó en obra fue de riego directo con agua usando los conductos de la manguera de manera constante, es decir, tres veces al día; las probetas se colocaron en la parte inferior de las columnas que corresponden a cada diseño; manteniendo permanentemente húmedo durante los primeros 7 días después de su elaboración. Este método de curado es el más común en obra, por su simplicidad y ahorro económico.



Figura 37— Proceso de curado de especímenes de concreto en obra

4.5.2.4.3. Prueba de la resistencia mecánica final del concreto

A los 3, 7 y 28 días de elaboración se realizó la prueba de la resistencia mecánica final del concreto, con una velocidad de la carga aplicada para un movimiento de esfuerzo sobre la probeta estándar de 4" x 8" cuya velocidad de carga es de 0.25 ± 0.05 MPa/s.



Figura 38 — Resistencia mecánica final de concreto obtenidas en obra

4.6. Técnicas e instrumentos

4.6.1. Técnicas de la investigación

Las técnicas de recolección de datos para la investigación con enfoque cuantitativo fueron directas y de observación, para ello se optó una forma sistemática y experimental en orden cronológico de tiempo y etapas en el proceso de ejecución de la investigación en laboratorio y a la vez en la aplicación en obra.

4.6.2. Instrumento de investigación

Los instrumentos empleados en la ejecución de la tesis corresponden a:

Equipos: Serie de tamices para la selección y gradación de los agregados, probeta cilíndrica graduada de 1000 cm³, picnómetro volumétrico aforado de 500+10 gr., cono de absorción de arena, cono de abrams, varilla de apisonador liso de 24"x5/8", varilla de apisonador liso de 12"x3/8", molde cilíndrico de plástico de 4"x8", balanza electrónica con 0.1 gr de sensibilidad , tamizador eléctrico con temporizador digital de 0 a 99.9 min, horno capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C ± 5°C, aparato de vicat, mezcladora de una capacidad de 80 Lts y Prensa hidráulica.

Herramientas: Badilejo, comba de goma, platón de aluminio, cepillo y brocha, bandejas, cucharon y regla metálica enrasador.

4.7. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico si utilizo el programa IBM SPSS Statistics V 25.0 para validar las hipótesis, así como para sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en tal análisis; en el análisis estadístico se determinar el diseño y la incidencia entre la variable independiente aditivo súperplastificante frente a la variable dependiente que son: trabajabilidad y resistencia a la compresión, para la verificación de la hipótesis se hará el uso de la prueba de T Student.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de los resultados

En este apartado se presenta el análisis de los resultados, es la parte más significativa del proyecto de tesis comprende como resultados de los agregados, en torno a las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido de ensayos realizados en laboratorio y la aplicación realizadas en obra (grupos de concretos de control y concretos experimentales con adición de aditivo al 1.0%, 1.5% y 2.0%). Teniendo en cuenta las dosis de aplicación antes citadas del aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84.

5.1.1. Agregados

5.1.1.1. Agregado fino

El agregado fino (arena) usado en la tesis procede de la cantera Quispe, con ubicación en el sector de Pachachaca-Abancay se realizaron ensayos respectivos con la única finalidad de determinar las propiedades y caracterizas físicas como: análisis granulométrico del agregado fino (arena); cuyo resultado del análisis granulométrico cumple los parámetros del huso C establecidas en la norma NTP 400.037. se obtuvo de ello un módulo de fineza de 2.83.

5.1.1.2. Agregado grueso

Agregado grueso (piedra chancada) utilizado en la tesis es proveniente de la cantera Quispe con ubicación en el sector de Pachachaca-Abancay se determinó las propiedades y características físicas del agregado, así como el análisis granulométrico del agregado; usando como parámetro de limite el huso 67 las especificaciones técnicas establecidas en la norma NTP 400.037 de prueba ensayada se obtuvo como resultado un módulo de fineza de 4.74.

5.1.2. Resultados de ensayos en estado fresco del concreto

En este apartado se muestran resultados finales de toda las practicas realizados en su estado fresco del concreto; cuando el concreto todavía no ha logrado alcanzar el tiempo de fraguado inicial a este proceso de le conoce como estado fresco del concreto, la masa del concreto debe ser homogénea para realizar un buen control

de calidad; en este estado es la única herramienta para tomar decisiones rápidas durante su colocación. Los ensayos realizados fueron como: el asentamiento, la temperatura, peso unitario y el tiempo de fraguado del concreto las cuales se evaluaron a través de gráficos y tablas.

5.1.2.1. Asentamiento del concreto (Slump)

5.1.2.1.1. Asentamiento de concretos de control para $f'c=175$ kgf/cm^2 , 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Tabla 68 — Asentamiento para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión del diseño	% de dosis de aplicación del aditivo	Asentamiento (pulg.)	% de variación del concreto de control (CP)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.0%	4	100.00%
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.0%	4	100.00%
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.0%	4	100.00%

En la tabla N° 68 se aprecia los resultados finales de la prueba de asentamiento de concretos de control para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 los diseños mezclas en la presente tesis se realizó con asentamiento de 3” a 4”, en los estudios realizados de la prueba de asentamiento del concreto para diseños de mezcla del concreto se obtuvieron una consistencia normal con valores de 4”, teniendo así un concreto trabajable.

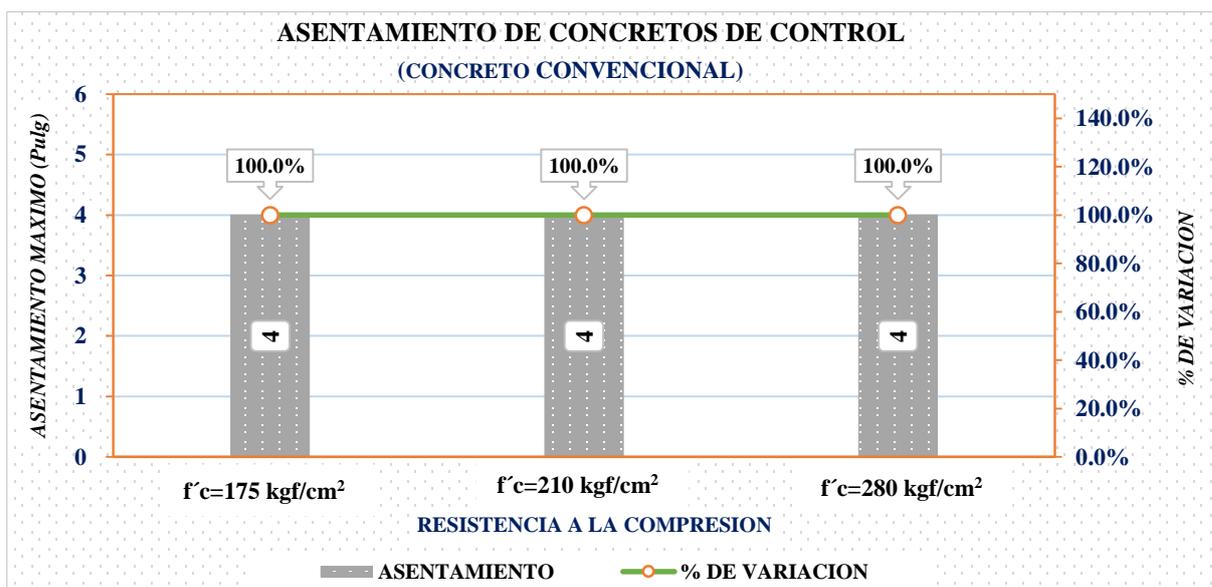


Figura 39 — Asentamiento del concreto para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2



En la figura N° 39, se ilustra las variaciones ligeras de los asentamientos máximos y la tendencia de la diferenciación expresados en porcentaje; cuyos resultados del presente ensayo para los tres diseños de mezcla del concreto de control con asentamiento normal de 4” tiende a una variación respecto a los asentamientos de los concretos con adición del aditivo.

5.1.2.1.2. Asentamiento del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 69 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión del diseño	% de dosis de aplicación del aditivo	Asentamiento (pulg.)	% de variación respecto al concreto control (CP)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.0%	4	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	1.0%	4 1/2	112.50%
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.5%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	1.5%	5	122.50%
1.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	2.0%	6	150.00%
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	1.0%	4 1/2	112.50%
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	1.5%	5 1/2	137.50%
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	2.0%	7	175.00%

En la tabla N° 69 se adjunta los resultados finales de la prueba de asentamiento de concretos de control vs asentamiento máximo con adición de aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 al 1.0%, 1.5% y 2.0% en relación a la masa total del cemento para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$. Se obtuvo mayores asentamientos al 2% de Sikament-290N en 6” y Ulmén W-84 en 7” respecto al asentamiento máximos del concreto de control. En el estudio realizado de la prueba de asentamiento con dosis superiores al 1.5% del aditivo Ulmén W-84 el concreto presenta segregación ya que la mezcla producida es muy fluida.

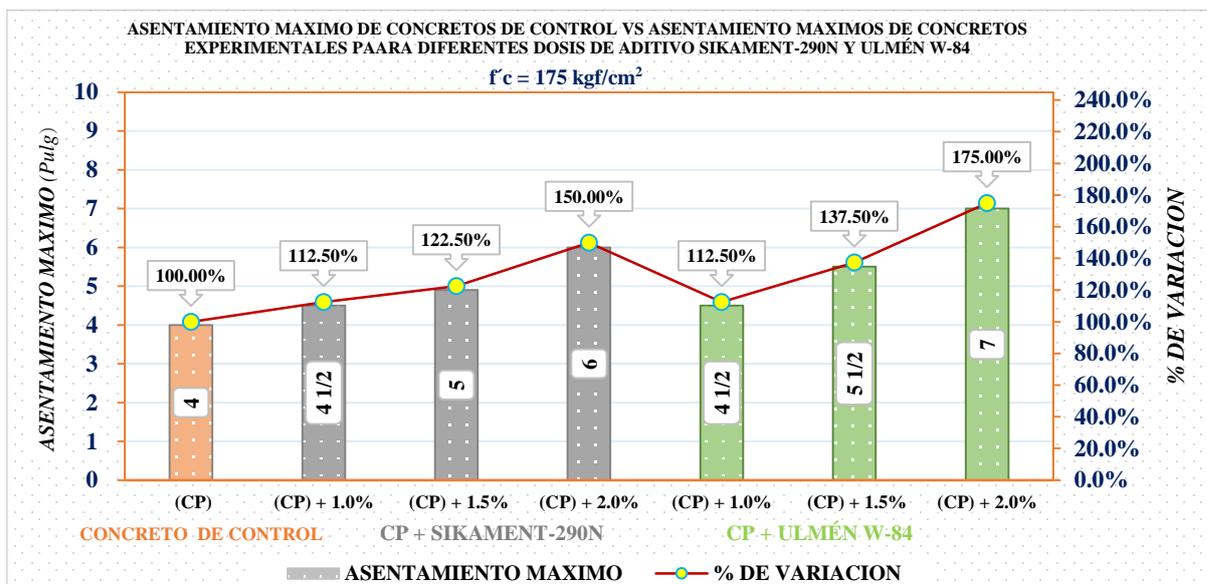


Figura 40 — Asentamiento con Sikament-290N, Ulmén W-84 de $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 40 se aprecia un incremento del asentamiento en porcentajes. Para 1.0%, 1.5% y 2.0% de dosis de aditivo súperplastificante Sikament-290N el asentamiento del concreto incrementa en un porcentaje de 12.50%, 22.50% y 50.00%, de la misma forma para el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 al (1.0%, 1.5% y 2.0) incrementa en un porcentaje de 12.50%, 37.50% y 75.00% respecto al asentamiento máximo del concreto de control. De los estudios realizados se obtiene un concreto homogéneo y fluido al 2.0% del aditivo de Sikament-290N y al 1.5% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84

5.1.2.1.3. Asentamiento del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 70 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	% de dosis de aplicación del aditivo	Asentamiento (pulg.)	% de variación respecto al concreto control (CP)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.0%	4	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	1.0%	4 3/5	115.00%
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.5%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	1.5%	5 1/5	130.25%
1.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	2.0%	6 1/2	162.50%
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	1.0%	4 3/4	118.75%
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	1.5%	5 3/4	143.75%
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	2.0%	7 1/2	187.50%



La Tabla N° 70 presenta los resultados finales de la prueba de asentamiento de concretos de control vs asentamientos máximos con adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 al 1.0%, 1.5% y 2.0% en relación a la masa total del cemento para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ se obtuvo mayores asentamientos al 2% de aditivo sikament-290N y Ulmén W-84 de 6 1/2" y 7 1/2" respecto al asentamiento máximos del concreto de control. En el estudio realizado de la prueba de asentamiento del concreto con dosis superior al 1.5% del aditivo Ulmén W-84 el concreto presenta segregación ya que la mezcla producida es muy fluida.

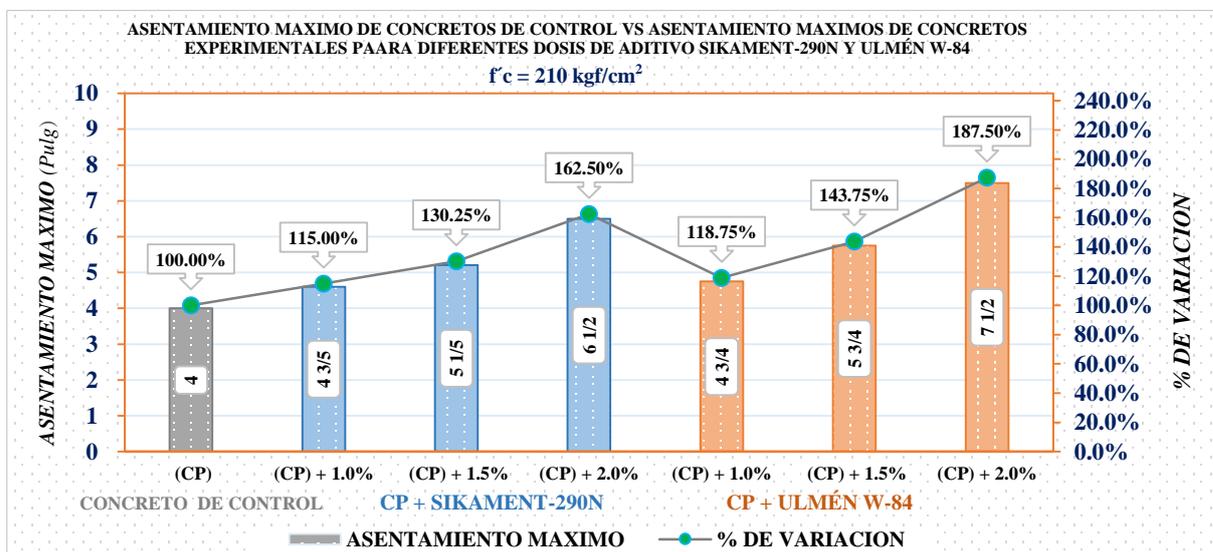


Figura 41 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 41 se aprecia un incremento del asentamiento en porcentajes. Para 1.0%, 1.5% y 2.0% de dosis de aditivo súperplastificante Sikament-290N el asentamiento del concreto incrementó en un porcentaje de 15.00%, 30.25% y 62.50%, de la misma forma para el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 al (1.0%, 1.5% y 2.0) incrementó en un porcentaje de 18.75%, 43.75% y 87.50% respecto al asentamiento máximo del concreto de control. De los estudios realizados se obtiene un concreto homogéneo y fluido al 2.0% del aditivo de Sikament-290N y al 1.5% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84



5.1.2.1.4. Asentamiento del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 71 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	% de dosis de aplicación del aditivo	Asentamiento (pulg.)	% de variación respecto al concreto control (CP)
1.00	Concreto de control (CP)	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.0%	4	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	1.0%	4 ¾	118.75%
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.5%)	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	1.5%	5 ½	137.50%
1.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	2.0%	7	172.50%
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	1.0%	5	125.00%
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	1.5%	6	147.75%
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	2.0%	7 ¾	193.75%

En la Tabla N° 71 se adjunta los resultados finales del ensayo de asentamiento de concretos de control vs asentamientos máximos con adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 al (1.0%, 1.5% y 2.0%) respecto a la total del cemento para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ se obtuvo mayores asentamientos al 2% de aditivo sikament-290N y Ulmén W-84 de 7" y 7 ¾" respecto al asentamiento máximos del concreto de control. En el estudio realizado de la prueba de asentamiento del concreto para la dosis superior al 1.5% del aditivo Ulmén W-84 el concreto presenta segregación ya que la mezcla producida es muy fluida.

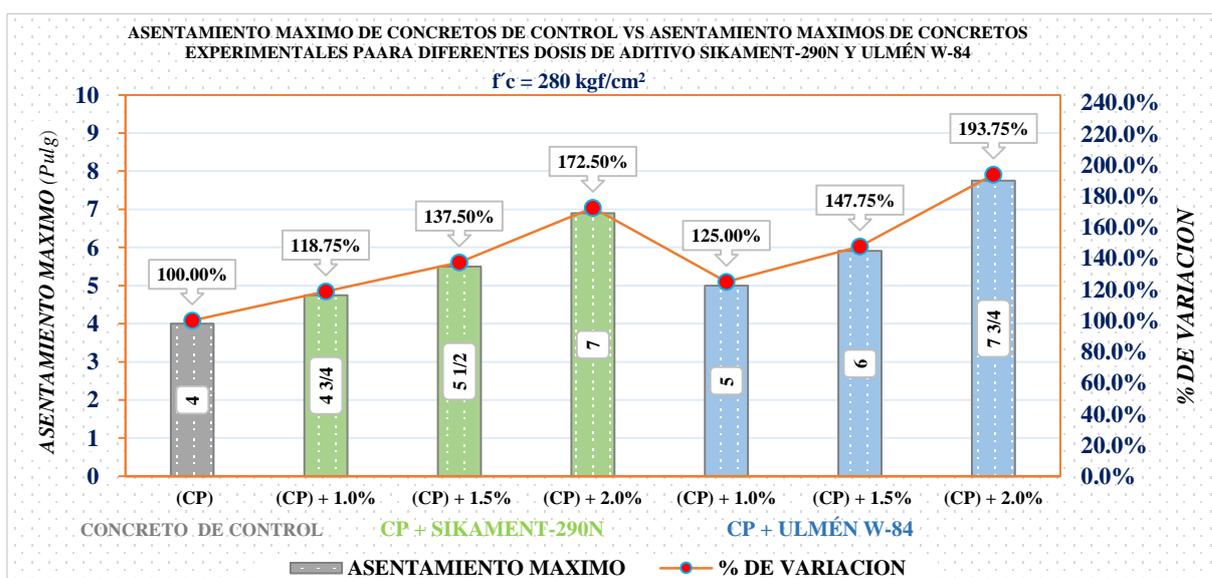


Figura 42 — Asentamiento con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$



En la figura N° 42 se aprecia un incremento del asentamiento en porcentajes. Para 1.0%, 1.5% y 2.0% de dosis Sikament-290N el asentamiento del concreto incrementó en un porcentaje de 18.75%, 37.50% y 72.50%, de la misma forma para el aditivo Ulmén W-84 al 1.0%, 1.5% y 2.0 incrementó en un porcentaje de 25.00%, 47.75% y 93.75% respecto al asentamiento máximo del concreto de control. Al 2.0% de Sikament-290N se obtuvo concreto homogéneo y fluido y la misma al 1.5% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84.

5.1.2.2. Temperatura

5.1.2.2.1. Temperatura del concreto de control para $f'c=175$ kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm²

Tabla 72 — Temperatura para $f'c=175$ kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Temperatura promedio del concreto (°C)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	0.0%	21.6
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210$ kgf/cm ²	0.68	0.0%	22.8
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280$ kgf/cm ²	0.57	0.0%	22.3

En la tabla N° 72 se adjunta los resultados finales de la prueba de temperatura de concretos de control para $f'c=175$ kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm², se afirma que no existe una relación directa entre los concretos de control, debido a la influencia de los materiales y calor específico de su masa, calor de hidratación del cemento, calor integrado del medio ambiente y finalmente al horario de producción de la mezcla del concreto. la temperatura en estado fresco del concreto oscila entre 10 °C y 29 °C en climas cálidos.

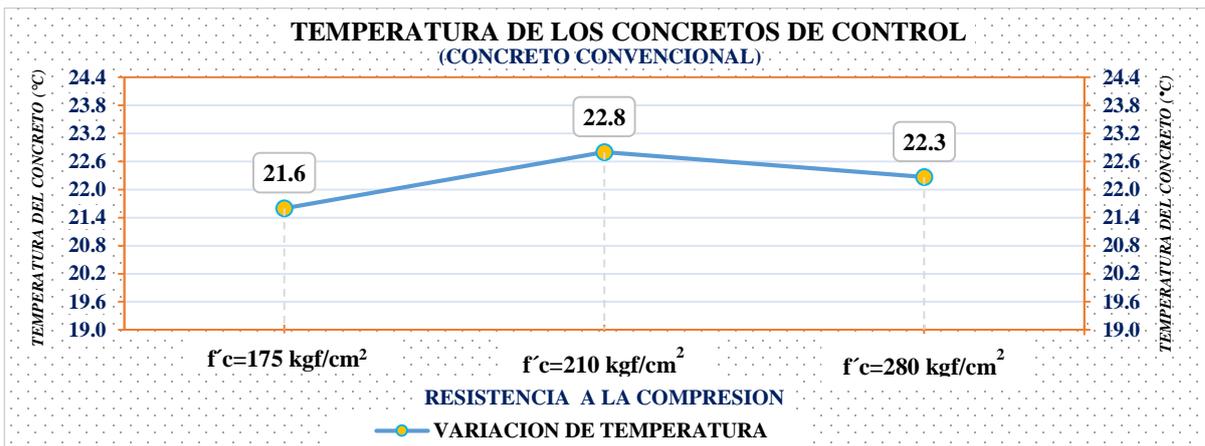


Figura 43 — Temperatura del concreto para f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm²

En la figura N° 43, se ilustra que no existe variaciones específicas entre la temperatura promedio y la resistencia de diseño de mezcla de concretos de control. Del estudio realizado se obtiene una variación máxima de 0.70 °C.

5.1.2.2.2. Temperatura del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

Tabla 73 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Temperatura promedio del concreto (°C)
1.0	Concreto de control (CP)	f'c=175 kgf/cm ²	0.74	0.0%	21.6
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f'c=175 kgf/cm ²	0.74	1.0%	21.8
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f'c=175 kgf/cm ²	0.74	1.5%	22.9
1.03	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f'c=175 kgf/cm ²	0.74	2.0%	22.7
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	f'c=175 kgf/cm ²	0.74	1.0%	22.7
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	f'c=175 kgf/cm ²	0.74	1.5%	21.9
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	f'c=175 kgf/cm ²	0.74	2.0%	23.2

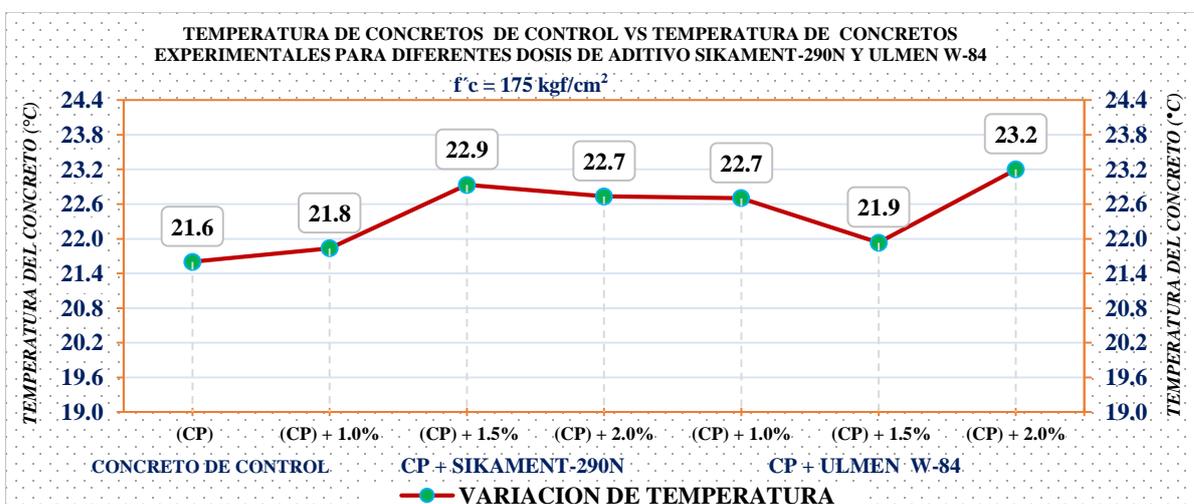


Figura 44 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 de f'c=175 kgf/cm²



En la tabla N° 73 y figura N° 44 se muestra que no existe una relación directa entre la temperatura media del concreto de control vs concretos experimentales con diferentes dosis de adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 al 1.0%, 1.5% y 2.0% en función a la masa total del cemento para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, de la misma se aprecia que no hay una diferencia significativa. La máxima variación fue al añadir el 2.0% del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84, registrando $1.1 \text{ }^\circ\text{C}$ y $1.6 \text{ }^\circ\text{C}$ respecto al temperatura promedio del concreto de control.

5.1.2.2.3. Temperatura del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 74 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Temperatura promedio del concreto ($^\circ\text{C}$)
2.0	concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	22.8
2.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	23.5
2.02	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	21.9
2.03	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	22.2
2.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	21.5
2.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	22.5
2.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	23.0

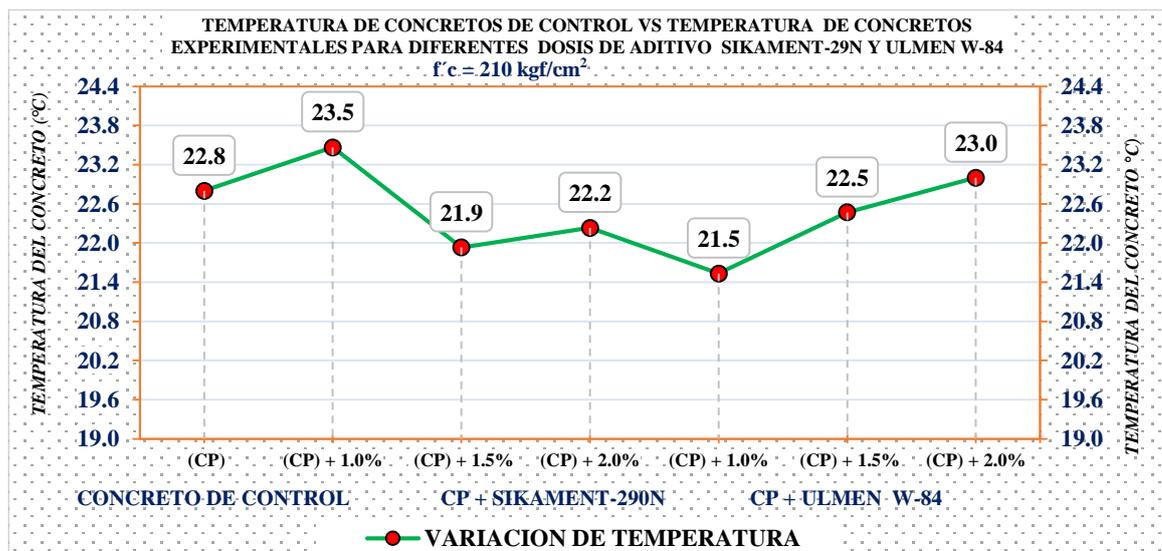


Figura 45 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

En la tabla N° 74 y figura N° 45 se muestra que no existe una relación directa entre la temperatura media del concreto de



control vs la temperatura de los concretos experimentales con diferentes dosis de adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 al (1.0%, 1.5% y 2.0%) en función de la masa total del cemento para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ de la misma se aprecia que no hay una diferencia significativa. Las máximas variaciones fueron al añadir el 1.0% del aditivo Sikament-290N fue de $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$ y con 2.0% del aditivo Ulmén W-84 registra una variación máxima de $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ respecto a la temperatura promedio del concreto de control.

5.1.2.2.4. Temperatura del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 75 — Temperatura con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	%e de dosis de aplicación del aditivo	Temperatura promedio del concreto ($^\circ\text{C}$)
3.0	concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	22.3
3.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	21.8
3.02	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	21.6
3.03	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	22.3
3.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	22.2
3.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	22.9
3.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	22.4

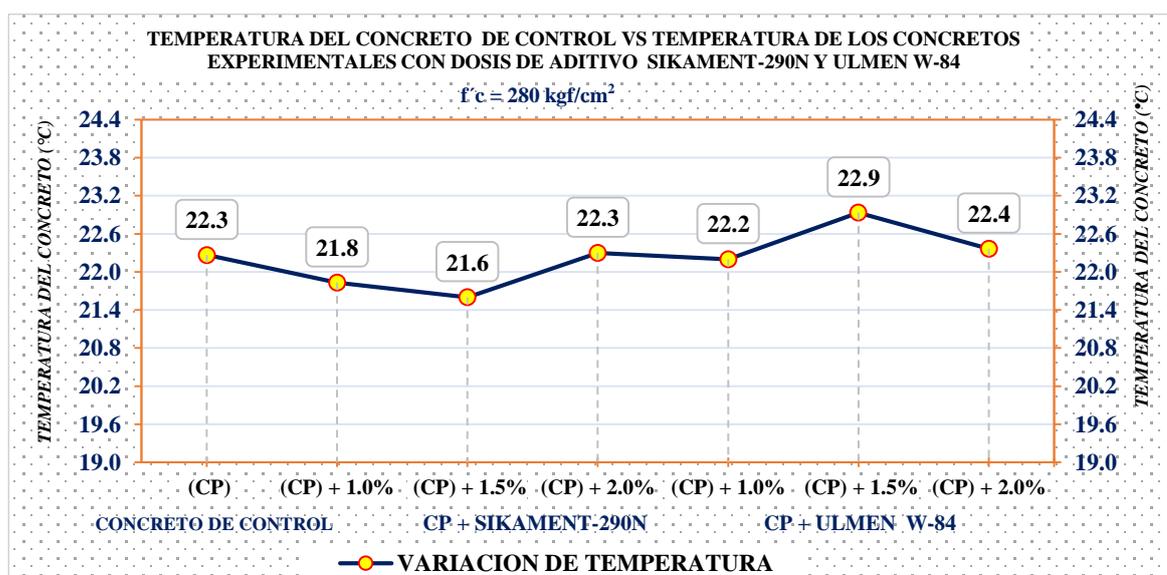


Figura 46 — Temperatura con Sikament-290n y Ulmén W-84 de $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$



En la tabla N° 75 y figura N° 46 se muestra que no existe una relación directa entre la temperatura media del concreto de control vs la temperatura de los concretos experimentales con diferentes dosis de adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 al (1.0%, 1.5% y 2.0%) en relación a la masa total del cemento para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, de la misma se aprecia que no hay una diferencia significativa. La máxima variación fue al añadir el 2.0% del aditivo Ulmén W-84 fue de $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$ y con 2.0% del aditivo Sikament-290N no registra ninguna variación máxima; respecto a la temperatura promedio del concreto de control.

5.1.2.3. Masa unitaria

5.1.2.3.1. Masa unitaria del concreto de control para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Tabla 76 — Masa unitario para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Peso unitario real (kg/m^3)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	2,281.47	100.00%
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	2,285.44	100.00%
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	2,291.65	100.00%

En la Tabla N° 76 se aprecia los resultados finales de la prueba de masa unitario de concretos de control para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 se afirma que no existe relación directa entre los tipos de concreto de control, pues depende de la densidad de los áridos, la cantidad de aire atrapado, el tipo mezcla y su compactación. La norma NTP 339.046 establece que la masa unitaria de concreto convencional son aquellos cuyo peso unitario varía entre $1700 - 2400 \text{ kg/m}^3$.

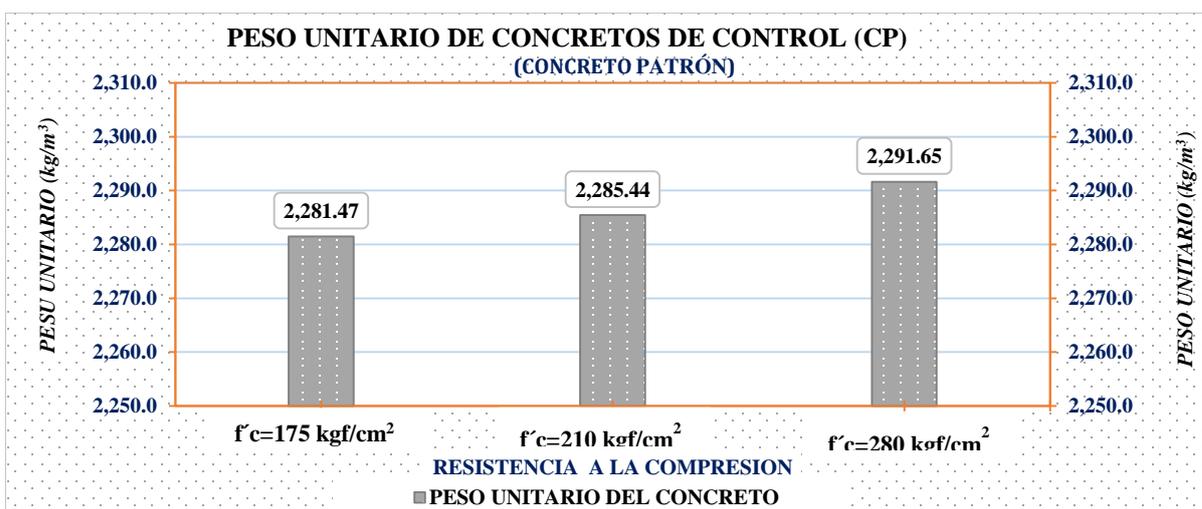


Figura 47 — Masa unitario del concreto para f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm²

En la Figura N° 47, se ilustra la tendencia de variación de la masa unitario de los concretos de control para las resistencias de diseño de mezcla especificada. Los pesos unitarios de los diseños de concretos de control se encuentran dentro de los límites establecidos en norma; pertinentes a un concreto normal.

5.1.2.3.2. Masa unitaria del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

Tabla 77 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Peso unitario real (kg/m³)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	f'c=175 kgf/cm²	0.74	0.0%	2,281.47	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	f'c=175 kgf/cm²	0.74	1.0%	2,301.43	100.87%
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	f'c=175 kgf/cm²	0.74	1.5%	2,311.51	101.32%
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	f'c=175 kgf/cm²	0.74	2.0%	2,320.26	101.70%
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	f'c=175 kgf/cm²	0.74	1.0%	2,304.89	101.03%
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	f'c=175 kgf/cm²	0.74	1.5%	2,318.23	101.61%
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	f'c=175 kgf/cm²	0.74	2.0%	2,325.25	101.92%

En la tabla N° 77 se aprecia los resultados de la masa unitaria del concreto de control vs diferentes dosis de aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm² los pesos unitarios de los diseños de concreto se encuentran dentro de los límites de 1700 – 2500 kg/m³ que corresponde a un concreto normal.



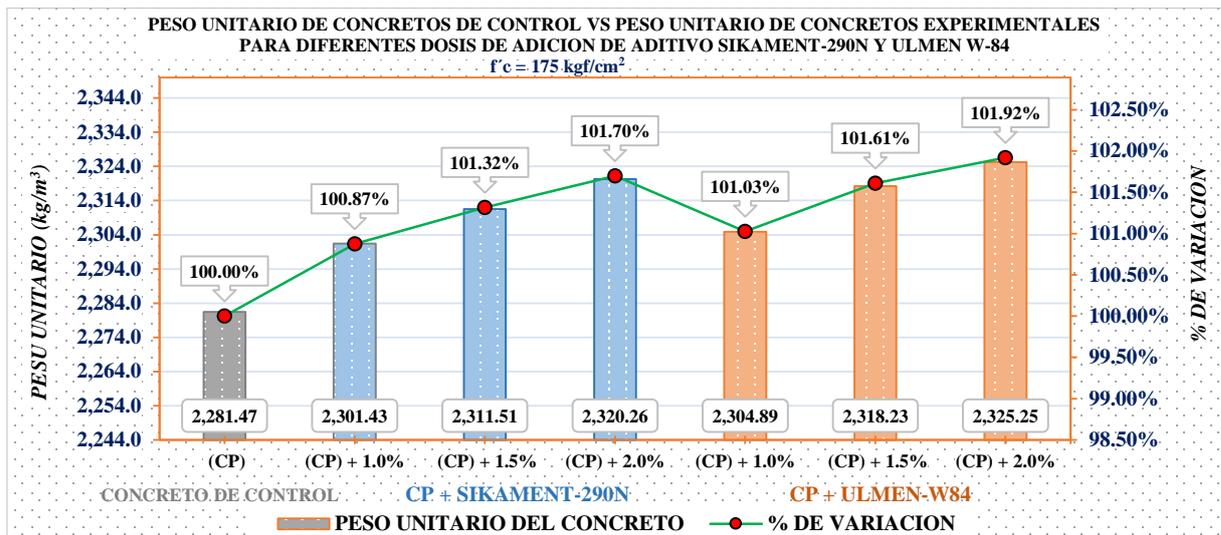


Figura 48 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 48, se ilustra el incremento de la masa unitaria expresado en porcentajes adicionales al 1.0%, 1.5% y 2.0% de Sikament-290N y Ulmén W-84 la cual incrementa en 0.87 %, 1.32%, 1.70% y 1.03%, 1.61%, 1.92% el aumento de la masa unitaria del concreto es el efecto de la propiedad de fluidez del aditivo que genera una mezcla homogénea.

5.1.2.3.3. Masa unitaria del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 78 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Peso unitario real (kf/m³)	% de variación respecto al concreto de control
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	2,285.44	100.00%
2.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	2,306.52	100.92%
2.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	2,312.83	101.04%
2.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	2,321.89	101.60%
2.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	2,304.89	100.85%
2.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	2,318.53	101.45%
2.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	2,323.52	102.02%

En la tabla N° 78 se muestra los resultados de la prueba de la unitaria del concreto de control vs diferentes dosis aplicación de aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ los pesos unitarios de los diseños de concreto se encuentran dentro de los límites de $1700 - 2500 \text{ kg/m}^3$ que corresponde a un concreto normal.



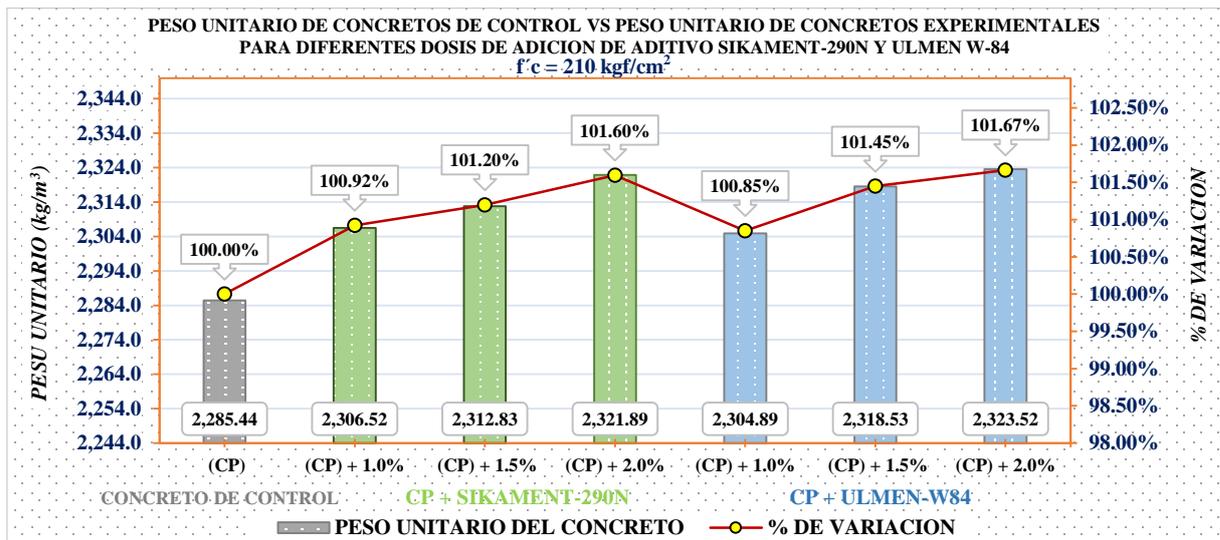


Figura 49 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 49, se ilustra el incremento de la masa unitaria expresado en porcentajes adicionales al 1.0%, 1.5% y 2.0% de Sikament-290N y Ulmén W-84 la cual incrementa en 0.92 %, 1.20%, 1.60 y 0.85%, 1.45%, 1.67% el aumento de la masa unitaria del concreto es el efecto de la propiedad de fluidez del aditivo que genera una mezcla homogénea.

5.1.2.3.4. Masa unitaria del concreto con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 79 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Peso unitario real (kf/m³)	% de variación respecto al concreto de control
3.0	Concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	2,291.65	100.00%
3.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	2,309.16	100.76%
3.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	2,319.14	101.20%
3.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	2,328.31	101.60%
3.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	2,312.93	100.93%
3.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	2,319.35	101.21%
3.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	2,327.90	101.58%

En la tabla N° 79 se ilustra los resultados de la masa unitaria del concreto de control vs diferentes dosis de aplicación del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ las masas unitarias de los diseños de concreto se encuentran dentro de los límites de $1700 - 2500 \text{ kg/m}^3$ que corresponde a un concreto normal.



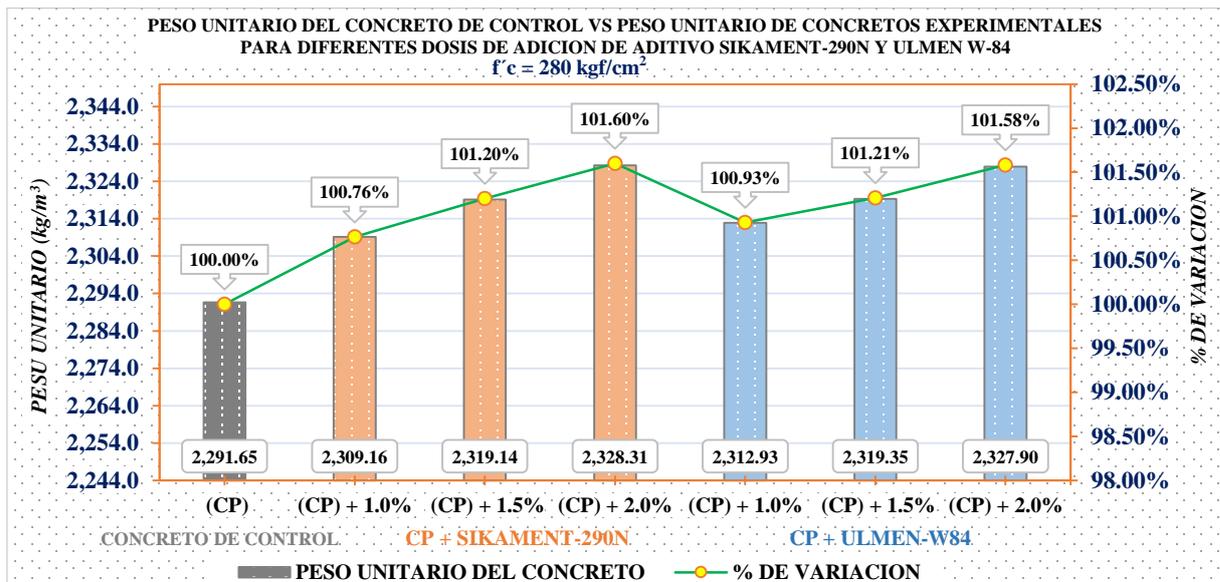


Figura 50 — Masa unitario con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 50, se ilustra el incremento de la masa unitaria expresado en porcentajes adicionados al 1.0%, 1.5% y 2.0% de Sikament-290N y Ulmén W-84 la cual incrementa en 0.76 %, 1.20%, 1.60% y 0.93%, 1.21%, 1.58% el aumento de la masa unitaria del concreto es el efecto de la propiedad de fluidez del aditivo que genera una mezcla homogénea.

5.1.2.4. Tiempo de fraguado

5.1.2.4.1. Fraguado inicial y final del concreto para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Tabla 80 — Tiempo de fraguado inicial y final para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado inicial (min)	Tiempo de fraguado final (min)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	233	420
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	240	425
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	230	430

En la tabla N° 80 se aprecia los resultados de la prueba del tiempo de fraguado inicial y final de concretos de control para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 , se demuestra que no existe una relación directa entre las características específicas del concreto de control ya que esta

depende de la densidad de los agregados, la cantidad de aire atrapado, tipo de mezclado y la compactación de la misma. La norma NTP 339.082 y ASTM C9 en la cual existen parámetros ya estudiados.

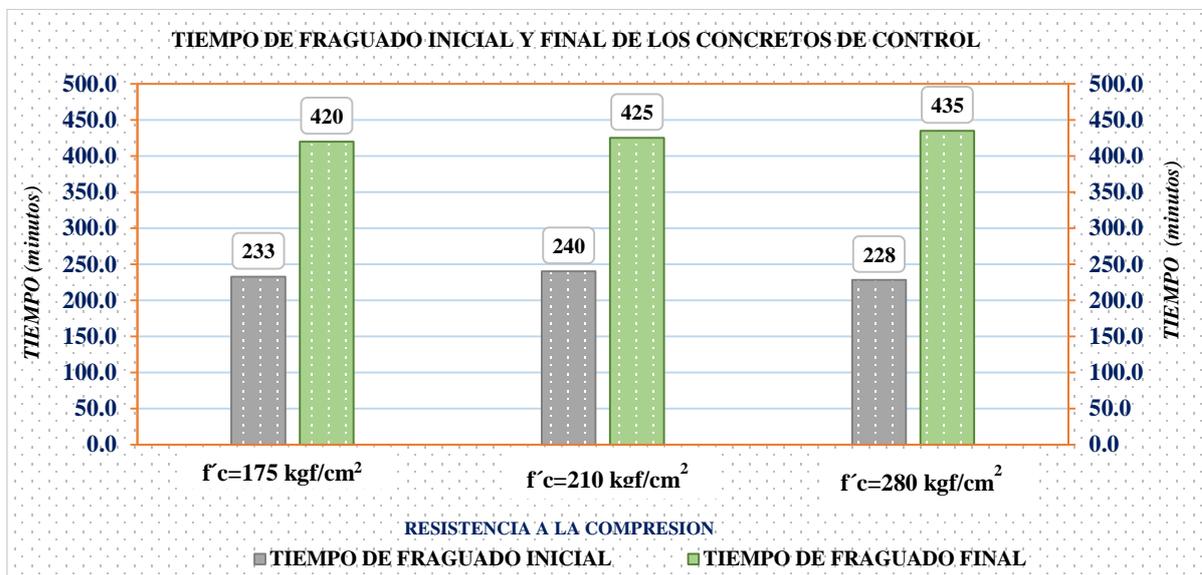


Figura 51 — Tiempo de fraguado inicial y final para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

5.1.2.4.2. Fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 81 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N, Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado inicial (min.)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	233	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	259	109.68%
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	270	116.13%
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	2.0%	303	130.47%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	260	111.83%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	278	119.35%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	2.0%	290	124.73%

En la tabla N° 81 se registra los resultados de la prueba del tiempo de fraguado inicial del concreto de control en comparación con el tiempo de fraguado inicial del concreto de prueba con diferentes dosis de aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$ el procedimiento del ensayo se realizó según la norma N.T.P. 339.082.



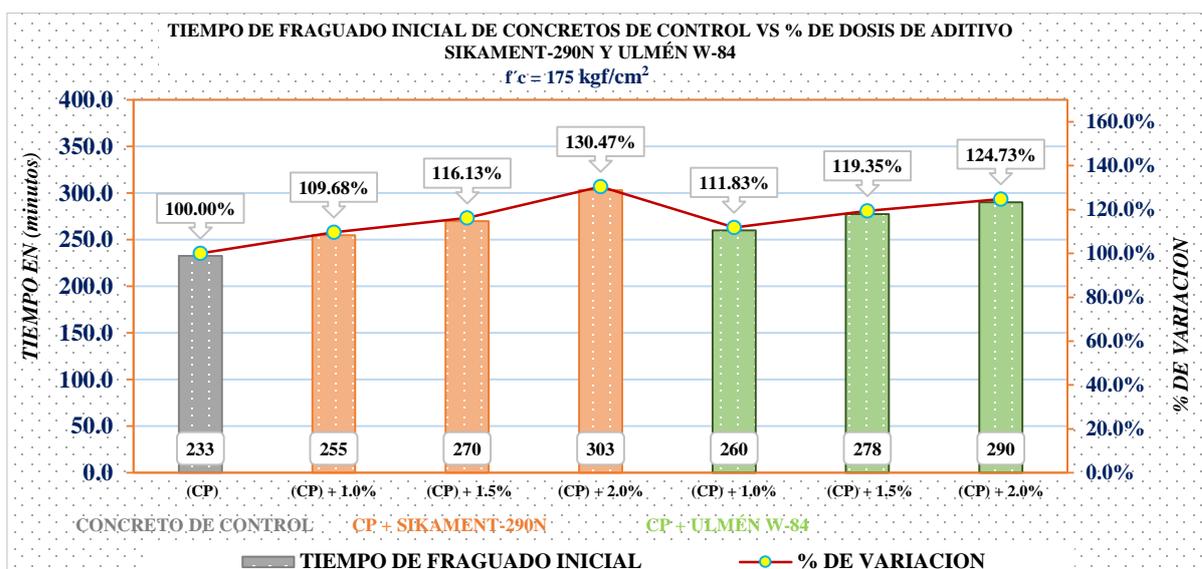


Figura 52 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N, Ulmén W-84 de $f'c=175$ kgf/cm^2

En la figura N° 52, se presenta incrementos del tiempo de fraguado inicial expresado en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N incrementa 9.68%, 16.13% y 30.47%, de la misma forma para el aditivo Ulmén W-84 al 1.0%, 1.5% y 2.0% incremento en 11.83%, 19.35% y 24.73% respecto al tiempo de fraguado inicial de concreto de control. Este ligero retraso observado en la prueba del tiempo de fraguado del concreto se debe a la composición química del aditivo súperplastificante.

5.1.2.4.3. Fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm^2

Tabla 82 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm^2

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado final (min.)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	420	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	465	110.71%
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	495	117.86%
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	2.0%	510	121.43%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	460	109.52%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	485	115.48%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	2.0%	525	125.00%

La tabla N° 82 presenta los resultados de la prueba del tiempo de fraguado final del concreto de control en comparación con el tiempo de fraguado final del concreto de prueba con diferentes dosis de súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$ a obtener el ajuste final de la prueba del tiempo de fraguado, se realiza acuerdo con los procedimientos establecidos en la en la norma N.T.P. 339.082.

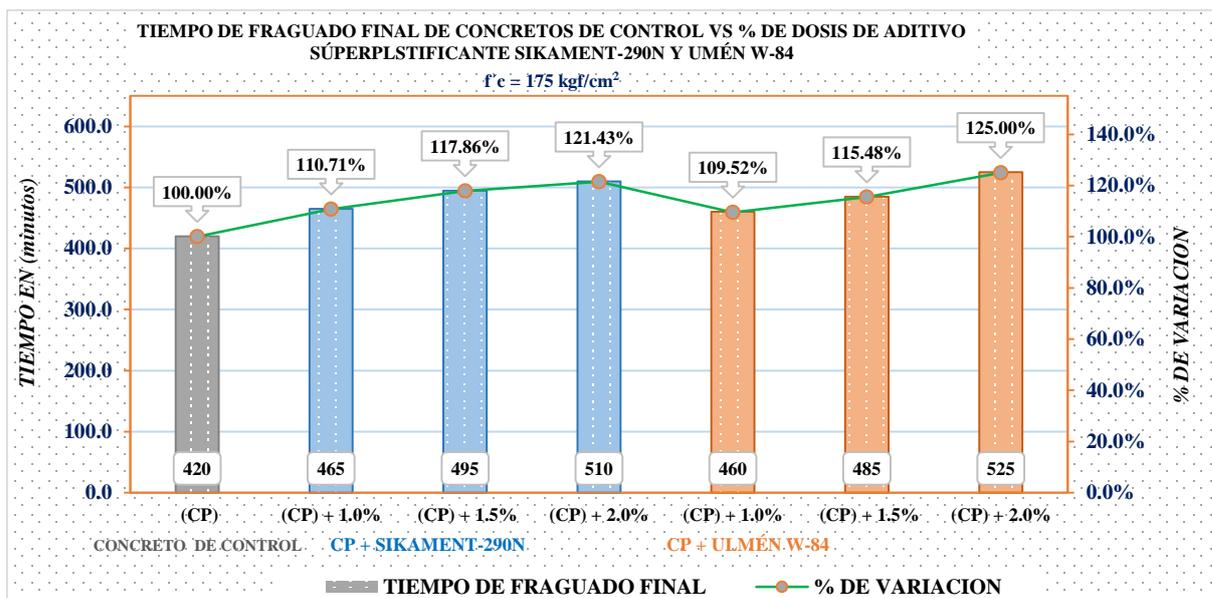


Figura 53 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 53, se presenta incremento del tiempo de fraguado final expresado en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N incrementa 10.71%, 17.86% y 21.43%, de la misma forma para el aditivo Ulmén W-84 al 1.0% y 1.5% y 2.0% incrementa en 9.52%, 15.48%, y 25.00% respecto al tiempo de fraguado final de concretos de control.

5.1.2.4.4. Fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$



Tabla 83 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado inicial (min.)	Tiempo de fraguado final (min.)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	233	420
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	255	465
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	270	495
1.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	2.0%	303	510
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	260	460
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	278	485
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c= 175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	2.0%	290	525

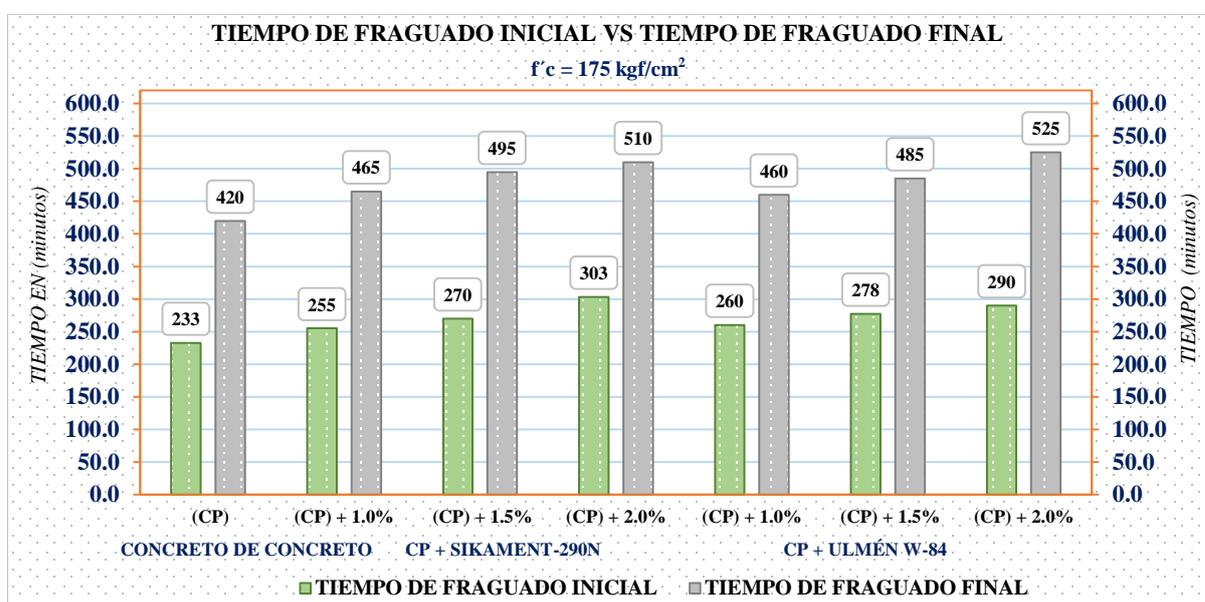


Figura 54 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

La tabla N° 83 y figura N° 54 presenta resultados de la prueba de tiempo de fraguado inicial y final de concretos de control y concretos experimentales con diferentes dosis de adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, al 1.0%, 1.5% y 2.0% de adición del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 incrementa en el tiempo de fraguado inicial y final a comparación del concreto de control. Este ligero retraso observado en la prueba del tiempo de fraguado del concreto se debe a la naturaleza de los súperplastificantes que contiene en su composición química.



5.1.2.4.5. Fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 84 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado inicial (min.)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c = 20 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	240	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c = 20 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	267	111.25%
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c = 20 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	285	118.75%
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c = 20 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	323	134.38%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c = 20 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	275	114.58%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c = 20 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	293	121.88%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c = 20 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	318	132.50%

En la tabla N° 84 se presenta los resultados de la prueba del tiempo de fraguado inicial del concreto de control versus con el tiempo de fraguado inicial del concreto de prueba con diferentes dosis de aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ a obtener el ajuste final de la prueba del tiempo de fraguado, se realiza acuerdo con los procedimientos establecidos en la en la norma N.T.P. 339.082.

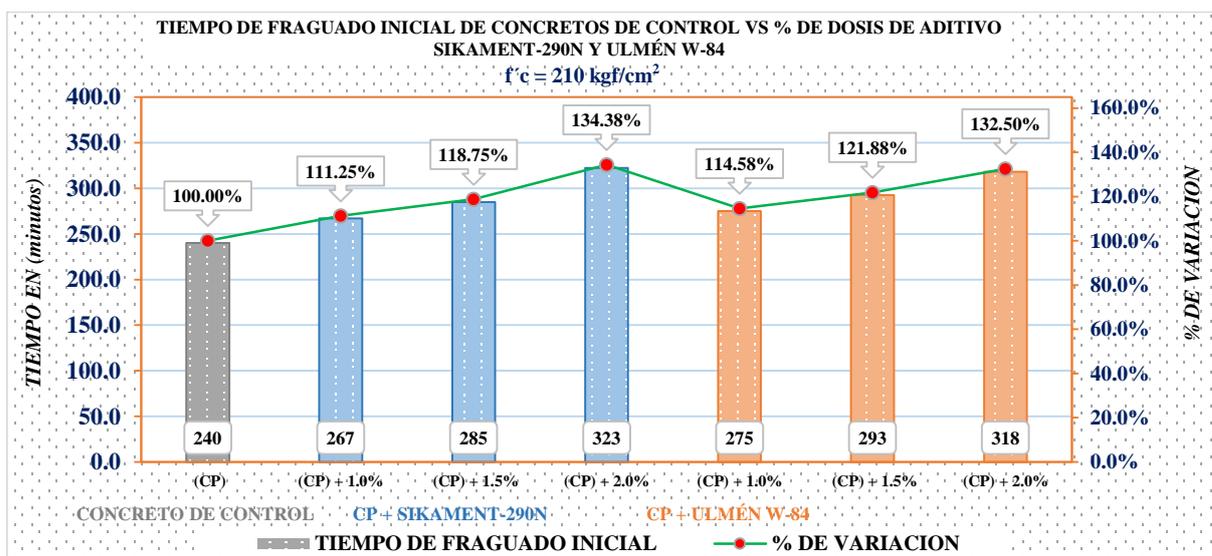


Figura 55 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 55, se presenta incrementos del tiempo de fraguado inicial expresado en porcentajes. Con adición del

1.0%, 1.5% y 2.0% de Sikament-290N y Ulmén W-84 incrementa en 11.25%, 18.75%, 34.38% y 14.58%, 21.88% y 32.50% respecto al tiempo de fraguado inicial de concreto de control.

5.1.2.4.6. Fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 85 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado final (min.)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	425	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	480	112.94%
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	510	120.00%
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	540	127.06%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	485	114.12%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	505	118.82%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	545	128.24%

En la tabla N° 85 presenta los resultados de la prueba del tiempo de fraguado final del concreto de control en comparación con el tiempo de fraguado final del concreto de prueba con diferentes dosis de Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$, los ensayos se realizaron en función a la la norma N.T.P. 339.082.

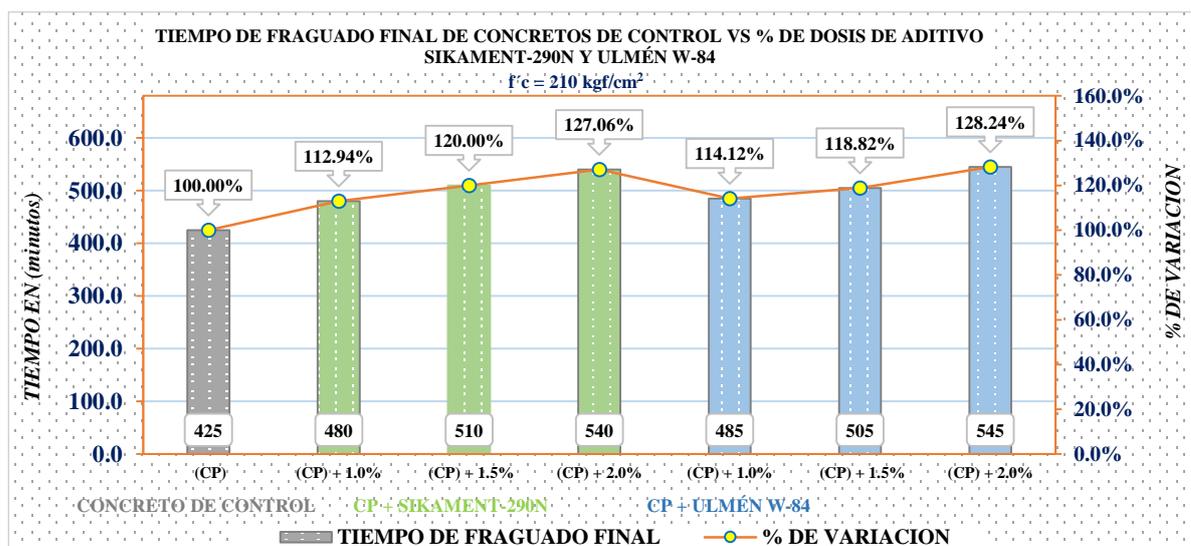


Figura 56 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$



En la figura N° 56, se presenta incremento del tiempo de fraguado final expresado en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N incrementa 12.94%, 20.00% y 27.06%, de la misma forma para el aditivo Ulmén W-84 al 1.0% y 1.5%, 2.0% incrementa en 14.12%, 18.82% y 28.24% respecto al tiempo de fraguado final de concretos de control.

5.1.2.4.7. Fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 86 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado inicial (min.)	Tiempo de fraguado final (min.)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	240	425
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	267	480
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	285	510
1.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	323	540
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	275	485
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	293	505
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	$f'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	318	545

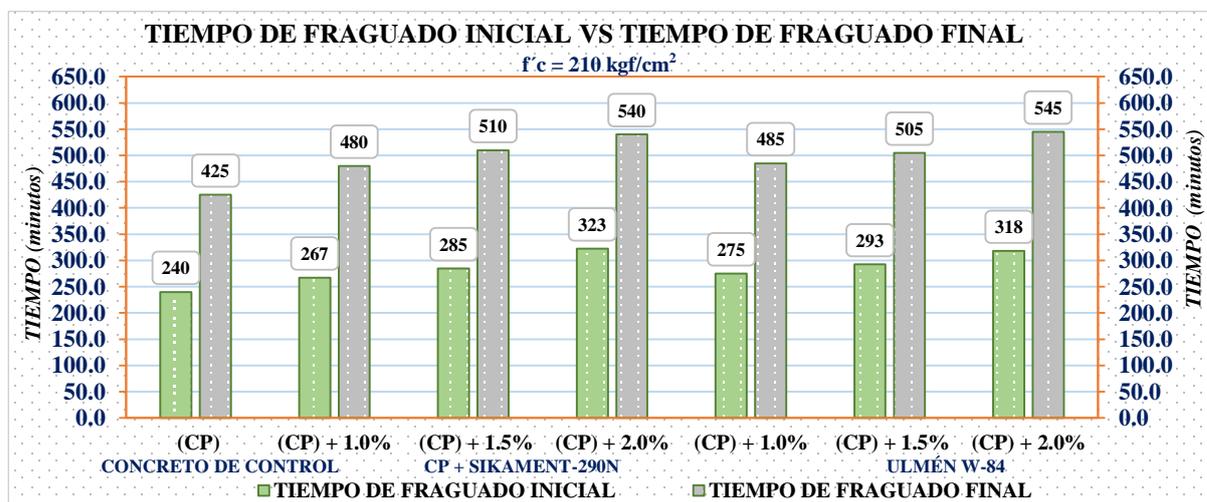


Figura 57 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

La tabla N° 86 y figura N° 57 se presenta resultados de la prueba de tiempo de fraguado inicial y final de concretos de control y concretos experimentales con dosis de 1.0%, 1.5% y 2.0% de adición del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-



84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$; incrementa en el tiempo de fraguado inicial y final a comparación del concreto de control. Este ligero retraso observado en la prueba se debe a la composición química que contiene el aditivo.

5.1.2.4.8. Fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 87 — Tiempo de fraguado inicial con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado inicial (min.)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	228	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	260	114.04%
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	282	123.68%
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	318	139.47%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	270	118.42%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	289	126.64%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	320	140.35%

En la tabla N° 87, se presenta los resultados de la prueba del tiempo de fraguado inicial del concreto de control en comparación de concretos de prueba con diferente dosis del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ el ajuste final de la prueba del tiempo de fraguado, se realizó en función a lo establecidos en la N.T.P. 339.082.

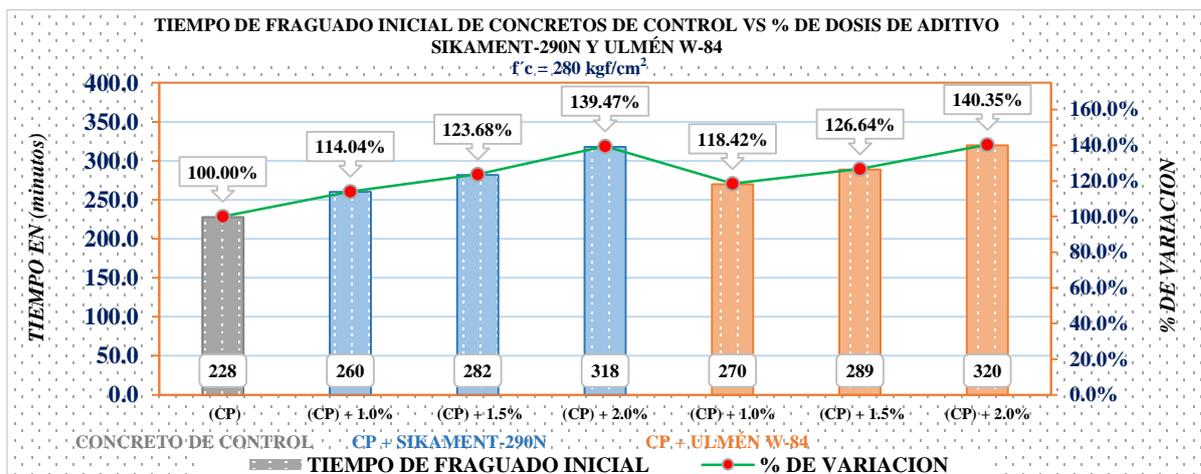


Figura 58 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 58, se presenta incrementos del tiempo de fraguado inicial expresado en porcentajes. Con adición de



1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 incrementan en 14.04%, 23.68%, 39.47% y 18.42%, 26.64%, 40.35% respecto al tiempo de fraguado inicial de concreto de control.

5.1.2.4.9. Fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 88 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado final (min.)	% de variación respecto al concreto de control
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	435	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	500	114.94%
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	540	124.14%
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	570	131.03%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	510	117.24%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	525	120.69%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	575	132.18%

En la tabla N° 88, se presenta los resultados de la prueba del tiempo de fraguado final del control en comparación con el concreto de prueba con diferentes dosis de adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ el ajuste final de la prueba del tiempo de fraguado, se realizó de acuerdo con los procedimientos establecidos en la en la norma N.T.P. 339.082.

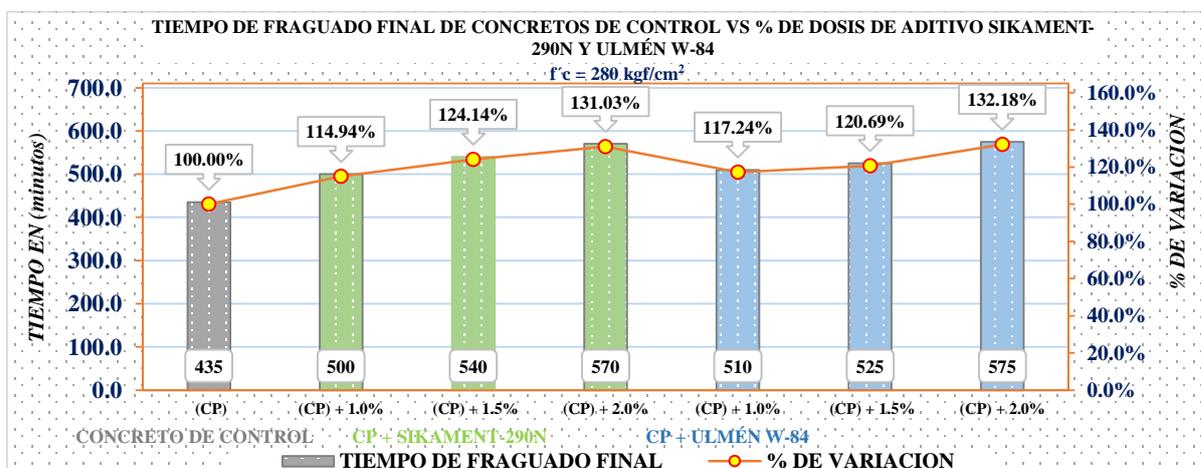


Figura 59 — Tiempo de fraguado final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

En la figura N° 59, se presenta la variación del incremento del tiempo de fraguado final expresado en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84; incrementan 14.94%, 24.14%, 31.03% y 17.24%, 20.69%, 32.18%, respecto al tiempo de fraguado final de concretos de control.

5.1.2.4.10. Fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 89 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Tiempo de fraguado inicial (min.)	Tiempo de fraguado final (min.)
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	288	435
1.01	(CP) + Sikament-290n (1.0%)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	260	500
1.02	(CP) + Sikament-290n (1.2%)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	282	540
1.03	(CP) + Sikament-290n (2.0%)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	318	570
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	270	510
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	289	525
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c= 280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	320	575

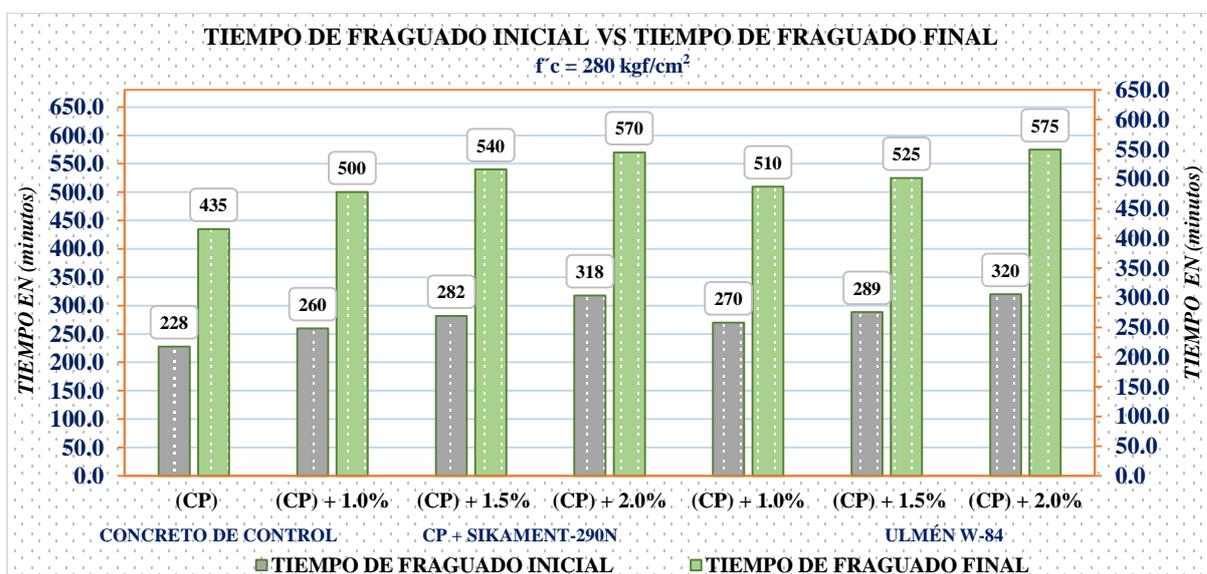


Figura 60 — Tiempo de fraguado inicial y final con Sikament-290N y Ulmén W-84 de $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

De la tabla N° 89 y figura N° 60; se presenta los resultados de la prueba de tiempo de fraguado inicial y final de concretos de control y concretos experimentales con dosis de 1.0%, 1.5% y 2.0% de adición de aditivo Sikament-290N y



Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$; se percibe un incremento. Este ligero retraso observado en la prueba del tiempo de fraguado del concreto se debe a la composición química del aditivo.

5.1.3. Análisis de resultados de las propiedades en estado endurecido del concreto

5.1.3.1. Resistencia a compresión del concreto

En este apartado se muestran los resultados finales de la prueba de resistencia mecánica final y análisis pertinente de concretos de control (concreto convencional) y concretos experimentales con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 para las resistencias mecánicas de $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 de la prueba a edades de 3, 7, 14 y 28 días de elaboración.

5.1.3.1.1. Resistencia a compresión del concreto para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Tabla 90 — Resistencia a compresión para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	116.67	158.88	171.28	201.73
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	157.78	184.48	218.30	241.98
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	195.48	250.57	278.43	306.77

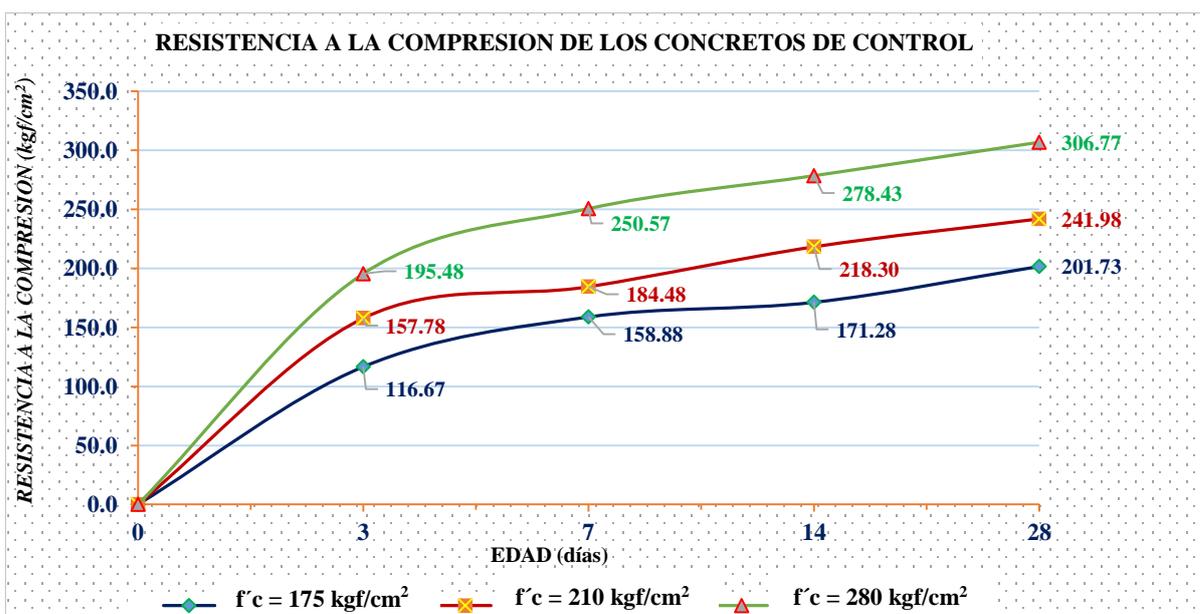


Figura 61 — Curva de evolución de la resistencia a compresión para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2

La figura N° 61 muestra que el desarrollo de la resistencia a compresión del hormigón de control aumenta con la edad, desde la misma hasta los 28 días, los mejores resultados se obtuvieron para la resistencia a compresión de la estructura.

5.1.3.1.2. Resistencia a compresión con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

A. Resistencia a compresión del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 91 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm^2)			
					3d	7d	14d	28 d
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	116.67	158.88	171.28	201.73
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	122.49	167.05	182.46	204.70
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	137.25	179.53	207.09	241.40
1.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	2.0%	153.19	191.02	230.08	255.05

La tabla N° 100 presenta resultados finales de la resistencia mecánica final del concreto experimental con adición al 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$ las dimensiones del espécimen (probetas) fueron de 4" x 8" de la misma forma la prueba de la resistencia a compresión se ensayó a edades de 3, 7, 14 y 28 días de elaboración y análisis respecto a concretos de control.

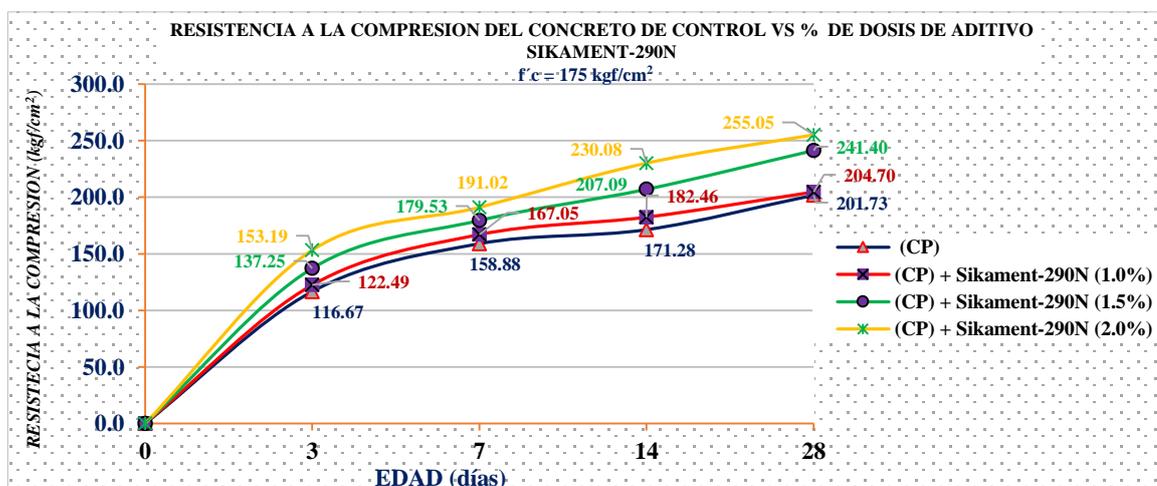


Figura 62 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$



La Figura N ° 62 muestra el desarrollo de la curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto experimental, la cual obtuvo un aumento proporcional de la edad a diferentes dosis al agregar el superplastificante Sikament-290N proporcionado, relativo a la resistencia a la compresión del concreto de referencia.

Tabla 92 — Variación de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175$ kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
1.00	Concreto de control (CP)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	0.0%	57.83%	78.76%	84.91%	100.00%
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	1.0%	60.72%	82.81%	90.45%	101.47%
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	1.5%	68.04%	88.99%	102.66%	119.67%
1.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	2.0%	75.94%	94.69%	114.05%	126.43%

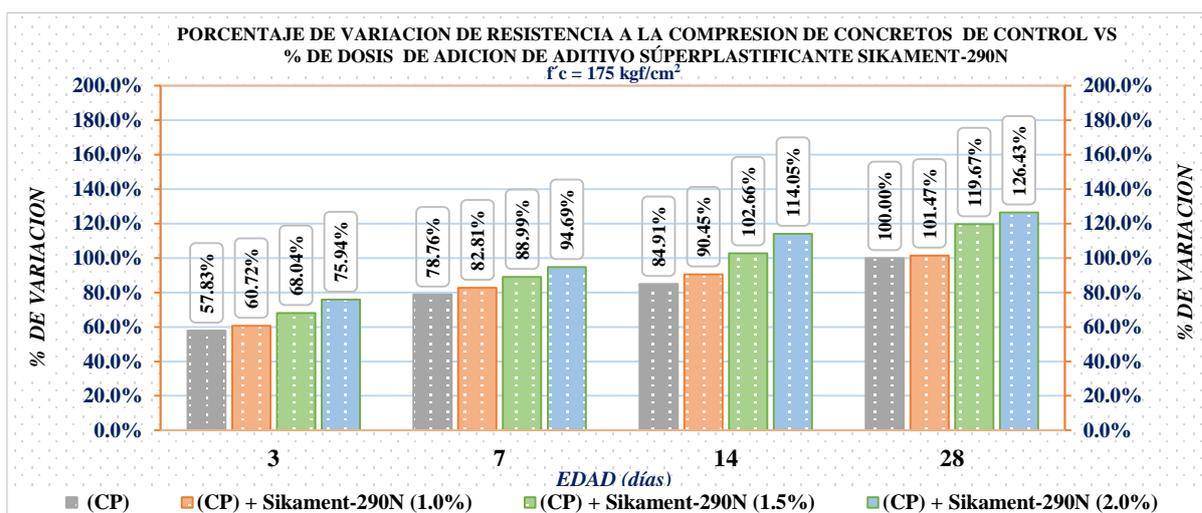


Figura 63 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175$ kgf/cm²

La figura N° 63 muestra la variación de la resistencia mecánica del concreto a edades de 3, 7, 14 y 28 días, expresadas en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N incrementa 60.72%, 68.04% y 75.94%, a los 3 días de elaboración, a los 7 días incrementa 82.81%, 88.99% y 94.69%, a los 14 días de elaboración incrementa 90.45%, 102.66% y 114.04% y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 101.47%, 119.67% y 126.43%



respecto a la variación porcentual de 57.83%, 78.76%, 84.91% y 100.00% a los 28 días de curado de concretos de control.

B. Resistencia a compresión del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 93 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
1.01	Concreto de control (CP)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	0.0%	116.67	158.88	171.28	201.73
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.0%	130.13	170.02	210.08	237.09
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	147.65	189.87	222.38	248.60
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	0.74	1.5%	177.59	214.20	250.72	259.45

La tabla N° 93 presenta resultados finales de la resistencia mecánica final del concreto experimental con adición al 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 para $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ las dimensiones del espécimen (probetas) fueron de 4"X8" de la misma forma la prueba de la resistencia a compresión se ensayó a edades de 3, 7, 14 y 28 días de elaboración y análisis respecto a concretos de control.

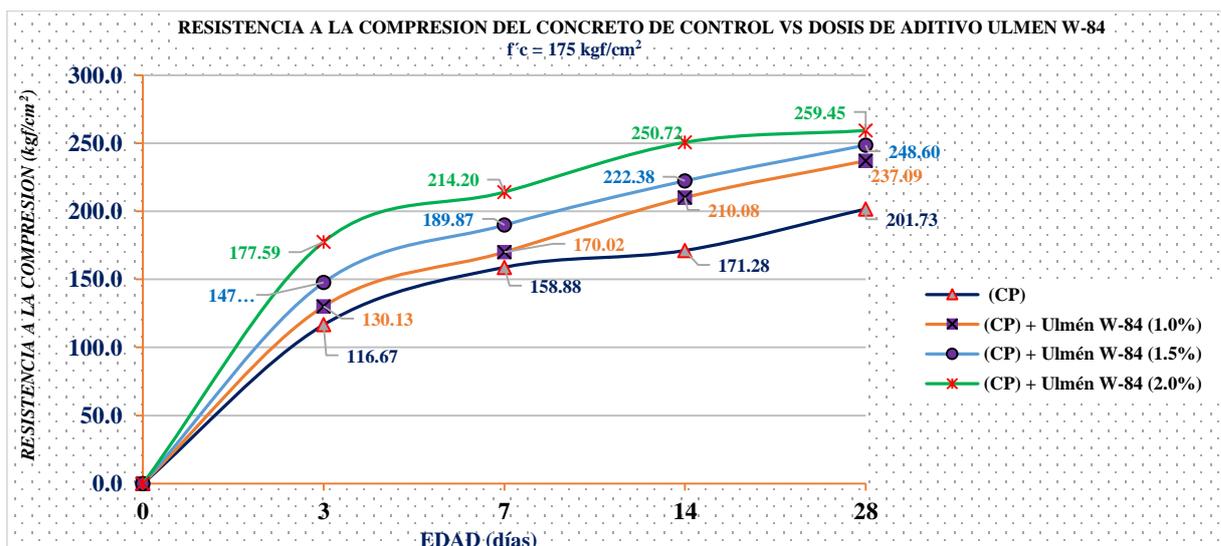


Figura 64 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

La figura N° 64 muestra el desarrollo de la curva de evolución de la resistencia a la compresión del concreto



experimental, la cual obtuvo un aumento proporcional al agregar diferentes dosis de superplastificante Ulmén W-84 proporcionado, relativo a la resistencia a la compresión del concreto de referencia.

Tabla 94 — Variación de resistencia a compresión con Ulmén- W-84 para $f'c=175$ kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
1.01	Concreto de control (CP)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	0.0%	57.83%	78.76%	84.91%	100.00%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	1.0%	64.51%	84.28%	104.14%	117.53%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	1.5%	73.19%	94.12%	110.24%	123.24%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c=175$ kgf/cm ²	0.74	2.0%	88.04%	106.18%	124.29%	128.61%

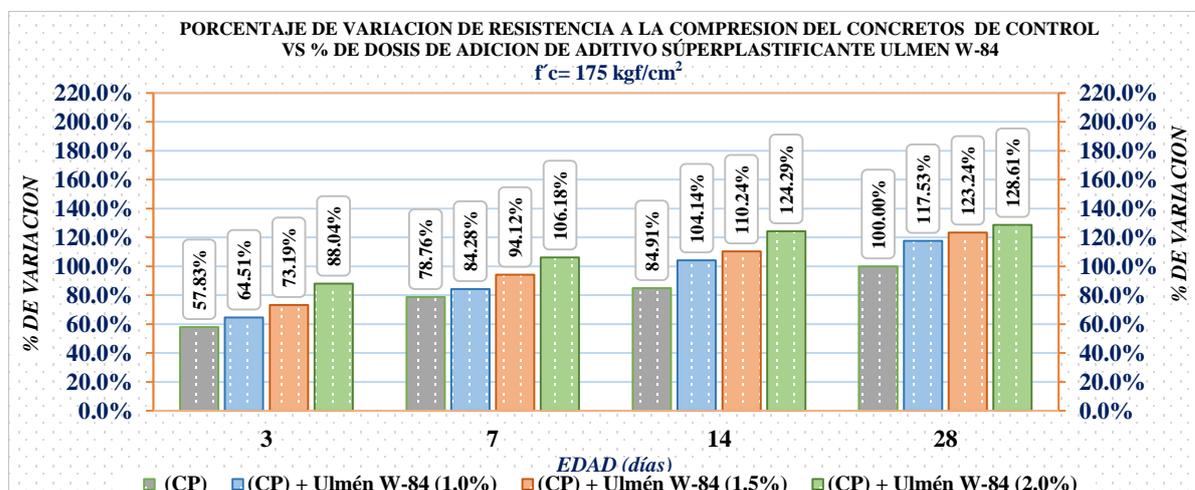


Figura 65 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm²

La figura N° 65 muestra la variación de la resistencia mecánica del concreto a edades de 3, 7, 14 y 28 días, expresadas en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 incrementa 64.51%, 73.19%, y 88.04% a los 3 días de elaboración, a los 7 días incrementa 84.28%, 94.12% y 106.18%, a los 14 días de elaboración incrementa 104.14%, 110.24% y 124.29% y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 117.53%, 123.24% y 128.61% respecto a la variación porcentual de 57.83%, 78.76%, 84.91% y 100.00% a los 28 días de curado de concretos de control.



5.1.3.1.3. Resistencia a compresión con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

A. Resistencia a la compresión del concreto con adición del aditivo súperplastificante Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 95 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	157.78	184.48	218.30	241.98
2.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	165.80	206.77	234.51	248.76
2.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	166.35	232.96	243.31	263.88
2.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	170.96	245.41	251.27	271.82

La tabla N° 95 presenta resultados finales de la resistencia mecánica final del concreto experimental con adición al 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$; las dimensiones del espécimen (probetas) fueron de 4" x 8" de la misma forma la prueba de la resistencia a la compresión se ensayó a edades de 3, 7, 14 y 28 días de elaboración y análisis respecto a concretos de control.

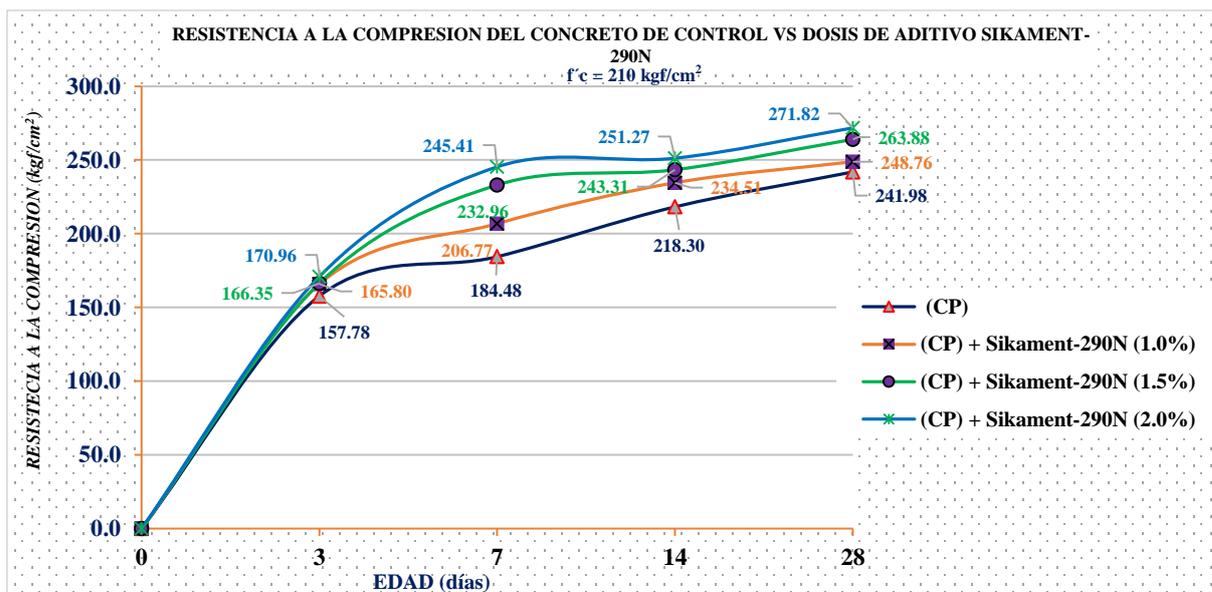


Figura 66 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con adición del aditivo Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$



La figura N° 66 muestra la tendencia de la curva de evolución de resistencia a la compresión de concreto experimental, la cual obtuvo un aumento proporcional de la edad a diferentes dosis al agregar el superplastificante Sikament-290N proporcionado, relativo a la resistencia a la compresión del concreto de referencia.

Tabla 96 — Variación de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=210$ kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
2.00	Concreto de control (CP)	$f'c=210$ kgf/cm ²	0.68	0.0%	65.20%	76.23%	90.21%	100.00%
2.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=210$ kgf/cm ²	0.68	1.0%	68.52%	85.45%	96.91%	102.80%
2.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c=210$ kgf/cm ²	0.68	1.5%	68.75%	96.27%	100.55%	109.05%
2.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=210$ kgf/cm ²	0.68	2.0%	70.65%	101.42%	103.84%	112.33%

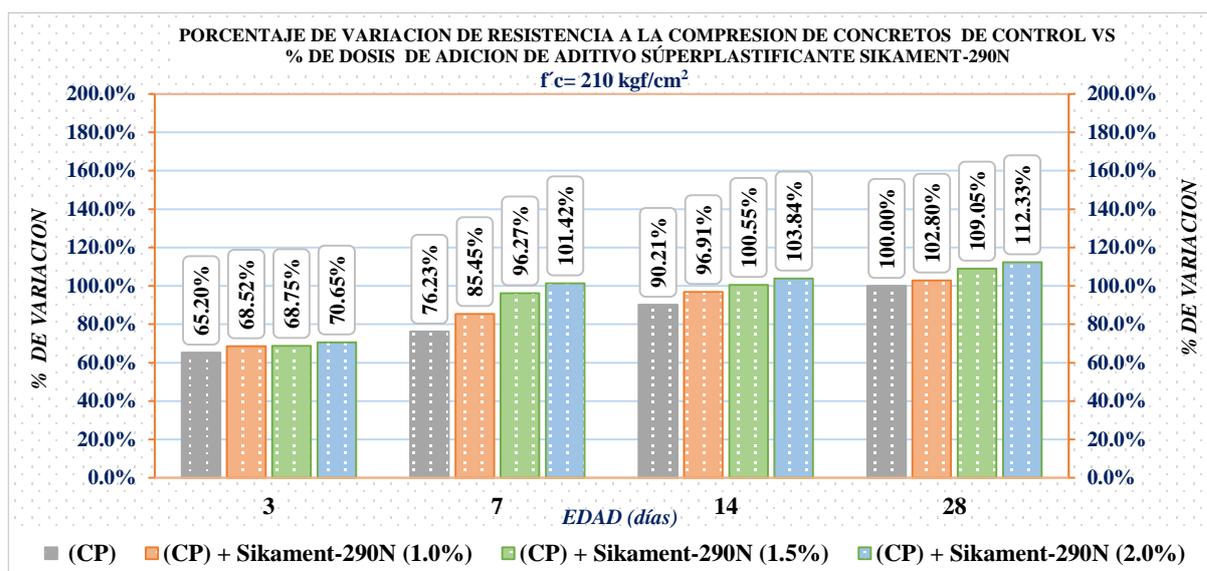


Figura 67 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm²

La figura N° 67 muestra la variación de la resistencia mecánica del concreto a edades de 3, 7, 14 y 28 días, expresadas en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N incrementa en 68.52%, 68.75%, y 70.65% a los 3 días de elaboración, a los 7 días incrementa en 85.45%, 96.27% y 101.42%, a los 14 días de elaboración incrementa 96.91%, 100.55% y 103.84% y finalmente a los 28 días



de elaboración incrementa 102.80%, 109.05% y 112.33% respecto a la variación porcentual de 65.20%, 76.23%, 90.21% y 100.00% a los 28 días de curado de concretos de control.

B. Resistencia a la compresión del concreto con adición del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 97 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
1.01	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	157.78	184.48	218.30	241.98
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	174.22	196.84	235.98	258.74
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	193.57	225.97	250.19	270.35
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	186.77	235.33	261.15	286.61

En la tabla N° 97 presenta resultados finales de la resistencia mecánica final del concreto experimental con adición al 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ las dimensiones del espécimen (probetas) fueron de 4" x 8" de la misma forma la prueba de la resistencia a la compresión se ensayó a edades de 3, 7, 14 y 28 días de elaboración y análisis respecto a concretos de control.

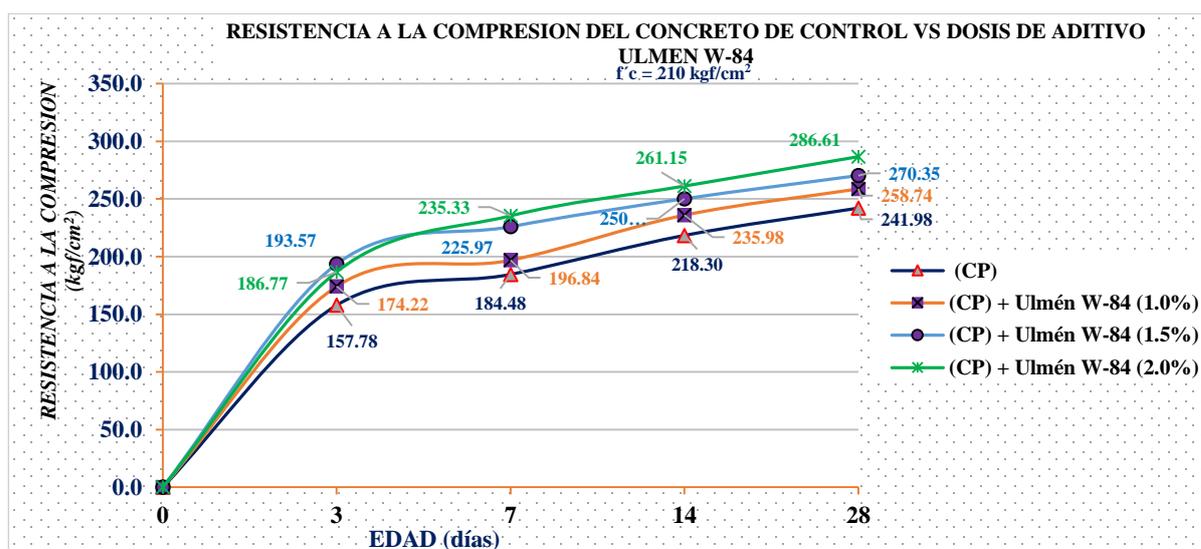


Figura 68 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$



La figura N° 68 muestra la tendencia de la curva de evolución de resistencia a la compresión de concreto experimental, la cual obtuvo un aumento proporcional de la edad a diferentes dosis al agregar el superplastificante Ulmén W-84 proporcionado, relativo a la resistencia a la compresión del concreto de referencia.

Tabla 98 — Variación de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
1.01	Concreto de control (CP)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	0.0%	65.20%	76.23%	90.21%	100.00%
1.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.0%	72.00%	81.34%	97.52%	106.92%
1.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	1.5%	79.99%	93.38%	103.39%	111.72%
1.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	0.68	2.0%	77.18%	97.25%	107.92%	118.44%

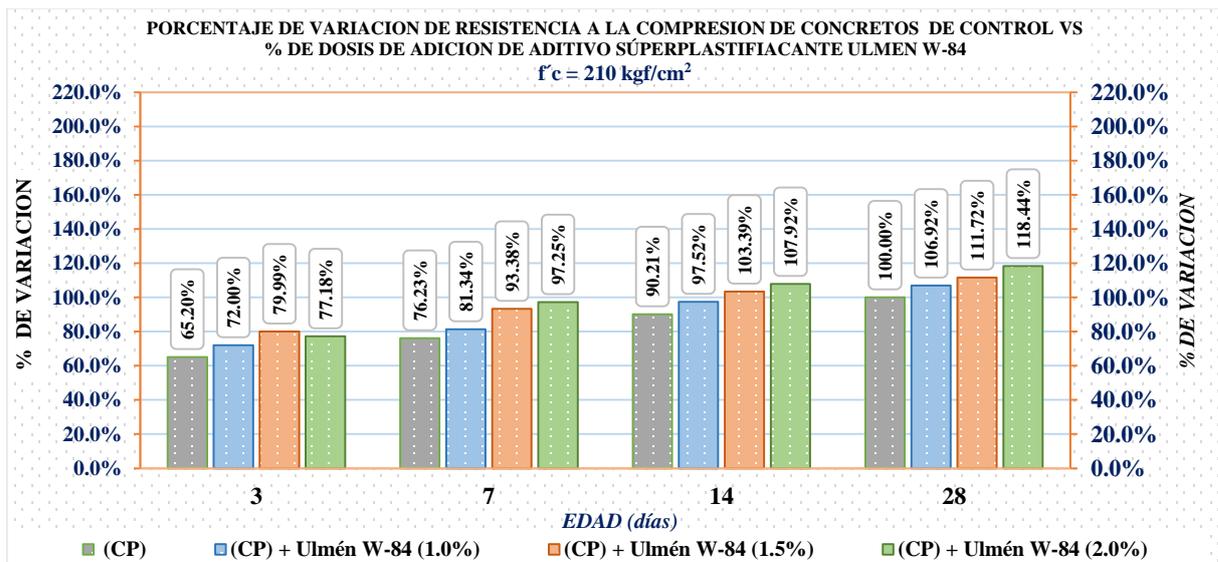


Figura 69 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

La figura N° 69 muestra la variación de la resistencia mecánica del concreto a edades de 3, 7, 14 y 28 días, expresadas en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 incrementa 72.00%, 79.99%, y 77.18% a los 3 días de elaboración, a los 7 días incrementa 81.34%, 93.38% y 97.25%, a los 14 días de elaboración incrementa 97.52%, 103.39% y 107.92% y finalmente a los 28 días de

elaboración incrementa 106.92%, 111.72% y 118.44% respecto a la variación porcentual de 65.20%, 76.23%, 90.21% y 100.00% a los 28 días de curado de concretos de control.

5.1.3.1.4. Resistencia a compresión con Sikament-290N y Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

A. Resistencia a la compresión del concreto con adición del aditivo súperplastificante Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 99 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	195.48	250.57	278.43	306.77
3.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	194.97	240.72	273.12	312.75
3.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	199.14	250.61	275.57	336.47
3.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	193.90	271.72	296.47	357.56

La tabla N° 99 presenta resultados finales de la resistencia mecánica final del concreto experimental con adición al 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ (280 MPa), las misma se ensayaron a los 3,7,14 y 28 días.

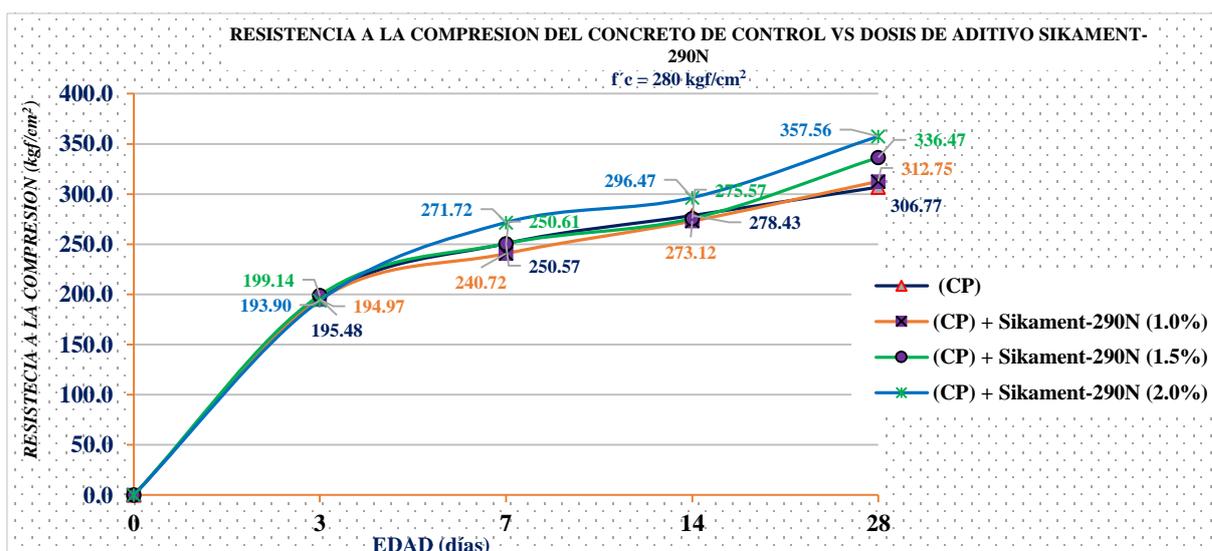


Figura 70 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

La figura N° 70 muestra la tendencia de la curva de evolución de resistencia a la compresión de concreto



experimental, la cual obtuvo un aumento proporcional de la edad a diferentes dosis al agregar el superplastificante Sikament-290N proporcionado, relativo a la resistencia a la compresión del concreto de referencia.

Tabla 100 — Variación de Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280$ kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm ²)			
					3d	7d	14d	28 d
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280$ kgf/cm ²	0.57	0.0%	63.72%	81.68%	90.76%	100.00%
3.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	$f'c=280$ kgf/cm ²	0.57	1.0%	63.56%	78.47%	89.03%	101.95%
3.02	(CP) + Sikament-290N (1.2%)	$f'c=280$ kgf/cm ²	0.57	1.5%	64.92%	81.69%	89.83%	109.68%
3.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	$f'c=280$ kgf/cm ²	0.57	2.0%	63.21%	88.57%	96.64%	116.56%

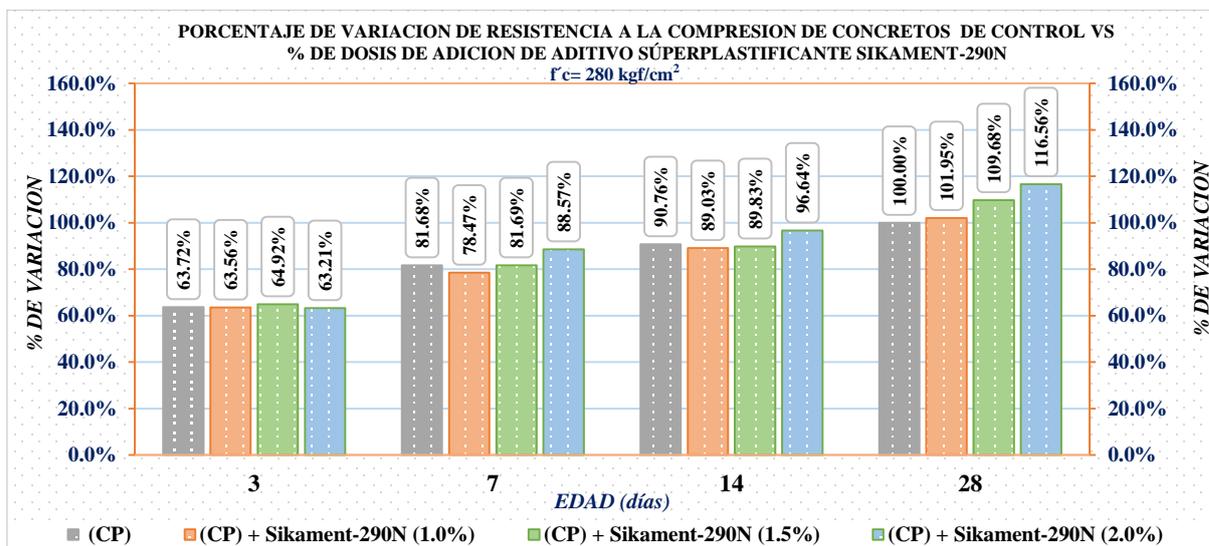


Figura 71 — Resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280$ kgf/cm²

La figura N° 71 muestra la variación de la resistencia mecánica del concreto a edades de 3, 7, 14 y 28 días, expresadas en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 incrementa 63.56%, 64.92%, y 63.21% a los 3 días de elaboración, a los 7 días incrementa 78.47%, 81.69% y 88.57%, a los 14 días de elaboración incrementa 89.03%, 89.83% y 96.64% y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 101.95%, 109.68% y 116.56% respecto a la variación porcentual de 63.72%, 81.68%,



90.76% y 100.00% a los 28 días de curado de concretos de control.

B. Resistencia a la compresión del concreto con adición del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 101 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm^2)			
					3d	7d	14d	28 d
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	195.48	250.57	278.43	306.77
3.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	231.94	279.81	295.31	327.04
3.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	268.72	346.41	362.92	375.66
3.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	248.99	351.06	374.26	384.00

La tabla N° 101 presenta resultados finales de la resistencia mecánica final del concreto experimental con adición al 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ las dimensiones del espécimen (probetas) fueron de 4" x 8" de la misma forma la prueba de la resistencia a la compresión se ensayó a edades de 3, 7, 14 y 28 días de elaboración y análisis respecto a concretos de control.

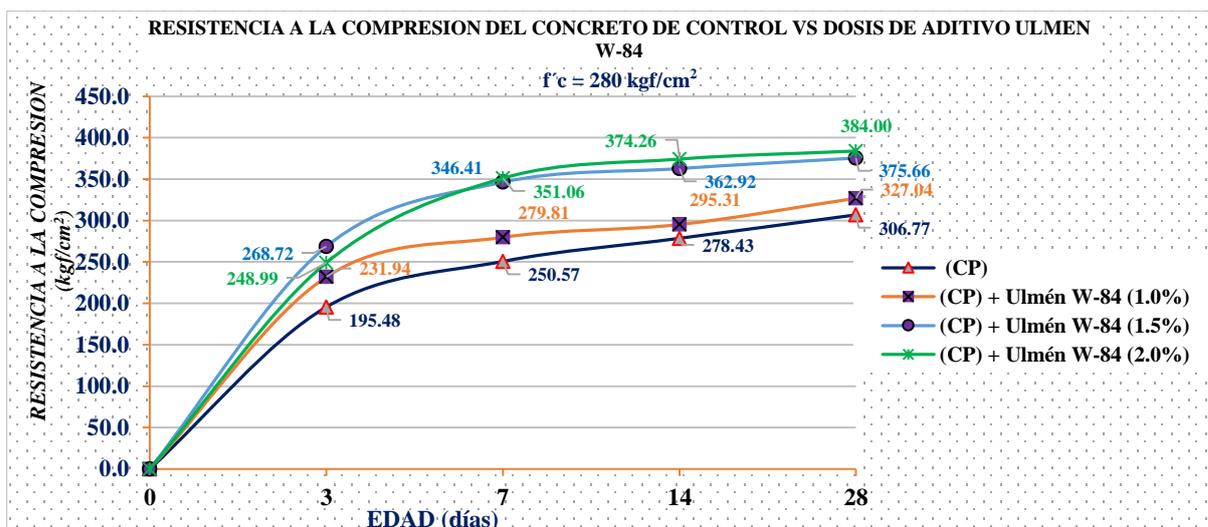


Figura 72 — Curva de evolución de la resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$



La figura N° 72 muestra la tendencia de la curva de evolución de resistencia a la compresión de concreto experimental, la cual obtuvo un aumento proporcional de la edad a diferentes dosis al agregar el superplastificante Ulmén W-84 proporcionado, relativo a la resistencia a la compresión del concreto de referencia.

Tabla 102 — Variación de resistencia a compresión con Ulmén w-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Ítem	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	Relación (a/c)	% de dosis de aplicación del aditivo	Resistencia a la compresión promedio (kgf/cm^2)			
					3d	7d	14d	28 d
3.00	Concreto de control (CP)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	0.0%	63.72%	81.68%	90.76%	100.00%
3.04	(CP) + Ulmén w-84 (1.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.0%	75.61%	91.21%	96.27%	106.61%
3.05	(CP) + Ulmén w-84 (1.5%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	1.5%	87.60%	112.92%	118.31%	122.46%
3.06	(CP) + Ulmén w-84 (2.0%)	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	0.57	2.0%	81.16%	114.44%	122.00%	125.18%

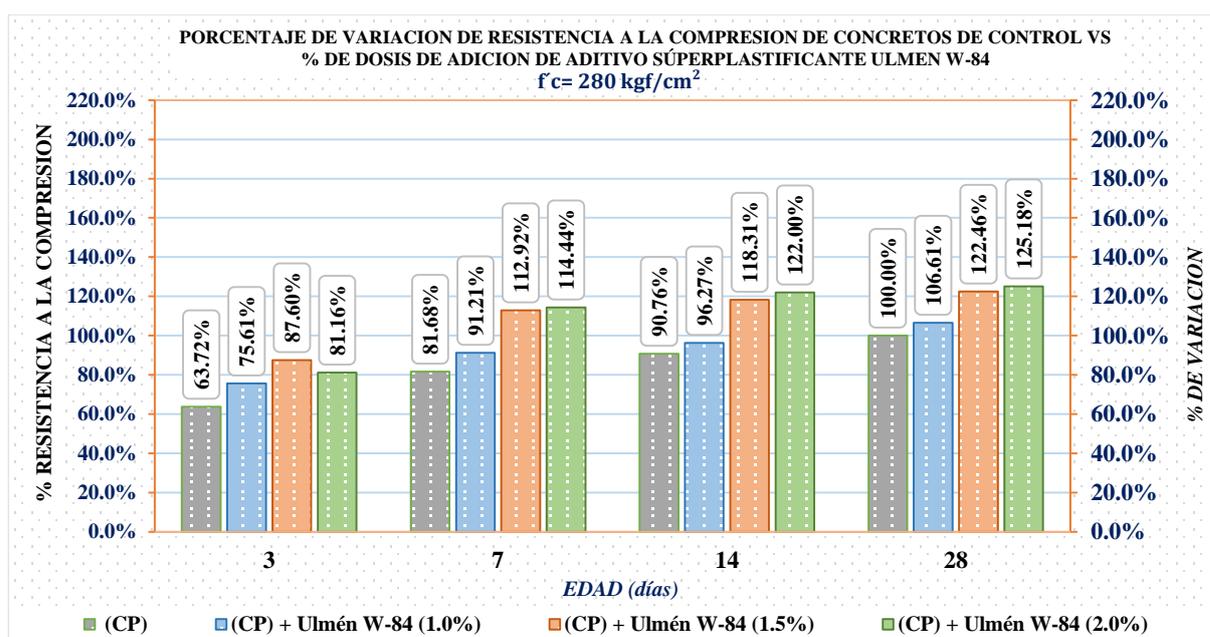


Figura 73 — Resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

La figura N° 73 muestra la variación de la resistencia mecánica del concreto a edades de 3, 7, 14 y 28 días, expresadas en porcentajes. Con adición de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 incrementa 63.56%, 64.92%, y 63.21% a los 3 días de elaboración, a los 7 días incrementa 78.47%, 81.69% y 88.57%, a los 14 días de elaboración incrementa 89.03%,



89.83% y 96.64% y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 101.95%, 109.68% y 116.56% respecto a la variación porcentual de 63.72%, 81.68%, 90.76% y 100.00% a los 28 días de curado de concretos de control.

5.1.4. Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm²

5.1.4.1. Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

Tabla 103 — Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión del diseño	% de dosis de aplicación del aditivo	Costo de concreto diseñado (S/. x m ³)	Variación de costo respecto al concreto de control (S/. x m ³)
1.0	Concreto de control (CP)	f _c =175 kgf/cm ²	0.0%	S/387.24	S/0.00
1.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f _c =175 kgf/cm ²	1.0%	S/382.02	S/5.22
1.02	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f _c =175 kgf/cm ²	1.5%	S/370.78	S/16.46
1.03	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f _c =175 kgf/cm ²	2.0%	S/358.57	S/28.67
1.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	f _c =175 kgf/cm ²	1.0%	S/374.90	S/12.34
1.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	f _c =175 kgf/cm ²	1.5%	S/363.49	S/23.75
1.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	f _c =175 kgf/cm ²	2.0%	S/359.25	S/27.99

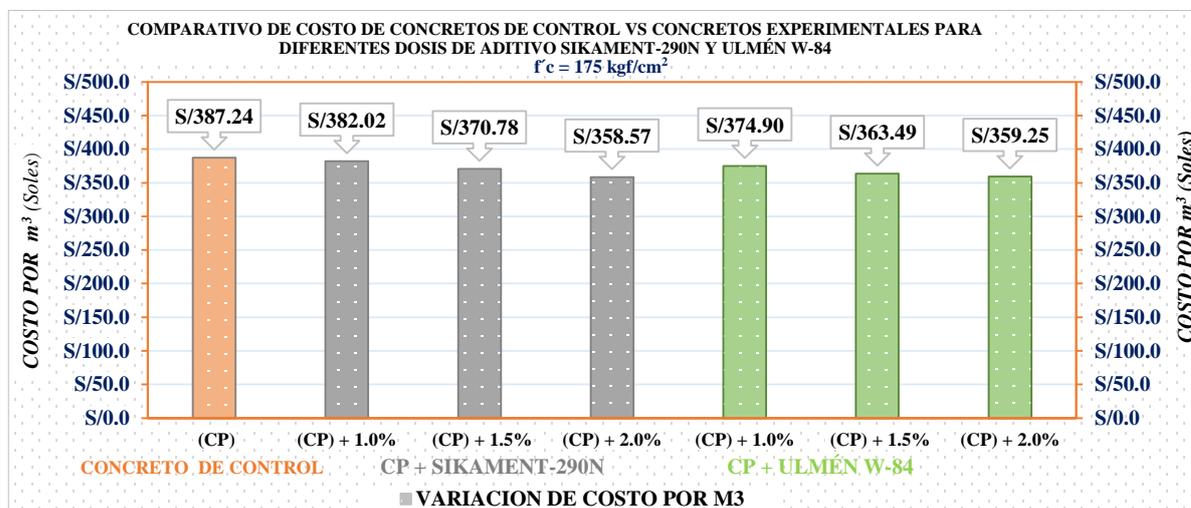


Figura 74 — Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

La tabla N° 103 y figura N° 74 presenta la variación de costo por m³ del concreto experimental en proporción al costo del concreto de control para f'c=175 kgf/cm² siendo así que los concretos diseñados con aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 son las más económicas en la producción del concreto, con 1.0%, 1.5% y 2.0% del

aditivo Sikament-290N se logró un ahorro de S/. 5.22, S/16.46 y S/. 28.67 por m³ de concreto, de la misma forma teniendo un ahorro de S/12.34 al 1.0%, S/. 23.75 al 1.5% y S/27.99 al 2.0% con aditivo súperplastificante Ulmén W-8, respecto al costo por m³ de concreto de control.

5.1.4.2. Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=210 kgf/cm²

Tabla 104 — Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=210 kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión del diseño	% de dosis de aplicación del aditivo	Costo de concreto diseñado (S/. x m ³)	Variación de costo respecto al concreto de control (S/. x m ³)
2.00	Concreto de control (CP)	f'c=210 kgf/cm ²	0.0%	S/400.95	S/0.00
2.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f'c=210 kgf/cm ²	1.0%	S/395.20	S/5.75
2.02	(CP) + Sikament-290N (1.5%)	f'c=210 kgf/cm ²	1.5%	S/382.94	S/18.01
2.03	(CP) + Sikament-290N (2.0%)	f'c=210 kgf/cm ²	2.0%	S/369.47	S/31.48
2.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	f'c=210 kgf/cm ²	1.0%	S/387.41	S/13.54
2.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	f'c=210 kgf/cm ²	1.5%	S/374.90	S/26.05
2.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	f'c=210 kgf/cm ²	2.0%	S/370.22	S/30.73

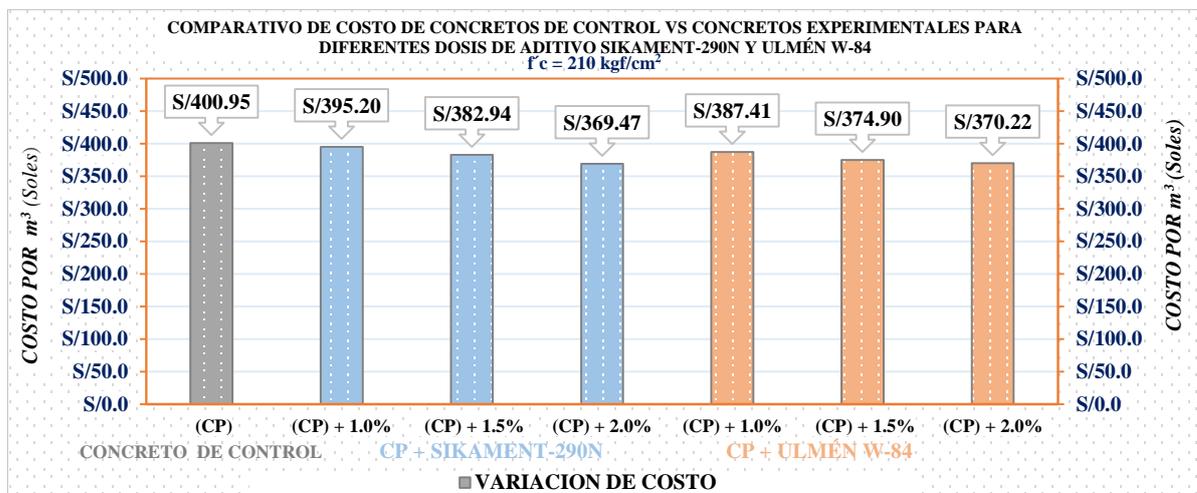


Figura 75 — Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=210 kgf/cm²

La tabla N° 104 y figura N° 75 presenta la variación de costo por m³ del concreto experimental en proporción al costo del concreto de control para f'c=210 kgf/cm² siendo así que los concretos diseñados con aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 son las más económicas en la producción del concreto, con 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N se logró un ahorro de S/. 5.75, S/18.01 y S/31.48 por m³ de concreto, de la misma forma teniendo un ahorro de S/13.54 al 1.0%, S/26.05 al 1.5% y S/. 30.73 al 2.0% con



aditivo súperplastificante Ulmén W-8, respecto al costo por m³ de concreto de control.

5.1.4.3. Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm²

Tabla 105 — Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm²

Item	Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión del diseño	% de dosis de aplicación del aditivo	Costo de concreto diseñado (S/. x m ³)	Variación de costo respecto al concreto de control (S/. x m ³)
3.00	Concreto de control (CP)	f'c=280 kgf/cm ²	0.0%	S/425.31	S/0.00
3.01	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f'c=280 kgf/cm ²	1.0%	S/423.15	S/2.16
3.02	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f'c=280 kgf/cm ²	1.5%	S/408.49	S/16.82
3.03	(CP) + Sikament-290N (1.0%)	f'c=280 kgf/cm ²	2.0%	S/392.56	S/32.75
3.04	(CP) + Ulmén W-84 (1.0%)	f'c=280 kgf/cm ²	1.0%	S/413.82	S/11.49
3.05	(CP) + Ulmén W-84 (1.5%)	f'c=280 kgf/cm ²	1.5%	S/399.01	S/26.30
3.06	(CP) + Ulmén W-84 (2.0%)	f'c=280 kgf/cm ²	2.0%	S/393.44	S/31.87

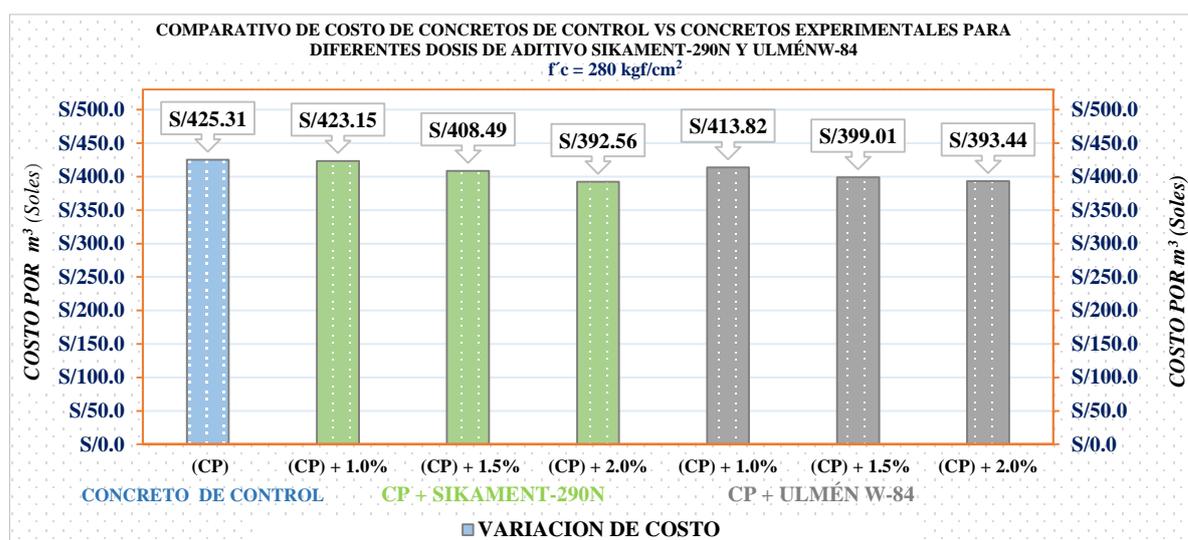


Figura 76 — Costo por m³ con Sikament-290N y Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm²

La tabla N° 105 y figura N° 76 presenta la variación de costo por m³ del concreto experimental en proporción al costo del concreto de control para f'c=280 kgf/cm², siendo así que los concretos diseñados con aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 son las más económicas en la producción del concreto, con 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N se logró un ahorro de S/. 2.16, S/16.82 y S/32.75 por m³ de concreto, de la misma forma teniendo un ahorro de S/. 11.49 al 1.0%, S/26.30 al 1.5% y S/. 31.87 al 2.0% con aditivo súperplastificante Ulmén W-8, respecto al costo por m³ de concreto de control.



5.2. Contrastación de hipótesis

5.2.1. Nivel de significancia

Para determinar el nivel de significancia se utilizó la prueba T Student, por ende, si tiene lo siguiente:

- Prueba estadística : “t” Student
- gl : Grados de libertad
- Sig. : Índice de Significancia.
- Nivel de aplicación : $\alpha = 0.05$
- Porcentaje de la probabilidad error : 5%
- Nivel de probabilidad confianza : 95%
- Determinación de grado de libertad : $G1 = (N_{sv} - 1) + (N_{cv} - 1)$

5.2.2. Valor significativo de estadística de prueba

- La siguiente expresión matemática es para determinar el valor de t calculado

$$tc = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{\frac{S_2^2}{N_2} + \frac{S_1^2}{N_1}}}$$

Donde:

- $\bar{x}_{1,2}$ = Media
- $S_{1,2}^2$ = Varianza
- $N_{1,2}$ = Numero de datos

5.2.3. Región crítica o decisión -

$tc \leq \alpha$: Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1)

$tc > \alpha$: Se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1)

5.2.4. Validación de hipótesis

5.2.4.1. Hipótesis de la investigación N° 01

H₀: La utilización del aditivo súperplastificante no incide directamente en las propiedades de trabajabilidad del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay, para $\alpha=0.05$, es decir: $\mu_{sv}=\mu_{cv}$.

H₁: La utilización del aditivo súperplastificante incide directamente en las propiedades de trabajabilidad del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210

kgf/cm² y 280 kgf/cm² en edificaciones de la ciudad de Abancay, $\alpha=0.05$, es decir: $\mu_{sv} \neq \mu_{cv}$.

5.2.4.1.1. Asentamiento del concreto con Sikament-290N para $f'c=175$ kgf/cm²

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 4''$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 4''$

La tabla N° 106 muestra resultados logrados del estudio estadístico de la prueba de la consistencia de concreto $f'c=175$ kgf/cm².

Tabla 106 — Prueba T Student de consistencia con Sikament-290N para $f'c=175$ kgf/cm²

Valor de prueba = 4"						
Ensayo de Asentamiento	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP+SIKAMENT-290N	2.646	2	0.021	1.16667	-0.7306	3.0640

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N, con $f'c=175$ kgf/cm², si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran mayores asentamientos a comparación al asentamiento del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1)

5.2.4.1.2. Asentamiento del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm²

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 4''$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 4''$

La tabla N° 107 muestra resultados logrados del estudio estadístico de la prueba de la consistencia de concreto $f'c=175$ kgf/cm².



Tabla 107 — Prueba T Student de consistencia con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 4"						
Ensayo de Asentamiento	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	2.294	2	0.014	1.66667	-1.4591	4.7925

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran mayores asentamientos a comparación al asentamiento del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.1.3. Asentamiento del concreto con Sikament-290N para $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 4''$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 4''$$

La tabla N° 108 muestra resultados logrados del estudio estadístico de la prueba de la consistencia de concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 108 — Prueba T Student de consistencia con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 4"						
Ensayo de Asentamiento	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	2.827	2	0.010	1,48333	-0.7741	3.7408

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido



y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran mayores asentamientos a comparación al asentamiento del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.1.4. Asentamiento del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 4''$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 4''$

La tabla N° 109 muestra resultados logrados del estudio estadístico de la prueba de la consistencia de concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 109 — Prueba T Student de consistencia con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 4''						
Ensayo de Asentamiento	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	2.489	2	0.013	2.00000	-1.4578	5.4578

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran mayores asentamientos a comparación al asentamiento del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).



5.2.4.1.5. Asentamiento del concreto con Sikament-290N para $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 4''$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 4''$

La tabla N° 110 muestra resultados logrados del estudio estadístico de la prueba de la consistencia de concreto $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 110 — Prueba T Student de consistencia con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 4''						
Ensayo de Asentamiento	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	2,646	2	0.011	1,75000	-1.0959	4.5959

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

• **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran mayores asentamientos a comparación al asentamiento del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.1.6. Asentamiento del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 4''$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 4''$

La tabla N° 111 muestra resultados logrados del estudio estadístico de la prueba de la consistencia de concreto $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.



Tabla 111 — Prueba T Student de consistencia con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 4"						
Ensayo de Asentamiento	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	2.800	2	0.007	2.25000	-1.2078	5.7078

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran mayores asentamientos a comparación al asentamiento del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2. Hipótesis de la investigación N° 02

H₀: El uso del aditivo súperplastificante no incide directamente en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay, para $\alpha = 0.05$, es decir: $\mu_{sv} = \mu_{cv}$.

H₁: El uso del aditivo súperplastificante incide directamente en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay, $\alpha = 0.05$, es decir: $\mu_{sv} \neq \mu_{cv}$.

5.2.4.2.1. Tiempo de fraguado inicial del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 233 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 233 \text{ min.}$

La tabla N° 112 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado inicial de concreto, para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 112 — Prueba T Student del fraguado inicial con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 233 min.						
Tiempo de Fraguado Inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	3.033	2	0.009	43.00000	-18.0006	104.0006

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado inicial a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.2. Tiempo de fraguado inicial del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 233 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 233 \text{ min.}$

La tabla N° 113 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado inicial de concreto, para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 113 — Prueba T Student del fraguado inicial con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 233 min.						
Tiempo de Fraguado Inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	4.932	2	0.039	43.00000	5.4903	80.5097

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del



95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado inicial a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.3. Tiempo de fraguado final del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 420 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 420 \text{ min.}$

La tabla N° 114 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado final de concreto, para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 114 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 420 min.						
Tiempo de Fraguado Inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	5.292	2	0.031	70.00000	13.0813	126.9187

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado final a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).



5.2.4.2.4. Tiempo de fraguado final del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 420 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 420 \text{ min.}$

La tabla N° 115 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado final de concreto, para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 115 — Prueba T Student del fraguado final con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 420 min.						
Tiempo de Fraguado Final	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP +ULMÉN W-84	3.698	2	0.033	70.00000	-11.4479	151.4479

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado final a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.5. Tiempo de fraguado inicial del concreto con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 240 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 240 \text{ min.}$

La tabla N° 116 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado inicial de concreto, para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$.



Tabla 116 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=210$ kgf/cm²

Valor de prueba = 240 min.						
Tiempo de Fraguado Inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	3.130	2	0.031	51.66667	-19.3525	122.6858

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=210$ kgf/cm², si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado inicial a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.6. Tiempo de fraguado inicial del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210$ kgf/cm²

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 240$ min.

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 240$ min.

La tabla N° 117 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado inicial de concreto, para $f'c=210$ kgf/cm².

Tabla 117 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=210/cm^2$

Valor de prueba = 240 min.						
Tiempo de Fraguado Inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMNET-290N	4.438	2	0.047	55.3333	1.6890	108.9777

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido



y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado inicial a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.7. Tiempo de fraguado final del concreto con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 425 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 425 \text{ min.}$

La tabla N° 118 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado final de concreto, para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 118 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 425 min.						
Tiempo de Fraguado Final	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290	4.907	2	0.039	85.00000	10.4759	159.5241

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$, si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado final a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).



5.2.4.2.8. Tiempo de fraguado final del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 425 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 425 \text{ min.}$

La tabla N° 119 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado final de concreto, para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 119 — Prueba T Student del fraguado final con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 425 min.						
Tiempo de Fraguado Final	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	4.914	2	0.039	86.66667	10.7750	162.5583

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$, si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado final a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.9. Tiempo de fraguado inicial del concreto con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 228 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 228 \text{ min.}$

La tabla N° 120 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado inicial de concreto, para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.



Tabla 120 — Prueba T Student del fraguado inicial con Sikament-290N para $f'c=280$ kgf/cm²

Valor de prueba = 228 min.						
Tiempo de Fraguado Inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	3.470	2	0.024	58.66667	-14.0695	131.4029

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizó un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=280$ kgf/cm², si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado inicial a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.10. Tiempo de fraguado inicial del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm²

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 228$ min.

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 228$ min.

La tabla N° 121 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado inicial de concreto, para $f'c=280$ kgf/cm².

Tabla 121 — Prueba T Student del fraguado inicial con Ulmén W-84 para $f'c=280$ kgf/cm²

Valor de prueba = 228 min.						
Tiempo de Fraguado Inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	4.461	2	0.047	65.00000	2.3032	127.6968

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido



y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado inicial a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.2.11. Tiempo de fraguado final del concreto con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 4''$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 4''$

La tabla N° 122 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado final del concreto, para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 122 — Prueba T Student del fraguado final con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 435 min.						
Tiempo de Fraguado Final	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	5.014	2	0.038	101.66667	14.4266	188.9067

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

• **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado final a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).



5.2.4.2.12. Tiempo de fraguado final del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 435 \text{ min.}$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 435 \text{ min.}$

La tabla N° 123 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico de la prueba de tiempo de fraguado final del concreto, para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 123 — Prueba T Student del fraguado final con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 435 min.						
Tiempo de Fraguado Final	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	5.174	2	0.035	101.66667	17.1208	186.2125

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, los resultados muestran un ligero retraso en el tiempo de fraguado final a comparación a la mezcla del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.3. Hipótesis de la investigación N° 03

H₀: La utilización del aditivo súperplastificante no influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay, para $\alpha = 0.05$, es decir: $\mu_{sv} = \mu_{cv}$.

H₁: La utilización del aditivo súperplastificante influye en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay, $\alpha = 0.05$, es decir: $\mu_{sv} \neq \mu_{cv}$.



5.2.4.3.1. Resistencia a compresión del concreto con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 201.73 \text{ kgf/cm}^2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 201.73 \text{ kgf/cm}^2$$

La tabla N° 124 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico T Student que corresponde a la prueba de resistencia a compresión del concreto incorporado con aditivo súperplastificante Sikament-290N, para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 124 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 201.73 kgf/cm ²						
Resistencia a la compresión	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-209N	2.128	2	0.017	31.98667	-32.6991	96.6724

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, alcanzado resistencias ligeramente superiores a comparación a la resistencia del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.3.2. Resistencia a compresión del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 201.73 \text{ kgf/cm}^2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 201.73 \text{ kgf/cm}^2$$

La tabla N° 125 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico T Student que corresponde a la prueba de



resistencia a compresión del concreto incorporado con aditivo súperplastificante Ulmén W-84, para $f'c=175$ kgf/cm².

Tabla 125 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=175$ kgf/cm²

Valor de prueba = 201.73 kgf/cm ²						
Resistencia a la compresión	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	7.226	2	0.019	46.65000	18.8733	74.4267

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=175$ kgf/cm², si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, alcanzado resistencias ligeramente superiores a comparación a la resistencia del concreto de control y se acepta la suposición alterna (H₁).

5.2.4.3.3. Resistencia a compresión del concreto con Sikament-290N para $f'c=210$ kgf/cm²

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 241.98 \text{ kgf/cm}^2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 241.98 \text{ kgf/cm}^2$$

La tabla N° 126 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico T Student que corresponde a la prueba de resistencia a compresión del concreto incorporado con aditivo súperplastificante Sikament-290N, para $f'c=210$ kgf/cm²



Tabla 126 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 241.98 kgf/cm ²						
Resistencia a la compresión	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	2.884	2	0.042	19.50667	-9.5946	48.6079

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, alcanzado resistencias ligeramente superiores a comparación a la resistencia de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.3.4. Resistencia a compresión del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 201.73 \text{ kgf/cm}^2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 201.73 \text{ kgf/cm}^2$$

En la tabla N° 127, se muestran los resultados obtenidos de la prueba estadística de la resistencia a compresión del concreto adicionado con aditivo súperplastificante Ulmén W-84, para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 127 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 241.98 kgf/cm ²						
Resistencia a la compresión	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	3.702	2	0.046	29.92000	-4.8567	64.6967

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, alcanzado resistencias ligeramente superiores a comparación a la resistencia de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.3.5. Resistencia a compresión del concreto con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 306.77 \text{ kgf/cm}^2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 306.77 \text{ kgf/cm}^2$$

La tabla N° 128 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico T Student que corresponde a la prueba de resistencia a compresión del concreto incorporado con aditivo súperplastificante Sikament-290N, para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 128 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 306.77 kgf/cm ²						
Resistencia a la compresión	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	2.227	2	0.026	28.82333	-26.8657	84.5124

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo



súperplastificante Sikament-290N con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, alcanzado resistencias ligeramente superiores a comparación a la resistencia de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.3.6. Resistencia a compresión del concreto con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 306.77 \text{ kgf/cm}^2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq 306.77 \text{ kgf/cm}^2$$

La tabla N° 129 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico T Student que corresponde a la prueba de resistencia a compresión del concreto incorporado con aditivo súperplastificante Ulmén W-84, para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 129 — Prueba T Student de resistencia a compresión con Ulmén W-84 para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 306.77 kgf/cm ²						
Resistencia a la compresión	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	3.123	2	0.038	55.46333	-20.9544	131.8810

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

• **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, alcanzado resistencias ligeramente superiores a comparación a la resistencia de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H_1).



5.2.4.4. Hipótesis de la investigación N° 04

H₀: El uso del aditivo súperplastificante reduce el costo por m³ del concreto f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm² en edificaciones de la ciudad de Abancay, respecto al concreto convencional, para $\alpha=0.05$, es decir: $\mu_{sv} = \mu_{cv}$.

H₁: El uso del aditivo súperplastificante reduce el costo por m³ del concreto f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm² en edificaciones de la ciudad de Abancay, respecto al concreto convencional, $\alpha=0.05$, es decir: $\mu_{sv} \neq \mu_{cv}$.

5.2.4.4.1. Costo del concreto por m³ con Sikament-290N para f'c=175 kgf/cm²

H₀: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = S/. 387.24$

H₁: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq S/. 387.24$

Prueba T Student para resistencia a compresión del concreto con adición del aditivo Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm².

Tabla 130 — Prueba T Student del costo por m³ con Sikament-290N para f'c=175 kgf/cm²

Valor de prueba = S/. 387.24						
Análisis de costo de concreto por m ³	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	-2.479	2	0.031	-16.78333	-45.9182	12.3515

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con f'c=175 kgf/cm², si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, así mismo se logró ahorros significativos a comparación al costo de producción por m³ de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H₁).



5.2.4.4.2. Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 para f'c=175 kgf/cm²

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = S/. 387.24$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq S/. 387.24$$

La tabla N° 131 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico para el análisis de la incidencia en el costo por m³ del concreto, para f'c=175 kgf/cm².

Tabla 131 — Prueba T Student del costo por m³ con UlménW-84 para f'c=175 kgf/cm²

Valor de prueba = S/. 387.24						
Análisis de costo de concreto por m ³	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	-4.571	2	0.041	-21.36000	-41.4669	-1.2531

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con f'c=175 kgf/cm², si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, así mismo se logró ahorros significativos a comparación al costo de producción por m³ de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H₁).

5.2.4.4.3. Costo del concreto por m³ con Sikament-290N para f'c=210 kgf/cm²

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = S/. 400.95$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq S/. 400.95$$

La tabla N° 132 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico T Student que corresponde a la prueba de resistencia a compresión del concreto incorporado con aditivo súperplastificante Sikament-290N, para f'c=210 kgf/cm².



Tabla 132 — Prueba T Student del costo por m³ con Sikament-290N para f'c=210 kgf/cm²

Valor de prueba = S/. 400.95						
Análisis de costo de concreto por m ³	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	-4.503	2	0.043	-30.49333	-59.6282	-1.3585

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con f'c=210 kgf/cm² si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, así mismo se logró ahorros significativos a comparación al costo de producción por m³ de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H₁).

5.2.4.4. Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 para f'c=210 kgf/cm²

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = S/. 400.95$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq S/. 400.95$$

La tabla N° 133 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico para el análisis de la incidencia en el costo por m³ del concreto, para f'c=210 kgf/cm².

Tabla 133 — Prueba T Student del costo por m³ con Ulmén W-84 para f'c=210 kgf/cm²

Valor de prueba = S/. 400.95						
Análisis de costo de concreto por m ³	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Superplastificante Ulmén W-84	-4.568	2	0.045	-23.44000	-45.5171	-1.3629

Extraído de IMB[®] SPSS[®] Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido



y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, así mismo se logró ahorros significativos a comparación al costo de producción por m^3 de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H_1).

5.2.4.4.5. Costo del concreto por m^3 con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = S/. 425.31$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq S/. 425.31$$

En la tabla N° 134, se muestran los resultados obtenidos de la prueba estadística para el análisis de la incidencia en el costo por m^3 del concreto, para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 134 — Prueba T Student del costo por m^3 con Sikament-290N para $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$

Valor de prueba = 425.31						
Análisis de costo de concreto por m^3	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + SIKAMENT-290N	-1.952	2	0.044	-17.24333	-55.2491	20.7625

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

- **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Sikament-290N con $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, así mismo se logró ahorros significativos a comparación al costo de producción por m^3 de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H_1).



5.2.4.4.6. Costo del concreto por m³ con Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm²

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = S/. 425.31$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq S/. 425.31$

La tabla N° 135 expresa resultados obtenidos del estudio estadístico para el análisis de la incidencia en el costo por m³ del concreto, para f'c=280 kgf/cm².

Tabla 135 — Prueba T Student del costo por m³ con Ulmén W-84 para f'c=280 kgf/cm²

Valor de prueba = S/. 425.31						
Análisis de costo de concreto por m ³	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CP + ULMÉN W-84	-3.818	2	0.026	-23.22000	-49.3862	2.9462

Extraído de IMB® SPSS® Statistics Versión 25, 2020

• **Toma decisión**

Si realizo un análisis comparativo del valor estadístico t obtenido con el valor límite del intervalo de confianza del 95%, el valor de t obtenido está fuera del límite obtenido y se encuentra dentro del rango de la zona de rechazo de hipótesis nula. Concreto elaborado con el aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con f'c=280 kgf/cm² si ha incorporado el 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo, así mismo se logró ahorros significativos a comparación al costo de producción por m³ de concretos de control y se acepta la suposición alterna (H₁).

5.3. Discusión

- En la tesis se utilizó agregados como arena y piedra chancada de la cantera Quispe ubicados en el sector de Pachachaca-Abancay son las más comercializadas en la región, cuya gradación cumplen las especificaciones necesarias según de la norma NTP 400.012 para producir mezcla del concreto.
- El agregado utilizado en la investigación proviene del sector de Pachachaca-Abancay, cantera Quispe con módulo de finura de 2.82, el limite válido según la Noma Técnica Peruana (NTP 400.037) varía de 2.3 a 3.1, por ende, cumple los parámetros fijados en la norma. para la producción de la masa del concreto como agregado grueso se ha



utilizado un tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ " y un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " con gradación según el uso 67.

- En el componente del diseño de mezclas del concreto se ha incorporado el aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 en un porcentaje de dosis al 1.0%, 1.5% y 2.0% con la finalidad de mejorar en las propiedades mecánicas del concreto y así mismo para terminar cual es el porcentaje de dosis de aplicación óptimo que nos brinda mayores beneficios en cuanto al incremento de la resistencia a la compresión a tempranas edades, que la mezcla del concreto incremente ligeramente en el tiempo de fraguado inicial y final, trabajabilidad deseado por el usuario y el costo por m³ del concreto sea mucho menor respecto al costo del concreto convencional.
- Las hojas técnicas del aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84, definen parámetros de aplicación de dosis respecto al peso del cemento según su clasificación, por ende, si utilizo una dosis de 1.0 %, 1.5 % y 2.0 % del aditivo para cada diseño de mezclas, con el objetivo de establecer una dosis óptima con agregados e insumos propias de mercado local de la ciudad Abancay.
- El aditivo súperplastificante Sikament-290N con aplicación de dosis de 2.0 % nos brindó mejores resultados tanto en estado fresco y endurecido, al 1.5 % de súperplastificante Ulmén W-84 registraron mejores resultados respecto a los concretos convencionales.
- Respecto a la resistencia a la compresión a edades de 3, 7, 14 y 28 se ha registrado variaciones respecto a la resistencia de compresión del concreto de control con un diseño y dosis de aplicación óptimo: Para $f'c=175$ kgf/cm² con 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N con el porcentaje indicado se logró un incrementó en 75.94% a los 3 días, 94.69% a los 7 días , 114.04% a los 14 días y a los 28 días de su elaboración incrementa en 126.43% respecto a la variación porcentual de 57.83%, 78.76%, 84.91% y 100.00% de concretos de control. Respecto al aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con dosis de 1.5% incrementa en 73.19%, a los 3 días, 94.69% a los 7 días, 114.04% a los 14 días y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 110.24% respecto a la variación porcentual de 57.83%, 78.76%, 84.91% y 100.00% de concretos de control. Para $f'c=210$ kgf/cm² con 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N con el porcentaje indicado se logró un incrementó en 70.65% a los 3 días, 96.27% a los 7 días, 103.84% a los 14 días y finalmente a los

28 días de elaboración incrementa 112.33% respecto a la variación porcentual de 65.20%, 76.23%, 90.21% y 100.00% de concretos de control. Respecto al aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con dosis de 1.5% incrementa en 79.99% a los 3 días, a los 7 días incrementa 93.38%, a los 14 días incrementa en 103.39% y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 111.72% respecto a la variación porcentual de 65.20%, 76.23%, 90.21% y 100.00% de concretos de control. Para $f'c=280$ kgf/cm² con 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N con el porcentaje indicado se logró un incrementó en 63.21% a los 3 días, a los 7 días incrementa 88.57%, a los 14 días en 96.64% y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 116.56% respecto a la variación porcentual de 63.72%, 81.68%, 90.76% y 100.00% de concretos de control. Respecto al aditivo súperplastificante Ulmén W-84 con dosis de 1.5% incrementa en 64.92%, a los 3, a los 7 días incrementa 81.69%, a los 14 días incrementa en 89.83% y finalmente a los 28 días de elaboración incrementa 116.56% respecto a la variación porcentual de 63.72%, 81.68%, 90.76% y 100.00% de concretos de control.

- Se optimizó en costo del concreto por m³ a través del uso del aditivo súperplastificante respecto a concretos convencionales con resistencia a compresión $f'c=175$ kgf/cm² el costo por m³ de concreto con dosis de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N se logró un ahorro de S/. 5.22, S/16.46 y S/. 28.67 por m³ de concreto, de la misma forma con aditivo súperplastificante Ulmén W-8 si obtiene un ahorro de S/. 12.34, S/. 23.75 y S/. 27.99, respecto al costo por m³ de concreto de control. Para $f'c=210$ kgf/cm² el costo por m³ de concreto con dosis de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N se logró un ahorro de S/. 5.75, S/. 18.01 y S/. 31.48 por m³ de concreto, de la misma forma con aditivo súperplastificante Ulmén W-8 si obtiene un ahorro de S/. 13.54, S/. 26.05 y S/. 30.73, respecto al costo por m³ de concreto de control. Para $f'c=280$ kgf/cm² el costo por m³ de concreto con dosis de 1.0%, 1.5% y 2.0% del aditivo Sikament-290N se logró un ahorro de S/. 2.16, S/. 16.82 y S/. 3275 por m³ de concreto, de la misma forma con aditivo súperplastificante Ulmén W-8 si obtiene un ahorro de S/. 11.49, S/. 26.30 y S/. 31.87, respecto al costo por m³ de concreto de control.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El diseño de mezcla del concreto con agregados de la cantera Quispe para resistencias de diseño $f'c=175$ kgf/cm², 210 kgf/cm² y $f'c=280$ kgf/cm² se establece en la tabla adjunto.

Tabla 136 — Materiales e insumos para el diseño de mezcla con adición de Sikament-290N

Cantidad de materiales con adición de aditivo súperplastificante Sikament-290N									
Materiales por m ³	f'c=175 kgf/cm ²			f'c=210 kgf/cm ²			f'c=280 kgf/cm ²		
	1.0%	1.5%	2.0%	1.0%	1.5%	2.0%	1.0%	1.5%	2.0%
Cemento (kg)	262.94	233.72	204.51	287.91	255.92	223.93	340.77	302.90	265.04
Agregado grueso (kg)	931.52	957.84	984.31	933.19	961.31	989.57	936.95	969.02	1001.30
Agregado fino (kg)	886.58	911.64	936.83	861.04	886.99	913.06	806.84	834.45	862.25
Agua (Lt)	207.23	184.21	161.18	207.04	184.04	161.03	206.64	183.68	160.72
Sikament-290N (ml)	2.63	3.51	4.09	2.88	3.84	4.48	3.41	4.54	5.30

Tabla 137 — Materiales e insumos para el diseño de mezcla con adición de Ulmén W-84

Cantidad de materiales con adición de aditivo súperplastificante Ulmén W-84									
Materiales por m ³	f'c=175 kgf/cm ²			f'c=210 kgf/cm ²			f'c=280 kgf/cm ²		
	1.0%	1.5%	2.0%	1.0%	1.5%	2.0%	1.0%	1.5%	2.0%
Cemento (kg)	248.33	219.11	204.51	271.91	239.92	223.93	321.84	283.97	265.04
Agregado grueso (kg)	944.97	971.34	984.30	947.58	975.73	989.59	953.39	985.51	1001.26
Agregado fino (kg)	899.39	924.49	936.82	874.32	900.29	913.08	820.99	848.66	862.24
Agua (Lt)	195.72	172.69	161.18	195.54	172.53	161.03	195.16	172.20	160.72
Ulmén W-84	2.48	3.29	4.09	2.72	3.60	4.48	3.22	4.26	5.30

Con dosis del 2.0% del aditivo súperplastificante Sikament-290N a edad de 28 días para $f'c=175$ kgf/cm² se alcanzó la resistencia mecánica final de 255.05 kgf/cm² incremento en 26.43%, para el diseño de $f'c=210$ kgf/cm² se alcanzó la resistencia mecánica final de 271.82 kgf/cm² incremento en 12.23%, para el diseño de $f'c=280$ kgf/cm² se alcanzó la resistencia mecánica final de 357.56 kg/cm² incremento en 16.56%, en proporción a la resistencia de concretos de control.

Con dosis del 1.5% del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 a edades de 28 días para $f'c=175$ kgf/cm² se alcanzó la resistencia mecánica final de 259.45 kgf/cm² incremento en 28.61%, para el diseño de $f'c=210$ kgf/cm² se alcanzó la resistencia



mecánica final de 286.6 kg/cm² incremento en 18.44%, para el diseño de f'c=280 kgf/cm² se alcanzó la resistencia mecánica final de 384.00 kgf/cm² incremento en 25.18 %, en proporción a la resistencia de concretos de control.

- El asentamiento del concreto tiene correspondencia directa en la trabajabilidad del concreto a dosis de aplicación del aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84 en la cual se experimentó que a dosis menores el incremento es mínimo respecto a los asentamientos de concretos de control.

Tabla 138 — Asentamiento del concreto con diferente dosis de adición de aditivo

Diseño de mezcla del concreto	Resistencia a la compresión de diseño	% de dosis de aplicación del aditivo			Incremento Promedio
		1.0%	1.5%	2.0%	
(CP) + Sikament-290N	f'c=175 kgf/cm ²	12.5%	22.5%	50.0%	28.3%
(CP) + Sikament-290N	f'c=210 kgf/cm ²	15.0%	30.3%	62.5%	35.9%
(CP) + Sikament-290N	f'c=280 kgf/cm ²	18.8%	37.5%	72.5%	42.9%
(CP) + Ulmén W-84	f'c=175 kgf/cm ²	12.5%	37.5%	75.0%	41.7%
(CP) + Ulmén W-84	f'c=210 kgf/cm ²	18.8%	43.8%	87.5%	50.0%
(CP) + Ulmén W-84	f'c=280 kgf/cm ²	25.0%	47.8%	93.8%	55.5%

- Se concluye que los diseños de mezcla adicionado con aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 con dosis del 1.0%, 1.5% y 2.0% para resistencia a la compresión f'c=175 kgf/cm², 210 kgf/cm² y 280 kgf/cm² presentan en su mayoría un ligero retraso en el tiempo de fraguado inicial y final del concreto respecto a la mezcla de concretos de control. Por ende, es favorable para el transporte y colocación del concreto.

Tabla 139 — Tiempo de fraguado inicial del concreto con diferente dosis de adición de aditivo

Incremento del tiempo de fraguado inicial					
Diseño de mezcla del concreto	resistencia a la compresión de diseño	% de dosis de aplicación del aditivo			Incremento Promedio
		1.00%	1.50%	2.00%	
(CP) + Sikament-290N	f'c=175 kgf/cm ²	9.7%	16.1%	30.5%	18.8%
(CP) + Sikament-290N	f'c=210 kgf/cm ²	11.2%	18.8%	34.4%	21.4%
(CP) + Sikament-290N	f'c=280 kgf/cm ²	14.0%	23.7%	39.5%	25.7%
(CP) + Ulmén W-84	f'c=175 kgf/cm ²	12.9%	19.4%	24.7%	19.0%
(CP) + Ulmén W-84	f'c=210 kgf/cm ²	14.6%	21.9%	32.5%	23.0%
(CP) + Ulmén W-84	f'c=280 kgf/cm ²	18.4%	26.6%	40.4%	28.5%



Tabla 140 — Tiempo de fraguado final del concreto con diferente dosis de adición de aditivo

Diseño de mezcla del concreto	resistencia a la compresión de diseño	Incremento del tiempo de fraguado final			Incremento Promedio
		% de dosis de aplicación del aditivo			
		1.00%	1.50%	2.00%	
(CP) + Sikament-290N	$f_c=175 \text{ kgf/cm}^2$	10.7%	17.9%	21.4%	16.7%
(CP) + Sikament-290N	$f_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	12.9%	20.0%	27.1%	20.0%
(CP) + Sikament-290N	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	14.9%	24.1%	31.0%	23.4%
(CP) + Ulmén W-84	$f_c=175 \text{ kgf/cm}^2$	9.5%	15.5%	25.0%	16.7%
(CP) + Ulmén W-84	$f_c=210 \text{ kgf/cm}^2$	14.1%	18.8%	28.2%	20.4%
(CP) + Ulmén W-84	$f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$	17.2%	20.7%	32.2%	23.4%

- La incorporación de los aditivos Sikament-290N y Ulmén W-84 al diseño de mezcla de concretos experimentales con diferentes dosis aplicación para resistencia de diseño con $f_c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y $f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$, incrementa en la resistencia a compresión en su totalidad por encima de la resistencia a la compresión de los concretos de control en relación a diferentes edades.

Tabla 141 — Resistencia mecánica final del concreto

Resistencia a compresión de diseño para $f_c=175 \text{ kgf/cm}^2$					
Diseño de mezcla	% de dosis	% de variación de resistencia a la compresión			
		Día 3	Día 7	Día 14	Día 28
(CP) + Sikament-290N	1.0%	60.7%	82.8%	90.4%	101.5%
(CP) + Sikament-290N	1.5%	68.0%	89.0%	102.7%	119.7%
(CP) + Sikament-290N	2.0%	75.9%	94.7%	114.1%	126.4%
(CP) + Ulmén W-84	1.0%	64.5%	84.3%	104.1%	117.5%
(CP) + Ulmén W-84	1.5%	73.2%	94.1%	110.2%	123.2%
(CP) + Ulmén W-84	2.0%	88.0%	106.2%	124.3%	128.6%
Resistencia a compresión de diseño para $f_c=210 \text{ kgf/cm}^2$					
(CP) + Sikament-290N	1.0%	68.5%	85.4%	96.9%	102.8%
(CP) + Sikament-290N	1.5%	68.7%	96.3%	100.5%	109.0%
(CP) + Sikament-290N	2.0%	70.6%	101.4%	103.8%	112.3%
(CP) + Ulmén W-84	1.0%	72.0%	81.3%	97.5%	106.9%
(CP) + Ulmén W-84	1.5%	80.0%	93.4%	103.4%	111.7%
(CP) + Ulmén W-84	2.0%	77.2%	97.3%	107.9%	118.4%
Resistencia a compresión de diseño para $f_c=280 \text{ kgf/cm}^2$					
(CP) + Sikament-290N	1.0%	63.6%	78.5%	89.0%	102.0%
(CP) + Sikament-290N	1.5%	64.9%	81.7%	89.8%	109.7%
(CP) + Sikament-290N	2.0%	63.2%	88.6%	96.6%	116.6%
(CP) + Ulmén W-84	1.0%	75.6%	91.2%	96.3%	106.6%
(CP) + Ulmén W-84	1.5%	87.6%	112.9%	118.3%	122.5%
(CP) + Ulmén W-84	2.0%	81.2%	114.4%	122.0%	125.2%



- Se logró ahorros significativos en el costo del concreto por m³ para una resistencia de diseño de $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$ con dosis del 1.0%, 1.5% y 2.0% de aditivo Sikament-290N y Ulmén W-84.

Tabla 142 — Variación de costo por m³ del concreto con aditivo

Diseño de mezcla del concreto	% de dosis de aplicación del aditivo	Costo de concreto (s/. por m ³)		
		$f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$	$f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	$f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$
(CP) + Sikament-290N	1.0 %	S/. 5.22	S/5.75	S/2.16
(CP) + Sikament-290N	1.5 %	S/. 16.46	S/18.01	S/16.82
(CP) + Sikament-290N	2.0 %	S/. 28.67	S/31.48	S/32.75
(CP) + Ulmén W-84	1.0 %	S/. 12.34	S/13.54	S/11.49
(CP) + Ulmén W-84	1.5 %	S/. 23.75	S/26.05	S/26.30
(CP) + Ulmén W-84	2.0 %	S/. 27.99	S/30.73	S/31.87

6.2. Recomendaciones

- La elección de los materiales y los aditivos súperplastificantes a usar con las dosis correctas es indispensable que estos estén en buenas y óptimas condiciones. Un minucioso proceso en la obtención de las propiedades y características físicas de los agregados contribuyera en una adecuada dosificación. Por ende, a empresas, profesionales y consultores se recomienda estar en constante capacitación respecto a nuevas tecnologías y métodos de diseños de mezclas, para así optimizar el costo de producción de concretos estructurales.
- Para incorporar el aditivo súperplastificante Sikament-290N y Ulmén W-84 la dosis óptima en nuestro marco local de la ciudad de Abancay - Apurímac es de 2% y 1.5% respecto al peso del cemento. Alcanza un asentamiento máximo un mayor tiempo (mayor trabajabilidad). Superiores a 1.5% de dosis del aditivo súperplastificante Ulmén W-84 genera el efecto de segregación, se recomienda tener un control riguroso en el tiempo de mezclado la cual debe estar en un rango de 3 a 4 minutos.
- El porcentaje de dosis de súperplastificante, aplicada en la mezcla del concreto influye directamente en el tiempo de fraguado, la cual genera un breve retraso en el tiempo de fraguado inicial y final. Se recomienda prever este efecto, para realizar una planificación correcta en el mezclado, manipulado, transporte, colocación, consolidación, y un acabado del concreto.



- Realizar más ensayos mecánicos a las probetas para obtener datos y resultados que no han sido determinados en la tesis, ensayos como módulo de elasticidad y tracción para determinar ventajas y las desventajas de este tipo de concreto con la incorporación de los aditivos súperplastificantes Sikament-290N y Ulmén W-84, respecto a los concreto de control (sin ninguna adición de los aditivos).
- Superplastificante en la producción de la masa de concreto ayuda a reducir el costo del concreto por m³, se recomienda a empresas, ingenieros proyectistas y consultores la incorporación de aditivo súperplastificante en los diseños de mezclas del concreto, para así mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto Castillo, Flavio. 2013. *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2013. ISBN 978-612-302-060-6.

ACI 211.1. 2009. *Standard practice for selecting proportions for normal heavyweight*. 2009.

ACI. Instituto Americano del Concreto. Instituto Americano del Concreto. Instituto Americano del Concreto.

Alonso López, María del Mar. 2011. *Comportamiento y compatibilidad de cementos y aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos. efecto de la naturaleza de los cementos y estructura de los aditivos*. Madrid: s.n., 2011.

Aybar De la Torre, Miguel. *Tecnología de Concreto*.

Borja Suarez, Manuel. 2012. *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo: s.n., 2012.

Cachay, Huamán Rafael. 2014. *Diseño de Mezclas*. Lima - Perú: s.n., 2014.

Coapaza Aguilar, Hernán y Cahui Hilazaca, René Armando. 2018. *Influencia del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm² como alternativa de mejora en los vaciados de techos de vivienda autoconstruidos en Puno*. Puno - Perú: s.n., 2018.

Comité ACI 211.1. 1904. *American Concrete Institute*. 1904.

Estuardo Morales, G. Arron. 2012. *Estadística y Probabilidades*. Chile: Approved, 2012.

Gomezjurado Sarría, Jaime. 2010. *Tecnología del concreto Tomo 1 Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*. Colombia: Printed in Colombia, 2010. 978-958-8564-03-6.

Gutiérrez Pulido, Humberto y De la Vara Salazar, Román. 2008. *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: McGraw-Hill Internacional, 2008. 978-970-10-6526-6.

H. Kosmatka, Steven, y otros. 2004. *Diseño y Control de Mezcla de Concreto*. EE. UU: Portland Cement Association, 2004.

Hernández Preisler, César Augusto. 2005. *Plastificantes para el Hormigón*. Valdivia - Chile: s.n., 2005.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill/Internacional Editores, S.A, 2014. 978-1-4562-2396-0.

Herrera Benavides, Paul Nicolás y Vargas Gordillo, Hernán Eduardo. 2018. *Optimización de mezclas de concreto mediante la aplicación del método walker y la introducción de un aditivo experimental*. Bogotá: s.n., 2018.

Huincho, Salvatierra Edher. 2011. *Concreto de Alta Resistencia Usando Aditivo Superplastificante, Microsilice y Nanosilice con Cemento Portland Tipo I*. Lima - Perú: s.n., 2011.
INDECI. 2007. *Estudio: mapa de peligros de la ciudad de Abancay*. Proyecto indeci: pnud per/02/051 00014426 - ciudades sostenibles: 2007.



Labán de la Cruz, Félix Gerson. 2017. *Uso de aditivo súper plastificante disminuirá el costo del concreto en la construcción del conjunto habitacional Catalina, Puente Piedra - 2017.* Lima - Perú: s.n., 2017.

Labán de la Cruz, Félix Gerson. 2017. *Uso de aditivo súper plastificante disminuirá el costo del concreto en la construcción del conjunto habitacional Catalina, Puente Piedra - 2017.* Lima - Perú: s.n., 2017.

Mayta Rojas, Jhonathan Wilson. 2014. *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo.* Huancayo - Perú: s.n., 2014.

Merrif, F, Loftin, K y Ricketts, J. 1982. *Manual Del Ingeniero Civil.* México: s.n., 1982.

Neville, Adam M. 1999. *Tecnología del Concreto.* México: Edición, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 1999.

Norma Técnica Peruana. 2014. *Especificaciones para agregados.* Lima - Perú: s.n., 2014.

Pasquel Carbajal, Enrique. 2002. *Tópicos de Tecnología de Concreto.* Lima: Impreso en Lima Colegio de Ingenieros del Perú., 2002.

Portugal Barriga, Pablo. 2007. *Tecnología del Concreto de Alto Desempeño.* s.l.: Lafayette, 2007.

Rivera L., Gerardo A. 1992. *Concreto Simple.* Cauca: s.n., 1992.

Rivva López, Enrique. 2002. *Concretos de Alta Resistencia.* 2002.

Rivva López, Enrique. 2014. *Diseño de Mezcla.* Lima - Perú: Instituto de la Construcción Gerencia, 2014.

Rivva López, Enrique. 2000. *Naturaleza y Materiales del Concreto.* Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG), 2000. CDS-624-1771.

Rivva López, Enrique. 1992. *Tecnología de Concreto Diseño de Mezcla.* Lima - Perú: s.n., 1992.

Romero Quintero, Andrés Felipe y Hernández Rico, Johan Camilo. 2014. *Diseño de mezclas de hormigón por el método a.c.i. y efectos de la adición de cenizas.* Bogotá: s.n., 2014.

Sánchez De Guzmán, Diego. 2001. *Tecnología del Concreto y del Mortero.* s.l.: Bhandar Editores, 2001. 9589247040.

Suarez Ibijes, Mario Orlando. 2012. *Inter aprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel, Winstats y Graph.* Ecuador: M & V Ibarra, 2012.

www.sika.com. 2019. *Hoja Técnica sikament-290N (Súperplastificante).* Lima - Perú: s.n., 2019.

www.ulmen.cl. 2019. *Hoja Técnica Ulmén W - 84 (Ulmén W-84).* Lima-Perú: s.n., 2019. 021302011000000115.

